



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-01

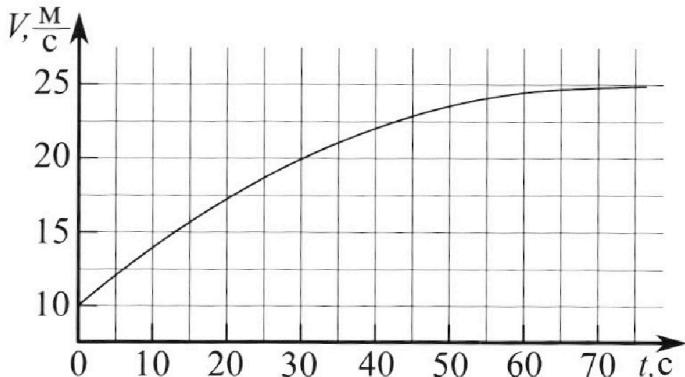


Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 ориентировано 10%.

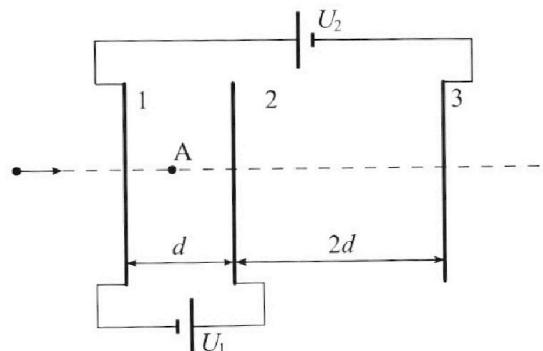


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный 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 А на расстоянии $d/3$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

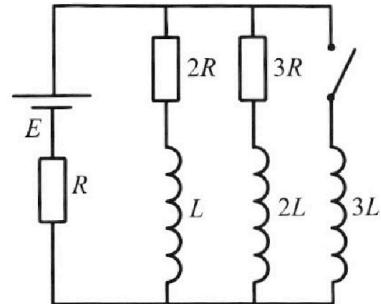
Вариант 11-01

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

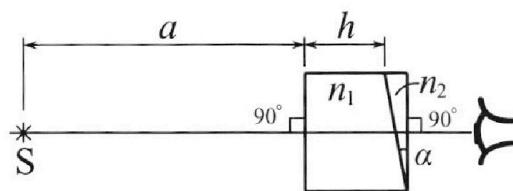
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{10} 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 $n_{\text{в}} = 1,0$. 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.



- 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 $n_1 = 1,5$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.



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

N1.

Дано:
 $m = 1800 \text{ кг}$
 $F_K = 500 \text{ Н}$

Решение:

0) Пусть a_1 - ускорение машины
при скорости $v = v_1$.

1)

$$a = \frac{dv}{dt}; \text{ из уравнения зависимости}$$

$a_1 = ?$
 $v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$
 $F_1 = ?$
 $P_1 = ?$

$v(t)$ можно найти из уравнения движения, в форме
со скоростью v_1 , это и будет ускорением
изреде из определение.

Использовано: $2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}; 5\text{с}$.

или

$$a_1 = \frac{2,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10\text{с}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

2) Запишем 2 закон Ньютона в проекции на
это движение машины. Направление ведет ее
движение.

F - сила тяги

$$ma = F - F_{\text{сопр}}, \quad F_{\text{сопр}} - \text{сила сопр.}$$

$F_{\text{сопр}} = \alpha v$ - по условию. α - постоянность коэф. пропорциональности.

$$ma = F - \alpha v. \quad (1)$$

3) По условию нам известна сила тяги
в конце работы. В этот момент ускорение
машины равно нулю. Значит: $F_K - \alpha v_K = 0$,

v_K - максимальная скорость.

$$F_K = \alpha v_K \Rightarrow \alpha = \frac{F_K}{v_K} - \text{коэф. пропр.}$$

Из уравнения видно, что $v_K = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ (также известно)

$$\alpha = \frac{500}{25} = 20 \frac{\text{Н}\cdot\text{с}}{\text{м}}. \quad \alpha = 20 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

4) Подставим α в (1):

$$ma = F - \frac{F_K}{v_K} v \Rightarrow F = ma + \frac{F_K v}{v_K}.$$

Мы нашли силу тяги F в зависимости от скорости.

