



Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2023

Вариант 11-03

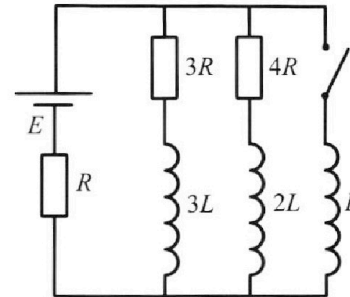


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

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  $n_в = 1,0$ . 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.

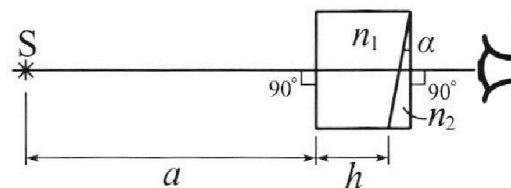


рис.). Угол  $\alpha = 0,1$  рад можно считать малым, толщина  $h = 14$  см. Толщина призмы с показателем преломления  $n_2$  на прямой «источник – глаз» намного меньше  $h$ . Отражения в системе не учитывать.

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



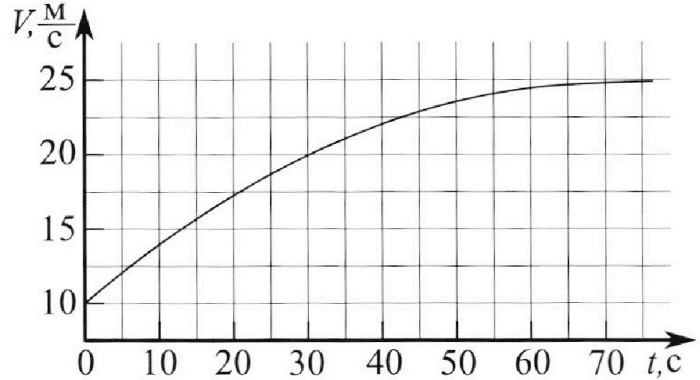
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

## 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?

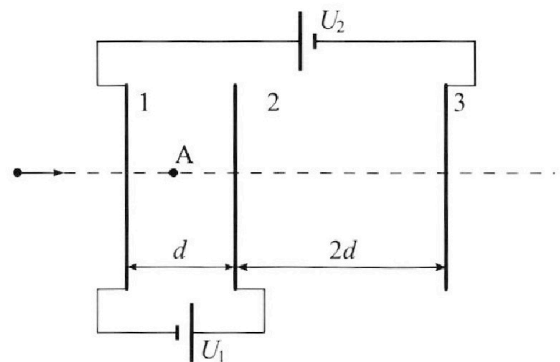
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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  $P_0 = P_{\text{ATM}}/2$  ( $P_{\text{ATM}}$  - 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  $v$  пропорционально парциальному давлению  $p$  газа:  $\Delta v = kpv$ . 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 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!



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 вот при  $t_0$  - значение  $S'(t_0)$ , значение угла наклона.

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

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

2) Из графика  $S(t)$ : При  $t > t_0$   $S = \text{const}$ , ( $v = 25 \text{ м/с}$ ).  
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  $t_0$ :

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

$$ma_0 = F_0 - kv_0$$

$$F_0 = ma_0 + kv_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,49 \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} = 9900 \text{ Н} + 24 \text{ Н} = 9924 \text{ Н}$$

3) ~~Используя формулу~~  $P = F \cdot v$ ; При  $t = t_0$ ,  $P_0 = F_0 \cdot v_0 = 9924 \text{ Вт}$ .

Ответ: 1)  $a_0 = 0,49 \text{ м/с}^2$  2)  $F_0 = 9924 \text{ Н}$  3)  $P_0 = 9924 \text{ Вт}$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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



$$V, P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

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

$$\Delta p = h \rho \omega$$

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

$R T \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$  до каплевания \* Газ или пар не тяжелее.

$T = 373 \text{ K}$  - температура кипения воды  $\Rightarrow$  насыщенное водяное пар при  $T = 373 \text{ K}$  имеет давление  $P_{\text{атм}}$  - равное атмосферному давлению.

