



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

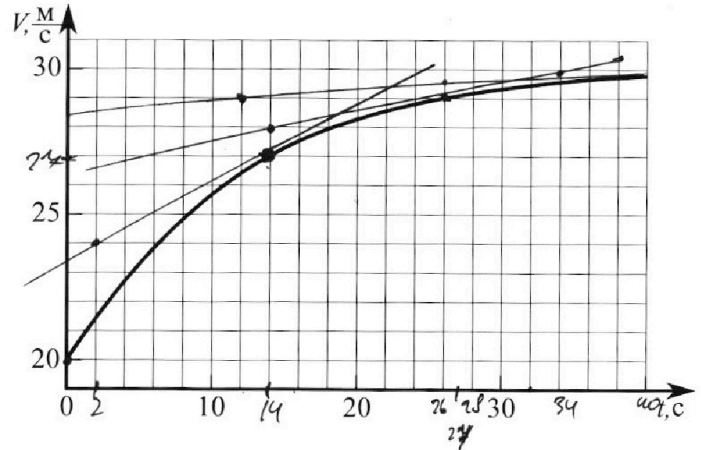
Вариант 11-02



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.



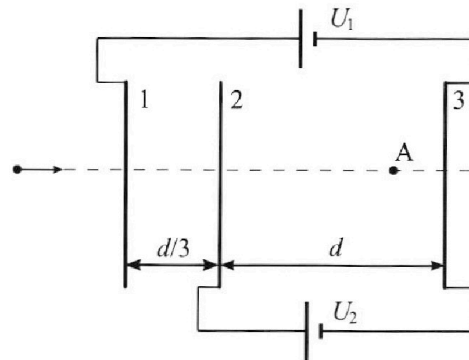
- Используя график, найти ускорение мотоцикла при скорости $V_1 = 27$ м/с.
 - Найти силу сопротивления движению F_1 при скорости V_1 .
 - Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению при скорости V_1 ?
- Требуемая точность численного ответа на 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 объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/6$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём 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 объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

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



- Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $2d/3$ от сетки 2.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

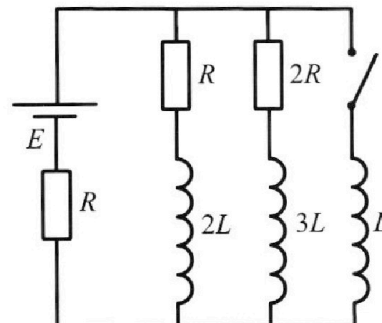
Вариант 11-02

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

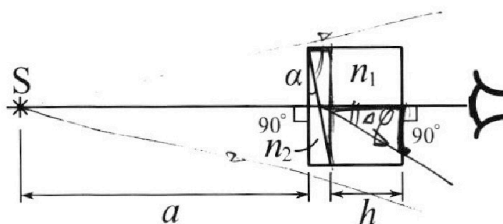


4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 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?
- Отв еты 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 $a = 200$ 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 $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.

- 2) Считая $n_1 = n_v = 1,0$, $n_2 = 1,6$, 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

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

МФТИ



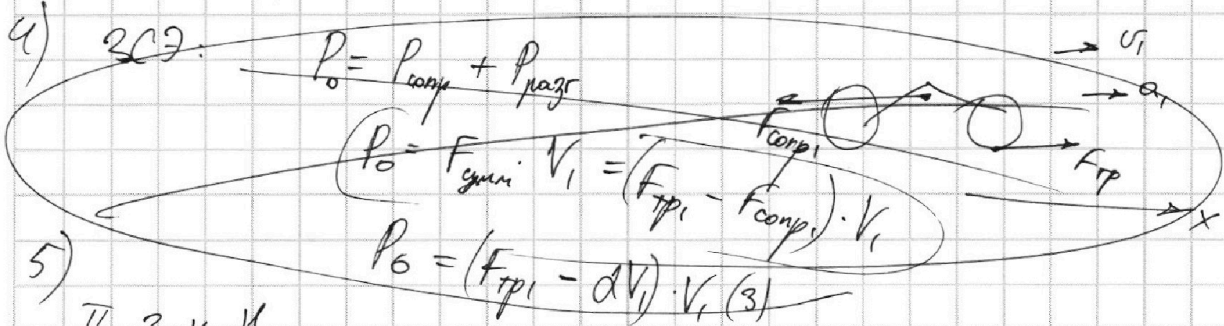
1) для выр. a , b т. $V_1 = 27 \frac{m}{c}$ восприм как насат.
и найдем её по формуле наклона $a = \frac{dV}{dt}$

$$a_1 = \frac{27 - 24}{14 - 2} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4} = 0,25 \frac{m}{c^2}$$

