

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

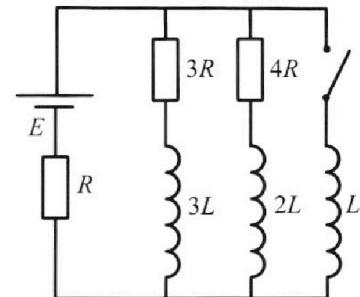
Вариант 11-03

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.

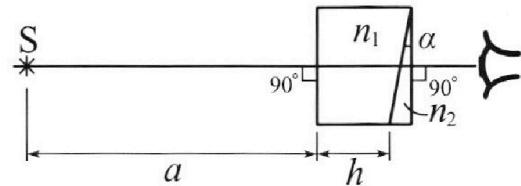
- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

Вариант 11-03

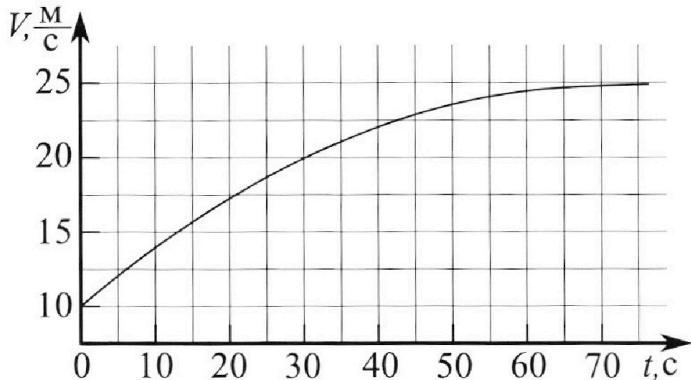


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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%.



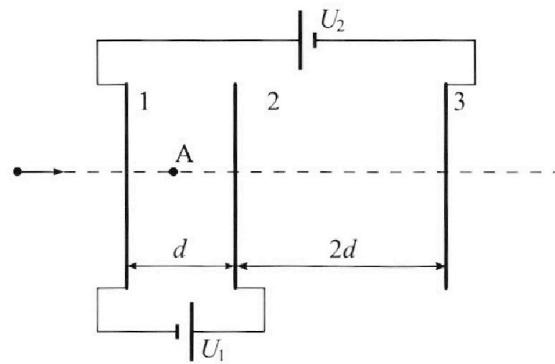
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 Δv растворённого газа в объёме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k p v$. 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 $R T \approx 3 \cdot 10^3$ 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"/> |

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 уравнения $S(t)$: при $t = t_0$ - движение $S'(t_0)$,
занчесе угла велометра.

$$a_0 = \frac{G S}{\Delta t} = \frac{600 \text{ Н}}{15 \text{ с}} = 40 \text{ м/с}^2$$
$$= \frac{2,95 \text{ кг}}{5 \text{ с}} = 0,49 \text{ м/с}^2$$

2) Из уравнения $S(t)$: при $t > t_0$ $S = \text{const}$, ($S = 25 \text{ м}$).
занчесе $a = 0$. Тогда по II Закону Ньютона:

$$0 = F_k - F_c \quad F_k = F_c ; F_c = h S \Rightarrow h = \frac{F_k}{S} = \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м}} = 24 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

Тогда по II Закону Ньютона для t_0 :

$$m a_0 = F_0 - h S_0$$

$$F_0 = m a_0 + h S_0 = 1500 \text{ кг} \cdot 0,49 \text{ м/с}^2 + 24 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot 25 \text{ м} = 9750 \text{ Н}.$$

3) ~~-Установка~~ $P = F \cdot S$; при $t = t_0$, $P_0 = F_0 \cdot S_0 = 9750 \text{ Вт}$.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

$$V_1 P_0 = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

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

$$\Delta P = h \rho w$$

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

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} \text{ до Капеланя}$$

$T = 373 \text{ K}$ - температура плавления льда \Rightarrow
последний водяной пар при $T = 373 \text{ K}$ имеет
давление $P_{\text{атм}}$ - первое атмосферное давление.

* Так как пар не является невесомым.

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

$$V_{\frac{1}{2}}$$

He	P ₀
T ₀	
CO ₂	T ₀
P ₀	
H ₂ O	=
=	=

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

$$V_{\frac{1}{2}}$$

$$V_{\frac{1}{4}}$$

$P_B S = P_H S$; где P_B и P_H -
давление льда и снега.

