



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-02



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

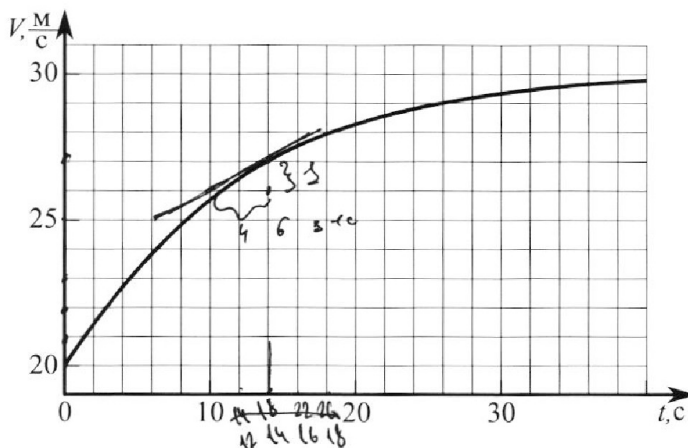
1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 300$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги так, что мощность, передаваемая от двигателя на ведущее колесо, остается постоянной. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила сопротивления движению равна $F_k = 405$ Н.

1) Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.

2) Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .

3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению 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 азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объем $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объем его верхней части стал равен $V/6$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объеме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объем жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,6 \cdot 10^{-3}$ 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 объема жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.

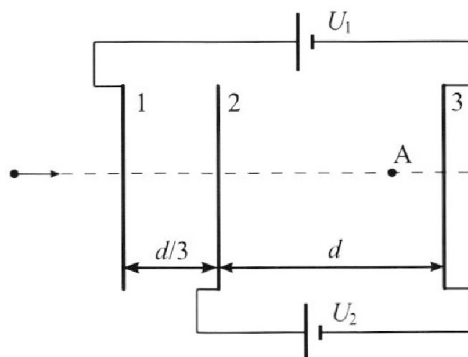
2) Определите конечное давление в сосуде P . Ответ выразить через $P_{\text{атм}}$ (нормальное атмосферное давление) с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 2U$ и $U_2 = U$. 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 2 и 3.

2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.

3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

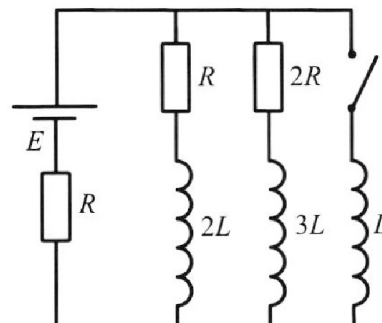
Вариант 11-02

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_{20} через резистор с сопротивлением $2R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L 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 $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 200$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,05$ 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.

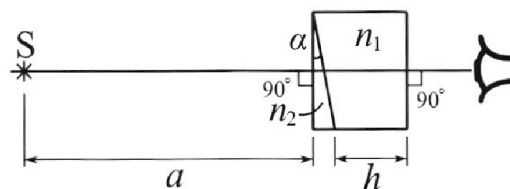


рис.). Угол $\alpha = 0,05$ рад можно считать малым, толщина $h = 9$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,8$, $n_2 = 1,6$, 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!

Задача 1

1) найти минимальное значение касательной $\vec{v}$ при скорости $V_1 = 27 \text{ м/с}$

$$a = \frac{1 \text{ м/с}}{4 \text{ с}} = \frac{1}{4} \text{ м/с}^2$$

2) ~~Входной ток~~ ~~преимущество~~ ~~воз~~ ~~действие~~ ~~силы~~, ~~оказывающей~~ ~~на~~ ~~воз~~

Мощность = const $\Rightarrow FV = \text{const}$ (т.к. где F — сила, действующая на ток, создаваемая магнитом)

$F_k = F$ ~~т.к.~~ при $V_c = 30 \text{ м/с}$, т.к. в таком случае состояние $a = 0$

$$\text{const} = F_k V_0 \Rightarrow F \text{ при } V_1 = 27 \text{ м/с} = F_1$$

$$F_1 V_1 = F_k V_0 \Rightarrow F_1 = F_k \frac{V_0}{V_1} = 450 \text{ Н}$$

$$m a = F_1 - F_{\text{супр}}$$

$$360 \cdot \frac{1}{4} \text{ Н} = 450 \text{ Н} - F_{\text{супр}}$$

$$75 \text{ Н} = 450 \text{ Н} - F_{\text{супр}} \Rightarrow F_{\text{супр}} = 375 \text{ Н}$$

3) за время dt при $V = V_1 = 27 \text{ м/с}$

$$P_{\text{мех}} = \text{const} = F_1 V_1 \Rightarrow \frac{P_{\text{супр}}}{P_{\text{мех}}} = \frac{F_{\text{супр}}}{F_1} = \frac{375}{450} = \frac{5}{6} \Rightarrow$$

$$P_{\text{супр}} = \frac{5}{6} P_{\text{мех}}$$

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!

