



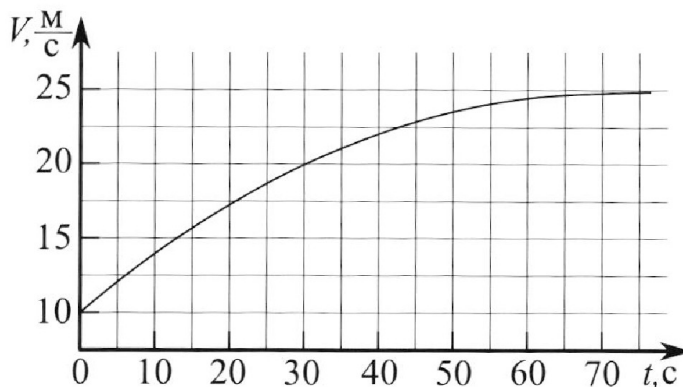
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

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?

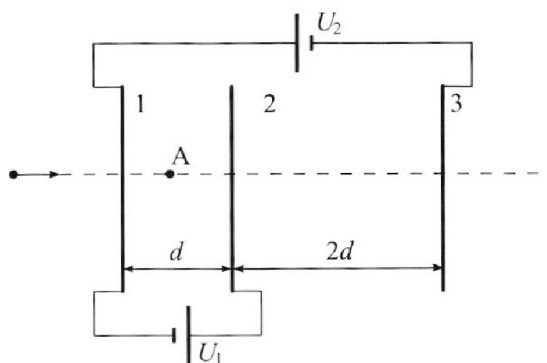
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

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 w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = kpw$. 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.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-03

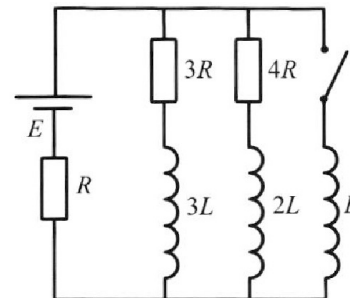
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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 $n_v = 1,0$. 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.

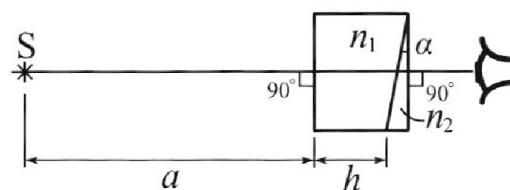


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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 $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

1) $0,375 \frac{m}{s^2}$
 2) $802,54$
 3) $8025 BT$

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 2

Мисс 5

в парале

p_0, V_2, T_0, J_1
p_0, T_0, V_{02}, J_2
$W = \frac{V}{4}$

$$V_{CO_2} = V - \frac{V}{2} - W = V - \frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$$

Упр-ие Менг. Квантизма:

$$\begin{aligned} \text{He: } p_0 \frac{V}{2} &= J_1 R T_0 \\ \text{CO}_2: p_0 \frac{V}{4} &= J_2 R T_0 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{J_1}{J_2} = 2$$

Ответ: 1) 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

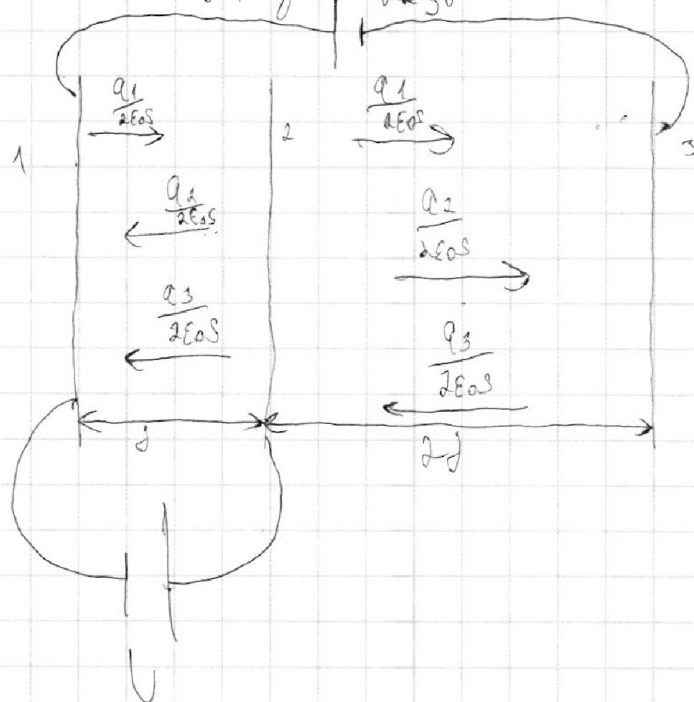
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$$K_0 = \epsilon_0 = \frac{m \cdot v_0^2}{2}$$