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

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

I

$V_0/2$	He	$P_0$
		$T_0$

$V_0/2$	CO <sub>2</sub>	$T_0$	$V_0/4$
	P		
	H <sub>2</sub> O		$V_0/4$

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

• Газ или при  $T_0$  давлении насыщенного пара не конденсируется,  $T_0 P_H = P'_{\text{CO}_2}$ . ( $P_{\text{CO}_2}$  - насыщенное давление CO<sub>2</sub>)

После каплевания

II

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

~~Ур-ние каплевания~~  
для смеси

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

• Из условия равновесия парня для I:

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

• Ур-ние каплевания -

Условия для смеси и CO<sub>2</sub> при I

a)  $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = p_1 R T_0$  ( $p_1$  - к-во в-ва смеси)  
= к-во в-ва сверху

b)  $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = p_2 R T_0$  ( $p_2$  - к-во в-ва CO<sub>2</sub>)  
= к-во в-ва снизу (назодр).

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

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

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \rho_1 R T_0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{где } P - \text{давление смеси паров воды.} \\ \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{1}{5}}{P_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{4}} ; P = \end{array} \right.$$

$$P \cdot \frac{V}{5} = \rho_1 R T$$

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

Поскольку  $\text{CO}_2$  не растворяется при  $T$ , то весь растворенный 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). (столько содержится  $\text{CO}_2$  в объеме воды  $\omega = \frac{V}{4}$ ).

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

$$\rho_{\text{CO}_2} = \rho_2 + \Delta \rho$$

$$\text{Тогда } P = P_{\text{атм}} + P_{\text{CO}_2} = \frac{(\rho_2 + \Delta \rho) R T}{\frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} = \frac{(\rho_2 + \frac{hV P_{\text{атм}}}{8}) R T}{\frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} =$$

$$= \frac{\rho_2 R T}{\frac{11}{20} V} + \frac{h P_{\text{атм}} R T}{\frac{11}{20} \cdot 8} + P_{\text{атм}} = \frac{20}{11} \frac{\rho_2 R T}{V} + \frac{20}{88} \cdot 1,5 P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} \quad \left( \begin{array}{l} \text{поправим } h \\ \text{и } R T \end{array} \right)$$

$$\text{Из ур-ния Менделеева-Клапейрона для } \text{CO}_2 \text{ (I)} \quad \rho_2 = \frac{P_{\text{атм}} V}{8 R T_0}$$

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

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

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

Ответ: 1)  $\frac{\rho_1}{\rho_2} = 2$  2)  $\frac{T}{T_0} = \frac{118}{90}$

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

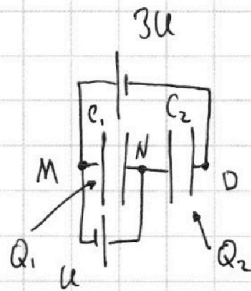
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

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!

- 3.
- 1)  $Q_1$  - ?
  - 2)  $K_1 - K_2$  - ?
  - 3)  $a$  - ?



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

- Пусть  $\phi_0 = 0$ . Разобьем потенциалы:

Тогда  $\phi_M = 3U$ ;  $\phi_N = \phi_M + U = 4U$ .

- знаем  $Q_1$ , заряд  $C_1$ ;

$$Q_1 = C_1(\phi_N - \phi_0) = 2CU$$

$$Q_2 = C_2(\phi_N - \phi_0) = 4CU$$

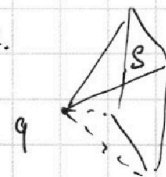
1) Сила, действующая на заряд, вытн 1-2 определяется как

$F = 2q E_{mn}$ ; где  $E_{mn}$  - напряженность электрического поля, создаваемая зарядом  $q$ .

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

$$E_{mn} = \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S} = \dots$$

$$= \frac{2\epsilon_0 3U}{2\epsilon_0 Sd} = \frac{U}{d}$$



по II з.к.

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

2) Разность потенциалов между  $K_1$  и  $K_2$  соответствует разности

поля на расстоянии  $C_1$  по направлению зарядов  $q$ . т.е.:

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

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

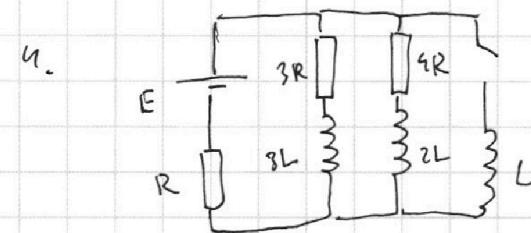
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7

МФТИ

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



1)  $I_{10} - ?$

1. При замкнутом ключе  $R_L = 0$ , тогда

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

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

3)  $q - ?$

$$I_{10} = \frac{4}{7} \cdot \frac{7E}{19R} = \frac{4E}{19R} \quad (\text{пропорционально сопротивлению, т.е. индуктивности катушек 3R и 4R}).$$

2. При замыкании индукции:

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

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

3. После замыкания индукции:

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

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

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

Реш: 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

**МФТИ**

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



S.

