

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

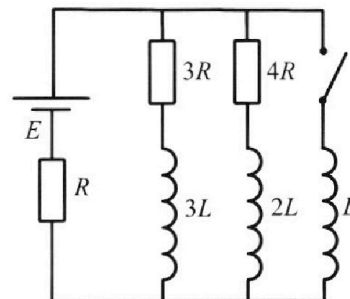
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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  $n_{\text{в}} = 1,0$ . 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.

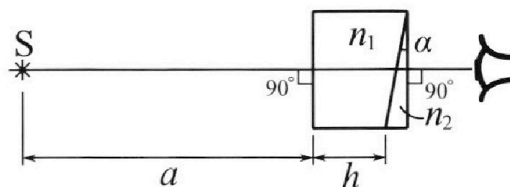


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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.



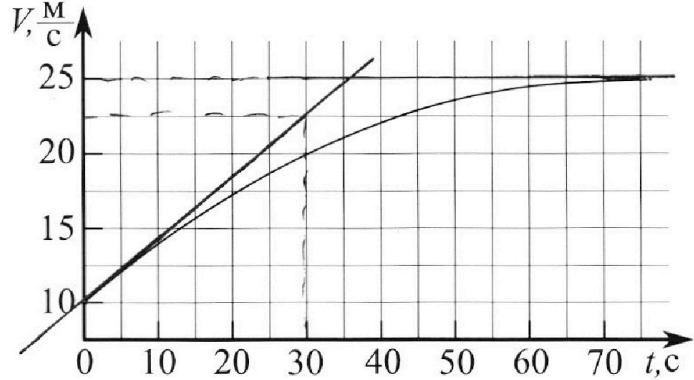
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

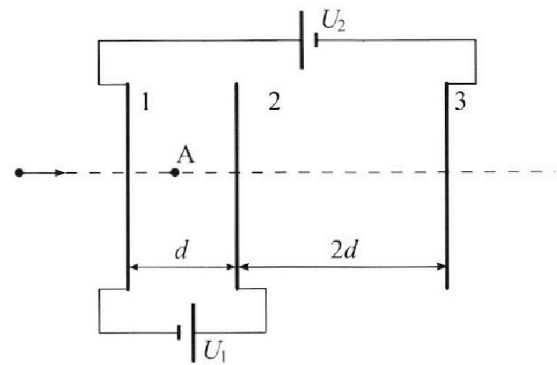
Требуемая точность числе нного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  – 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 и 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/( $\text{м}^3 \cdot \text{Па}$ ). 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.

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!

## Задача 1

1) Проведем касательную к графику в точке  $t=0$ .  
Коэффициент наклона прямой:  $k = \frac{22,5 - 10}{30 - 0} \approx 0,42 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

Значит:  $a(0) = \frac{dr}{dt}(0) = \boxed{0,42 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = a_0$

2) Эффект амплитуды приливов  $V = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

Значит в конце разгона скорость для  $V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$F_{\text{спр.}}$   $F_k$   $F_{\text{спр.}} = k r_k$   $F_{\text{спр.}} + F_k = m a$   
  
 $F_k - F_{\text{спр.}} = m a_k$

$F_k - F_{\text{спр.}} = k r_k$   $k = \frac{F_k}{r_k} = \frac{500}{25} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$  жесткость опоры

В начале разгона:

$F_{\text{спр.}}$   $F_0$   $F_0 + F_{\text{спр.}} = m a_0$   $F_{\text{спр.}} = k r_0$   $r_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$   
  
 $F_0 - F_{\text{спр.}} = m a_0$

$F_0 = m a_0 + F_{\text{спр.}} = m a_0 + k r_0 = 1500 \cdot 0,42 + 24 \cdot 10 = \boxed{870 \text{ Н}}$

3)  $P_0 = F_0 v_0 = 870 \cdot 10 = \boxed{8700 \text{ Вт}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

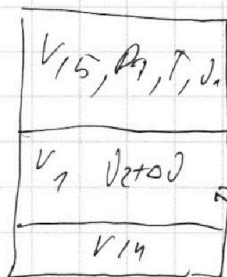
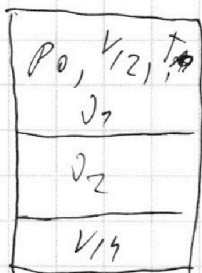
- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

