



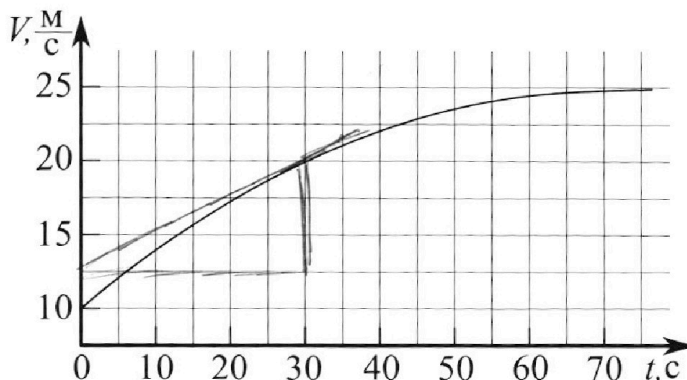
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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%.

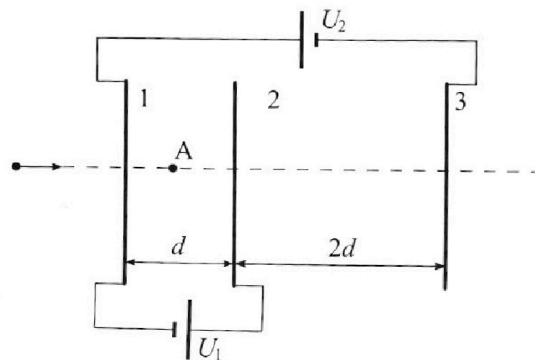
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом  $V$  разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 А на расстоянии  $d/3$  от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

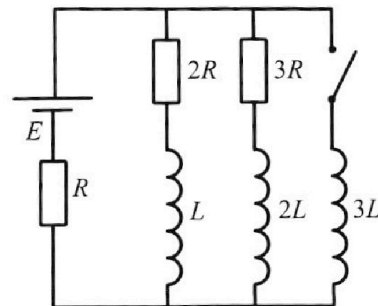
Вариант 11-01

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.

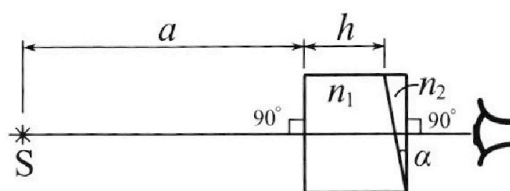


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 9$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 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)  $0,25 \text{ м/с}^2$   
2)  $450 \text{ Н}$   
3)  $2250 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

|                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <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

$$F_k = \beta v_k$$

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

$$1) \quad ma = F_k - \beta v = F_k - F_k \frac{v}{v_k} \quad \text{①}$$

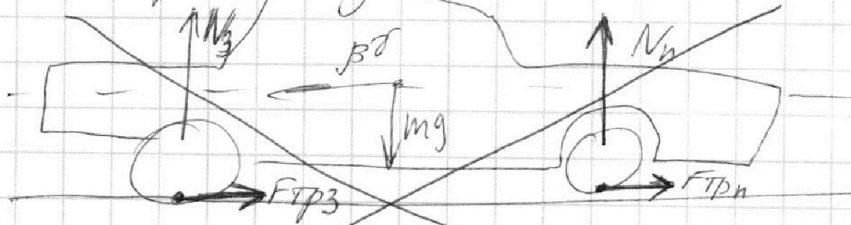
$$\text{①} \quad F_k \left( \frac{v_k - v}{v_k} \right)$$

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

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

$$\begin{matrix} F_T \\ \text{и} \\ F_{TP} \end{matrix}$$

$$F_{TP} = \beta v \Rightarrow F_{TP} = \beta v$$



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

$$1) \quad ma = F_T - \beta v_1$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,

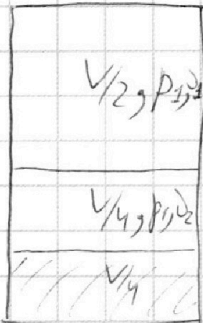
решение которой представлено на странице:

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

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

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

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

$$p_0 = p_1 = ?$$

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

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

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

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

$$p_2 \cdot \frac{11}{20} = \frac{55}{16} p_1$$

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

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

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

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

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

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!



