



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

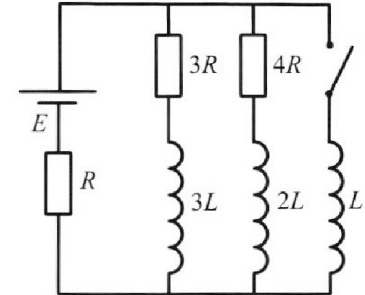
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



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  $n_v = 1,0$ . 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.

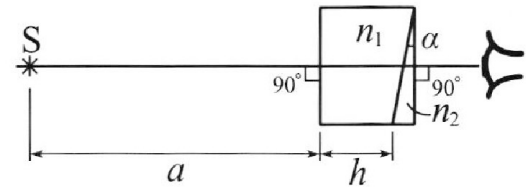


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая  $n_1 = n_v = 1,0$ ,  $n_2 = 1,7$ , 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.



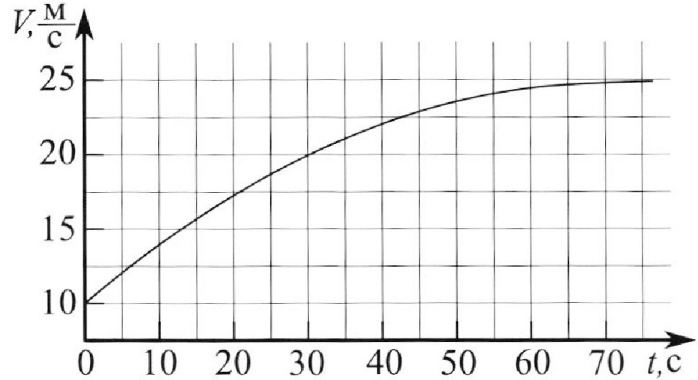
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

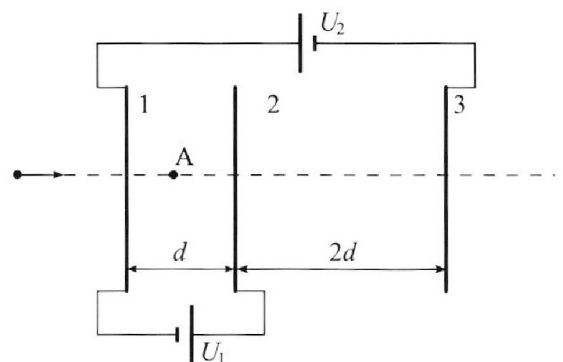
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении  $P_0 = P_{\text{атм}}/2$  ( $P_{\text{атм}}$  - 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  $w$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpw$ . Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры  $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$  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 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 A 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!



1.

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

$$1) a_0 = ?$$

$$2) F_0 = ?$$

$$3) P_0 = ?$$

1) Из графика  $S(t)$ : а для  $t_0$  - значение  $S'(t_0)$ , тангенс угла наклона.

$$a_0 = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2,45 \text{ м/с}}{5 \text{ с}} = 0,49 \text{ м/с}^2$$

2) Из графика  $S(t)$ : при  $t > 5$   $S = \text{const}$ , ( $S = 25 \text{ м/с}$ ).  
значит  $a = 0$ . Тогда по II Закону Ньютона:

$$0 = F_k - F_c \quad F_k = F_c; \quad F_c = kv \Rightarrow k = \frac{F_k}{v} =$$

Тогда по II Закону Ньютона для  $t_0$ :

$$= \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$

$$ma_0 = F_0 - kv_0$$

$$F_0 = ma_0 + kv_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,49 \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} = 975 \text{ Н}$$

$$3) \text{ ~~мощность~~ } P = F \cdot v; \quad \text{при } t = t_0, \quad P_0 = F_0 \cdot v_0 = 9750 \text{ Вт}$$

$$\text{Ответ: } 1) a_0 = 0,49 \text{ м/с}^2 \quad 2) F_0 = 975 \text{ Н} \quad 3) P_0 = 9750 \text{ Вт}$$

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

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

$$V, P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

$$T_0 = 373 \text{ K}$$

$$\Delta S = k p W$$

$$h \approx 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

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

$T = 373 \text{ K}$  — температура кипения воды  $\Rightarrow$   
насыщенный водяной пар при  $T = 373 \text{ K}$  имеет  
давление  $P_{\text{атм}}$  — равное окружающему давлению.

Так как поршень невесомый.

$$1) \frac{P_1}{P_2} = ?$$

$$2) \frac{T}{T_0} = ?$$

|         |                  |       |
|---------|------------------|-------|
| $V_0/2$ | He               | $P_0$ |
|         | $T_0$            |       |
| $V_0/2$ | CO <sub>2</sub>  | $T_0$ |
|         | $P_0$            |       |
| $V_0/4$ | H <sub>2</sub> O | —     |
|         | —                |       |

$$P_0 S = P_n S; \text{ где } P_0 \text{ и } P_n - \text{давления сверху и снизу.}$$

Так как при  $T_0$  давлении  
насыщенного пара пренебречь,  
то  $P_n = P'_{\text{CO}_2}$  ( $P_{\text{CO}_2}$  — парциальное  
давление CO<sub>2</sub>).