* Так как при T_0 давление
последнего пара превысит,
то $P_H = P'_{CO_2}$. (P'_{CO_2} - первоначальное
давление CO₂)

После нагревания

II

V _{1/2}	He	P ₀
11V _{1/2}	CO ₂	T
20		
	H ₂ O	
	=	=
	H ₂ O	
	=	=

* Уже неизвестно давление
льда и снега

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

* Уже известна давление паров
воды II:

$$P_{H2O} = P_{CO_2}' = \frac{P_{\text{атм}}}{2}$$

* Чистое давление CO₂ при I

испарение паров воды и CO₂ при I

$$a) \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V_1}{2} = P_1 R T_0 \quad (P_1 - \text{в-ко ф-ла льда}) \\ = \text{в-ко ф-ла снега}$$

$$b) \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V_1}{4} = P_2 R T_0 \quad (P_2 - \text{в-ко ф-ла CO}_2) \\ = \text{в-ко ф-ла снега (снегодр.)}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

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

Задача №2 Медицинская газовая смесь I и II

$$\frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \vartheta_1 R T_0 \quad | \text{ где } P - \text{ давление после нагревания.}$$

$$P \cdot \frac{V}{8} = \vartheta_1 R T \quad | \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{1}{2}}{P_{\text{атм}} \cdot \frac{1}{4}} ; \quad P =$$

$$\text{По условию } p - \text{ сия } \rightarrow P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2\text{O}} ; \quad \text{ где } P_{\text{H}_2\text{O}} = P_{\text{атм}}, \\ i.e. T = 323 \text{ K} \text{ а } P_{\text{CO}_2} = \frac{\text{давление } \text{CO}_2}{\text{все } T}.$$

$$\text{Поскольку } \text{CO}_2 \text{ не растворяется при } T_1, \text{ то} \\ \text{бес растворимой пары } \text{CO}_2 \text{ не будет. } \Delta \vartheta = h \cdot \frac{P_{\text{атм}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \\ = \frac{hV}{8} P_{\text{атм}}.$$

* Уп-сия Медицинская-кастрина для CO₂ (II). (столбцы содержатся CO₂ в
объеме всего $\omega = \frac{V}{4}$).

$$P_{\text{CO}_2} V_{\text{CO}_2} = \vartheta_{\text{CO}_2} R T, \quad \text{ где } V_{\text{CO}_2} = V - \frac{V_0}{3} - \frac{V}{4} = \frac{11V}{20}$$

$$V_{\text{CO}_2} = \vartheta_2 + \Delta \vartheta$$

$$\text{Тогда } P = P_{\text{атм}} + P_{\text{CO}_2} = \frac{(\vartheta_2 + \Delta \vartheta) R T}{\frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} = \frac{(\vartheta_2 + \frac{hV P_{\text{атм}}}{8}) R T}{\frac{11}{20} V} + P_{\text{атм}} =$$

$$= \frac{\vartheta_2 R T}{\frac{11}{20} V} + \frac{h P_{\text{атм}} R T}{\frac{11}{20} \cdot 8} + P_{\text{атм}} = \frac{20}{11} \frac{\vartheta_2 R T}{V} + \frac{20}{88} \cdot 15 P_{\text{атм}} + P_{\text{атм}} \left(\text{Несколько } h \text{ и } R T \right).$$

$$\text{By уп-сия Медицинская-кастрина для CO}_2 \text{ (I)} \quad \vartheta_2 = \frac{P_{\text{атм}} V}{8 R T_0}$$

Тогда

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

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

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

$$\text{Отсюда: 1) } \frac{\vartheta_1}{\vartheta_2} = 2 \quad 2) \quad \frac{T}{T_0} = \frac{118}{90}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

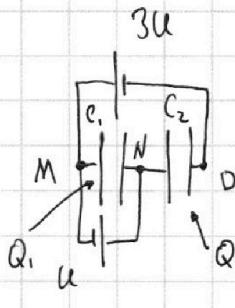
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3.

1) $a_n - ?$

2) $K_1 - K_2 - ?$

3) $\int_a - ?$



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

- Пусть $\varphi_0 = 0$. Равновесие поддерживается:

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

- зная Q_1 , находит C_1 :

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

$$Q_2 = C_2(\varphi_N - \varphi_M) = CU.$$

1) Сила, действующая на заряд, будет определяться силами

$F = 2qE_m$; где E_m - напряженность электрического поля, создаваемая первым зарядом.

