



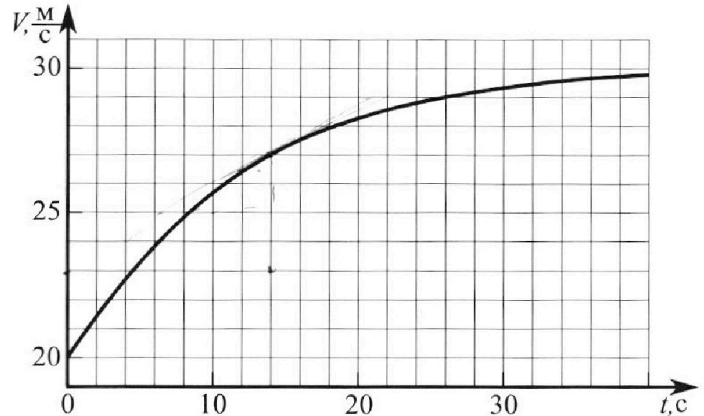
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-02



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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом)  $m = 300$  кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна  $F_k = 405$  Н.



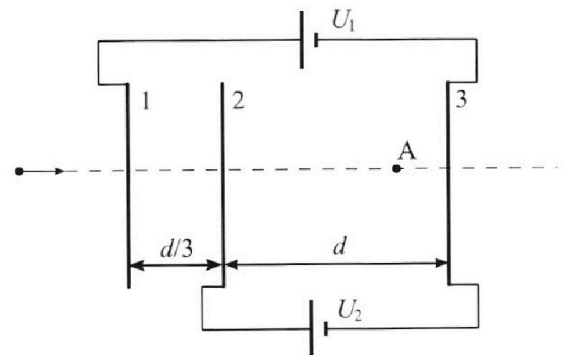
- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости  $V_1 = 27$  м/с.
  - 2) Найти силу сопротивления движению  $F_1$  при скорости  $V_1$ .
  - 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости  $V_1$ ?
- Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  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  $\Delta v$  растворённого газа в объёме жидкости  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kw$ . 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 А на расстоянии  $2d/3$  от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-02

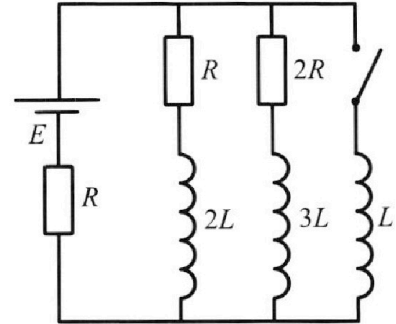


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . 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.

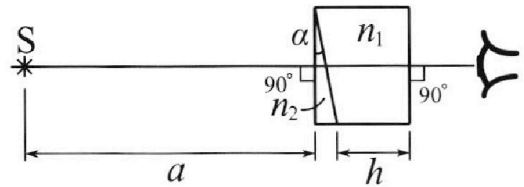


рис.). Угол  $\alpha = 0,05$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,6$ , 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:

**МФТИ**



1  2  3  4  5  6  7

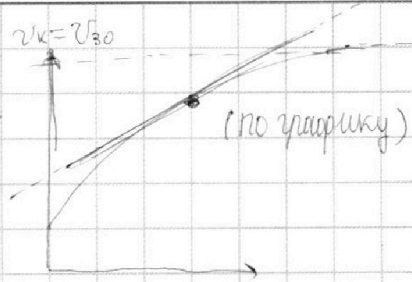
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1

$$N = F \cdot v = \text{const}$$

$$1) \quad a_1 = \frac{dv_1}{dt} \Rightarrow$$

$$\text{ответ:} \\ \Rightarrow a_1 \approx 0.25 \text{ м/с}^2$$



2)

$$N = F_k \cdot v_k = F \cdot v_1$$

$$\Rightarrow F = F_k \frac{v_k}{v_1} = 450 \text{ Н}$$

( $v_k = 30 \text{ м/с}$ )

$$F - F_1 = m a_1 \Rightarrow F_1 = F - m a_1$$

$$\text{ответ:} \\ \Rightarrow F_1 = 375 \text{ Н}$$

$$3) \text{ (сила)} \\ \eta = \frac{F_1 v_1}{N(v_1)} = \frac{F_1 v_1}{F \cdot v_1} = \frac{F_1}{F} = \frac{5}{6}$$

$$\text{ответ:} \\ \eta = \frac{5}{6}$$

ответ: 1)  $a = 0.25 \text{ м/с}^2$ ; 2)  $F_1 = 375 \text{ Н}$ ; 3)  $\eta = \frac{5}{6}$ .