N3

Конденсатор заряжен на пластинках (предположим, что все они параллельны)



$$\varphi_2 - \varphi_1 = +U, \quad \varphi_1 - \varphi_3 = 3U \Rightarrow \varphi_2 - \varphi_3 = 4U$$

$$\text{ЗЗ: } q_1 + q_2 + q_3 = 0,$$

$$\varphi_2 - \varphi_1: \left(\frac{q_3 + q_2 - q_1}{2\epsilon_0 s} \right) d = U,$$

$$\varphi_2 - \varphi_3: \left(\frac{q_1 + q_2 - q_3}{2\epsilon_0 s} \right) 2d = 4U$$

$$\Rightarrow \begin{cases} q_1 + q_2 + q_3 = 0, \\ q_2 + q_3 - q_1 = \frac{2\epsilon_0 s \cdot U}{d}, \\ q_1 + q_2 - q_3 = \frac{4\epsilon_0 s \cdot U}{d} \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_1 = -\frac{\epsilon_0 s U}{d}, \\ q_3 = -\frac{2\epsilon_0 s U}{d}, \\ q_2 = \frac{3\epsilon_0 s U}{d} \end{cases}$$

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

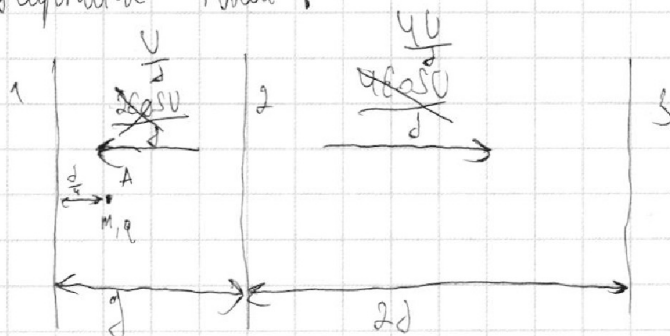
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



N3 (прод.)

Мет 2

Картина поля:



$$1) F_{эл2} = ma_{12}, q \cdot \frac{2\epsilon_0 5U}{d} = ma_{12}, a_{12} = \frac{2\epsilon_0 5U \cdot q}{m d}$$

$$2) A_{эл12} = K_2 - K_1, K_1 - K_2 = -A_{эл} = -A_2 = -$$

з.д.д.:

$$1) F_{эл2} = ma_{12}, q \cdot \frac{4U}{d} = q \cdot \frac{U}{d} = ma_{12}, a_{12} = \frac{qU}{m d}$$

з.к.з.:

$$2) A_{эл12} = K_2 - K_1, K_1 - K_2 = -A_{эл12} = -(-q \cdot \frac{U}{d} \cdot d) = qU$$

з.к.з.:

$$3) \frac{m v_0^2}{2} + A_{элA} = \frac{m v^2}{2}, A_{элA} = -q \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = -\frac{qU}{4}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{qU}{4} \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$$

Ответ:

- 1) $\frac{qU}{m d}$
- 2) qU
- 3) $\sqrt{v_0^2 - \frac{qU}{2m}}$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

