



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

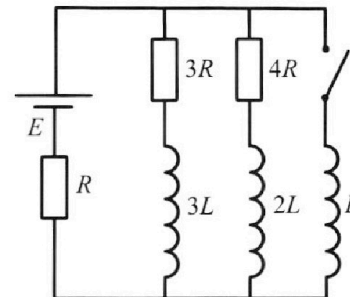


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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 $n_b = 1,0$. 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.

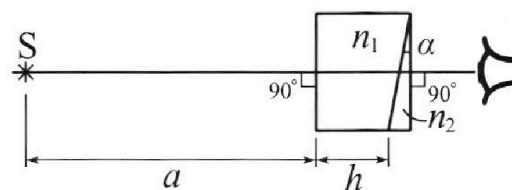


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

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



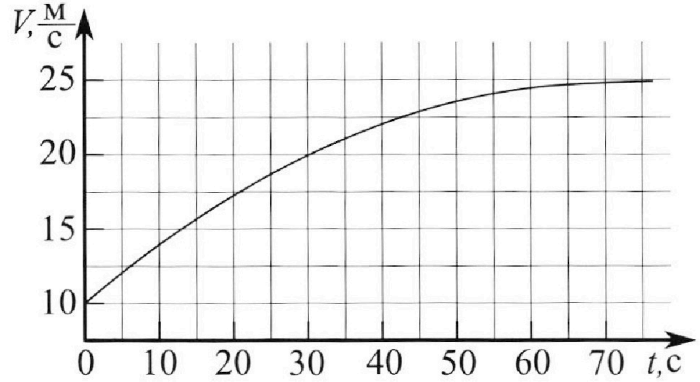
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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?

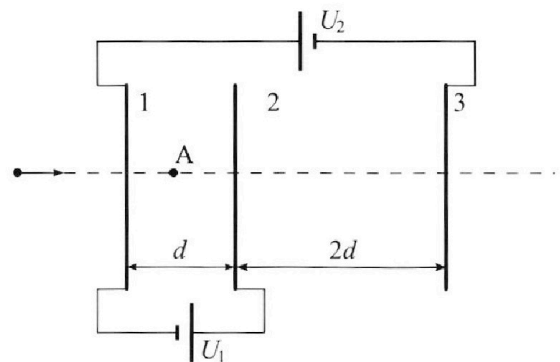
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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_{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 Δv 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/(м³·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"/>



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 :

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

$$ma_0 = F_0 - kv_0$$

$$F_0 = ma_0 + kv_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,49 \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} = 990 \text{ Н} + 24 \text{ Н} = 1014 \text{ Н}$$

3) ~~Используя формулу~~ $P = F \cdot v$; при $t = t_0$, $P_0 = F_0 \cdot v_0 = 1014 \text{ Н} \cdot 25 \text{ м/с} = 25350 \text{ Вт}$

Ответ: 1) $a_0 = 0,49 \text{ м/с}^2$ 2) $F_0 = 1014 \text{ Н}$ 3) $P_0 = 25350 \text{ Вт}$

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 является

$T = 373 \text{ K}$ - 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 ₂	T_0	$V_0/4$
	P		
	H ₂ O		$V_0/4$

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

* Газ или пар при T_0 давлении насыщенного пара конденсируется, $T_0 P_H = P'_{\text{CO}_2}$. (P_{CO_2} - парциальное давление CO₂)

После каплевания

II

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

~~Ур-ние каплевания~~
для смеси

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

* Из условия равновесия партия для I:

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

Ур-ние каплевания -

Условия для смеси и CO₂ 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 смеси

b) $\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = p_2 R T_0$ (p_2 - к-во в-ва CO₂)
= к-во в-ва смеси (каждое в-во)

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

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

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \rho_1 R T_0 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{где } P - \text{давление смеси паров воды.} \\ \text{и } T_0 = 373 \text{ К} \end{array} \right.$$

$$P \cdot \frac{V}{8} = \rho_1 R T \quad \Rightarrow \quad \frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{1}{8}}{P_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{4}} \quad ; \quad P =$$

По условию р-сия паровая $P = P_{\text{H}_2\text{O}} + P_{\text{CO}_2}$; где $P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{атм}}$,
и.к. $T = 373 \text{ К}$ а P_{CO_2} - давление CO_2 или T .