После нагревания

|                    |                  |       |
|--------------------|------------------|-------|
| $V_0/5$            | He               | $P_1$ |
|                    | $T$              |       |
| $\frac{11V_0}{20}$ | CO <sub>2</sub>  | $T$   |
|                    | H <sub>2</sub> O |       |
| $V_0/4$            | H <sub>2</sub> O | —     |
|                    | —                |       |

~~Уравнение Клапейрона-Менделеева~~  
для смеси:

$$P_{\text{атм}} \cdot \frac{V}{2} = P_1 V_1$$

Из условия равновесия поршня  
для [I]:

$$P_{\text{атм}} = P'_{\text{CO}_2} = P_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

Уравнение Клапейрона -

Менделеева для смеси и CO<sub>2</sub> при [I]

$$a) \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = P_1 R T_0 \quad (P_1 - \text{н-во в-ва смеси})$$

= н-во в-ва смеси

$$b) \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = P_2 R T_0 \quad (P_2 - \text{н-во в-ва CO}_2)$$

= н-во в-ва смеси (пароводор).

$$\Rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{8}} = 2$$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

МФТИ

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

Запишем ур-ние Менделеева-Клапейрона для смеси I и II

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0 \quad \left| \text{где } P - \text{давление смеси паров воды.} \right.$$

$$P \cdot \frac{V}{8} = \nu_1 R T \quad \Rightarrow \quad \frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{1}{5}}{P_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{4}}; \quad P =$$

По условию р-сия паровая  $P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}}; \quad \text{где } P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{атм}},$   
т.к.  $T = 373 \text{ К}$  а  $P_{\text{CO}_2}$  - давление  $\text{CO}_2$  при  $T$ .

Поскольку  $\text{CO}_2$  не растворяется при  $T$ , то  
весь растворённый ранее  $\text{CO}_2$  выделяется.

$$\Delta V = h \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} =$$

$$= \frac{hV}{8} P_{\text{атм}}.$$

Ур-ние Менделеева-Клапейрона для  $\text{CO}_2$  (II). (сколько содержится  $\text{CO}_2$  в  
объёме воды  $\omega = \frac{V}{4}$ ).

$$P_{\text{CO}_2} V_{\text{CO}_2} = \nu_{\text{CO}_2} R T, \quad \text{где } V_{\text{CO}_2} = V - \frac{V_0}{5} - \frac{V}{4} = \frac{11V}{20}$$

$$\nu_{\text{CO}_2} = \nu_2 + \Delta \nu$$

$$\text{Тогда } P = P_{\text{атм}} + P_{\text{CO}_2} = \frac{(\nu_2 + \Delta \nu) R T}{\frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} = \frac{(\nu_2 + \frac{hV P_{\text{атм}}}{8}) R T}{\frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} =$$

$$= \frac{\nu_2 R T}{\frac{11}{20} V} + \frac{h P_{\text{атм}} R T}{\frac{11}{20} \cdot 8} + P_{\text{атм}} = \frac{20}{11} \frac{\nu_2 R T}{V} + \frac{20}{88} \cdot 1,5 P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} \quad (\text{подставим } h \text{ и } R T).$$

$$\text{Из ур-ния Менделеева-Клапейрона для } \text{CO}_2 \text{ (I)} \quad \nu_2 = \frac{P_{\text{атм}} V}{8 R T_0}$$

Тогда

$$P = \frac{20}{88} P_{\text{атм}} \cdot \frac{T}{T_0} + \frac{30}{88} P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}}.$$

$$\frac{5}{4} P_{\text{атм}} \frac{T}{T_0} = \frac{20}{88} P_{\text{атм}} \frac{T}{T_0} + \frac{118}{88} P_{\text{атм}}$$

$$\frac{90}{88} \frac{T}{T_0} = \frac{118}{88} P_{\text{атм}}; \quad \frac{T}{T_0} = \frac{118}{90}$$

Ответ: 1)  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$  2)  $\frac{T}{T_0} = \frac{118}{90}$

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

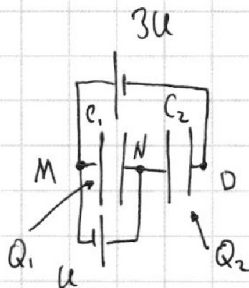
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3.

1)  $Q_1$  - ?

2)  $K_1 - K_2$  - ?

3)  $J_a$  - ?



$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d} = 2C; C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} = C$$

- пусть  $\varphi_0 = 0$ . Рассчитаем потенциалы:

$$\text{Тогда } \varphi_M = 3U; \varphi_N = \varphi_M + U = 4U.$$

- знаем  $Q_1$ , заряд  $C_1$ ;

$$Q_1 = C_1(\varphi_N - \varphi_0) = 2CU$$

$$Q_2 = C_2(\varphi_N - \varphi_0) = 4CU.$$

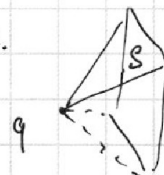
1) Сила, действующая на заряд, выйдя из конденсатора

$F = qE_{\text{вн}}$ ; где  $E_{\text{вн}}$  - напряженность внешнего поля, создаваемая одной плитой.

$$F = \frac{2qU}{d}.$$

$$E_{\text{вн}} = \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S}; \text{ т.е.}$$

$$= \frac{2\epsilon_0 SU}{2\epsilon_0 Sd} = \frac{U}{d}$$



по II з.к.

$$ma = \frac{2qU}{d}; a = \frac{2qU}{md}$$

2) Разность потенциалов между  $K_1$  и  $K_2$  соответствует разности поля конденсатора  $C_1$  по направлению заряда  $q$ . т.е.:

$$K_1 - K_2 = F \cdot d = \frac{2qU}{d} \cdot d = 2qU.$$

Ответ: 1)  $a = \frac{2qU}{md}$  2)  $K_1 - K_2 = 2qU.$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

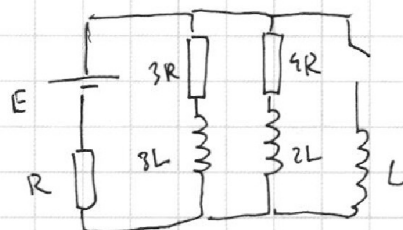
|                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!