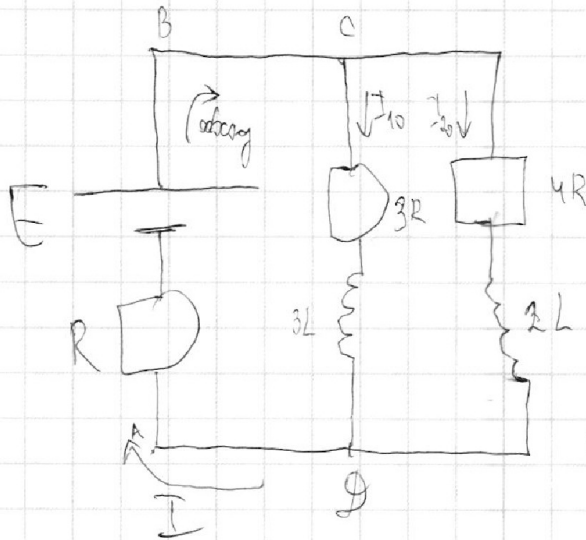
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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



а) [№] I_{10} - ток через $3R$ (или $3L$, напряжения на ка-
пациторах нулевые)



$$U_{3R} = U_{4R}, I_{10} \cdot 3R = I_{20} \cdot 4R$$

$$I_{20} = 0,75 I_{10}$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20} = 1,75 I_{10}$$

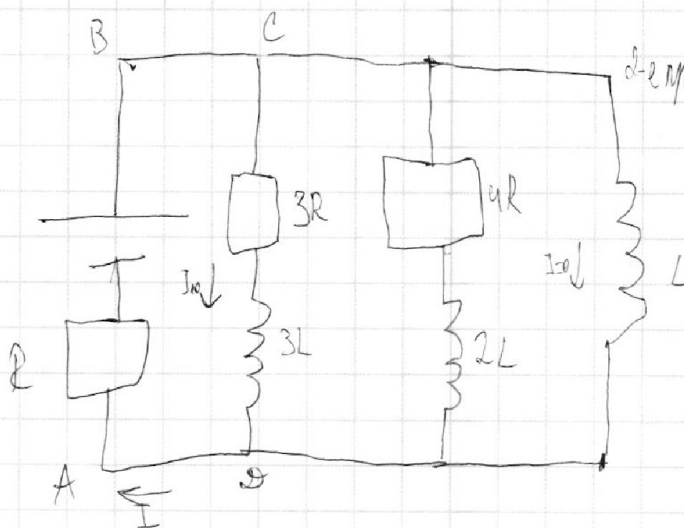
2-е правило Кирхгофа для ABCDA:

$$(1) E = I_{10} \cdot 3R + I_0 \cdot R =$$

$$= I_{10} \cdot 3R + 1,75 I_{10} \cdot R = 4,75 I_{10} R,$$

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

Сразу после замык. к.к. ток через катушку индуктивности не изменился)



2-е правило Кирхгофа для ABCDA:

$$E = I_{10} 3R + I_0 R + U_{3L}$$

$$\text{из (1)} \Rightarrow U_{3L} = 0$$

$$U_{3L} = U_{3R} = I_{10} \cdot 3R = \frac{12E}{19}$$

$$U_{L0} = L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t}, \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{U_{L0}}{L} = \frac{12E}{19L}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