Задача 2

T_0 - комнатная температура

$$T_0 \rightarrow \frac{4}{3} T_0 = 373^\circ \text{K}$$

$$V_{\text{жид}} = \frac{V}{4}$$

$$V_{\text{верх паров}} = \frac{V}{6}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$$

$$\Delta V = k p \Delta V$$

$$V_{\text{жид}} = \text{const} = \frac{V}{4}$$

жидкость изотермически расширяется в сосуде $= P_0$; T - комнатная $\Rightarrow$

в сосуде изотермически расширяется $P_0 V$

при $T \neq T_0$ давление паров равно $P_{\text{атм}}$

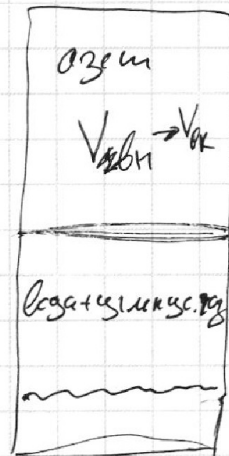
$$P_0 V_{\text{жид}} = \nu R T V_{\text{паров}} \text{ из сосуда } \Rightarrow V_{\text{жид}} = V \left(1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) =$$

$$V \left(\frac{24 - 6 - 4}{24} \right) = V \cdot \frac{14}{24} = \frac{7}{12} V$$

$$P_0 \frac{V}{6} = \nu_{\text{жид}} R T$$

$$(P_0 - P_{\text{атм}}) \frac{7}{12} V = (\nu + \Delta \nu) R T$$

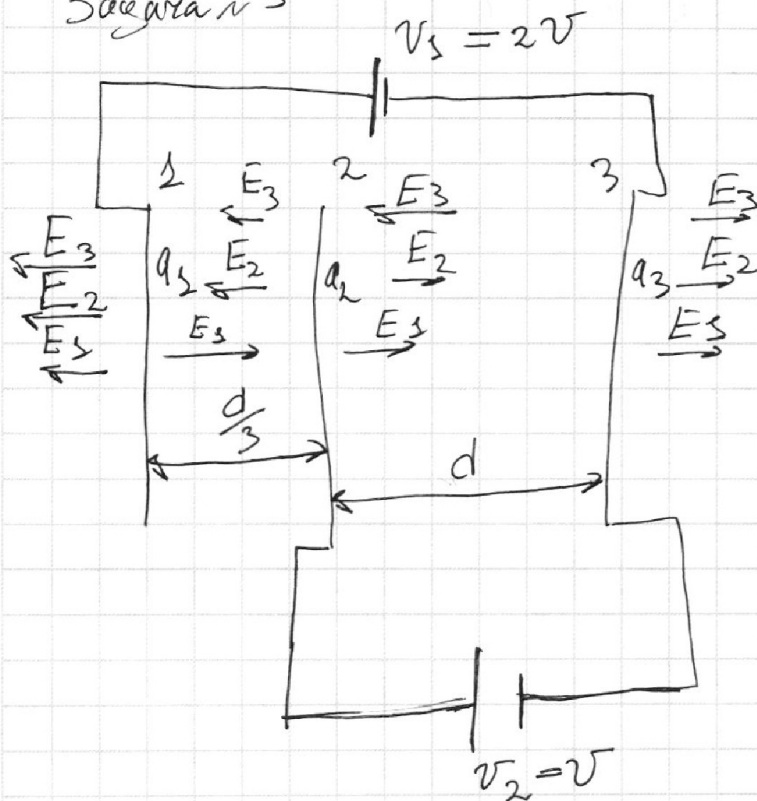
1) 4



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!

Задача №3



пластина 1 $\Rightarrow$
заряд $q_1 \Rightarrow$
создаёт напряж
 E_1

$$E_1 + E_2 + E_3 = 0!$$

1) $q_1 + q_2 + q_3 = 0$, т.к. работает закон сохранения зарядов,
а сетки изначально не заряжены

2) $U_1 = 2V = \frac{q_1}{3d}E_1 - \frac{q_1}{3d}E_3 + dE_2 - \frac{d}{3}E_2 - \frac{2}{3}dE_2$

3) $U_2 = V = dE_1 + dE_2 - dE_3$

4) 1) $\Rightarrow E_1 + E_2 + E_3 = 0$, т.к. параметры ~~сетки~~ сетки равны.