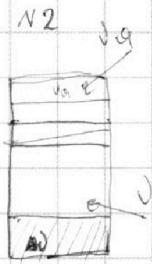
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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)  $\Delta p = k p_0 \frac{V}{4}$        $V_0 = \frac{V}{2}$

$p_0 V_0 = \nu_a R T_0$

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

$p_0 (V - V_0 \frac{V}{4}) = \nu_a R T_0$

$p \frac{V}{6} = (\nu_a + k p_0 \frac{V}{4}) R T$

$p_0 \frac{V}{2} = \nu_a R T_0$

Ответ:  $\frac{\nu_a}{\nu} = 2$

$p_0 \frac{V}{4} = \nu R T_0$

2)  $p \frac{V}{6} = \nu_a R T \Rightarrow p_0 = p \frac{T_0}{T} \cdot \frac{1}{3} = p_0 \frac{1}{4}$

$(p - p_{atm}) \frac{V}{12} = (\nu + k p_0 \frac{V}{4}) R T$

$(p - p_{atm}) \frac{V}{12} = \nu R T + k R T p_0 \frac{V}{4}$

$(p - p_{atm}) \frac{V}{12} = (p \frac{1}{4}) \frac{V}{4} \cdot \frac{V}{3} + (k R T) \cdot (p \frac{1}{4}) \frac{V}{4}$

$p (\frac{1}{12} - \frac{1}{12} - \frac{k R T}{16}) = \frac{1}{12} p_{atm}$

$p (6 - \frac{3}{4} k R T) = 7 p_{atm}$

$p = \frac{7 p_{atm}}{3 (2 - \frac{k R T}{4})} = \frac{7 \cdot 4}{3 \cdot 6,2} p_{atm} = \frac{28}{18,6} p_{atm} = \frac{140}{93} p_{atm}$

$p = \frac{7 p_{atm}}{3 (2 - \frac{k R T}{4})} = \frac{140}{93} p_{atm}$

Ответ:

$p = \frac{140}{93} p_{atm}$

Ответ: 1)  $\frac{\nu_a}{\nu} = 2$ ; 2)  $p = \frac{140}{93} p_{atm}$ .



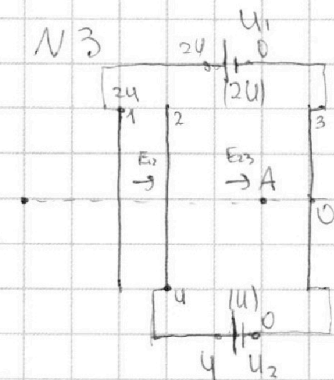
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$E = -\frac{\partial \varphi}{\partial x} \Rightarrow E_{23} = \frac{\varphi_2 - \varphi_3}{d} = \frac{U - 0}{d}$$

$$E_{23} = \frac{U}{d} \Rightarrow qE = ma$$

ответ:

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

2)

$$K_3 - K_2 = A = q \cdot (\varphi_2 - \varphi_3) = qU \Rightarrow K_3 - K_2 = qU$$

ответ:

3)

$$K_1 = K_0 = \frac{mv_0^2}{2} \quad (E_{\text{в}} = 0, \text{ за счет цепи})$$

$$K_2 - K_1 = q \cdot U \quad (U_2 - U_1)$$

$$\Rightarrow K_A = K_1 + \frac{5}{3} qU$$

$$K_A - K_2 = qU \cdot \frac{2}{3}$$

$$\Rightarrow \frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{5}{3} qU$$

ответ:

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10}{3} \frac{qU}{m}}$$

ответ: 1)  $a = \frac{qU}{md}$ ; 2)  $K_3 - K_2 = qU$ ; 3)  $v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10}{3} \frac{qU}{m}}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

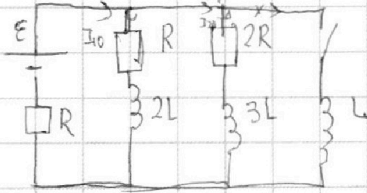
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**МФТИ**

