



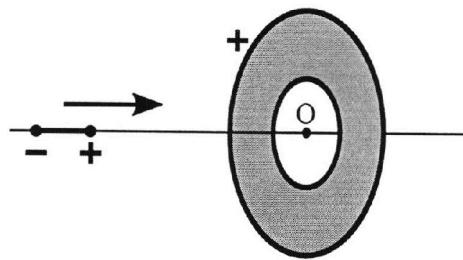
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

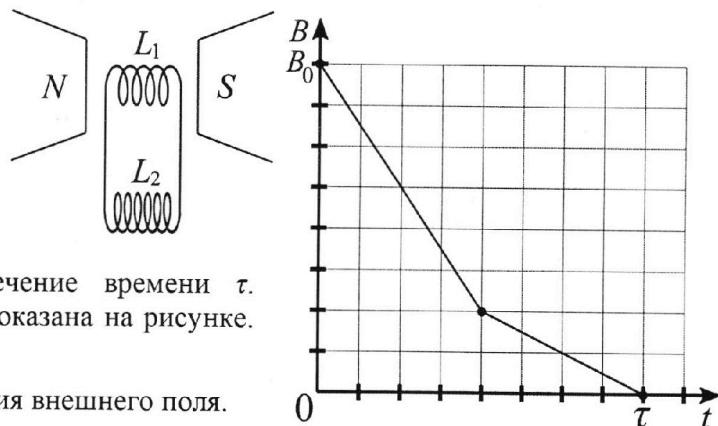
- 3.** В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) 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 . Диполю сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

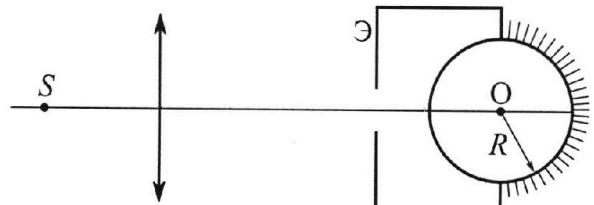
2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 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 $L_2 = 3L$ 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 $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, 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 $\Delta = 5,5F$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



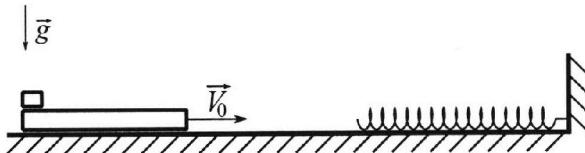
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



Вариант 11-03

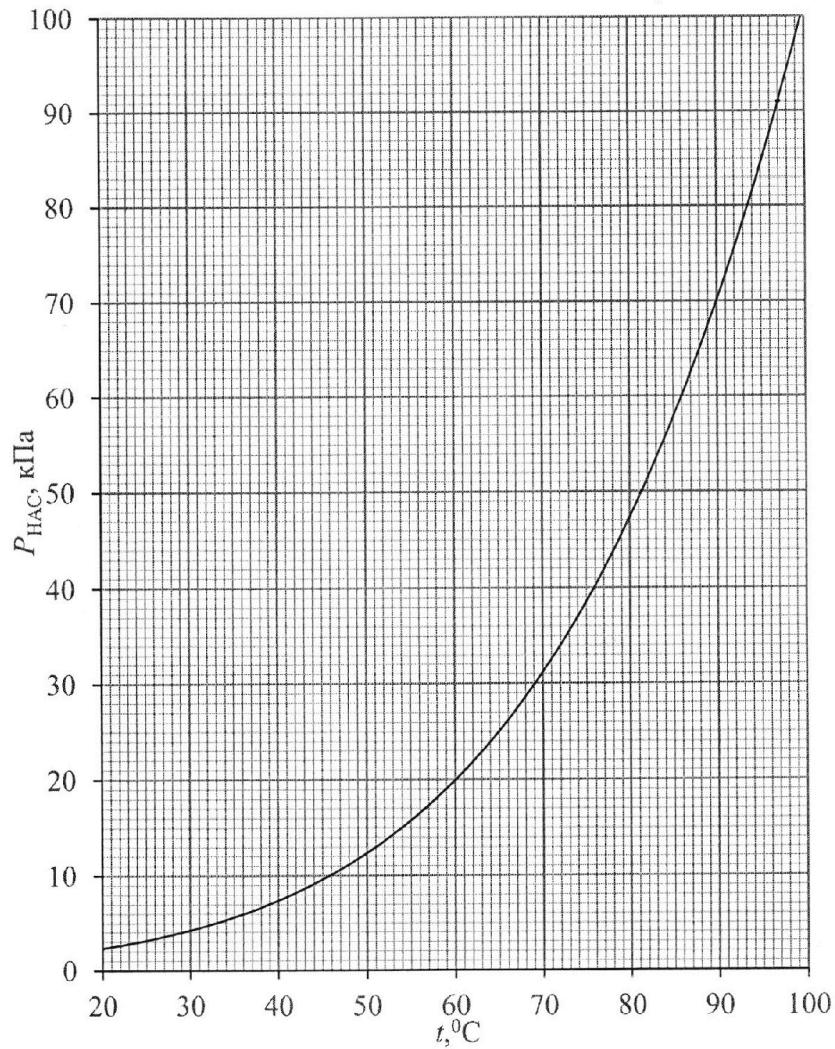
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ 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 $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.



- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °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.

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

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.



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

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!

№ 1.

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}, m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 1 \frac{\mu}{c}, k = 36 \frac{\text{Н}}{\mu},$$

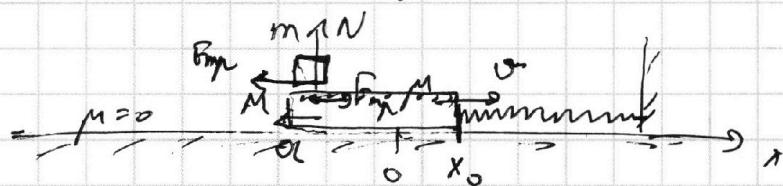
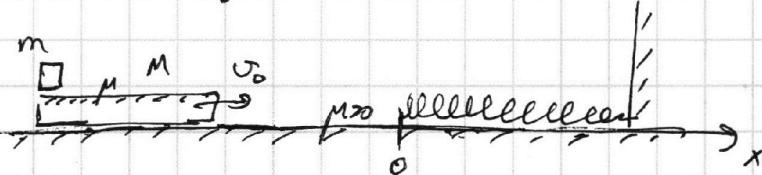
$$M = 0,3, g = 10 \frac{\mu}{c^2}, \beta = 3$$

1) $x_0 = ?$

2) $v = ?$

3) $\alpha_m = ?$

3-е:

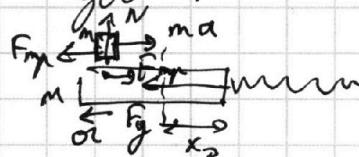


(1) Пусть в момент начата отс.

движения, $x = x_0$. В этот момент

$F_{\text{max}} = F_{\text{пруж}} = \mu N$ - максимальная сила трения скольж.

В CO усилки:



$$\begin{cases} N = mg \\ F_{\text{пруж}} = \mu N \end{cases}$$

$F_{\text{пруж}} = ma \Leftarrow$ условие отрыва

$$Ma = -F_{\text{пруж}} + F_y$$

$F_y = kx_0$ - сила упругости

Отсюда, получаем:

$$M \cdot \frac{F_{\text{пруж}}}{m} = -F_{\text{пруж}} + F_y$$

$$\left(\frac{M}{m} + 1\right) \mu my = kx_0$$

$$x_0 = \frac{M(M+m)y}{k} = \frac{0,3(2+1)10}{36} = \boxed{\frac{1}{12} \mu} = \frac{3}{12} = 0,25 \mu = \boxed{25 \text{ см}}$$

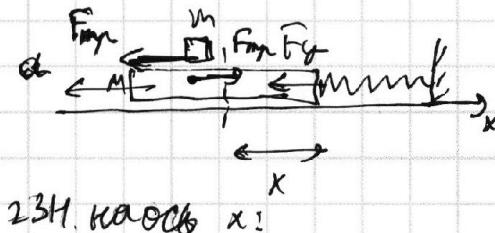
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
3 ИЗ 9

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!

3) Диск начали относительного движения:



23н. класс x!

$$M \ddot{x} = -F_y + F_{N\mu}$$

$$M \ddot{x} + kx = \mu mg$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{M} x = \frac{\mu mg}{M}$$

- ур-е гармонических колебаний.

Для удобства, запустим таймер заново после начала отн. (п.е. $x(0) = x_0$)

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{M}} = \sqrt{\frac{36}{2}} = 3\sqrt{2}$$

Поставим в ур-е колебаний:

$$x(t) = A' \cos(\omega' t + \varphi_0) \Rightarrow -A' \omega'^2 \cos^2(\omega' t + \varphi_0) + A' \omega'^2 \cos^2(\omega' t + \varphi_0) + B^2 = \frac{\mu mg}{M}$$

$$v_x(t) = -A' \omega' \sin(\omega' t + \varphi_0)$$

$$\left. \begin{array}{l} v_{x0} = v_{x0} = -A' \omega' \sin \varphi_0 \\ x(0) = x_0 = A' \cos \varphi_0 + B \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} v_{x0}^2 = A'^2 \omega'^2 \sin^2 \varphi_0 \\ (x_0 - B)^2 = A'^2 \cos^2 \varphi_0 \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} B = \frac{\mu mg}{\omega'^2} \\ B = \frac{0.3 \cdot 1 \cdot 10}{36} = \frac{1}{12} \text{ м} \end{array} \right.$$

$$\left. \begin{array}{l} v_{x0}^2 = A'^2 \omega'^2 \sin^2 \varphi_0 \\ (x_0 - B)^2 = A'^2 \cos^2 \varphi_0 \end{array} \right. \Rightarrow 1 = \sin^2 \varphi_0 + \cos^2 \varphi_0 = \frac{v_{x0}^2}{\omega'^2 A'^2} + \frac{(x_0 - B)^2}{A'^2}$$

$$A'^2 = \sqrt{\frac{v_{x0}^2}{\omega'^2} + (x_0 - B)^2}$$

$$A' = \sqrt{\frac{1}{36} + \frac{1}{36}} = \sqrt{\frac{2}{36}} = \frac{\sqrt{6}}{12} \text{ м}$$

$$x(t) = -A' \omega' \cos(\omega' t + \varphi_0)$$

?