Решим систему из уравнений 2), 3) и 4), получим

$$E_1 = \frac{3}{2} \frac{V}{d} \quad E_2 = -\frac{V}{d} \quad E_3 = -\frac{V}{2d}$$

5) $ma = q(E_1 + E_2 - E_3) = q \frac{V}{d} \Rightarrow a = \frac{q}{m} \frac{V}{d}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$2) K_3 - K_2 = A_{поле} = q(E_1 + E_2 - E_3)d = qV$$

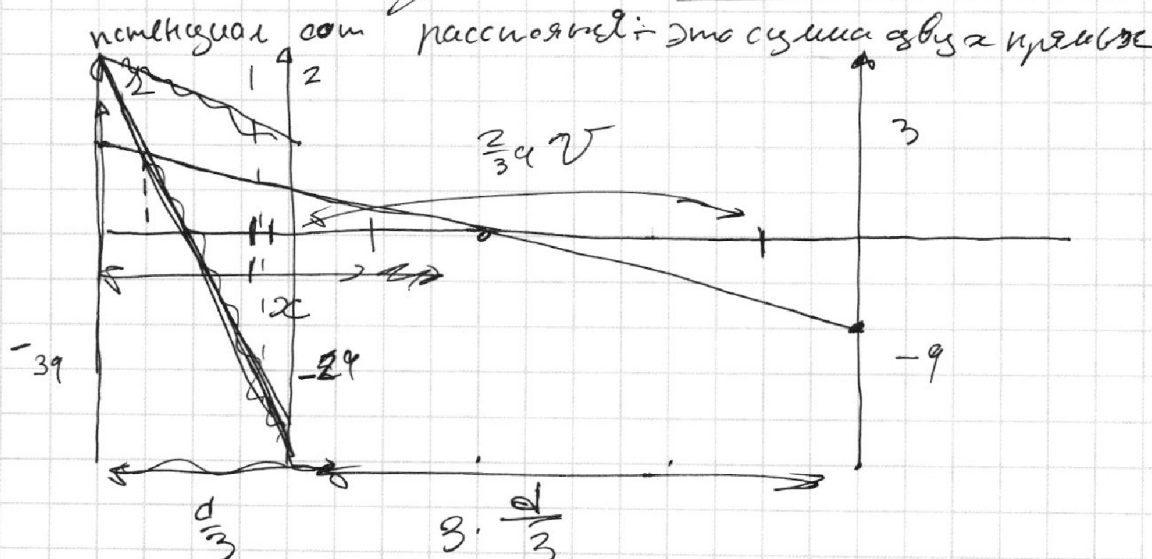
$$3) E_{поле} \rightarrow \frac{mV^2}{2} \quad \frac{mV_c^2}{2} = A_{поле} + \frac{mV_k^2}{2}$$

$$A_{поле} = \left(\frac{d}{3}(E_1 - E_2 - E_3) + \frac{2}{3}d(E_1 + E_2 - E_3) \right) =$$

$$= \frac{1}{3}qV + \frac{2}{3}qV = \frac{1}{3}qV$$

$$\frac{mV_c^2}{2} = \frac{1}{3}qV = \frac{mV_k^2}{2}$$

$$mV_k^2 = mV_c^2 + \frac{1}{3}qV \Rightarrow V_k = \sqrt{V_c^2 + \frac{1}{3} \frac{qV}{m}}$$



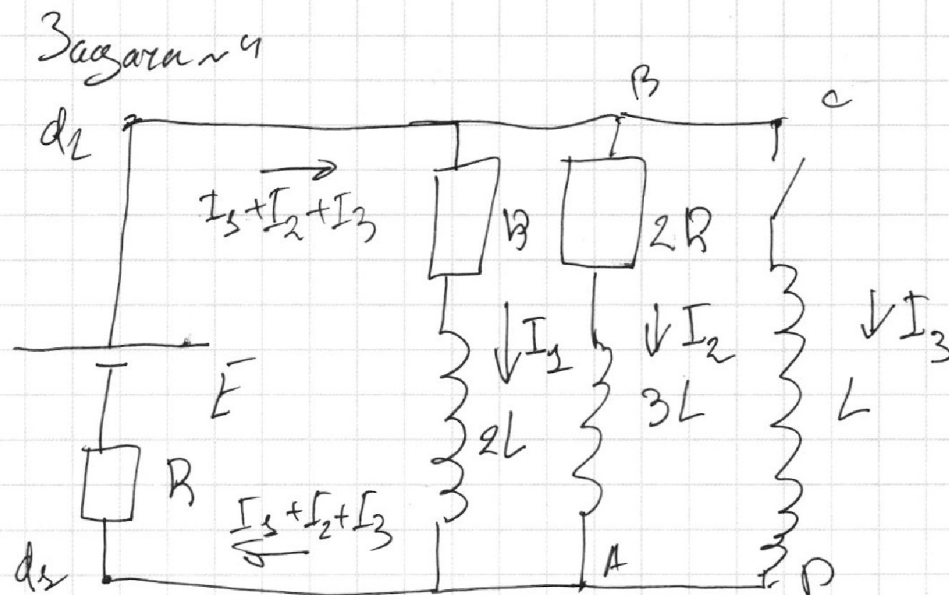
$$\Rightarrow \phi = c \text{ при } \phi = \frac{2}{3} - \frac{d}{3} \Rightarrow$$

$$\phi = \frac{2}{3}V + \frac{1}{3}qV = qV \Rightarrow$$

$$\frac{mV_k^2}{2} = \frac{mV_c^2}{2} - qV \Rightarrow V_k = \sqrt{V_c^2 + \frac{2qV}{m}}$$

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!