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



~ 2



$$V_1 = V - \frac{V}{7} - \frac{V}{5} = \frac{27}{70} V = 0,55V$$

габаритные  
таблицы  
нужны:  
 $P_H = P_{atm} = 2P_0$

$$P_0 V_{12} = J_1 RT_0$$

$$P_0 V_{14} = J_2 RT_0$$

$$P_1 \frac{V}{5} = J_1 RT$$

$$(P_1 - P_H) \cdot \frac{V}{4} = (J_2 + \Delta J) RT$$

$$\frac{J_1}{J_2} = 2$$

$$\Delta J = k P_0 \frac{V}{4}$$

Значит

$$\frac{J_1}{V} = \frac{P_0}{2RT_0}$$

$$\frac{J_1}{V} = \frac{P_1}{5RT}$$

$$\frac{J_2}{V} = \frac{P_0}{4RT_0}$$

$$\frac{(P_1 - P_H) \cdot 0,55}{RT} = \frac{J_2}{V} + \frac{k P_0}{4}$$

$$\frac{P_1}{5RT} = \frac{P_0}{2RT_0}$$

$$P_1 = P_0 \cdot 2,5 \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{P_0}{4RT_0} = \frac{(P_1 - P_H) \cdot 0,55}{RT} - \frac{k P_0}{4}$$

$$\frac{P_0}{4RT_0} = \frac{(P_0 \cdot 2,5 \frac{T}{T_0} - 2P_H) \cdot 0,55}{RT} - \frac{k P_0}{4} \cdot 4RT_0$$

$$T = (2,5 \frac{T}{T_0} - 2) 2,2 T_0 - k RT T_0 \quad | : T_0$$

$$\frac{T}{T_0} (1 - 2,2(2,5)) = -4,4 - k RT$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{k RT + 4,4}{2,2 \cdot 2,5 - 1} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 + 4,4}{4,5}$$

$$\approx \frac{2,5 + 4,4}{4,5} = \frac{59}{45}$$

Ответ:  $\frac{59}{45}$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 2,2 \\ + 2,5 \\ \hline 4,7 \\ - 0 \\ \hline 4,7 \\ \hline 5,5 \end{array}$$

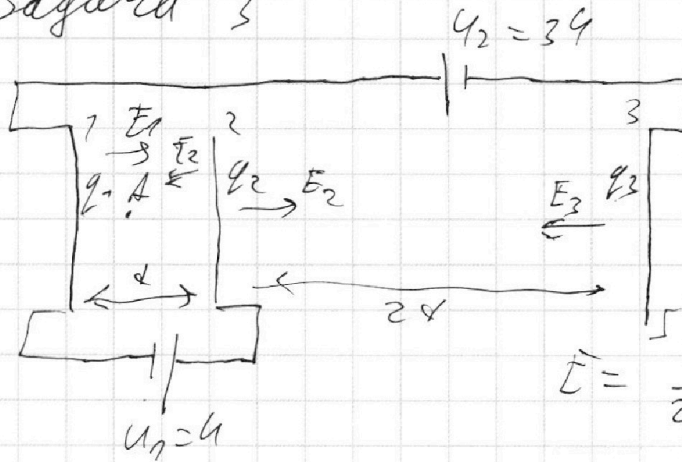


1  2  3  4  5  6  7

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



Задача 3



По закону сохр. заряда:  $q_1 + q_2 + q_3 = 0$

$$W = \frac{kq^2}{R} = \varphi q$$

$$E = \frac{q}{2\epsilon_0 S}$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = (-E_1 + E_2 + E_3) \cdot d = \frac{-q_1 + q_2 + q_3}{2\epsilon_0 S} d = U$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = (E_1 + E_2 - E_3) \cdot 2d = \frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 S} \cdot 2d$$

$$\varphi_1 - \varphi_3 = \varphi_1 - \varphi_2 + \varphi_2 - \varphi_3 = -U + \frac{q_1 + q_2 - q_3}{\epsilon_0 S} d = 3U$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ -q_1 + q_2 + q_3 = \frac{2U\epsilon_0 S}{d} \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{4U\epsilon_0 S}{d} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} q_2 &= \frac{3U\epsilon_0 S}{d} & E_2 &= \frac{1,5U}{d} \\ q_1 &= -\frac{U\epsilon_0 S}{d} & E_1 &= -\frac{0,5U}{d} \\ q_3 &= -\frac{2U\epsilon_0 S}{d} & E_3 &= -\frac{U}{d} \end{aligned}$$