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**.



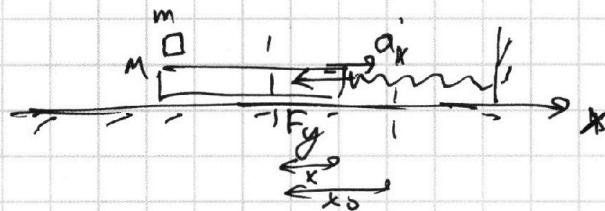
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------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

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!

(2)

До начала относительного движения (x_{ex_0}):



В этот промежуток времени F_y уменьшится, потому что движение как единое целое.

Пусть при $x=0, t=0; x=x_0, t=\tilde{t}$.

ЗН на ось x :

$$(M+m)\ddot{x}_x = -F_y$$

$$\ddot{x}_x + \frac{K}{M+m}x = 0 \quad -\text{ун-е гармон. кол-во}.$$

$$x(0)=0 \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{4+2}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3} \text{ c}^{-1}$$

$$\Rightarrow x = A \sin(\omega t)$$

$$v_x = A\omega \cos(\omega t)$$

$$v_x(0) = v_0 = A\omega$$

$$A = \frac{v_0}{\omega}$$

$$\Rightarrow x(t) = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$x(t) = x_0 = \frac{v_0}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$\Rightarrow t = \frac{1}{\omega} \arcsin \left(\frac{x_0}{v_0} \sqrt{\frac{K}{M+m}} \right)$$

$$t = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \arcsin \left(\frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot 2\sqrt{3} \right) = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\pi}{6} = \boxed{\frac{\sqrt{3}\pi}{36}} \approx \boxed{\frac{\sqrt{3}\pi}{72}}$$

При $x=x_0$:

$$v_{x_0} = v_x(t) = v_0 \cos(\omega t) = v_0 \sqrt{1 - \sin^2(\arcsin(\frac{x_0}{v_0}\omega))} = v_0 \sqrt{1 - (\frac{Kx_0}{M+m})^2} =$$

$$= \sqrt{1 - \frac{3}{4}} = \boxed{\left(\frac{1}{2} \right) \frac{v_0}{c}}$$

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

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!

3, продолжение

~~При $x=x_m$ при $t=t_0$~~

~~При $x=x_m$ колебания, то $x=x_m$, при $t_0=\frac{T}{4}$ - четверть периода~~

$$T = \frac{2\pi}{\omega_1} \Rightarrow t_0 = \frac{\pi}{2\omega_1}$$

$$\ddot{x}_m = -A' \omega^2 \cos(\omega_1 t + \varphi_0)$$

~~При $x=x_m$, при $t=t_0$~~

$$x_m = A' \cos(\omega_1 t_0 + \varphi_0) + B$$

В этом же моменте $\dot{x}_m=0$:

$$\dot{x}_m = -A' \omega^2 \sin(\omega_1 t_0 + \varphi_0) = 0$$

$$\Rightarrow \sin(\omega_1 t_0 + \varphi_0) = 0 \Rightarrow |\cos(\omega_1 t_0 + \varphi_0)| = 1$$

Тогда,

$$\ddot{x}_m = -A' \omega^2 \cos(\omega_1 t_0 + \varphi_0) =$$

$$|\ddot{x}_m| = A' \omega^2 |\cos(\omega_1 t_0 + \varphi_0)| = A' \omega^2 = \boxed{A' \frac{K}{M}}$$

Из рисунка, соответственно, $\ddot{x}_m < 0$

$$|\ddot{x}_m| = \frac{\sqrt{6}}{12} \cdot \frac{26^3}{2} = \boxed{\frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{m}{c^2}}$$

- Ответ:
- 1) $x_0 \approx 0,25 \text{ м.}$
 - 2) $T = \frac{\sqrt{3}R}{36} c \approx \frac{\sqrt{3}}{12} c.$
 - 3) $|\ddot{x}_m| = \frac{3\sqrt{6}}{2} \frac{m}{c^2}.$

$$\ddot{x}_m < 0$$



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**.

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

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

$$3) \quad \cancel{P_B = \frac{P_0}{\rho n} P_H}$$

(2), продолжение

$$2) \quad ЗСЗ: \quad U_g = Mg(H-h)$$

$$\cancel{P_B = \frac{P_0}{\rho n} P_H} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{3}{2} \rho R (T_0 - T) = Mg(H-h) \\ \rho R T_0 = P_0 H S \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} Mg = P_0 S \\ \cancel{\rho R T_0} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} \rho R (T_0 - T) = P_0 H' S \left(1 - \frac{h}{H}\right)$$

$$\frac{3}{2} T_0 - \frac{3}{2} T = T_0 - \frac{h}{H} T_0$$

$$\frac{3}{2} T = \frac{1}{2} T_0 + \frac{h}{H} T_0 \quad | \cdot \frac{2}{3}$$

$$T = \frac{1 + \frac{2h}{3}}{3} T_0$$

$$\cancel{\frac{P_H}{P_0} = \frac{V_0 \rho n R T}{V \rho n R T_0}}$$

$$3) \quad P_0 = \text{const} \Rightarrow \frac{V}{T} = \text{const}$$

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

$$\frac{h}{H} = \frac{T}{T_0}$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} T = 1 + 2 \frac{T}{T_0}$$

$$\frac{T}{T_0} = 1$$

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.

