



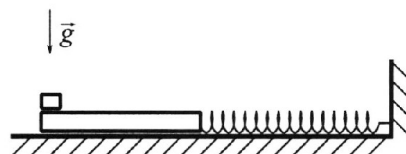
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

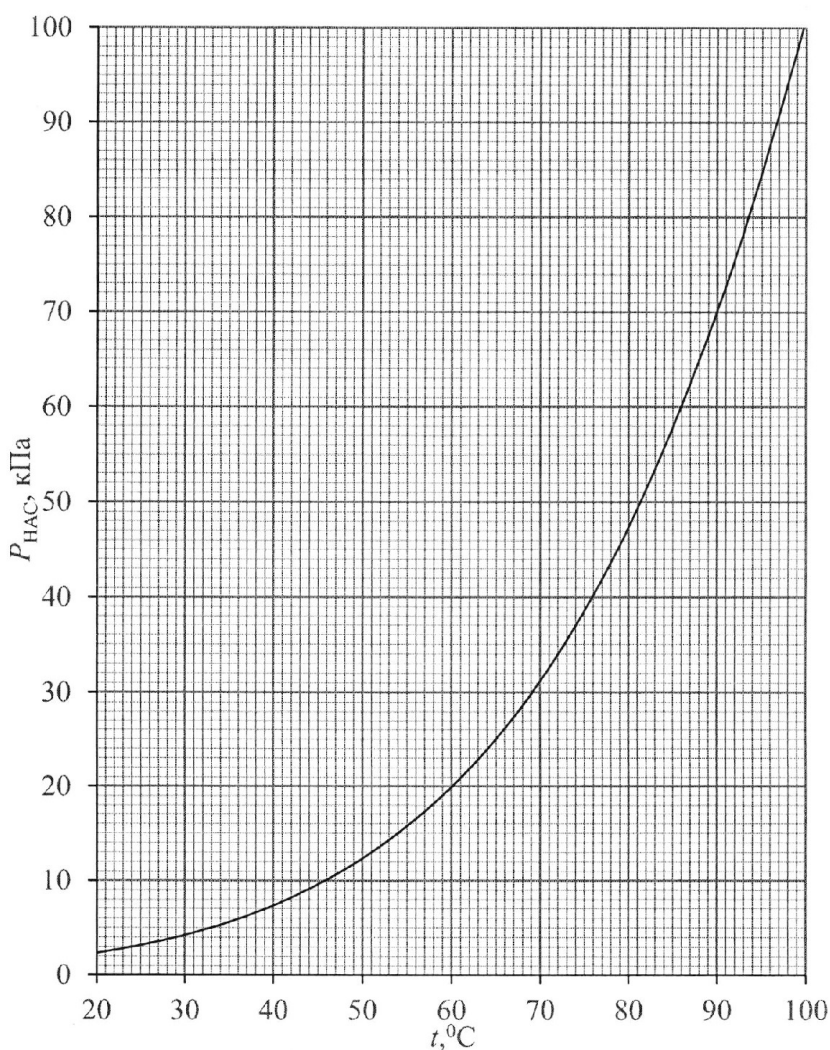


1. Длинную доску массой $M = 4$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. 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 момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.



- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность ϕ в конце нагревания.

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



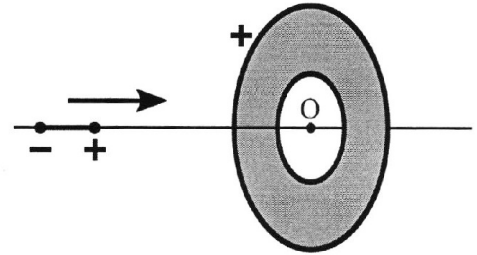
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

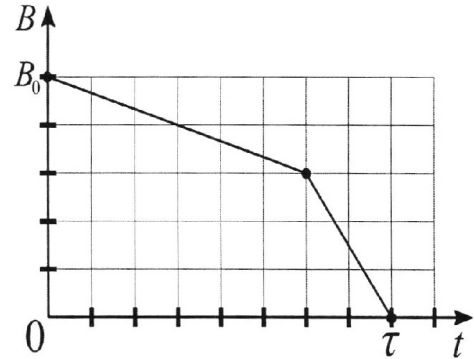
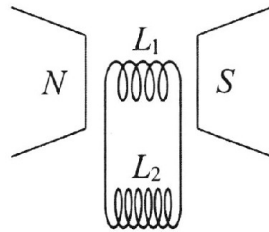


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 3 раза и сообщают диполью начальную скорость V_0 .



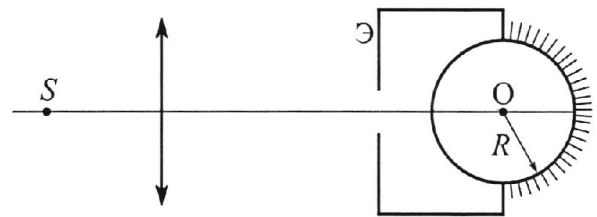
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ 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 $L_2 = 8L$ 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_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (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 $b = 8R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 3R$, 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
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!