2) Считаем, что $F_{comp} = dV$. $F_k = dV_k$ $V_k \approx 30 \frac{m}{c}$
коэф. трения - коэф. вязкости.

$$\alpha = \frac{F_k}{V_k} = \frac{405 \text{ Н}}{30 \frac{m}{c}} = 13,5 \frac{Н \cdot c}{m}$$

3) $F_1 = dV_1 = 13,5 \cdot 27 \approx 365 \text{ Н}$

$$\begin{array}{r} 13,5 \\ \times 27 \\ \hline 945 \\ + 270 \\ \hline 364,5 \end{array}$$


II 3-й закон Ньютона:

$$m a_1 = F_{tr} - F_{comp} \Rightarrow F_{tr} = m a_1 + F_{comp} =$$

$$= m a_1 + F_1 = 300 \cdot 0,25 + 365 = 75 + 365 = 440 \text{ Н}$$

6) из (3)

$$P_0 = (440 - 365) \cdot 27 = 75 \cdot 27 \text{ Вт}$$

7) $\frac{P_{propulsion}}{P_0} = \frac{F_{tr} \cdot V_1}{P_0} = \frac{365 \text{ Н} \cdot 27}{75 \cdot 27} = \frac{365}{75} = \frac{73}{15}$

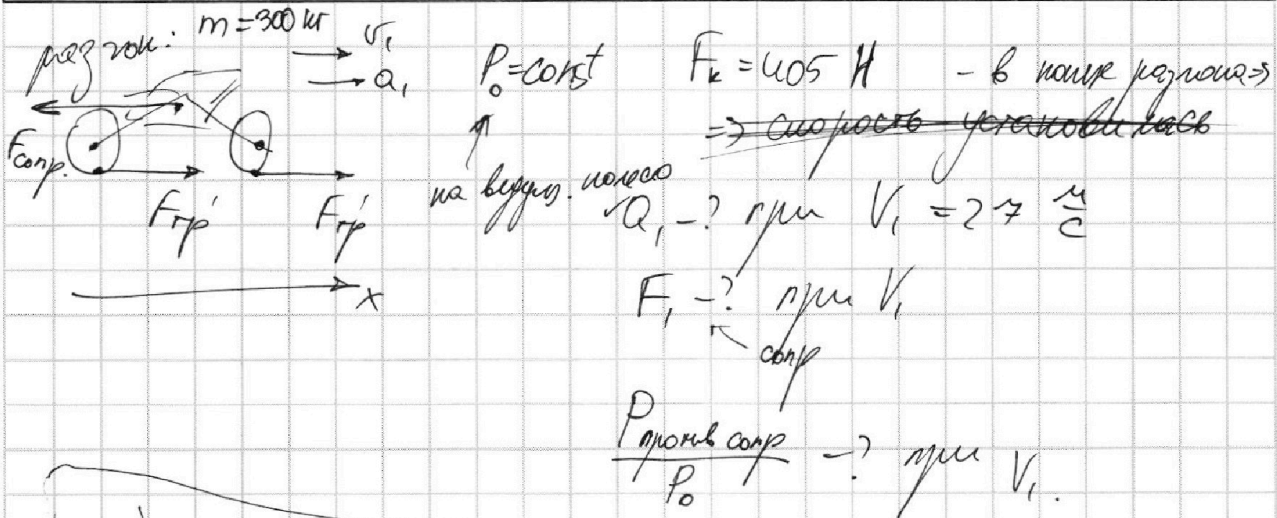
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) II 3-и к ох: $ma_1 = F_{\text{тр}} - F_{\text{сопр}}$ (1)