4.



1)  $I_{10} - ?$

1. При зак. замыкании  $R_L = 0$ , тогда

2)  $\frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$

$$I = \frac{E}{R + \left(\frac{1}{\frac{1}{3R} + \frac{1}{4R}}\right)^{-1}} = \frac{7E}{19R} \quad (\text{ток через источник})$$

3)  $q - ?$

$$I_{10} = \frac{4}{7} \cdot \frac{7E}{19R} = \frac{4E}{19R} \quad (\text{пропорционально сопротивлению г.к. замыкается сразу } 3R \text{ и } 4R).$$

2. При замыкании индукции:

$$L \frac{dI'}{dt} = E - I_2 \cdot R, \quad I_2 = \frac{7E}{19R} \quad (\text{ток через } R).$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{12E}{19R}$$

3. После замыкания индукции:

$$W_{3L} = \frac{3L \cdot I_{3L}^2}{2}; \quad (\text{где } I_{3L} - \text{ток через ветвь } 3L) I_{3L} = I_{10} = \frac{4E}{19R}.$$

$$W_{3L} = \frac{3L \cdot 16E^2}{2 \cdot 19^2 R^2}; \quad \text{По закону сохранения энергии:}$$

$$W_{3L} = q \cdot E. \quad q = \frac{W_{3L}}{E} = \frac{3L \cdot 8E^2}{19^2 R^2} = \frac{24LE}{361R^2}$$

Рез: 1)  $I_{10} = \frac{4E}{19R}$  2)  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{12E}{19R}$  3)  $q = \frac{24LE}{361R^2}$

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"/> |

МФТИ

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



S.

1).

$$n_g = 1,0$$

$$a = 90 \text{ см}$$

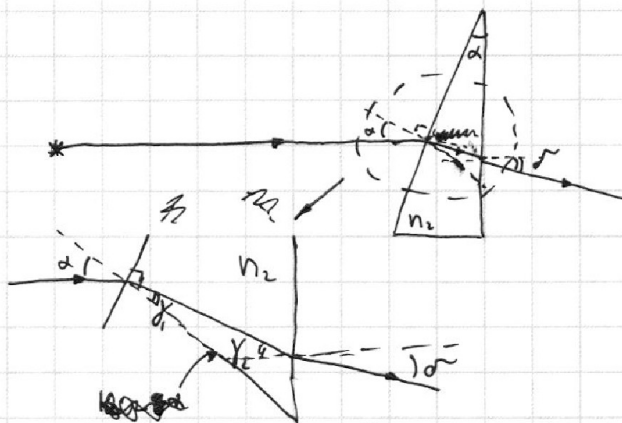
$$\alpha = 0,1 \rightarrow \text{маленький}$$

$$h = 14 \text{ см}$$

$$\gamma \sigma - ?$$

$$2) L - ?$$

$$3) S_2 - ?$$



При малых углах

a) т.к.  $\alpha \rightarrow \text{маленький}$ , то  $\text{т.е. } 1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \gamma$

$$d) \quad n_2 \cdot \sin \gamma_2 = 1 \cdot \sin \sigma, \quad \Rightarrow \quad \alpha = n_2 \cdot \gamma_1. \quad (\alpha \text{ маленький}).$$

т.к.  $\alpha \rightarrow \text{маленький}$ , то  $\gamma_2$  и  $\sigma \rightarrow \text{маленькие углы}$ .  $\Rightarrow \gamma, \text{ маленький}$

$$n_2 \gamma_2 = \sigma$$

б)  $\gamma_1 + \gamma_2 = 360 - 180 - \alpha$   
 $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$  (углы в треугольнике).

$$\gamma_2 = 180 - \alpha - \gamma_1 = 180 - \alpha - \gamma_1$$

Из  $\Delta$ :  $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$   
 $= 180 - (180 - \alpha) = \alpha$ .

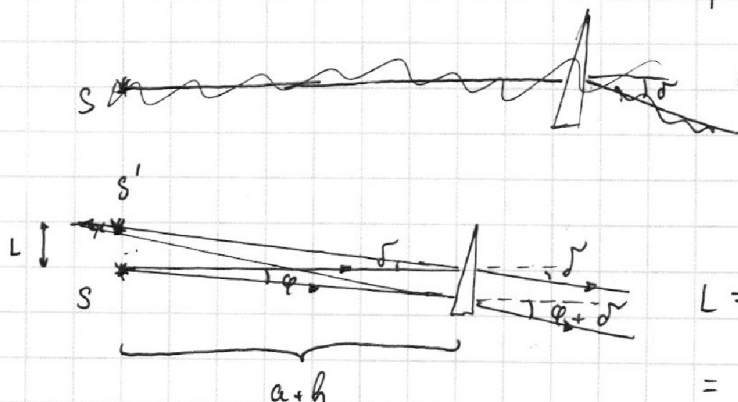
$$\Rightarrow \sigma = n_2 \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right) =$$

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

$$\sigma = 0,1 \cdot 1,7 - 1 = 0,7 \cdot 0,1 = 0,07 \text{ рад. } \gamma_2 = \alpha - \frac{\sigma}{n_2} = \alpha \left(1 - \frac{1}{n_2}\right).$$

2)

При  $\varphi \rightarrow 0$ .