$$u_1 \approx 3 \cdot 0,4 \cdot 10^{-2} \text{ м/с} \approx 1,2 \text{ м/с}$$

$$x_0 \approx \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 10}{100} \approx 4 \text{ см}$$

$$\frac{(m+M)u_1^2}{2} = \frac{M^2 \cdot u^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} \approx \frac{kx_0^2}{2}$$

$$m u_1^2 + k x_0^2 \approx k l^2$$

$$l \approx \sqrt{\frac{4}{100 \cdot 2,4 \cdot 2,4 + 0,4 \cdot 1000000}} \approx 0,48 \text{ м}$$

$$\approx \frac{1}{10} \cdot 2,4 \approx 0,24 \text{ м}$$

В начальный момент:

$$kl \approx Ma \Rightarrow a \approx \frac{100 \cdot 0,48}{4} \text{ м/с}^2 \approx 12 \text{ м/с}^2$$

$$3) u^2 + \omega^2 x^2 \approx \omega^2 l^2$$

$$u^2 \approx \omega^2 l^2 - \omega^2 x^2$$

$$u \approx \omega \sqrt{l^2 - x^2} \approx \frac{10}{2} \cdot \sqrt{(0,48 + 0,2)^2 (0,48 - 0,2)^2} \approx 5 \cdot \sqrt{0,68 \cdot 0,28} \approx 5 \cdot \frac{10 \cdot 4}{10} \approx 14 \text{ м/с}$$

Ответ: $x \approx 0,2 \text{ м}$
 $a \approx 12 \text{ м/с}^2$
 $u \approx 14 \text{ м/с}$

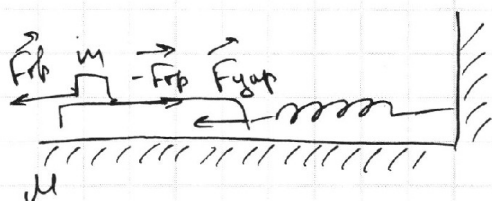


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



1) $Ma_0 = kx - \mu mg$
 $ma = \mu mg$

$a_{\text{общ}} = 0 \Rightarrow a_0 = a$

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

$x = \frac{0,4 \cdot 10}{100} \cdot 5 = \frac{2}{10} = 0,2 \text{ м}$

2) $a_{\text{общ}} = a_0 = a = \frac{kx - \mu mg}{m} - \mu g = \frac{kx - \mu g(m+m)}{m}$
 $a_{\text{общ}} = \frac{kx}{m} - \mu g \cdot \frac{m+m}{m}$

Уравнение затухающих колебаний

$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

Если $a_0 \rightarrow 0$ то $kx_0 = \mu mg \quad x_0 = \frac{\mu mg}{k}$

При движении от центра до $x_{\text{общ}} = 0$ проходит половина периода (всплеск $x_{\text{общ}} = 0$)
За это время изменение импульса равно:

$\mu mg \cdot \frac{T}{2} = m \cdot v_1 \Rightarrow v_1 = \mu g \cdot \frac{T}{2} = \mu g \cdot \sqrt{\frac{m}{k}}$

~~Скорость изменения импульса равна $\mu mg \cdot \frac{T}{2}$~~

~~$\frac{\mu mg T}{2}$~~

в начальной точке функции приращение импульса

из ЗС:

$\frac{(m+m)v_1^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \mu mg \left(\frac{m^2}{2\mu g} \right)$



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!

1) Предположим, что пар в конце насыщен

из таблиц $p_H(24^\circ\text{C}) \approx 3,5 \text{ кПа}$ $p_H(90^\circ\text{C}) \approx 40 \text{ кПа}$

$$\varphi = \frac{p}{p_H} = \frac{p}{p_H} \Rightarrow \frac{p_H}{p_H} = \frac{p}{p} \text{ справедливо при}$$

$$\text{любой } T \Rightarrow \frac{p_H(24^\circ\text{C})}{p_H(90^\circ\text{C})} = \frac{p_H(90^\circ\text{C})}{p_H(90^\circ\text{C})}$$

$$V = \text{const} \Rightarrow \frac{p_H(24^\circ\text{C})}{p_H(90^\circ\text{C})} = \frac{m}{m_0}$$

где m_0 - начальная масса пара; m - конечная

$$\frac{m}{m_0} = \frac{40 \text{ кПа}}{3,5 \text{ кПа}} \approx 20 \quad m \approx 20 m_0, \text{ но } m \leq m_0 + m_0$$

(m_0 - начальная масса воды) $\Rightarrow m \leq 8 m_0$

Значит пар в конце насыщен и $m \approx 8 m_0$

$$\frac{m}{m_0} \approx \frac{8 m_0}{m_0} \approx 8$$

2) $\frac{m}{m_0} \approx 8 = \frac{p_H(t^*)}{p_H(24^\circ\text{C})} \Rightarrow p_H(t^*) \approx 8 \cdot 3,5 \text{ кПа} \approx 28 \text{ кПа}$

из графика при $p_H(t^*) \approx 28 \text{ кПа}$ $t^* \approx 64^\circ\text{C}$

3) при $t > t^*$ испарения больше нет $\Rightarrow m = \text{const}; V = \text{const}$

$V = \text{const}$; поэтому применим 3-й закон:

$$\frac{p_H(t^*)}{T_{t^*}} = \frac{p}{T} \quad (T \approx (30 + 273) \text{ К} \approx 303 \text{ К} \quad T^* \approx (t^* + 273) \text{ К})$$

$$p \approx p_H(90^\circ\text{C}) \cdot \varphi \quad \frac{p_H(t^*)}{T_{t^*}} = \frac{p_H(90^\circ\text{C}) \cdot \varphi}{T}$$

$$\varphi \approx \frac{T^* \cdot p_H(90^\circ\text{C})}{363 \cdot 28}$$

$$\varphi \approx \frac{363 \cdot 28}{340 \cdot 40} \approx \frac{363 \cdot 4}{340 \cdot 10} \approx \frac{363}{170 \cdot 5} \approx \frac{363}{850}$$