1)

$n_1 = 1,0$

$a = 90 \text{ см}$

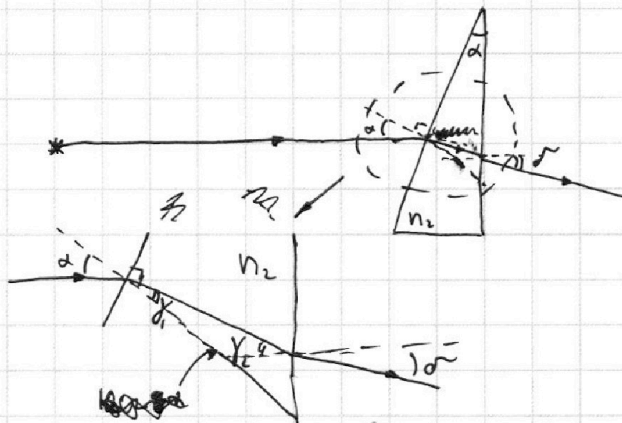
$\alpha = 0,1 \rightarrow \text{малый}$

$h = 14 \text{ см}$

1)  $\delta = ?$

2)  $L = ?$

3)  $S_2 = ?$



При малых  $\alpha$

a) п.к.  $\alpha \rightarrow \text{малый}$ , то  $\text{т.к. } 1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \gamma_2$

б)  $n_2 \cdot \sin \gamma_2 = 1 \cdot \sin \delta$ ,  $\Rightarrow \alpha = n_2 \cdot \gamma_2$  ( $\alpha$  малый)  $\Rightarrow \gamma_2$  малый

п.к.  $\alpha \rightarrow \text{малый}$ , то  $\gamma_2$  и  $\delta \rightarrow \text{малые углы}$ .

$n_2 \gamma_2 = \delta$

в)  $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$   
 $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$  (уравнение)

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

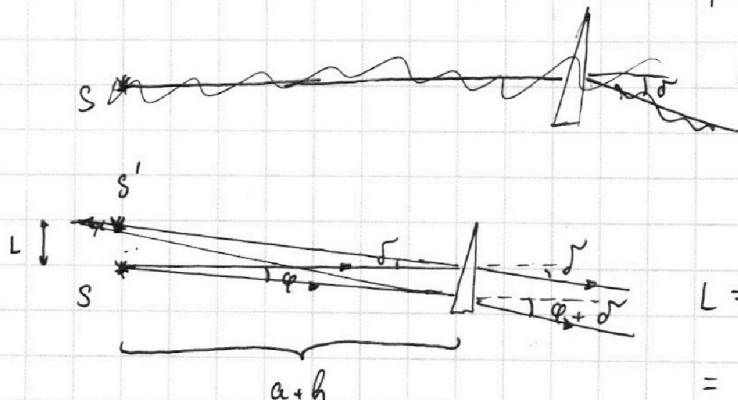
Уг.  $\Delta$ :  $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$   
 $= 180 - (180 - \alpha) = \alpha$

$\Rightarrow \delta = n_2 \alpha (1 - \frac{1}{n_2}) =$   
 $= \alpha (n_2 - 1)$

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

2)

При  $\varphi \rightarrow 0$ .



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

$\approx (a+h) \delta$ , п.к.  
 $\delta \rightarrow \text{мал}$

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

$= 7,28 \text{ см}$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

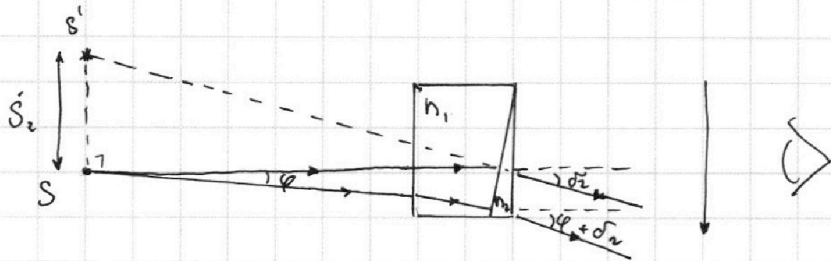
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7

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  $\alpha$ .

$$\begin{cases} n_1 \alpha = n_2 \delta_1 \\ n_2 \delta_2 = \delta_2 \\ \delta_1 + \delta_2 = \alpha \end{cases}$$

