



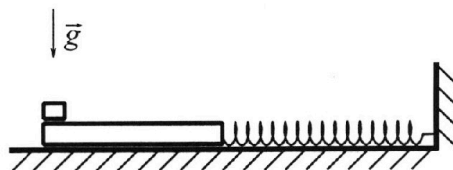
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ 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 $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

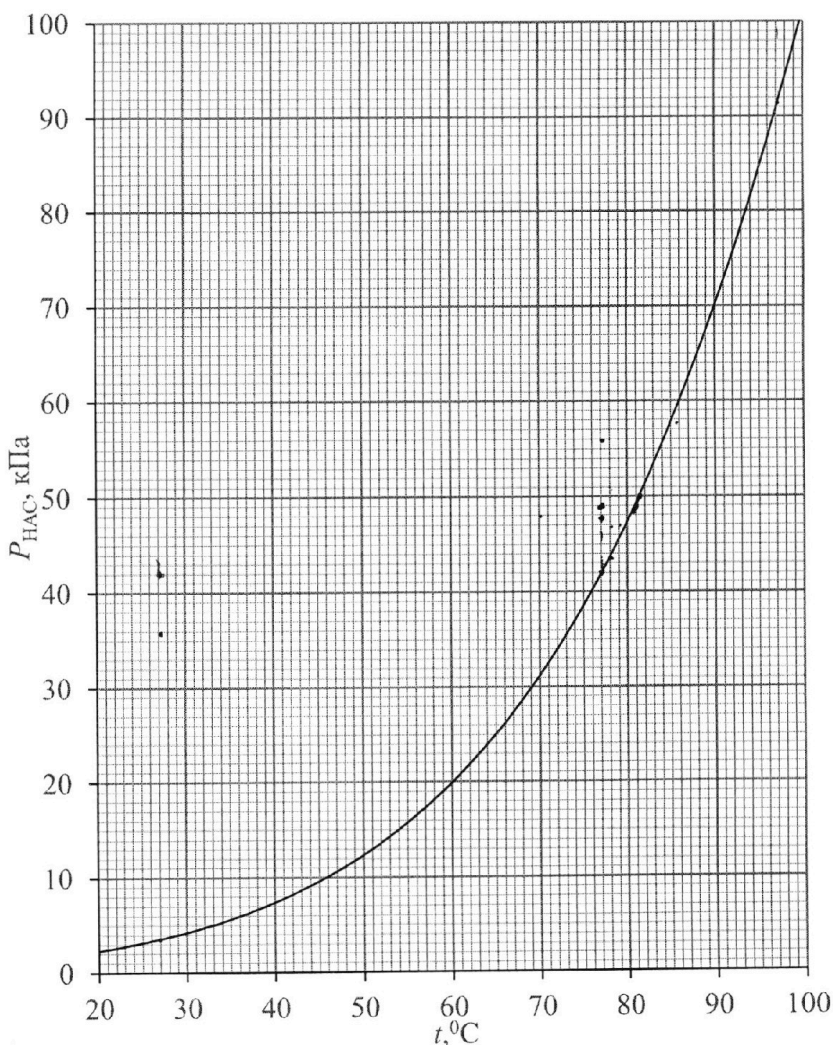


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °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.

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





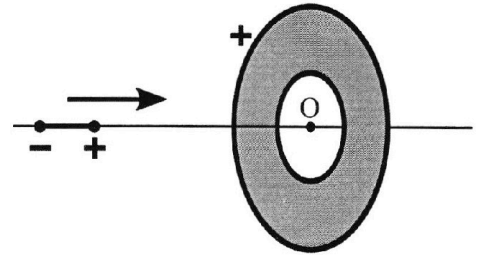
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

