



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023



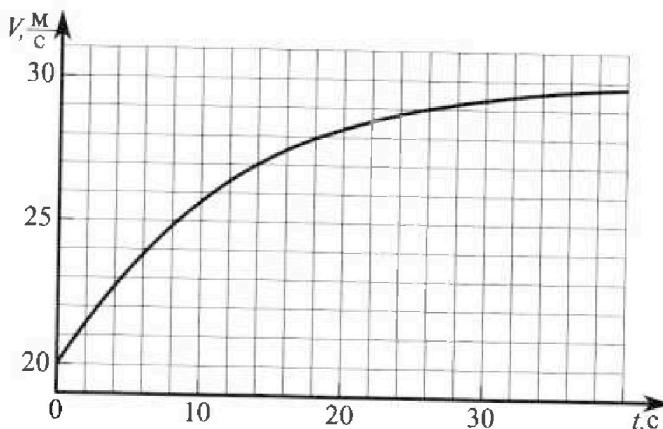
Вариант 11-04

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

1. Мотоциклист массой (вместе с мотоциклом) $m = 240$ 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 $F_k = 200$ Н.

- 1) Используя график, найти ускорение мотоцикла в начале разгона.
- 2) Найти силу сопротивления движению F_0 в начале разгона.
- 3) Какая часть мощности, передаваемой на ведущее колесо, идет на преодоление силы сопротивления движению в начале разгона?

Требуемая точность чи сленного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

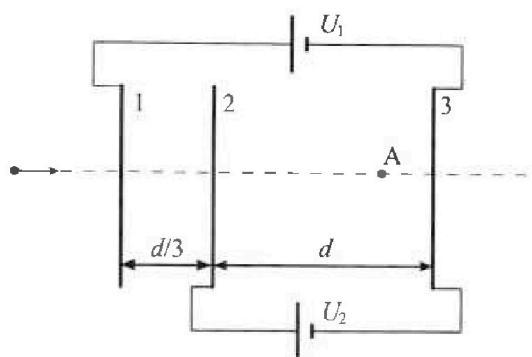


2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится углекислый газ, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $3V/8$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 4T_0/3 = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/8$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δv растворённого газа в объёме жидкости v пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta v = k_{\text{рв}} p$. 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.

- 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 $d/3$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = 5U$ и $U_2 = U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 2 и 3.
- 2) Найти разность $K_3 - K_2$, где K_2 и K_3 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 2 и 3.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $3d/4$ от сетки 2.

**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023**

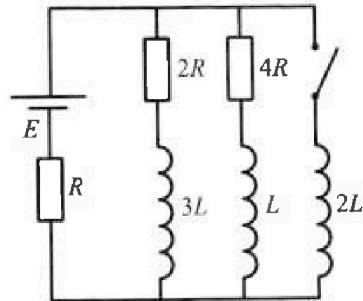
Вариант 11-04

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

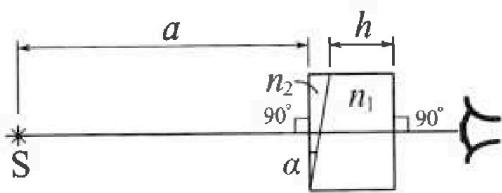
4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через резистор с сопротивлением $4R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью $2L$ сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $4R$ 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 $n_b = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 100$ 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.



- 1) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_b = 1,0$, $n_2 = 1,7$, 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.



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!

1) $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, где $\Delta t = 2c$ от начала $\Delta v \approx 1,5 \text{ м/c}$
из гравитации, тогда $a_0 = \frac{1,5 \text{ м/c}}{2c} \approx 0,75 \text{ м/c}^2$

2) Матричные уравнения создаём силу $F_{\text{ж}} = \text{const}$.
По 2-й законом: $m\ddot{x} = F_{\text{ж}} - F_{\text{сопр}}$, $F_{\text{сопр}} - \text{сила}$
~~сопротивления сжатию~~

В начале движения $x \approx 0$, тогда $F_{\text{ж}} = F_{\text{сопр}} = F_K =$
 $= 200 \text{ Н}$.

