



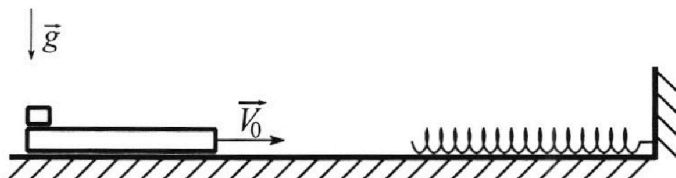
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

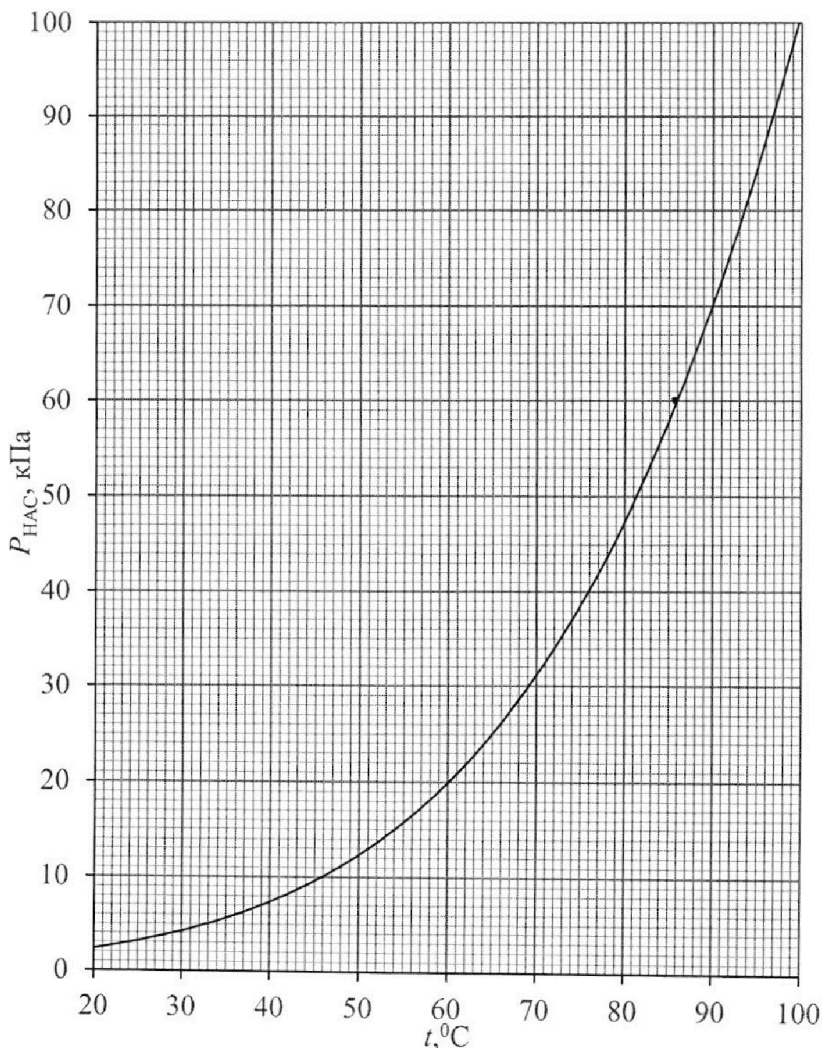


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





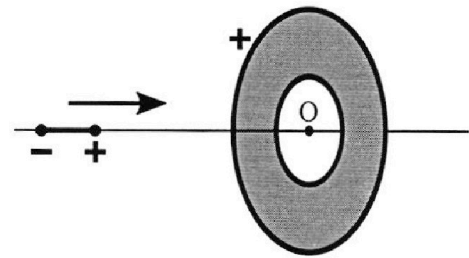
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

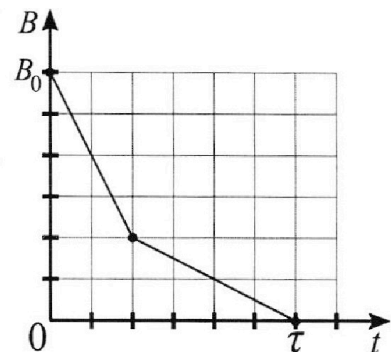
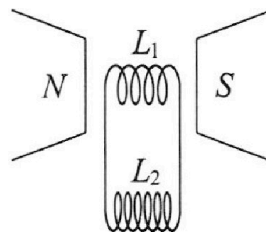


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполлю сообщают начальную скорость $2V_0$.