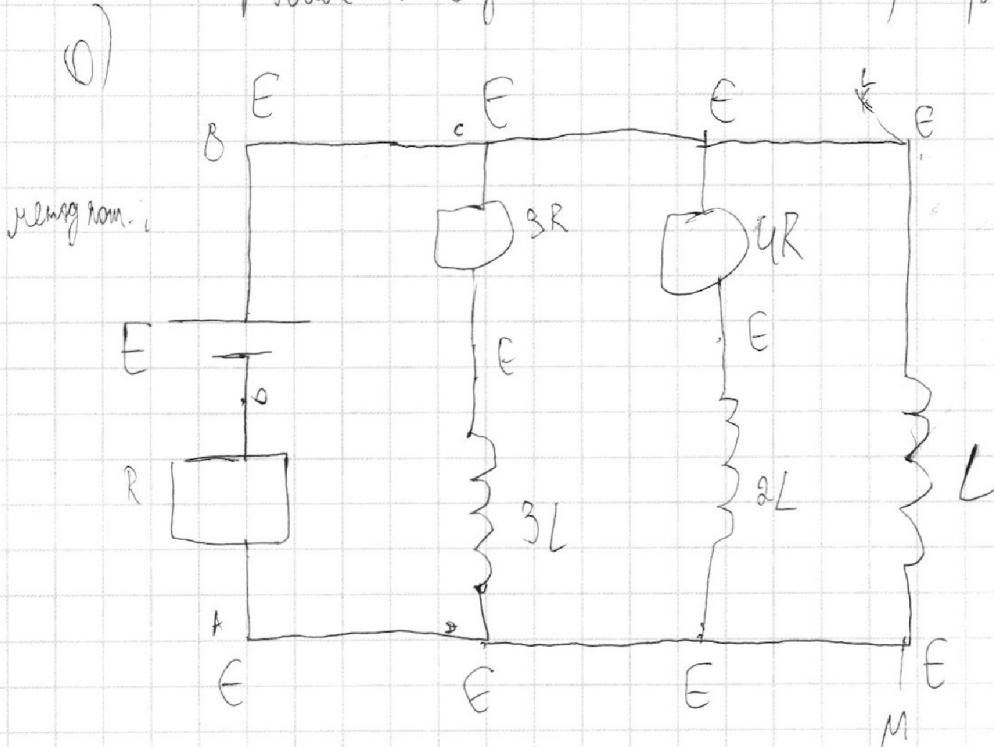
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

МФТИ

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

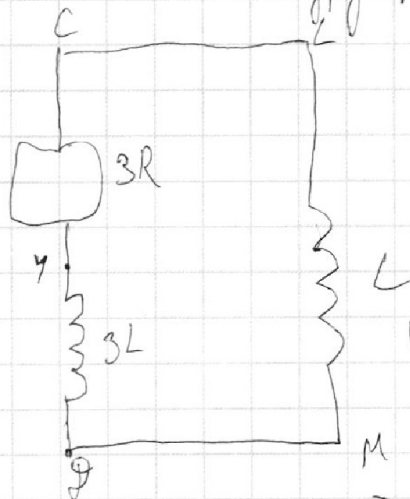


№4 (прод.)
Уч. резистор $3R$ и индуктор $3L$ (токи I_{3R} , I_{3L}), катушка L на катушке



Ток через катушку по контуру $ABLMA$ и равен $i = \frac{E}{R}$

ФЛМД:



Ток на $3L$ равен $\Rightarrow$
 $\Rightarrow \varphi_C - \varphi_D = -L \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$

Ток на L возрастает $\Rightarrow$

$$U_C = \varphi_C - \varphi_M = \varphi_C - \varphi_D =$$

$$= L \frac{\Delta I_L}{\Delta t}$$

$$U_{3L} = 3L \cdot \frac{\Delta I_{3L}}{\Delta t}$$

Для разн. процесса,
 $\Delta q = I \cdot \Delta t$

$$I \cdot 3R + \frac{3L \Delta I_{3L}}{\Delta t} = L \frac{\Delta I_L}{\Delta t}$$

$$I \cdot 3R = L \Delta I_L - 3L \cdot \Delta I_{3L}$$

$$\Delta q \cdot 3R = L \Delta I_L - 3L \cdot \Delta I_{3L} \quad (2)$$

МММ 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!

№4 (прод. 2)

Продолжим ссм. (2) от начала замк. контура
до уст. режима:

$$\begin{aligned} 3R \cdot q_{3R} &= L \left(\frac{E}{R} - 0 \right) - 3L (0 - I_{10}) = \\ &= Li + 3L I_{10} = L \cdot \frac{E}{R} + 3L \cdot \frac{4E}{19R} = \frac{31LE}{19R} \end{aligned}$$

$$q_{3R} = \frac{31LE}{57R^2}$$

Результат:

1)	$\frac{4E}{19R}$
2)	$\frac{12E}{19L}$
3)	$\frac{31LE}{57R^2}$

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!