При $v = v_1 = 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, $a = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$.

$$F = 1800 \cdot 0,25 + \frac{500 \cdot 20}{25} = 450 \text{ Н} + 400 \text{ Н} = 850 \text{ Н}.$$



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!

Продолжение № 1.

5) По определению мощности силы: $P = F \cdot v$.
В п. 4 была получена зависимость $F(v)$:
 $F = ma + \frac{F_K}{v_K} v$. Подставим её в expr. мощности:

$$P = F \cdot v = ma v + \frac{F_K}{v_K} v^2 \quad P_1 = ma_1 v_1 + \frac{F_K}{v_K} v_1^2$$

При $a_1 = 0,25 \frac{m}{s^2}$ и $v_1 = 20 \frac{m}{s}$:

$$P_1 = 1800 \cdot 0,25 \cdot 20 + \frac{500}{25} \cdot 400 = 17000 \text{ BT.}$$

Ответ: 1) $a_1 = 0,25 \frac{m}{s^2}$

2) $F_1 = 850 \text{ N}$

3) $P_1 = 17 \text{ kBT}$.



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

N2.

$$\begin{aligned} V \\ \frac{V}{S} = W \\ T = \frac{ST_0}{V} = 373K \end{aligned}$$

Решение:
1) Δ о того, как нарис.: пусть снизу находится D_2 газа при давлении p_0 (всё это - начальное СИ, машина пренебречь давл. паров водой).

По закону Гей-Люссака растворился газ:

$$\Delta D = K \cdot p_0 \cdot W = K \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4}$$

то найдем, какой объем дополнительного занимает расщепленный газ ΔV :

$$p_0 \Delta V = \Delta D RT_0 - \text{УСИГДНЕ этой машины}$$

$$p_0 \Delta V = K p_0 \frac{V}{4} RT_0$$

$$\Delta V = K RT_0 \cdot \frac{V}{4} \quad \Delta V = \frac{10^{-3}}{3} \cdot 3 \cdot 10^3 \cdot \frac{V}{4} = \frac{V}{4}$$

$\Delta V = \frac{V}{4}$ - столько занимает газ (расщепленный) во всем объеме машины.

Также было C_2 снизу: $p_0 \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} + \Delta V \right) = D_2 RT_0$.

сверху: $p_0 \frac{V}{2} = D_1 RT_0$. V_r - объем газа снизу.

$$V_r = \frac{V}{2} \Rightarrow D_1 = \frac{p_0 V}{2RT_0} \quad D_2 = \frac{p_0 V}{2RT_0} \quad \boxed{D_1 = D_2}$$

$$\boxed{\frac{D_1}{D_2} = 1}$$

$$D_1 = D_2 = D$$

2) В начальном состоянии: $p_0 \frac{V}{2} = D RT_0$ - сверху.

В конце: $p_1 \frac{V}{2} = D RT_1$ - сверху $\underbrace{\text{изменить это условие}}$

снизу: для уменьшения газа: $p_2 \left(\frac{4V}{5} - \frac{V}{4} \right) = D RT$

Кроме того, D - это D при T_0 давление

Ратм при давлении T .

$$P_1 = P_2 + P_{atm} \cdot \frac{\text{ч. равн.}}{\text{пар.}}$$

$$P_1 - P_2 = P_{atm} \quad P_1 - P_2 = \frac{5DRT_1}{V} - \frac{10DRT}{11V} = \frac{35DRT}{11V}$$

$$\frac{35DRT}{11V} = P_{atm}; \quad T_1 = \frac{5}{4}T_0; \quad P_{atm} = \frac{175DRT_0}{48V}$$

$$P_0 = \frac{2DRT_0}{V}; \quad \frac{P_0}{P_{atm}} \left[\frac{P_0}{P_{atm}} = \frac{88}{175} \right]$$

Ошибки: 1) $\frac{D_1}{D_2} = 1$ 2) $P_0 = \frac{88}{175} P_{atm}$.