В начале удлинения:

$$m\ddot{x}_0 = F_{\text{ж}} - F_0 \rightarrow F_0 = F_{\text{ж}} - m\ddot{x}_0 = 200 - 240 \cdot 0,75 = \\ = 200 - 180 = 20 \text{ Н}$$

3) $W \sim F_{\text{ж}}$, W -матрица удлинения.

$$\text{тогда } \frac{F_0}{F_{\text{ж}}} = \frac{20}{200} = 10\%$$

Ответ! $0,75 \text{ м/c}^2$, ~~200Н~~, 20 Н , 10%

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

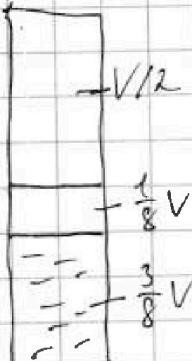
- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ



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

11



При нынешнем давлении в сосуде и температуре 6 газов в нем нет.

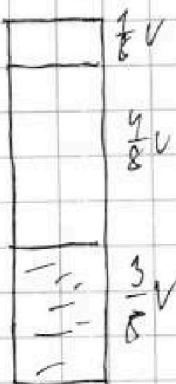
В начальном состоянии, учит. теплоемкость - постоянна:

$$P_0 \cdot \frac{V}{2} = d_6 RT_0, d_6 - \text{кал-ко } CO_2 \text{ в первонач.}$$

$$P_0 \cdot \frac{1}{8} V = d_H RT_0, d_H - \text{кал-ко } CO_2 \text{ в начин., давление паров } H_2O \text{ не учитываемое получено,}$$

$$\Delta K_{CO_2} = \frac{d_6}{d_H} = \frac{V}{2} / \frac{1}{8} V = 4$$

21



В начальном состоянии $T = 373K = 100^\circ C$ в цилиндрическом сосуде сжимаемое давление максимальное из всех водяных паров при $100^\circ C$ это равно P_{ATH} . При температуре 6 давление "свободного" дает расширение газа.

$$\Delta J = K P_0 \cdot \frac{3}{8} V$$

Получаем:

$$PK \cdot \frac{1}{8} V = d_6 RT, PK = P_{ATH} + \frac{(d_6+2d_7)RT}{\frac{1}{2} V}$$

$$8d_6 RT / V = P_{ATH} + 2 \frac{d_6 RT}{V} + 2 \frac{(K P_0 + \frac{3}{8} V) RT}{V}$$

$$PK = 8 \frac{d_6 RT}{V} = 4 P_0, 2 \frac{d_6 RT}{V} = \frac{1}{4} P_0$$

$$4 P_0 = P_{ATH} + \frac{1}{4} P_0 + 2 \frac{\Delta J RT}{V} \rightarrow 3,75 P_0 = P_{ATH} + 2 \cdot K \cdot P_0 \cdot \frac{3}{8} \cdot RT$$

$$P_0 = \frac{P_{ATH}}{3,75 - 2 \cdot K \cdot \frac{3}{8} \cdot RT} = \frac{P_{ATH}}{3,75 - 2 \cdot 0,6 \cdot \frac{3}{8} \cdot 373} = \frac{P_{ATH}}{375 - 135} = \frac{P_{ATH}}{2,4} = \frac{5}{12} P_{ATH}$$

Ответ: $\frac{5}{12} P_{ATH}$



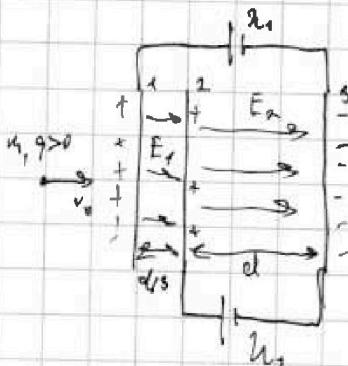
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

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 |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

МФТИ

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



$$U_1 = 5U \quad U_2 = U$$

Пусть напряжения ЭДС поля
составляют между зажимами 1 и 2 величины
 E_1 , а между 2 и 3 - E_2 .