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



N4



$$1) \quad \varepsilon = I_{20} \cdot 2R + (I_{20} + I_{10})R$$

$$I_{20} \cdot 2R = I_{10} \cdot R \quad \Rightarrow I_{10} = 2I_{20}$$

ответ:

$$\Rightarrow I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

$$2) \quad \varepsilon - L \frac{dI}{dt} = (I_{10} + I_{20})R$$

ответ:

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{2\varepsilon}{5L}$$

$$3) \quad -3L \frac{dI_2}{dt} + L \frac{dI}{dt} = I_{20} \cdot 2R$$

$$\varepsilon = I_L R$$

$$I_L = \frac{\varepsilon}{R}$$

$$-3L \int_0^{\frac{\varepsilon}{5R}} dI_2 + L \int_0^{\frac{\varepsilon}{R}} dI = 2R \int_0^q (I_2 \cdot dt)$$

$$\frac{3\varepsilon L}{5R} + \frac{\varepsilon L}{R} = 2Rq$$

ответ:

$$\Rightarrow q = \frac{4LE}{5R^2}$$

ответ: 1)  $I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R}$ ; 2)  $\frac{dI}{dt} = \frac{2\varepsilon}{5L}$ ; 3)  $q = \frac{4LE}{5R^2}$ .

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

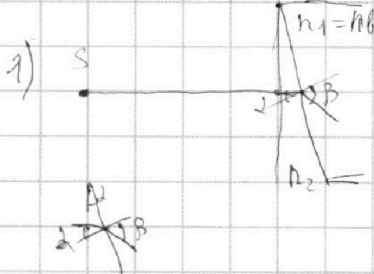
1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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



№5



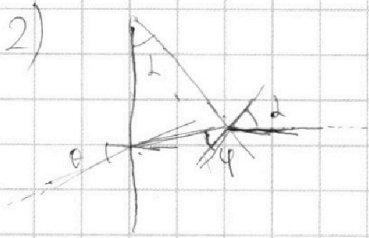
$$n_2 d = n_1 \cdot \beta \quad \beta = d \frac{n_2}{n_1}$$

угол скольжения

$$\delta = \beta - d = d \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

Ответ:

$$\delta = 0.03 \text{ рад}$$



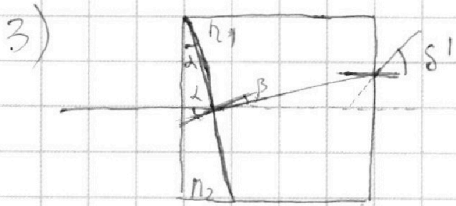
$$\theta n_2 = (d - \varphi) \cdot n_1$$

$$\varphi \cdot n_2 = d \cdot n_1$$

$$\Rightarrow \theta = d \frac{n_2 - n_1}{n_2} = \delta = 0.03 \text{ рад}$$

Ответ:

$$\Rightarrow X = a \cdot \delta = 6 \text{ см}$$



$$d n_2 = \beta n_1$$

$$(d - \beta) n_1 = \delta' n_2 \Rightarrow$$

$$\delta' = d \frac{n_1 - n_2}{n_2} = 0.01 \text{ рад}$$

$$\Rightarrow X^2 \approx (a - \delta')^2 + \left( h \frac{n_1 - n_2}{n_2} \right)^2$$

$$X \approx \sqrt{(a - \delta')^2 + \left( h \frac{n_1 - n_2}{n_2} \right)^2} \approx \sqrt{20} \approx 4.5 \text{ см}$$

Ответ:

$$X \approx 4.5 \text{ см}$$

Ответ: 1)  $\delta = 0.03 \text{ рад}$ ; 2)  $X = 6 \text{ см}$ ; 3)  $X \approx 4.5 \text{ см}$ .