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

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

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

(Второе (Кажется от нуля))

$$\text{так } \delta_3 = \alpha n_1$$

Тогда: при  $\varphi \rightarrow 0$

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

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

2)  $L = 7,28 \text{ см}$

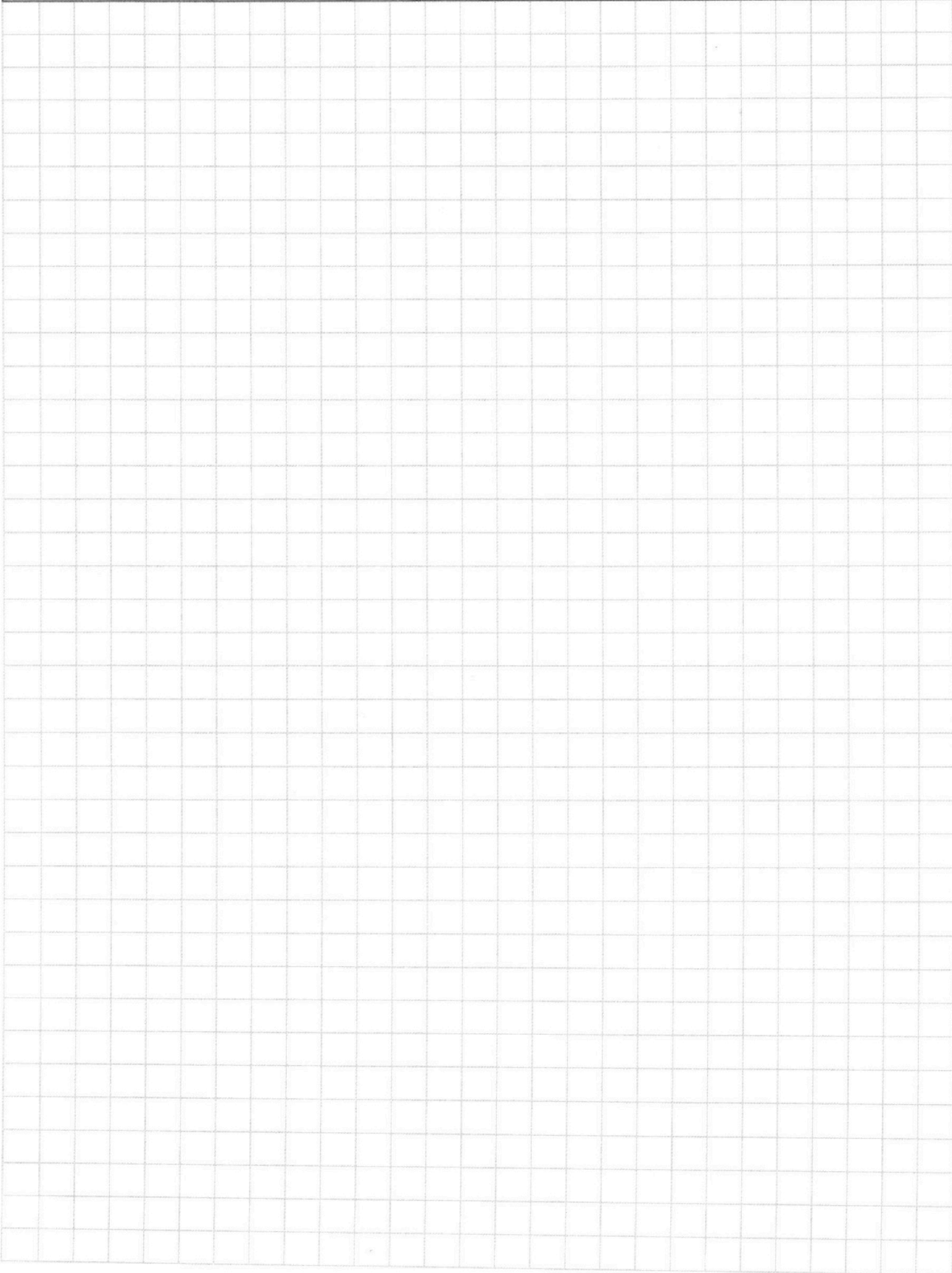


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.  
Отметьте крестиком номер задачи,  
решение которой представлено на странице:

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:

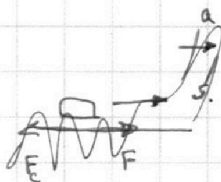
1  2  3  4  5  6  7



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  $a \approx 0$

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

1)  $a_0 - ?$

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

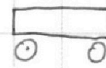
$= \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$

2)  $F_0 - ?$

$= \sqrt{\frac{2,5}{5}}$

3)  $P_0 - ?$

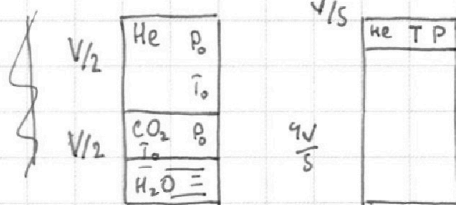
$\circ ma_0 = F_0 - k \delta$



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

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

2.



