



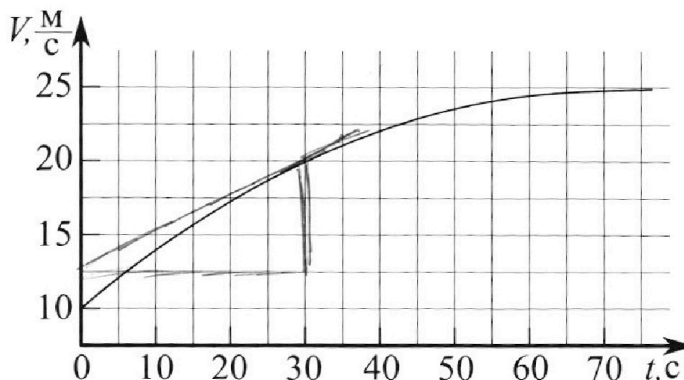
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой  $m = 1800$  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  $F_k = 500$  Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости  $V_1 = 20$  м/с.

2) Найти силу тяги  $F_1$  при скорости  $V_1$ .

3) Какая мощность  $P_1$  передается от двигателя на ведущие колеса при скорости  $V_1$ ?

Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

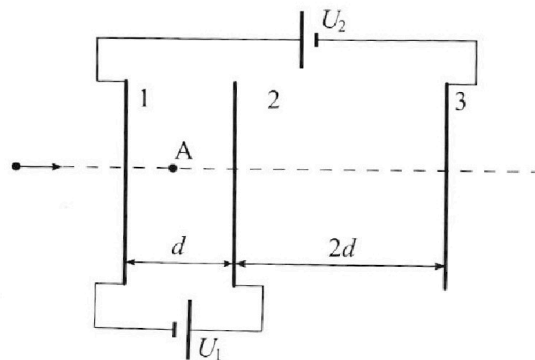
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре  $T_0$ . При этом жидкость занимала объём  $V/4$ . Затем цилиндр медленно нагрели до  $T = 5T_0/4 = 373$  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  $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$  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 начальное давление в сосуде  $P_0$ . 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  $2d$  (см. рис.). Размеры сеток значительно больше  $d$ . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением  $U_1 = U$  и  $U_2 = 4U$ . 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 A на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

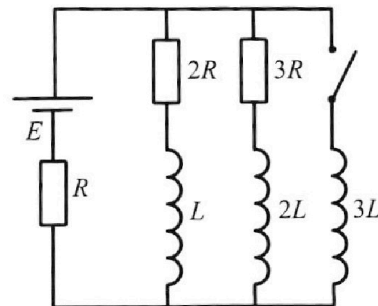
Вариант 11-01

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  $2R$  при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью  $3L$  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  $a = 194$  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  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

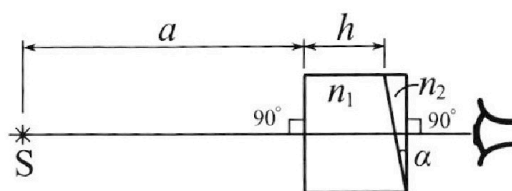


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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  $n_1 = 1,5$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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!

По графику определим  
касательную в точке  $a_1$ :  
проведем касательную,  
(т.к.  $a = \frac{dV}{dt}$ )

$$a_1 = \frac{7,5 \text{ м/с}}{30 \text{ с}} = 0,25 \text{ м/с}^2$$

(попадает под касательную в точке)

$$2) F_{\text{тош}} \text{ в этой точке} = m a_1 + \beta V_1^2$$
$$\Leftrightarrow 1800 \cdot 0,25 + \frac{100}{25} \cdot 20^2 = 450 \text{ (Н)}$$

$$3) P_1 = F_{\text{тош}} \cdot (V_k - V_1) = 450 \cdot 5$$
$$\Leftrightarrow 2250 \text{ (Вт)}$$

