



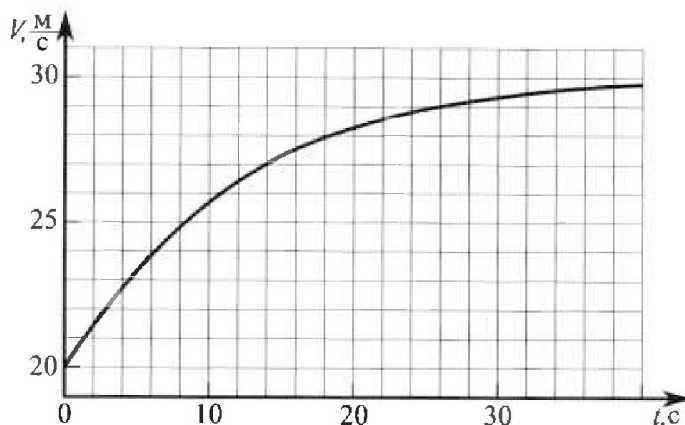
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

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%.

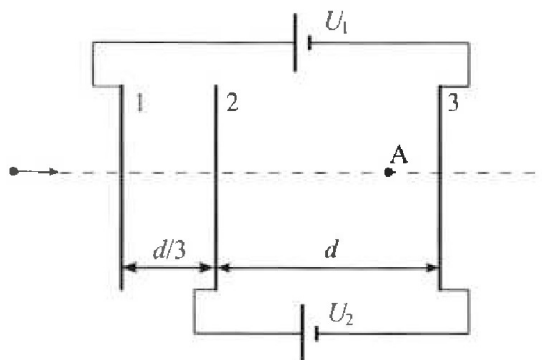
2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объемом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится азот, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент 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 A на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.



Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

Вариант 11-02

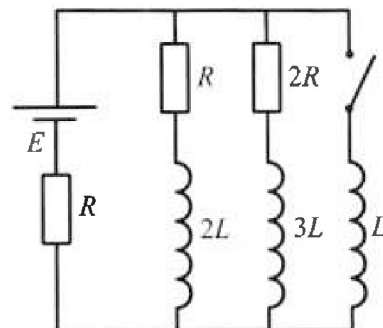
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



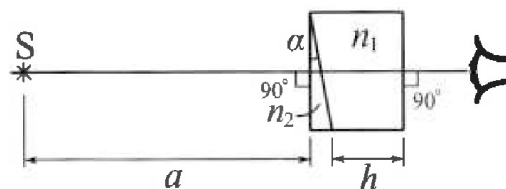
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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 $n_a = 1,0$. 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.



- 1) Считая $n_1 = n_a = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_a = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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.