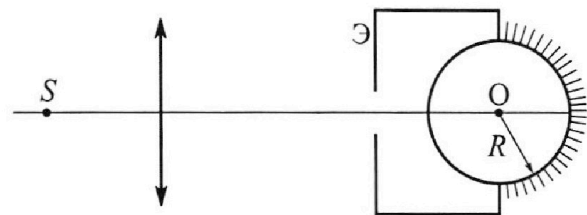
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8F/3$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 2F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1
☒

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

реш

Решение

$$\ddot{x}(t) = -A\omega^2 \sin \omega t - B\omega^2 \cos \omega t \quad 3$$

$$\Rightarrow -\frac{\ddot{x}}{\omega^2} = A \sin + B \cos \quad | : \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$-\frac{\ddot{x}}{\omega^2 \sqrt{A^2 + B^2}} = \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}} \sin + \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2}} \cos = \cos(\omega t + \varphi) \Rightarrow \ddot{x} = -\omega^2 \sqrt{A^2 + B^2} \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

$$\begin{aligned} \ddot{x}_{\max} &= \omega^2 \sqrt{A^2 + B^2} = \frac{28}{2} \cdot \sqrt{\frac{4}{81} + \frac{8 \cdot 2}{28 \cdot 9}} = \frac{28}{2} \cdot \sqrt{\frac{4}{81} + \frac{2}{9}} = \\ &= \frac{28}{2} \cdot \sqrt{\frac{4}{81} + \frac{18}{81}} = \frac{28}{2} \cdot \frac{\sqrt{22}}{9} = \boxed{\frac{3}{2} \sqrt{22} \approx 9} \end{aligned}$$

$$\text{Дано: } 1) x = \frac{1}{3} \text{ м} \quad 2) t = \frac{1}{8} \text{ с} \quad 3) a = \frac{3}{2} \sqrt{22} \text{ м/с}^2$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1^е предположение

~~Введем~~ Γ — вектор для момента до начала отн. вращ.: $\Gamma(0) = \Gamma_0$

$$(M+m) \cdot \frac{d^2 \delta}{dt^2} = -KX \Rightarrow (M+m) \ddot{X} + KX = 0 \quad \boxed{\ddot{X} + \frac{K}{M+m} X = 0}$$

где X — смещение мушкетера $\ddot{X} + \frac{K}{M+m} X = 0$ — уравнение гармонич. колеб.

$$X(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t, \text{ где } \omega = \sqrt{\frac{K}{M+m}}$$

$$\dot{X}(t) = A\omega \cos \omega t - B\omega \sin \omega t$$

$$X(0) = 0 \Rightarrow \boxed{B = 0}$$

$$A = \frac{\Gamma_0}{\omega}$$

напишем фазовую диаграмму! $\Gamma(0) = \Gamma_0$

начало поворота вектора Γ —

$\Gamma(1)$, конец поворота — $\Gamma(2)$ —

начало отн. вращ.

Тогда $t \sim \varphi$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{t}{\varphi} \Rightarrow \boxed{t = T \cdot \frac{\varphi}{2\pi}}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \Rightarrow \omega = \frac{T}{2\pi}$$