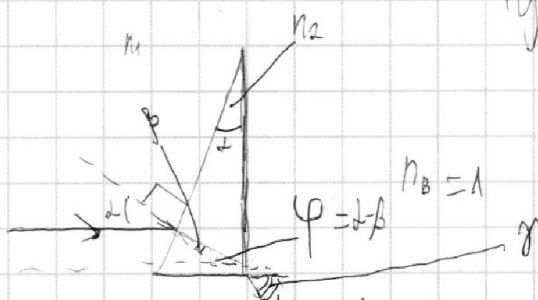


N5

лист 4

Поскольку $n_1 = n_3$ — луч падает перпендикулярно ~~поверхности~~ ^{на поверхность} границе, то минимальная ~~луча на~~ ^{луча на} ~~среде~~ ^{среде} ~~и~~ ^и ~~призму~~ ^{призму} n_2 , он не преломляется.

Угол малый $\Rightarrow$ его синус
примерно равен самому углу



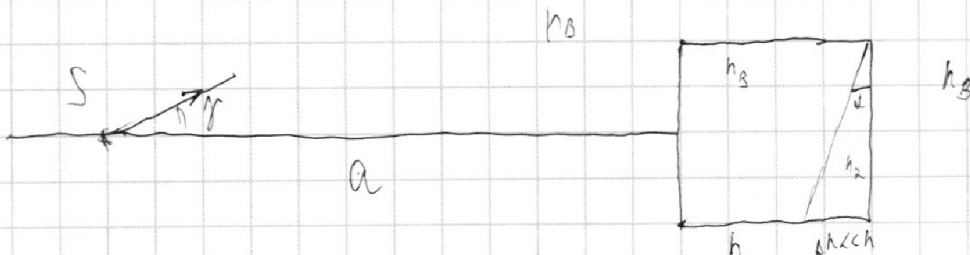
3-я схема: $n_1 \alpha = n_2 \beta$, $\beta = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$ (α мал, т.к. $n_2 > n_1$)

$$n_2 (\alpha - \beta) =$$

3-я схема: $n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$, $n_1 \alpha = n_2 \beta$, $\beta = \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2}$ (α мал, т.к. $n_2 > n_1$)

$$\begin{aligned} n_2 \sin \varphi &= n_3 \cdot \sin \gamma, \quad n_2 \varphi = \gamma, \quad \gamma = n_2 \varphi = n_2 (\alpha - \beta) = \\ &= n_2 \left(\alpha - \alpha \cdot \frac{n_1}{n_2} \right) = (n_2 - n_1) \alpha = (n_2 - n_1) \alpha = (1,2 - 1) \cdot 0,1 \text{ рад} = \\ &= 0,02 \text{ рад} \end{aligned}$$

Состав. Запишем соотношение: $\gamma = (n_2 - n_1) \alpha$ (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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

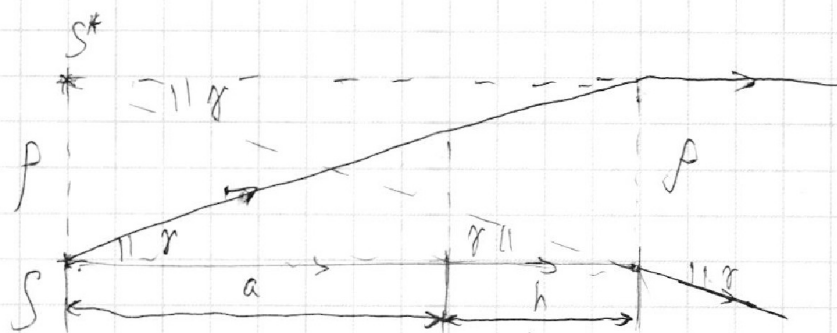
МФТИ

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



$$\gamma = (n_2 - n_1)z \text{ из соотн. (1)} \quad \text{н/с (прог.)}$$

Если учесть, что $n_1 = n_3$, т.е. лучи, идущие из воздуха
через призму n_1 , не преломляются, то можно утвер-
ждать, что все лучи, идущие от источника, достигают
экрана на одном γ . ^(объект и экран) ^{экран и экран} Пусть S — источник, S^* — экран
 S и S^* на γ к призме (см. рис.). Из-за
малости угла призмы n_2 , можно считать, что
во время ее прохождения луч почти не сгибается по
кривой. Тогда преломленный луч станет горизон-
тальным.



