



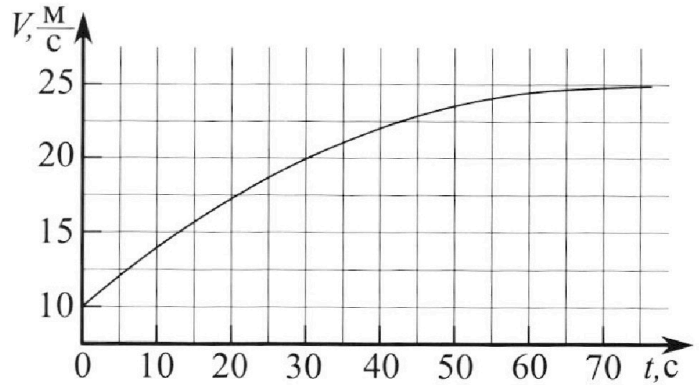
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-01

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



1. Автомобиль массой $m = 1800$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 500$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля при скорости $V_1 = 20$ м/с.
- 2) Найти силу тяги F_1 при скорости V_1 .
- 3) Какая мощность P_1 передается от двигателя на ведущие колеса при скорости V_1 ?

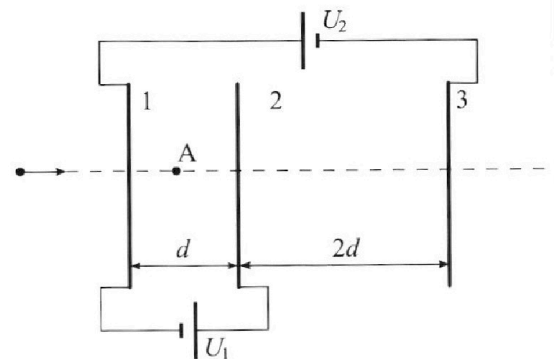
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 5T_0/4 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kp w$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx (1/3) \cdot 10^{-3}$ 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 начальное давление в сосуде P_0 . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 4U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке A на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

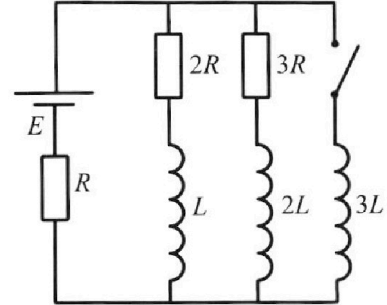
Вариант 11-01

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

4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_0 через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $3L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $2R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_v = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 194$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

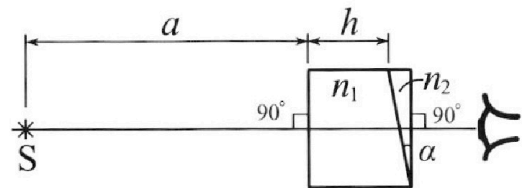


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



1) $a = \frac{dv}{dt}$ тангенс касательной графика $v(t)$

Найдём a когда $v = v_1 = 20 \frac{м}{с}$ (a_1)

$a_1 \approx = \frac{5}{20} = 0,25 \frac{м}{с^2}$ Ответ на первый вопрос.

2) 23 Н

$a_m = F_T - kv$ где F_T - сила тяги, k - коэффициент

в силе сопротивления $F_{сопр} = kv$, a и v ускорение

и скорость в этот момент времени.

Из графика видно, в конце разгона автомобиль
движется без ускорения значит

$0 = F_k - kv_k$ 23 Н v_k - конечная скорость,

из графика видно что $v_k = 25 \frac{м}{с}$

$F_k = kv_k$ ~~$k = \frac{F_k}{v_k}$~~ $k = \frac{F_k}{v_k} = \frac{500 Н}{25 \frac{м}{с}} = 20 \frac{Н \cdot с}{м}$

Затем 23 Н когда $v = v_1 = 20 \frac{м}{с}$

$a_1 m = F_1 - kv_1$ $F_1 = a_1 m + kv_1 = a_1 m + \frac{v_1 \cdot F_k}{v_k} =$

$F_1 = 950 Н$ Ответ на второй вопрос.