Ответ: 1) 0,25 м/с<sup>2</sup>  
2) 450 Н  
3) 2250 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
<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

$$F_k = \beta v_k$$

$$\beta = \frac{F_k}{v_k}$$

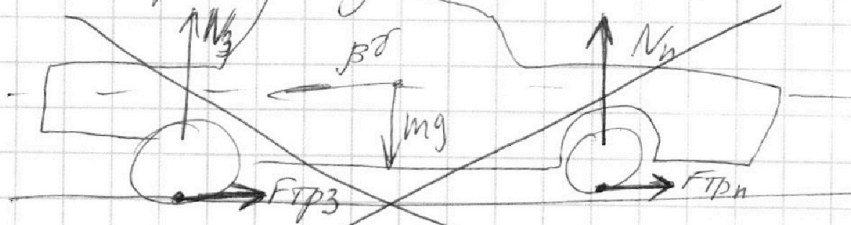
1)  ~~$ma = F_k - \beta v = F_k - F_k \frac{v}{v_k} \quad \ominus$~~   
 ~~$\ominus F_k \left( \frac{v_k - v}{v_k} \right)$~~

~~$$a(v_1) = \frac{F_k}{m} \frac{v_k - v}{v_k} = \frac{5000}{1800} \cdot \frac{25 - 20}{25} \frac{[m]}{[c]} = \frac{1}{18} \frac{[m]}{[c]}$$~~

~~$$ma = F_T - \beta(v - v_0)$$~~



~~$$F_T = \beta v \Rightarrow F_T = \beta v$$~~



~~$$ma = F_T - \beta v$$
  
~~$$F_k (v_k - v) = \beta v$$~~~~

1)  $ma = F_T - \beta v_1$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

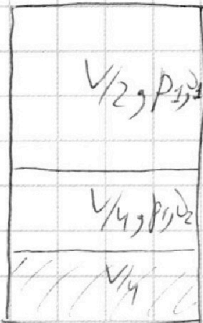
решение которой представлено на странице:

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!

2



Дано:  $V, T_0 \rightarrow \frac{5}{4}T_0 = T = T_1$

$$\Delta U = k p \omega$$

$$k \approx 1/3 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = ?$$

$$p_0 = p_1 = ?$$

$$\begin{cases} p_1 \frac{V}{2} = U_1 R T_0 \\ p_1 \frac{V}{4} = U_2 R T_0 \end{cases} \Rightarrow \frac{U_2}{U_1} = \frac{V/4}{V/2} = \frac{1}{2}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad p_2 \frac{V}{5} &= U_1 R T_1 \\ p_2 \cdot \left( \frac{4}{5}V - \frac{V}{4} \right) &= U_3 R T_1 = p_2 \cdot \frac{11}{20}V \end{aligned}$$

$$\frac{U_3}{U_1} = \frac{11/20}{1/5} = \frac{11}{4}$$

$$p_2 \cdot \frac{11}{20}V = \frac{11}{4} U_1 R \cdot \frac{5}{4}T_0 = \frac{55}{16} p_1 \frac{V}{2}$$

$$p_2 \cdot \frac{11}{20} = \frac{55}{32} p_1$$

$$p_2 = \frac{25}{8} p_1$$

$$p_2 = p_{\text{пара}} + p_{\text{CO}_2}$$

$$p_{\text{CO}_2} \cdot \frac{11}{20}V = U_{\text{CO}_2} R \frac{5}{4}T_0$$

$$\Delta U_1 = k p_{\text{CO}_2} \omega = k p_1 \cdot \frac{V}{4} \Rightarrow \Delta U = k \frac{V}{4} (p_{\text{CO}_2} - p_1)$$

$$\Delta U_2 = k p_{\text{CO}_2} \frac{V}{4}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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



$$p_{CO22} = (p_2 - p_1) \frac{RT_0}{V} \cdot \frac{100}{44}$$

$$p_{CO22} + \frac{100}{44} \frac{RT_0}{V} \cdot k \frac{\Delta}{4} p_{CO22} = \frac{1}{2} p_1 \frac{RT_0}{V} \frac{100}{44} \quad (+)$$

