



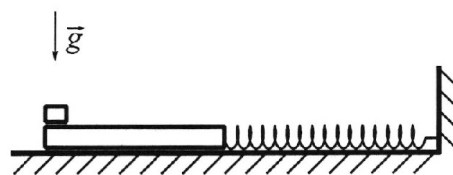
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

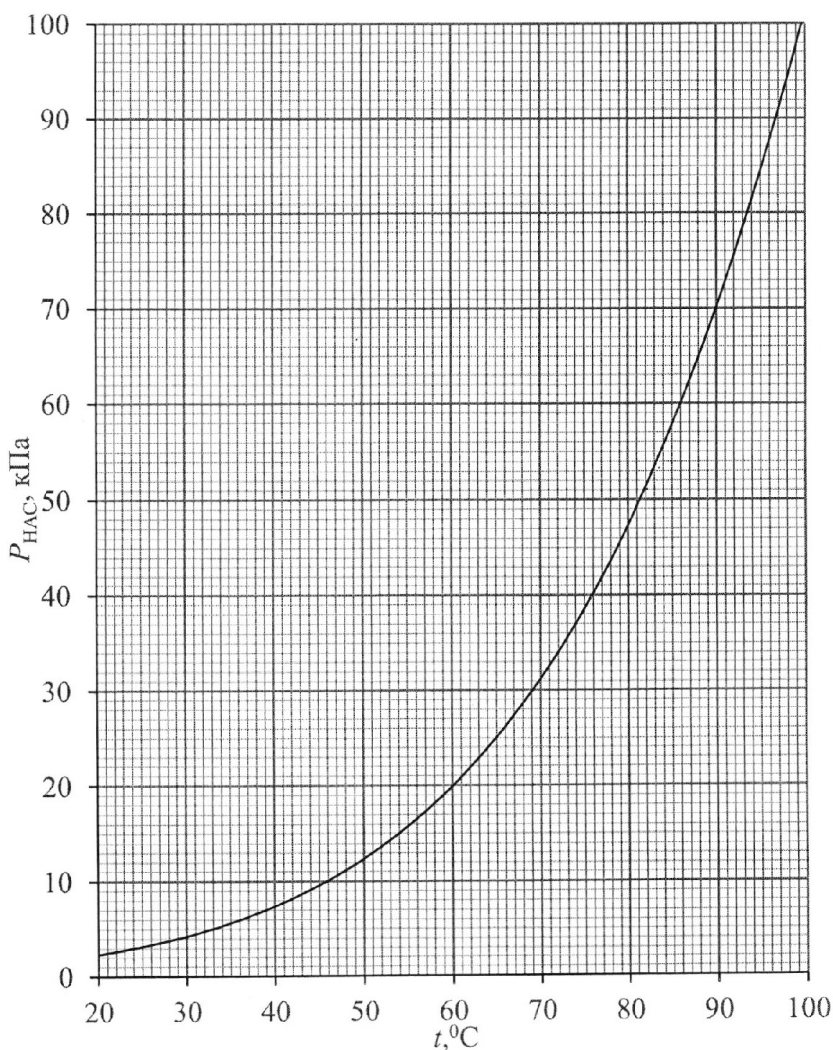


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 газ а можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





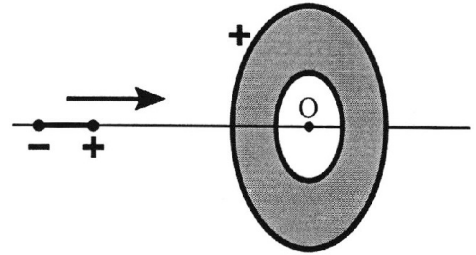
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



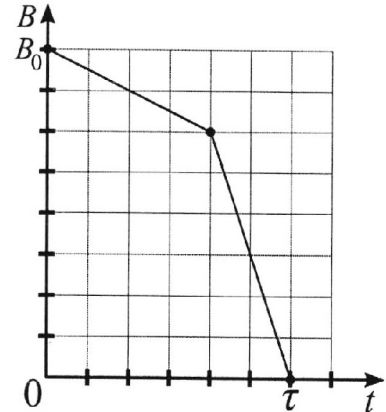
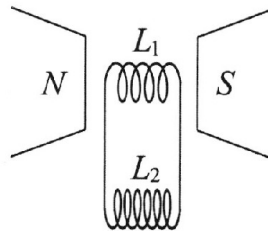
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