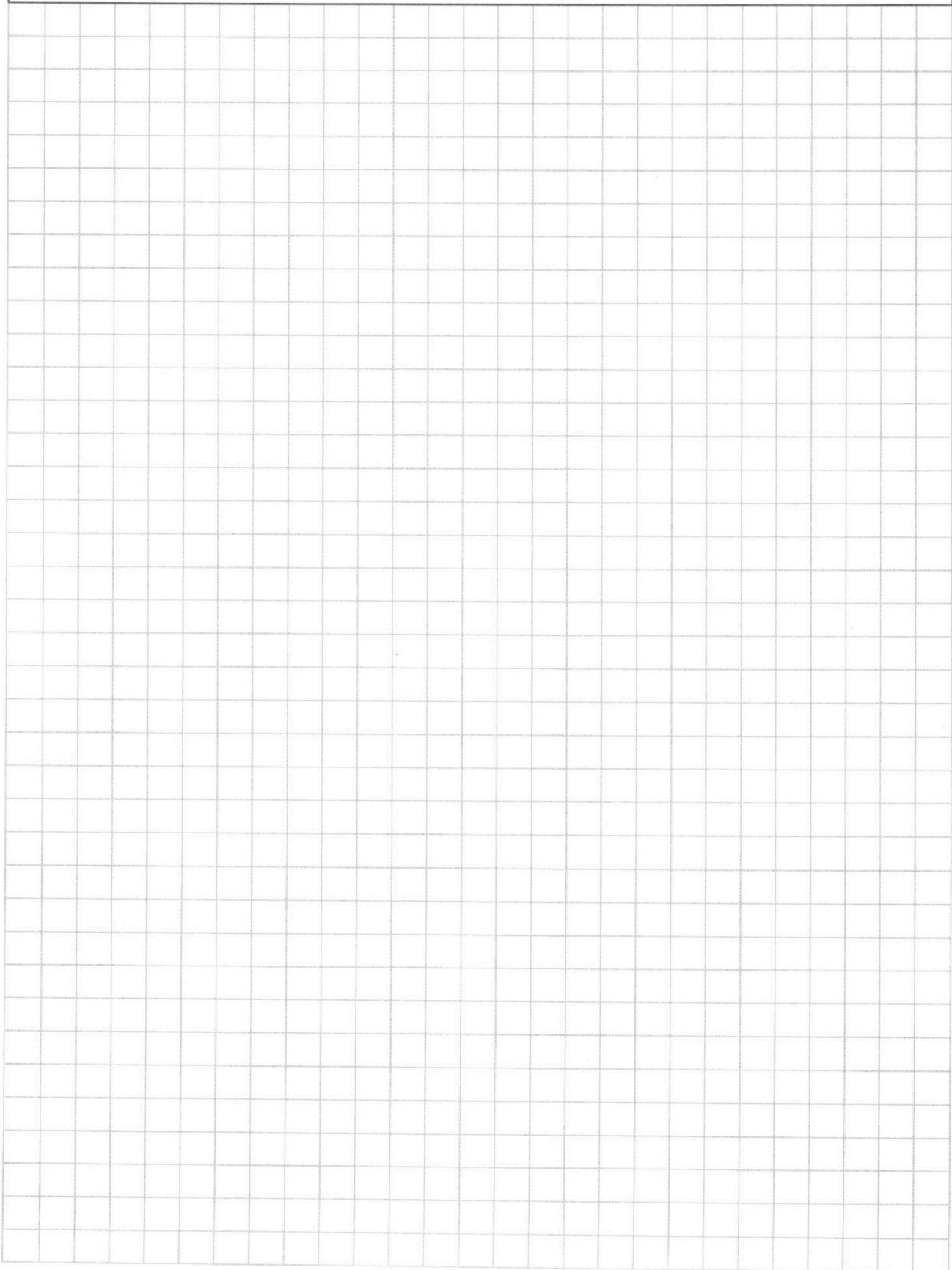
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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





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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

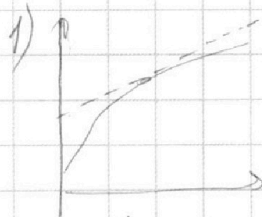


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N1

$$N = F \cdot v = \text{const}$$



$$a_1 = \frac{dv}{dt} \approx \frac{4 \text{ мк}}{14} \approx \frac{2}{7} \text{ м/с}^2$$

$$\frac{2}{8} \approx \frac{1}{4} \text{ м/с}^2$$

2)

$$N = F_k v_k = F_1 v_1 \quad F = F_k \frac{v_k}{v_1} = 450 \text{ Н}$$

$$F - F_1 = m a_1$$

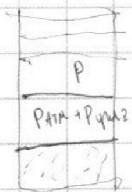
$$F_k \frac{v_k}{v_1} - F_1 = m a_1 \quad \Rightarrow F_1 = F_k \frac{v_k}{v_1} - m a_1$$

$$F_1 = \frac{45 \cdot 30}{405 \cdot \frac{10}{27}} - 300 \cdot \frac{1}{4} = 375 \text{ Н}$$