$$(+)$$

$$\frac{RT_0}{V} \frac{100}{44} \cdot k \frac{\Delta}{4} p_1$$

Пусть  $p_{CO22} = p_2 = \frac{25}{8} p_1$

$$\frac{25}{8} p_1 + \frac{100}{44} \frac{RT_0}{V} k \frac{25}{8} p_1 = \frac{1}{2} p_1 \frac{100}{44} + k \frac{RT_0}{V} \frac{100}{44} p_1$$

$$p_{CO22} \neq p_2$$

$p_{пара} = p_{атм}$ , т.к. давление изм. не происходит в сеч. изм. (пар насыщ.)

$$\frac{25}{8} p_1 = p_{атм} + \frac{p_1 \cdot 100}{44 \cdot 4} + p_1 \cdot \frac{100}{44 \cdot 4} k \frac{RT_0}{V} \quad (-)$$

$$(-) p_{атм} + p_1 \left( \frac{100 + 100 k \frac{RT_0}{V}}{44 \cdot 4 + 100 k \frac{RT_0}{V}} \right)$$

$$p_1 = \frac{p_{атм}}{\frac{25}{8} - \frac{100 + 100 k \frac{RT_0}{V}}{44 \cdot 4 + 100 k \frac{RT_0}{V}}}$$

$$RT_0 = RT \cdot \frac{4}{5}$$

$$p_1 = \frac{p_{атм}}{\frac{25}{8} - \frac{100 + \frac{1}{3} \cdot 10^{-1} \cdot \frac{4}{5} \cdot 3 \cdot 10^3}{176 + \frac{1}{3} \cdot 10^{-1} \cdot \frac{4}{5} \cdot 3 \cdot 10^3}} = \frac{p_{атм}}{\frac{25}{8} - \frac{180}{256}} \quad (-)$$

$\frac{176}{+80}$   
 $\frac{256}{44}$   
 $\times 4$   
 $\frac{176}{176}$



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!

$$\textcircled{E} \quad \frac{256 \text{ р.АТМ}}{620} = \frac{64 \text{ р.АТМ}}{155}$$

Ответ: 1) 2:1  
2)  $\frac{64}{155}$  р.АТМ

$$\begin{array}{r} 256 \overline{) 620} \\ \underline{24} \phantom{0} \\ 76 \phantom{0} \\ \underline{76} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ \times 25 \\ \hline 160 \\ 64 \\ \hline 800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 620 \overline{) 4} \\ \underline{4} \\ \hline 20 \\ \underline{20} \\ 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 256 \overline{) 64} \\ \underline{24} \phantom{0} \\ 76 \phantom{0} \\ \underline{76} \\ 0 \end{array}$$

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!

$$\begin{cases} U = \frac{\sigma_2 - \sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_1}{2\epsilon_0} d \\ 4U = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2 + 3\sigma_1 + 3\sigma_2}{2\epsilon_0} d \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = \frac{-2\sigma_1}{2\epsilon_0} d = -\frac{\sigma_1}{\epsilon_0} d \Rightarrow \sigma_1 = -\frac{U\epsilon_0}{d} \\ 4U = \frac{6\sigma_1 + 4\sigma_2}{2\epsilon_0} d \Rightarrow U = \frac{3\sigma_1 + 2\sigma_2}{2\epsilon_0} d \end{cases}$$

$$U - \frac{3\sigma_1}{2} \frac{d}{\epsilon_0} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} d = U + \frac{3U}{2} = \frac{\sigma_2}{2\epsilon_0} d$$

$$\sigma_2 = \frac{2\epsilon_0}{d} \cdot \frac{3U}{2} = 3\frac{\epsilon_0}{d} U = \frac{2\epsilon_0}{d} \cdot \frac{7}{2} U = \frac{7\epsilon_0}{d} U$$