$\Delta V = k p W$

$W, - V \text{ цилиндра}$

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 уравнения p-состояния

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

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

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

$p \cdot \frac{V}{8} = p_2 R T$

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

Условие задачи:

$p_{\text{г.л}} = p_2 + \Delta p$

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

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

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

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

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

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

$V_{\text{CO}_2} = V - \frac{V}{8} - \frac{V}{2}$

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!



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

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

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

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

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

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{O}_2}$$

$$P_{\text{O}_2} = \frac{(\gamma_2 + k \frac{P_{\text{атм}} \cdot V}{8}) RT}{(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4})}$$

$$= \frac{(\gamma_2 + k \frac{P_{\text{атм}} \cdot V}{8}) RT}{\frac{11}{20} V}$$

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

$$P = \frac{P_2 RT}{\frac{11}{20} V} + \frac{k P_{\text{атм}} RT V}{8 \cdot \frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} =$$

$$= \frac{P_{\text{атм}} \cdot V}{8RT_0} \cdot \frac{RT}{\frac{11}{20} V} + \frac{20}{88} \frac{k P_{\text{атм}} RT}{1} + P_{\text{атм}} =$$

$$= \frac{20}{88} \cdot \frac{P_{\text{атм}} \cdot T}{T_0} + \frac{20}{88} \cdot 1,5 P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}}$$

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

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

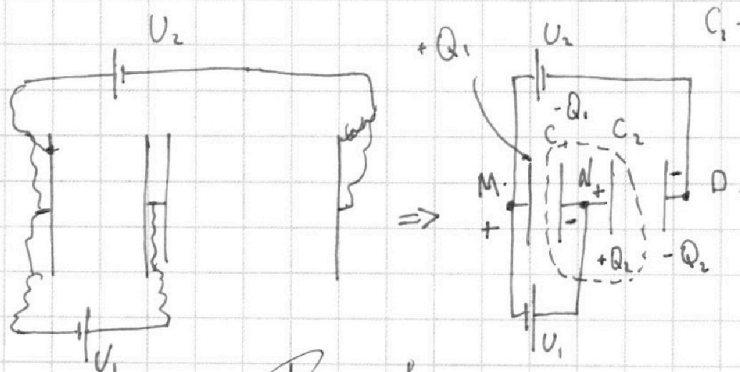
$$\frac{T}{T_0} = \frac{2 + \frac{30}{88}}{1 - \frac{20}{88}} = \frac{88 + 30}{88 - 20} = \frac{38 + 30}{88 - 20} = \frac{118}{68} = \frac{59}{34}$$

3.

$U_1 = U$   
 $U_2 = 3U$   
 $m, \varphi > 0$   
 $V_0$

- 1)  $Q_1$  - ?
- 2)  $K_1 - K_2$  - ?
- 3)  $\Delta K$  на  $\frac{d}{4}$  - ?

при  $\varphi_0 = 0$ .



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

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

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

$$Q_2 = C_2 (\varphi_N - \varphi_0)$$

$$Q_2 + Q - Q_1 = 0$$

$$2C (\varphi_M - \varphi_N) = C (\varphi_N - \varphi_0)$$

$$2\varphi_M - 2\varphi_N = \varphi_N - \varphi_0$$

$$2\varphi_M - 2\varphi_N = \varphi_N \Rightarrow \varphi_N = 3\varphi_N - 2\varphi_M \Rightarrow \varphi_N = \frac{2}{3}\varphi_M$$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1  2  3  4  5  6  7

**МФТИ**

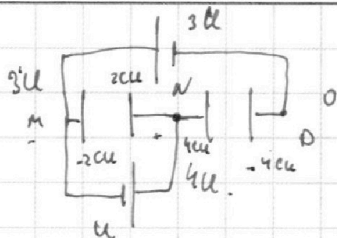
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

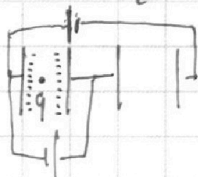
$$Q_2 = C \cdot \frac{2}{3} U_m$$

3)