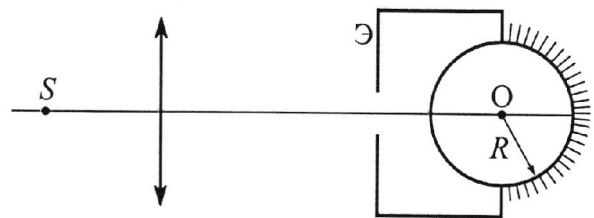
4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 6L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

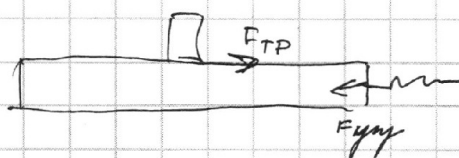
1 ИЗ 2

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!

ЗАДАЧА 1:

1)

РАССМОТРИМ, КАКИЕ СИЛЫ ДЕЙСТВУЮТ НА ДОСКУ:



$F_{тр}$ - сила трения

$F_{упр}$ - сила упругости пружины

Если ускорение равно нулю, значит сила, с которой ~~действует~~ действует пружина равна силе трения

$$kx = \mu mg$$

x - сжатие пружины

$$x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0,3 \cdot 1 \text{ кг} \cdot 10 \text{ м/с}^2}{50 \text{ Н/м}} = \frac{3}{50} = 0,06 \text{ метра}$$

2)

$$x = A \cos \omega t$$

$$v = -A \omega \sin \omega t$$

$$a = -A \omega^2 \cos \omega t$$

↑
ВЭТОТ МОМЕНТ ВРЕМЕНИ

СИСТЕМА ДОСКА-БРУСЕК
СТАНОВИТСЯ ОДИН ЦЕЛЫМ.

Также, из 2-го закона Ньютона:

$$Ma = kA - \mu mg$$

$$\mu A \frac{50}{3} = kA - \mu mg$$

$$\mu A \frac{50}{3} = kA - \mu mg$$

$$A(-\mu \frac{50}{3} + k) = \mu mg$$

$$A = \frac{\mu mg}{k - \mu \frac{50}{3}} = \frac{3}{50 - \frac{2}{3} \cdot 50} = \frac{3}{\frac{1}{3} \cdot 50} = \frac{9}{50} \text{ метра} = 0,18 \text{ метра}$$

$$\text{ТОГДА } a = 0,18 \cdot \frac{50}{3} = 3 \text{ м/с}^2$$

Её период равен: $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m+m'}{k}}$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+m'}} = \sqrt{\frac{50}{3}}$$

$$\cos \omega t \rightarrow 1, \text{ значит}$$

$$a = A \cdot \frac{50}{3}, \text{ где } A - \text{амплитуда колебаний}$$



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!

ЗАДАЧА:

3)

Запишем закон сохранения энергии для пружины

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + Q$$

$$Q = F_{\text{тр}} \cdot \frac{(A - x)}{2} \quad (\text{стоит напомнить, что } x - \text{сжатие пружины})$$

$$kA^2 = kx^2 + mv^2 + mg \cdot (A - x)$$

$$v = \sqrt{k(A^2 - x^2) - mg(A - x)}$$

$$= \sqrt{50 \left(\frac{81}{2500} - \frac{9}{2500} \right) - 3 \cdot 0,12} =$$

$$= \sqrt{\frac{72}{50} - 0,36} = \sqrt{1,44 - 0,36} = \sqrt{1,08} \text{ м/с} =$$

$$= 0,6\sqrt{3} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0,06 метра

2) 3 м/с²

3) 0,6√3 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!