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

СТРАНИЦА
1 из 2

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!

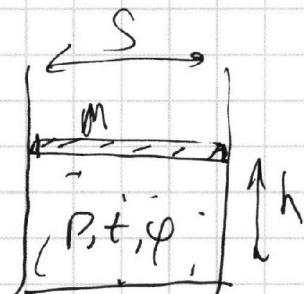
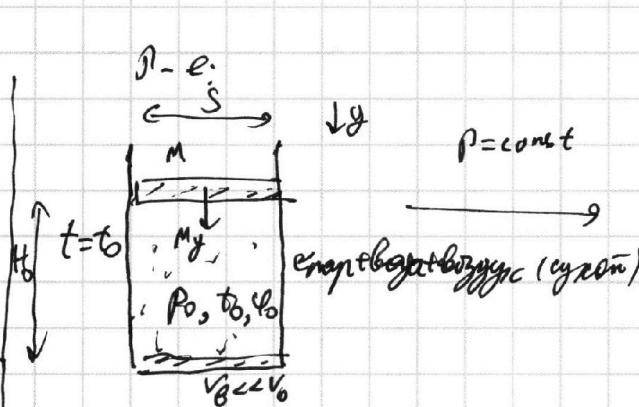
2.
Дано:

$$\begin{aligned} p_0 &= 105 \text{ kPa} \\ t_0 &= 297^\circ\text{C} \\ \varphi_0 &= \frac{1}{3} \\ t &= 33^\circ\text{C} \end{aligned}$$

1) $p_{10} = ?$

2) $t^* = ?$

3) $\frac{V}{V_0} = ?$



(1) $P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\max}$, где P_{\max} - удел. насыщ. пары при $t = 33^\circ\text{C}$.

из упаковки ($P_{\max} = 97 \text{ kPa}$)

$$\frac{91}{9} \cdot \frac{3}{30,33}$$

$$\Rightarrow P_1 = \varphi_0 P_{\max} = \frac{91}{3} \text{ kPa} \approx [30,3 \text{ kPa}]$$

(2) при начальных условиях ($t = t_0$):

$P_0 = \frac{Mg}{S} \quad m = \text{const} \Rightarrow$ В течение всего процесса $p = p_0 = \text{const.}$

$$P_{0B} + P_n = P_0$$

$$P_{0B} = P_0 - P_1 = 105 - 30,3 = 74,7 \text{ kPa} \quad \text{- начальное давл. сух. воздуха.}$$

сух. воздуха.

При некоторой температуре t :

$$1) \quad p = p_0 = p_B + p_n = (\text{const}) \Rightarrow \frac{V}{T} = \frac{V_0}{T_0} = \text{const}$$

$$p_n = p_0 - p_B$$

$$\begin{aligned} 2) \quad p_0 &= \frac{V_0 R T}{V_0} \\ p_{00} &= \frac{V_0 R T_0}{V_0} \\ p_B &= \frac{V_0 R T}{V} \\ p_{n0} &= \frac{V_0 R T_0}{V} \\ p_n &= \frac{V_0 R T}{V} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow \frac{p_0}{p_{00}} = \frac{(p_B + p_n)V_0}{V_0 T_0} \frac{T}{V}$$

$$\begin{aligned} \frac{p_B}{p_{00}} &= \frac{p_{00} V_0 T}{T_0 V} \Rightarrow \frac{p_B}{p_{00}} = \frac{p_n}{p_{n0}} \\ p_{n0} &= \frac{p_{00} V_0 T}{T_0 V} \end{aligned}$$

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.

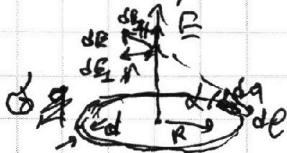
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

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!

3.

① Распределение поля с максимальной $d \ll R$:



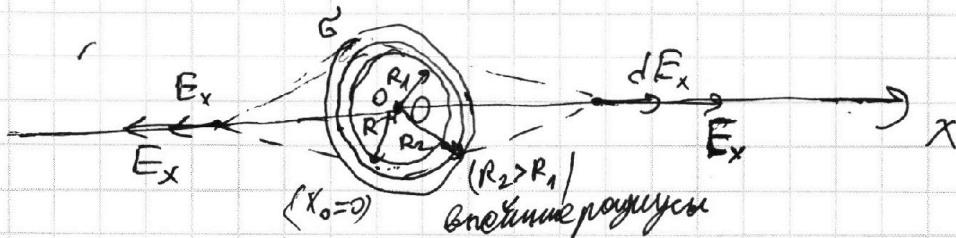
из смысла $E_1 = 0$

$$\Rightarrow B \geq E_1 = \int dE_1 \quad ds \\ dE_1 = \frac{d\Phi}{4\pi\epsilon_0(r^2+R^2)} = \frac{G \cdot (dE \cdot d)}{4\pi\epsilon_0(r^2+R^2)}$$

$$dE_1 = dE \frac{d}{2\pi r}$$

$$\Rightarrow E_1 = \int_0^{2\pi} \frac{G \cdot d \cdot R}{(r^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} d\theta = \frac{2\pi G R^2 d}{4\pi\epsilon_0(r^2+R^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{G R^2 d}{2(R^2+r^2)^{\frac{3}{2}}}$$

② Распределение поля диска.