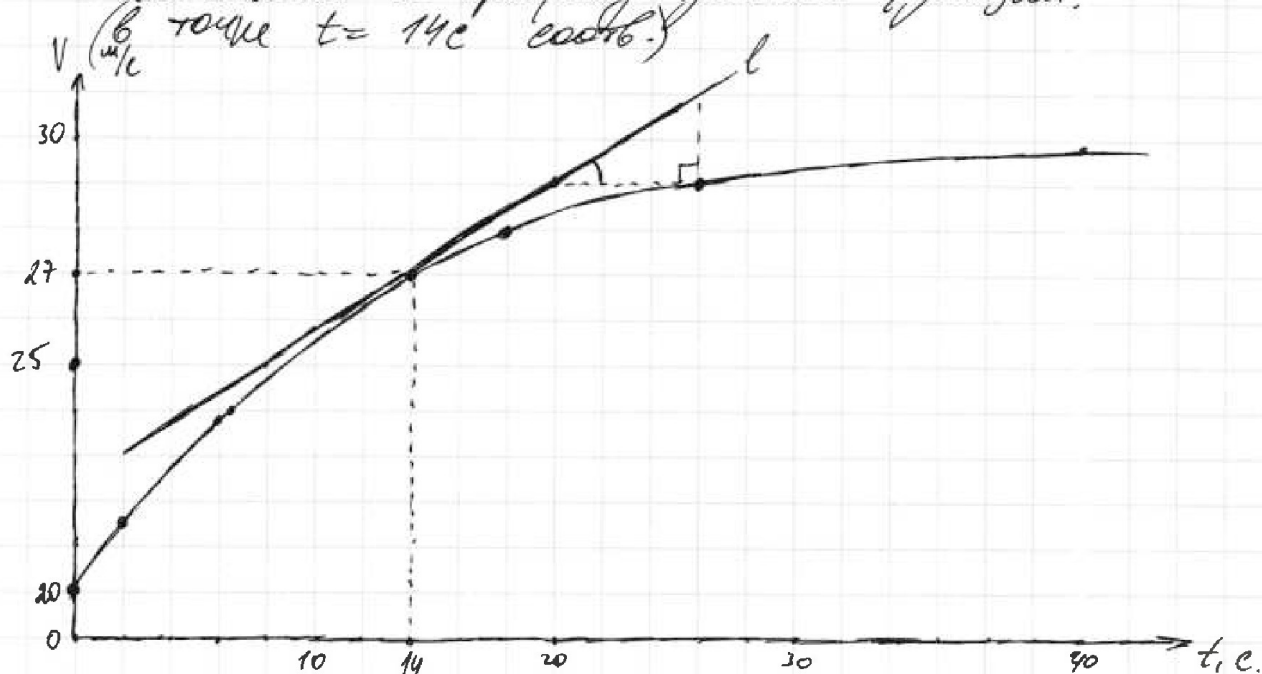


1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

1) Решение:

- 1) По определению ускорения $a = v'(t) \rightarrow$
 $\rightarrow$ I-ая производная скорости по времени.
 А из св-в производной мы знаем, что
 значение производной функции в данной
 точке её графика равно тангенсу угла накло-
 на касательной к графику этой функции.
 А т.к. $v_1 = 27 \text{ м/с}$ при $t = 14 \text{ с}$ (из графика), то
 искомое ускорение $\rightarrow$ тангенс угла наклона
 касательной к графику данной функции.
 (в точке $t = 14 \text{ с}$ соотв.)



($\ell \rightarrow$ искомая касательная) Тангенс угла наклона
 ℓ (с учётом выбранного масштаба) примерно:
 $\frac{2 \text{ м/с}}{6 \text{ с}} = \frac{1}{3} \text{ м/с}^2$; (ответ на 1-ый вопрос)

(по др. тангенсу острого угла прямо уг. треуг.)

- 2) Заметим, что при $t = 40 \text{ с}$: v (скорость) $\approx 30 \text{ м/с}$,
 а (ускорение) $a \approx 0$ (поскольку касательная к
 графику почти горизонтальная)

(стр. 1/3)

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!

Откуда все количество, которую вырабатывает двигатель (которая передается на ведущее колесо) тратится на преодоление силы сопротивления, т.е. $P_{\text{потерь}}$ (мощность) равно P (мощность, передаваемая на ведущее колесо).
(P — счит по условию)

Заметим, что $P_{\text{потерь}} = \frac{dA}{dt}$, где $A \rightarrow$ работа сил сопротивления, т.е. ($\Delta t \rightarrow$ очень маленький промежуток времени);

т.е. т.к. $\Delta A = F_k \cdot \Delta s \cdot \cos \angle(\vec{F}_k; \vec{s})$. (по определению работы; $F \rightarrow$ сила сопротивления; $\Delta s \rightarrow$ изменение координаты (т.к. движение прямолинейное) ($\vec{s} \rightarrow$ вектор, показывающий направление движения тела по нашей прямой).

Откуда $P_{\text{потерь}} = \frac{dA}{dt} = F_k \cdot \frac{ds}{dt} = F_k \cdot v_k$ (по определению скорости тела).
($v_k = 30 \text{ м/с} \rightarrow$ конечная скорость).

Откуда $P_{\text{потерь}} = P = F_k \cdot v_k \Rightarrow$ мы знаем мощность, передающуюся на ведущее колесо.

В нашем случае $P = P_{\text{потерь}_1} + P_{\text{пот}_2}$, где $P_{\text{потерь}_1} \rightarrow$ мощность потерь при $v = v_1$; $P_{\text{пот}_2} \rightarrow$ мощность, идущая на ускорение тела.

$P_{\text{пот}_2} = \frac{dA}{dt} = \frac{ds}{dt} \cdot F_0 = v_1 \cdot F_0$, где $F_0 \rightarrow$ равнодействующая всех сил, действующих на тело.