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

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

$$(+)$$

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

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

$$\frac{25}{8} p_1 + \frac{100}{44} \frac{RT_0}{V} k \frac{25}{8} p_1 \neq \frac{1}{2} p_1 \frac{100}{44} + k \frac{RT_0}{44 \cdot 4} p_1$$

$$p_{CO22} \neq p_2$$

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

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

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 176 \\ + 80 \\ \hline 256 \\ 44 \\ + 4 \\ \hline 176 \end{array}$$



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!

$$\textcircled{E} \quad \frac{256 \text{ рАТМ}}{620} = \frac{64 \text{ рАТМ}}{155}$$

Ответ: 1) 2:1  
2)  $\frac{64}{155}$  рАТМ

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



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)  ~~$v_2$~~   $d = \left| \frac{v_0^2 - v_2^2}{2a_{12}} \right|$

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

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

$$K_2 = \frac{mv_2^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{2} \cdot \frac{q}{m} \frac{U}{v_0^2} \ominus$$

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

$$K_1 - K_2 = qU$$

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

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

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

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

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

Ответ: 1)  $\frac{qU}{md}$

2)  $qU$

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



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

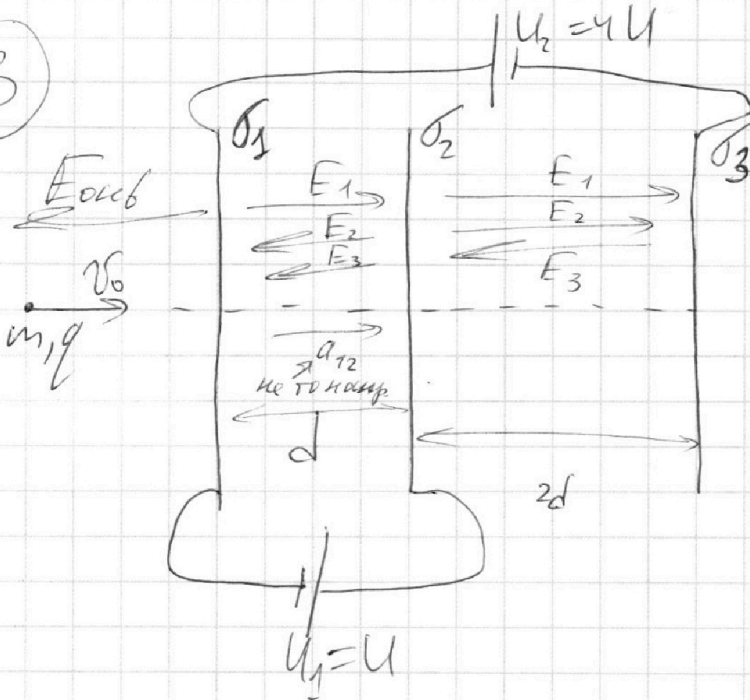
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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



$$d\varphi = -E dl$$

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

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

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

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

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

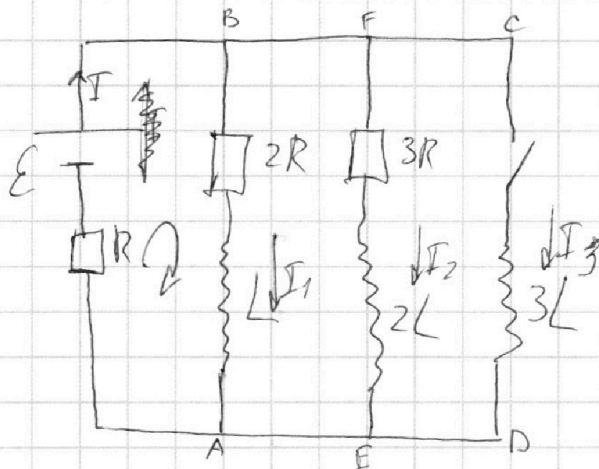
1  2  3  4  5  6  7

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 равные  $\frac{dI_1}{db} = \frac{dI_2}{db} = 0$

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

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

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

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

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

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

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

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

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!

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

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

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

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

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

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

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.