В установившемся режиме $I = \text{const} \Rightarrow$

$$\mathcal{E}_{\text{ind}} = 0 \quad \mathcal{E}_{\text{ind}} = 0$$

$$E = R(I_1 + I_2) + RI_1$$

$$E = R(I_1 + I_2) + 2RI_2$$

при разска "K" $I_3 = 0$

$$\Rightarrow I_1 = \frac{2}{5} \frac{E}{R}, I_2 = \frac{E}{3R}$$

$$I_1 = \frac{2E}{5R}, I_2 = \frac{E}{3R}$$

$$1) I_{10} = I_2 = \frac{E}{5R}$$

$$2) \phi_2 - \phi_1 = 2R I_{20} = \frac{2}{5} E \Rightarrow L \dot{I}_3 = \frac{2}{5} E \Rightarrow \dot{I}_3 = \frac{2E}{5L}$$

3) со временем разность потенциалов между $d_1 - d_2$ становится 0, т.е. иначе $L \dot{I} \neq 0 \Rightarrow$ не стаб. режим

$$\Rightarrow I_1' = 0, I_2' = 0, I_3 = \frac{E}{R}$$

$$2RI_2 + 3L \dot{I}_2 = L \dot{I}_3 \quad / : dt$$

$$2R \Delta I_2 + 3L \Delta I_2 = L \Delta I_3 \Rightarrow$$

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!

$$3) \quad 2R \int_0^q dq_2 + 3L \int_0^0 dI_2 = L \int_0^{\frac{E}{R}} dI_3$$

$$2Rq + 3L \frac{E}{5R} = L \frac{E}{R}$$

$$2Rq = \frac{8}{5} \frac{EL}{5R} \Rightarrow \underline{q = \frac{4}{5} \frac{EL}{R^2}}$$

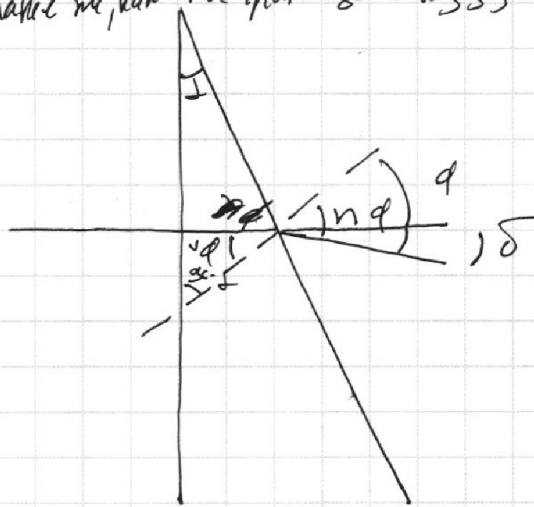
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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



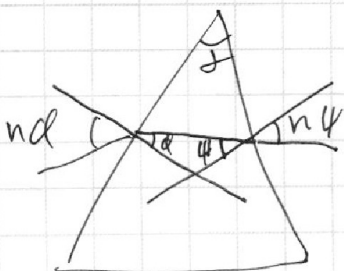
Задача 5

при $n_1 = n_2$ можно считать, что призма
с показателем преломления $= n_2$ как будто бы
не существует, т.к. $n_1 = n_2$ отражение на границе
также не, как на границе с воздухом

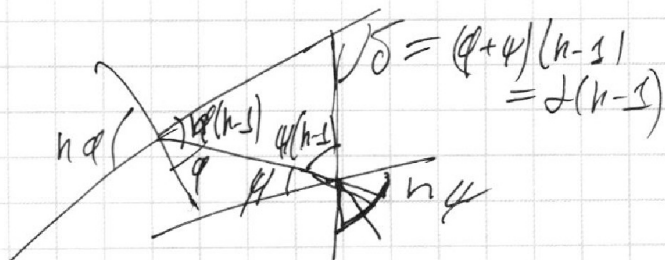


$$1) \delta = n_2 - 1 = (n_2 - 1) \cdot \phi = 0,6 \phi, \quad \phi = 2 \Rightarrow \delta = 0,6 \cdot 0,5 = 0,3 \text{ [рад]}$$