$P_{\text{потерь}_1} = v_1 \cdot F_{\text{сопр.}}$ (см. вывод выше).

По II закону Ньютона; $F_{\text{сопр.}} = ma$, т.е. $F = ma$ ($a \rightarrow$ мы посчитали ранее) (вдоль оси движения).

Откуда $P_{\text{пот}_2} = mav_1$, т.е. $P_{\text{потерь}_1} = P - P_{\text{пот}_2} \Leftrightarrow$

$\Leftrightarrow v_1 \cdot F_{\text{сопр.}} = F_k \cdot v_k - mav_1 \Leftrightarrow F_{\text{сопр.}} = \frac{F_k \cdot v_k}{v_1} - ma$;

Вычислим:

$F_{\text{сопр.}} = \frac{405 \text{ Н} \cdot 30 \text{ м/с}}{27 \text{ м/с}} - 300 \text{ кг} \cdot \frac{1 \text{ м/с}^2}{3} = 450 \text{ Н} - 100 \text{ Н} = 350 \text{ Н};$
(ответ на II-ой вопрос). (стр. 2/3)

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!

3) Искомое отношение: $\eta = \frac{P_{\text{потерь}}}{P} = \frac{F_{\text{созр}} \cdot U_{\text{г}}}{F_{\text{к}} \cdot U_{\text{к}}}$;

Вычисление:

$$\eta = \frac{350 \text{ н} \cdot 27\%}{405 \text{ н} \cdot 30\%} = \frac{350 \cdot 0.27}{405 \cdot 0.30} = \frac{350}{45 \cdot 30} = \frac{7}{9 \cdot 3} = \frac{7}{27}$$

Ответ: 1) $\frac{1}{3} \text{ м/с}^2$; 2) $\frac{1}{3} 350 \text{ н}$; 3) $\frac{7}{27}$.

Р. §. все значения вычислены с определённой точностью
(в пределах 10% от нормы).

107.3/3)



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!

№2 Решение:

т.к. $T = 373\text{K} \rightarrow$ температура кипения воды (при н.у.), то во время нагревания (т.к. это делаем медленно) кол-во воды в сосуде практически не изменилось (по условию мы этим пренебрегаем), а т.к. вода кипит при $T = 373\text{K}$ (при н.у.), то в конце нагревания давление, которое создают пары воды равно атмосферному. (условие кипения).

по закону Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$, откуда запишем его для углекислого газа до нагревания: $p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_0 \cdot R \cdot T_0$

(т.к. сосуд был разделён пополам, а $\frac{V}{4}$ занимала вода, то углекислый газ занимал $\frac{V}{2} - \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$ (объём)).

откуда $p_0 = \frac{4\nu_0 RT_0}{V} \rightarrow$ начальное давление углекислого газа до нагревания ($\nu_0 \rightarrow$ кол-во вещества углекислого газа в газодиффузионном состоянии до нагревания).

откуда по закону Генри: $\Delta p = k \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_0 \cdot R \cdot T_0 \cdot k$ (или запишем выше)

откуда $p = p_0 + \Delta p = (1 + kRT_0) p_0 \rightarrow$ кол-во вещества углекислого газа в сосуде.

до нагревания по закону Менделеева-Клапейрона для азота:

$$p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_{\text{аз}} \cdot R \cdot T_0, \text{ где } \frac{V}{2} \rightarrow \text{объём, который занимает азот;}$$

$\nu_{\text{аз}} \rightarrow$ кол-во вещества азота.

(парциальное давление азота равно p_0 , т.к. поршень может перемещаться, т.е. в верхней и нижней частях давления одинаковы, а парциальным давлением паров воды в данном случае мы пренебрегаем (по условию), т.е. давление азота и газодиф. углекисл. газа равны. (лист 1/3))

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!