$$L = (a + h) \tan \sigma \approx$$

$$\approx (a + h) \sigma, \text{ т.к. } \sigma \rightarrow \text{маленький}.$$

$$L = 104 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ рад} =$$

$$= 7,28 \text{ см}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

1 ☐

2 ☐

3 ☐

4 ☐

5 ☒

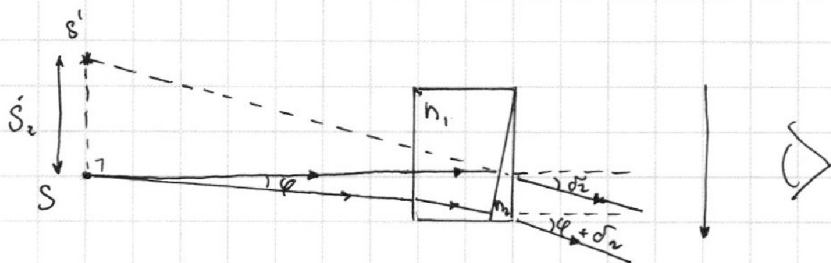
6 ☐

7 ☐

МФТИ

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

3)



при малых  $\alpha$ .

$$\begin{cases} n_1 \alpha = n_2 \gamma_1 \\ n_2 \gamma_2 = \delta_2 \\ \gamma_1 + \gamma_2 = \alpha \end{cases}$$

$$\delta_2 = n_2 \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha =$$

$$= n_2 \alpha \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1}\right) = 1,7 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,3}{1,4} =$$

$$= \frac{1,7 \cdot 0,03}{1,4} = 0,0363 \text{ рад.}$$

(выражение (наклона от нуля))

$$\delta_3 = \alpha n_1$$

Тогда: при  $\varphi \rightarrow 0$

$$S_2 = (a+h) \tan \delta_3 + h \tan \delta_2 = 104 \text{ см} \cdot 0,0363 + 14 \text{ см}.$$

Ответ: 1)  $\delta = 0,07 \text{ рад}$

2)  $L = 7,28 \text{ см}$



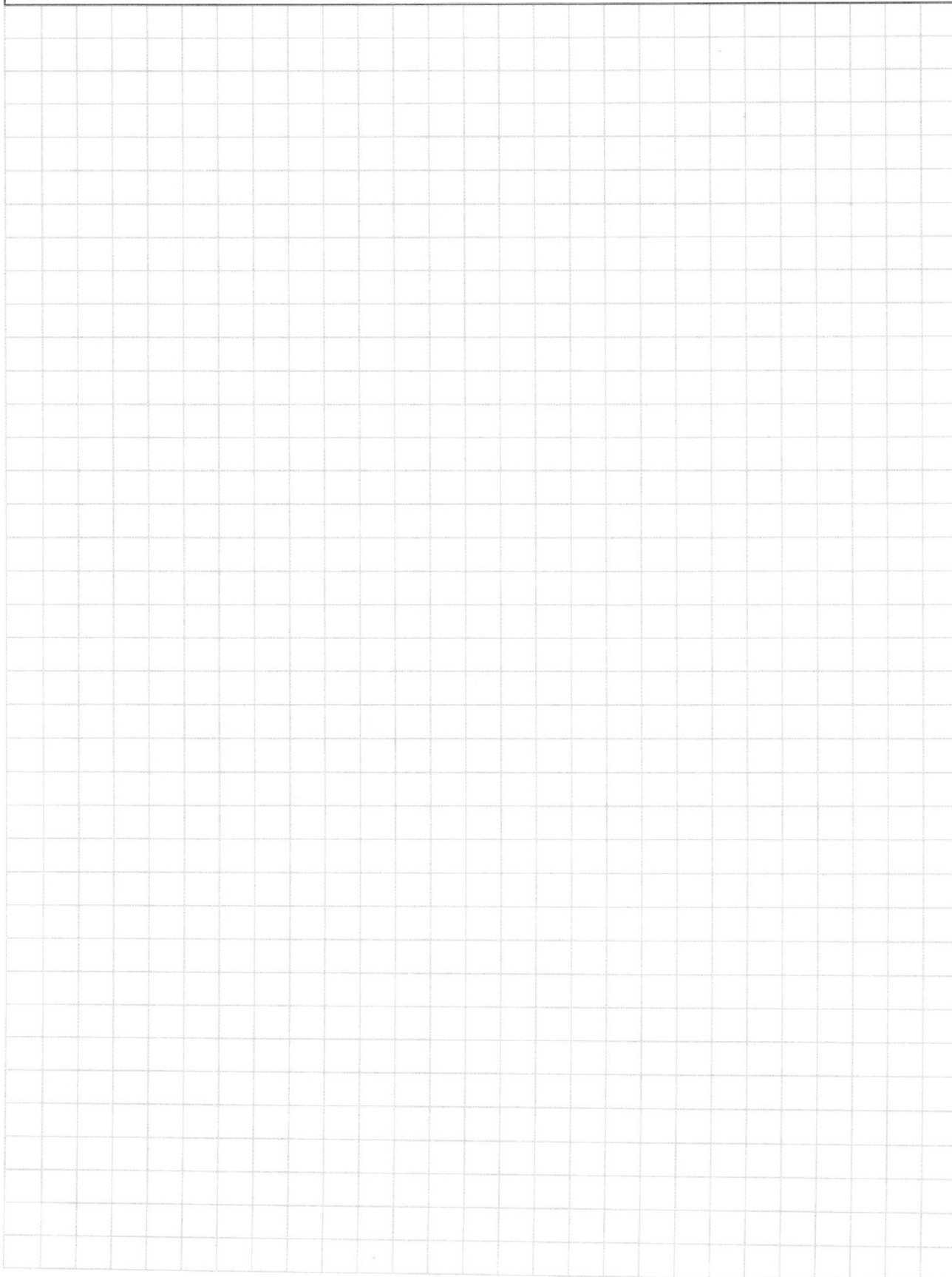
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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 ☐