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

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

МФТИ.

N 3 (продолж.)

6) Найдем потенциал в м. А.

$$E_1 = \frac{U}{d}$$

$$\varphi_A - 0 = -E_1 \left(d - \frac{d}{3} - \frac{d}{2} \right) = -E_1 \frac{d}{6}$$

$$\varphi_A = -\frac{U}{6}$$

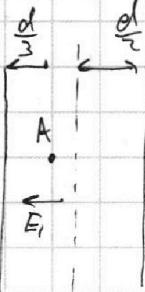
ЗСЭ: ~~если~~ бегали мы пластину вдоль $\varphi \approx 0$.

$$\frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_A^2}{2} - \frac{Uq}{6}$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{Uq}{3m}}$$

$$\text{Ответ: 1) } a_{12} = \frac{Uq}{md} \quad 2) K_1 - K_2 = Uq$$

$$3) V_A = \sqrt{V_0^2 + \frac{Uq}{3m}}$$



Воспользовавшись тем,
что это симметрич-
ная цепь, получим
что E перпендикулярно
этой оси потенциала
~~и что расстояние до~~
~~этих концов > d~~,
~~> радиуса пластины~~



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

N3.

Дано:

$$U_2 = 4U$$

$$U_1 = U$$

$$d, 2d$$

$$m_1, q > 0$$

$$V_0$$

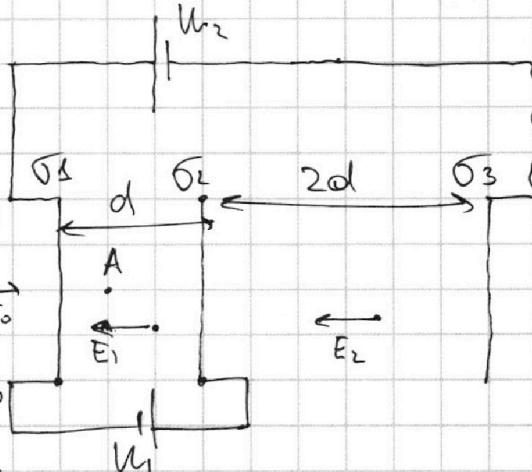
$$1) a_{12} = ?$$

$$2) K_1 - K_2 = ?$$

$$3) V_A = ?$$

Решение:

- 1) В приложении из условия можно считать, что пластинка бесконечная. Но по теореме о единственности V_0 единственно из них заряжена равномерно



3) $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ - нав. плотности зарядов по 1, 2 и 3 м. коорд.

Пос $\varphi_2 - \varphi_1 = U_1 = E_1 d$, E_1 - напряженность в обл 12

$\varphi_3 - \varphi_1 = U_2 = -(E_2 \cdot 2d + E_1 d)$, E_2 - в обл. 23.

Т.к. изображены две заряженные и одинакового размера, то

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ E_1 = \frac{\sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1}{2\epsilon_0} \cdot \frac{d}{2\epsilon_0} ; \quad \Leftrightarrow \\ E_2 = \frac{\sigma_3 - \sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0} \end{cases} \quad \begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ U_1 = \frac{(\sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1)}{2\epsilon_0} d \\ U_2 = -\left(\frac{\sigma_3 - \sigma_2 - \sigma_1}{2\epsilon_0} \cdot 2d + U_1 \right) \end{cases} \quad \Leftrightarrow$$

$$\begin{cases} \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 = 0 \\ U = \frac{\sigma_2 + \sigma_3 - \sigma_1}{2\epsilon_0} d \\ 5U = \frac{\sigma_1 + \sigma_2 - \sigma_3}{2\epsilon_0} 2d \end{cases}$$

Читаем второе на 2 и
складываем вторые 2:

$$7U = \frac{d}{\epsilon_0} (2\sigma_2) \Rightarrow \sigma_2 = \frac{7U \epsilon_0}{2d}.$$

$$\sigma_3 = -\sigma_1 - \sigma_2.$$

$$U = (\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_2 - \sigma_1) \frac{d}{2\epsilon_0} = -\sigma_1 \frac{d}{\epsilon_0} \Rightarrow \sigma_1 = -\frac{2\epsilon_0 U}{d}.$$

$$\sigma_3 = -\frac{5\epsilon_0 U}{2d}.$$

Мы нашли все σ .