Ответ: $\frac{m}{m_0} \approx 8$ $t^* \approx 64^\circ\text{C}$ $\varphi \approx \frac{363}{850}$



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 ☐

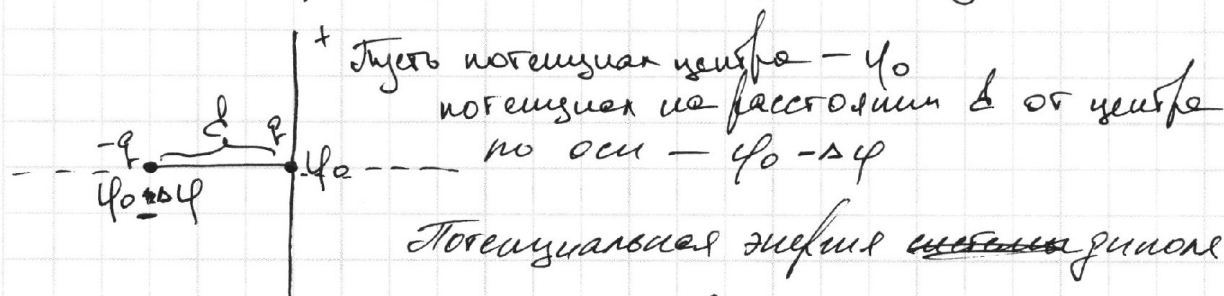
СТРАНИЦА
1 из 2

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!

Пусть расстояние между зарядами $-q$ и заряд $-|q|$
т.к. заряд $-q$ дальше от кольца, то на него
действует меньшая эл. сила, а значит кольцо
будет отталкивать диск

Отталкивание будет продолжаться пока заряд $+q$
не достигнет центра (1)

Рассмотрим проекцию на вертикальную ось:



Потенциальная энергия ~~системы~~ диска:

диск $W_1 \approx 40 \cdot q - q(40 - \Delta\varphi) \approx +q\Delta\varphi$
на $+\infty$ $W_0 \rightarrow 0$

Диск пролетит диск если достигнет равновесия
с $W \geq 0$; в крайнем случае $W = 0$, тогда по ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} \approx q\Delta\varphi \Rightarrow \Delta\varphi \approx \frac{mv_0^2}{2q}$$

1) В центре диска заряд равномерно от
центра диска

из симметрии они оба обладают одинаковой
по модулю потенциальной энергией, но разной
по знаку из-за знаков зарядов

из ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} \approx W' - W' + \frac{mv_0^2}{2} \Rightarrow W \approx W_0$$

2)

В ситуации (1) потенциальная энергия максимальна,
а значит E_k и v минимальны



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
☐

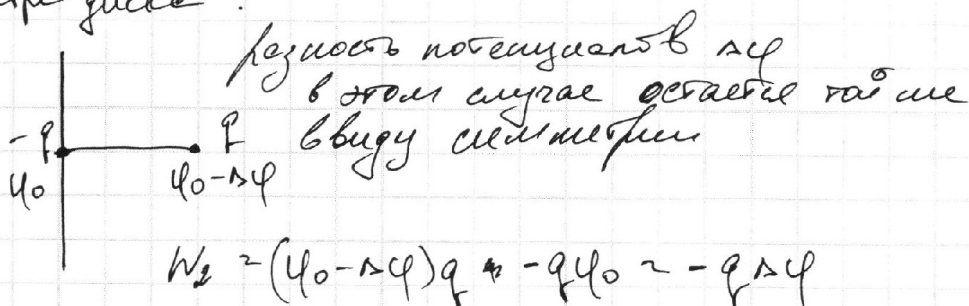
7
☐

СТРАНИЦА
2 из 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 Рассмотрим противоположную ситуацию: заряд $-q$

в центре диска:



$$W_2 \approx (U_0 - \Delta U)q \approx -qU_0 \approx -q\Delta U$$

W_2 — минимум потенциальной энергии и максимум

для E_k и т.д.

из ЗСД для случаев ① и ②

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} \approx \frac{mv_1^2}{2} + \frac{q}{3} \cdot \Delta U \\ \frac{mv_0^2}{2} \approx \frac{mv_2^2}{2} - \frac{q}{3} \cdot \Delta U \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{mv_0^2}{2} \approx \frac{mv_1^2}{2} + \frac{1}{3} \cdot \frac{mv_0^2}{2q} \\ \frac{mv_0^2}{2} \approx \frac{mv_2^2}{2} - \frac{1}{3} \cdot \frac{mv_0^2}{2q} \end{cases}$$

$$v_1^2 \approx \frac{2}{3} v_0^2 \Rightarrow v_1 \approx \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot v_0$$

$$v_2^2 \approx \frac{4}{3} v_0^2 \Rightarrow v_2 \approx \sqrt{\frac{2}{3}} \cdot v_0 \cdot \sqrt{2} \approx v_1 \sqrt{2}$$

$$\text{Всегда } \frac{v_2}{v_1} \approx \frac{v_1 \sqrt{2}}{v_1} \approx \sqrt{2}$$

$$\text{Ответ: } v \approx v_0; \frac{v_2}{v_1} \approx \sqrt{2}$$

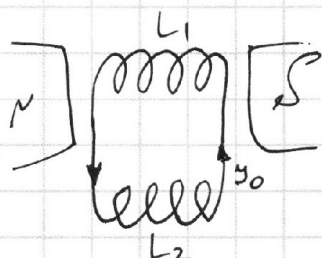


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!