Поскольку CO_2 не растворяется при T , то весь растворенный ранее 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 CO_2 (II). (столько содержится CO_2 в объеме воды $\omega = \frac{V}{4}$).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

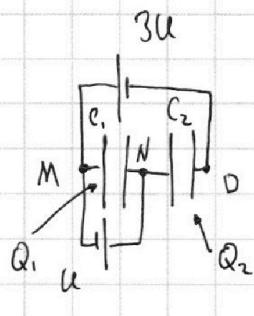
Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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 $\varphi_0 = 0$. Разобьем потенциалы:

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 1-2 определяется как

$F = 2q E_{in}$; где E_{in} - напряженность электрического поля, создаваемая одной сеткой.

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

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

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



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 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:

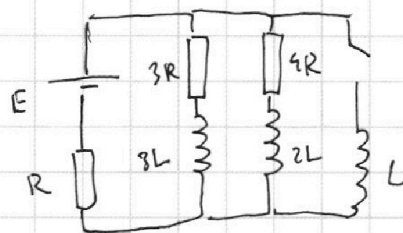
1 2 3 4 5 6 7

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 **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 **замкнутом** ключе:

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

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

3. После **замыкания** ключа:

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

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

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

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)

$n_1 = 1,0$

$a = 90 \text{ см}$

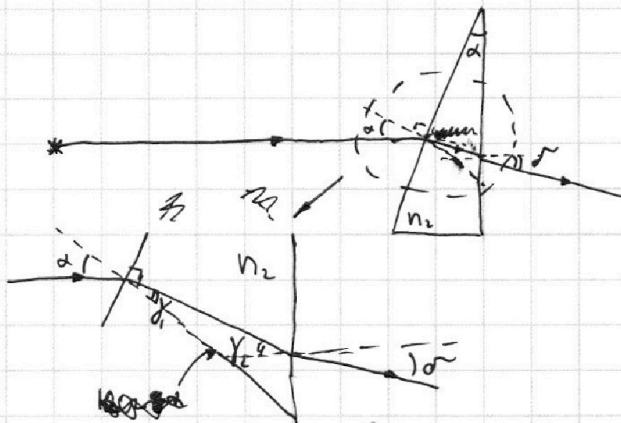
$\alpha = 0,1 \rightarrow \text{маленький}$

$h = 14 \text{ см}$

1) $\delta = ?$

2) $L = ?$

3) $S_2 = ?$



При малых углах

a) п.к. $\alpha \rightarrow \text{маленький}$, то $\text{так } 1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \gamma_1$

б) $n_2 \cdot \sin \gamma_2 = 1 \cdot \sin \delta$, $\Rightarrow \alpha = n_2 \cdot \gamma_1$ (α маленький) $\Rightarrow \gamma_1$ маленький.
п.к. $\alpha \rightarrow \text{маленький}$, то γ_2 и $\delta \rightarrow \text{маленькие углы}$.

$n_2 \gamma_2 = \delta$

в) $\gamma_1 + \gamma_2 = 360 - 180 - \alpha$
 $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$ (угол в треугольнике)

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

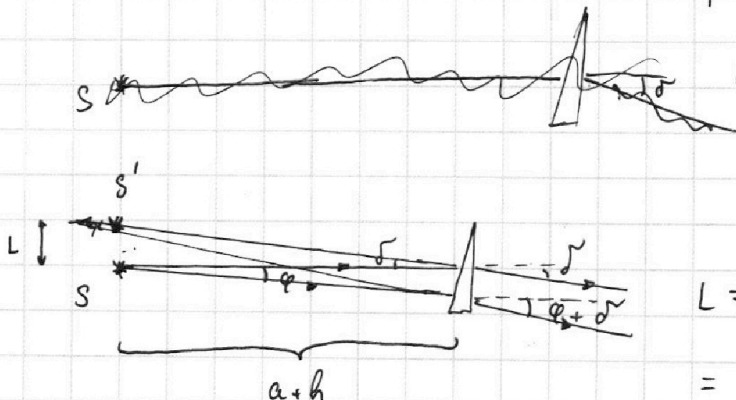
Уг. Δ : $\gamma_1 + \gamma_2 = 180 - \alpha$
 $= 180 - (180 - \alpha) = \alpha$

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

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

2)

При $\varphi \rightarrow 0$.