Откуда $\frac{4V_0RT_0}{V} = p_0 = \frac{2p_{\text{ж}} \cdot R \cdot T_0}{V} \rightarrow p_{\text{ж}} = 2p_0, \text{ т.е.}$

$\frac{p_{\text{ж}}}{p_0} = 2 \rightarrow \text{ответ на 1-ый вопрос.}$

После нагревания парциальное давление воды: $p_{\text{ж}} = p_{\text{ж},2}$.
А углекислого газа (из закона Менделеева-Клапейрона)

$$p_{\text{ж},2} = \frac{pRT}{\frac{7}{2}V} = \frac{12pRT}{7V};$$

(т.к. газ занимает теперь объём $\frac{V}{6}$, а вода по-прежнему объём $\frac{V}{4}$ (т.к. по условию её кол-во не изменилось), то $V - \frac{V}{6} - \frac{V}{4} = \frac{5}{6}V - \frac{V}{4} = \frac{7}{12}V \rightarrow$ объём, который занимает углекислый газ.

Аналогичное запишем для азота: (парциальное давление)

$$p_{\text{ж}} = \frac{p_{\text{ж}} \cdot R \cdot T}{\frac{V}{6}} = \frac{6p_{\text{ж}}RT}{V}; \rightarrow \text{давление газа в верхней части сосуда.}$$

А давление в нижней части сосуда равно:

$$p_{\text{ж},2} + p_{\text{атм}} = \frac{12pRT}{7V} + p_{\text{атм}} \quad (\text{по закону Дальтона})$$

($p_{\text{атм}} \rightarrow$ атмосферное давление, которое равно давлению паров воды (объяснили ранее)).

Откуда т.к. $p_{\text{ж}} = p_{\text{ж},2} + p_{\text{атм}}$ (т.к. поршень по-прежнему невесомый),

то т.к. $p_{\text{ж}} = 2p_0$, то $\frac{12p_0RT}{7V} + p_{\text{атм}} = \frac{12p_0RT}{V} \quad (\Rightarrow)$

$\rightarrow p_{\text{атм}} = \frac{6}{7} \cdot \frac{12p_0RT}{V} = 6p_{\text{ж},2} \Rightarrow p_{\text{ж},2} = \frac{1}{6}p_{\text{атм}}$.
(или формулы выше).

Откуда ~~поиск~~ давление в сосуде

$$\Rightarrow \text{т.к. } p = (1 + kRT)p_0, \text{ то } p_{\text{атм}} = \frac{12p_0RT}{7V} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + kRT_0} \right) = \frac{p_{\text{ж},2}}{7} \cdot (6 - kRT_0) \rightarrow$$

$\rightarrow p_{\text{ж}} = \frac{7}{6 - kRT_0} p_{\text{атм}}$; а т.к. $p_{\text{ж}} \rightarrow$ давление в сосуде (ионее). (стр. 2/3)

На одной странице можно оформить 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!

П.к. давление в верхней и нижней частях сосуда равно, кривым равны общему давлению ~~сосуда~~ в сосуде, то $p_{\text{ог}} = \frac{7}{6 - kRT_0} p_{\text{атм}} \rightarrow$
 $\rightarrow$ искомое. ($p = p_{\text{ог}} = \frac{7}{6 - kRT_0}$).

П.к. по условию $T_0 = \frac{3}{4} T$, то $p_{\text{ог}} = p_{\text{атм}} \cdot \frac{7}{6 - \frac{3}{4} kRT}$;

Вычисление: ($k \approx 0,6 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{Па} \cdot \text{м}^3}$; $RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Па} \cdot \text{м}^3}{\text{моль}}$)
(по условию)

$$p = p_{\text{ог}} = p_{\text{атм}} \cdot \frac{7}{6 - \frac{3}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} = p_{\text{атм}} \cdot \frac{7}{6 - \frac{3}{4} \cdot \frac{9}{5}} =$$
$$= p_{\text{атм}} \cdot \frac{140}{120 - 27} = p_{\text{атм}} \cdot \frac{140}{93};$$

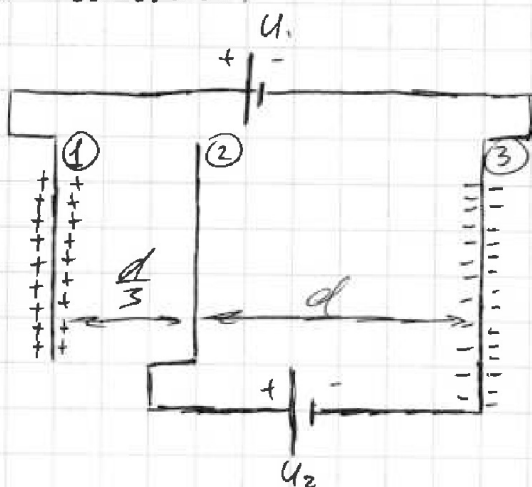
Ответ: 1) $1,42 p_{\text{атм}}$; 2) $\frac{140}{93} p_{\text{атм}}$.