1) Из 3-ей электромагнитной индукции
для катушек: $\sum \Phi = \text{const}$

$\Phi_0 = B_0 n S_1$ - магнитный поток

$\Phi = L_1 I_0 + L_2 I_0$ - суммарный поток

$$B_0 n S_1 = I_0 (L_1 + L_2) = 13 I_0 L$$

$$I_0 = \frac{B_0 n S_1}{13 L}$$

2) $I(t) = \frac{dq}{dt}$; Пусть ток внешнего магнитного поля - $I(t)$
индукция поля - $B(t)$, тогда:

$$B_0 n S_1 = B(t) n S_1 + (L_1 + L_2) I(t)$$

$$I(t) = \frac{n S_1}{13 L} (B_0 - B(t))$$

$$q = \int_0^{\infty} \frac{n S_1}{13 L} (B_0 - B(t)) dt = \frac{n B_0 S_1 \infty}{13 L} - \int_0^{\infty} \frac{n S_1}{13 L} B(t) dt$$

из комбинированных соотношений (интеграл - площадь под графиком)

$$\frac{n S_1}{13 L} \int_0^{\infty} B(t) dt = \frac{n S_1}{13 L} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{L}{8 \tau} \cdot \frac{3}{5} B_0 + \frac{B_0 + \frac{3}{5} B_0}{2} \cdot \frac{6}{8 \tau} \right) =$$

$$= \frac{n S_1}{13 L} \left(\frac{3}{40} B_0 \infty + \frac{6}{8} \cdot \frac{8}{10} B_0 \infty \right) = \frac{24}{40 \cdot 13} \frac{n S_1 B_0 \infty}{L}$$

$$q = \frac{n B_0 S_1 \infty}{13 L} - \frac{24}{40 \cdot 13} \frac{n S_1 B_0 \infty}{L} = \frac{1}{40} \frac{n S_1 B_0 \infty}{L}$$

Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 n S_1}{13 L}$ 2) $q = \frac{n S_1 B_0 \infty}{L}$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

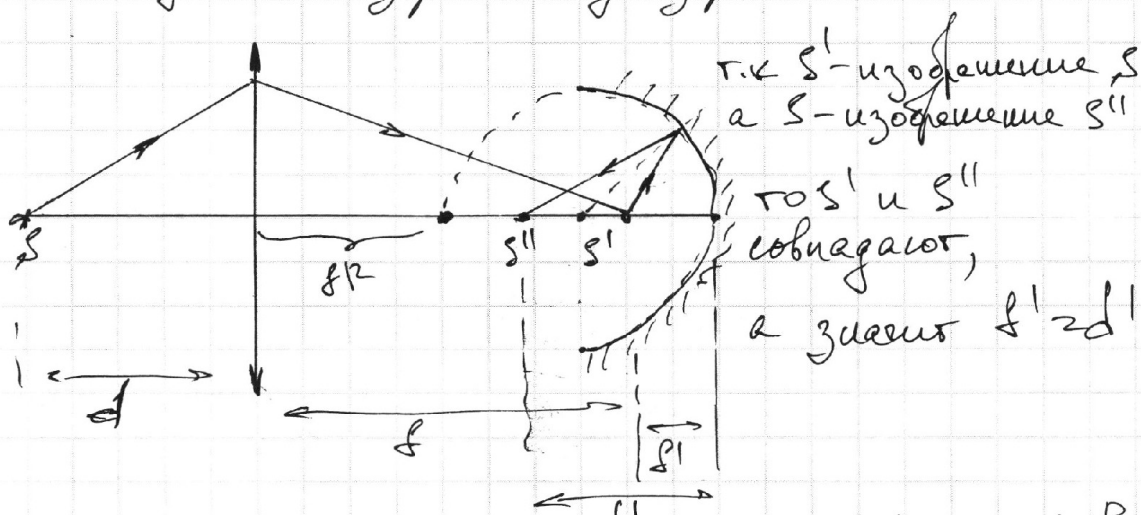
1 из 3

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!

1) Если условие выполняется при n , то оно выполняется и при $n \approx 1$

Пусть f и d - расстояния от изображения до линзы и от предмета до линзы (не учитываем зеркало)

f' и d' - ~~аналогичные~~ расстояния от изображения до зеркала и от изображения изображения полученного зеркалом до зеркала



Фокусное расстояние для вогнутого зеркала $F \approx \frac{R}{2}$

тогда для зеркала: $\frac{1}{d'} + \frac{1}{f'} \approx \frac{1}{F}$

$$\frac{1}{f'} + \frac{1}{f'} \approx \frac{2}{R} \Rightarrow \underline{f' \approx R}$$

из формулы $f + f' \approx 10R \Rightarrow f \approx 9R$

с другой стороны для линзы: $\frac{1}{f} + \frac{1}{d} \approx \frac{1}{F}$

$$F \approx \frac{f \cdot d}{f + d} \approx \frac{9R \cdot 4,5R}{13,5R} \approx 3R$$

2)