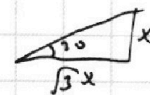
в $\Gamma(2)$

$$\delta = \Gamma_0 \text{ м/с}$$

$$X = \frac{1}{3} \text{ м}$$

$$\text{Тогда } \tan \varphi = \frac{X \cdot \omega}{\delta} = \frac{\Gamma_0}{\delta} =$$

$$= \frac{\frac{1}{3} \cdot 3}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = \tan 30^\circ \Rightarrow$$



$$\Rightarrow \boxed{\varphi = 30^\circ} = \frac{\pi}{6}$$

$$\text{Тогда } t = \frac{2\pi}{\omega} \cdot \frac{\varphi}{2\pi} = \frac{2\pi}{3} \cdot \frac{\pi/6}{2\pi} = \frac{\pi}{18} \approx \frac{3}{18} = \frac{1}{6} \text{ с}$$

$$\boxed{t = \frac{1}{6} \text{ с}}$$

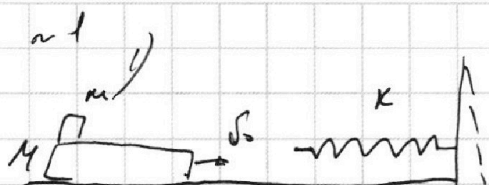
или предположение как след стр



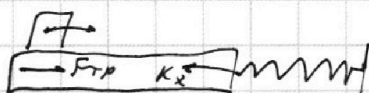
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



найдем статическое удлинение:



В момент начала относительно движения скорости доски и блока будут равны: то же касается и ускорений

$$\text{ЗС: } \frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{(M+m)v^2}{2}$$

$$\text{ДЗ.Н.: } (M+m) \frac{dv}{dt} = kx; \quad (M+m) \frac{dx}{dt} = -kx$$

$$a \Rightarrow \frac{dv}{dt} = -\frac{kx}{M+m} = \frac{-kx + \mu mg}{M} \Rightarrow -kx \cdot M = -kx(M+m) + \mu(M+m)mg$$

$$\mu kx = \mu(M+m)mg \Rightarrow x = \frac{\mu(M+m)g}{k}$$

$$\mu = 0,3$$

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$g = 10$$

$$k = 28$$

$$x = \frac{0,3 \cdot (2+1) \cdot 10}{28} = \frac{9}{28} = \frac{1}{3} \text{ м} \quad \boxed{x = \frac{1}{3} \text{ м}}$$

2) Найдем максимальное t

из ЗС: Найдем скорость, при которой начнется относительно движение:

$$(M+m)v_0^2 = (m+M)v^2 + k \cdot \frac{(\mu(M+m)g)^2}{k^2}; \quad v_0^2 = v^2 + \frac{M+m}{k} \cdot (\mu g)^2 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sqrt{v_0^2 - \frac{(M+m)(\mu g)^2}{k}} \quad \text{подставляем!}$$

$$\Rightarrow \sqrt{v_0^2 - \frac{(M+m)(\mu g)^2}{k}} = \sqrt{4 - \frac{3 \cdot 9}{28}} = \sqrt{4 - 1} = \sqrt{3} \Rightarrow$$

или продолжение на след стр



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 4

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1. продолжение

Найдем $\frac{d\sigma}{dt}$ точки в момент макс статики!

после начала отн движ шнур:

$$M \frac{d\sigma}{dt} = -Kx + \mu mg \Rightarrow M \ddot{x} + Kx = \mu mg; \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$\ddot{x} + \frac{K}{M} x = \mu \frac{m}{M} g \quad \text{уравнение колебаний}$$

$$x(t) = A \sin \omega t + B \cos \omega t + \frac{\mu mg}{K} \quad \text{в момент макс статики } \sigma_{\text{точки}} = 0$$

$$\dot{x}(t) = A \omega \cos \omega t - B \omega \sin \omega t$$

$$\ddot{x}(t) = -A \omega^2 \sin \omega t - B \omega^2 \cos \omega t$$

$$x(0) = x = B + \frac{\mu mg}{K}$$

$$B = x - \frac{\mu mg}{K} = \frac{1}{3} - \frac{0,3 \cdot 10 \cdot 1}{28} = \frac{1}{3} - \frac{1}{9} = \frac{2}{9} = B$$

$$\dot{x}(0) = \dot{\sigma} = \dot{\sigma}_{\text{мкс}} = A \cdot \omega$$

Р-м момент макс статики!