2) $a_1 = \frac{dV}{dt}$, т.е. вторая угловая кривая касательной к графику $v(t)$ в точке с V_1 точно так же, поэтому можно посчитать a_1 в точке $26 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, где a почти такое же, а точка лежит на прямой оси.

$$a_1 = \frac{30 - 28}{34 - 14} = \frac{2}{20} = 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

3) в конце разгона скорость чет $\Rightarrow F_k = F_{\text{сопр}}$ $a = 0$ и (1)

(1): $ma_k = F_{\text{тр}k} - F_k$

для определения a_k получили аналогично п. 2:

$$a_k = \frac{29,5 - 29}{26 - 12} = \frac{0,5}{14} = \frac{1}{28} \approx 0,03 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

отсюда: F

$F_{\text{сопр}} = dV$ (2) - пропорциональна скорости.

4) отсюда в конце разгона ($V_k = 40 \frac{\text{м}}{\text{с}}$)

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!

$$6) \quad \frac{P_{\text{протекс соп}}}{P_0} = \frac{F_1 \cdot V_1}{F_{\text{пр1}} \cdot V_1} = \frac{F_1}{F_{\text{пр1}}} = \frac{365 \frac{\text{н}}{\text{д}}}{440 \frac{\text{н}}{\text{д}}} = \frac{73}{88}$$

$$\text{Ответ: } a_1 = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad F_1 = 365 \text{ н}; \quad \frac{P_{\text{протекс соп}}}{P_0} = \frac{73}{88}$$

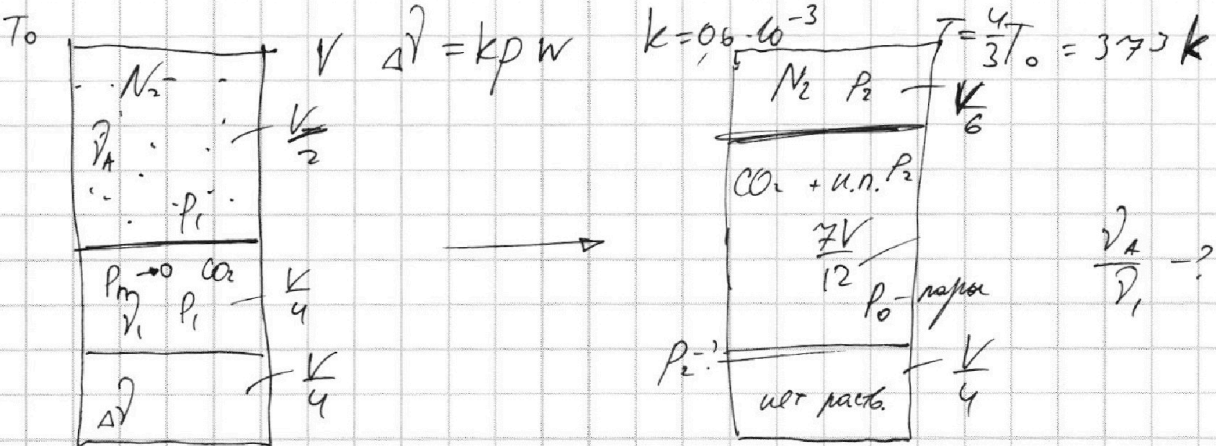
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) по нач. урав. Менделеева - Клапейрона: $N_2: p_1 \cdot \frac{V}{2} = \nu_A \cdot R \cdot T_0$ (1)
 $\Rightarrow \nu_A = \frac{V}{2} \cdot \frac{p_1}{R T_0}$
 $CO_2: p_1 \cdot \frac{V}{4} = \nu_1 \cdot R \cdot T_0$ (2)
 $\Rightarrow \frac{\nu_A}{\nu_1} = \frac{V}{2} \cdot \frac{4}{V} = 2$

2) после нагрев $T = 373 K = 100^\circ C$ $p_{паров\ воды} = p_0$ при жидк.
 учмк: $N_2: \frac{V}{6} p_2 = \nu_A R \cdot \frac{4}{3} T_0$ (3)