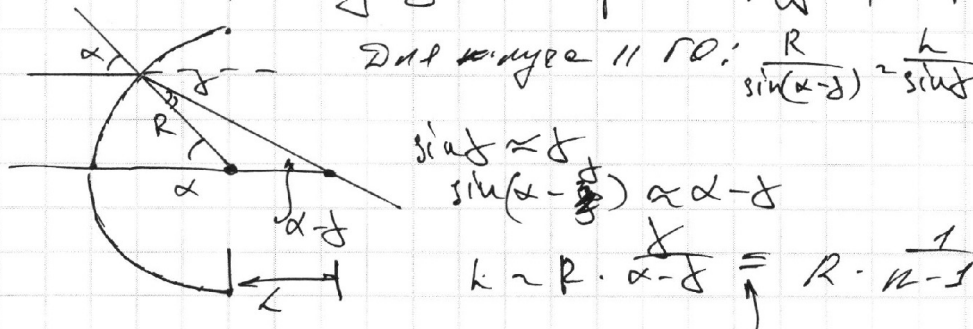
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА
2 из 3

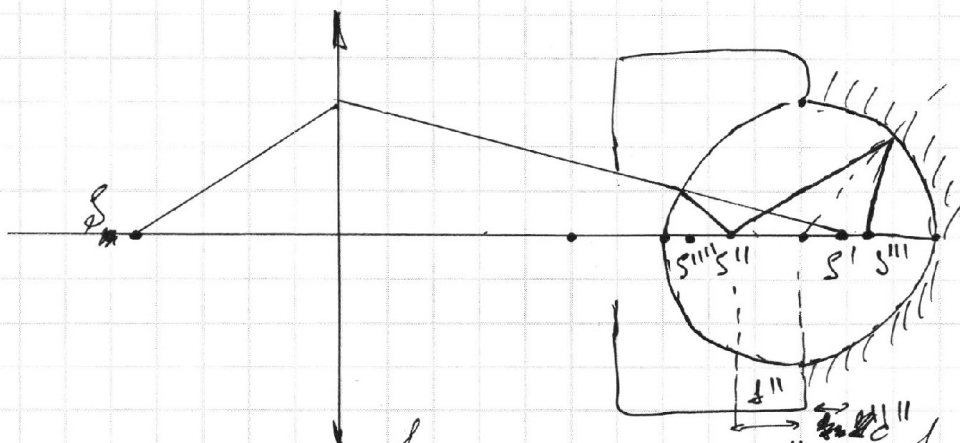
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Рассмотрим ход лучей на границе раздела, шар-воздух



из 3-ей Силы $\delta \approx n\delta$

шар-линза с $F'' \approx R \cdot \frac{1}{n - 1}$



Пусть S' - изображение S в линзе; S'' - изображение

S' на шаре; S''' - изображение S'' от зеркала

S''' - изображение S''' при обратном переходе из шара

$$\frac{1}{f} + \frac{1}{d} \approx \frac{1}{F} \quad \frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} \approx \frac{1}{F'}$$

$$\frac{1}{f''} + \frac{1}{d''} \approx \frac{1}{F''} \quad -\frac{1}{f_2} + \frac{1}{d_2} \approx -\frac{1}{F''}$$

$$f \approx \frac{dF}{d - F} \approx \frac{1,5R \cdot 3R}{1,5R} \approx 3R$$

$$6R + d'' \approx f \Rightarrow d'' \approx 3R$$



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!

$$\frac{kx_0^2}{2} = 2mgx_0 - 4(\mu mg)^2 \cdot \frac{1}{k} + \frac{5m}{2} x_0^2$$

$$a = \frac{x_0^2 - x^2}{\omega^2} = \frac{kx}{m} (x_0^2 - x^2)$$

$$\frac{kx_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{5m}{2} k (x_0^2 - x^2) + \mu mg k$$

$ma_{огн} = 2\mu g m - kx_{огн}$
Колебания ^{относительное} меньшего груза от-но большего

1) $x_{огн} = 0 \Rightarrow$ ^{не} ~~максимум~~ ^{минимум} ~~максимум~~ $x_{огн} = 0 \Rightarrow F_{гф} = 0$

~~$ma_{огн} = kx$~~ ~~$x = 0$ - функция не имеет~~

$a_g = 0 \Rightarrow kx = \mu mg \Rightarrow ma_{огн} = kx = \mu mg$

$a_{огн} \neq \mu g \rightarrow$ ~~не~~ ^{обусловлено} ~~максимум~~ ^{ускорения}

$x_{огн} = \frac{\mu mg}{k}$ - ~~максимум~~ ^{минимум} ~~обусловлено~~ ^{минимум}

~~$kx = kx_1 = 2\mu mg \Rightarrow x_1 = \frac{2\mu mg}{k}$~~
2) $ma = kx_0$ $a = \frac{kx_0}{m}$