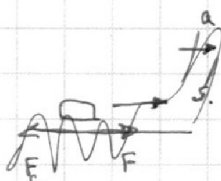
МФТИ

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



1.  $m = 1500 \text{ кг}$   
 $F_k = 600 \text{ Н}$

$F_c = k \cdot \delta$



Концы пружины  $a \approx 0$

$\Rightarrow F_T = k \delta \quad k = \frac{F_T}{\delta} =$

1)  $a_0 = ?$

$\circ a_0 = \frac{\delta \cdot \delta}{\delta t} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \text{ м/с}^2$

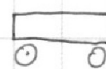
$= \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$

2)  $F_0 = ?$

$\neq \frac{2,5}{5}$

3)  $P_0 = ?$

$\circ ma_0 = F_0 - k \delta$



$F_0 = ma_0 + k \delta_0 = 1500 \cdot 0,5 + 24 \cdot 10 = 750 + 240 = 990 \text{ Н}$

$\circ P_0 = F_0 \delta_0 \quad P_0 = \frac{A}{\delta t} = \frac{F \cdot \delta}{\delta t} = F_0 \cdot \delta_0 = 990 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} = 9900 \text{ Вт}$

2.

|       |                  |       |
|-------|------------------|-------|
| $V/2$ | He               | $p_0$ |
|       |                  | $T_0$ |
| $V/2$ | CO <sub>2</sub>  | $p_0$ |
|       |                  | $T_0$ |
|       | H <sub>2</sub> O | $T_0$ |

|        |    |     |
|--------|----|-----|
| $V/5$  | He | $T$ |
| $4V/5$ |    | $T$ |

2

$\Delta p = k p w$

(w, - V хвостовое.

1)  $\frac{p_1}{p_2} = ?$

$\square \quad p_0 p_0 \cdot \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = p_1 R T_0$

$T = 273 \text{ К} = t_{\text{температура воздуха}}$

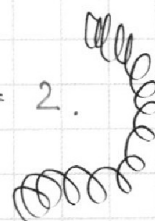
$\Rightarrow p_{\text{атм}} = p_{\text{атм}}$

2)  $\frac{T}{T_0} = ?$

из урав p-состояния

$\frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = p_2 R T_0$

$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{8}} = 2$



$\square \quad \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = p_1 R T_0$

Условие задачи:

$p_{y,2} = p_2 + \Delta p$

$\Delta p = k \frac{p_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = k \frac{p_{\text{атм}}}{8} \cdot V$

$p \cdot \frac{V}{8} = p_1 R T$

$p_{\text{CO}_2} V_{\text{CO}_2} = p_{\text{CO}_2} R T$

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

$p_{\text{CO}_2} = \frac{(p_2 + k \frac{p_{\text{атм}}}{8} \cdot V) R T}{V_{\text{CO}_2}}$

$\frac{T}{T_0} = \frac{p \cdot \frac{1}{8}}{p_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{4}}$

$p_{\text{атм}} \cdot V_{\text{CO}_2} = p_{\text{атм}} R T$

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

$V_{\text{CO}_2} = V - \frac{V}{8} - \frac{V}{4}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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



$$\frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{1}{5}}{P_{\text{нгр}} \cdot \frac{1}{4}}$$

$$P_2 = \frac{P_{\text{нгр}} \cdot V}{8RT_0}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{4P}{5P_{\text{нгр}}}$$

$$\frac{T}{T_0} =$$

$$P = \frac{5P_{\text{нгр}} \cdot \frac{T}{T_0}}{4}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{20}{88} P_{\text{нгр}} \cdot \frac{T}{T_0} + \left(1 + \frac{30}{88}\right) P_{\text{нгр}}$$

$$\frac{T}{T_0} \left(1 - \frac{20}{88}\right) = \left(1 + \frac{30}{88}\right) P_{\text{нгр}}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2 + \frac{30}{88}}{1 - \frac{20}{88}} = \frac{\frac{88 + 30}{88}}{\frac{88 - 20}{88}} = \frac{38 + 30}{88 - 20} = \frac{118}{68} = \frac{59}{34}$$

$$P = P_{\text{нгр}} + P_{\text{сд2}}$$

$$P_{\text{сд2}} = \frac{\left(\gamma_2 + k \frac{P_{\text{нгр}} \cdot V}{8} \right) RT}{\left(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}\right)} = \frac{\left(\gamma_2 + k \frac{P_{\text{нгр}} \cdot V}{8} \right) RT}{\frac{11}{20} V}$$

$$\frac{3}{4} - \frac{1}{5} = \frac{15 - 4}{20} = \frac{11}{20}$$

$$P = \frac{P_2 RT}{\frac{11}{20} V} + \frac{k P_{\text{нгр}} RT V}{8 \cdot \frac{11}{20} V} + P_{\text{нгр}} = \frac{P_{\text{нгр}} \cdot V}{8RT_0} \cdot \frac{RT}{\frac{11}{20} V} + \frac{20}{88} \frac{k P_{\text{нгр}} RT}{1} + P_{\text{нгр}} = \frac{20}{88} \cdot \frac{P_{\text{нгр}} \cdot T}{T_0} + \frac{20}{88} \cdot 1,5 P_{\text{нгр}} + P_{\text{нгр}}$$

3.