$CO_2: \frac{7V}{12} \cdot p_{CO_2} = (\nu_1 + \nu_1) R T_0 \cdot \frac{4}{3} \Rightarrow \frac{7V}{12} (p_2 - p_0) = (\nu_1 + \nu_1) R T_0 \cdot \frac{4}{3}$ (4)

3 и Клапейрона: $p_2 = p_0 + p_{CO_2} \Rightarrow p_{CO_2} = (p_2 - p_0)$

5) $\Delta l = k \cdot p_1 \cdot \frac{V}{4}$ (5)

4) $\Delta l = k(p_1 \frac{V}{4}) = k \cdot \nu_1 R T_0$ (из (5) и (2)). $\nu_A = 2\nu_1 \rightarrow$ в (3) и (4)

$p_2 \cdot \frac{V}{6} = 2\nu_1 \cdot \frac{4}{3} R T_0$ (3*)

$\frac{7V}{12} (p_2 - p_0) = \nu_1 (1 + k R T_0) R T_0 \cdot \frac{4}{3}$ (4*)

5) (3*) : $\frac{p_2 \cdot \frac{V}{6}}{\frac{7V}{12} (p_2 - p_0)} = \frac{2 \cdot \frac{4}{3}}{(1 + k R T_0) \cdot \frac{4}{3}}$

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!

$$5) \frac{P_2 \cdot 12}{6 \cdot 7 (P_2 - P_0)} = \frac{2}{1 + kRT_0}$$

$$1 + kRT_0 = \frac{7(P_2 - P_0)}{P_2}$$

$$1 + kRT_0 = 7 - \frac{7P_0}{P_2}$$

$$\frac{7P_0}{P_2} = 7 - 1 - kRT_0$$

$$\frac{7P_0}{P_2} = 6 - kRT_0 \Rightarrow P_2 = \frac{7}{6 - kRT_0} \cdot P_0 =$$

~~$$= \frac{7}{6 - 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3} P_0 =$$~~

$$3) RT = \frac{4}{3} RT_0 \Rightarrow RT_0 = \frac{3RT}{4} = \frac{3}{4} \cdot 3 \cdot 10^3$$

$$P_2 = \frac{7}{6 - 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{9}{4} \cdot 10^3} P_0 = \frac{7}{6 - \frac{6^3 \cdot 9}{10 \cdot 42}} P_0 = \frac{7 \cdot 20}{120 - 27} P_0 =$$

$$= \frac{140}{93} P_0$$

Ответ $\boxed{\frac{P_2}{P_1} = 2; P_2 = \frac{140}{93} P_0}$

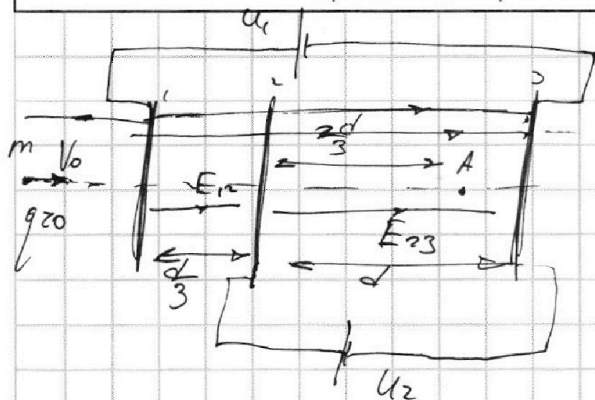
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$$U_1 = 2U \quad U_2 = U$$

$\sqrt{a_{23} - ?}$ модуль уса между 2 и 3

$\sqrt{k_3 - k_2 - ?}$ или же при выборе 2 и 3

$U_A - ?$

1) равенство напряжений:
$$\begin{cases} U_2 = E_{23} \cdot d & (1) \\ U_1 = E_{12} \cdot \frac{d}{3} + E_{23} \cdot d & (2) \end{cases}$$