$$4) a_{12} = \frac{E_1 \cdot q}{m} \quad \text{и} \quad E_1 q = m a_{12} \Rightarrow a_{12} = \frac{E_1 q}{m} \quad E_1 = \frac{\epsilon_0 U}{2\epsilon_0 d + d} = \frac{U}{3d}$$

$$a_{12} = \frac{3U q}{2md}$$

$$a_{12} = \frac{Uq}{md}$$

$$5) ЗСЭ: K_1 - U_1 q = K_2 \Rightarrow K_1 - K_2 = U_1 q$$

$$K_1 + A_{B1} = K_2; A_{B1} = -E_1 dq = -U_1 q; K_1 - K_2 = U_1 q = Uq$$

$$K_1 - K_2 = Uq$$



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 checked="" 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!

N4 (ч粗)

$$Q_{2R} \cdot 2R = \frac{36 LE}{11R}$$

$$Q_{2R} = \frac{18 LE}{11R^2}$$

Ответ: 1) $I_{10} = \frac{3E}{11R}$ 2) $\frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11L}$ 3) $Q_{2R} = \frac{18 LE}{11R^2}$.

~~$$\begin{array}{r} 200 \\ \times 002 \\ \hline 400 \\ 000 \\ \hline 00400 \end{array}$$~~

см. на обрате - N5.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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

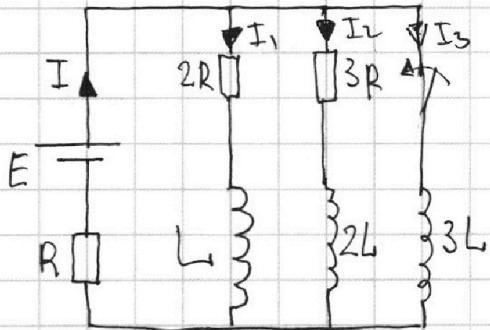
Дано:

 E, R, L

1) $I_{10} = ?$

2) $\frac{dI_2}{dt} = ?$

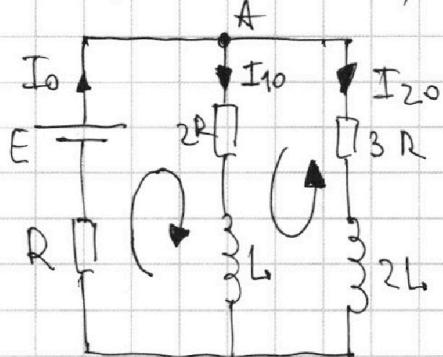
3) $\varphi_{2R} = ?$

Решение:1) Пусть I -токтекущий по R ,
 I_1 -ток через катушку L I_2 -ток через катушку $2L$ 

I_3 -ток через катушку $3L$ после замыкания
само контура ~~в~~ произойдет в произвольный момент времени.

2) $\Delta 0$ замыкание катура в установившемся режиме
токи через катушки не меняются, следовательно токи
на них не вырабатываются E_{ind} .

До замыкания катура пусть ток через R имеет так
 I_0 , токи $2R - I_{10}$, токи $3R - I_{20}$.



1) Правило Кирхгофа для узла A : $I_0 = I_{10} + I_{20}$

2) Пр. Кирхгофа для левого контура:

$$E = I_0 R + I_{10} \cdot 2R$$

2) Пр. Кирхгофа для правого внешнего контура:

$$I_{10} \cdot 2R - I_{20} \cdot 3R = 0$$

Преобразуем: $I_{10} \cdot 2 = I_{20} \cdot 3 \Rightarrow I_{20} = \frac{2}{3} I_{10}$. Подставим в

1 правило Кирхгофа:

$I_0 = I_{10} + \frac{2}{3} I_{10} = \frac{5}{3} I_{10}$. Подставим во 2 правило
Кирхгофа для левого контура:

$$E = I_0 R + 2I_{10} R = \frac{5}{3} I_{10} R + 2I_{10} R = \frac{11}{3} I_{10} R.$$

$$I_{10} = \frac{3E}{11R}$$
 мы нашли час. ток через $2R$.