$$\sigma_3 = \frac{U\epsilon_0}{d} - \frac{7U\epsilon_0}{2d} = \frac{2U\epsilon_0 - 7U\epsilon_0}{2d} = -\frac{5U\epsilon_0}{2d}$$

$$m|a_{12}| = q \cdot |E_1 - E_2 - E_3| = q \left| \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} \right| \quad \ominus$$

$$\ominus q \left| \frac{-\frac{U\epsilon_0}{d} + \frac{5U\epsilon_0}{2d} + \frac{7U\epsilon_0}{2d}}{2\epsilon_0} \right| = \frac{q}{2d} \cdot 8U = \frac{4qU}{d}$$

$$|a_{12}| = \frac{q}{m} \frac{U}{d}$$

$$E_{\text{out}} = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{2\epsilon_0} = 0$$

$$K_1 = \frac{m v_0^2}{2}$$





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!

2) П.к.  $a_{12} = \text{const}$ , то ( $v_2$  ~~не~~ скор при прол. сетки 2)  ~~$v_2$~~   $d = \frac{|v_0^2 - v_2^2|}{2a_{12}}$

$$v_0^2 - v_2^2 = 2d \cdot \frac{q}{m} \frac{U}{d}$$

$$v_2^2 = v_0^2 - 2d \frac{q}{m} \frac{U}{d}$$

$$K_2 = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{qU}{qU} \ominus$$

$$\ominus \frac{mv_0^2}{2} - qU$$

$$K_1 - K_2 = qU$$

$$3) \frac{d}{3} = \frac{v_0^2 - v_A^2}{2a_{12}}$$

$$v_0^2 - v_A^2 = \frac{2}{3} da_{12}$$

$$v_A^2 = v_0^2 - \frac{2}{3} da_{12} = v_0^2 - \frac{2}{3} d \cdot \frac{q}{m} \frac{U}{d} \ominus$$

$$\ominus v_0^2 - \frac{2}{3} \frac{qU}{m}$$

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

Ответ: 1)  $\frac{qU}{md}$

2)  $qU$

3)  $\sqrt{v_0^2 - \frac{2qU}{3m}}$

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

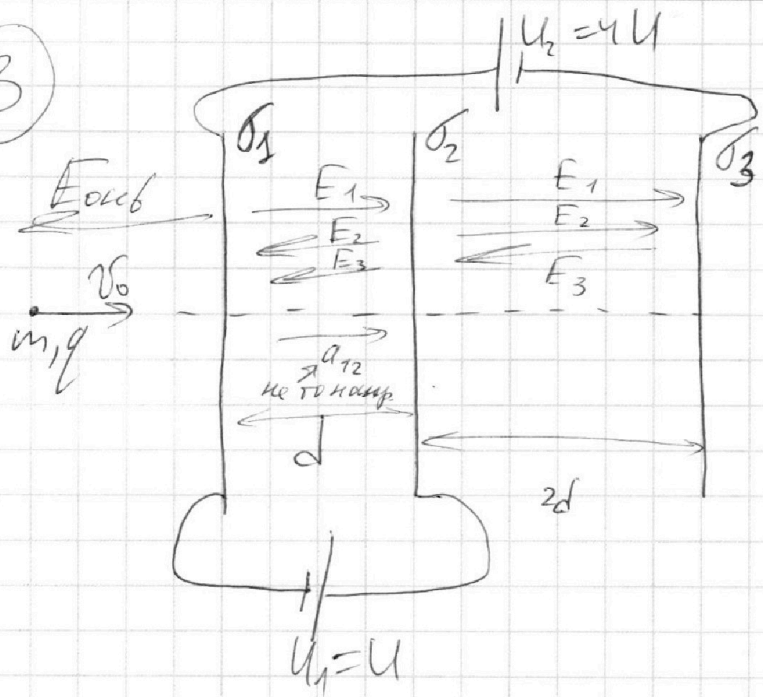
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