(стр. 3/3)

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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

№3 Решение:



1) Т.к. пластины
1 и 3 соединены
через ЭДС с
напряжением U_1 , то

$\varphi_1 - \varphi_3 = U_1 = 2U$
(по сф. разности
потенциалов между
пластинами).

Аналогично $\varphi_2 - \varphi_3 = U_2 = U$

Между пластинами 2 и 3 разность потенциалов
равна U , а значит при попадании
туда точечного заряда q (силой тяжести прене-
брегаем), на него будет действовать сила

$$F = U \cdot \frac{q}{d} \quad (\text{по св-у эл. поле о сфв. потенциалах и силе эл. поле}).$$

Откуда по II закону Ньютона:

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (\text{вдоль вер. осн}): F = ma \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow a = \frac{F}{m} = \frac{Uq}{md} \quad (\text{ответ на первый вопрос}).$$

2) Обозначим точку, в которой изначально был этот
заряд за 0, тогда $\varphi_0 = 0 \rightarrow$ её потенциал
(потенциал заряда в этой точке) (т.к. можем считать
эту точку бесконечно удалённой от системы).

$$W_0 = \frac{mv_0^2}{2} \quad (\text{только кинетическая энергия})$$

$$W_2 = \frac{mv_2^2}{2} + W_{п.}; \quad (W_2 \rightarrow \text{энергия в точке 2 (на сетке 2)})$$

$v_2 \rightarrow$ скорость в точке 2;
 $W_{п.} \rightarrow$ потенциальная энергия эл. поля).

$$W_3 = \frac{mv_3^2}{2} + W_{п.} \quad (\text{аналогично для точки 3};$$

$W_{п.}$ не изменилась, т.к.
на ней висят лишь 2 и 3 (стр. 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!

сети, а наш заряд перешел из 2-й в 3-ю
сети (симметрично относительно оси симметрии)

Отсюда по закону сохранения энергии:

$$-W_2 + W_0 = A_{20} \quad (\text{работа по перемещению заряда из точки 0 в точку 2})$$

$$-W_3 + W_0 = A_{30} \quad (\text{работа по перемещению заряда из точки 0 в точку 3})$$

$$\text{Отсюда } W_3 - W_2 = \frac{mv_3^2}{2} - \frac{mv_2^2}{2} = A_{30} + A_{20};$$

(разность кинетических энергий)

$$A_{20} = q(\varphi_2 - \varphi_1); \quad A_{30} = q(\varphi_3 - \varphi_1) \Rightarrow$$

(по вып. работы эл. поля по перемещению заряда).

$$A_{30} - A_{20} = q(\varphi_3 - \varphi_2) = -q \cdot U. \Rightarrow A_{20} - A_{30} = W_3 - W_2 = qU;$$

(ответ на 2-й вопрос)

$$\text{Ответ: 1) } \frac{Uq}{m}; \quad 2) \frac{Uq}{m}.$$

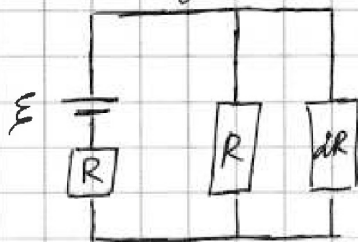
Р. 3) Энергия точечного заряженного тела
(потенциальная) $\Pi = \frac{q\varphi}{2}$, где φ — потенциал
тела в данной точке; q — соотв. заряд тела.

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!

14 Решение:

1) Если система с разомкнутым ключом установилась, то катушки ведут себя как кусочки проводника. (не влияют на систему). Оттуда можно нарисовать схему; (эквивалентную во всех смыслах)



Общее сопротивление системы:
 $R_0 = R + \frac{R \cdot 2R}{R + 2R} = \frac{5}{3}R$

(формулы последовательного и паралл. соединения двух проводников (резисторов)).