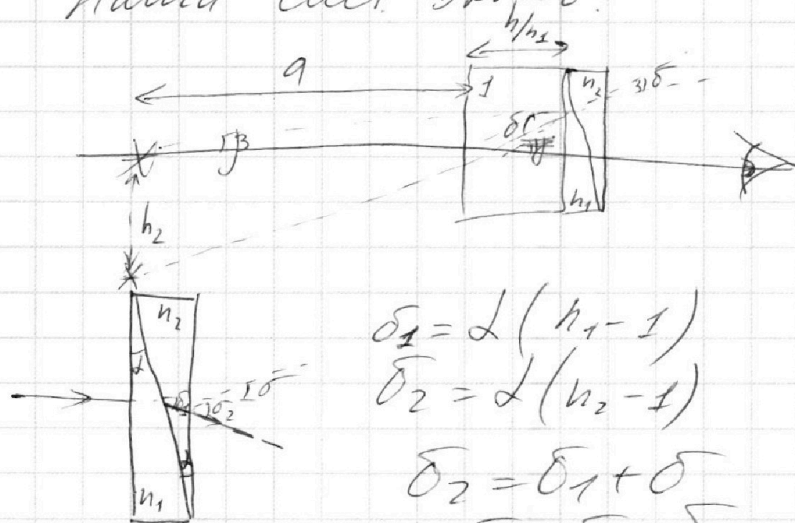
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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 сис. 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 сисем, обусл. плоско-пар. пласт с  $n_1$

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

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

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

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. ТОмишкой самого килеца.

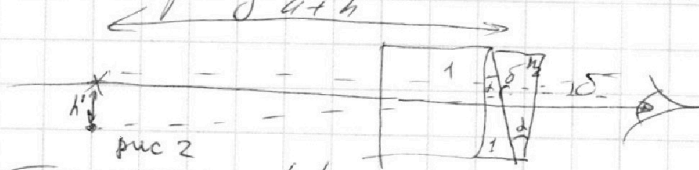
~~$$\text{tg } \beta \approx \beta \approx \frac{h'}{a+h}$$~~

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

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

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

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:

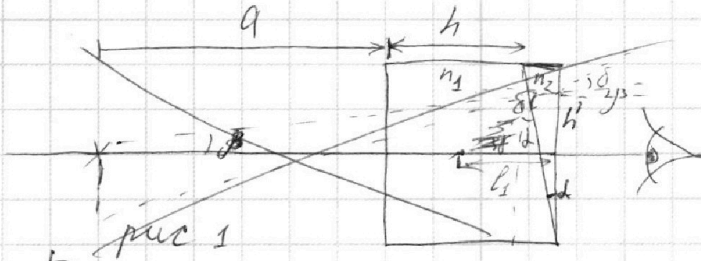
1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

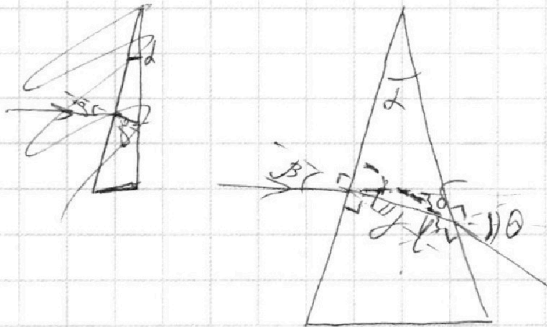
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



5



1) Рассмотрим катан с показат прел.  $n$  и малым углом  $\alpha$  и  $\beta$



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

$$\beta = n\alpha$$

$$\theta = n\gamma$$

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

$$\alpha = \beta + \gamma$$

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

$$\beta - n\beta + \theta - n\gamma - \gamma = 0$$

$$n\beta - \beta + n\gamma - \gamma = (n-1)\beta + (n-1)\gamma$$

$$(n-1)(\beta + \gamma) = (n-1)\alpha$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