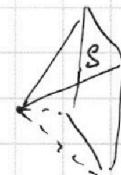
$$F = \frac{2qU}{d}$$

но II З.Н.

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

$$E_m = \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S} = ; \text{ в.н.}$$

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



2) Разность потенциалов между K_1 и K_2 содержит поле напряженностью C_1 , но изменяющуюся с d . т.е.:

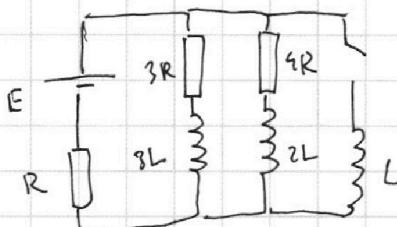
$$K_1 - K_2 = F \cdot d = \frac{2qU}{d} \cdot d = 2qU.$$

№ 2) Решение: 1) $a = \frac{2qU}{md}$ 2) $K_1 - K_2 = 2qU$.

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

4.



1) $I_{10} - ?$

1. При зат. конечные $R_L = 0$, тогда

2) $\frac{dI}{dt} - ?$

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

3) $q - ?$

$I_{10} = \frac{4}{7} \cdot \frac{7E}{19R} = \frac{4E}{19R}$ (противодействующий сопротивления,

т.к. зат. конечные состоит из $3R \times 4R$).2. При зат. конечные источка:

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

$\frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19RL}$

3. После затухания тока:

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

$W_{3L} = \frac{3L \cdot 16E^2}{2 \cdot 19^2 R^2}; \quad \text{No землю} \text{ созданных} \text{ токов:}$

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

Решение:

- 1) $I_{10} = \frac{4E}{19R}$
- 2) $\frac{dI}{dt} = \frac{12E}{19L}$
- 3) $q = \frac{24LE}{361R^2}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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).

$$n_0 = 1,0$$

$$a = 90 \text{ см}$$

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

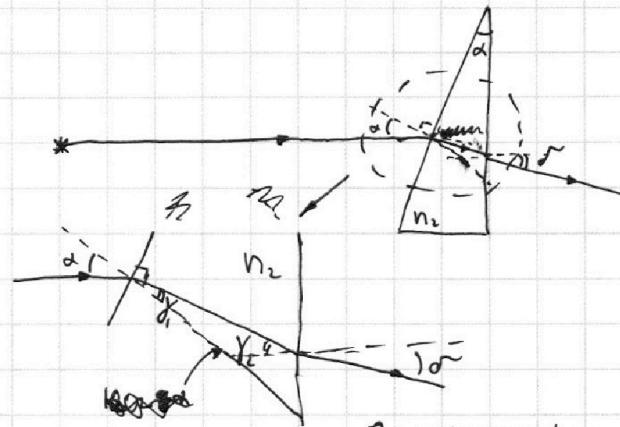
$$h = 14 \text{ см}$$

$$\eta \sigma - ?$$

$$2) L - ?$$

$$3) S_2 - ?$$

a) i.u. $\alpha \rightarrow \text{малый}$, т.к. $1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \gamma_1$



При малых углах

$$d) n_2 \cdot \sin \gamma_2 = 1 \cdot \sin \alpha \Rightarrow \alpha = n_2 \cdot \gamma_1. (\alpha \text{ малый}).$$

i.u. $\alpha \rightarrow \text{малый}$; т.к. γ_2 и $\sigma \rightarrow \text{малые углы}$.

$$n_2 \gamma_2 = \alpha$$

$$b) \gamma_1 + \gamma_2 = 360^\circ - 180^\circ - \alpha \\ \gamma_2 + \gamma_1 = 180^\circ - \alpha \text{ (внешний угол треугольника).}$$

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

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

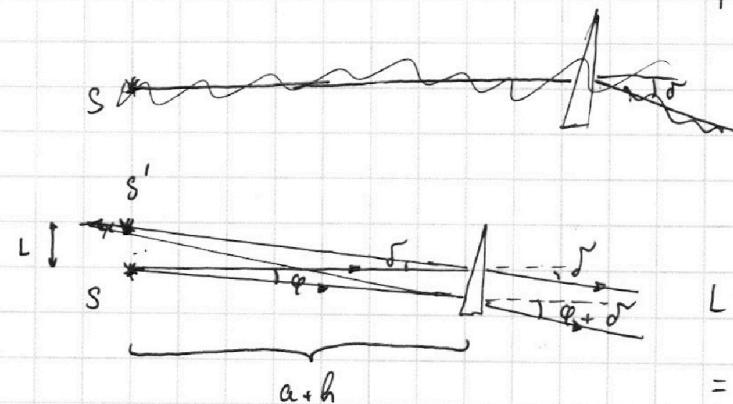
$$\gamma_2 = 180^\circ - \alpha - \gamma_1 = 180^\circ - \alpha$$

$$\text{By } \Delta: \gamma_1 + \gamma_2 = 180^\circ - \alpha = 480^\circ - 2\alpha = 480^\circ - \alpha. \\ = 180^\circ - (180^\circ - \alpha) = \alpha.$$

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

2)

При $\varphi \rightarrow 0$.