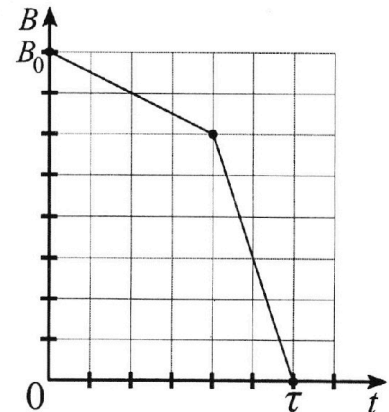
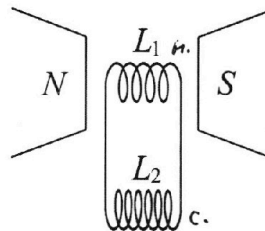


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



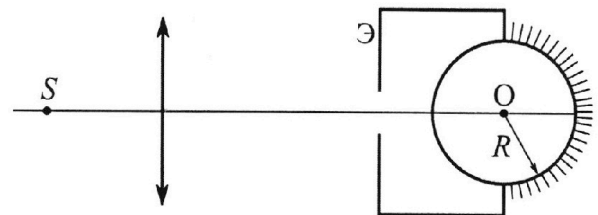
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $L_2 = 6L$ 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 (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, 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 $\Delta = 4R$, 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.



2

3

4

5

6

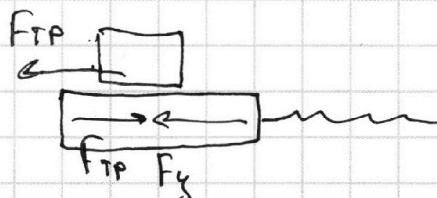
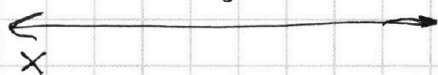
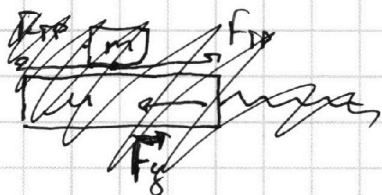
7

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) Если относительное ускорение равно 0, то ускорения в лабораторной СО равны. Учитывая, что пружина в этот момент сжата, имеем:



*

$x=0$ (пружина не растянута)

Уз 2 3. Ньютоном:

$$\begin{cases} a_{\text{см}} = \mu g \dots (1) \\ a_g M = k \Delta x_1 - \mu mg \dots (2) \end{cases}$$

$$a_d = a_g$$

$$\mu g = \frac{k \Delta x_1}{M} - \frac{\mu g}{2}$$

$$\Delta x_1 = \frac{\frac{3}{2} \mu g M}{k} = \frac{3}{50} \text{ м} = 0,18 \text{ м}$$

2) Из уравнения (2) имеем:

$$2 \frac{d^2 x}{dt^2} = -\frac{k}{m} x - \mu g \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{2m} x = -\frac{\mu g}{2}$$

$$x = x_0 \cos \sqrt{\frac{k}{2m}} t - \frac{\mu g}{2}$$

$$\dot{x} = -\sqrt{\frac{k}{2m}} x_0 \sin \sqrt{\frac{k}{2m}} t$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{2m} x_0 \cos \sqrt{\frac{k}{2m}} t$$

Ускорение доски равно 0 при:

$$\cos \sqrt{\frac{k}{2m}} t = 0 \Rightarrow t = \sqrt{\frac{2m}{k}} \frac{\pi}{2}$$



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 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!

Тогда скорость: $\dot{x} = -\sqrt{\frac{k}{2m}} x_0 \dots (3)$

Т.е. груз и доска движутся вместе

$$\ddot{x} = \mu g \cdot \frac{1}{2} = \sqrt{\frac{2m}{k}} \cdot \frac{1}{2} \mu g = -\sqrt{\frac{k}{2m}} x_0$$

↑
ускорение
груза

$$-\frac{2m}{k} \cdot \frac{1}{2} \mu g = x_0$$

$$x_0 = -\frac{1}{2} \frac{m \mu g}{k}$$

Тогда начальное ускорение доски:

$$\ddot{x}(0) = -\frac{k}{2m} \cdot x_0 - \frac{1}{2} \mu g = \left(\frac{g}{2} \right) \text{ м/с}^2 = 4,5 \text{ м/с}^2$$