для мал. концентрации: $dE_x = \frac{G X \cdot R dR}{2(R^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} \quad (x>0)$

$$\Rightarrow E_x = \int_{R_1}^{R_2} \frac{G X}{2} \frac{R dR}{(R^2+x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{G X}{2} \left[-\frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} \right]_{R_1}^{R_2}$$

$$(E_x(x) = \frac{G X}{4} \left(\frac{1}{\sqrt{R_1^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^2+x^2}} \right))$$

аналогично, при $x<0$:

$$E_x(x) = -\frac{G X}{4} \left(\frac{1}{\sqrt{R_1^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^2+x^2}} \right)$$

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.

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

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!

(3)

$$\frac{d\varphi(x)}{dx} = -E_x$$

поменялось в центре колца

$$\varphi(x) - \varphi_0 = \int_0^x -\frac{eK}{4} \left(\frac{1}{\sqrt{R_1^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_2^2+x^2}} \right) dx = \frac{eK}{8} \left[\sqrt{R_2^2+x^2} - \sqrt{R_1^2+x^2} \right]_0^x$$

$$\varphi(x) = \varphi_0 + \frac{eK}{8} \left(\sqrt{R_2^2+x^2} - \sqrt{R_1^2+x^2} - R_2 + R_1 \right)$$

Пусть $\varphi(\infty) = \varphi(-\infty) = 0$.

Поэтому:

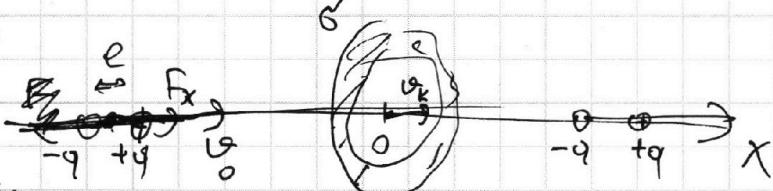
$$\varphi(\infty) = \varphi_0 + \lim_{x \rightarrow \infty} \left(\sqrt{R_2^2+x^2} - \sqrt{R_1^2+x^2} \right) - \frac{eK}{8} (R_2 - R_1) = 0$$

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\sqrt{R_2^2+x^2} - \sqrt{R_1^2+x^2} \right) = \lim_{x \rightarrow \infty} C_0 = \text{const}$$

сходящийся членом

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{eK}{8} (R_2 - R_1) - C_0 = \text{const.} (\varphi_0 \neq 0)$$

(4)



$$(R_2 \gg) \quad p = q \cdot l$$

~~МКХ~~ $F_x = q E(x) + q E(-x) = \text{сила, действующая на единицу}$

$$F_x = +\frac{\rho}{4\pi} d E(-x) \underset{\text{по условию}}{\approx} +K \frac{\rho E}{R_2 - R_1} = +\frac{Ke}{4} \left(\frac{-\frac{1}{2} \cdot 2x}{\sqrt{R_1^2 + x^2}^{\frac{3}{2}}} - \frac{-\frac{1}{2} \cdot 2x}{\sqrt{R_2^2 + x^2}^{\frac{3}{2}}} \right)$$

$$F_x = -\frac{Ke}{4} \left(\frac{1}{(R_1^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{1}{(R_2^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \right) x$$

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

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!

Задача снять по достаточному длине цептика узла:

$$(5) A = \int_{-\infty}^{\infty} F_x dx = -\frac{kG}{8} \left[\frac{1}{\sqrt{R_2^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{R_1^2+x^2}} \right]_{-\infty}^{\infty} = -\frac{kG}{8} \left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$(6) A = E_K = \frac{m(v_k^2 - v_{k2}^2)}{2} \cancel{\frac{v_k^2}{8}}$$

В первом случае при $v_{k2}=0$, $v_{k1}=0$:

$$\frac{m v_{k1}^2}{2} = |A|$$

Во втором случае $E_K > \frac{3}{2} v_0^2$, $v_{k2} \neq 0$:

$$\frac{m(v_{k2}^2 - v_{k1}^2)}{2} = |A|$$

$$\frac{m v_{k2}^2}{2} \geq m \frac{\frac{5}{4} v_0^2}{2} - \frac{m v_{k1}^2}{2} = \frac{\frac{5}{4} m v_0^2}{2}$$

$$v_{k2}^2 \geq \frac{5}{4} v_0^2$$

$$E_K = \frac{5}{2} v_0^2$$

(7) После решения, F_x меняет знак и x меняет знак

значок $\Rightarrow F_x$ не меняет знак и длина продолжает замедляться. Допустим он не остановится и пойдет на $x \rightarrow \infty$ со скоростью v_{min} :

$$\frac{m v_{min}^2}{2} - \frac{m v_{k2}^2}{2} = A$$

$$\frac{m v_{min}^2}{2} = \frac{5}{4} \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_{k2}^2}{2} = \frac{1}{4} \frac{m v_0^2}{2} \Rightarrow v_{min} = \frac{1}{2} v_0$$