Тогда разность напряжений $U_2 - U_3 =$

$$= U_2 = E_2 d \rightarrow E_2 = \frac{U_2}{d} = \frac{U}{d}$$

Тогда сила тока I_2 , действующая на единицу

$$F_K = E_2 q = \frac{U_2}{d} q, \quad \text{II закон Ньютона; } m a = F_K \Rightarrow$$

$$1) \quad C_{K2} = \frac{U_2}{dm}$$

$$\text{Аналогично } 2) \quad U_1 - U_3 = U_1 = E_1 \cdot \frac{d}{3} + E_2 \cdot d \Rightarrow E_1 = \frac{3U}{12d} = \frac{U}{4d}$$

$$2) \quad K_2 = \frac{m V_0^2}{2} + E_2 \cdot \frac{d}{3} \cdot q = \frac{m V_0^2}{2} + 4Uq \quad - \text{из 3-го закр. Эйри}$$

$$K_3 = \frac{m V_0^2}{2} + 5Uq = \frac{m V_0^2}{2} + 5Uq$$

$$K_3 - K_2 = Uq$$

$$3) \quad K_A = \frac{m V_0^2}{2} = \frac{m V_0^2}{2} + 4Uq + \frac{3}{4}d \cdot E_2$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 + K_2(8+1,5dm)} = \sqrt{V_0^2 + 9,5Uqdm}$$

$$\text{Ответ: } \frac{Uq}{dm}, \quad Uq, \quad \sqrt{V_0^2 + 9,5Uqdm}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

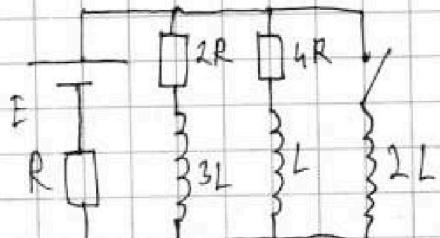
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

1)



При регулировании тока
в участке включении резистора
 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$ среди концов индукции
равен 0 \Rightarrow ~~Есть~~ самонесущий
конец концов тоже 0.

Тогда можно упростить схему:



Сопротивление Роуда всей цепи

$$R_{Ro} = R + \frac{1}{\frac{1}{2R} + \frac{1}{4R}} = R + \frac{4}{3}R = \frac{7}{3}R$$

$$E = I_0 R_{Ro} \Rightarrow I_0 = \frac{E}{R_{Ro}} \cdot \frac{3}{7}$$

$$I_0 = I_{10} + I_{20}, \quad \frac{I_{10}}{I_{20}} = \frac{4R}{2R} = 2 - \text{из I и II правило Кирхгофа}$$

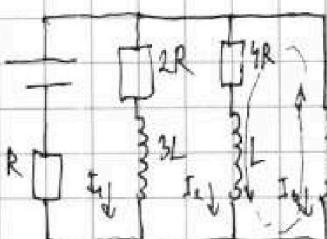
$$I_0 = 3I_{20} \Rightarrow I_{20} = \frac{E}{7R}$$

2) сразу после замыкания цепи тока, проинициализируя через концы все индукции, и учитывая что тока через индукции ЭДС имеют неизменный. Решение II правило Кирхгофа для контура с 2L и источниками,

$$E = I_0 R + \dot{E}_{2L}, \quad \dot{E}_{2L} - \text{ЭДС самонесущими концами } 2L$$

$$\dot{E}_{2L} = E - I_0 R = E - E \cdot \frac{3}{7} = \frac{4}{7}E, \quad \dot{E}_{2L} = \frac{\Delta \dot{I}_{2L}}{\Delta t} \cdot 2L \Rightarrow \frac{\Delta \dot{I}_{2L}}{\Delta t} = \frac{2E}{7L}.$$