(1) \rightarrow (2)
$$U_1 = E_{12} \cdot \frac{d}{3} + U_2 \Rightarrow E_{12} = \frac{3}{d} \cdot (2U - U) = \frac{3U}{d}$$

$$E_{23} = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$$

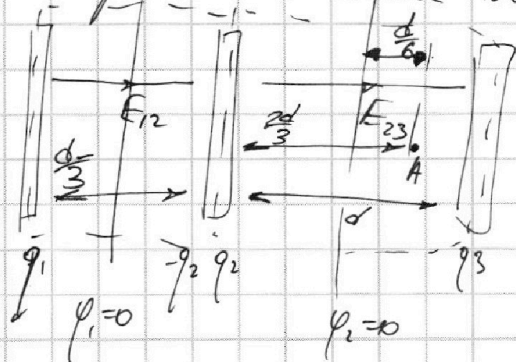
2) II закон:

$$m a_{23} = E_{23} \cdot q \Rightarrow a_{23} = \frac{E_{23} \cdot q}{m} = \frac{Uq}{md}$$

3) th. о консервативной энергии 2-3:
$$K_3 - K_2 = E_{23} \cdot q \cdot d = \frac{Uq \cdot d}{d} = Uq$$

4) ЗСЭ:
$$\left(\frac{m v_A^2}{2} + W_{\text{пол}} \right)_k - \left(\frac{m v_0^2}{2} \right)_k = 0 \quad \text{— на оси } W_{\text{п}} = 0$$

5) рассмотрим пластины как два конденсатора:



они друг на друга не влияют. В центре симметричного конденсатора $\varphi = 0$ посередине между обкладками. По принципу суперпозиции потенциал:

$$\varphi_A = \varphi_{A1} + \varphi_{A2}(U)$$

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 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!

6) найдем φ_{A1} и φ_{A2} . $\frac{2d}{3} - \frac{d}{2} = \frac{4d}{6} - \frac{3d}{6} = \frac{d}{6}$

$$\varphi_0 - \varphi_{A2} = E_{23} \cdot \frac{d}{6} \Rightarrow \varphi_{A2} = \varphi_0 - E_{23} \cdot \frac{d}{6} = 0 - \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{6} = -\frac{U}{6}$$

$$\varphi_{A1} \Rightarrow \varphi_0 - \varphi_{A1} = E_{12} \cdot \frac{d}{6} \Rightarrow \varphi_{A1} = 0 - E_{12} \cdot \frac{d}{6} = -\frac{3U}{d} \cdot \frac{d}{6} = -\frac{U}{2}$$

$$\varphi_A = \varphi_{A1} + \varphi_{A2} = -\frac{U}{6} - \frac{U}{2} = -\frac{U}{6} - \frac{3U}{6} = -\frac{4U}{6} = -\frac{2U}{3}$$

3) $W_{HA} = \varphi_A \cdot q = -\frac{2Uq}{3l} \rightarrow 6 \text{ (3):}$

$$\frac{m v_A^2}{2} + \left(-\frac{2Uq}{3l}\right) - \frac{m v_0^2}{2} = 0$$

$$\frac{m v_A^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{2Uq}{3l}$$

$$v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{4Uq}{3ml}}$$

$$\text{Ответ } a_{23} = \frac{Uq}{md}; \quad k_3 - k_2 = Uq; \quad v_A = \sqrt{v_0^2 + \frac{4Uq}{3ml}}$$

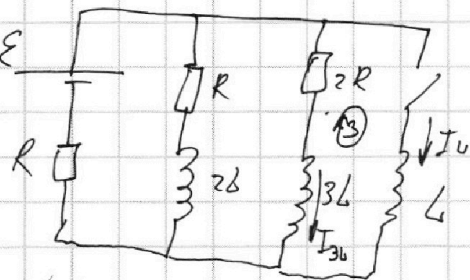
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

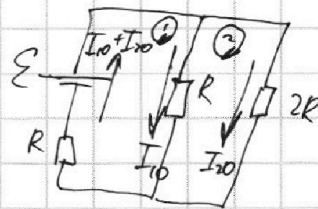
1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



1) уст. реж - $\dot{I} = 0$ ток пост.



$\sqrt{I_{20}}?$ через 2R при реж.
 $\sqrt{I_{L0}}?$ сразу после замк.
 $q_{2R}?$ при замык.