1)  $ma = q(E_1 + E_2 + E_3)$

$$a = \frac{q}{m} \cdot U (-0,5 + 1,5 + 1) = -\frac{qU}{m} \quad |a| = \frac{qU}{m}$$

2)  $K_1 = K_0 + W_1 - W_0$   
 $K_2 = K_0 + W_2 - W_0$

$$K_1 - K_2 = W_1 - W_2 = q(\varphi_1 - \varphi_2) = -qU$$

3)  $\varphi_4 - \varphi_1 = (E_1 + E_2 + E_3) \frac{d}{4} = \frac{-U}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{U}{4}$

$$K_A = K_0 + W_A - W_0 = \frac{mv_A^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + q(\varphi_4 - \varphi_1)$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{2q}{m} \left( +\frac{U}{4} \right)} = \sqrt{v_0^2 + \frac{qU}{2m}} \quad \text{ответ: } \sqrt{v_0^2 + \frac{qU}{2m}}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

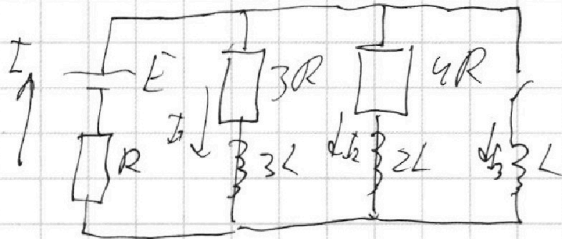
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

### Задача 4



1) Ток как резистор в цепи  
устанавливая, то ток на  
каждой из ветвей  
и на участке на них 0  
Тогда, сопротивлением схемы:

$$R_0 = R + \frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R} = \frac{19}{7}R$$

$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{7}{19} \frac{E}{R}$$

$$I_{10} \cdot 3R = E - I_0 R \quad I_{10} = \frac{E - \frac{7}{19}E}{3R} = \frac{12}{19} \frac{E}{R}$$

$$2) L \dot{I} = E - \frac{7}{19}E \quad | : L$$

$$\dot{I} = \frac{12}{19} \frac{E}{L}$$

$$3) I = q \quad I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$E - IR = 3RI_1 + 3L\dot{I}_1 = 4RI_2 + 2L\dot{I}_2 = LI_3$$

$$\frac{1}{3}(E - IR) + 2(E - IR) + 4(E - IR) = 4LI_1 + 4LI_1 + 8RI_2 + 4LI_2 + 4LI_3$$

$$\frac{22E}{3} - \frac{22}{3}IR = 4LI + 4RI_1 + 8RI_2$$

$$q = \int_{I_{10}} I_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

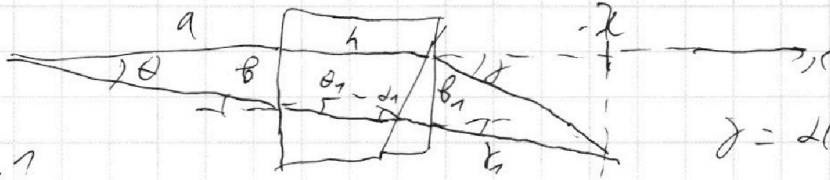
МФТИ

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



### Задача 5 (продолжение)

3/



$$\gamma = 2(n_2 - 1)$$

$$h \theta = h_1 \theta_1$$

$$\theta_1 = \frac{\theta}{n_1}$$

$$b = a \theta$$

$$b_1 = b + h \theta_1 = a \theta + h \frac{\theta}{n_1}$$

$$\alpha_1 = \alpha - \theta_1 = \alpha - \frac{\theta}{n_1}$$

$$\gamma_1 = \alpha_1 (n_2 - 1) = \left( \alpha - \frac{\theta}{n_1} \right) (n_2 - 1)$$

Аналогично: 
$$\chi = \frac{b_1}{\tan \gamma - \tan \gamma_1} = \frac{a \theta + h \frac{\theta}{n_1}}{2(n_2 - 1) \alpha - \left( 2 - \frac{\theta}{n_1} \right) (n_2 - 1)}$$

$$= \frac{\theta \left( a + \frac{h}{n_1} \right)}{\frac{\theta}{n_1} (n_2 - 1)} = \frac{a n_1 + h}{n_2 - 1}$$