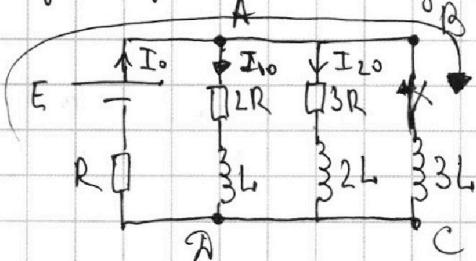
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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) Сразу после замыкания ключа токи через L4 могут
изменяться не только изменением сего контура, величину,
т. к. имея в них вспомогательные бесконечные
связи между ними. Раз не изменились токи через
катушки L и 2L, то не изменился и суммарный
ток, текущий через них, т.е. по 1 правилу Кирхгофа
где узла A не изменился и ток через резистор R.

Найдем ток I_0 из п. 2:



$$I_0 = \frac{5}{3} I_{10}$$

$$I_{10} = \frac{3 \cdot E}{11 R} \Rightarrow I_0 = \frac{5 E}{11 R}$$

Теперь напишем второе правило Кирхгофа
для внешнего контура по Ч. С.:

$$E = I_0 R + 3L \cdot \frac{dI_3}{dt}, \quad \frac{dI_3}{dt} - \text{скорость возрастания тока в начале момента, через } 3L.$$

$$\frac{dI_3}{dt} \cdot 3L = E - I_0 R. \quad \frac{dI_3}{dt} = \frac{E - I_0 R}{3L}.$$

$$\frac{dI_3}{dt} = \frac{E - \frac{5E}{11}}{3L} = \frac{6E}{11 \cdot 3L} = \frac{2E}{11L}.$$

$$\boxed{\frac{dI_3}{dt} = \frac{2E}{11L}}$$

4) После замыкания ключа ток через 3L будет
увеличиваться, через L - уменьшаться. В конце (в ус.
речнике) все токи будут постоянны \Rightarrow многое из E1000 \Rightarrow через резисторы
2R и 3R не текут, токи (имеющие в ус. решения на них
будут напр \Rightarrow будет напр и на 3L) \Rightarrow через них ток
будет изменяться \Rightarrow противоречие. В конце ~~но~~ ток идет
через E, R и 3L. 2 пр. Кирхгофа вдоль этого контура:

$$E = I_k R \Leftrightarrow I_k - континуальный ток через них (E, R и 3L)$$

2 правило Кирхгофа где ABCD против Ч. С. вправо.

$$\text{Момент времени: } I_1 \cdot 2R + L \frac{dI_1}{dt} - 3L \frac{dI_3}{dt} = 0 \Rightarrow (I_1 = \frac{dq_{2R}}{dt})$$

$$\Rightarrow dq_{2R} \cdot 2R + L dI_1 - 3L dI_3 = 0 \Rightarrow \text{интегрируем} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_{2R} \cdot 2R + L \Delta I_1 - 3L \Delta I_3 = 0. \quad \Delta I_1 = 0 - I_{10} = -\frac{3E}{11R} \quad \Delta I_3 = I_k - 0 = \frac{E}{R}$$

$$q_{2R} \cdot 2R = 3L \frac{E}{R} + L \cdot \frac{3E}{11R} = \frac{36LE}{11R}.$$



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"/> |

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

МФТИ

№5 (ответ)

Ответ: 1) $\varphi = 0,07 \text{ рад}$
2) $\gamma = 14,21 \text{ рад/с}$
3) $S = 5 \text{ см.}$