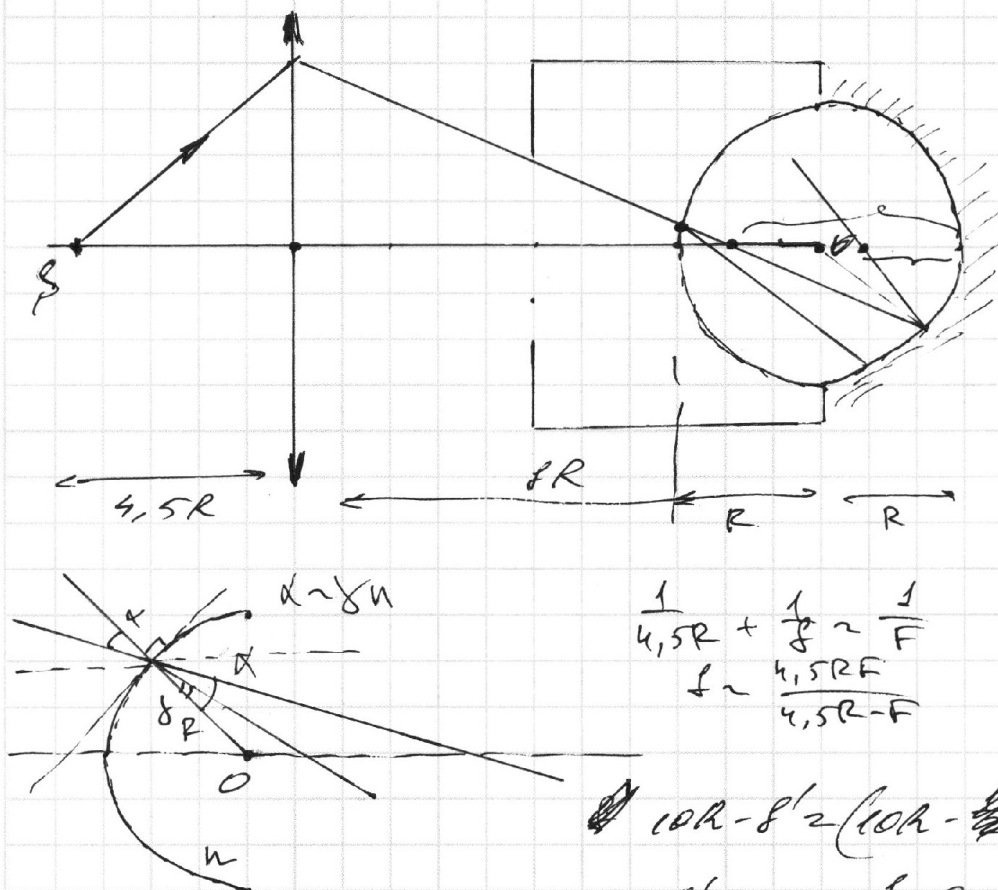


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\frac{1}{4.5R} + \frac{1}{f} \sim \frac{1}{F}$$

$$f \sim \frac{4.5RF}{4.5R - F}$$

$$10R - f' \sim (10R - \frac{f}{2})^{\frac{1}{2}}$$

$$10R - f' \sim 5R - \frac{1}{2}f$$

$$f' \sim 5R + \frac{1}{2}f \sim 5R + \frac{1}{2} \cdot \frac{4.5RF}{4.5R - F}$$

$$d' \sim \frac{f'F}{f' - F} \sim \frac{\frac{4.5}{2} \frac{RF^2}{4.5R - F}}{\frac{1}{2} \cdot \frac{4.5RF}{4.5R - F} - F}$$

$$\frac{1}{2} \cdot \frac{4.5RF}{4.5R - F} - F \sim \frac{4.5RF - 2 \cdot 4.5RF + F^2}{2(4.5R - F)} \sim$$

$$\frac{F^2 - 4.5RF}{2(4.5R - F)} \sim -\frac{F}{2}$$

$$d' \sim -\frac{4.5}{2} \cdot \frac{2}{1} \cdot \frac{RF^2}{4.5R - F} \sim \frac{4.5RF}{4.5R - F} \sim 4.5R$$

$$F \sim 4.5R - F \Rightarrow \underline{F \sim \frac{9}{4}R}$$



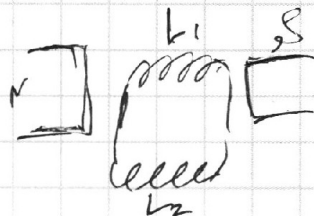
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

14. ~~магнитное поле~~ $\sum \Phi_i \sim \text{const}$



$$B_0 \cdot S_1 = +L_1 \vec{j} \cdot \vec{L}_2 \vec{j} \neq$$

$$\vec{j} \cdot (\vec{L}_1 + \vec{L}_2) \sim L_2 \vec{j} \sim B_0 S_1$$

$$B_0 S_1 \sim \frac{L_1}{L_2} (B_0 \vec{j} \cdot \vec{L}_2 + B(t) u S_1)$$

$$u S_1 (B_0 - B(t)) \sim L_2 \vec{j} \cdot \vec{L}_2 \vec{j}$$

$$\frac{dy}{dt} \sim \frac{u S_1}{L_2} (B_0 - B(t))$$

$$y \sim \int_0^t \frac{u S_1}{L_2} (B_0 - B(t)) dt$$

$$B_0 S_1 \sim L_2 y_0 \Rightarrow y_0 \sim \frac{B_0 S_1}{L_2}$$

$q = ?$ $q \sim \int_0^t y dt$

$$L_2 y(t) + B(t) u S_1 \sim B_0 S_1$$

$$L_2 y(t) \sim u S_1 (B_0 - B(t))$$

~~не~~

$$y(t) \sim \frac{u S_1}{L_2} (B_0 - B(t))$$

$$\int q \sim \int_0^t \frac{u S_1}{L_2} (B_0 - B(t)) dt \sim \frac{u S_1 B_0 t}{L_2} - \frac{u S_1}{L_2} \int_0^t B(t) dt$$

$$\int_0^t B(t) dt \sim \frac{1}{2} \cdot \frac{0.8}{22} \cdot \frac{3}{5} B_0 + \frac{B_0 + \frac{3}{5} B_0}{2} \cdot \frac{63}{4} \sim \frac{3}{40} B_0 t + \frac{8.3}{40} B_0 t \sim \frac{11.6}{40} B_0 t$$

$$q \sim \frac{u S_1 B_0 t}{L_2} - \frac{24}{40} \cdot \frac{u S_1}{L_2} \cdot B_0 t \sim \frac{13}{40} \frac{u S_1 B_0 t}{L_2} \sim \frac{u S_1 B_0 t}{40 L_2}$$