Итак, мы рассчитали: 
$$S = a + h + \chi = 90 + 14 + \frac{90 - 1,4 + 14}{0,2}$$

$$= 104 + 780 + 20 = 304 \text{ см}$$





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

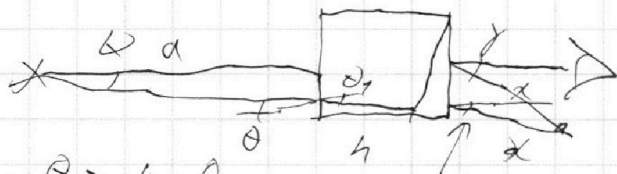
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

~ 5



$$\alpha = n_1 \theta$$

$$\beta = a \theta$$

$$\beta_1 = \beta + h \theta$$

$$(\alpha - \theta)(n_2 - 1)$$

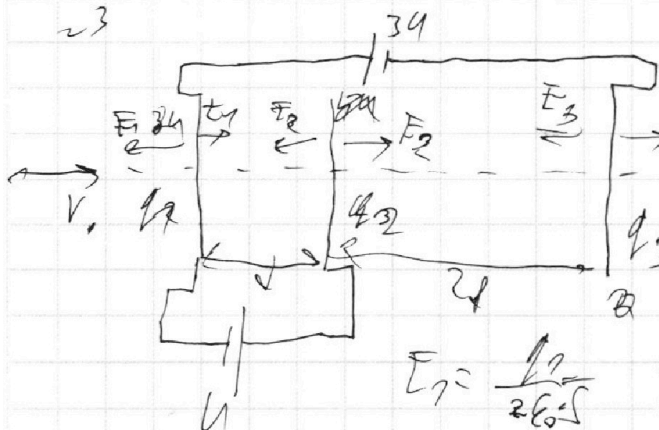
$$x = \frac{\theta}{2(n_2 - 1) - (\alpha - \theta)(n_2 - 1)}$$

$$= \frac{a\theta + h \frac{\alpha}{h}}{\frac{\theta}{h_1}(n_2 - 1)} = \frac{a h_1 + h}{h_2 - 1} = \frac{20 \cdot 1,4 + 14}{0,7}$$

$$= 180 + 20 = 200 \text{ cm}$$

$$S = a + h + x = 309 \text{ cm}$$

~ 3



$$q = \frac{kq}{R}$$

$$W = \frac{kq^2}{R}$$

$$E = \frac{kq}{R^2}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = 0$$

$$E_1 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 d} \quad \phi_2 - \phi_1 = 4$$

$$\phi_2 - \phi_1 = (E_2 + E_3 - E_1) \cdot d = 34 = \frac{(q_2 + q_3 - q_1) \cdot d}{2\epsilon_0 d} = 4$$

$$\phi_1 - \phi_3 = \frac{q_1}{2\epsilon_0 d} - \phi_2 + \phi_3 - \phi_3 = 34$$

$$\begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0 \\ q_2 + q_3 - q_1 = 4 \epsilon_0 \cdot 2 \\ q_1 + q_2 - q_3 = 4 \epsilon_0 \cdot 8 \end{cases}$$