3)



До установления работы токов I_1, I_2
существует установка по Ньюла (н.к.
супр. величины с 2L равно 0), а I_3 увеличивается

II правило Кирхгофа для контура с 4R и 2L!
 $4R \cdot I_2 + I_2 L + I_3 L = 0$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

$$4R \cdot I_2 + I_2' L \mp I_3' \cdot 2L = 0$$

✓ Применим правило вычитания по dt от
момента замыкающего то момента свободы;

$$\int_{t_1}^{t_2} 4R \cdot I_2 dt + \int_{t_2}^{t_3} I_2' L dt \mp \int_{t_3}^{t_4} I_3' \cdot 2L dt = 0$$

$$4R \cdot \Delta q + L \cdot (\Delta I_2) \mp 2L \cdot (\Delta I_3) = 0$$

$$\Delta I_2 = I_{20} - I_{20} = -\frac{E}{4R}$$

$$\Delta I_3 = I_{3K} - 0, \quad I_{3K} R = E \rightarrow I_{3K} = \frac{E}{R}$$

$$4R \cdot \Delta q = 2L \cdot \frac{E}{R} + L \cdot \frac{E}{4R} = \frac{EL}{R} (2 + \frac{1}{4}) = \frac{15}{4} \frac{EL}{R}$$

$$\Delta q = \frac{15}{28} \frac{EL}{R}$$

$$\text{Ответ: } \frac{1}{4} \frac{E}{R}, \frac{2E}{7L}, \frac{15}{28} \frac{EL}{R}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

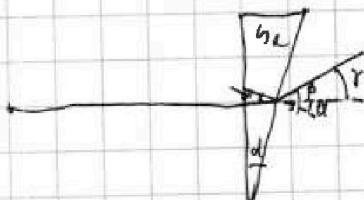
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" 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!

11



и.к. $v_1 = v_2$, значит синусы
этых градусов будут одинаковы.

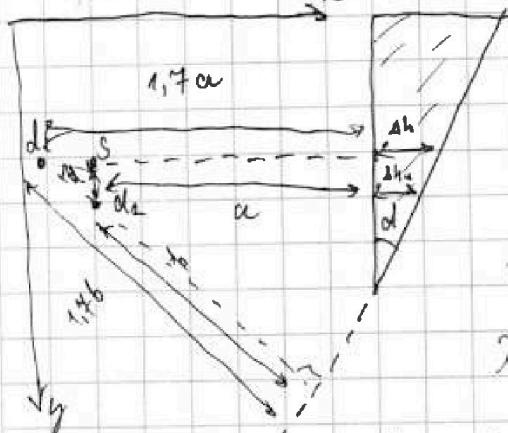
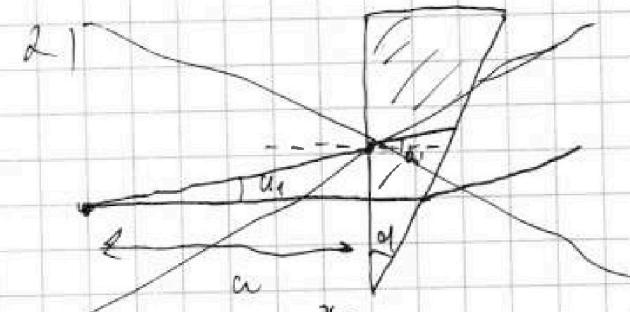
$$\text{угол отклонения } \gamma = \beta - \alpha$$

$$v_b \sin \beta = v_a \sin \alpha - \text{по з-му вспоминаем}$$

$\alpha = \sin \alpha$, $\beta = \sin \beta$ - касательные к окружности в точках углов.