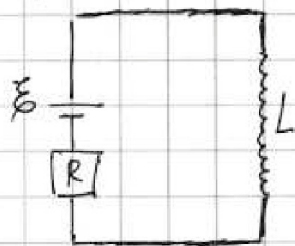
Оттуда общий ток в цепи: $I = \frac{\varepsilon}{R_0} = \frac{\varepsilon}{\frac{5}{3}R} = 0,6 \cdot \frac{\varepsilon}{R}$ (по закону Ома).

Рассмотрим внешний контур цепи. Запишем для него I правило Кирхгофа:

$$\varepsilon = 2R \cdot I_{20} + RI = 2R \cdot I_{20} + 0,6 \cdot \varepsilon \Rightarrow 2RI_{20} = \frac{2}{5}\varepsilon \Rightarrow I_{20} = \frac{\varepsilon}{5R} \text{ (ответ на первый пункт)}$$

2) Сразу после замыкания ключа ток ^{текущий} через резистор R (рядом с ЭДС) остался равен I. (пока что не успел ток быстро уменьшиться).

Оттуда рассмотрим самый внешний контур цепи. Запишем для него II правило Кирхгофа:



В катушке возникает ЭДС самоиндукции, препятствующей уменьшению тока: $\varepsilon_{si} = -L I'$, где $I' \rightarrow$ 1-ая производная от силы тока по времени (скорость изменения силы тока) (стр. 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!

$$\mathcal{E} - \mathcal{E}_{si} = IR = 0,6 \mathcal{E} \Rightarrow \mathcal{E}_{si} = \frac{2}{5} \mathcal{E};$$

Отсюда $L I' = \frac{2}{5} \mathcal{E} \Rightarrow I' = \frac{2 \mathcal{E}}{5 L} = \frac{2}{5} \cdot \frac{\mathcal{E}}{L};$
(ответ на 2-ой вопрос).

Ответы: 1) $\mathcal{E} + \frac{\mathcal{E}}{5 R}$; 2) $\frac{2}{5} \cdot \frac{\mathcal{E}}{L}.$

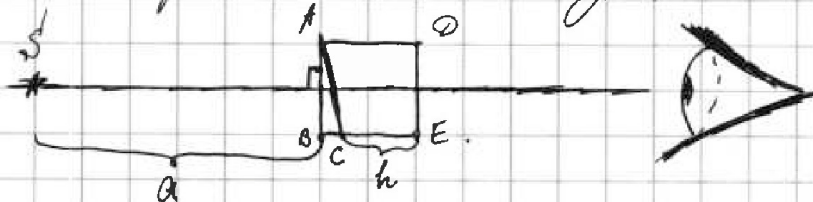
(стр. 2/2)

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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

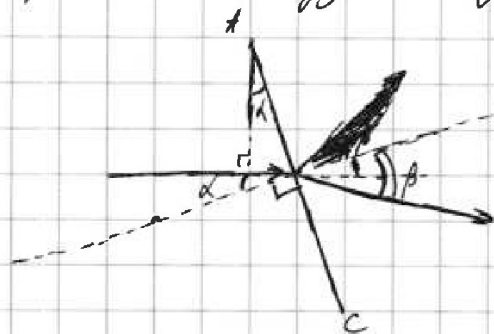
Решение:

1) Рассмотрим этот самый луч.



Т.к. этот луч идет перпендикулярно АВ, то он не отклонится при прохождении через нее.

Посмотрим, что будет с лучом при прохождении К.

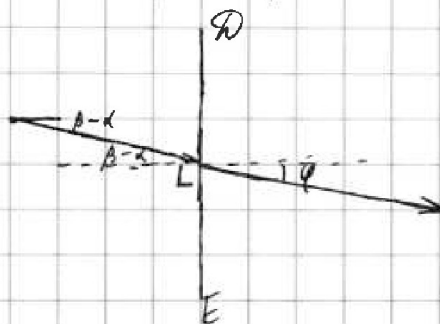
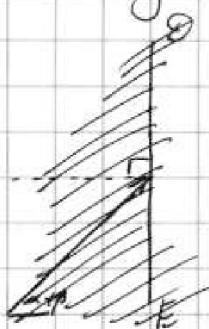


Угол падения данного луча очевидно равен α (или угол между соотв. перпенд. падения).