$$d\varphi = -E dl$$

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -E d$$

$$1) \begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ U = (-E_1 + E_2 + E_3)d \\ 4U = (E_1 - E_2 - E_3)d + (E_1 + E_2 - E_3)2d \end{cases}$$

$$\begin{cases} U = \frac{\sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1}{2\epsilon_0} d \\ 4U = \frac{\sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} d + \frac{\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} 2d \\ \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \Rightarrow \sigma_3 = -\sigma_2 - \sigma_1 \end{cases}$$

$$4U = \frac{\sigma_1 + 2\sigma_1 - \sigma_2 + 2\sigma_2 - \sigma_3 - 2\sigma_3}{2\epsilon_0} d \quad \text{---}$$

$$\text{---} \frac{3\sigma_1 + \sigma_2 - 3\sigma_3}{2\epsilon_0} d$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

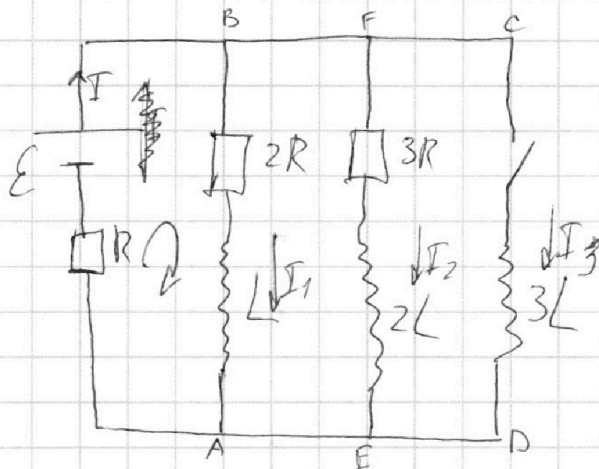
1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



4



1) В год резонансе  $\frac{dI_1}{db} = \frac{dI_2}{db} = 0$

$$\begin{cases} 2RI_1 = 3RI_2 \Rightarrow I_1 = \frac{3}{2}I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{2}{3}I_1 \\ \mathcal{E} = IR + 2RI_1 = IR + 2IR - 2RI_2 \\ I_1 + I_2 = I = I_1 + \frac{2}{3}I_1 = I \end{cases}$$

~~$3IR - 2RI_2 = \mathcal{E}$~~

$$\frac{5}{3}I_1 = I$$

$$I_1 = \frac{3}{5}I$$

$$\mathcal{E} = \frac{5}{3}I_1 R + 2RI_1 = \frac{5}{3}I_1 R + \frac{6}{3}I_1 R \ominus$$

$$\ominus \frac{11}{3}I_1 R$$

$$I_1 = \sqrt{\frac{3}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}} = I_{10}$$

$$I_{20} = \frac{2}{11} \frac{\mathcal{E}}{R}$$

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) Сразу после замык  $I_1$  и  $I_2$  ост.  
Такими же (т.к. поток сохр. при этом)

Тогда же пр. Кирхгофа для ABCD и FEDE.

$$\int 2I_1 R + L \frac{dI_1}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt} \quad (1)$$

$$\int 3I_2 R + 2L \frac{dI_2}{dt} = 3L \frac{dI_3}{dt} \quad (2)$$

Кроме того,  $I_{30} = 0$  (по той же причине)

$$\varepsilon = IR + 3L \frac{dI_3}{dt} = \frac{5}{11} \frac{\varepsilon}{R} R + 3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$\frac{6}{11} \varepsilon = 3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \frac{2\varepsilon}{11L}$$

3) В новом уст решиме весь ток

будет, темь через  $3L$

$$\text{ИЗ (1): } 2R \int_0^{I_{3f}} dI_1 + L \int_{I_{10}}^{I_{1f}} dI_1 = 3L \int_0^{I_{3f}} dI_3$$

$$I_{3f} = \frac{\varepsilon}{R}$$



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!