Ответ: 1) При $v_{k2} = \frac{3}{2} v_0$,
 $v_{k2} = \frac{5 \sqrt{2}}{2} v_0$.

$$2) v_{min} = \frac{1}{2} v_0.$$

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.

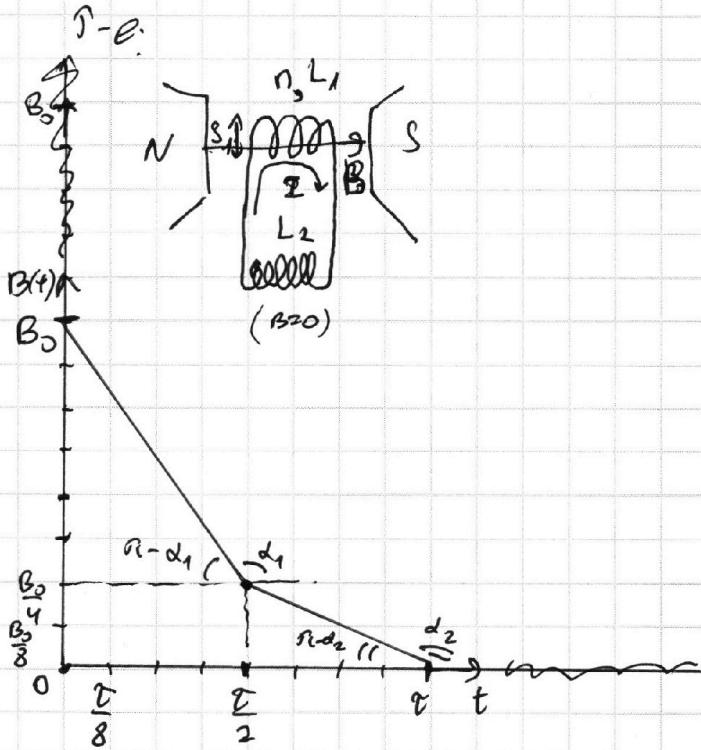
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

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!

4. Давн:

$$\begin{aligned} L_1 &= b, n, S \\ L_2 &= 3L_1, B_0 \propto t \\ 1) I_0 &=? \\ 2) q &=? \end{aligned}$$



(1)

$$1) \text{ При } 0 \leq t \leq \frac{T}{2}: \quad \text{Из графика: } t_{\text{уд}} = -\frac{B_0 - \frac{B_0}{4}}{\frac{T}{2}} = -\frac{3B_0}{2T}$$

$$E_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = n_1 \frac{dB}{dt} = n_1 t_{\text{уд}} = \frac{3B_0 n S_1}{2T} = \text{const}$$

$$E_1 = (L_1 + L_2) \dot{I}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E_1}{L_1 + L_2} = \text{const} \Rightarrow I_1 = I(\frac{T}{2}) = 0 = \frac{E_1 \frac{T}{2}}{L_1 + L_2} = \frac{3B_0 n S_1 \frac{T}{2}}{L_1 + L_2}$$

$$\frac{3B_0 n S_1}{4(L_1 + L_2)} - \text{ток в цепи}$$

при $t = \frac{T}{2}$.

2) При $\frac{T}{2} \leq t \leq T$: т.к. ток в катушках не меняется, то

мы имеем равенство с током I_1 .

$$E_2 = -\frac{d\Phi}{dt} = -n S_1 t_{\text{уд}} = -\frac{B_0 - \frac{B_0}{2}}{\frac{T}{2}} = -\frac{B_0}{2T}$$



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!

$$E_2 = (L_1 + L_2) \dot{I}$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{\mathcal{E}_2}{L_1 + L_2} = \text{const} \Rightarrow I'' = I\left(\frac{\mathcal{E}_2}{2}\right) = \frac{\mathcal{E}_2}{L_1 + L_2} \cdot \frac{t}{2}$$

$$I_0 = \frac{3}{4} \frac{B_3 n S_1}{L_1 + L_2} + \frac{1}{4} \frac{B_3 n S_1}{L_1 + L_2} = \boxed{\frac{B_3 n S_1}{L_1 + L_2}}$$