$$\beta = \frac{v_b}{v_a} \alpha = 0,17 \text{ рад} / \text{рад}, \gamma = 0,04 \text{ рад}.$$

21



d_1 - изогнутение изогнутое
так при падении света приходит
 d_2 - изогнутение при падении
за преломл. $\Delta h, \Delta h_2$ - касательные
в разных точках

$$1.7b = (1.7a + \Delta h) \cdot \cos \alpha$$

$$x_{d_2} = b / \cos \alpha = a + \frac{\Delta h}{1.7} - \text{расстояние искр.}
от d_2 \text{ до преломл.}$$

$$\text{при } \Delta h \rightarrow 0 \quad x_{d_2} = x_g = a$$

$$\delta d_2 - g_{d_1} = (x_{d_2} - x_g) \cdot \tan \alpha = 0,7a \cdot \tan \alpha, \tan \alpha \approx \alpha$$

$$0,7a \cdot 0,1 \cdot 100 = 7 \text{ см.}$$



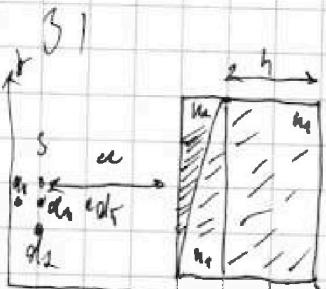
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

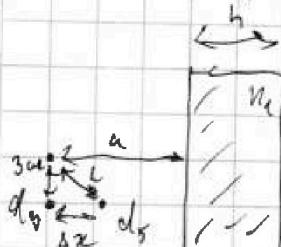


Из предложенного изображения мы получаем,
что прямая с углом α и параллельная
прямой l_1 смещение h образует
угол β на $(l_1 - l_2)$ град.

Но $\tan \beta = \frac{h}{d}$, т.к. $d = d_1 + d_2$.

n_1 и n_2 с тангенсом на прямую l_1 параллельны.

Первый критерий смещения изображения на h см в плоскости d_2
второй критерий смещения в другую плоскость по d_1 (т.к. он
непрерывен) т.е. $1,4 - 1,1 \cdot \alpha = 0,1 = 4$ см в плоскости d_3



$$\Delta x = (a + h) - \frac{1}{n_1} (a \cdot n_1 + h) = h - \frac{h}{n_1} = 14 - 10 = 4 \text{ см}$$

$$\Delta y = 4 - 4 = 3 \text{ см.}$$

$$L = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 5 \text{ см}$$

Ответ: 0,07 рад; 7 см; 5 см

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

5

6

7

 **МФТИ**

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

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!

$$I_1 \cdot 4R + I_2 L = 2I_3 L$$

~~$$I_1 \cdot 2R + I_2 \cdot 3L = 2I_3 L$$~~

~~$$I_2 E = I_2 R + E - IR = 2I_3 L \quad I = I_1 + I_2 + I_3$$~~

$$1 \frac{m}{C} / \frac{A}{s} \cdot 2 = 0,75 \text{ мА}^2 \quad 1,5 / 2 = 0,75 \text{ мА}^2$$



$$F_T = KV$$

$$F_K = F_K,$$

$$200 / 30 = K$$

~~$$\frac{3}{4} \cdot 240 = 180N = F_K - F_0$$~~

~~$$F_0 = 20N$$~~



$$\frac{1}{2}V$$

$$\frac{1}{8}V$$

$$\frac{3}{8}V$$

$$\Delta V = K p \Delta \frac{1}{8}V$$

$$p \cdot \frac{1}{2}V = n k T$$

$$p \cdot \frac{6}{8}V = 3n k T$$



$$P_A + \frac{(n_k + 3n_k)RT_a}{V}$$

$$0,6 \cdot \frac{3}{4} \cdot 3 = \frac{5,4}{4} = \frac{2,7}{2} = 1,35$$

$$\frac{29}{20} = \frac{12}{5}$$

$$U = E \cdot d$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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