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
__ 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!

$$\frac{1}{f_1} + \frac{1}{d_1} \sim \frac{1}{R}$$

$$d_1 \sim \frac{\frac{R}{2} \cdot f_1}{f_1 - \frac{R}{2}}$$

$$f_1 \sim 10R - f_1 \sim 10R - f_2 \sim 10R - \frac{4,5RF}{4,5R - F}$$

$$\frac{R}{2} \cdot \frac{4,5R^2 - 14,5RF}{4,5R - F} \sim \frac{R}{2} \cdot \frac{4,5R^2 - 14,5RF}{4,5R - F}$$

$$d_1 \sim \frac{4,5R^2 - 14,5RF}{4,5R - F} - \frac{R}{2} \sim \frac{R}{2} \cdot \frac{4,5R^2 - 14,5RF}{4,5R - F}$$

$$f_1 \sim d_1 \Rightarrow \frac{2}{f_1} \sim \frac{2}{R} \Rightarrow f_1 \sim R$$

$$f_1 \sim 10R - f_2 \Rightarrow f_2 \sim 9R \Rightarrow 9R \sim \frac{4,5RF}{4,5R - F}$$

$$d \sim \frac{F}{4,5R - F} \Rightarrow 9R - 2F \sim F \Rightarrow F \sim 3R$$

$$\frac{R}{\alpha - \delta} \sim \frac{L}{\delta}$$

$$L \sim R \cdot \frac{\delta}{\alpha - \delta} \sim R \cdot \frac{1}{\alpha - 1}$$

$$f \sim \frac{4,5R \cdot 3R}{1,5R} \sim 9R$$

$$L \sim 3R$$

$$L \sim \frac{3n-2}{3n+1} + \frac{3n-2}{3n-5}$$

$$2(3n+1)(3n-5) \sim (3n-2)(3n-5+3n+1)$$

$$18n^2 - 24n - 10 \sim (3n-2)(6n-4)$$

$$9n^2 - 12n + 13 \sim 0$$



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.

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!

$$\kappa: M_0 \sim 4 m_0$$

$$T_0 \sim 290 K$$

$$T \sim 363 K$$

$$1) p \sim \frac{m}{V} \cdot \frac{1}{\mu} \cdot RT \rightarrow m \sim \frac{p V \mu}{RT}$$

$$p_0 \sim p_{\text{нас}}(24^\circ C) \approx 3,5 \text{ кПа}$$

$$\frac{m}{m_0} \sim \frac{p}{p_0} \sim \frac{p_{\text{нас}}(30^\circ C)}{p_{\text{нас}}(24^\circ C)}$$

$$m_0 \sim \frac{p_0 V \mu}{RT}$$

$$\frac{m}{m_0} \sim \frac{40 \text{ кПа}}{3,5 \text{ кПа}} \approx 11,4$$

$$m \sim 20 m_0$$

$$m_0 \text{ макс} \sim m_0 + m_0 \sim 8 m_0$$

$$\frac{m}{m_0} \sim \frac{8 m_0}{m_0} \sim 8$$

2)

$$\frac{p_{\text{нас}}(t^*)}{p_{\text{нас}}(24^\circ C)} \sim 8 \rightarrow p_{\text{нас}}(t^*) \sim 8 p_{\text{нас}}(24^\circ C)$$

$$p_{\text{нас}}(t^*) \sim 8 \cdot 3,5 \text{ кПа} \sim 28 \text{ кПа} \rightarrow (t^* \approx 64^\circ C)$$

3) $p_{\text{нас}}(30^\circ C) \sim 40 \text{ кПа}$

$$\varphi \sim \frac{p}{p_{\text{нас}}} \sim \frac{p}{p_{\text{нас}}} \quad p \sim \varphi \cdot p_{\text{нас}}$$

Для уг. газа при $V \sim \text{const}$ $\frac{p}{T} \sim \text{const}$

$$\frac{p_{\text{нас}}(t^*)}{T^*} \sim \varphi \cdot \frac{p_{\text{нас}}(30^\circ C)}{T}$$

$$\frac{28 \text{ кПа}}{340 K} \sim \varphi \cdot \frac{40 \text{ кПа}}{363 K}$$

$$\varphi \sim \frac{28 \cdot 363}{40 \cdot 340} \sim 0,75$$

$$\frac{k x_0^2}{2} \sim 2 m g x_0 - 2 m g \cdot \frac{m g}{k} + \frac{k}{2} \cdot \frac{(m g)^2}{k^2} + \frac{(m g)^2}{2} \cdot x_0^2$$

$$\frac{k}{m} \cdot \frac{(m g)^2}{k^2} \cdot \frac{(m g)^2}{2} \sim \frac{(m g)^2}{2} \cdot \frac{(m g)^2}{k}$$



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!