2) Используем известный факт о том, что при
прохождении призмы луч отклоняется на угол δ ,
равный $2(n-1)$, где 2 - угол призмы, n - показатель
ее преломления



$$\phi + \phi = 2$$



$$\delta = (\phi + \phi)(n-1) = 2(n-1)$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

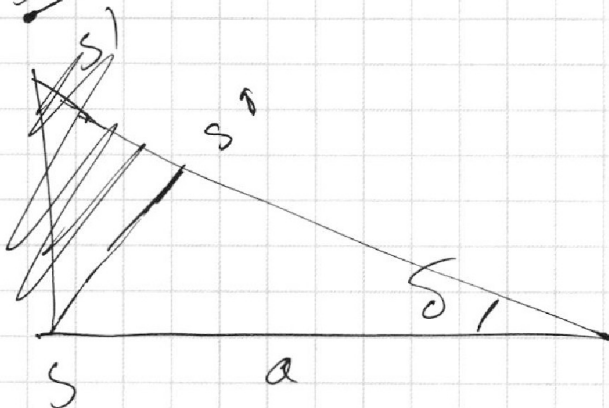
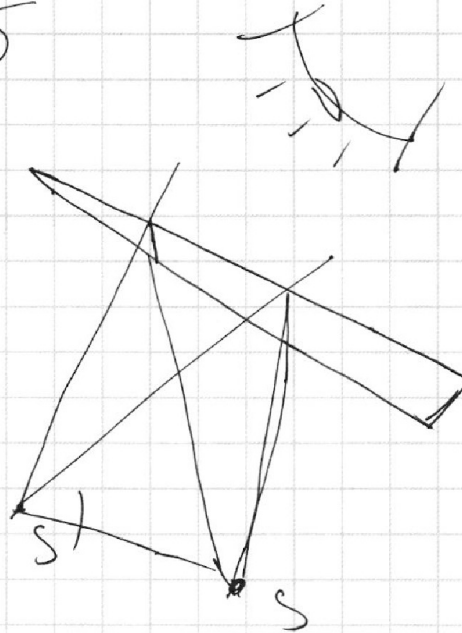
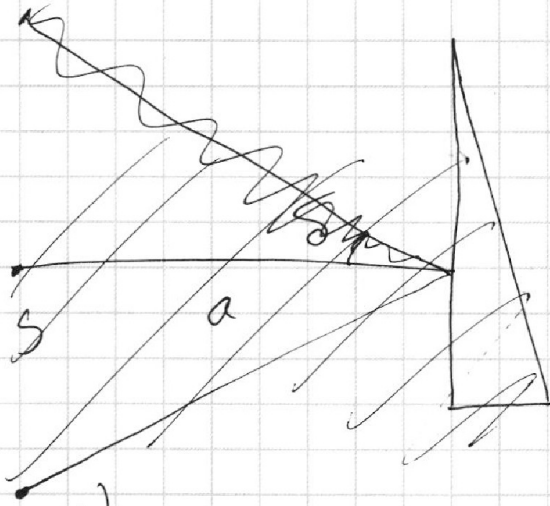
МФТИ

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



лучик m
 $\Rightarrow \delta = \arcsin t \Rightarrow$

Векторы преобразуются на δ

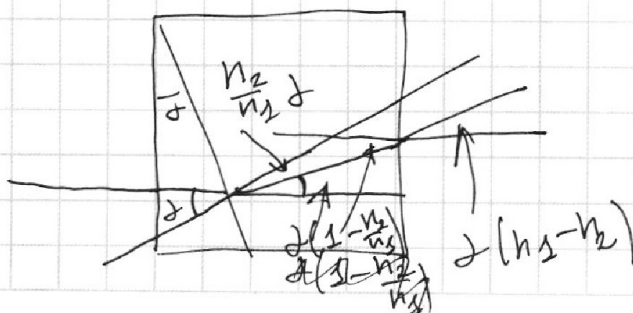


$$\Rightarrow SS' = a \sin \delta =$$

δ м.к. δ м.к. $\Rightarrow$

$$SS' = a \delta = 6 \text{ [см]}$$

43) после вычисления из конструкции луча отклоняется
 на угол $\delta = 2(n_1 - n_2) = 0,05 - 0,02 = 0,03 \text{ [рад]}$
 несмещение!



$$\Rightarrow SS' = 2(n_1 - n_2)a + h \left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)$$

$$= 0,03 \cdot a + h \cdot \frac{0,03}{n_1}$$

$$\approx 0,03a = \underline{2 \text{ [см]}}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