$$2qR + L I_{30} = 3L (0 - I_{3f}) = 3L \cdot \left(-\frac{\varepsilon}{R}\right)$$

$$2qR + L \frac{3\varepsilon}{11R} = -3L \frac{\varepsilon}{R}$$

$$2qR = -L \frac{\varepsilon}{R} \left(3 + \frac{3}{11}\right) = -L \frac{\varepsilon}{R} \frac{33+3}{11} \ominus$$

$$\ominus -L \frac{\varepsilon}{R} \cdot \frac{36}{11}$$

$$q = -\frac{L\varepsilon}{R^2} \cdot \frac{18}{11}$$

$$|q| = \frac{18}{11} \frac{L\varepsilon}{R^2}$$

Ответ: 1)  $\frac{3}{11} \frac{\varepsilon}{R}$

2)  $\frac{2}{11} \frac{\varepsilon}{L}$

3)  $\frac{18}{11} \frac{L\varepsilon}{R^2}$

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

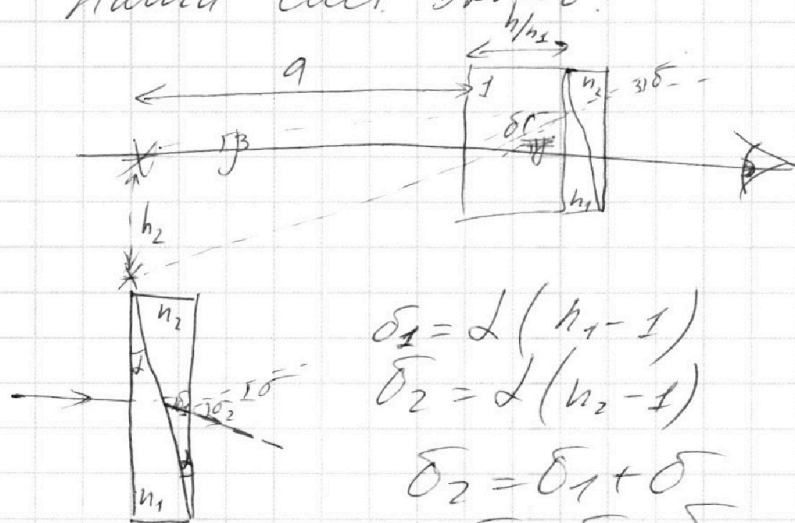
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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!

3) Наша сфера эквив:



$$\delta_1 = d(n_1 - 1)$$

$$\delta_2 = d(n_2 - 1)$$

$$\delta_2 = \delta_1 + \delta$$

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

Аналогично n. 2:

$$\delta = \frac{h_2}{a + \frac{h}{n_1}} = d(n_2 - n_1)$$

$$h_2 = \frac{d(n_2 - n_1)}{\left(a + \frac{h}{n_1}\right)^{-1}} = \frac{0,1 \cdot 0,2}{\left(194 + \frac{9}{1,5}\right)^{-1}} = \frac{0,1 \cdot 0,2}{200^{-1}}$$

$$\ominus 0,02 \cdot 200 = \frac{2}{100} \cdot 200 = 4 \text{ (см)}$$

$h_1$  - высота сферы, обусл. плоско-пар. пласт с  $n_1$

$$h_1 = h - \frac{h}{n_1} = h \frac{n_1 - 1}{n_1} = h \cdot \frac{1,5 - 1}{1,5} \ominus$$

$$\ominus h \frac{1/2}{3/2} = \frac{h}{3} = 3 \text{ см}$$

$$h_3 - \text{итог сферы, } h_3 = \sqrt{h_1^2 + h_2^2} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,07 рад  
2) 4,27 см  
3) 5 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 checked="" 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!

Тогда для нашего случая:

$$n_1 = 1 \text{ (никаких откл.)}$$

$$\delta = \alpha (n_2 - 1) = 0,1 \cdot 0,7 = 0,07 \text{ (рад)}$$

2) см обозн на рис 2

П.к.  $\delta$  мал, кренобр. то мизинкой самого килеца.