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

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

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

$= 7,28 \text{ см}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

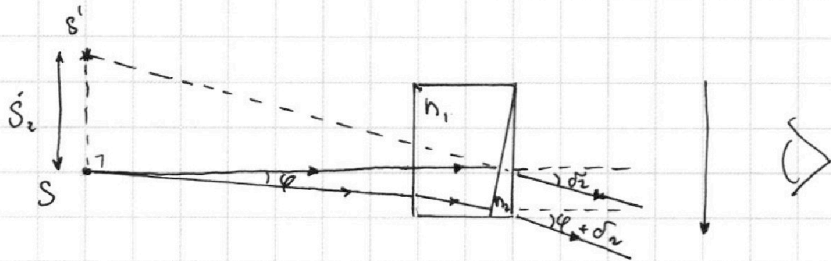
1 2 3 4 5 6 7

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 α .

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

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

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

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

(Второе (Кажется от нуля))

$$\delta_3 = \alpha n_1$$

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) $L = 7,28 \text{ см}$



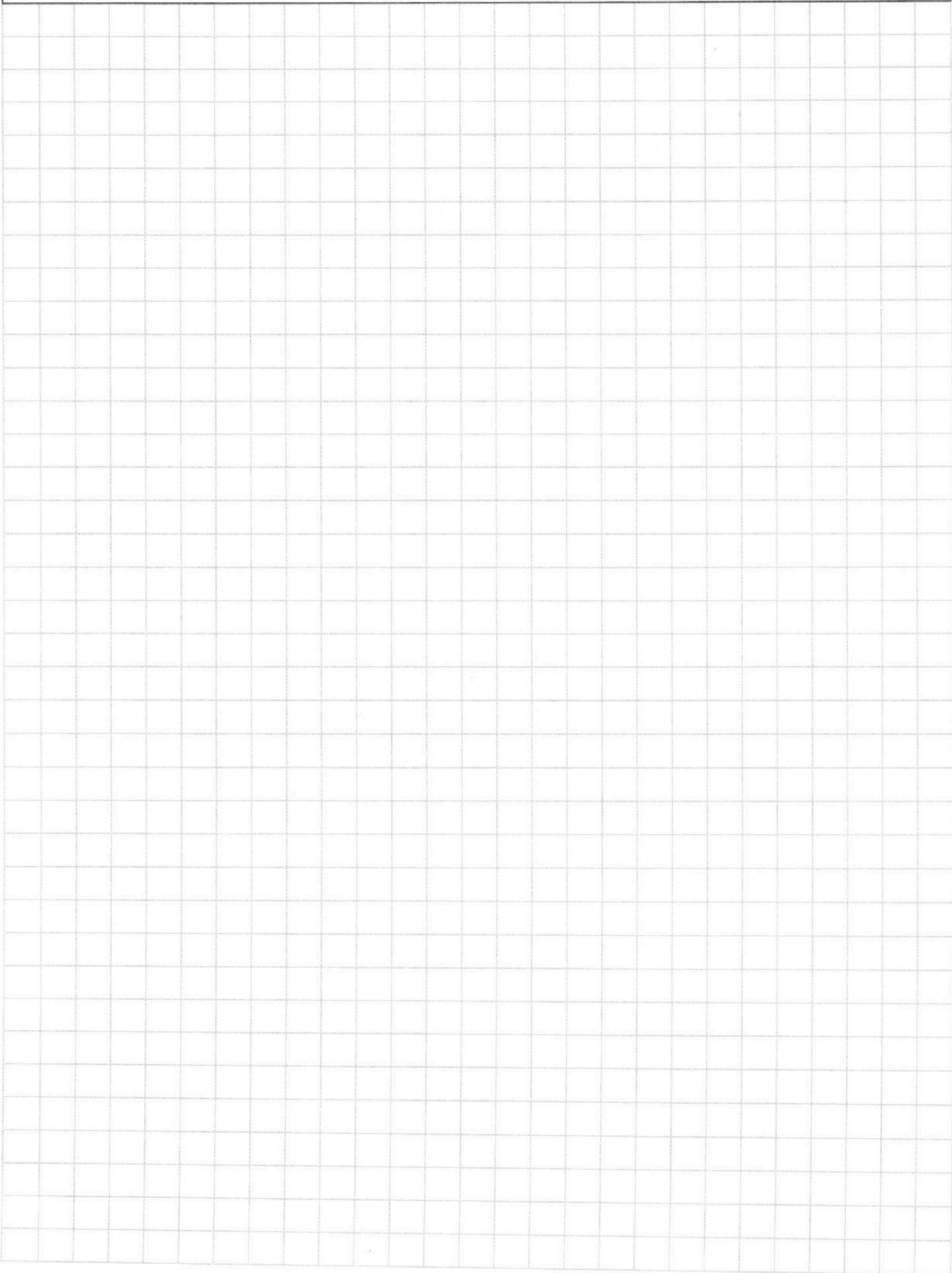
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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:

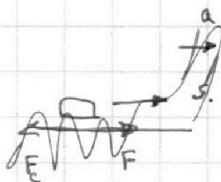
1 2 3 4 5 6 7



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



1. $m = 1500 \text{ кг}$
 $F_k = 600 \text{ Н}$
 $F_c = k \cdot \Delta l$



Концы пружины $a \approx 0$

$\Rightarrow \circ F_T = k \Delta l \quad k = \frac{F_T}{\Delta l} =$

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

1) a_0 - ?

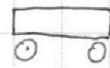
$\circ a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \text{ м/с}^2$

2) F_0 - ?

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

3) P_0 - ?

$\circ ma_0 = F_0 - k \Delta l$

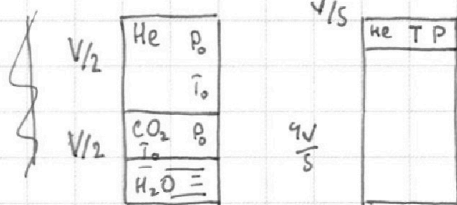


$F_0 = ma_0 + k \Delta l = 1500 \cdot 0,5 + 24 \cdot 10 = 750 + 240 = 990 \text{ Н}$

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

$\begin{matrix} 1500 \\ \times 0,5 \\ \hline 750 \\ - 240 \\ \hline 990 \end{matrix}$

2.



$\Delta V = k p \Delta l$

(ω) - V колеблется.

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

$\square \quad P_0 \cdot \frac{V}{2} \cdot \frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{2} = p_1 R T_0$

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

$\Rightarrow P_{atm} = P_{atm}$

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

из уравнения p-сила равна

$\frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{4} = p_2 R T_0$

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

$\square \quad \frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{2} = p_2 R T_0$

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

$\frac{T}{T_0} = \frac{p \cdot \frac{1}{8}}{P_{atm} \cdot \frac{1}{4}}$

Условие задачи:

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

$\Delta V = k \frac{P_{atm}}{2} \cdot \frac{V}{4} = k P_{atm} \cdot \frac{V}{8}$

$P_{CO_2} V_{CO_2} = p_{CO_2} R T$

$P = P_{CO_2} + P_{atm}$

$P_{CO_2} = \frac{(p_2 + k P_{atm} \cdot \frac{V}{8}) R T}{V_{CO_2}}$

$P_{atm} \cdot V_{CO_2} = p_{atm} R T$

$P = P_{atm} + P_{CO_2}$

$V_{CO_2} = V - \frac{V}{8} - \frac{V}{2}$

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!



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

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

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

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

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

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{O}_2} = \frac{P_2 RT}{\frac{11}{20}V} + \frac{k P_{\text{атм}} RT V}{8 \cdot \frac{11}{20}V} + P_{\text{атм}} =$$

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

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

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

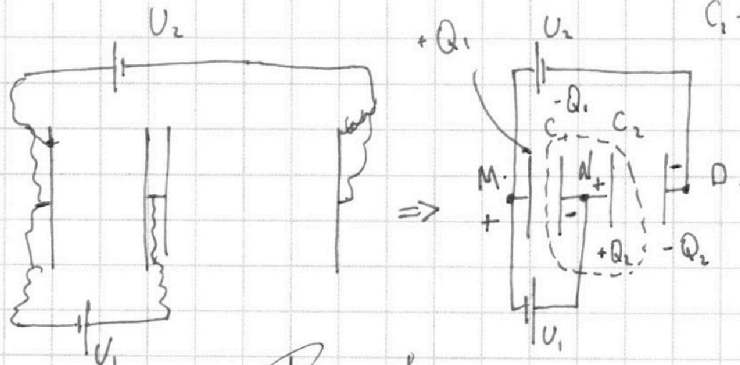
$$= \frac{20}{88} \cdot \frac{P_{\text{атм}} \cdot T}{T_0} + \frac{20}{88} \cdot 1,5 P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}}$$

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

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

3.