3) Эту скорость мы уже находили:

Из (3):

$$\dot{x} = -\sqrt{\frac{k}{2m}} x_0 = \frac{1}{2} \frac{m \mu g}{k} \sqrt{\frac{k}{2m}} = \frac{1}{2} \mu g \sqrt{\frac{m}{2k}}$$

$$= \frac{g}{10} \text{ м/с} = 0,9 \text{ м/с}$$



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
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!

Отсюда: $\frac{p_{n2}}{p_{n1}} = \frac{12 \bar{T}_2}{T_1} \Rightarrow p_{n2} = \frac{12 \bar{T}_2}{T_1} p_{n1} =$
 $= 12 \cdot \frac{370 \text{ K}}{300 \text{ K}} \cdot 3,5 \text{ кПа} \approx 52 \text{ кПа} \pm 6 \text{ кПа}$

$\varphi = \frac{52}{91} \approx 57\% \pm 6\%$



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!

$$1) t_0 = 27^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 37^\circ\text{C}$$

$$m_{n1} = m$$

$$m_{b1} = 11 \text{ м}$$

Поскольку в конце вся вода превратилась в пар, его масса стала $m_{n2} = m_{n1} + m_{b1} = 12 \text{ м}$

$$\frac{m_{n2}}{m_{n1}} = 12$$

2) Когда испарение прекращается, пар всё ещё насыщенный; его масса $m_n^* = 12 \text{ м}$.

из ур-я Менделеева - Клапейрона:

$$p_n^* V = \frac{12 \text{ м}}{\mu} R T^*$$

$$p_{n1} V = \frac{m}{\mu} R T_1 \leftarrow \text{для пар в начальный момент}$$

$$\text{Учтём: } \frac{p_n^*}{p_{n1}} = \frac{12 T^*}{T_1} \Rightarrow p_n^* = \frac{12 p_{n1}}{T_1} (t^* + 273^\circ\text{C})$$

Построим график $p_n^*(t^*)$ и по пересечению с графиком $p_{\text{нас}}(t)$ найдём t^* . (т.к. пар удовлетворяет условию насыщенности в этот момент).

Из графика можно оценить p_{n1} как $3,5 \text{ кПа}$. Тогда t^* получается равным $82^\circ\text{C} \pm 3^\circ\text{C}$.

3) Относ. влажность есть отношение давления пара p_{n2} к давлению насыщенного пара при той же температуре ($t_2 = 37^\circ\text{C}$) $p_{\text{нас}2}$

$$\varphi = \frac{p_{n2}}{p_{\text{нас}2}} \quad p_{\text{нас}2} \approx 3,1 \text{ кПа (из графика)}$$

из ур-я Менделеева - Клапейрона:

$$p_{n2} V = \frac{12 \text{ м}}{\mu} R T_2 \quad \text{и} \quad p_{n1} V = \frac{m}{\mu} R T_1$$



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.

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!

Тогда: $\frac{mv_0^2}{2} + mv_{x1}^2 = mv_0^2$

$$v_{x1}^2 = \frac{v_0^2}{2} \Rightarrow v_{x1} = \frac{v_0}{\sqrt{2}} - \text{это минимальная скорость}$$

Тогда для макс. скорости

$$-4q/2 + mv_{x2}^2 = mv_0^2$$

$$v_{x2}^2 = \frac{3}{2}v_0^2 \Rightarrow v_{x2} = \sqrt{\frac{3}{2}}v_0$$

Тогда разность: $\Delta v = v_{x2} - v_{x1} = \frac{\sqrt{3}-1}{\sqrt{2}}v_0$

Минимум скорости достигается
и q обозначает энергию, которую
теряет электрон, долетая до этой
точки.