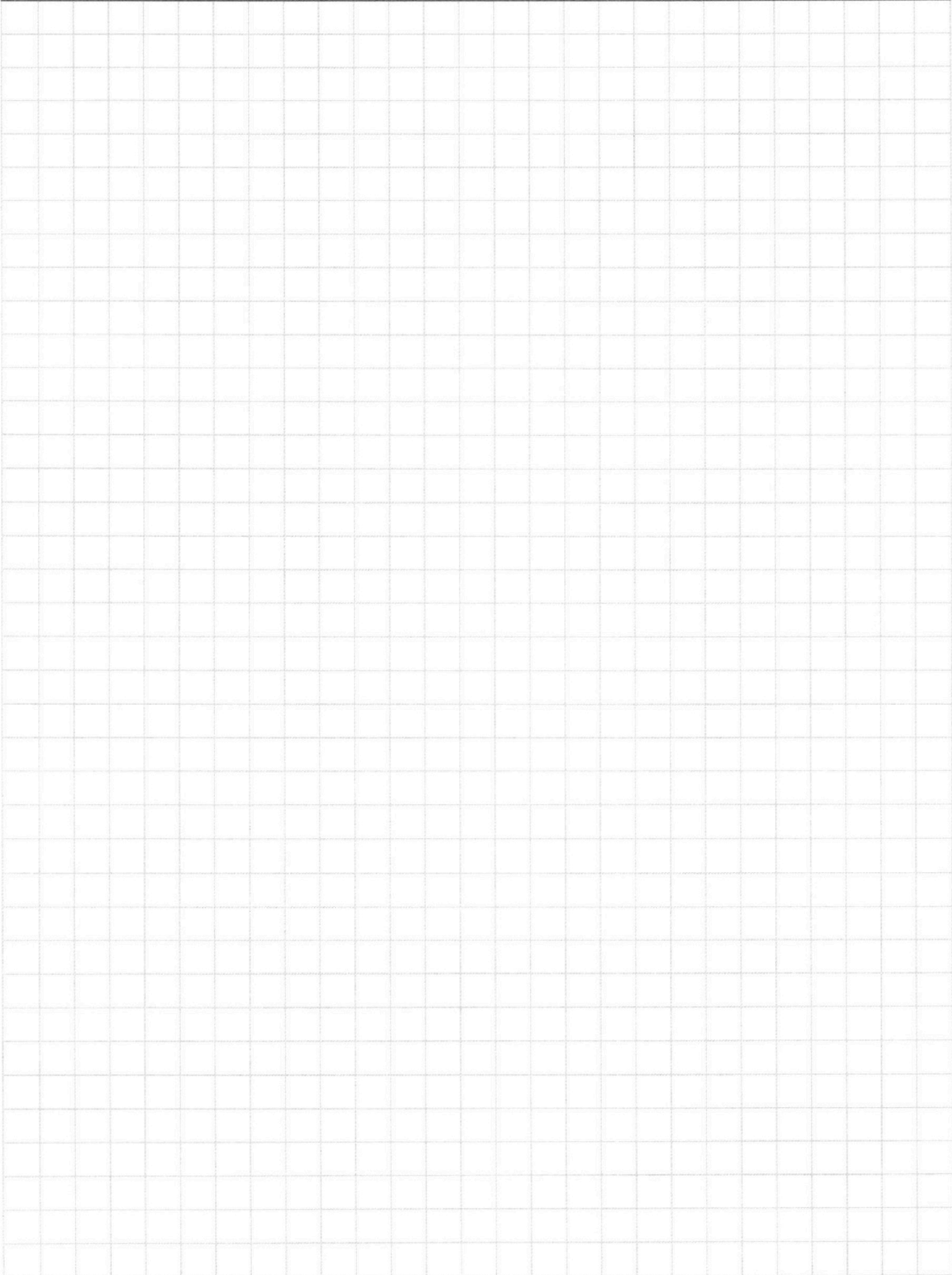




На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!



*Черновик*

21

$$F = ma$$

$$F_{\text{spring}} = kx$$

$$a_0 = \frac{22,5 - 70}{30} = \frac{12,5}{30} \approx 0,42 \frac{\text{m}}{\text{c}^2}$$

$$600 = k \cdot 25$$

$$F_0 = ma + k \cdot 70$$

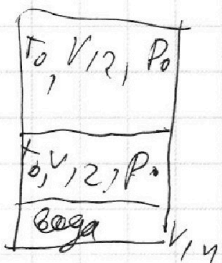
$$k = \frac{600}{25} = 24$$

$$= 1500 \cdot 0,42 + 24 \cdot 70$$

$$P_0 = F_0 v_0 = 870 \cdot 70 = 89000 \text{ Bsm} = 420 + 270 + 240 = 870 \text{ H}$$

$$P_1 = 2600 = 25$$

22



$$P_0 = \frac{P_{\text{ATM}}}{2}$$

$$RT = 3 \cdot 70^3 \frac{\text{Jm}}{\text{mol}}$$

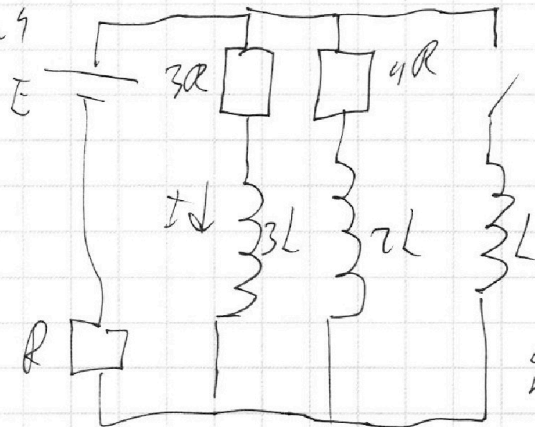
$$PV = \nu RT$$

$$\nu V = k p W = k p V$$



$$P_1 V_{15} = \nu RT \quad P_0 V_{12} = \nu RT_0$$

24



$$U_L = L \dot{I}_L$$

$$I_{3R} = \frac{U_{3R}}{3R} = \frac{E - \frac{E \cdot R}{7R}}{3R} = \frac{6E}{7R}$$