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



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

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

1) $Q_M - ?$

2) $K_1 - K_2 - ?$

3) ΔK на $\frac{d}{4} - ?$

при $\varphi_0 = 0$.

$$C_1 (\varphi_M - \varphi_N) = C_2 (\varphi_N - \varphi_0)$$

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

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

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

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

$$Q_2 + Q - Q_1 = 0$$

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

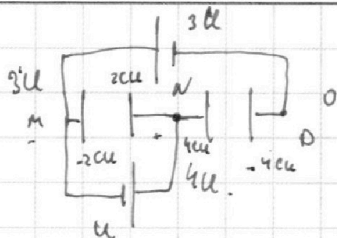
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

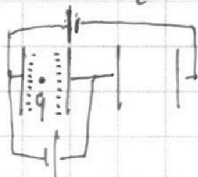
$$Q_2 = C \cdot \frac{2}{3} U_m$$

3)

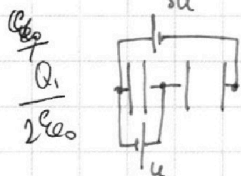
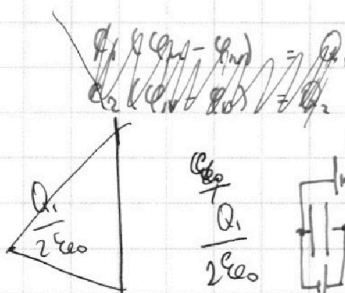
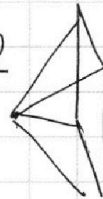


$$Q_1 = CU = \frac{\epsilon_0 S}{d} U$$

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



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



$$E = \frac{Q_1}{2\epsilon_0} \quad E_u = \frac{Q_1}{\epsilon_0}$$

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

$$\Phi = \sigma \cdot \Phi \quad \Phi = Q_1 \cdot 2 \frac{\Omega}{\Omega_0} \approx \frac{S}{4\epsilon_0}$$

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

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

$$ma = 2 \cdot \frac{2\epsilon_0 U q}{d}$$

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

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

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

$$\Phi = E \cdot S$$

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

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

$$\Phi = E \cdot S$$

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

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

$K_1 = \frac{1}{2} m v_1^2$

3) $\int K = ?$



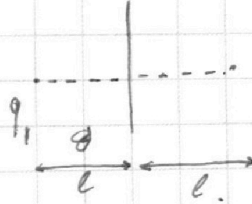
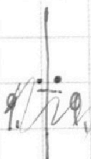
F

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

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

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

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



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

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

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!

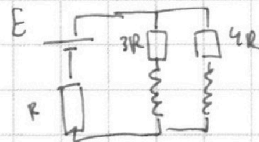
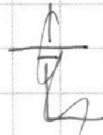
4.

E, R, L

1) $I_{10} - ?$

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

3) $q - ?$



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

ii При уст. режиме:

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

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

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

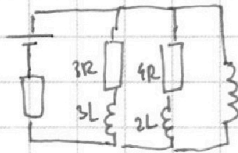
$$\begin{array}{r} 8 \\ \times 19 \\ \hline 152 \end{array}$$

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

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

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

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



2)

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

3)

$$Q = I^2 R t = \frac{4E}{19R} \cdot \frac{12E}{19L} \cdot t = q_0 E$$

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

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

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

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

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

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

5.

n_1, n_2

$n_g = 1,0$

$a = 90$

$\alpha = 0,1 - \text{макс}$

$h = 14 \text{ см}$

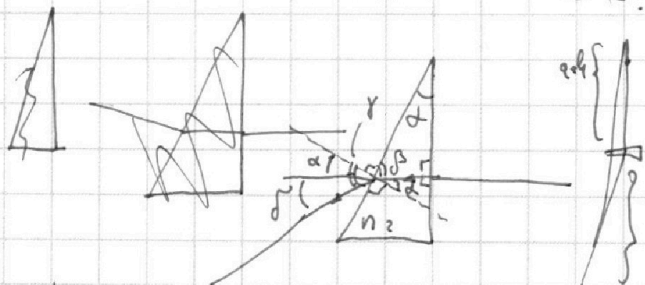
$\pi \Delta h \leq h$

1) $n_1 = n_g = 1$

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

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

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



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

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

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

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

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!