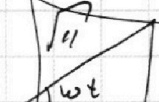
$$A \omega \cos \omega t - B \omega \sin \omega t = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A \cos \omega t = B \sin \omega t \Rightarrow \tan \omega t = \frac{A}{B} = \frac{B \cdot 9}{\omega^2} =$$

$$\omega = \sqrt{\frac{28}{2}}$$

$$\tan \omega t = \frac{B \cdot 9 \cdot 2}{\omega^2 \cdot 2} = \frac{B \cdot 9 \cdot 2}{3 \cdot B \cdot 2} = \frac{9 \cdot 2}{3 \cdot 2} = \frac{3 \cdot 2}{2} = \frac{3}{1} = \tan \omega t$$

$$\frac{\sin \omega t}{\cos \omega t} = \frac{3}{1}$$



$$\sin \omega t = \frac{3}{\sqrt{11}}$$

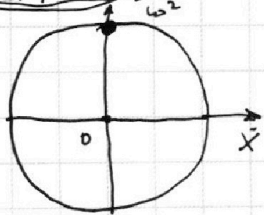
$$\cos \omega t = \frac{2}{\sqrt{11}}$$

Тогда

$$\ddot{x}(\omega t) = -\frac{5}{4} \cdot \omega^2 \cdot \frac{3}{\sqrt{11}} - \frac{2}{9} \cdot \omega^2 \cdot \frac{2}{\sqrt{11}} = -\frac{15}{4\sqrt{11}} \omega^2 - \frac{4}{9\sqrt{11}} \omega^2 = -\frac{15 \cdot 9 + 4 \cdot 4}{36\sqrt{11}} \omega^2 = -\frac{153 + 16}{36\sqrt{11}} \omega^2 = -\frac{169}{36\sqrt{11}} \omega^2$$

Т.к. $\dot{\sigma} = 0$, то $\frac{d\sigma}{dt}$ - макс - следует из значения

см продолжение на след. стр





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

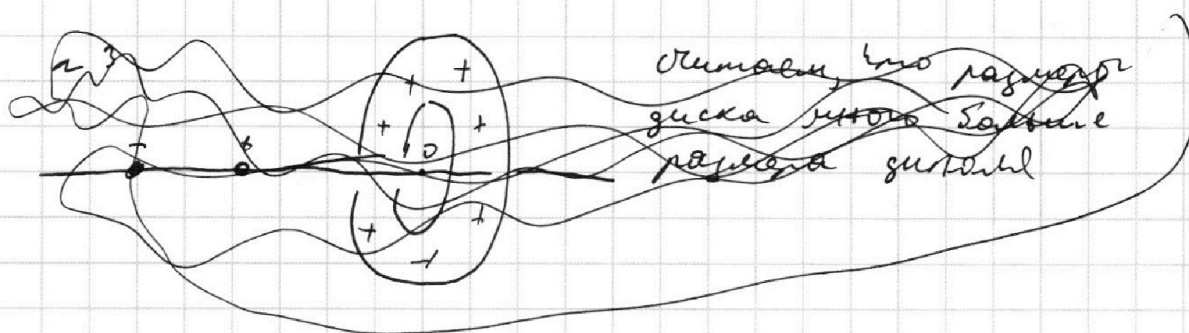
5
☐

6
☐

7
☐

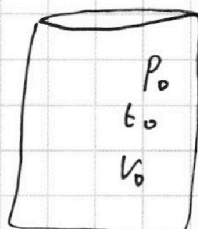
СТРАНИЦА
1 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



~ 2

$$t_0 = 86^\circ \text{C}, P_0 = 150 \text{ кПа}$$



1) Найдем парциальное давление пара:

$$\text{по условию } \varphi_0 = \frac{2}{3}$$

из рисунка видно, что $P_{\text{нас}}$ при $t_0 = 86^\circ \text{C}$:

$$= 60 \text{ кПа}$$

$$\text{Тогда } P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{нас}} =$$

$$= \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа} = P_1$$

Таким образом, парциальное давление воздуха

$$P_{\text{O}_2} = P_0 - P_1 = 150 - 40 = 110 \text{ кПа}$$

$$3. \text{ м. в. } \left\{ \begin{array}{l} P_0 \cdot V_0 = (V_{\text{O}_2} + V_{\text{H}_2\text{O}}) R T_0 \\ P_1 \cdot V_0 = V_{\text{H}_2\text{O}} R T_0 \\ P_{\text{O}_2} \cdot V_0 = V_{\text{O}_2} R T_0 \end{array} \right. \left| \begin{array}{l} \frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{O}_2}} = \frac{P_1}{P_{\text{O}_2}} = \frac{40}{110} = \frac{4}{11} \end{array} \right.$$

$$\left[\frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{O}_2}} = \frac{4}{11} \right] - \text{в начальном моменте при } t_0 = 86^\circ \text{C}$$

2) Найдем t^* при которой начнется конденсация. Питаем, что к этому моменту пар не успевает сконденсироваться, потому сократимся

$$\frac{V_{\text{H}_2\text{O}}}{V_{\text{O}_2}} = \frac{4}{11}$$

и продолжение на след стр.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
2 из 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~ 2 продолжение

при конденсации пар достигнет насыщения, поэтому $\varphi = 1$

$$3. \text{ М.К.: } \begin{cases} (P_{O_2} + P_H) \cdot V' = (V_{O_2} + V_{H_2O}) / RT' \\ P_H V' = V_{H_2O} RT' \\ P_{O_2} V' = V_{O_2} RT' \end{cases} \quad \left| \quad \frac{P_H}{P_{O_2}} = \frac{4}{11} \right.$$

опирались, что процесс изотермический, а позже конденсация - квазистатический, ~~и указание на то, что процесс~~ процесс

в таком случае $\begin{cases} P_{O_2} + P_H = P_0 \\ P_{O_2} = \frac{11}{4} P_H \end{cases} \quad \left| \quad \frac{15}{4} P_H = P_0 \Rightarrow \right.$

$$\Rightarrow P_H = \frac{4}{15} P_0 = \frac{4}{15} \cdot 150 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа}$$

По таблице давление насыщенного пара в 40 кПа соответствует $36^\circ \text{C} \Rightarrow \boxed{t = 36^\circ \text{C}}$

3) Найдем отношение $\frac{V}{V_0}$ в конце при $t = 46^\circ \text{C}$
в цилиндре будут находиться вода, пар и воздух $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ пар будет насыщенным. По таблице P_H при 46°C

$\boxed{P_H = 10 \text{ кПа}}$ т.к. процесс квазистатический

$$P_0 = P_H + P_{O_2}' \Rightarrow P_{O_2}' = P_0 - P_H = 150 - 10 = 140 \text{ кПа}$$

Тогда $\frac{V_{O_2}}{V_{H_2O}(\text{пар})} = \frac{P_{O_2}'}{P_H} = \frac{14}{1} \Rightarrow \boxed{V_{O_2} = V_{H_2O} \cdot 14}$

см продолжение на след. стр.



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1.2. графическое

в начале: $P_0 V_0 = (V_{H_2O} + V_{O_2}) R T_0$

$$\frac{V_{H_2O}}{V_{O_2}} = \frac{4}{11} \Rightarrow V_{O_2} = \frac{11}{4} V_{H_2O}$$

Тогда $P_0 V_0 = \frac{15}{4} V_{H_2O} R T_0$

в конце:

$P_0 V = (V_{H_2O} + V_{O_2}) R T$ Тогда $P_0 V = 15 V_{H_2O} R T$

$V_{O_2} = 14 \cdot V_{H_2O}$

$$P_0 V = \frac{15}{14} V_{O_2} R T$$

$$V_{H_2O} = \frac{V_{O_2}}{14}$$

$$P_0 V_0 = \frac{15}{4} V_{H_2O} R T_0$$

$$\frac{V}{V_0} = 4 \cdot \frac{T}{T_0}$$

- отношение $\frac{V}{V_0} > 1$ - это значит, что весь пар конденсировался. в конце в цилиндре остались только вода и воздух