3) $P = F_T \cdot v$ $P_1 = F_1 \cdot v_1 = 19000 Вт$ Ответ на 3

вопрос

Ответы 1) $0,25 \frac{м}{с^2}$ 2) 950 Н 3) 19000 Вт

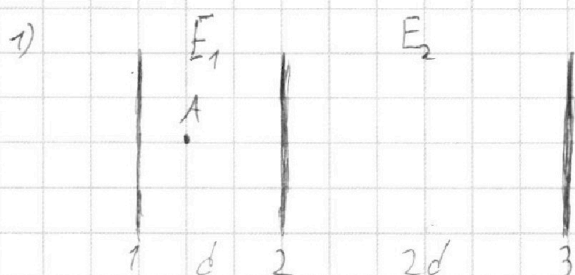
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



E_1 - напряжённость
между сетками 1 и 2.

E_2 - напряжённость
между сетками 2 и 3.

$$U_1 = E_1 d$$

$$a_1 = \frac{E_1 q}{m}$$

a_1 - ускорение частицы между
сетками 1 и 2

$$a_1 = \frac{U_1 q}{d m} = \frac{U q}{d m}$$

Ответ на 1 вопрос.

$$2) K_1 + \varphi_1 q = K_2 + \varphi_2 q$$

φq - потенциальная энергия

частицы, φ_1 - потенциал сетки 1, φ_2 - потенциал сетки 2.

$$K_1 - K_2 = \varphi_2 q - \varphi_1 q = q(\varphi_2 - \varphi_1) = q U_1 = q U$$

$$K_1 - K_2 = U q = U q$$

Ответ на 2 вопрос.

$$3) \frac{v_0^2 m}{2} = \frac{v_A^2 m}{2} + \varphi_1 q - \varphi_A q$$

v_A - скорость частицы в точке A.

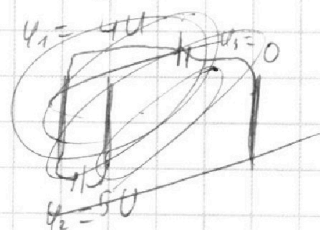
φ_A - потенциал поля в точке A.

$$\varphi_A = \varphi_1 + E_1 \cdot \frac{d}{3} = \varphi_1 + \frac{U_1}{3} = \varphi_1 + \frac{U}{3}$$

$$\varphi_1 = 4U, \quad \varphi_A = \frac{14U}{3}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 - \frac{2 \cdot 8U}{3m}}$$

Ответ: на 3 вопрос.



Ответы: 1) $\frac{Uq}{dm}$ 2) Uq 3) $\sqrt{v_0^2 - \frac{2 \cdot 8U}{3m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

1) Т.к. поршень находится в равновесии, давления
воздуха будут равны,

$$p_0 \cdot 0,5 V = \nu_1 R T_0 \quad p_0 \cdot 0,25 V = \nu_2 R T_0$$

$$\frac{\nu_2}{\nu_1} = 0,5$$

ν_1 - кол-во вещества в верхней части

ν_2 - кол-во вещества в нижней части
в начале.

0,5 Ответ на первый вопрос. ✓ минус.

$$2) p_1 \cdot 0,2 V = \nu_1 R T, \quad p_2 \cdot 0,55 V = (\nu_2 + \Delta \nu) R T \quad \text{⊗}$$

Второе состояние. $p_{\text{атм}} = p_{\text{атм}}$ т.к. $T = 100^\circ \text{C}$.

$$\Delta \nu = K p_2 w = K p_2 \cdot 0,25 V$$

p_1 - давление газа в верхней части p_2 - поршневое
или давление газа в нижней части.

$$\text{т.к. поршень в равновесии} \quad p_2 + p_A = p_1 \quad \text{①}$$

выразим p_1, p_2 и ν_1 и подставим в ①

$$\frac{10 \nu_2 R T}{V} = \frac{\nu_2 R T}{(0,55 V + K \cdot 0,25 V \cdot R T)} + p_{\text{атм}}$$

$$\text{Отсюда } \nu_2 = \frac{5 \cdot p_A \cdot V}{\frac{8 \cdot p_A \cdot V}{70 \cdot R T}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Ответ на 2 вопрос} \\ \downarrow \end{array} \right.$$

$$p_0 = \frac{\nu_2 R T_0}{0,25 V} = \frac{8 \cdot p_A \cdot V \cdot R \cdot T}{70 \cdot R \cdot T \cdot 0,25 \cdot V} = \frac{32}{70} p_A = \frac{16}{35} p_A \quad \left| \begin{array}{l} \text{Ответ 3} \\ \downarrow \end{array} \right.$$