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

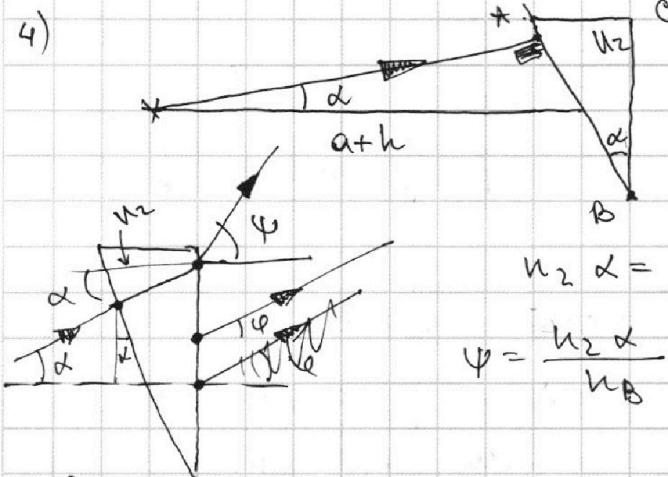
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input checked="" 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!

№ 5 (продолж.).

$$\varphi = \frac{\alpha}{n_B} (n_2 - n_B) = \frac{0,1}{1} \cdot 0,7 = 0,07 \text{ рад.}$$

4)



Пуским нур негде вверх
к ГОО шетем. он
будет перп. границе АВ.

$$n_2 \alpha = n_B \psi, \psi - искаж. угол к
горизонтальному нур.
\\ \psi = \frac{n_2 \alpha}{n_B}. \text{ Висота, на которой будет}
нур: H = \alpha(a+h), т.к.
tg \alpha \approx \alpha$$

Висота, на которой будет бүгет первыи (гориз.)
нур, кренерени мала, т.к. мало расст. ОР по условию.
Кайдан, где они пересекутс- это будим из.источника
для наблюдателе. Пуским x - расстояние до него
от правой плоскости нур.

$$\text{если } x - \text{расстояние ЕМ (расст. до нур по верти)} \\ x = \psi \quad \frac{H}{x} + \psi = \psi. \\ \psi - \psi = \frac{H}{x} \Rightarrow x = \frac{H}{\psi - \psi} = \\ = \frac{d(a+h)}{\frac{n_2 \alpha}{n_B} - \frac{\alpha}{n_2(n_2 - n_B)}} = \frac{a+h}{1}$$

Горизонтальное расстояние = 0 \Rightarrow источники будут
ниже друг друга на y: $y = x \psi = (a+h) \psi$

$$y = (a+h) \frac{\alpha}{n_B} (n_2 - n_B)$$

$$y = 203 \cdot 0,1 \cdot 0,7 = 14,21 \text{ см.}$$



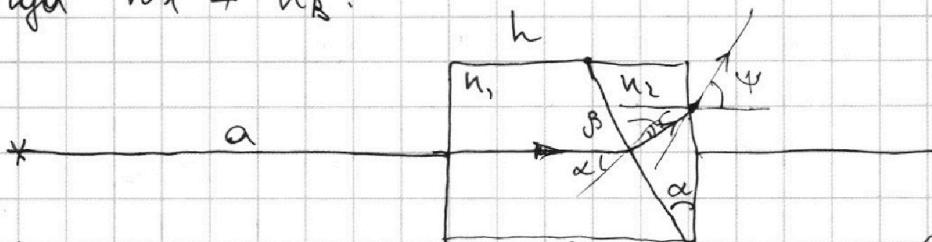
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

МФТИ

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

15 (продолж.)

3) Когда $n_1 \neq n_2$:



Первый кут гориз. 1 перв. пад. \Rightarrow проходит прямолинейно.

на норм.:

$$n_1 \alpha = n_2 \beta; \quad \beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha$$

$n_2 (\alpha - \beta) = n_B \psi$ это высота будет мала

$$\psi = \frac{n_B \alpha}{n_B} \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2} \right) = \frac{\alpha}{n_B} (n_2 - n_1) = \frac{0,1}{1} \cdot 0,2 = 0,02$$

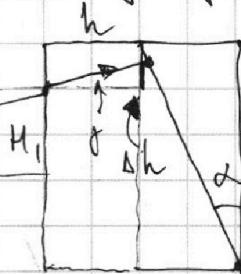
Второй кут - угол $\angle \alpha$: γ - угол перв. пад.