Пусть $\beta \rightarrow$ угол ~~отражения~~ после преломления луча, тогда по формуле преломления:

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \beta = \frac{n_1}{n_2} \cdot \sin \alpha \quad (\text{кор. рис. см. в начале пункта 2 (стр. 2)}) \quad \text{рис. (к-р)}$$

Тогда наш луч наклонен под углом β к горизонтали. Посмотрим что будет с этим лучом при попадании на DE. (см. рис.)



Угол падения нашего луча на DE равен $(\beta - \alpha)$.

Пусть угол "преломления" $\rightarrow \varphi$ (см. рис.).

Тогда по формуле преломления: $\frac{\sin(\beta - \alpha)}{\sin \varphi} = \frac{n_2}{n_1}$ (стр. 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!



Откуда $\sin \varphi = \sin(\alpha - \beta) \cdot \frac{n_2}{n_1}$.

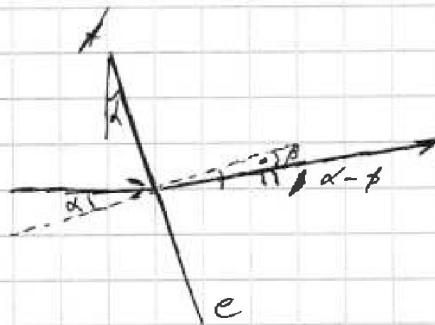
Р. §. т.к. из условия все углы (α ; β ; φ) можно считать малыми, то для этих углов справедлива формула $\sin \beta \approx \beta$ (при малом угле β), тогда

вычисление:

$\beta \approx \sin \beta = \frac{1}{1,6} \cdot \sin \alpha \approx \frac{1}{1,6} \cdot \frac{10}{180} \text{ рад} = \frac{1}{1,6} \cdot 0,05 \text{ рад} = 0,03125 \text{ рад} = \frac{1}{32} \text{ рад}.$

$\varphi \approx \sin \varphi = \sin(\alpha - \beta) \cdot \frac{1}{1,6} \approx \left(\frac{10}{180} - \frac{1}{32} \right) \cdot \frac{1}{1,6} = \frac{3}{160} \text{ рад}.$ (ответ на первый вопрос).

Хороший рис.: (преломление для AC).



(для DE преломление нет, т.к. $n_1 = n_2 = 1$).

Откуда искомый угол $\varphi \approx \frac{3}{160} \text{ рад}.$

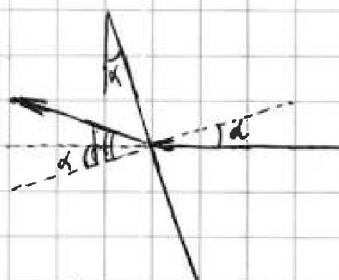
2) Т.к. толщина призмы с коэф. преломл. n_2 намного меньше длины призмы (в толщину), то с её толщиной пренебрежим (т.е. преломление происходит в той же при прохождении этой кризис луч преломляется, но остаётся в той же точке (на том же уровне)).

Рассмотрим обратный луч, который идёт перпендикулярно DE от глаза.

Т.к. этот луч перпенд. DE, то он не преломляется при прохождении через DE. Рассмотрим, что с ним будет при прохождении через AC.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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



Посмотрим, как будет выглядеть АВ:



Пусть угол падения равен r , тогда по закону преломления:

$$\frac{\sin d}{\sin r} = \frac{n_1}{n_2} \Rightarrow \sin r = \sin d \cdot \frac{n_2}{n_1};$$

Откуда наш луч наклонен под углом $(r-d)$ к горизонту.