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

$$\approx (a+h) \sigma, \text{i.u.} \\ \sigma \rightarrow \text{мал.}$$

$$L = 104 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ рад} = \\ = 7,28 \text{ см}$$

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

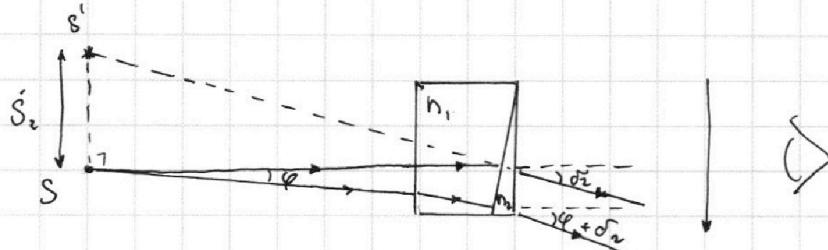
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

3)



При малых α .

$$\begin{cases} n_1 \alpha = n_2 \gamma, \\ n_2 \gamma_2 = \delta_2 \\ \gamma_1 + \gamma_2 = \alpha \end{cases}$$
$$\delta_2 = n_2 \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right) \alpha =$$
$$= n_2 \alpha \left(\frac{n_1 - n_2}{n_1}\right) = 1,7 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,3}{1,4} =$$
$$= \frac{1,7 \cdot 0,03}{1,4} = 0,0363 \text{ рад.}$$

(Безотносительный угловой)

Тогда: $n \approx \varphi \rightarrow 0$

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

Решение: 1) $\delta = 0,0363 \text{ рад}$

2) $L = 7,28 \text{ м}$



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!

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

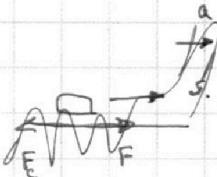
МФТИ

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

1. $m = 1500 \text{ кг}$

$F_k = 600 \text{ Н}$

$F_c = kS$.



Конец решения $a \approx 0$

$$\Rightarrow F_T = kS \quad k = \frac{F_T}{S} =$$

1) $a_0 - ?$

$$a_0 = \frac{G \cdot S}{Gt} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \text{ м/с}^2$$

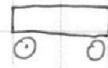
$$= \frac{600 \text{ Н}}{25 \text{ м/с}} = 24 \text{ Н/с}$$

2) $F_0 - ?$

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

3) $P_0 - ?$

$$m a_0 = F_0 - k S_0$$

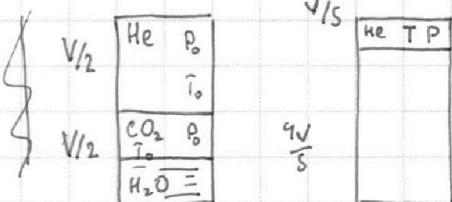


$$F_0 = m a_0 + k S_0 = 1500 \cdot 0,5 + 24 \cdot 10 = 750 + 240 = 990 \text{ Н}$$

$$P_0 = \frac{F_0}{Gt} = \frac{F_0 \cdot Gt}{Gt} = F_0 \cdot S_0 = 990 \text{ Н} \cdot 10 \text{ м/с} = 9900 \text{ Вт}$$

$$\times \frac{1500}{0,5}$$

2.



$$\frac{V}{S} = \frac{4V}{S}$$

$$\Delta D = h \rho W = \frac{750}{15}$$

$$+ \frac{735}{240}$$

$\omega, -V$ неизвестно.