Задача 2) Для начала сгруппируем данные с графика:

$P_{\text{нас}} = 3,5 \text{ кПа}$ - насыщенное давление при 27°C

$P_{2\text{нас}} = 91 \text{ кПа}$ - насыщенное давление при 97°C

$PV = \nu RT$ $\nu = \frac{m}{\mu}$, где m - масса газа, μ - молярная масса

$$P_{1\text{нас}} \cdot V = \frac{m_1}{\mu} RT_1$$

V - объем, T_1 - температура в Кельвинах начальная

$$P_{2\text{нас}} V = \frac{m_2}{\mu} RT_2$$

T_2 - температура в Кельвинах конечная

$$V = \text{const}$$

m_1 - массы пара в начале и в конце

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{P_{2\text{нас}} T_1}{P_{1\text{нас}} T_2} = \frac{91 \text{ кПа} \cdot (273 + 27)}{3,5 \text{ кПа} \cdot (273 + 97)} = \frac{130 \cdot 300}{5 \cdot 370} = \frac{13 \cdot 60}{37} = \frac{780}{37} = 21,37$$

1) Найдем отношение масс пара в конце и в начале:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{m_{\text{п}} + m_{\text{в}}}{m_{\text{п}}}$$

где m_2 - масса в конце

m_1 - масса в начале

$m_{\text{п}}$ - масса пара в начале

$m_{\text{в}}$ - масса воды в начале

"всё вода превращается в пар"

$$\frac{m_2}{m_1} = 1 + \frac{m_{\text{в}}}{m_{\text{п}}} = 1 + 11 = 12$$

"по условию"

2) По условию, изначально воздух влажный.

Значит $P_{1\text{нас}} V = \nu_1 R T_1$, $T_1 = 27^\circ + 273^\circ = 300^\circ$

Вода прекратит испаряться, когда давление пара станет насыщенным.

$$\text{т.е.} \quad \frac{\nu_1 T_1}{P_{1\text{нас}}} = \frac{\nu_2 T_2}{P_{2\text{нас}}} \quad \frac{\nu_2}{\nu_1} = 12$$



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!

Задача 2:

$$\frac{T_1}{P_{\text{нас}}} = \frac{T_2}{P_{\text{нас}}}$$

$$T_1 = 300\text{K}$$

$$P_{\text{нас}} = 3,5 \text{ кПа}$$

$$\frac{P_{\text{нас}}}{t^* + 273^\circ} = \frac{42}{300}$$

$$P_x = 6 \text{ кПа}$$

$$T_2 = t^* + 273^\circ$$

$$\frac{P_x}{t^* + 273^\circ} = 0,14$$

Будем искать методом подбора, т.к. трогать

ГРАФИК НЕЛЬЗЯ.

$$] t^* = 50^\circ$$

$$P_x = 0,14 \cdot 323 = 45,22 - \text{не подходит, т.к. } P(50) = 12,5 \text{ кПа}$$

$$] t^* = 70$$

$$P_x = 0,14 \cdot 343 = 48,02 - \text{не подходит т.к. } P(70) = 31 \text{ кПа}$$

$$] t^* = 80$$

$$P_x = 0,14 \cdot 353 = 49,42 \quad P(80) = 47,5 \text{ кПа, значит чуть больше}$$

$$] t^* = 83$$

$$P_x = 0,14 \cdot 356 = 49,84 \quad P(83) = 53,5 \text{ кПа, значит меньше}$$

$$] t^* = 81 \quad P_x = 0,14 \cdot 354 = 49,56 \quad P(81) = 49,5, \text{ значит } 81^\circ\text{C}$$

$$3) \psi = \frac{P}{P_{\text{нас}}} \cdot 100\% \quad \text{где } P - \text{давление пара в конце } P_{\text{нас}} = 91 \text{ кПа}$$

СНОВА ВОСПОЛЬЗУЕМСЯ

УРАВНЕНИЕМ МАГДАЛЕНА-КЛАЙПЕРОНА

$$P = \frac{370 \cdot 3,5 \cdot 2}{300 \cdot 12} \quad \psi = \frac{12 \cdot 370 \cdot 3,5 \cdot 100\%}{300 \cdot 91} = \frac{176400}{27300} = 6,43\%$$

ОТВЕТ: 1) 12 2) 81°C 3) 56 1/3 %

$$\frac{\partial \psi}{\partial P} = \frac{\partial \psi}{\partial T_1}$$

$$P_1 = P_{\text{нас}} = 3,5 \text{ кПа}$$

$$\frac{\partial \psi}{\partial P} = 12$$

$$T_1 = 273 + 97$$

$$T_1 = 273 + 27$$



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!