$$U_1 = U$$

$$U_2 = 3U.$$

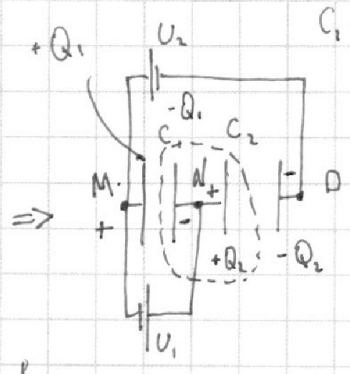
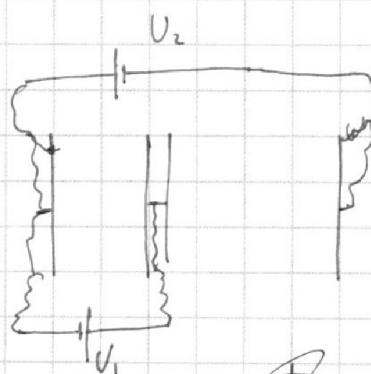
$$m, \varphi > 0$$

$$V_0.$$

$$1) Q_{11} - ?$$

$$2) K_1 - K_2 - ?$$

$$3) S_K \text{ на } \frac{d}{4} - ?$$



$$C_1 = \frac{\epsilon_0 S}{d} = 2C$$

$$C_2 = \frac{\epsilon_0 S}{2d} = \frac{1}{2} C$$

$$Q_1 = C_1 \cdot (\varphi_M - \varphi_N).$$

$$Q_2 = C_2 (\varphi_N - \varphi_D).$$

$$Q_2 + Q - Q_1 = 0.$$

$$C_1 (\varphi_M - \varphi_N) = C_2 (\varphi_N - \varphi_D).$$

$$2C (\varphi_M - \varphi_N) = C (\varphi_N - \varphi_D).$$

$$\text{при } \varphi_D = 0.$$

$$2\varphi_M - 2\varphi_N = \varphi_N : \varphi_N = 3\varphi_N = 2\varphi_M \quad \varphi_N = \frac{2}{3}\varphi_M.$$

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**

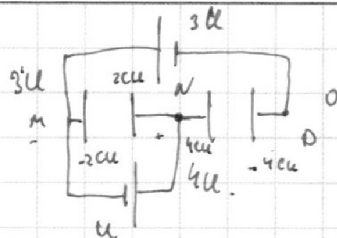
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,  
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$Q_1 = 2C \cdot \frac{1}{3} U_m$$

$$Q_2 = C \cdot \frac{2}{3} U_m$$

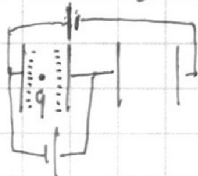
3)



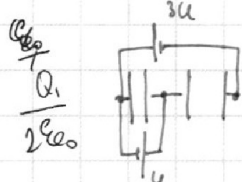
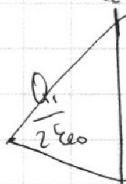
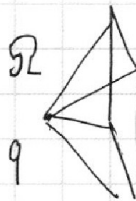
$$Q_1 = 2C \cdot U$$

$$Q_2 = C4U = 4CU$$

$$Q_1 = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} U$$



$$\epsilon(-q) = q$$



$$E = \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S}$$

$$E_u = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = \frac{S}{2\pi} \cdot \frac{Q_1}{2\epsilon_0}$$

$$F = \frac{q Q_1}{\epsilon_0 S} = \frac{2CUq}{S\epsilon_0} = \frac{28Uq}{Sd} = \frac{4Uq}{d}$$

$$ma = 2 \cdot \frac{28Uq}{d}$$

$$ma = \frac{4Uq}{d} \quad a = \frac{4Uq}{md}$$

$$\Phi = E \cdot S$$

$$\Phi = \frac{S}{4\pi} \cdot \Phi$$

$$2) \quad K_0 = \frac{ms^2}{2}$$

$$K_1 = \frac{ms^2}{2}$$

$$3) \quad \int K = ?$$

$$\frac{ms^2}{2} - A + \frac{4Uq}{d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{ms^2}{2}$$

$$A = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uq \cdot l}{d}$$

$$A = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uq \cdot l}{d}$$

$$\Phi = 6 \cdot \Phi \quad \Phi = \frac{Q_1 \cdot 2}{S} \cdot \frac{S}{4\pi} = \frac{S}{4\pi}$$

$$F = 6 \cdot \Phi = \frac{Q_1}{S} \cdot \frac{E S}{2}$$

$$S \cdot E \cdot S = \frac{Q_1 \cdot S}{\epsilon_0 \cdot 4\pi} = \frac{Q_1^2}{4\pi \epsilon_0}$$

$$E = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S}$$

$$\Phi = E \cdot S$$

$$E = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S}$$

$$F = \frac{1}{4\epsilon_0} \cdot \frac{q^2}{4l^2} + \frac{4Uq}{d}$$

$$A = F \cdot \Delta l = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta l}{l^2} + \frac{4Uq \Delta l}{d}$$

$$A = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{\Delta l}{l^2} + \frac{4Uq \Delta l}{d}$$

$$A = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uq \cdot l}{d}$$

$$A = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uq \cdot l}{d}$$

$$A = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uq \cdot l}{d}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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

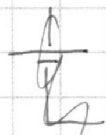
4.