Р.С. минимум энергии
соответствует симметричной
точке относ. диска.



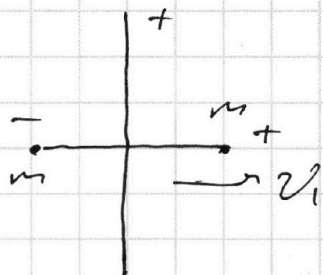
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Три пролёта через центр диска, энергия взаимодействия дикполя с диском равна 0 (заряды расположены симметрично по отношению к диску, но имеют разный знак)



На "бесконечности" диск не взаимодействует с диском $\rightarrow$ из ЗСЭ;

$$0 + \frac{2m v_0^2}{2} = \frac{2m v_1^2}{2} + 0 \Rightarrow v_1 = v_0$$

2) Очевидно, что максимум электростатической энергии где-то между "бесконечностью" и точкой 0. Максимум есть.

Потенциал, поря центра $\varphi = \frac{1}{\sqrt{x^2 + r_0^2}}$, где x - расстояние от центра вдоль оси.

Диск с отверстием можно записать как диск с равномерно распределенными зарядами q .

В этой точке создается некоторый потенциал φ (электрический)

Энергия поля $W \approx \varphi q$.

Для 1 эксперимента:

$$\varphi q = m v_0^2$$

Для 2 эксперимента в этой точке

$$\frac{\varphi q}{2} + m v_{x1}^2 = m v_0^2$$



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.



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!

а) Покажем, что через сверхпроводящее контур поток сохраняется.

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt} - \text{из 3. электромагн. индукции}$$

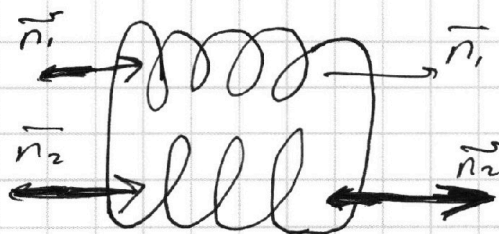
$$\mathcal{E} = IR - \text{из 3. Ома} \Rightarrow \frac{d\Phi}{dt} \approx R$$

Если $R \rightarrow 0$, то $d\Phi \rightarrow 0 \Rightarrow \Phi = \text{const}$

1) В конце выключения, поток внешнего поля через контур равен 0; существует только поток, вызванный током в катушках.

$$\Phi_0 = B_0 S, n = \Phi(t)$$

$$\Phi(t) = +I_0 L_1 + I_0 L_2 = 4 I_0 L$$



$\vec{n}_1, \vec{n}_2$ - векторы нормалей в контуре; направление по этим векторам поток считается положительным.

$$5 I_0 L = B_0 S, n \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S, n}{4L}$$

2) ВАЖНО! Т.к. $\Phi = \Phi_0 = \text{const} \Rightarrow d\Phi = 0$

Изменение внешнего потока компенсируется потоком, вызванным током в катушках.

$$-d\Phi = 4L dI \Rightarrow \Phi_0 - \Phi_{\text{внеш}} = 4LI \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4L(B_0 - B) = 4LI \quad | \cdot dt$$



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.



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!

За маленкое время Δt :

$n S_1 (B_0 \Delta t - B \Delta t) = 7 L \Delta q$, интегрируя по времени имеем:

$$n S_1 (B_0 \tau - \int_0^{\tau} B \Delta t) = 7 L q$$

$\int_0^{\tau} B \Delta t$ найдём как площадь под графиком. Она равна $34 \cdot \frac{1}{8} B_0 \cdot \frac{1}{6} \tau = \frac{17}{24} B_0 \tau$ Тогда имеем:

$$n S_1 (B_0 \tau - \frac{17}{24} B_0 \tau) = 7 L q \Rightarrow q = \frac{\frac{7}{24} B_0 \tau n S_1}{7 L}$$

$$q = \frac{B_0 \tau n S_1}{24 L}$$



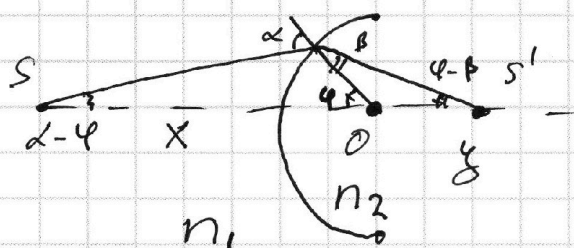
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