(1) II пр. контр $\mathcal{E} = I_{10}R + R(I_{10} + I_{20})$
 (2) $0 = 2R I_{20} - I_{10}R$

из контура (2): $I_{10} = 2I_{20} \rightarrow$ в (1):
 $\mathcal{E} = 2I_{20}R + R(3I_{20})$
 $\mathcal{E} = 5I_{20}R \Rightarrow I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}, I_{10} = \frac{2\mathcal{E}}{5R}$

2) сразу после замык ток через L еще не ушел поэтому из-за индукции контр \Rightarrow из контура (3): $\dot{I}_{L0}L = 2R \dot{I}_{20}$

$$\dot{I}_{L0} = \frac{2R \cdot \frac{\mathcal{E}}{5R}}{L} = \frac{2\mathcal{E}}{5L}$$

3) после замык ток через кату уст. когда-то $\Rightarrow \dot{I} = 0$ кату и напря. на L равно нулю, кату на паралл. ветках ток через ветки R 2L и 2R 3L будет не будет.

III пр. контр (3): $-\dot{I}_{L0}L + \dot{I}_{3L0}3L = -2R \cdot \dot{I}_{2L0}$
 $\Delta I_{L0}L - \Delta I_{3L0}3L = 2R \cdot q_{2R}$ (3)

4) $\Delta I_{L0} = \frac{\mathcal{E}}{R} - 0$; $\Delta I_{3L0} = 0 - I_{20} = -\frac{\mathcal{E}}{5R} \rightarrow$ (3)

$$\frac{\mathcal{E}L}{R} + \frac{3\mathcal{E}L}{5R} = 2R \cdot q_{2R} \Rightarrow 2R q_{2R} = \frac{4}{5} \frac{\mathcal{E}L}{R} \Rightarrow q_{2R} = \frac{4\mathcal{E}L}{5R^2}$$

Ответ: $I_{20} = \frac{\mathcal{E}}{5R}$; $\dot{I}_{L0} = \frac{2\mathcal{E}}{5L}$; $q_{2R} = \frac{4\mathcal{E}L}{5R^2}$

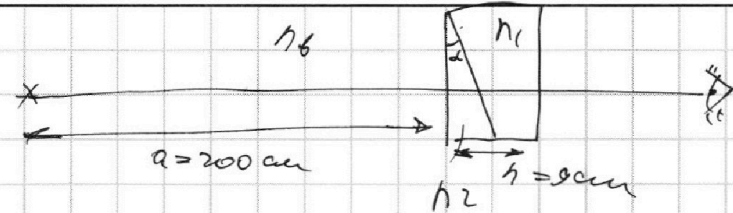
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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!



$A \ll h$

$n_1 = n_2 = 1,0; n_3 = 1,6$

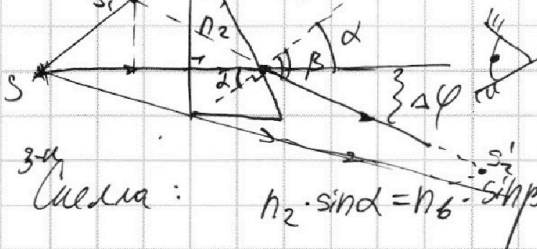
$\Delta\varphi$ -! угол откл.

S_1 -? между свет. и изобр., под углом наблюдения.

$n_1 = 1,0; n_2 = 1,6; S_2$ -?

1) при $n_1 = n_2$ части n_1 все равно что нет. не прел.

$\alpha = 0,05 \text{ рад}$

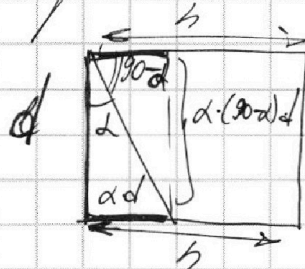
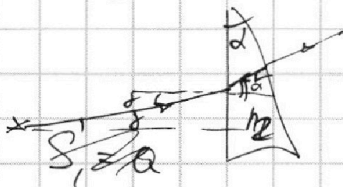