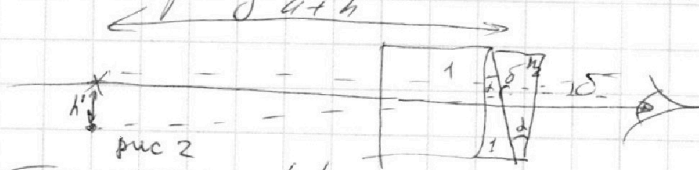
~~$$\text{tg } \beta \approx \beta \approx \frac{h'}{a+h}$$~~

~~$$\delta = \alpha (n_2 - 1) + \frac{h'}{a+h} \approx \frac{h'}{l_1}$$~~

~~$$l_{\text{new}} = a+h-l_1$$~~

~~$$\frac{h'}{l_1} = \frac{(a+h)\alpha(n_2-1) + h'}{a+h}$$~~

П.к. углы падения малы, то расст. по гориз не меняется



203  
x 0,07  
14,21

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

$$h' = (a+h)\alpha(n_2 - 1) = 0,7 \cdot 0,1 \cdot 203 \text{ @}$$

$$\textcircled{=} 14,21 \text{ (см)}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

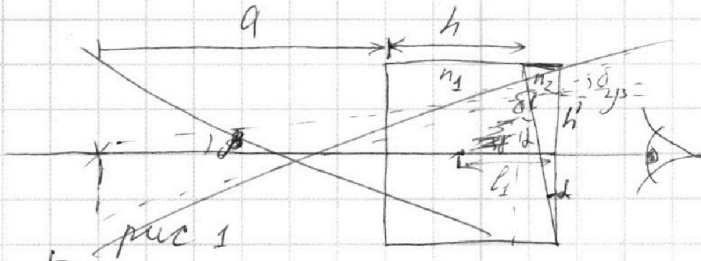
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

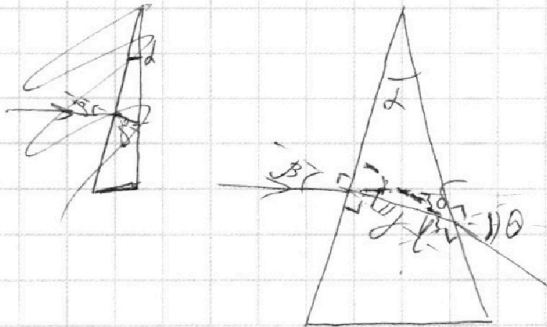
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5



1) Рассмотрим катан с показателем преломления  $n$  и малым углом  $\alpha$  и  $d$



т.к. все углы  
здесь малы,  
 $\sin \beta \approx \beta$  и т.д.