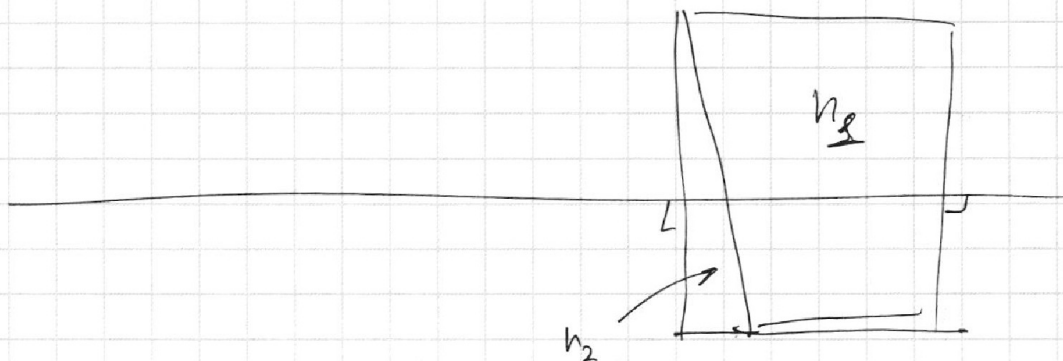
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

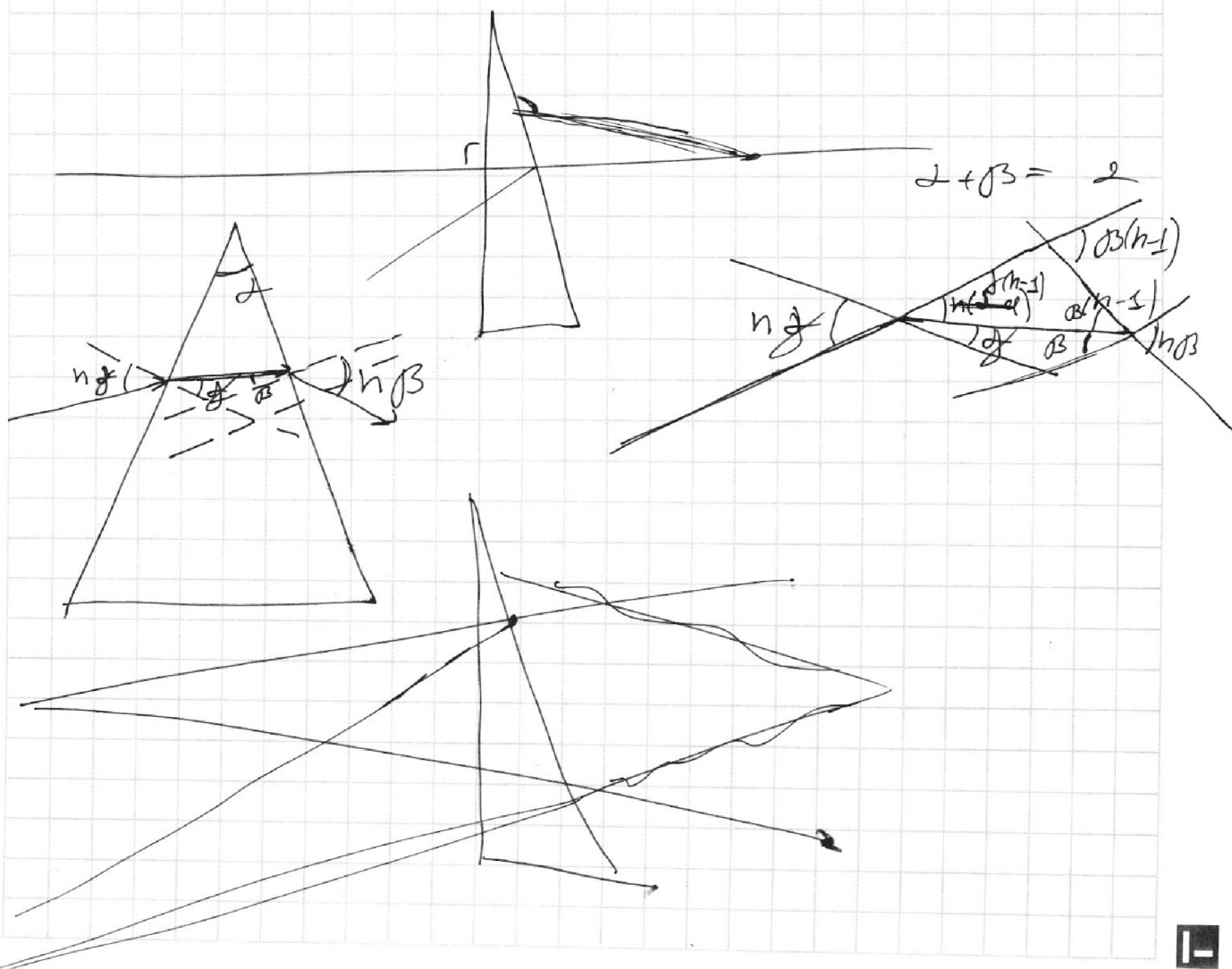
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$n_6 = 1$$