3)

$$\eta = \frac{F_1 v_1}{N} = \frac{F_1 v_1}{F v_1} = \frac{F_1}{F} = \frac{375}{450} = \frac{5}{6} = \frac{5}{6}$$

N2



$$\frac{3}{4} P_0 V_0 = \frac{P V}{2}$$

$$P = P_0 \frac{8 V_0}{V}$$

$$P_0 = P \frac{V}{8 V_0}$$

$$P_0 (V - V_0 - \frac{V}{4}) = \nu_{\text{жид}} R T_0$$

$$P_0 V_0 = \nu_{\text{га}} R T_0$$

$$\frac{3}{4} V - V_0 = \frac{\nu_{\text{жид}}}{\nu_{\text{га}}}$$

$$\frac{3}{4} \frac{V}{V_0} - 1 =$$

$$\frac{\nu_{\text{жид}}}{\nu_{\text{га}}} = \frac{\frac{3}{4} + \frac{K R T (1 - \frac{P_0}{P})}{4} - \frac{P_0 V_0}{P V}}{\frac{1}{6}} = \frac{3}{2} + \frac{3}{2} K R T (1 - \frac{P_0}{P})$$

$$\Delta \nu_{\text{жид}} = K \left( \frac{V}{4} \right) \cdot (P - P_0)$$

$$\left( \frac{3}{4} V - V_0 - \frac{V}{4} \right) = \left( \nu_{\text{жид}} - K \left( \frac{V}{4} \right) (P - P_0) \right) / R T_0$$

$$P \frac{3}{12} V = P_0 \frac{8 V_0}{V}$$

$$P \frac{V}{8} = \nu_{\text{га}} R T$$

$$P \left( \frac{3}{12} V + K \left( \frac{V}{4} \right) (P - P_0) \right) / R T = \nu_{\text{жид}} R T$$

$$\frac{3}{2} + \frac{3}{2} K R T \left( 1 - \frac{V}{8 V_0} \right) = \frac{3}{4} \frac{V}{V_0} - 1$$

$$\frac{3}{2} + 3 K R T - \frac{3}{8} K R T \frac{V}{V_0} = \frac{3}{4} \frac{V}{V_0} - 1$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{6 + 2 K R T}{1 + \frac{K R T}{4}} = \frac{2(3 + 1.8)}{1 + \frac{1.8}{4}}$$

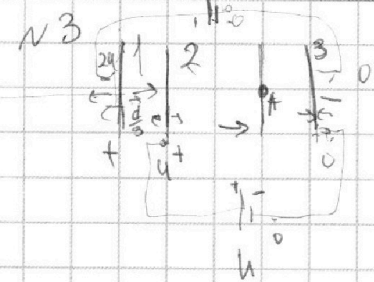
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



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



$$1) \quad E = \frac{U}{d} \quad a = \frac{eU}{md}$$

$$2) \quad K_3 - K_2 = eU$$

$$3) \quad \frac{m v_A^2}{2} = \left( m \frac{v_0^2}{2} \right) + eU + \frac{2}{3} eU$$

$$U = \left( \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} - \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) \cdot \frac{d}{3}$$

$$q_1 - q_2 + q_3 = 3(q_2 + q_1 + q_3)$$

$$U = \left( \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_1}{2\epsilon_0 S} + \frac{q_3}{2\epsilon_0 S} \right) \cdot d$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0 \quad q_1 = q_3 - q_2$$

$$q_3 - q_2 - q_2 + q_3 = 3(q_2 + q_3 - q_2 + q_3)$$

$$E_x = \frac{q_3 - q_2 - q_1}{2\epsilon_0 S} = 0$$

$$2(q_3 - q_2) = 3 \cdot 2q_3$$

$$q_2 = -2q_3$$

$$q_1 = 3q_3$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{10}{3} \frac{eU}{m}}$$

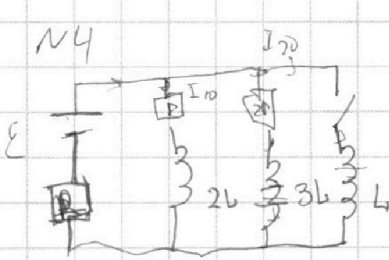
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input 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) 
$$\varepsilon = I_{20} \cdot 2R + (I_{20} + I_{10})R$$

$$I_{20} \cdot 2R = I_{10} \cdot R \quad I_{10} = 2 \cdot I_{20}$$

$$\varepsilon = 5I_{20}R \quad I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R}$$