Задача 3:

1) Запишем закон сохранения энергии

Для (начального) случая: $E_k = \frac{mv_0^2}{2}$ (начальная энергия, потенциальной энергии нет)
 ~~$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kq_1q_2}{r}$~~
 $E_p = \frac{2kq_1q_2}{r}$ (энергия, для минимизации кинетической нет)

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2 \frac{kq_1q_2}{r}$$

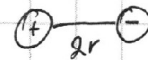
q_1, q_2 - заряды, один диполь, второй диск

Заряды уменьшили вдвое:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kq_1q_2}{r} + \frac{mv^2}{2}$$

r - половина плеча диполя:

v - искомая скорость



$$\frac{kq_1q_2}{r} = \frac{1}{2} \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{mv_0^2}{4}$$

$$v^2 = v_0^2 \left(1 - \frac{1}{2}\right) \quad v = v_0 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}$$

2)

Общий случай закона сохранения энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kq_1q_2}{l+2r} - \frac{kq_1q_2}{l} + \frac{mv^2}{2}$$

Перенесем скорость (искомую)

в одну сторону, а зависимость от расстояния в другую:



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!

ЗАДАЧА 3:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kq_1q_2}{l} - \frac{kq_1q_2}{l+2r}$$

l - расстояние от диска до ближайшей точки диполя

Возьмем производную по l от правой части:

$$kq_1q_2 \left(\frac{1}{l^2} - \frac{1}{(l+2r)^2} \right) = 0$$

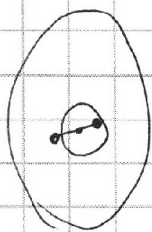
$$-\frac{kq_1q_2}{l^2} + \frac{kq_1q_2}{(l+2r)^2} = 0$$

$$l^2 = (l+2r)^2$$

$$l^2 + 4lr + 4r^2 = l^2$$

$$4lr + 4r^2 = 0$$

$$l = -r$$

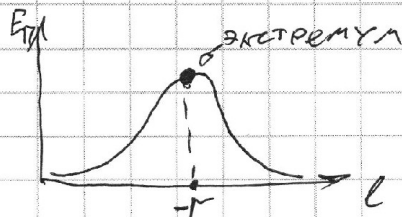


ТОГДА минимальная потенциальная энергия

РАВНА ~~элементу~~ $\frac{kq_1q_2}{2r}$ элементу, КОГДА ДИПОЛЬ

В ДИСКЕ, где его скорость $v = v_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$

ЭТО же логично и из симметрии:



МАКС СКОРОСТЬ ТОГДА
ИЛИ $-\infty$ ИЛИ $+\infty$ И РАВНА v_0

$$\Delta v = v_0 - v_0 \frac{\sqrt{2}}{2} = \frac{2-\sqrt{2}}{2} v_0$$

ОТВЕТ: 1) $v_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$ 2) $v_0 - v_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$



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
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!

ЗАДАЧА 11)

1) Для начала найдем, какая ЭДС возникает в

первой катушке: $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$ $\Phi = n \cdot S_1 \cdot B$

$$\mathcal{E} = n S_1 \frac{dB}{dt} \quad \text{из графика находим} \quad \Delta B = -\frac{6}{8} B_0$$

$$\Delta t = \frac{2}{6} \tau$$

(График линейный,

поэтому описывать тангенс
наклон так можно)

$$\mathcal{E} = n S_1 \frac{36}{16} \frac{B_0}{\tau} = \frac{9}{4} n S_1 \frac{B_0}{\tau}$$

Также поток равен $\Phi = LI$, причем:

I_1 - сила тока
в 1 катушке

$$L_1 I_1 = L_2 I_2 = 6 L_1 I_2, \text{ т.е. сила тока во второй } (L_2 = 6 L_1)$$

катушке в 6 раз меньше, чем в первой

тогда найдем I_1 :

$$\mathcal{E} = \frac{L dI}{dt} \quad I_1 = \frac{9}{4} \frac{n S_1 B_0}{L}$$

$$\text{тогда } I_2 = \frac{3}{8} \frac{n S_1 B_0}{L}$$

2) мы знаем, что $I = \frac{dq}{dt}$

$$\cancel{dq = I dt} \quad \frac{dI}{dt} = \frac{S_1 n}{L} \frac{dB}{dt}$$

$$L I(t) = S_1 n B(t)$$

$$dq = \frac{S_1 n}{L} B(t) dt$$

$$q = \frac{S_1 n}{L} \int B(t) dt$$



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.

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!

Задача 4:

Из этого следует, что заряд, протекающий за время выключения внешнего поля равен площади под графиком умноженной на коэффициент $(\frac{S, n}{L})$

Площадь ~~под~~ под графиком S равна:

$$S = 6B_0 \cdot \frac{4}{6}\tau + \frac{2}{3}B_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{6}\tau + \frac{4}{3}B_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{6}\tau =$$

$$= \left(\frac{4}{3} + \frac{1}{12} + \frac{1}{3}\right) B_0 \tau = \frac{17}{24} B_0 \tau$$

Весь заряд q равен:

$$q = S \cdot \frac{S, n}{L} = \frac{17}{24} \frac{B_0 \tau S, n}{L}$$

↑
это заряд в первой катушке, а во второй, т.к. $I_2 = \frac{1}{6}I_1$,

$$\text{то } q_2 = \frac{q_1}{6} = \frac{17}{144} \frac{B_0 \tau S, n}{L}$$

$$\text{ответ: 1) } \frac{3}{8} \cdot \frac{nS, B_0}{L} \quad 2) \frac{17}{144} \frac{B_0 \tau S, n}{L}$$



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 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!

Задача 5:

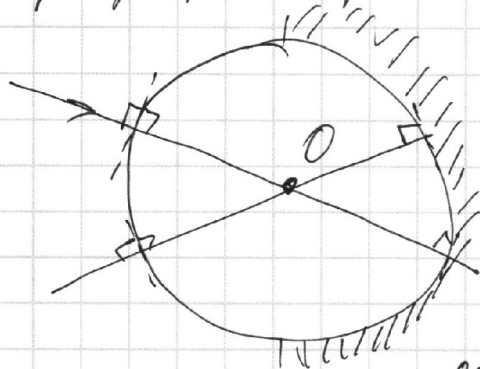
1) "Изображение источника в системе "линза-шар" совпадает с самим источником при любом показателе преломления шара"

Это значит, что в уравнении Снелла

$$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta, \text{ где } \alpha \text{ и } \beta \text{ углы падения и}$$

преломления, а n_1 и n_2 показатели преломления

шара, от n_2 угол β зависит не должен, это значит, что $\sin \alpha = 0$, т.е. все лучи падают перпендикулярно поверхности шара:



O - центр шара,

т.к. лучи перпендикулярны поверхности, то

они являются

радиусами. При прохождении

сквозь шар, они не преломляются, и

падают на зеркало под прямым углом, т.е. просто меняют направление. Тогда выходят они из шара



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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

ЗАДАЧА 5:

в тех же местах, но с противоположными направлениями и приходят после линзы (фокусируются) в той же точке, что и источник. Получается расстояние до изображения источника равно расстоянию до шар плюс его радиус, т.е. лучи фокусируются в его центре.