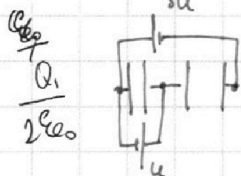
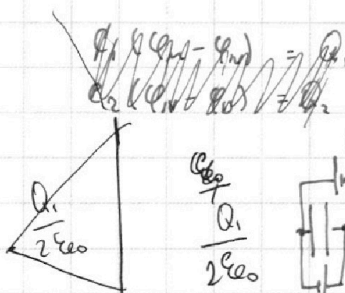
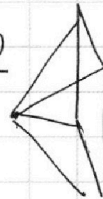


$$Q_1 = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} U$$

$$Q_1 = 2C \cdot U \quad Q_2 = C4U = 4CU$$



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



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

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

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

$$\Phi = C \cdot \Phi \quad \Phi = Q_1 \cdot 2 \cdot \frac{\Omega}{2\epsilon_0} = \frac{S}{4\epsilon_0}$$

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

$$F = C \cdot \Phi = \frac{Q_1}{S} \cdot \frac{ES}{2}$$

$$ma = 2 \cdot \frac{2SUq}{d}$$

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

$$E \cdot S = \frac{Q}{\epsilon_0} \Rightarrow E = \frac{Q}{\epsilon_0 S}$$

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

$$\Phi = E \cdot S$$

$$\Phi = \frac{S}{4\epsilon_0} \cdot \Phi$$

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

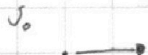
$$\Phi = E \cdot S$$

$$2) \quad K_0 = \frac{mS_0^2}{2}$$

$$K_1 - K_2 = F \cdot S = \frac{4Uq}{d} \cdot d = 4Uq$$

$K_1, K_2$

3)  $\int K = ?$

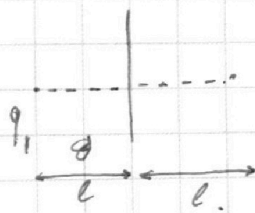


$$\frac{mS_0^2}{2} - A_0 + \frac{4Uq}{d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{mS^2}{2}$$

$$F_1 = \frac{1}{4\epsilon_0} \frac{q^2}{4l^2} + \frac{4Uq}{d}$$

$$A = F_1 \cdot \Delta l = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \frac{\Delta l}{l^2} + \frac{4Uq \Delta l}{d}$$

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



$$A_1 = \frac{q^2}{16\epsilon_0} \frac{\Delta l}{l^2} + \frac{4Uq \Delta l}{d}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1  2  3  4  5  6  7



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

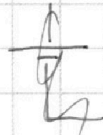
4.

$E, R, L$

1)  $I_{10} - ?$

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

3)  $q - ?$



ii При уст. режиме:

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

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

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

$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 19 \\ \hline 152 \end{array}$$

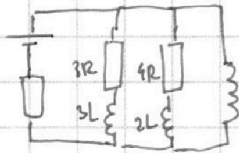
$$\begin{array}{r} 171 \\ \times 19 \\ \hline 3261 \end{array}$$

$$L \dot{I}' = E - \frac{12}{19} E = \frac{7E}{19}$$

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

$$\begin{array}{r} 4E \\ \times 19 \\ \hline 76E \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 171 \\ \times 19 \\ \hline 3261 \end{array}$$



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

2)  $W_{3L} \rightarrow 30$

$$Q = I^2 R t = \frac{4E}{19R} \cdot \frac{7E}{19R} \cdot t = q_0 E$$

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

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

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

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

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

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

5.

$n_1, n_2$

$n_g = 1,0$

$a = 90$

$\alpha = 0,1 - \text{макс}$

$h = 14 \text{ см}$

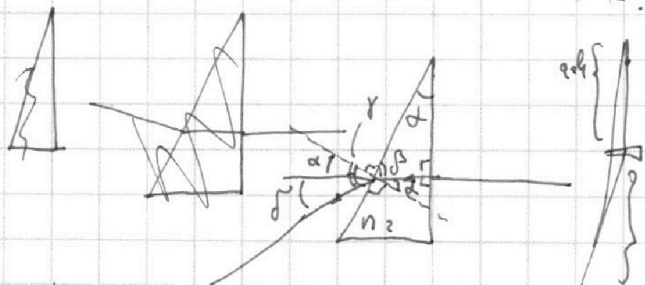
$\pi \Delta h \leq h$

1)  $n_1 = n_g = 1$

$n_2 = 1,7$   
 $D - ?$

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

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



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

$$n_2 \cdot \alpha = \sin \gamma; \quad \gamma \rightarrow \text{макс}$$

$$\delta = \gamma - \alpha = (n_2 - 1) \alpha \Rightarrow \text{средняя } n = (n_2 - 1)$$