$$\Delta n_B = n_1 \gamma.$$

H_1 - высота, на кат. 1
пад.

$$H_1 = d \alpha = 0,1 \cdot 19,4 = 1,94 \text{ см}$$

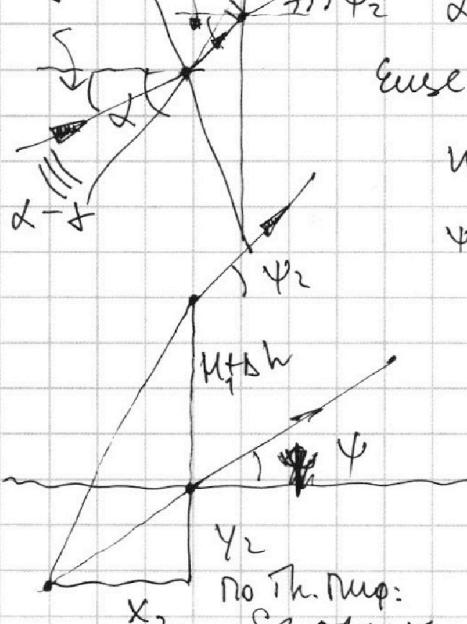
$$\gamma = \frac{n_B \alpha}{n_1} \alpha = \frac{1 \cdot 0,1}{1,5} = \frac{2}{3} \cdot 0,1$$



Высота $\Delta h = h + \gamma - \gamma$ - на сколько поднялся вверх.

Еще пад.: $n_1 (\alpha - \delta) = n_2 \alpha_1$, α_1 - новый угол пад.

$$\delta = \frac{n_1 \alpha}{n_2} \left(\frac{n_1 - n_B}{n_1} \right). \quad \alpha - \delta - \text{угол падения}$$



Еще пад.: $n_2 (\alpha - \alpha_1) = n_B \psi_2$

$$n_2 \left(\alpha - \frac{n_1}{n_2} \alpha \left(1 - \frac{n_B}{n_1} \right) \right) = n_B \psi_2$$

$\psi_2 = \frac{n_2}{n_B} \alpha \left(1 - \frac{n_1}{n_2} \left(1 - \frac{n_B}{n_1} \right) \right)$. Это высота $= H_1 + \Delta h$

$$x_2 = \frac{H_1 + \Delta h}{\psi_2 - \psi}; \quad x_2 = \frac{1,94 \text{ см} + 0,6 \text{ см}}{\psi_2 - \psi}$$

$$\psi_2 = 1,7 \cdot 0,1 \cdot \left(1 - \frac{1,5}{1,7} \left(1 - \frac{1}{1,5} \right) \right) = 0,17 \left(1 - \frac{5}{17} \right) = 0,17 \cdot \frac{12}{17} = 0,12$$

$$\psi = 0,02; \quad \psi_2 - \psi = 0,1$$

по 1-й. прип.: $x_2 = 200 \text{ см}; \quad y_2 = x_2 \cdot \psi = 0,17 \cdot 200 = 4 \text{ см}$.

$$S = \sqrt{\Delta y^2 + \Delta x^2} = \sqrt{y_2^2 + (a + h - x_2)^2} = [5 \text{ см}]$$

- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 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.

$$n_B = 1,0$$

$$a = 194 \text{ см}$$

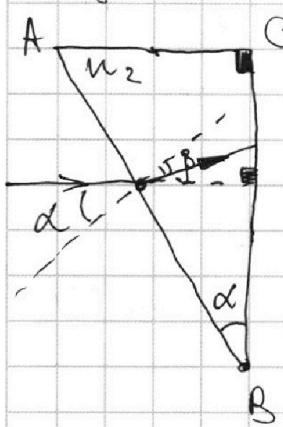
$$\alpha = 0,1 \text{ радиан}$$

$$h = 9 \text{ см}$$

$$1) n_1 = n_B = 1,0$$

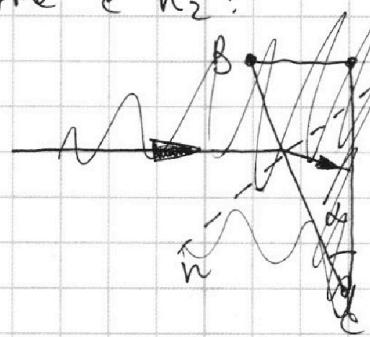
$$n_2 = 1,7$$

$$\varphi = ?$$

**Решение:**

1) Пусть φ - угол отклонения луча, излучего перпендикулярно левой грани системой в первоначальном положении, когда $n_1 = n_B$, то есть считать, что левое прозрачное ~~воздух~~ ^{данные} среды