$$I_o = \frac{B_0 n S}{q L}$$

$$\textcircled{2} \quad 7) \text{ typische } \leq \frac{5}{2} :$$

$$\frac{dI}{df} \geq \frac{\epsilon_1}{L_1 + L_2}$$

$$\Rightarrow I(t) = \frac{\frac{3}{2} B_3 n S_1}{L_a t + L_2} \cdot t$$

$$I(t) = \frac{3B_0 n S_1}{2\varepsilon(L_1 L_2)} t$$

$$\Delta q_1(t) = \left[\int_0^t \frac{3B_0nS_1}{20(L_1+L_2)} t = \frac{3B_0nS_1t^2}{48(L_1+L_2)} \right] = \left(\frac{3B_0nS_1t^2}{16(L_1+L_2)} \right)$$

$$2) \text{ Find } \frac{T}{2} \leq t \leq 0 :$$

$$\frac{dI}{dt} = \frac{E_2}{L_1 + L_2}$$

$$I(t) - I_1 = \frac{E_2}{L + R_2} \left(t - \frac{C}{R_2} \right)$$

Для устойчивости, заданы начальные условия: $\frac{I_1(0)}{I_1+I_2} = \frac{I_1}{2}$, $I_2(0) = 0$.
 $\Rightarrow I_1(t) = I_1 + \frac{\epsilon_2}{I_1 + I_2} t$

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.



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

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!

$$\Rightarrow \Delta \varphi_2 = \int_0^{\frac{T}{2}} \left(I_1 + \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} t \right) dt = \left[I_1 t + \frac{B_0 n S_1}{4(L_1 + L_2)} t^2 \right]_0^{\frac{T}{2}} = \frac{3 B_0 n S_1 T}{8(L_1 + L_2)} + \frac{B_0 n S_1 T^2}{16(L_1 + L_2)}$$

$$\Delta \varphi_2 = \frac{3}{16} \frac{B_0 n S_1 T^2}{(L_1 + L_2)}$$

$$3) \quad \Delta \varphi = \Delta \varphi_1 + \Delta \varphi_2 = \frac{2}{16} \frac{B_0 n S_1 T}{L_1 + L_2} + \frac{7}{16} \frac{B_0 n S_1 T}{L_1 + L_2} = \boxed{\frac{5 B_0 n S_1 T}{8(L_1 + L_2)}}$$

или $\boxed{\Delta \varphi = \frac{5 B_0 n S_1 T}{32 L}}$

Ответ: 1) $I_o = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 n S_1}{4L}$.

2) $\Delta \varphi = \frac{5 B_0 n S_1 T}{8(L_1 + L_2)} = \frac{5 B_0 n S_1 T}{3.2 L}$.



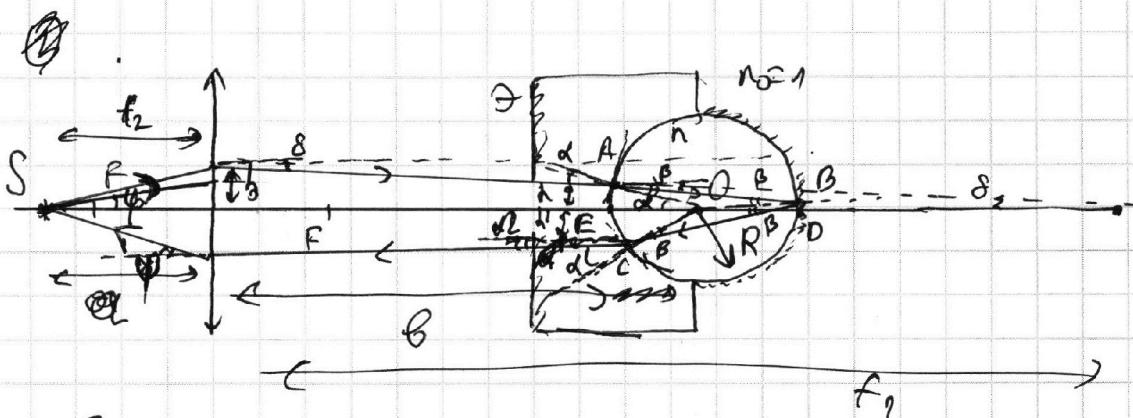
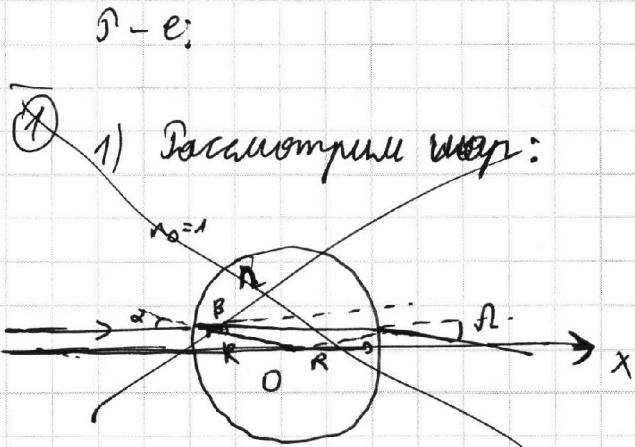
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

$$\begin{aligned} & \text{5} \\ & \sin \alpha = \frac{r}{R} \quad (\alpha < 1) \\ & F, v_0 = 11F \\ & B = 10,5 F \\ & n - \text{номер} \\ & 1) R - ? \\ & 2) \Delta = 6,5 F \\ & n = ? \end{aligned}$$



1) Рассмотрим угол в начале:

$$n \sin \beta = s \sin \alpha$$

$$\beta = \frac{\alpha}{n}$$

$\angle OBA = \angle OAB = \angle OBC = \angle OBD = \beta$ из ~~закона отталкивания~~ и равнобедр. треугольников

~~закона отталкивания~~ лука от исх. начр.: $\angle AOB \approx \beta$

$$\alpha = \beta(d - \beta) + (\beta - d) = 0$$

III-e же выходят такие же и засчёт

~~закона отталкивания~~ лука от исх. начр.

$$\alpha = (\alpha - \beta) + (\beta - d) = 0$$

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**.