д) Найдём где будет изображение источника, расположенного перед шаром на расстоянии x . (пока без зеркала).



$$n_1 \alpha = n_2 \beta = n_3 \gamma$$

3. Ссылка

Введём углы α, β, γ как на рис. и выразим

все остальные углы через них.

С учетом малости углов можно записать

$$(x - \phi)x = \phi R = (\phi - \beta)y$$

Решим систему этих зр-й:

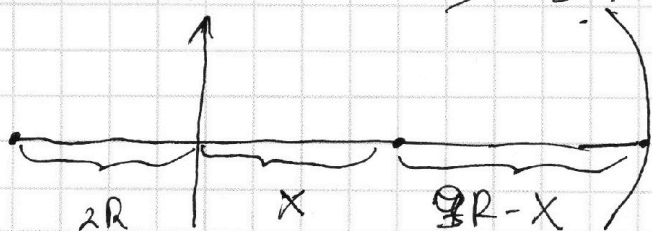
$$\phi = \frac{x - \phi x}{R + x}$$

$$\beta = \frac{n_1}{n_2} \alpha$$

$$\alpha \cdot \frac{R - x}{R + x} = \frac{x(n_2 - n_1) - Rn_1}{(R + x)n_2} \cdot \frac{n_2}{n_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow R - x = \frac{(x(n_2 - n_1) - Rn_1)y}{R + x} \Rightarrow y = \frac{n_2 R x}{x(n_2 - n_1) - Rn_1} \dots \dots (1)$$

1) Если условие выполняется для любых n , то и для $n=1$ оно справедливо. Тогда весь шар эквивалентен сферическому зеркалу.



Известно, что фокусное расстояние сферического зеркала $R/2$



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!

$$\frac{1}{2R} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F} \quad \text{и} \quad \frac{1}{3R-x} + \frac{1}{3R-x} = \frac{2}{R}$$

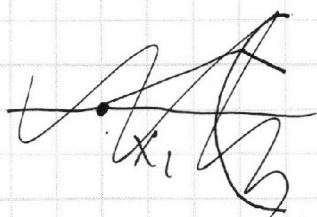
Р-С. изображение в зеркале должно быть там же, где и изображение в линзе.

$$3R - x = R \Rightarrow x = 8R$$

$$F = \left(\frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} \right)^{-1} = \frac{8}{5}R = 1,6R$$

2) Мы знаем, что изображение в линзе будет на расстоянии $x = 8R$. Тогда расстояние от него до передней поверхности шара $x_1 = -5R$

$$\text{из (1): } y_1 = \frac{nR x_1}{x_1(n-1) - R} = \frac{5nR^2}{5Rn - 4R} = \frac{5nR}{5n-4}$$



Расстояние от этого изображения до сферического зеркала $x_2 = 2R - y_1$

$$\frac{1}{2R - y_1} + \frac{1}{y_2} = \frac{2}{R} \Rightarrow \frac{5n-4}{5n-8} + \frac{R}{y_2} = 2$$



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 ☐

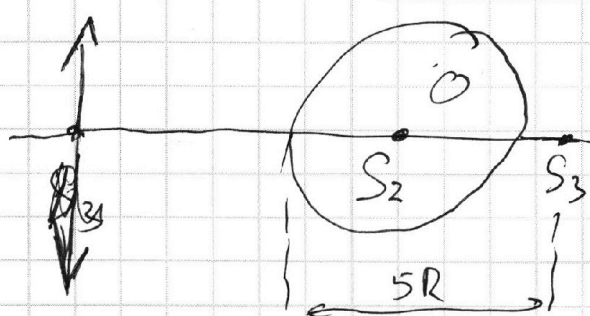
СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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!