1) $\frac{\gamma_1}{\gamma_2} - ?$

$$\text{II} \quad P_0 \frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \gamma_1 R T_0$$

$$T = 273 \text{ К} = t_{\text{шапки яблока}}$$

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

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

Узкая p -шина горизонтальная

$$\frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = \gamma_2 R T_0$$

$$\frac{\gamma_1}{\gamma_2} = \frac{\frac{1}{4}}{\frac{1}{8}} = 2$$



III $\frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{2} = \gamma_1 R T_0$

Узкая ширина: $\gamma_{1,2} = \gamma_2 + \Delta \gamma$.

$$\Delta \gamma = h \frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{4} = h P_{\text{atm}} \cdot \frac{V}{8}$$

$$P \cdot \frac{V}{S} = \gamma_1 R T$$

$$P_{\text{CO}_2} V_{\text{CO}_2} = \gamma_{\text{CO}_2} R T$$

$$P = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{atm}}$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{(\gamma_2 + h \frac{P_{\text{atm}}}{2} \cdot \frac{V}{8}) R T}{V_{\text{CO}_2}}$$

$$\frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{V}{S}}{P_{\text{atm}} \cdot \frac{1}{4}}$$

$$P_{\text{atm}} \cdot V_{\text{CO}_2} = \gamma_{\text{atm}} R T$$

$$P = P_{\text{atm}} + P_{\text{CO}_2}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\frac{T}{T_0} = \frac{P \cdot \frac{1}{3}}{P_{\text{atm}} \cdot \frac{1}{4}}$$

$$P = P_{\text{atm}} + P_{\text{CO}_2}$$

$$\frac{3}{4} - \frac{1}{3} =$$

$$P_{\text{CO}_2} = \frac{(P_2 + k \frac{P_{\text{atm}} \cdot V}{8}) RT}{(V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4})} =$$

$$= \frac{15 - 4}{20} = \frac{11}{20}$$

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

$$= \frac{(P_2 + k P_{\text{atm}} \cdot \frac{V}{8}) RT}{\frac{11}{20} V}$$

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

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

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

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

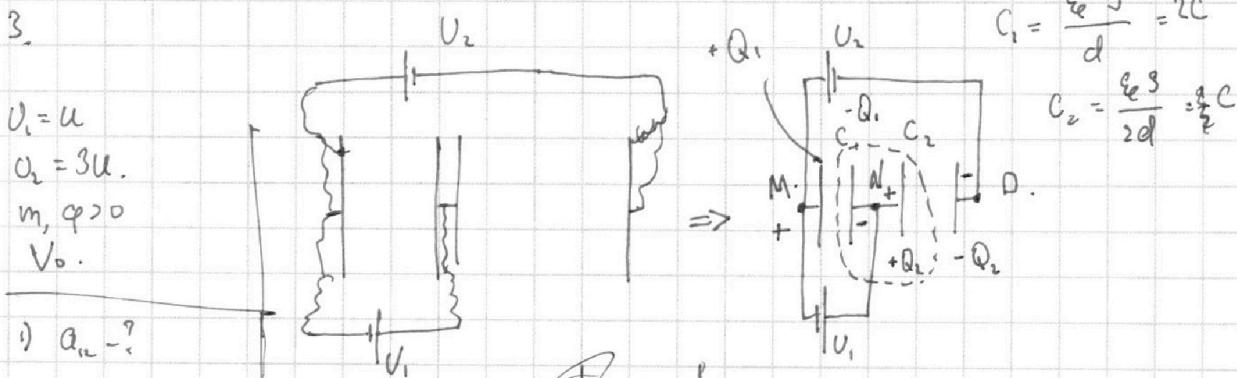
$$= \frac{P_{\text{atm}} V}{8RT_0} \cdot \frac{RT}{\frac{11}{20} V} + \frac{20}{88} \frac{k P_{\text{atm}} RSV}{1} + P_{\text{atm}} =$$

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

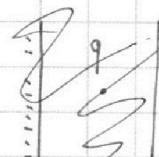
$$= \frac{20}{88} \cdot \frac{P_{\text{atm}} \cdot T}{T_0} + \frac{20}{88} \cdot 1,5 P_{\text{atm}} + P_{\text{atm}} =$$

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

3.



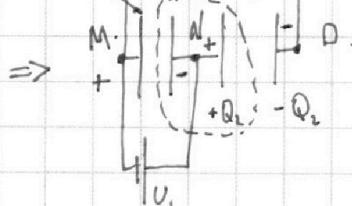
i) $Q_{\text{in}} - ?$



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

ii) $K_1 - K_2 - ?$

$$U_1 = U_2$$



$$q_1 = C_1 \cdot (Q_M - Q_N)$$

iii) $S_k \text{ на } \frac{d}{4} - ?$

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

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

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

$$Q_2 + Q - Q_1 = 0$$

При $\varphi_D = 0$.