Пусть теперь угол ~~отражения~~ равен ϕ , тогда

$$\frac{\sin \phi}{\sin(r-d)} = \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow \sin \phi = \sin(r-d) \cdot \frac{n_1}{n_2};$$

Вычислим этот угол ϕ : (все углы: d , r , $r-d$; ϕ) считается малыми

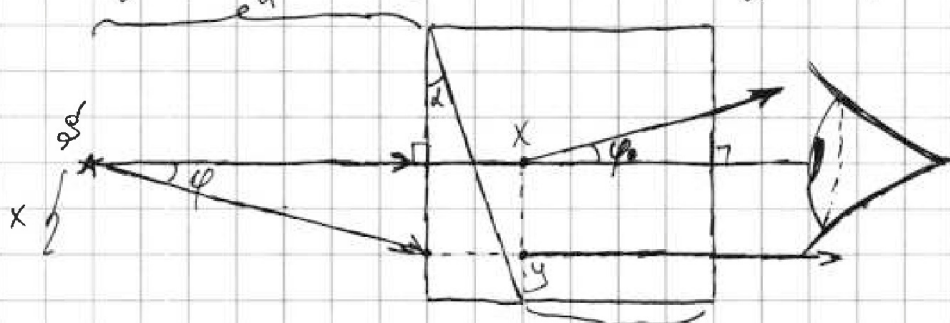
$$r \approx \sin r = \sin d \cdot \frac{1.6}{1} \approx 1.6 \cdot 0.05 \text{ рад} = 0.08 \text{ рад};$$

$$r-d = 0.08 \text{ рад} - 0.05 \text{ рад} = 0.03 \text{ рад};$$

$$\phi \approx \sin \phi = \sin(r-d) \cdot \frac{1}{1.6} \approx 0.03 \text{ рад} \cdot \frac{1}{1.6} = \frac{3}{160} \text{ рад}; (= \phi)$$

Откуда, если рассмотреть луч из источника, который идет под углом ϕ к горизонту, то после прохождения всех линз он будет горизонтальным.

Рассмотрим этот луч и луч из н. 1. По ним построим изображение (толщиной 1-ой линзы пренебрегаем).



Глаз видит эти 2 луча. Изображение источника он будет видеть как пересечение этих лучей.

(x — суммарное смещение луча где $x = a \cdot \tan \phi$ по опр. тангенса от угла преломления. Верно?)

(стр. 3/4)

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1



2



3



4



5



6



7

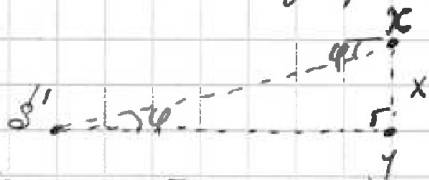


МФТИ

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



Обозначим z' → изображение источника, тогда (см. рис.):



(точки обозначали ранее). Откуда $z'y = x \cdot \tan \varphi = a$
(по опр. тангенса остр. угла прямоуг. треуго.).

Откуда, т.к. толщиной I ~~мы~~ ~~при этом~~ мы пренебрегаем,
то z' на одной вертикали с z , т.е. наблюдателю
будет виден их на расстоянии $x = a \cdot \tan \varphi$.
($\varphi \rightarrow$ малый угол, т.е. $\varphi \approx \tan \varphi$).

Откуда $x \approx a\varphi = 20 \text{ см} \cdot \frac{3}{100} = \frac{15}{4} \text{ см} = 3,75 \text{ см}$;

Ответ: 1) $\frac{3}{100} \text{ рад}$; 2) $3,75 \text{ см}$.

(стр. 4/4)

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.

15) 1) очев.
2) считая

14) 1) очев.

$$2) I_2 = \frac{2R^2}{3R} = \frac{2}{3}R; \rightarrow \frac{5}{3}R; I = \frac{\mathcal{E}}{\frac{5}{3}R} = 0,6 \frac{\mathcal{E}}{R};$$

$$-\mathcal{E}_s + \mathcal{E} = IR \Leftrightarrow \mathcal{E} - \mathcal{E}_s = 0,6 \mathcal{E} \Rightarrow \mathcal{E}_s = 0,4 \mathcal{E} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow LI_3' = 0,4 \mathcal{E} \Rightarrow I_3' = \frac{0,4 \mathcal{E}}{L} = \frac{2 \mathcal{E}}{5L};$$

3) ~~$W_2 - W_1 + Q = A_{\text{ист}} + A_{\text{вн.с.}}$~~
 ~~$W_2 - W_1 = A_{\text{ист.}}$~~

$$3) 2RI_2 + 3LI_2' = LI_3' = I_1R + 2LI_1' = \mathcal{E} + IR$$



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!

(12) Типа easy.

Черновики

(11) $P = \text{const.}$, 1) каскальные (tg α).
2) $F_k = 405 \text{ Н.}$