Получаем: $z_2 = \frac{5n-8}{5n-12} R$

Т.е. после отражения в зеркале, лучи проходят через центр шара.

Снова воспользуемся (1).



Учтем изображение
сравно с предметом,
изображение S_3
вновь должно
оказаться на
расстоянии $8R$

от линзы и на расстоянии $5R$
от передней стороны шара.

Из формулы (1):

$$-5R = \frac{R z_2}{z_2(n-1) + Rn}$$

$$-5 = \frac{\frac{5n-8}{5n-12}}{\frac{5n-8}{5n-12}(n-1) + n} = \frac{5n-8}{(5n-8)(n-1) + n(5n-12)}$$

$$\Rightarrow \frac{5n-8}{5n^2-125n+40} = \frac{5n-8}{50n^2-120n+32} \Rightarrow 50n^2-125n+40 = 5n^2-120n+32$$

$$\Rightarrow 45n^2-5n+8=0 \Rightarrow 25n^2-60n+16=0$$

$$\Delta = 3600 - 1600 = 2000 \Rightarrow \sqrt{\Delta} = 44.72$$

$$n = \frac{60 \pm 44.72}{50} \Rightarrow n = 1.5$$



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!

$$W \sim g \quad U_g = m \cdot 23^2$$



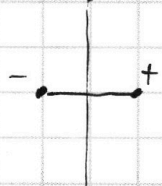
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
из

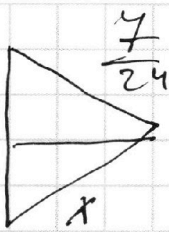
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$24 + 4 + 6 = 34 \quad E$$



$$\frac{1}{8} \cdot \frac{1}{6} \ln 5$$

$$\frac{17}{24}$$



$$\varphi = \frac{149}{\sqrt{x^2 + p^2}}$$

$$\varphi = \frac{\alpha}{\sqrt{x^2 + p^2}}$$

$$U + W$$

$$W = \alpha \left(\frac{1}{\sqrt{x^2 + p^2}} - \frac{1}{\sqrt{x^2 + 2\ell x + p^2}} \right) \Rightarrow \max$$

$$E = 149 \cdot \frac{2x}{2\sqrt{x^2 + p^2}^{3/2}}$$

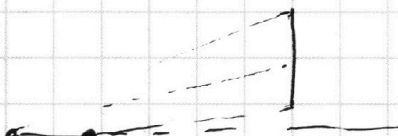
$$\frac{x}{(x^2 + p^2)^{3/2}} - \frac{x + \ell}{(x^2 + 2\ell x + p^2)^{3/2}} = 0$$

$$x(x^2 + 2\ell x + p^2)^{3/2} = (x^2 + p^2)^{3/2}(x + \ell)$$

$$x(x^2 + p^2)^{3/2} \left(1 + \frac{3\ell x}{x^2 + p^2} \right) = x(x^2 + p^2)^{3/2} + \ell(x^2 + p^2)^{3/2}$$