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

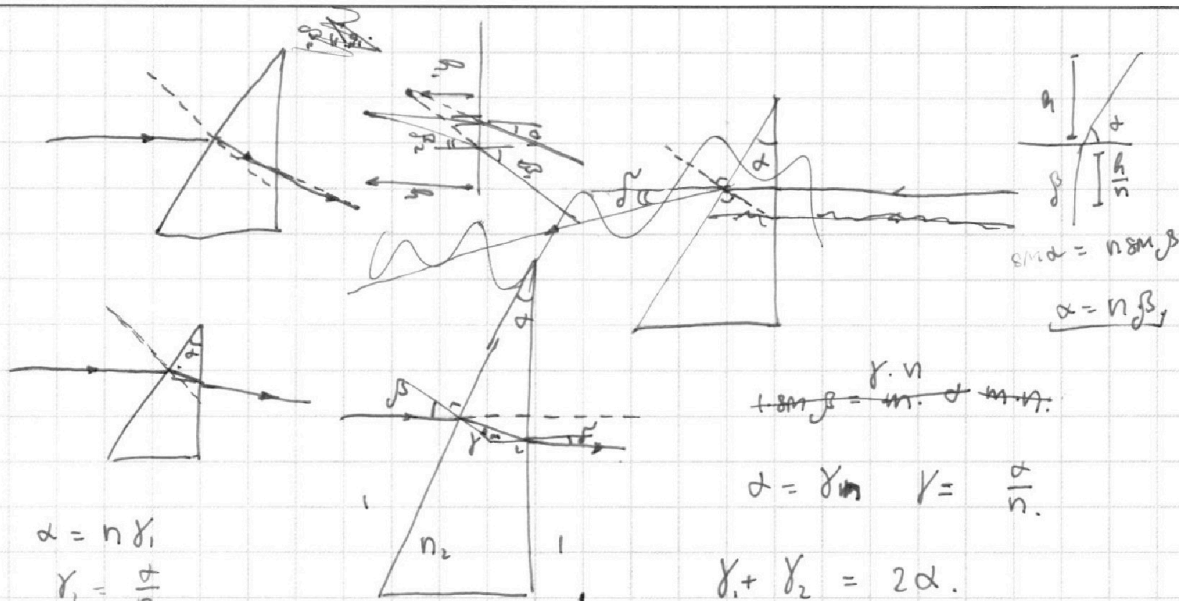
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\alpha = n \gamma_1$$

$$\gamma_1 = \frac{\alpha}{n}$$

$$n \gamma_2 = \sigma$$

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 2\alpha$$

$$\sigma = d(2n - 1)$$

$$1 + \sin \beta = m \cdot \frac{\sigma}{n \cdot d}$$

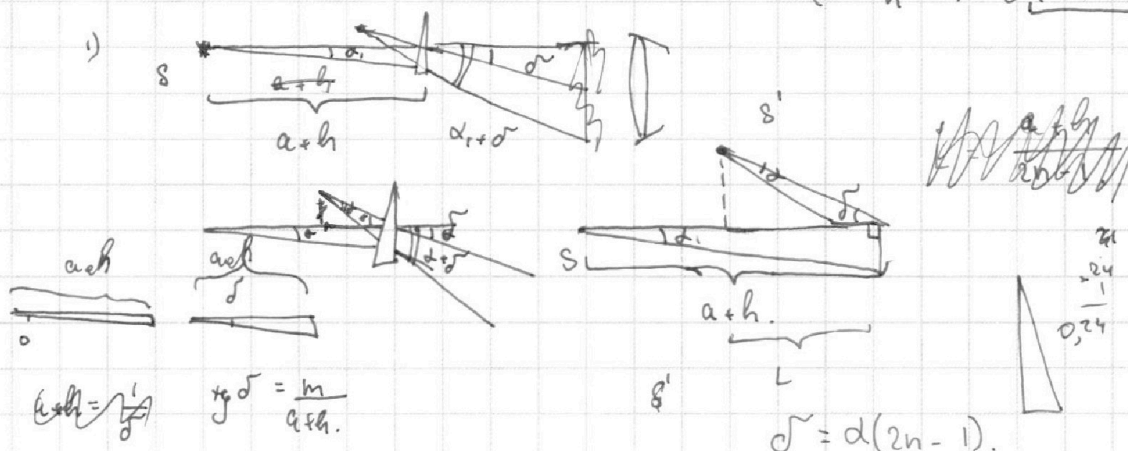
$$\alpha = \gamma_m \quad \gamma = \frac{\alpha}{n}$$