в начале: $P_0 V_0 = (V_{H_2O} + V_{O_2}) R T_0$

$$\frac{V_{H_2O}}{V_{O_2}} = \frac{4}{11} \Rightarrow V_{H_2O} = \frac{4}{11} V_{O_2} \Rightarrow P_0 V_0 = \frac{15}{11} V_{O_2} R T_0$$

в конце:

$P_0 V = (V_{H_2O} + V_{O_2}) R T$ $P_0 V = \frac{14}{14} V_{O_2} R T$ в самом конце пара не будет, он весь конденсировался

$$\frac{V}{V_0} = \frac{14}{14} \cdot \frac{11}{15} \cdot \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{11}{15} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{11}{15} \cdot \frac{283 + 46}{283 + 86} = \frac{11}{15} \cdot \frac{319}{359}$$

Дан: 1) $P_1 = 40 \text{ кПа}$ 2) $t^* = 26^\circ \text{C}$ 3) $\frac{V}{V_0} = \frac{11}{15} \cdot \frac{319}{359}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

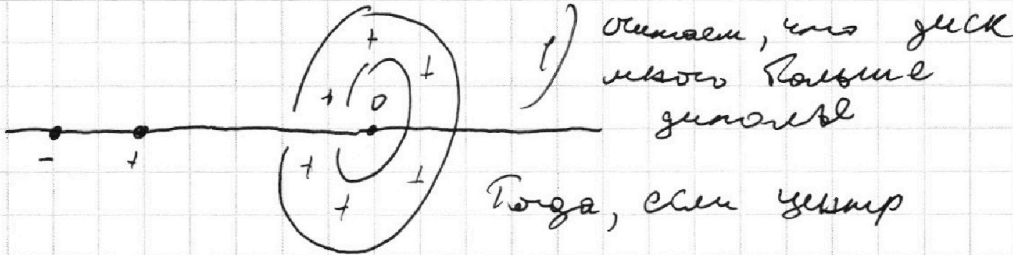
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 из 1

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

н 3



диск достигнет центра диска, то он зарядировано подвинуть центр влево

Тогда ЗСГ: $\frac{m \sigma_0^2}{2} = E_n$ + взаимодействие диска и диска

Теперь у диска $2\sigma_0$

$$\text{ЗСГ: } \begin{cases} \frac{m \cdot 4\sigma_0^2}{2} = E_n + \frac{m \sigma_0^2}{2} \\ E_n = \frac{m \sigma_0^2}{2} \end{cases} \quad \left| \quad \frac{m \sigma_0^2}{2} = \frac{3m \sigma_0^2}{2} \Rightarrow \right.$$

$$\Rightarrow \boxed{\sigma = \sqrt{3} \sigma_0} \text{ - скорость диска в центре диска}$$

2) найдем ΔV : очевидно, что $V_{\max} = 2\sigma_0$ на бесконечности, а $V_{\min} = \sqrt{3}\sigma_0$ - в центре

$$\text{Тогда } \Delta V = 2\sigma_0 - \sqrt{3}\sigma_0 = \sigma_0 \cdot (2 - \sqrt{3})$$

$$\text{Аналог: 1) } \sigma = \sqrt{3} \sigma_0 \quad 2) \Delta \sigma = \sigma_0 (2 - \sqrt{3})$$

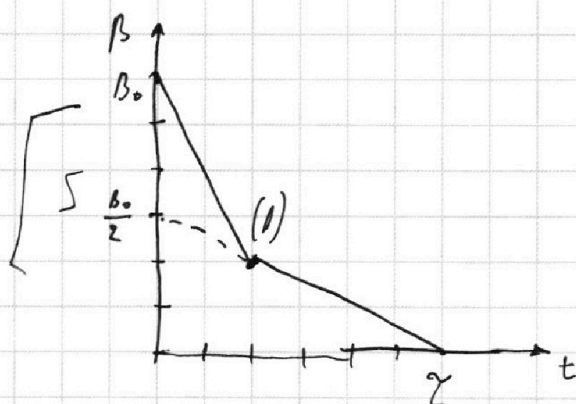
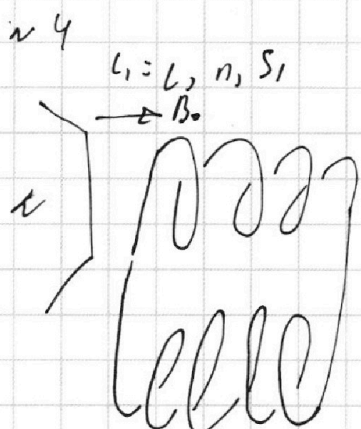