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

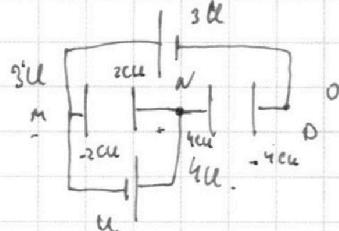


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

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

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

3)



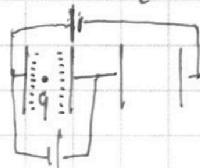
$$Q_1 = CU = \frac{C \cdot 3u}{d} = \frac{C_0 \cdot 3}{d} u.$$

$$Q_2 = \frac{C_0 \cdot 3}{d} u.$$

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

$$Q_1 = 2C_0 \cdot (4U - \varphi_m) = 8C_0 U - 2C_0 \varphi_m$$

$$Q_2 = C_0 \cdot (4U + \varphi_m) = 4C_0 U + C_0 \varphi_m$$



$$\varepsilon(-q) = q$$



$$\Omega = \frac{S}{2\pi} \cdot \frac{Q_1}{2\varepsilon_0}$$

$$F = \frac{q Q_1}{\varepsilon_0 \cdot S} = \frac{2CUq}{S\varepsilon_0} = \frac{2\pi Uq}{d} = \frac{4Uq}{d}$$

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

$$ma = \frac{4Uq}{d} \quad a = \frac{4Uq}{md} \quad F = E \cdot S = \frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{E \cdot S}{d}$$

$$\Phi = E \cdot S \quad \Omega = \frac{S}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \Phi \quad E = \sqrt{\frac{Q_1}{4\pi\varepsilon_0}}$$

$$2) \quad K_0 = \frac{m \cdot j_0^2}{2}$$

$$K_1 - K_2 = F \cdot S = \frac{4\pi \cdot 2}{d} \cdot \frac{4Uq}{d} \cdot d = \frac{4Uq}{d}$$

$$K_1 = ?$$

$$3) \int_A - ?$$

$$J_0 \rightarrow$$

$$F_i = \frac{1}{4\varepsilon_0} \frac{q^2}{4\varepsilon_0^2} + \frac{4Uq}{d}$$

$$\frac{m \cdot j_0^2}{2} \cdot A_0 + \frac{4Uq}{d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{m \cdot j_0^2}{2}$$

$$A = F_i \cdot gl_i = \frac{q^2}{16\varepsilon_0} \cdot \frac{4l_i}{l_i^2} +$$

$$A = -\frac{q^2}{16\varepsilon_0} \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uq \cdot l}{d} \cdot q$$

$$q_1 = \frac{q}{2}$$

$$q_1 = \frac{q}{2} \quad q_1 = \frac{q}{2} \quad q_1 = \frac{q}{2}$$

$$A = \frac{q^2}{16\varepsilon_0} \cdot (-1) \cdot \frac{1}{l} + \frac{4Uql}{d}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

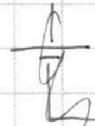
МФТИ

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

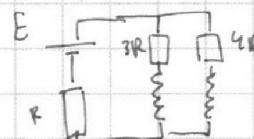
1) I_{10} - ?



1) При ус. решен:

$$\Sigma = \frac{E}{R + \left(\frac{1}{C} + \frac{1}{L}\right)^{-1}} = \frac{E}{1 + \frac{12}{7}} = \frac{7E}{19R}$$

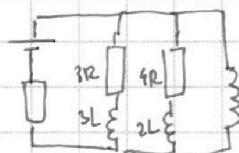
2) $\frac{dI}{dt}$ - ?



3) q - ?

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

2)



$$L \frac{dI}{dt} = E - \frac{12}{19} E = \frac{12}{19} E$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{12}{19L} E$$

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

$$3) W_{3L} > q_0 \quad Q = I^2 R t = q_0 I R = q_0.$$

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

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

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

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

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

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

5.