3-я формула: $n_2 \cdot \sin \alpha = n_6 \cdot \sin \beta$

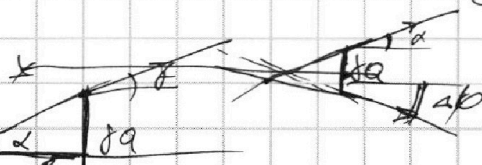
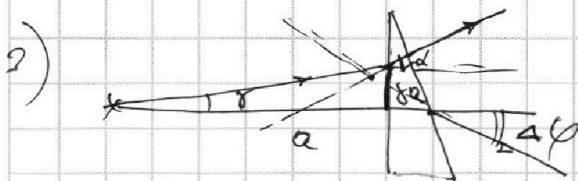
$\alpha, \beta \text{ мала} \Rightarrow n_2 \cdot \alpha = n_6 \cdot \beta \Rightarrow \beta = \frac{n_2}{n_6} \alpha$

$\Delta\varphi = \beta - \alpha = \frac{n_2}{n_6} \alpha - \alpha = \alpha \left(\frac{n_2}{n_6} - 1 \right) = 0,05 \cdot \left(\frac{1,6}{1} - 1 \right) = 0,05 \cdot 0,6 = 0,03 \text{ рад}$

2) изобраз. - место пересечения лучей от свет. под углом S_2 .



$n_6 \cdot \delta = n_2 \alpha \Rightarrow \delta = \frac{n_2}{n_6} \alpha = \beta = 1,6 \cdot 0,05 = 0,08 \text{ рад}$



$\alpha = \frac{\delta a}{l} \Rightarrow l = d \delta a$

$l_{\text{эф}} = \frac{(\alpha + \delta) a}{2} = 0,06 \cdot 0,08 \cdot 200 =$

Ответ $\Delta\varphi = 0,03 \text{ рад}$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

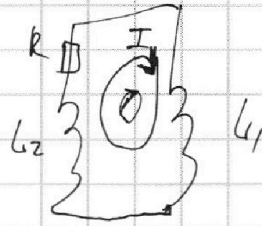
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

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



методом.



$$60 + 12 + 1 = 73$$

$$80 + 8$$

$$\frac{23}{R}$$

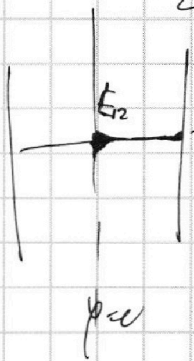
$$V - \frac{V}{4} = \frac{3V}{4}$$

$$\frac{2V}{4} - \frac{V}{6} = \frac{1}{2} \left(\frac{3V}{2} - \frac{V}{3} \right) =$$

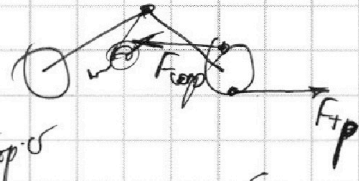
$$= \frac{1}{2} \left(\frac{9V}{6} - \frac{2V}{6} \right) = \frac{7V}{12}$$

$$-iL_1 - iL_2 = IR$$

$$-(0 - I)(L_1 + L_2) = IR \quad P_0 = \text{const}$$



$E \ll E_2$ $\varphi = ?$

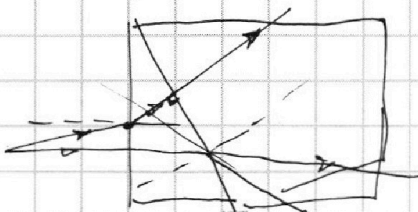


$$P_0 = F_{sp} v$$

$$P_2 \frac{V}{6} = P_A R \frac{4}{3} T_0 \quad (3)$$

$$\frac{7V}{12} (P_2 - P_0) = (2\sqrt{1} + \sqrt{1}) RT_0 \cdot \frac{4}{3} \quad (4)$$

0,030



$$Ad = k P_1 \cdot \frac{V}{4} = k \sqrt{1} RT_0$$

$$\sqrt{A} = 2\sqrt{1}$$

$$P_2 \cdot \frac{V}{6} = 2\sqrt{1} R \cdot \frac{4}{3} T_0 \quad (3')$$

$$\frac{7V}{12} (P_2 - P_0) = \sqrt{1} (1 + kRT_0) RT_0 \cdot \frac{4}{3}$$