$$3\ell x^2 \sqrt{x^2 + p^2} = \ell(x^2 + p^2)$$

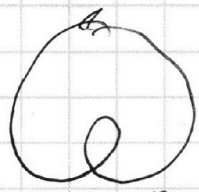
$$x = \frac{R}{\sqrt{2}}$$



$$2x^2 = p^2$$

$$90 - \varphi + \beta$$

$$90 - (90 - \varphi + \beta) = \varphi - \beta$$



$$\varphi = 5R = \frac{d\varphi}{dx} \cdot dx$$

$$\varphi_F - \varphi_0 = 7L$$

$$\varphi_F - \varphi_0 = 7L$$

$$\varphi_0 - \varphi = \frac{x(n-1)R}{n(R+x)}$$

$$\alpha - \varphi = \frac{R}{R+x} \alpha$$

$$\frac{x}{R+x} - \frac{1}{n} = \frac{xn - x - R}{n(R+x)}$$

$$\alpha + 90 - \gamma + 90 - \varphi = 180$$

$$\alpha = \varphi + \gamma$$

$$\alpha = n\beta$$

$$\varphi R = rX = y$$

$$(4-\beta)$$

$$\varphi R = (\alpha - \varphi)X = (4-\beta)y$$

$$\varphi R = \alpha X - \varphi X$$

$$\varphi = \frac{\alpha X}{R+x}$$

$$\frac{Rx}{R+x} \alpha = \frac{x(n-1)R}{n(R+x)} y$$

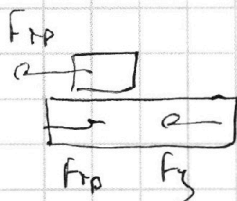
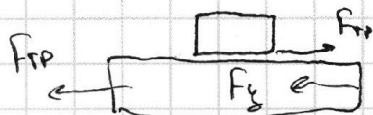


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\mu mg = ma$$

$$\mu \cos \alpha - \mu mg = ma$$

$$\mu_2 M = \mu mg + \mu \cos \alpha$$

$$\frac{3}{2} \mu g \mu$$

$$\frac{3}{2} \mu g = \frac{\mu \cos \alpha}{\mu}$$

$$a_2 M = \mu \cos \alpha - \mu mg$$

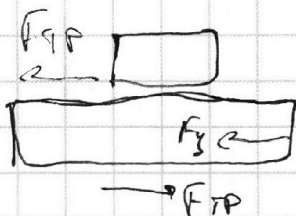
$$a_1 m = \mu mg$$

$$a_1 = \mu g$$

$$\varphi = \frac{p_2}{p_{\text{max}2}}$$

$$a_2 = \frac{\mu \cos \alpha}{2m} - \frac{\mu g}{2} = \frac{273}{50}$$

$$\frac{37}{30} \cdot 12 \cdot 3,5$$



273

37

37



$$p_{\text{H}}(27) = 3,5 \text{ ат}$$

$$p(37) = 3,5 \text{ ат}$$

$$p_{\text{H}}(27) V = \frac{m}{\mu} R T_1$$

$$p_{\text{H}}^* V = \frac{12m}{\mu} R T^*$$

$$p_{\text{H}} V = \frac{m_{\text{H}}}{\mu} R T$$

$$\frac{p_{\text{H}}^*}{p_{\text{H}}} = \frac{12 T^*}{T_1}$$

$$p_{\text{H}}^* = \frac{12 T^*}{300} = \frac{3}{25} T^*$$

$$p_{\text{H}}^* = \frac{12 T^*}{25} = \frac{4}{25} T^*$$

$$p_{\text{H}}^* = \frac{3}{25} (T^* + 273)$$

$$p_{\text{H}}^* = \frac{4}{25} (T^* + 273)$$

$$\frac{3,5}{2} \cdot \frac{7}{50} (T^* + 273) = 7$$

$$p_{\text{H}}^* = \frac{12}{27}$$

$$p_{\text{H}}^* = \frac{12 (T^* + 273)}{300}$$

$$p_{\text{H}} =$$

$$p_{\text{H}2} V = \frac{12m}{\mu} R T_2$$

$$27: p_{\text{H}}^* = \frac{210}{5} = 42$$

$$77: p_{\text{H}}^* = 48$$

$$27: p_1 \cdot 82$$

$$77: p_1 \cdot 14$$

$$36 \quad 48$$

$$48 \quad 56$$

$$42 \quad 48 + 20 =$$

$$\sqrt{\frac{37}{2}} = \frac{258}{5} \approx$$

$$\approx \frac{260}{5} =$$

$$= 52$$



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!