$$\Sigma S = 2\varphi(h-1) = 9,1 - 0,6 = 8,5 \text{ [каг]}$$



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



$$E_1 + E_2 + E_3 = 0$$

$$E_3 = -(E_1 + E_2)$$

$$E_1 + E_2 - E_3 = \frac{V}{d}$$

$$E_1 + E_2 = \frac{V}{2d}$$

$$\frac{2V}{d} = \frac{4}{3}E_1 - \frac{4}{3}E_3 + \frac{2}{3}dE_2$$

$$\frac{300}{4} = 75$$

$$\frac{3V}{d} = 2E_1 - 2E_3 + E_2$$

$$2E_1 + 2E_3 + 2E_1 + 2E_1 + 2E_2 + E_2 = \frac{3V}{d}$$

$$4E_1 + 3E_2 = \frac{3V}{d}$$

$$E_1 + \frac{3}{2} \frac{V}{d} = \frac{3V}{d} \Rightarrow E_1 = \frac{3}{2} \frac{V}{d}$$

$$E_2 = -\frac{V}{d} \neq E = \frac{4}{3} \frac{V}{d}$$

$$E_3 = -\frac{V}{2d}$$

$$\frac{3}{2} - 1 + \frac{1}{2} = 1$$

$$3 = 3 + 1 - 1$$

$$375 = 5 \cdot 75$$

$$450 = 6 \cdot 75$$

$$\frac{3}{2} - 1 + \frac{1}{2} = 1$$

$$\frac{V}{d} \cdot \frac{2}{3} = 9V$$

$$I_1 = 2I_2$$

$$405 : 3 = 300 + 45 = 45 = 15$$

$$E = R(3I_2) + R2I_2 \Rightarrow I_2 = \frac{E}{5R} \quad I_1 = \frac{2E}{5R}$$

$$\frac{3}{5} \frac{E}{R} + \frac{2}{5} \frac{E}{R} = \frac{E}{R}$$

$$\frac{405}{27} \cdot 30 = 15 \cdot 30 = 450$$

$$A dt = F S dt = FV$$

$$P = \frac{F S}{dt} = \frac{dA}{dt} = \frac{F ds}{dt} = FV$$

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



$$E_1 + E_2 + E_3 = 0 \quad -E_3 = E_1 + E_2$$

$$E_1 + E_2 - E_3 = \frac{V}{d} \quad 2(E_1 + E_2) = \frac{V}{d}$$

$$\frac{V}{d} = \frac{2}{3}E_1 - \frac{2}{3}E_3 + \frac{1}{3}E_2$$

$$\frac{3V}{d} = 2E_1 - 2E_3 + E_2$$

$$\frac{3V}{d} = 2E_1 + E_2 - 2E_3 - 2E_2 \Rightarrow E_2 = \frac{3V}{-d}$$

$$2(E_1 - \frac{3V}{d}) = \frac{V}{d}$$

$$E_1 = (3 + \frac{1}{2}) \frac{V}{d} = \frac{7}{2} \frac{V}{d}$$

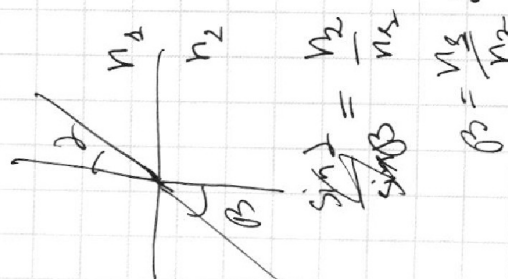
$$\frac{7}{2} \frac{V}{d} - \frac{3V}{d} + E_3 = 0 \Rightarrow E_3 = \frac{1}{2} \frac{V}{d}$$

$$\frac{7}{2} \cdot 4 - 3 + \frac{1}{2} = 1$$

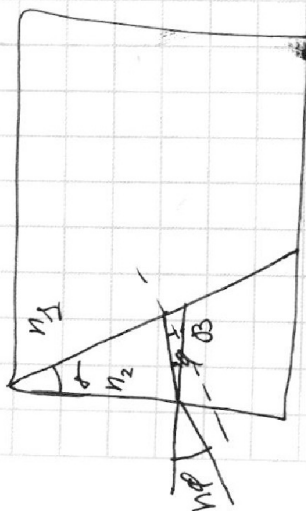
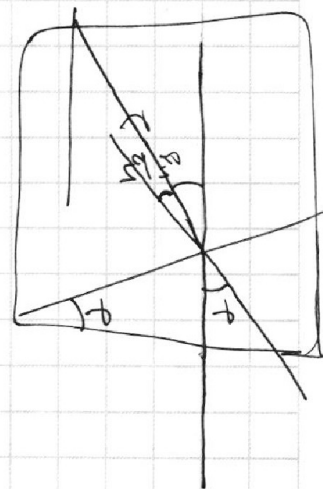
$$6V = 12V + 2V - 6V$$