$E, R, L$

1)  $I_{10} - ?$

2)  $\frac{\Delta I}{\Delta t} - ?$

3)  $q - ?$



1) При уст. режиме:

$$I = \frac{E}{R + \left(\frac{1}{\frac{1}{3} + \frac{1}{4}}\right)^{-1}} = \frac{E}{1 + \frac{12}{7}} = \frac{7E}{19R}$$

$$\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{4}\right)^{-1} = \left(\frac{4+3}{12}\right)^{-1} = \frac{12}{7}$$

$$I_{10} = \frac{4}{2} \cdot \frac{7E}{19R} =$$

$$= \frac{4E}{19R}$$

$$L \frac{\Delta I}{\Delta t} = E - \frac{12}{19} E = \frac{7}{19} E$$

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{7E}{19L}$$

$$W_{3L} + W_{2L} = q_0 E$$

$$W_{3L} = \frac{3L \left(\frac{4E}{19R}\right)^2}{2}$$

$$W_{2L} = \frac{2L \left(\frac{3E}{19R}\right)^2}{2}$$

$$\frac{33LE^2}{19^2 R^2} = q_0 E$$

$$q_0 = \frac{33LE}{19^2 R^2}$$

$$q = \frac{W_{3L}}{W_{3L} + W_{2L}} \cdot \frac{33LE}{19^2 R^2} = \frac{W_{3L} + W_{2L}}{\frac{L}{2} \left(3 \cdot \frac{16}{19^2} + 2 \cdot \frac{9}{19^2}\right)} = \frac{L}{2 \cdot 19^2} (48 + 18) = \frac{33LE^2}{19^2 R^2}$$

5.

$n_1, n_2$

$n_1 = 1,0$

$a = 90$

$\alpha = 0,1 - \text{мрад}$

$h = 14 \text{ см.}$

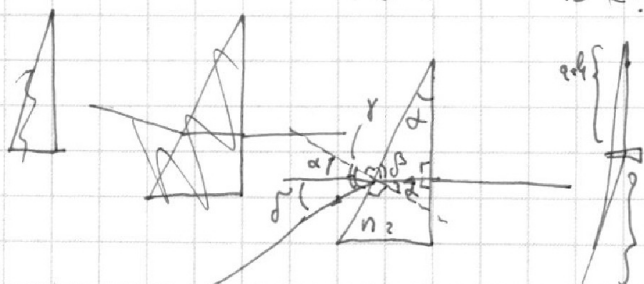
$\text{т.д.} \leq h$

1)  $n_1 = n_2 = 1$

$n_2 = 1,7$   
 $\sigma - ?$

2)  $n_1 = n_2 = 1$   
 $n_2 = 1,7$   
 $L - ?$

3)  $n_1 = 1,4$   
 $n_2 = 1,7$   
 $D - ?$



$$n_2 \cdot \sin \alpha = 1 \cdot \sin \gamma; \quad \text{при } \alpha \rightarrow \max \quad (a+h) n_2$$

$$n_2 \cdot \alpha = \sin \gamma. \quad \gamma \rightarrow \max$$

$$\sigma = \gamma - \alpha = (n_2 - 1) \alpha. \Rightarrow \text{среднее } n = (n_2 - 1)$$

$$L = \frac{(a+h) \cdot n_2}{n_2} + (a+h) \cdot 1$$

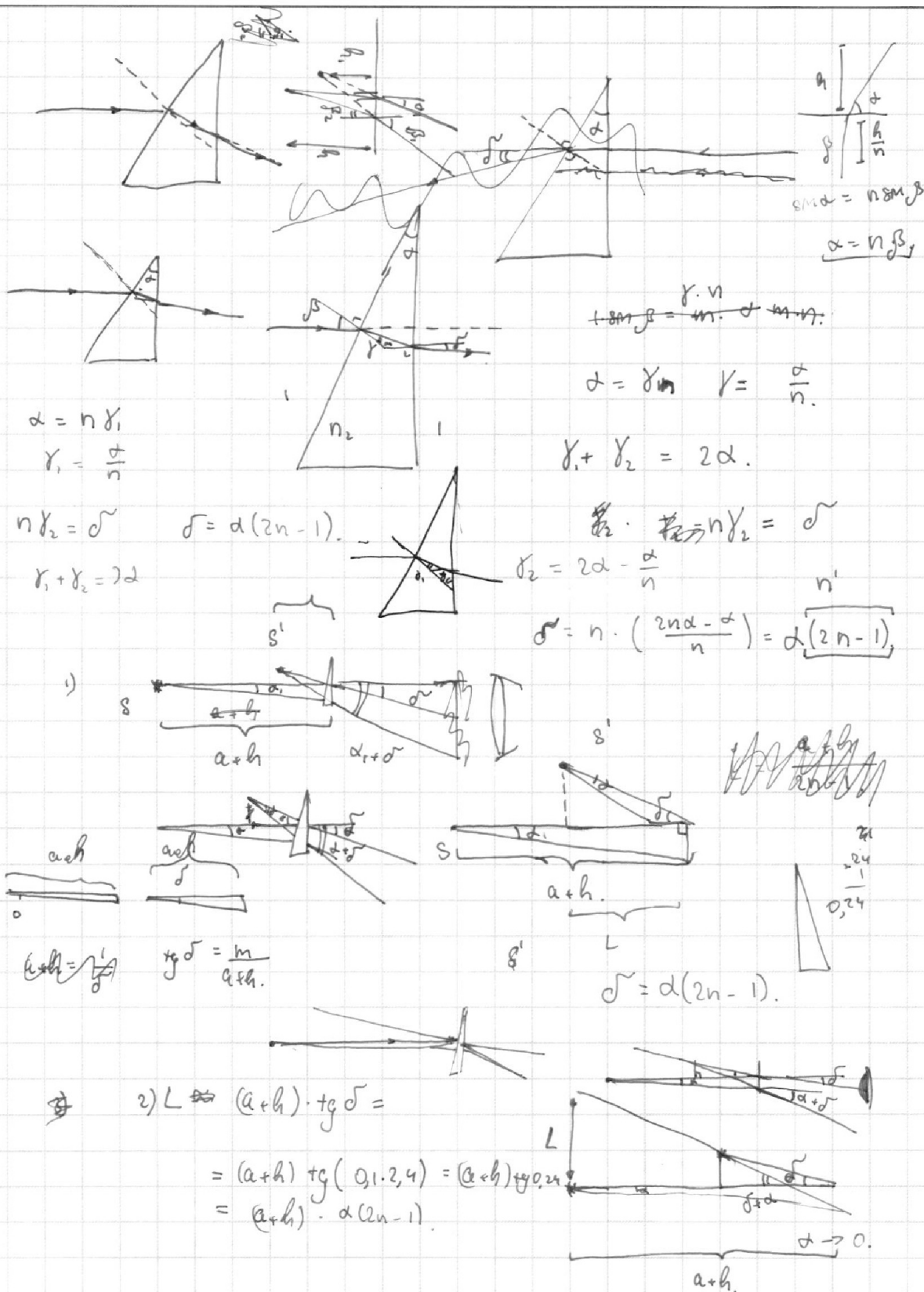
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