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

СТРАНИЦА
2 из 2

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!

$$\angle EOC = 2\pi - (\pi - 2\beta) - (\pi - 2\beta) - \alpha = 4\beta - \alpha$$

$\Rightarrow \sqrt{L} = \angle EOC - \alpha = 4\beta - \alpha$ \leftarrow угол отклонения луча от нач. направления

$$L = 2\alpha \left(\frac{2}{n} - 1 \right)$$

При $L=0$, $\alpha'=h$ и ~~зрительная~~ \leftarrow фокусировка луча
нас зеркало $\Rightarrow n=2$ (для п.2).

2)
 $\frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\alpha'} = \frac{1}{F}$

$$f_1 = \frac{\alpha R}{\alpha - F} = \frac{11R^2}{11R - F} = 11R$$

$$\begin{cases} h_0 = t_y s = f_1 \\ h_0 = t_y \cdot \alpha \end{cases} \Rightarrow \delta f_1 \approx \varphi_0 \alpha$$

$$f_1 = \frac{h_0 \cdot \frac{F-\alpha}{R}}{11} = \varphi_0 \cdot \frac{\alpha(R-\alpha)}{11R} = \frac{1}{11} \varphi_0 \frac{R}{R}$$

$$3) \quad \begin{cases} d = \frac{h_0 \cdot \frac{F-\alpha}{R}}{11} = \varphi_0 \cdot \frac{\alpha(R-\alpha)}{11R} \\ \alpha - \beta = \alpha \left(1 - \frac{1}{n}\right) = \frac{\alpha}{2} \end{cases}$$

$$f \cos \gamma = \alpha + 2R \cdot \cos(\gamma + \frac{\alpha}{2} - \beta) + s^2$$

$$R = \frac{f \cos \gamma - \alpha}{2 \cdot \cos(\gamma + \frac{\alpha}{2})} = \frac{F (11 \cos \gamma - 10)}{2 (1 - (s + \frac{\alpha}{2})^2)} \approx \frac{F (11 - \alpha)}{2} = \boxed{\frac{F}{2}}$$

$$1 - (s + \frac{\alpha}{2})^2$$

$$\varphi_0 \left(\frac{1}{11} + \frac{F}{90R} \right)$$



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!



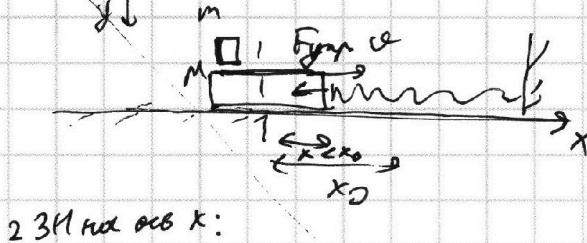
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

(2) До начала относительного движения: $(x < x_0)$



231 на ось x:

$$(M+m)\alpha_x = -F_{\text{упр}}$$

~~$\alpha_x = -\frac{kx}{M+m} = \text{const} \Rightarrow \text{это равнозамедленное движение}$~~

~~но~~ ~~скорость нулевая~~ $x = x_0$

$$x_0 = v_0 t + \frac{\alpha_x t^2}{2}$$

$$\frac{\alpha_x t^2}{2} - v_0 t - x_0 = 0$$

$$t = \frac{-v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2\alpha_x x_0}}{\alpha_x}$$

$$t = -1 \pm$$

~~$\alpha_x + \frac{k}{M+m} x = 0$~~

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} = 2\sqrt{3}$$

$$x = A \sin(\omega t)$$

$$v = Aw \cos(\omega t)$$

$$(v(0)) = v_0 = Aw$$

$$A = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}}$$

$$\Rightarrow x_0 = A \sin(\omega t)$$

$$\omega = \frac{1}{w} \arcsin\left(\frac{x_0 \sqrt{k}}{v_0 \sqrt{M+m}}\right) = \frac{\sqrt{3}}{6} \arcsin\left(\frac{1}{4} \cdot 2\sqrt{3}\right) = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}\pi}{36}$$

П.в В этом случае движение

времени $F_{\text{упр}}$ прям, т.е. оно движется как единое целое.

$$x_0 = v_0 \cos(\omega t) = v_0 \sqrt{1 - \sin^2(\omega t)} = v_0 \sqrt{1 - \left(\frac{x_0 \sqrt{k}}{v_0 \sqrt{M+m}}\right)^2} = \sqrt{1 - \frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$\frac{\sqrt{3}}{2}$