$$n_1 \text{ и } n_2$$

$$2) n_1 = n_{\infty} = 1$$

$$n_f = 1.0$$

$$n_2 = 1.7$$

$$L - ?$$

$$\alpha = 0.1 - \text{макс}$$

$$h = 14 \text{ см.}$$

$$\alpha \ll h.$$

$$n_2 = 1.7$$

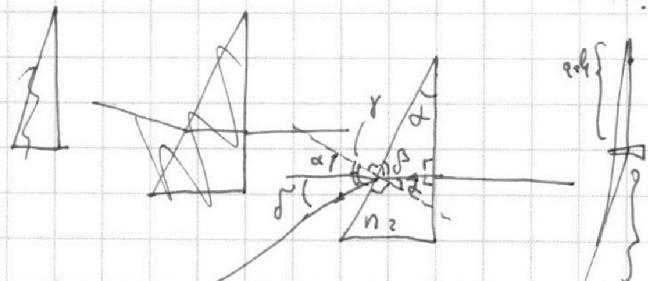
$$D - ?$$

$$1) n_1 = n_f = 1$$

$$n_2 = 1.7$$

$$d - ?$$

$$2) \text{ Задача } L = \frac{(a+h)}{n_2} + \frac{(a+h)}{n_1};$$



$$1) n_2 \cdot 8m \alpha = 1 \cdot 8m \gamma; \quad \text{имеем } \alpha \rightarrow \text{ макс } (a+h) n_2.$$

$$n_2 \cdot d = 8m \gamma. \quad \gamma \rightarrow \text{ макс } \frac{n_2}{n_1}$$

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

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

Отметьте крестиком номер задачи,

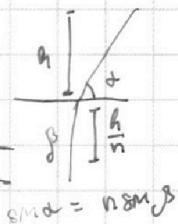
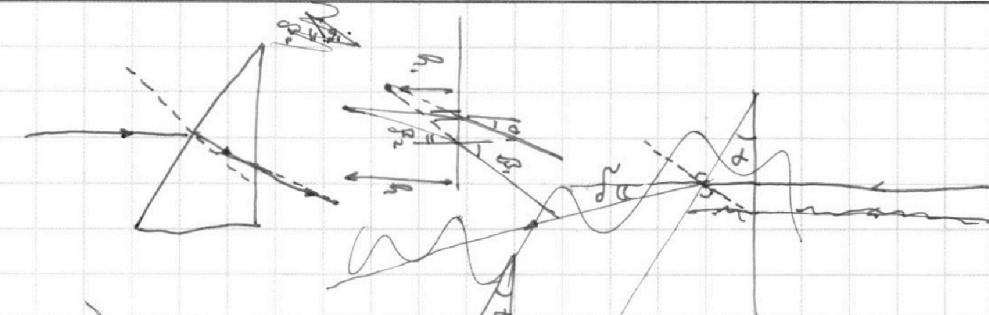
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

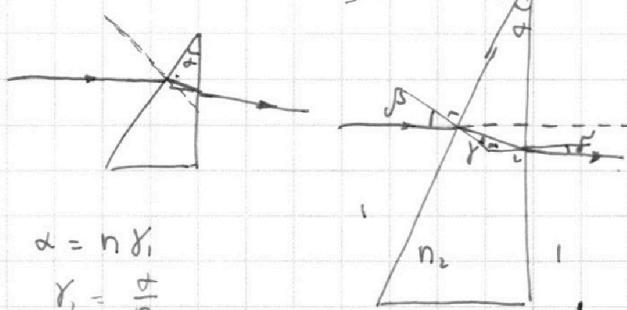


Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$\alpha = n \beta$$



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

$$\gamma = \frac{d}{n}, \quad \gamma = \frac{\alpha}{n}$$

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

$$\alpha = n \gamma_1$$

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

$$n \gamma_2 = d \quad d = \alpha (2n - 1)$$

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

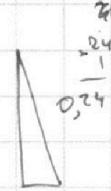
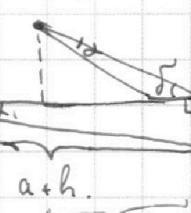
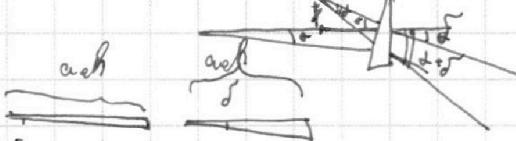
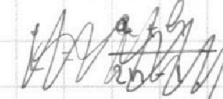
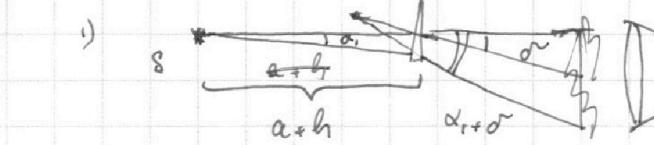
$$s'$$