Пусть S — источник, S^* — экран

$$\rho = (a+h) + g \gamma. \text{ П. к. } \gamma - \text{ малый угол, то}$$

$$\gamma g \approx \gamma, \rho \approx (a+h) + g \gamma = (a+h) (n_2 - n_1)z =$$

$$= (a+h) (90 \text{ см} + 19 \text{ см}) \cdot 0,4 \cdot 0,1 \text{ рад} = 7,23 \text{ см}$$

Ответ: 1) 0,05 рад
2) 7,23 см



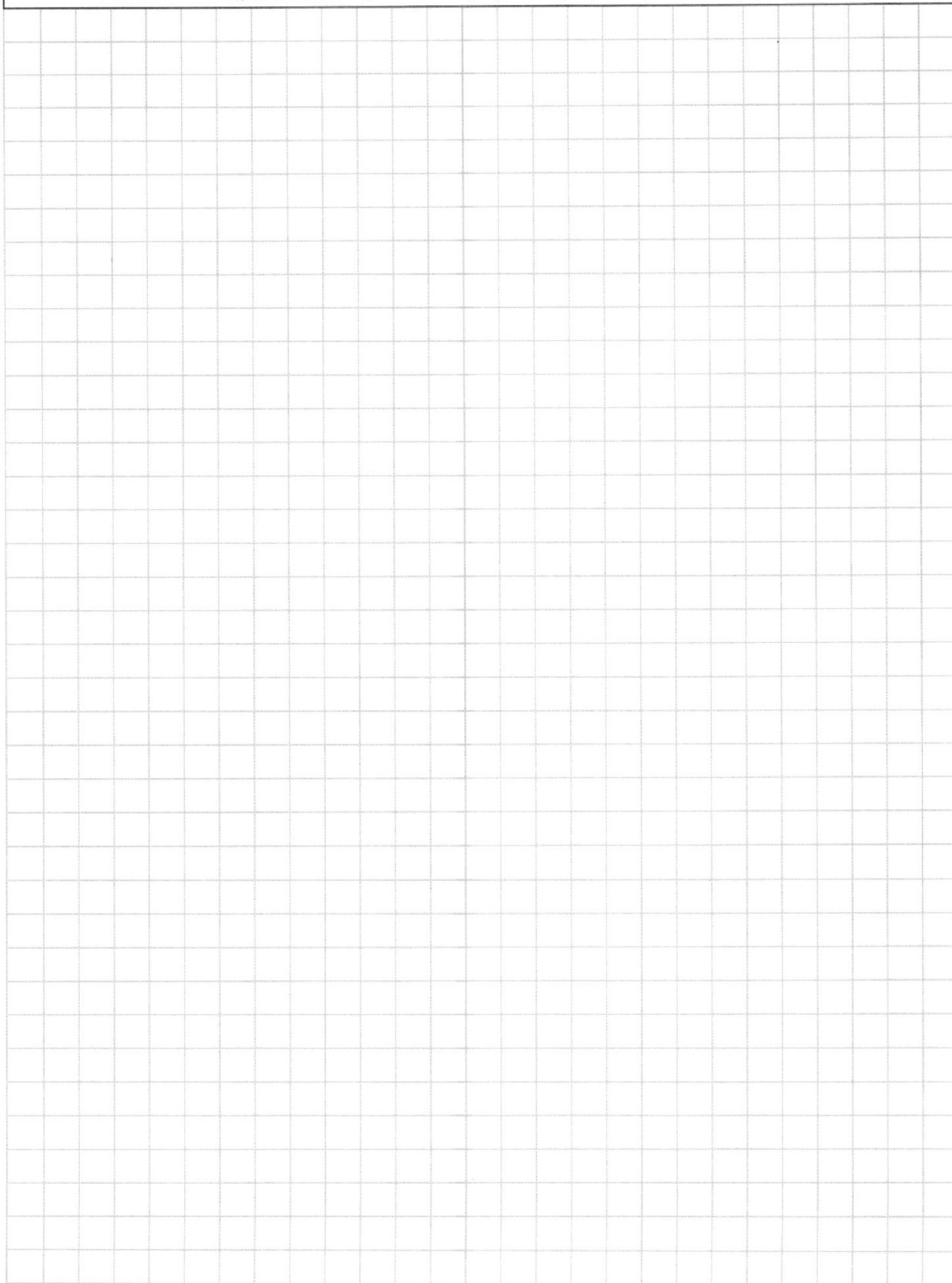
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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:

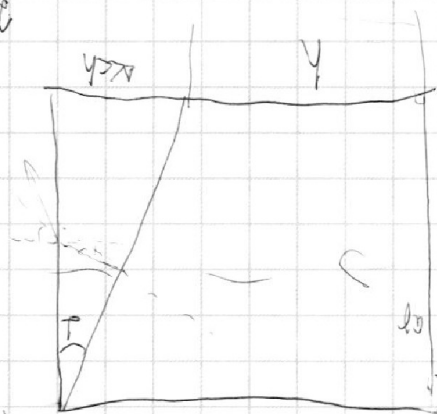
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи.

страница считается черновиком и не проверяется. Порядк QR-кода непустыма!

МФТИ

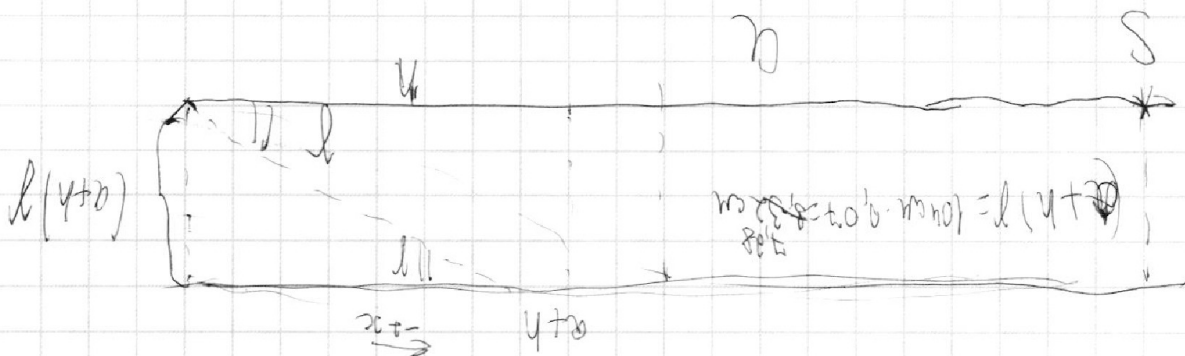
$$\frac{P}{U} = \frac{P}{U \cos \alpha}$$
$$\frac{P}{U} = \frac{P}{U \cos \alpha}$$



$$l(y+h)$$

$$l(y+h) = l(y+h)$$

$$\frac{P}{U} = \frac{P}{U \cos \alpha}$$





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

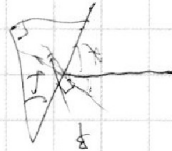
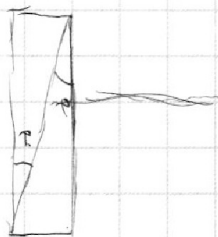
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |

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

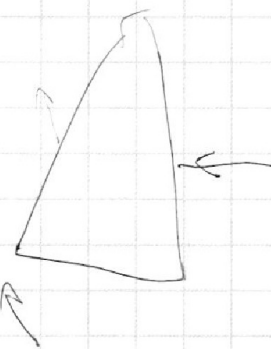
МФТИ

Минус



$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

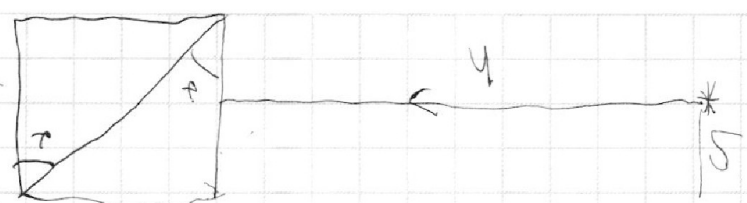
$$M = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$



$$M = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$$

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \\ & \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \\ & \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4} \end{aligned}$$





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!

Черновик

б) идеал: $p_0 \frac{V}{2} = \nu_1 R T_0$
 $p_0 \frac{V}{4} = \nu_2 R T_0 \quad \Rightarrow \quad \frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$

б) реальн.: $p \frac{V}{5} = \nu^* R T$
 $p \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2^* R T$

$\frac{\nu_2}{11} = \frac{2\nu_2^*}{\nu_2^*} \quad , \quad \nu_2 = \frac{11}{2} \nu_2^* , \quad \nu_2^* = \frac{2}{11} \nu_2$

$\Delta U = k p w = k w \cdot p = k w \cdot \frac{p_{atm}}{2} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{V}{4} \cdot 5 \cdot 10^4 =$
 $= \frac{25V}{4}$

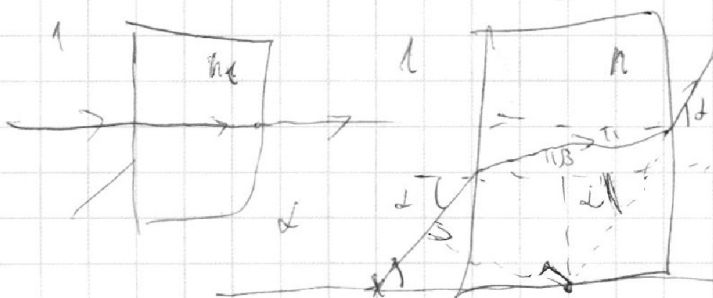
$RT = \frac{pV}{\nu_2} - \text{изб.}$

Итого ↓

V, p_{atm}, T
 $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2$

$\Delta Q = \Delta U + \Delta A$

$\Delta =$
 $\Delta(1 - \frac{1}{n})$
 $\Delta A = \Delta p \cdot \Delta A$



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!

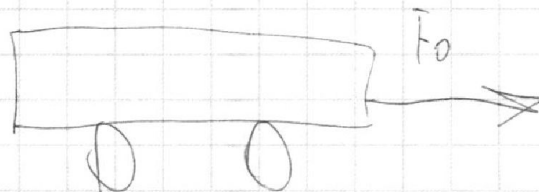


Черновик

N1

$$a) a_0 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{17,5 \frac{m}{c}}{20c} = 0,875 \frac{m}{c^2}$$

$$\Delta v = a_0 \Delta t, R = m \frac{\Delta v}{\Delta t}$$



$$F_0 = m a_0 = 1500 \cdot$$

$$187,5 \cdot 7 =$$

$$F_{comp} = k v$$

$$= 1260 + 52,5 = 1312,5$$

$$F_k - k v_k = 0$$

$$F_0 - k v_0 = m a_0, F_0 = m a_0 + k v_0 = m a_0 + 0,4 F_k =$$

$$= 1500 \cdot 0,875 + 0,4 \cdot 600 = 1312,5 + 240 = 1552,5$$

$$P_0 = \frac{F_0 v_0}{2} \approx \frac{1552,5 \cdot 17,5}{2} \text{ м.с. } 1552,5 \text{ м.с. } 1762,5$$

$$2T \approx 3 \cdot 10^3$$

N2

$$\Delta v = k p w$$