$$\alpha - \beta = \frac{R}{R+x} \alpha \quad \beta - \gamma = \frac{2x}{R+x} - \frac{n_1}{n_2} \alpha = \alpha$$

$$= \frac{xn_2 - Rn_1 - xn_1}{(R+x)n_2} = \frac{x(n_2 - n_1) - Rn_1}{(R+x)n_2} \alpha$$

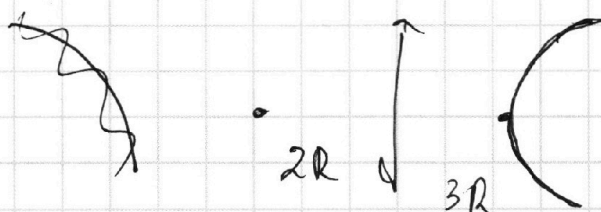
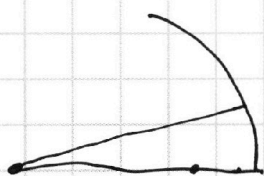
$$RXn_2 = \sqrt{\frac{1}{100}} \frac{mRx}{xn - R} - \frac{Rx}{x - xn} \quad \frac{nR}{n-1}$$

$$\frac{mRx}{x(n-1) - R} \quad \frac{-Rx}{x(1-n) - Rn} \quad \frac{Rx}{x(n-1) + Rn}$$

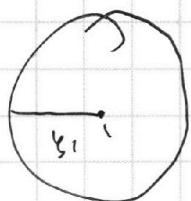
$$1 \quad 5Rn - 5R + R \quad 2 \quad 10n$$

$$\frac{5n-8}{5n-4} \quad 2 - \frac{5n}{5n-4}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$



$$\frac{2(5n-4) - 5n}{5n-4}$$



$$5 = \frac{1}{1-2n}$$

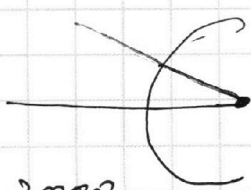
$$2R - 5nR^2$$

$$\frac{10n - 16 - 5n + 8}{5n - 8}$$

$$\frac{5n - 8}{5n - 8} = 1$$

$3Rn - 4Rn = 4Rn$

$$5 - 10n = 1$$



$$2 - \frac{5n-4}{5n-8} = 10n - 16 - 5n + 4$$

$$\frac{5n-12}{5n-8}$$

$$3600 - 1600 = 2000$$

$$n = \frac{60 + 2015}{25}$$



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!

$$a_d = \mu g$$

$$a_g = -\frac{k}{2}x - \frac{\mu g}{2}$$

$$dV_d = \mu g dt$$

$$dV_g = -\frac{k}{2}x dt - \frac{\mu g}{2} dt$$

$$2dV_g' = -kx dt - dV_d dV_g = -\frac{k}{2}x dt - \frac{dV_d}{2}$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{2m}x - \frac{\mu g}{2}$$

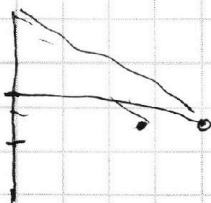
$$\ddot{x} + \frac{k}{2}x = -\frac{\mu g}{2}$$

$$x = A \cos \sqrt{\frac{k}{2}} t + \frac{\mu g}{k}$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{2}x = -\frac{\mu g}{2} \quad x = \frac{\mu g}{k}$$

$$\dot{x} = -A \sin \sqrt{\frac{k}{2}} t \quad \dot{x} = -\sqrt{\frac{k}{2}} A \sin \sqrt{\frac{k}{2}} t = \mu$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{2} A \cos \sqrt{\frac{k}{2}} t = 0 \quad t = \sqrt{\frac{2}{k}} \frac{\pi}{2}$$



$\frac{1}{4}$

$\frac{1}{4} W \sim g$