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) В цепи установленная катушка ток будет
течь только через катушку $3L$ т.к. напряжение
на ней будет равно 0.

$$I_1 \cdot 2R + L \cdot \frac{\Delta I_1}{\Delta t} = 3L \cdot \frac{\Delta I_2}{\Delta t}$$

I_1 - ток через катушку L

гальваническая на Δt

I_2 - ток через катушку $3L$

$$\Delta q_1 \cdot 2R + L \cdot \Delta I_1 = 3L \cdot \Delta I_2$$

Продумываем от момента когда замыкаем ключ,
до момента когда система перешла в устано-
вившееся состояние.

$$q_1 \cdot 2R + L(0 - I_{1,0}) = 3L \cdot (I_2 - I_{2,0}) \quad I_2 - \text{ток в устано-}$$

вившееся состояние.

$I_{3L} = 0$ т.к. ток в катушке
не меняется.

$$I_1 = \frac{E}{R}$$

$$q = \left(\frac{3L \cdot E}{R} + \frac{L \cdot 3E}{11R} - \frac{2E \cdot 3L}{11L} \right) \cdot \frac{1}{2R}$$

$$q = \frac{36LE}{22R^2} - \frac{18LE}{11R^2}$$

Ответ на 3 вопрос.

Ответы 1) $\frac{3E}{11R}$ 2) $\frac{2E}{11L}$ 3) $\frac{11LE}{11R^2}$

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

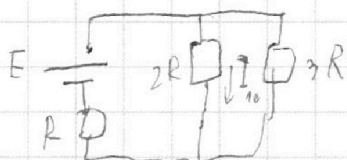
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!

1) В установившемся режиме напряжение на катушках равно 0.



$$I_{\text{пол}} = \frac{E}{R_{\text{пол}}}$$

$I_{\text{пол}}$ - ток через источник

$R_{\text{пол}}$ - полное сопротивление цепи

$$E = I_{\text{пол}} \cdot R + I_{\text{пол}} \cdot \frac{2R \cdot 3R}{2R + 3R} = \frac{11}{5} I_{\text{пол}} R$$

$$I_{\text{пол}} = \frac{5E}{11R}$$

$I_{10} \cdot 2R = I_{20} \cdot 3R$ т.к. параллельно соединены, I_{10} - ток через $3R$.

$$I_{20} = I_{\text{пол}} - I_{10}$$

$$I_{10} \cdot 2R = (I_{\text{пол}} - I_{10}) \cdot 3R$$

$$I_{10} = \frac{3I_{\text{пол}}}{5} = \frac{3E}{11R} \quad \text{Ответ на 1 вопрос}$$

2) Ток на катушке мгновенно не меняется.

Значит после замыкания ключа через резистор

$$R \text{ будет течь ток } I_{\text{пол}} = \frac{5E}{11R}$$

$$E = U_{3L} + I_{\text{пол}} R \quad U_{3L} = E - \frac{5E}{11} = \frac{6E}{11}$$

$$U_{3L} = 3L \cdot \dot{I}_{3L}$$

$$\dot{I}_{3L} = \frac{U_{3L}}{3L} = \frac{2E}{11L} \quad \text{Ответ на 2 вопрос.}$$

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!



продолжение. b_2 расстояние от призмы до изображения

$$\frac{L_2}{\beta_2} = \frac{n_1}{n_6} \quad \text{аксиомичн.}$$

$$\beta_2 = \frac{n_6 L_2}{n_1}$$

$$\frac{\beta_2}{\varphi_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \varphi_2 = \frac{n_1 \beta_2}{n_2} = \frac{n_6 L_2}{n_2}$$

$$l - h \cdot \beta_2 = b_2 \varphi_2, \quad l = a L_2$$

$h \beta_2$ очень мало, укажем расстояние

будет почти так же $L = 548,1$ Ответ №3



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

Отметьте крестиком номер задачи,

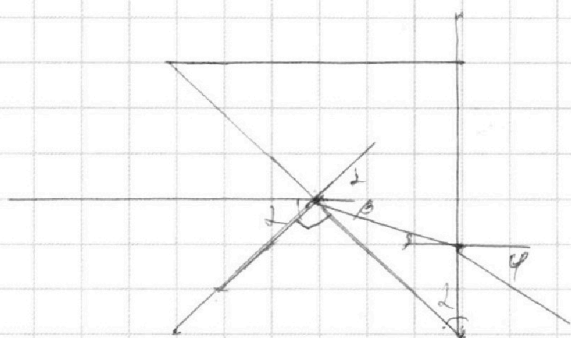
решение которой представлено на странице:

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) при $n_1 = n_2$ луч не преломляется.



$$\frac{\sin \alpha}{\sin(\alpha + \beta)} = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\frac{\sin \beta}{\sin \varphi} = \frac{n_1}{n_2}$$

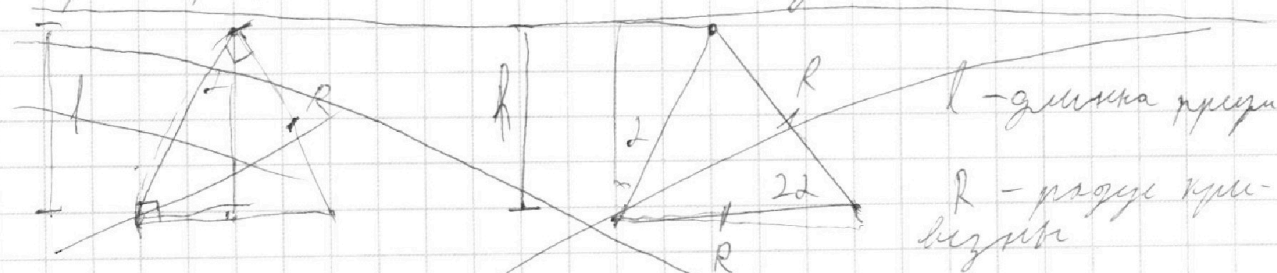
т.к. все среды одинаковы

$$\frac{\alpha}{\alpha + \beta} = \frac{n_2}{n_1}, \quad \frac{\beta}{\varphi} = \frac{n_1}{n_2}$$

$$\varphi = \frac{n_2 \beta}{n_1} = \frac{(n_1 \alpha + 2 n_2) n_2}{n_2} = 2(n_1 + n_2) = 2(n_2 - n_1)$$

$$\boxed{\varphi = 2(n_2 - n_1) = 0,07} \quad \text{Ответ на 1 вопрос}$$

2) Такую параллельную призму можно представить как линзу.



$$R \cdot \sin(2\alpha) = R \cdot 2\alpha = l \quad R = \frac{l}{2\alpha}$$

$$D = (n_2 - n_1) \left(\frac{2\alpha}{l} - \frac{1}{R} \right) = (n_2 - n_1) \frac{2\alpha}{l}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

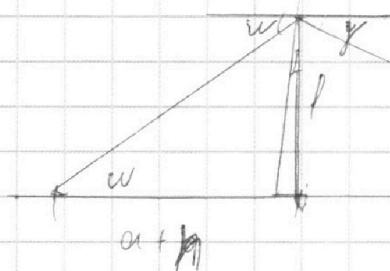
МФТИ

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



$$D = \frac{1}{a+h} + \frac{1}{b}$$

$a+h$ расстояние до призмы
 b расстояние до



l - расстояние от
призмы до центра
зеркала.