$$R_0 = R + \frac{3R \cdot 4R}{7R} = R + \frac{12R}{7} = \frac{19R}{7}$$

$$\dot{I}_L = \frac{U_L}{L} = \frac{E - \frac{E \cdot R}{19R}}{L} = \frac{18E}{19L}$$

$$q = \int I dt$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

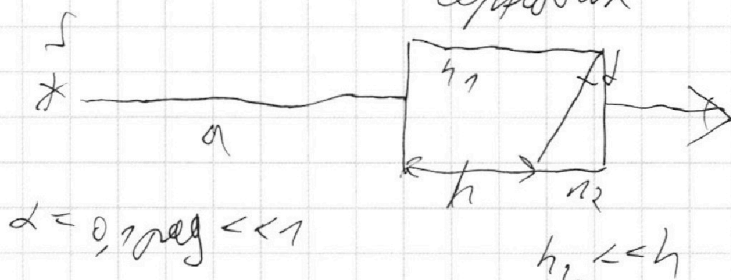
1     2     3     4     5     6     7



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

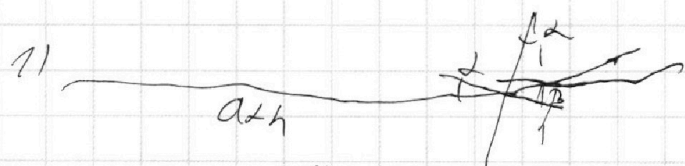


*Черновик*



$$\alpha = 0,1 \text{ рад} \ll 1$$

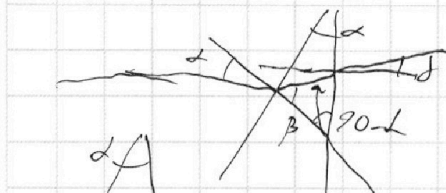
$$h_2 \ll h$$



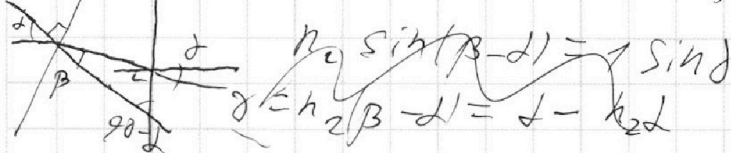
$$1 \cdot \sin \alpha = n_2 \sin \beta$$

$$\alpha = n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{\alpha}{n_2}$$



$$90^\circ - (90^\circ - \beta - (90^\circ - \alpha)) = \beta - \alpha$$



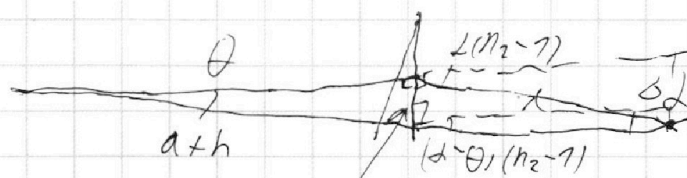
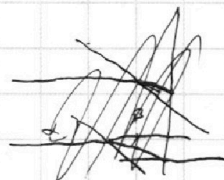
$$n_1 \sin(\beta - \alpha) = 1 \sin \alpha$$

$$\beta - \alpha = h_2(\beta - \alpha) = \alpha - h_2 \alpha$$

$$180^\circ - \beta - (90^\circ - \alpha) = 90^\circ - \beta - \alpha$$

$$n_2 \sin(\alpha - \beta) = 1 \sin \alpha$$

$$\alpha - h_2 \beta = h_2(\alpha - \beta) = h_2 \alpha - \alpha \Rightarrow \alpha(h_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад}$$



$$\beta = \theta(d+h)$$

$$\Delta \alpha = 180^\circ - (90^\circ - \alpha(n_2 - 1)) - (90^\circ + (\alpha - \theta)(n_2 - 1))$$

$$= \alpha(n_2 - 1) - (\alpha - \theta)(n_2 - 1) = \theta(n_2 - 1)$$

$$b_1 = \lambda \sin(\alpha(n_2 - 1)) - b = \lambda \sin(\alpha(n_2 - 1))$$

$$\lambda = \frac{b}{\alpha(n_2 - 1) - (\alpha - \theta)(n_2 - 1)} = \frac{b}{\theta(n_2 - 1)} = \frac{\theta(d+h)}{\theta(n_2 - 1)} = \frac{104}{0,7}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