$\vec{a} \sim \vec{E} \cdot q$
 $\vec{a} \sim \vec{E}(r) \cdot q - \vec{E}(r+d) \cdot q$
 $\vec{a} \sim 0$ или $\vec{E}(r) \sim \vec{E}(r+d)$
 $E \sim \frac{1}{r^2} \Rightarrow E(r+d) \sim E(r) + E'(r+d)$

Не берем $\varphi = 0$
 $W \sim \Delta\varphi \cdot q$
 $\frac{m\omega^2}{2} = \Delta\varphi \cdot q + \varphi \cdot q$

$d\varphi \sim \frac{k\sigma d\ell}{\sqrt{r^2 + d^2}}$
 $d\varphi \sim \frac{k\sigma d\ell}{\sqrt{r^2 + d^2}}$
 $d \sim 2\sigma \cdot dr$
 $d\varphi \sim \frac{k\sigma d\ell dr}{\sqrt{r^2 + d^2}} \sim \frac{k\sigma \pi \cdot dr^2}{\sqrt{r^2 + d^2}}$
 $d\varphi \sim \frac{k\sigma \pi \cdot d(r^2 + d^2)}{\sqrt{r^2 + d^2}} \sim \varphi(d) \sim k\sigma \pi \cdot 2\sqrt{r^2 + d^2} \Big|_{R_1}^{R_2}$
 $\sim 2k\sigma \pi (\sqrt{R_2^2 + d^2} - \sqrt{R_1^2 + d^2})$
 $d \sim 0 \Rightarrow \varphi \sim 2k\sigma \pi (R_2 - R_1)$
 $W \sim 2k\sigma \pi (R_2 - R_1) - 2k\sigma \pi (\sqrt{R_2^2 + d^2} - \sqrt{R_1^2 + d^2})$
 $\sqrt{R_2^2 + d^2} \sim R_2 \left(1 + \frac{d^2}{2R_2^2}\right)$
 $\varphi(d) \sim 2k\sigma \pi \cdot \left(R_2 + \frac{d^2}{2R_2} - R_1 - \frac{d^2}{2R_1}\right)$
 $\varphi(d) \sim \varphi + 2k\sigma \pi d^2 \left(\frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1}\right) < 0$



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**.

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!

$$W \sim q\varphi_0 - q(\varphi_0 + \Delta\varphi) \sim -\Delta\varphi \cdot q$$

$$\frac{m\omega_0^2}{2} \sim -\Delta\varphi \cdot q \Rightarrow \Delta\varphi \sim -\frac{m\omega_0^2}{2q}$$

В центре поверхности $\Delta\varphi \sim 0$ (симметрия)
 $\omega \sim \omega_0$

$$\frac{m\omega_0^2}{2} \sim \frac{q}{3} \cdot \frac{m\omega_0^2}{2q} + \frac{m\omega^2}{2}$$

$$\omega^2 \sim \omega_0^2 - \tilde{\omega}^2$$

$$\omega\omega^2 + \tilde{\omega}^2\omega^2 \sim \omega\omega_0^2$$

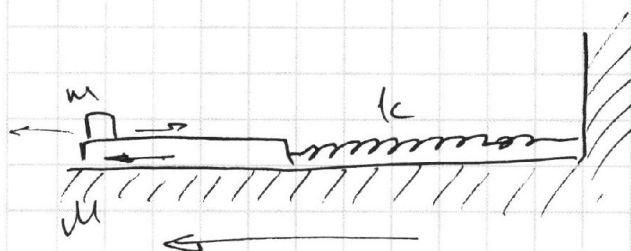
$$\omega_0^2 \sim \frac{\omega_0^2}{3} + \omega^2 \Rightarrow \omega^2 \sim \frac{2\omega_0^2}{3} \Rightarrow \omega \sim \omega_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$\omega \sim \sqrt{\frac{k}{m}}$

$$\frac{\omega_{\max}}{\omega_{\min}} \sim \frac{\omega_0}{\omega_0 \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}} \sim \sqrt{\frac{3}{2}}$$

$m\ddot{x} + kx \sim 0$
 колебание

$$m\ddot{x} \sim 2\mu mg \pm kx$$



$$m\ddot{x} \sim +\mu mg \Rightarrow \ddot{x} \sim \mu g$$

$$\dot{x} \sim \mu g \cdot t$$

$$\ddot{x} \sim \mu g \neq kx + \ddot{x} \sim \mu g$$

$$kx - \mu mg \sim m\ddot{x}$$

$$x_0 \rightarrow 0 \Rightarrow kx \sim \mu mg$$

$$m\ddot{x} \sim kx - \mu mg$$

$$m\ddot{x} \sim \mu g$$

$$kx \sim \mu mg$$

$$\omega^2 + \tilde{\omega}^2 \sim \omega_0^2$$

$$x \sim \mu g \cdot \frac{m}{k} (1 + \mu) \sim \frac{0.4 \cdot 10}{100} \cdot 1.4 \sim 0.056$$

$$kx \sim \mu mg \Rightarrow x \sim \frac{\mu mg}{k}$$

$$\omega_0 \sim \omega_g$$

$$\frac{kx^2}{2} \sim 2\mu mg(x - x_0) + \frac{kx^2}{2} + \frac{(m + \mu)\omega^2}{2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} \sim 2\mu mg(x_0 - x) + \frac{kx^2}{2} + \frac{(m + \mu)(x_0^2 - \omega^2 x^2)}{2}$$