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

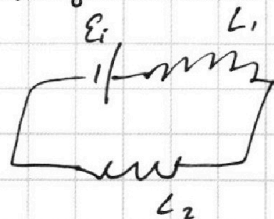
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$L_2 = 4L$ Индукция B_0 направлена слева направо при уменьшении магнитного потока через L_1

возникает $\mathcal{E}_i$, которое, по правилу Ленца стремится сократить поток. Тогда, I потечет слева направо

представим цепь:



3. Кирхгофа:

$$\begin{cases} \mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{L_1} + \mathcal{E}_{L_2} = 0 \\ \mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt} \cdot n \\ \mathcal{E}_{L_1} = -L_1 \frac{dI}{dt} \\ \mathcal{E}_{L_2} = -L_2 \frac{dI}{dt} \end{cases}$$

поскольку цепь последовательная, по катушкам течет одинаковый ток

Тогда $-n \frac{d\Phi}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$; Обозначим точку перегиба на графике $B(t)$ за (1)

Найдем ток в перегибе:

$$-n \cdot S \cdot \frac{dB}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} ; -n S \Delta B = (L_1 + L_2) \Delta I$$

по графику: $-n S \cdot \left(\frac{B_0}{3} - B_0\right) = (L_1 + L_2) (I_1 - 0)$

$$n S \cdot \frac{2}{3} B_0 = (L_1 + L_2) \cdot I_1 \Rightarrow \boxed{I_1 = \frac{2}{3} \cdot \frac{n S B_0}{L_1 + L_2}} \quad \text{— ток в цепи в перегибе}$$

см продолжение на след. стр



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

1.4 продолжение

Выводимые рассуждения для цепи после прелома
кабчика

$$-n \frac{d\Phi}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \Rightarrow -n S \Delta B = (L_1 + L_2) \Delta I$$

$$-n S \left(0 - \frac{B_0}{3}\right) = (L_1 + L_2) (I_0 - I_1)$$

$$\frac{n S B_0}{3} = (L_1 + L_2) I_0 - (L_1 + L_2) I_1 = (L_1 + L_2) I_0 - \frac{2}{3} n S B_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (L_1 + L_2) I_0 = n S B_0 \Rightarrow \boxed{I_0 = \frac{n S B_0}{L_1 + L_2}} \quad \begin{array}{l} \text{— ток через катушку } L_1 \\ \text{в конце вольтметра} \\ \text{внешнего цепи} \end{array}$$

2) Найдём заряд, протекающий через L_1 . Как было
сказано выше ток в цепи одинаковый $\Rightarrow$ какой заряд
прошёл через L_1 , такой же ток по всей цепи

Заметим, что ток B через L_1 убывает линейно — это
значит, что ток возрастает линейно

$$-n \frac{d\Phi}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} \quad ; \quad -n \Delta \Phi = (L_1 + L_2) \Delta I$$

$$-n \cdot (\Phi(t) - 0) = (L_1 + L_2) (I(t) - 0) \Rightarrow \begin{cases} I(t) = \frac{-n \Phi(t)}{L_1 + L_2} \\ \Phi(t) = \frac{d\Phi}{dt} \end{cases}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{n \Phi(t)}{L_1 + L_2} \Rightarrow \boxed{d\Phi = -n \Phi(t) dt : (L_1 + L_2)}$$

$$d\Phi = -n S B(t) dt : (L_1 + L_2)$$

до прелома: $B(t) = B_0 - \frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{t}{\tau} = B_0 - 2 \frac{B_0}{\tau} \cdot t$

после прелома: $B(t) = \frac{B_0}{2} - \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau} \cdot t$