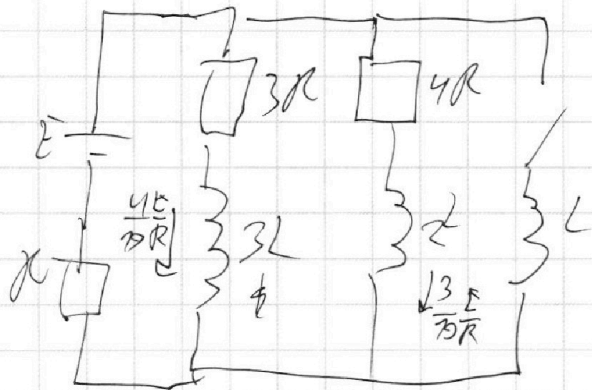
1  2  3  4  5  6  7



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



*Черновик*



$$R_0 = R + \frac{3R \cdot 4R}{7R} = \frac{10}{7} R$$

$$I_0 = \frac{E}{R_0} = \frac{7}{10} \frac{E}{R}$$

$$I_{10} \cdot 3R = E - I_0 R$$

$$I_{10} = \frac{E - \frac{7}{10} E}{3R} = \frac{12}{3 \cdot 10} \frac{E}{R}$$

$$= \frac{4}{10} \frac{E}{R}$$

$$2) \quad I = \frac{E - \frac{7}{10} E}{L} = \frac{12}{10} \frac{E}{L}$$

$$3) \quad I = \dot{q} \quad U_L = L \dot{I}_L = E - IR = 3L \dot{I}_{3L} + 3R I_{3L}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1     2     3     4     5     6     7

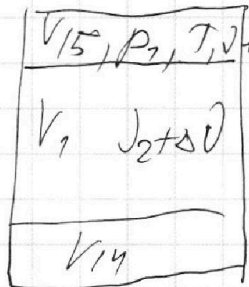
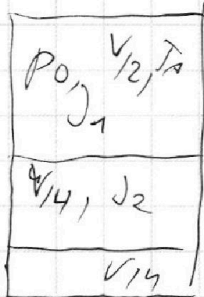


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



*Черновик*

~2



$$V_1 = V - \frac{V}{7} - \frac{V}{5} = \frac{20-9}{20} V = \frac{11}{20} V$$

+ добавление паров  
 паров = паров

$$P_1 = J_1 RT + p_{амл}$$

$$P_0 V_{1/2} = J_1 RT_0$$

$$P_1 V_{1/5} = J_1 RT$$

$$P_0 V_{1/4} = J_2 RT_0$$

$$P_1 \cdot \frac{11}{20} V = (J_2 + k P_0 \frac{V}{2}) RT$$

$$J_1 / J_2 = 2$$

$$\frac{J_1}{J_2 + k P_0 \frac{V}{2}} = \frac{11 \cdot 20}{11 \cdot 5} = \frac{4}{11}$$

$$\frac{J_1}{(J_2 + k P_0 \frac{V}{2})} ?$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2 P_1}{5 P_0}$$

$$\frac{P_0}{2} = RT_0 \frac{J_1}{V}$$

$$\frac{P_1}{5} = \frac{J_1}{V} RT$$

$$\frac{P_0}{4} = \frac{J_2}{V} RT_0$$

$$\frac{11 P_1}{20} = \left( \frac{J_2 + k P_0}{V} \right) RT$$

$$\frac{P_1}{5} = \frac{P_0}{2} \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{11}{20} P_1 = \left( \frac{P_0}{4 RT_0} + \frac{k P_0}{2} \right) RT$$

$$\frac{4}{11} = \frac{P_0 T}{2 T_0}$$

$$\frac{\left( \frac{P_0}{4 RT_0} + \frac{k P_0}{2} \right) RT}{\frac{P_0 T}{2 T_0}}$$

$$\frac{8 T_0}{11} \cdot \left( \frac{1}{4 RT_0} + \frac{k}{2} \right) = \frac{1}{R}$$

$$\frac{2}{11 R} + \frac{4 k T_0}{11} = \frac{1}{R}$$