$$w = \frac{l}{a+h}, \quad y = \frac{l}{b}$$

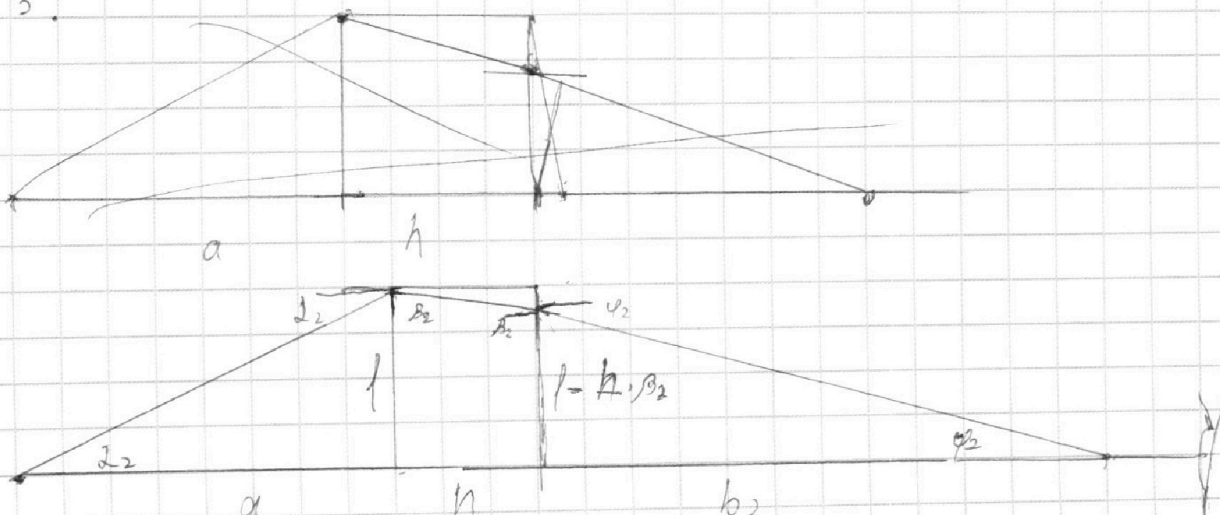
т.к. углы черновые.

$$\frac{w}{y} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{b}{a+h}$$

$$b = \frac{(a+h) n_2}{n_1} = 345,1 \text{ см}$$

$$L = a+h+b = 548,1 \text{ см} \quad \text{См. в. на 2 вопроса.}$$

3.





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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1
☐

2
☒

3
☒

4
☒

5
☒

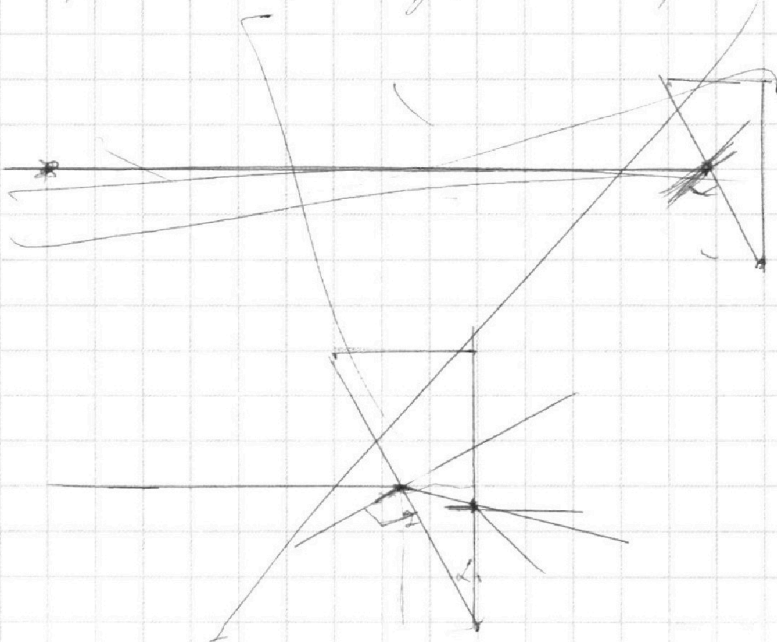
6
☐

7
☐



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

1) при $n_2 = n_1$ луч не преломляется.



2023.1.7

203
17

1421
203

3451



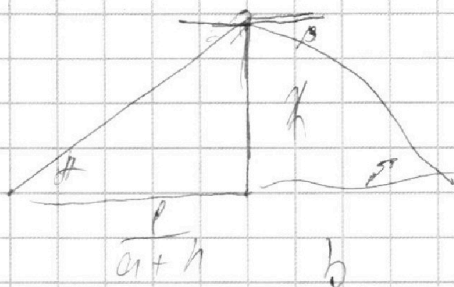
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\frac{a}{a+b}$$

$$\frac{b}{a+b}$$



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!