Найдём заряд, протекающий до прелома:

$$\int_0^{\tau/3} d\Phi = \frac{-n S}{L_1 + L_2} \int_0^{\tau/3} \left(B_0 - \frac{2 B_0}{\tau} \cdot t \right) dt = \frac{n S B_0}{L_1 + L_2} \cdot \left(\frac{2 B_0}{\tau} \cdot \frac{t^2}{2} - B_0 \cdot t \right) \Big|_0^{\tau/3} =$$

$$= \frac{n S B_0}{L_1 + L_2} \cdot \left(\frac{2}{9} \cdot \frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau}{3} \right) = \boxed{-\frac{2}{9} \frac{n S B_0 \cdot \tau}{L_1 + L_2} = q_1}$$

анalogично на след стр.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
 3 ИЗ 3

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

а 4 координатные

$$\int_{\gamma_1}^{\gamma_2} dq_2 = -\frac{nS}{L_1+L_2} \left(\frac{B_0}{2} - \frac{1}{2} \frac{B_0}{L} \cdot t \right) dt = \frac{nSB_0}{L_1+L_2} \left(\frac{1}{2} \frac{B_0}{L} \cdot \frac{t^2}{2} - \frac{B_0}{2} \cdot t \right) =$$

$$= \frac{nSB_0}{2(L_1+L_2)} \left(\frac{t^2}{2} - t \right) \Big|_{\gamma_1}^{\gamma_2} = \frac{nSB_0}{2(L_1+L_2)} \left(\left(\frac{4}{9} \gamma^2 - \frac{2}{3} \gamma \right) - \left(\frac{1}{9} \gamma^2 - \frac{1}{3} \gamma \right) \right) =$$

$$= \frac{nSB_0}{2(L_1+L_2)} \left(\left(\frac{2}{9} \gamma - \frac{2}{3} \gamma \right) - \left(\frac{1}{9} \gamma - \frac{1}{3} \gamma \right) \right) = \frac{nSB_0}{(L_1+L_2) \cdot 2} \left(-\frac{4}{9} \gamma + \frac{5}{9} \gamma \right) =$$

$$= \frac{nSB_0}{(L_1+L_2) \cdot 2} \left(-\frac{\gamma}{9} \right) = \frac{-nSB_0\gamma}{(L_1+L_2) \cdot 12} = q_2 - q_1 \Rightarrow q_2 = q_1 - \frac{nSB_0\gamma}{12(L_1+L_2)}$$

$$\Sigma q = q_1 + q_2 = 2q_1 - \frac{nSB_0\gamma}{12(L_1+L_2)}$$

$$= \left(-\frac{4}{9} nSB_0\gamma - \frac{1}{12} nSB_0\gamma \right) \cdot (L_1+L_2) =$$

$$= -nSB_0\gamma \cdot \left(\frac{16}{36} + \frac{3}{36} \right) = \left(-\frac{19}{36} nSB_0\gamma \right) = \Sigma q$$

периодика: магнитный заряд по магнитному

$$|q_1| = \frac{1}{2} I_1 \cdot \frac{\gamma}{3} = \frac{\gamma}{6} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{nSB_0}{L_1+L_2} = \frac{nSB_0\gamma}{9(L_1+L_2)}$$

$$|q_2| = \frac{I_1+I_0}{2} \cdot \frac{\gamma}{3} = \frac{nSB_0\gamma}{3(L_1+L_2)} \cdot \left(1 + \frac{2}{3} \right) = \frac{5}{9} \cdot \frac{nSB_0\gamma}{L_1+L_2}$$

$$|\Sigma q| = \frac{nSB_0\gamma}{L_1+L_2} \cdot \frac{6}{9} = \frac{2}{3} \frac{nSB_0\gamma}{L_1+L_2} - \text{мощность по магнитному}$$

или: $I_0 = \frac{nSB_0}{L_1+L_2}$; $|q_1| = \frac{2}{3} \frac{nSB_0\gamma}{L_1+L_2} = \frac{2}{15} \cdot \frac{nSB_0\gamma}{L}$

или
 $\frac{nSB_0}{5L}$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