$$2V = \frac{4}{3} \cdot \frac{7}{2} V + \frac{4}{3} \cdot \frac{1}{2} V - \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{2} V$$

$$6V = 14V + 2V - 6$$



$$N = AdL$$



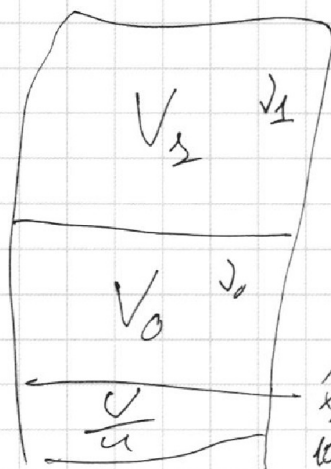
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

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!



$$\cancel{V_0 + V_1} \quad V_0 + V_1 = \frac{3}{4} V$$

$$P_0 V_0 = I_0 R \Gamma$$

$$P_0 V_1 = I_0 R \Gamma$$

$$\Delta I = P_0 \frac{V}{\eta}$$

$$1 - \frac{1}{4} - \frac{1}{6} = \frac{24-6-4}{24} = \frac{14}{24} = \frac{7}{12} V_0$$

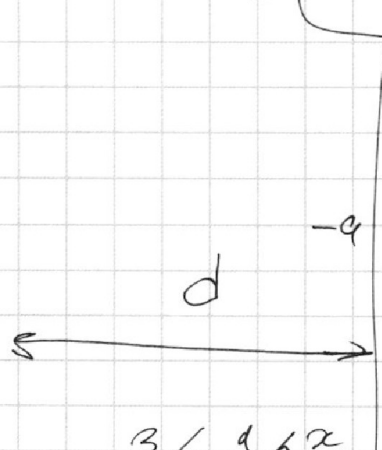
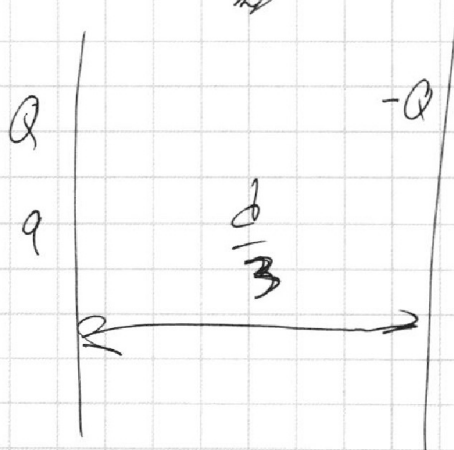
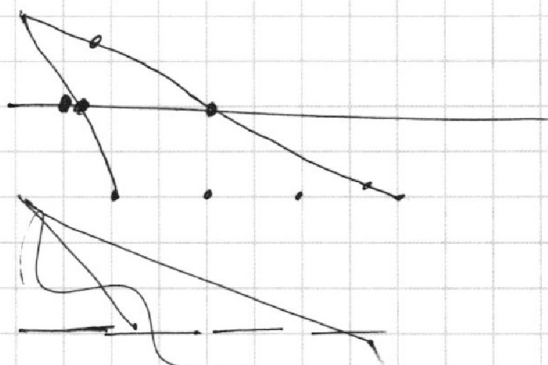
15
x 27
405
300
405

15
x 30
450

$$\cancel{P_3 V_3 = P_0 V_0}$$

$$\cancel{P_3 = P_0}$$

$$\alpha \perp: \alpha - \cancel{\frac{\pi}{2}} \alpha \approx 2\alpha d$$



$$a - 2a \frac{x}{d}$$

$$\cancel{a - \frac{2d}{2} \frac{a}{2} - a \frac{x}{4d}}$$

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

$$\frac{1}{2} a - \frac{2x}{d}$$

$$\frac{1}{2} a - a - 2a \frac{x}{d} +$$

$$\frac{1}{2} a - a \frac{x}{4d} = 0$$

$$\frac{3}{2} a = \frac{(20 a)}{(d + 4d)} x$$

$$\frac{3}{2} a = \frac{3 a}{4d} x$$

$$a - 2ad + \frac{a}{2} - 4ad = 0 \Rightarrow \frac{3}{2} a = 6ad \Rightarrow \frac{3}{2} = 6d$$

$$\frac{a}{2} - a d$$

$$\frac{3}{2} = 6d$$



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!