2) 
$$L \frac{dI}{dt} = \varepsilon - 3I_{20}R = \frac{2}{5} \varepsilon$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{2\varepsilon}{5L}$$

3) 
$$\varepsilon - IR = L \frac{dI}{dt}$$

$$2R - 3L \frac{dI_2}{dt} + L \frac{dI}{dt} = I_2 2R$$

$$3 \int_0^{\frac{\varepsilon}{5R}} L(dI_2) + L \int_0^{\frac{\varepsilon}{5R}} (dI) = 2R \int_0^q (I_2 dt)$$

$$L \frac{3\varepsilon}{5R} + L \frac{\varepsilon}{R} = 2Rq = \frac{8LE}{5R}$$

$$q = \frac{3LE}{5R^2}$$

$$q = \frac{4LE}{5R^2}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

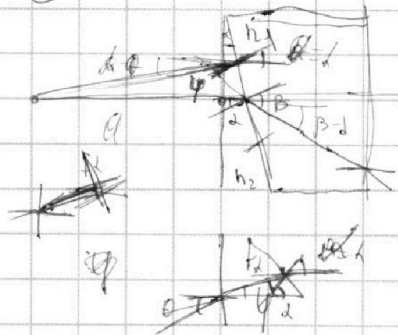
1     2     3     4     5     6     7



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



NS



$$d \cdot n_2 = \beta \cdot n_1 \quad \beta = d \frac{n_2}{n_1}$$

$$s = \beta - d = d \left( \frac{n_2}{n_1} - 1 \right)$$

$$n_1 = n_0$$

$$s = 0.05 \left( \frac{1.6}{1} - 1 \right) = 0.03 \text{ м}$$

$$\theta \cdot n_0 = \varphi \cdot n_1 (d - \varphi) \cdot n_2$$

$$\varphi \cdot n_2 = d \cdot n_1 \quad \varphi = d \frac{n_1}{n_2}$$

$$\theta \cdot n_0 = d \left( 1 - \frac{n_1}{n_2} \right) \cdot n_2 = d (n_2 - n_1)$$

$$\theta = \frac{d(n_2 - n_1)}{n_0}$$

a, t, d

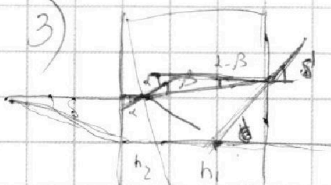
$$a \cdot \theta = x = a \cdot s$$

$$(a - s) \cdot (\beta - d) = x = a \cdot \theta$$

$$s = a \left( 1 - \frac{\theta}{s} \right) = a \left( 1 - \frac{(n_2 - n_1) \cdot h_1}{n_0 \cdot s} \cdot \frac{h_1}{(n_2 - n_1)} \right) = 0$$

$$\Rightarrow x = a \cdot s = 5 \text{ см} \cdot 0.03 \text{ м} = 0.15 \text{ см} = 1.5 \text{ мм}$$

3)



$$d \cdot n_2 = \beta \cdot n_1 \quad \beta = d \frac{n_2}{n_1}$$

$$n_1 (d - \beta) = s \cdot n_0 = d (n_1 - n_2)$$

$$s = d \frac{n_1 - n_2}{n_0} = 0.05 \cdot 0.2 = 0.01 \text{ м}$$

$$s = a + h \frac{n_0}{n_1} = 8 \cdot \frac{1}{1.6} = 5$$

$$n_0 \theta = (\beta - d) n_2 = d (n_1 - n_2)$$

$$\theta = d \frac{(n_1 - n_2)}{n_0} = s$$

$$\beta \cdot n_1 = d \cdot n_2 \quad \beta = d \frac{n_2}{n_1}$$

$$s \left( 1 + \frac{d^2}{25} \right) = 5$$

$$x = a \cdot s + h_2 (d - \beta) = a \cdot s + h_2 d \left( 1 - \frac{n_2}{n_1} \right) = 2 \left( 0.01 + \frac{1.6 \cdot 0.01}{1.6} \right) = 0.02 \text{ м} = 2 \text{ мм}$$

$$s \approx \sqrt{25 + 4} \approx 5.4$$