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 2\alpha$$

$$\frac{\sigma}{n} \cdot \frac{n}{d} = n \gamma_2 = \sigma$$

$$\sigma_2 = 2\alpha - \frac{\alpha}{n}$$

$$\sigma = n \cdot \left( \frac{2n\alpha - \alpha}{n} \right) = d(2n - 1)$$



$$a \cdot \tan \delta = \frac{m \cdot \lambda}{2}$$

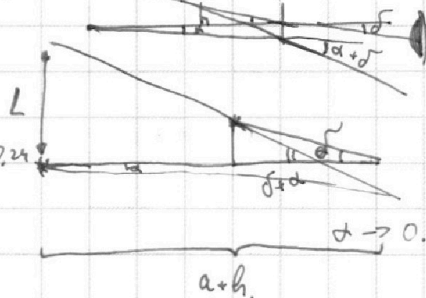
$$\tan \delta = \frac{m}{a+h}$$

$$\sigma = d(2n - 1)$$

$$2) L \approx (a+h) \cdot \tan \delta =$$

$$= (a+h) \tan(0,1; 2,4) = (a+h) \cdot 0,24$$

$$= (a+h) \cdot \alpha(2n - 1)$$



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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

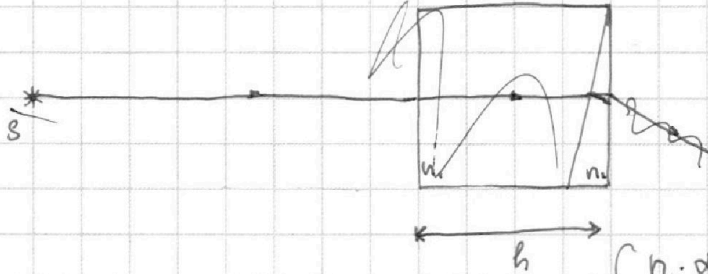
1   
  2   
  3   
  4   
  5   
  6   
  7



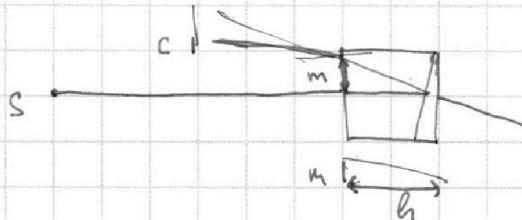
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3)



$$\begin{array}{r} 104 \\ \times 0,07 \\ \hline 728 \end{array}$$



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

$$\gamma_2 = 2\alpha - \frac{n_2}{n_1} \alpha = \left(2 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha$$

$$\delta = n_2 \left(2 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha$$

$$m = h \cdot \tan \delta$$

$$m = h \cdot \tan \delta = 14 \cdot \tan \left(14 \cdot \frac{3,4 - 1,2}{1,2}\right)_{gr}$$

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

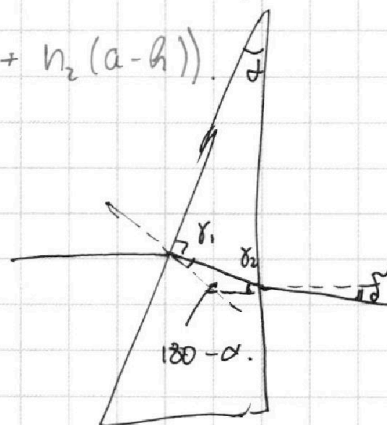
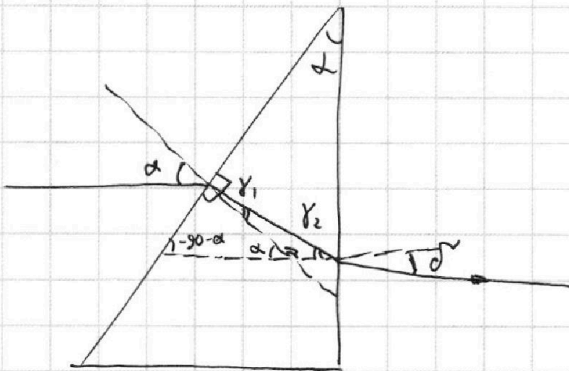
$$e = (a - h) \cdot \tan \delta$$

$$\begin{array}{r} 17 \quad | \quad 14 \\ - 14 \\ \hline 30 \\ - 30 \\ \hline 28 \\ - 28 \\ \hline 200363 \end{array}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 245 \quad | \quad 5 \\ - 20 \\ \hline 45 \\ \hline 049 \end{array}$$



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

$$180 - \alpha$$