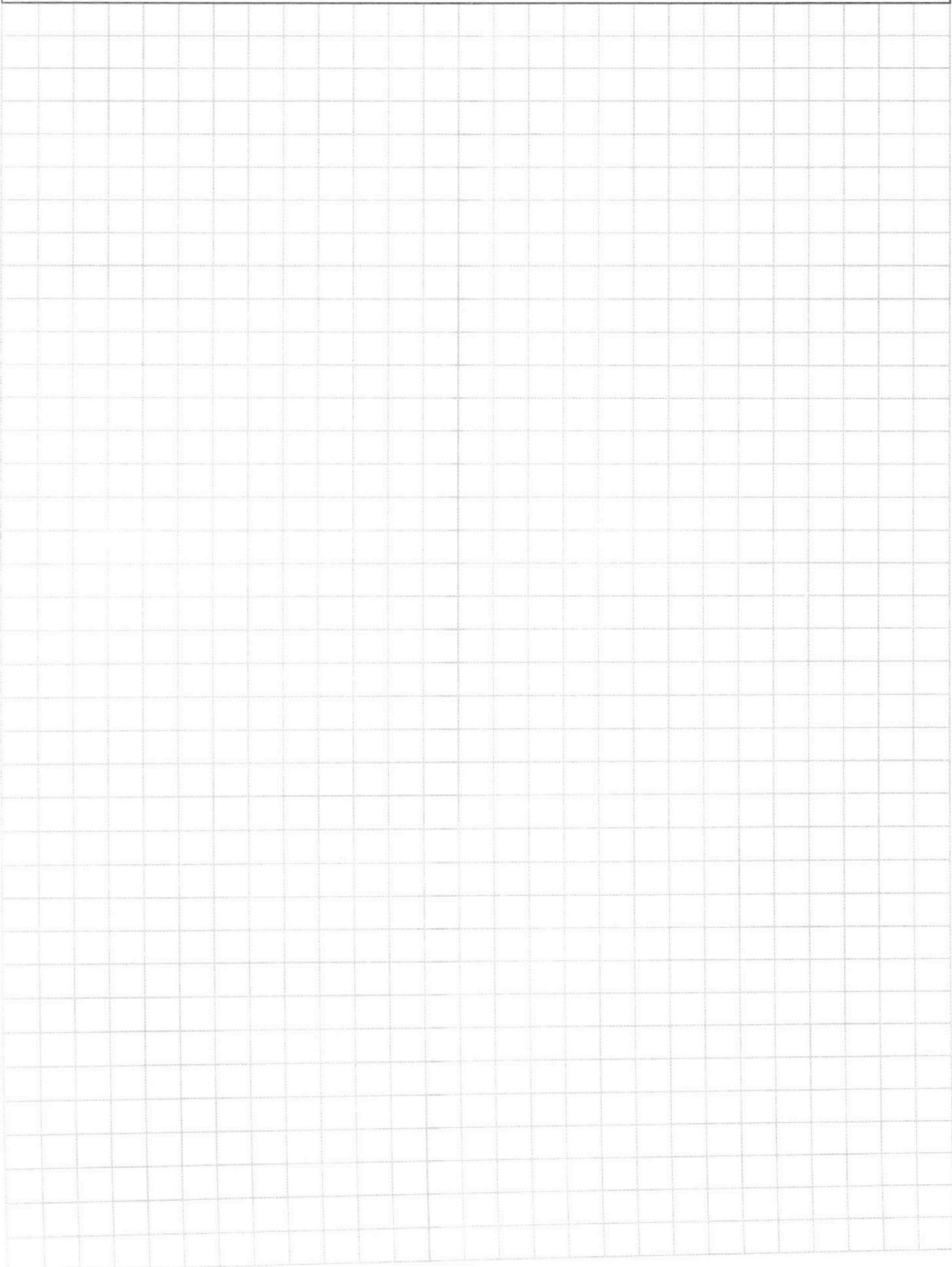
5

6

7



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. The page is filled with various equations, derivations, and calculations, many of which are crossed out or scribbled over. Key elements include:

- Top Left:** A QR code and a header section with instructions in Russian and checkboxes for task numbers 1-7.
- Top Right:** The logo of the Moscow Institute of Physics and Technology (МФТИ).
- Center and Right:** Several equations involving variables like  $v$ ,  $v_k$ ,  $\beta$ ,  $F$ ,  $F_k$ ,  $F_{kp}$ ,  $m$ , and  $a$ . Some equations are circled or underlined. There are also some numerical calculations like  $\frac{500}{1800} \cdot 25$ .
- Bottom:** A series of equations involving  $(a+h)^2$  and  $(a+h)(n-1)$ , possibly related to a physics problem involving motion or forces.
- General Appearance:** The page is heavily annotated with scribbles, arrows, and additional notes, suggesting a complex and iterative problem-solving process.