$\alpha = n\gamma_1$
 $\gamma_1 = \frac{\phi}{n}$
 $n\gamma_2 = \sigma$
 $\gamma_1 + \gamma_2 = 2\alpha$
 $\sigma = d(2n-1)$
 $\sigma = n \cdot \left(\frac{2n\alpha - \phi}{n} \right) = d(2n-1)$
 $\alpha = n\beta_1$
 $\tan \beta = \frac{\gamma \cdot n}{m \cdot d + m \cdot n}$
 $\alpha = \gamma_m \quad \gamma = \frac{\alpha}{n}$
 $\gamma_1 + \gamma_2 = 2\alpha$
 $\frac{\sigma}{2} \cdot \frac{1}{n} = n\gamma_2 = \sigma$
 $\sigma_2 = 2\alpha - \frac{\alpha}{n}$
 $\sigma = n \cdot \left(\frac{2n\alpha - \phi}{n} \right) = d(2n-1)$
 1) $\frac{a+h}{a+h} = \frac{1}{1}$
 $\frac{a+h}{\sigma} = \frac{m}{a+h}$
 $\sigma = d(2n-1)$
 2) $L \cdot (a+h) \cdot \text{tg } \delta = (a+h) \cdot \text{tg}(0,1,2,4) = (a+h) \cdot \text{tg } 0,24 = (a+h) \cdot \alpha \cdot (2n-1)$

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

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

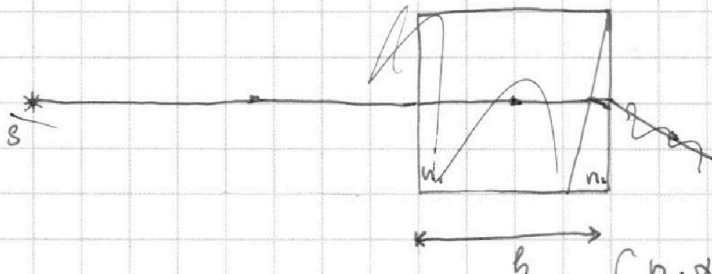
1 2 3 4 5 6 7



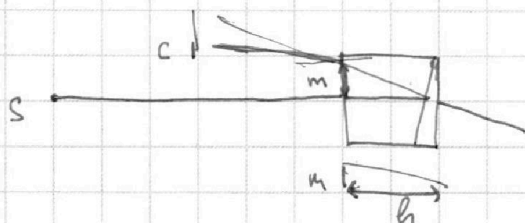
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3)



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



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

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

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

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

$$m = h \cdot \tan \delta = 14 \cdot \tan \left(14 \cdot \frac{3,4 - 1,2}{1,2}\right) \approx 17,21$$

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

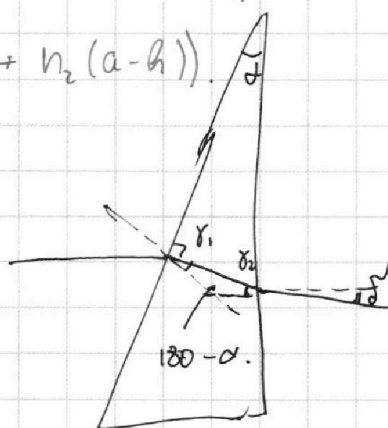
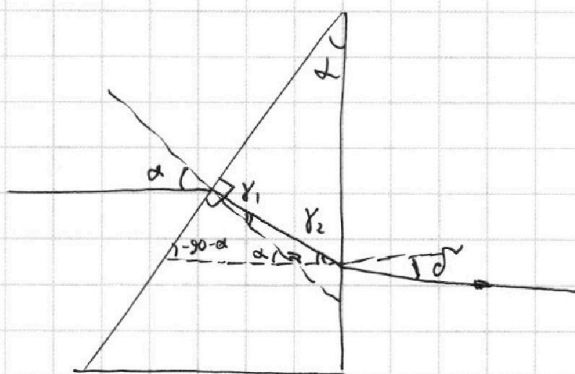
$$\begin{array}{r} 17 \quad | \quad 14 \\ - 14 \\ \hline 30 \\ - 28 \\ \hline 28 \\ - 28 \\ \hline 000363 \end{array}$$

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

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

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

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



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

$$180 - \alpha$$