2) Рассмотрим преломление ^в луча на ~~в~~ грани с n_2 :



он будет преломлен ~~в~~ ^в двух ~~на~~ ^{на} поверхностях. на гр. AB (см рисунок-объяснение Рис6):

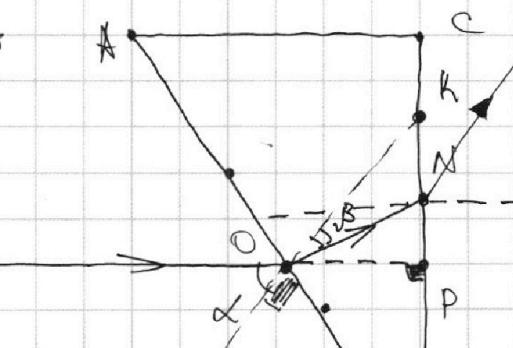
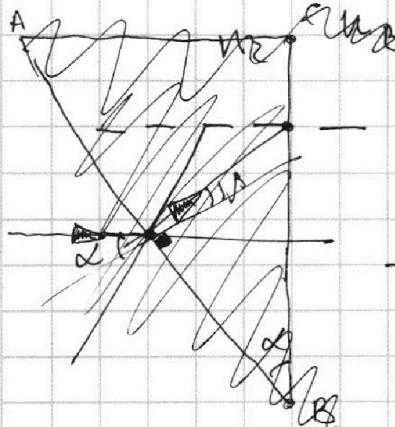
$$n_B \sin \alpha = n_2 \sin \beta, \beta - \text{угол преломл.}$$

$$\sin \alpha \approx \alpha, \sin \beta \approx \beta.$$

$$n_B \alpha = n_2 \beta$$

$$\beta = \frac{\alpha n_B}{n_2} \approx \frac{\alpha n_B}{1,7}$$

3) Запишем преломление на гр. BC: R, N, P - см. рис.



N - к. т. н. перп. нормали к гр. BC;
 N -перп. на гр. BC
 P - проекции изн. норм. на гр. BC.

$\angle NOP$ - равен

углу нахождения луча на границе BC, потому что это наименьшее угл. $\angle KOP = \alpha$. $\angle NOP = \alpha - \beta$.

$n_2(\alpha - \beta) = n_B \varphi$ (т.к. φ - угол между нормалью к гр. BC и лучом, и β - угол между к гр. BC норм. II изн. Когд. луча, то $\angle \varphi$ искомый) $\Rightarrow \varphi = \frac{n_2(\alpha - \beta)}{n_B}; \beta = \frac{\alpha n_B}{n_2} \Rightarrow \varphi = \frac{n_2 \alpha}{n_B} \left(1 - \frac{n_B}{n_2}\right)$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$\begin{array}{r} 1800 \\ \times 4 \\ \hline 720 \\ 20 \\ \hline 720 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 2 \\ \hline 10000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10000 \\ \times 25 \\ \hline 100 \\ 00 \\ \hline 400 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 \\ \times 373 \\ \hline 0,8 \\ 298,4 \end{array}$$

$$450 + 400 = 850.$$

$$\begin{array}{r} 450 \\ \times 20 \\ \hline 9000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 500 \\ \times 25 \\ \hline 20 \\ 400 \\ \hline 8000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 9000 \\ + 2000 \\ \hline 17000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 20,3 \\ \times 0,7 \\ \hline 1421 \\ 000 \\ \hline 14,21 \end{array}$$



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"/> |

МФТИ

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