$$\gamma_2 \cdot n \gamma_2 = d$$

$$\gamma_2 = 2\alpha - \frac{\alpha}{n}$$

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



$$a+b = \gamma_1$$

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

$$s'$$

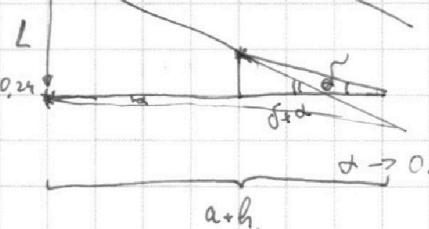
$$d = \alpha (2n - 1)$$



$$2) L \Rightarrow (a+b) \cdot \tan \delta =$$

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

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



$$a+b$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

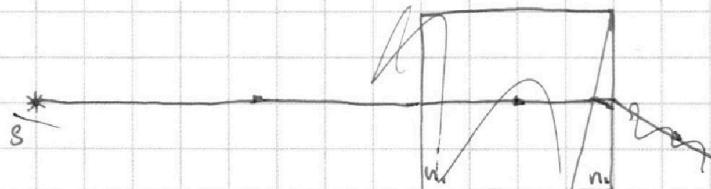


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

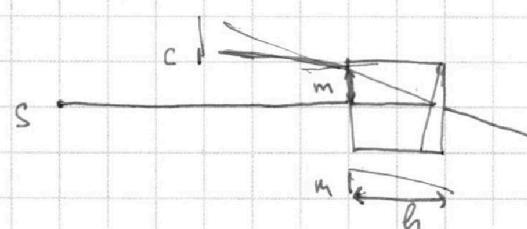
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3)



$$\begin{array}{r} 104 \\ \times 0,02 \\ \hline 2,08 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \gamma \\ n_2 \gamma = \delta \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} r_1 = \frac{n_2}{n_1} \alpha \\ \delta = n_2 \left(2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha \\ \gamma + \delta = 2\alpha \end{array} \right.$$



$$\begin{aligned} \delta &= n_2 \left(2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha \\ \delta &= n_2 \cdot \frac{n_2 - n_1}{n_1} \alpha = \frac{n_2^2 - n_1^2}{n_1} \alpha \end{aligned}$$

$$m = h + \delta.$$

$$m = h + \delta = 14 + \tan \delta = 14 + \tan \left(64 \cdot \frac{3,4 - 1,2}{1,2} \right) = 20,0363$$

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

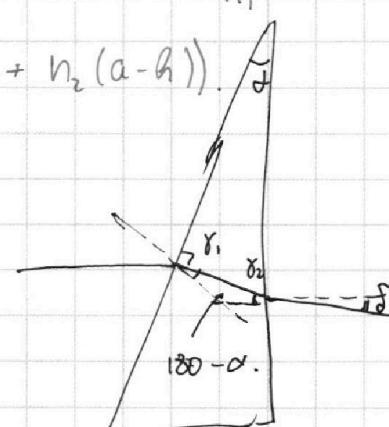
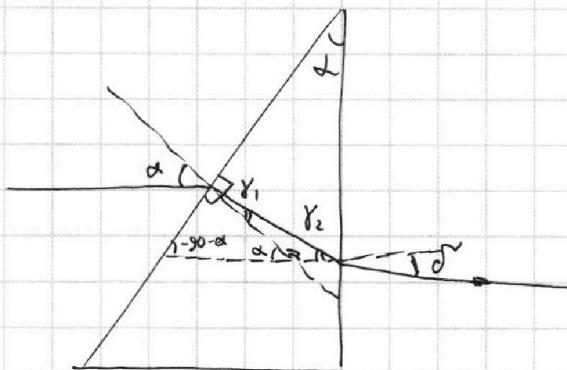
$$c = (a-h) + \delta.$$

$$L_2 = h \cdot n_2 \left(2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha + (a-h) \cdot n_2^2 \left(2 - \frac{n_2}{n_1} \right) \alpha = 60$$

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

$$\begin{array}{r} 17 \\ - 14 \\ \hline 3 \\ - 30 \\ \hline 21 \\ - 28 \\ \hline 0,0363 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 245 \\ - 20 \\ \hline 45 \\ - 45 \\ \hline 0,0363 \end{array}$$



$$\alpha + 90^\circ + \gamma_1 + z + \gamma_2 + 90^\circ = 180^\circ.$$

$$180 - \alpha - \delta.$$