$$\beta = n\alpha$$

$$\theta = n\alpha$$

$$180^\circ - \alpha + \beta + \theta = 180^\circ$$

$$\alpha = \beta + \theta$$

$$\beta = \beta - \alpha + \theta - \theta \quad \text{---}$$

$$\beta = n\alpha + \theta - \alpha - \theta \quad \text{---}$$

$$n\alpha - \alpha + n\theta - \theta = (n-1)\alpha + (n-1)\theta$$

$$(n-1)(\alpha + \theta) = (n-1)\alpha$$





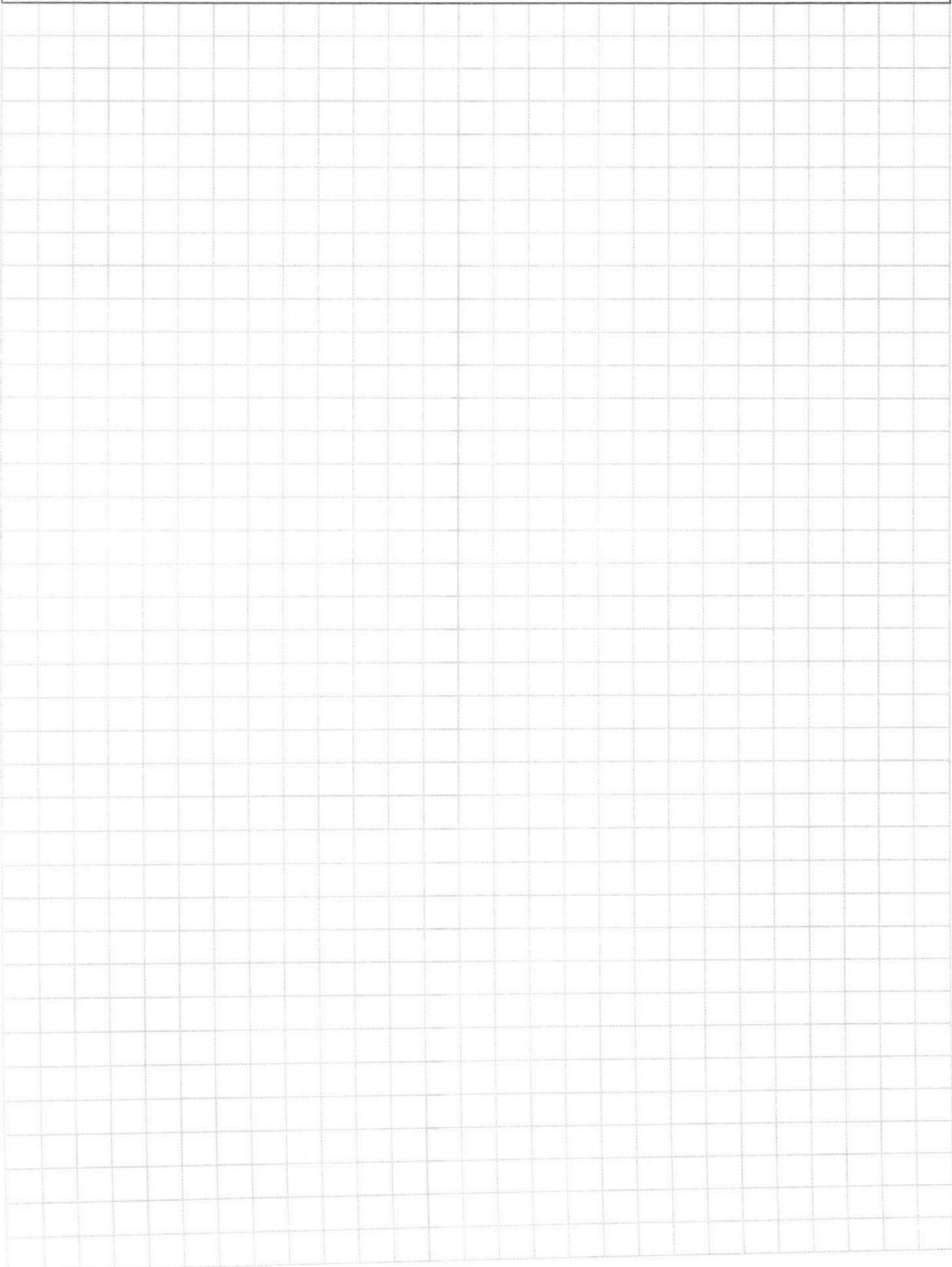
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!

МФТИ



Handwritten mathematical work on grid paper. At the top left, there are calculations:  $625 - 400 = 225 = 15^2$ ,  $1872 = 42 \cdot 45$ , and  $1800 = 40 \cdot 45$ . Below these are several equations involving variables  $F$ ,  $\beta$ ,  $v$ ,  $v_k$ , and  $u$ . Some equations are circled or underlined. There are also some diagrams, possibly representing a physical system with forces or velocities. At the bottom, there are more equations, including  $(a+h)^2 d(n-1) + (a+h)^2 - (a+h)^2$  and  $(a+h)^2 d(n-1) + (a+h)^2 - (a+h)^2$ . The page is filled with scribbles and corrections.