$$am = F_T - mk$$

$$T_T =$$

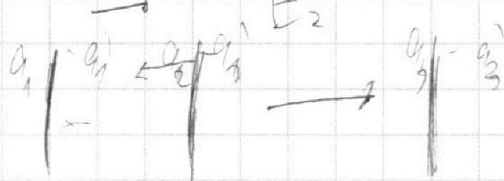
$$p_0 = 0,5 \text{ V}$$

$$p_0 =$$

$$450 + 400 = 850$$

$$10^{-3} \cdot 10^9 V_2 = 3 \cdot 10^3 V_2 \quad 950 + 1410 \text{ V}$$

$$\frac{2RT_0}{V} = \frac{4V_2 RT_5}{V}$$



$$V_2 = 0,5 \text{ V}$$

$$\frac{1}{0,8} \quad \frac{70}{8}$$

$$E_1 \cdot d = V_1$$

$$V_2 = V_1 + E_2 \cdot 2d$$

$$a = \frac{E_2}{m}$$

$$20 \text{ V}$$

$$10^{-10} \text{ V}$$

$$\frac{80}{8} \quad \frac{70}{1}$$

$$E_1 d$$

$$\frac{5}{20} = \frac{4}{20} \quad \frac{11}{20} \cdot 5$$

$$p_2 = 0,45 \text{ V} + p_2 \cdot 0,25 \text{ V} \cdot RT =$$

$$V_1 = \varphi_1 - \varphi_2$$

$$\varphi_2$$

$$5,5$$

$$= V_2 RT$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$4U = U$$

$$0,455$$

$$4U = \varphi_1 - \varphi_3$$

$$\varphi_2 = U + \varphi_1$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_1$$

$$4U = \varphi_3 - \varphi_1$$

$$\varphi_3 = 4U + \varphi_1$$

$$4U = U + \varphi_3 - \varphi_2$$

$$4U = U + \varphi_3 - U - \varphi_1$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

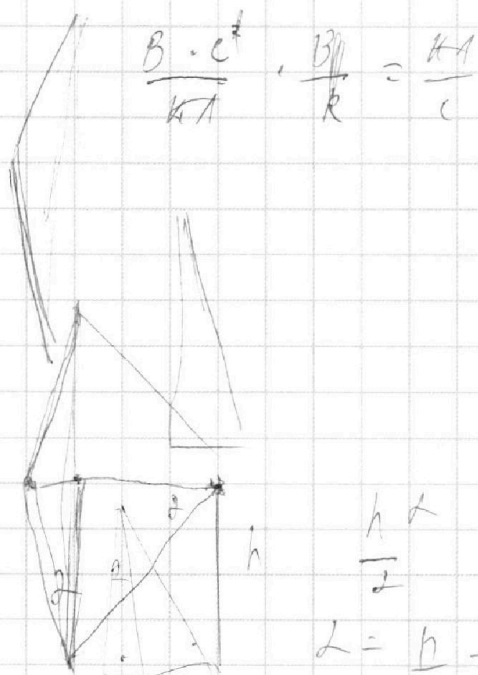
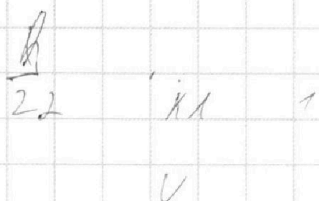
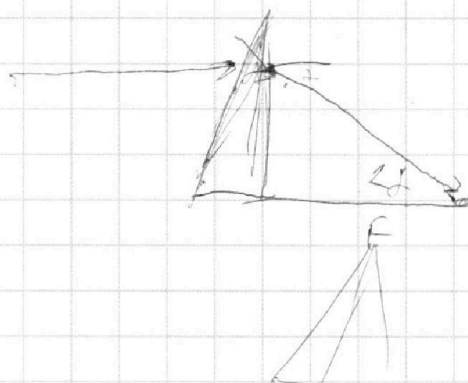
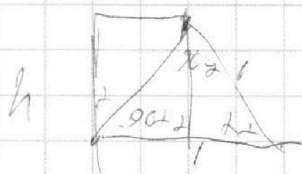
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

МФТИ



$$I_2 R + \dot{I}_1 L = \dot{I}_1 \cdot 3L$$

$$dQ_1 \cdot 2R + dI_1 L = dI_2 \cdot 3L$$



$$F = \epsilon h + h$$

$$F = \frac{h}{\alpha \omega}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{h}{R_1} + \frac{h}{R_2}$$

$$\frac{R_1 R_2}{(R_2 - R_1)(R_1 + R_2)}$$

$$L = \frac{h}{R_2} - \frac{h}{R_1}$$

$$\frac{h}{2} +$$