[illegible]

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

 **МФТИ**



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

Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

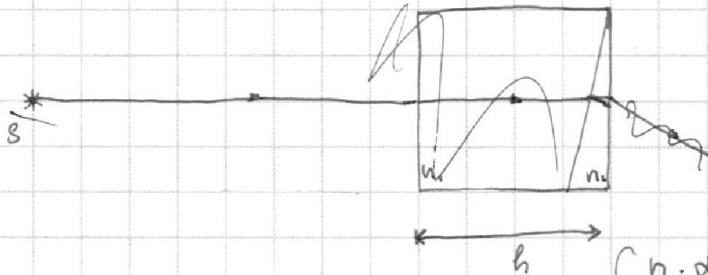
|                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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!

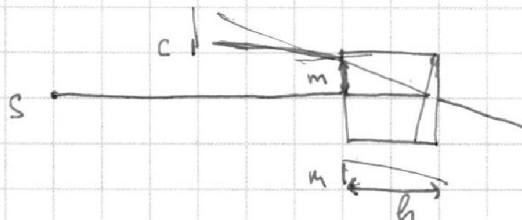
МФТИ



3)



$$\begin{array}{r} 104 \\ \times 0,07 \\ \hline 7,28 \end{array}$$



$$\begin{cases} n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \gamma_1 \\ n_2 \gamma_2 = \sigma \\ \gamma_1 + \gamma_2 = 2\alpha \end{cases} \quad \begin{aligned} \gamma_1 &= \frac{n_2}{n_1} \alpha \\ \sigma &= n_2 \left( 2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha \\ \gamma_2 &= 2\alpha - \frac{n_2}{n_1} \alpha = \left( 2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha \\ \sigma &= n_2 \left( 2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha \end{aligned}$$

$$m = h + \sigma$$

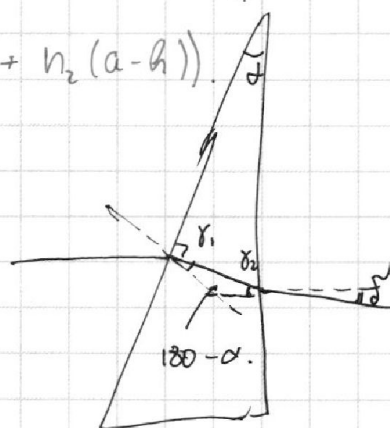
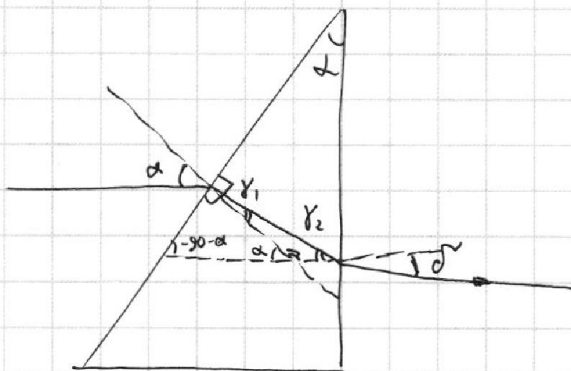
$$m = h + \sigma = 14 + \sigma = 14 + \left( 14 \cdot \frac{3,4 - 1,2}{1,2} \right) \alpha$$

$$n_2 \cdot 1 \cdot \gamma = n_2 \cdot \sigma \quad \gamma = n_2 \sigma$$

$$e = (a - h) + \sigma (n_2 \sigma)$$

$$L_2 = h \cdot n_2 \left( 2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha + (a - h) \cdot n_2^2 \left( 2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha$$

$$= n_2 \left( 2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha \left( h + n_2 (a - h) \right)$$



$$2\alpha + 90 + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 + 90 = 180$$

$$180 - \alpha$$

$$\begin{array}{r} 17 \quad | \quad 14 \\ - 14 \quad | \quad 14 \\ \hline 30 \quad | \quad 121 \\ - 30 \quad | \quad 0,03 \\ \hline 28 \quad | \quad 0,03 \\ \hline 2000363 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 245 \quad | \quad 5 \\ - 20 \quad | \quad 49 \\ \hline 45 \quad | \quad 49 \\ \hline 0,49 \end{array}$$