Запишем формулу тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R}, \text{ где } F - \text{фокусное расстояние линзы}$$

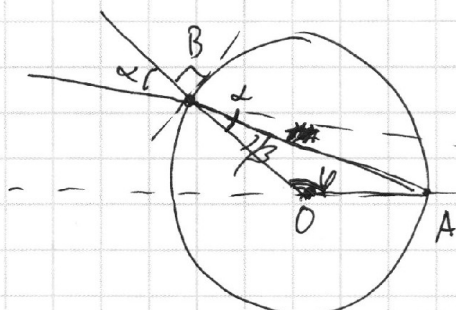
$$F = \frac{a(b+R)}{a+b+R} =$$

$$= \frac{2R(7R+R)}{2R+7R+R} = 1,6R$$

a - расстояние до объекта

$b+R$ - расстояние до изображения объекта.

2) Теперь сместим шарик $A=4R$ к линзе:



чтобы все лучи

чтобы изображение
в этот раз
было там же,

надо, чтобы во время
прохождения шара, они преломлялись

так, что падают на самую дальнюю точку (т.е. A)
тогда они отразятся под таким же углом и
будут симметрично (см. рисунок)



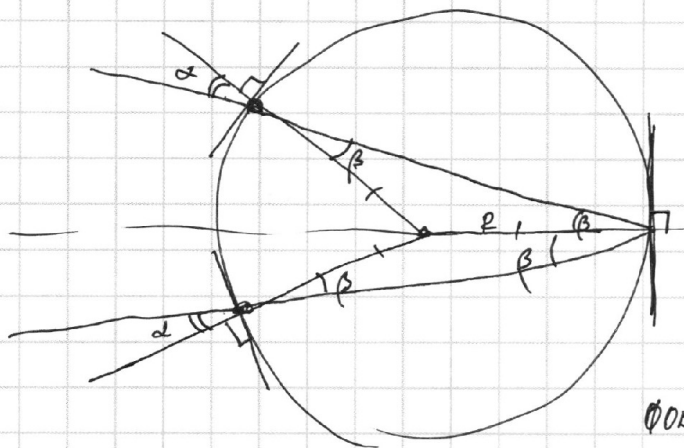
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

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

ЗАДАЧА 5 :

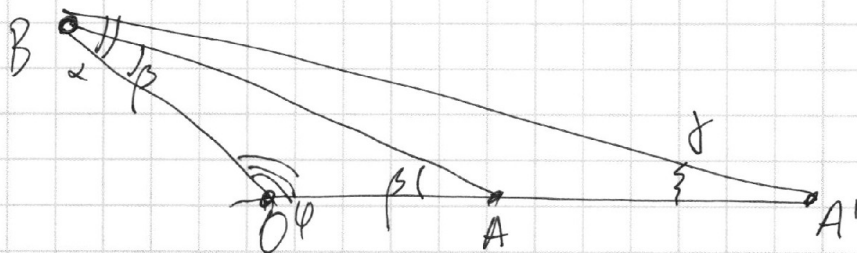


Пусть лучи углы
В точке В (см рисунок
на прошлой странице)
А точка их фокусировки
БЕЗ ШАРА А'

ПО УСЛОВИЮ $OA' = 4R$
(Т.К. СТАРАЯ ТОЧКА

ФОКУСА В ЦЕНТРЕ ШАРА)

ТОГДА РАССМОТРИМ ТРЕУГОЛЬНИКИ $\triangle BOA$ И $\triangle BOA'$,



$\angle OBA' = \alpha$ (УГОЛ ПАДЕНИЯ)

$\angle OBA = \beta$ (УГОЛ ПРЕЛОМЛЕНИЯ)

$\angle BOA = \varphi$ $\angle BA'O = \gamma$

$BO = OA = R$ $OA' = 4R$

ТОГДА ЗАПИШЕМ Т. СИНУСОВ ДЛЯ $\triangle BOA'$

$$\frac{4R}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin \gamma} = \frac{BA'}{\sin \varphi}$$

$$\text{ОТКУДА } \sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{4}$$

УГЛЫ α, γ, β — ЛАМБЕ, ТОГДА:

$$\gamma = \frac{\alpha}{4}$$

ИЗ $\triangle BOA'$:

$$\varphi = 180 - \alpha - \gamma = 180 - \frac{5}{4}\alpha$$

ИЗ $\triangle BOA$:

$$\varphi = 180 - 2\beta$$

$$\text{ТОГДА: } 2\beta = \frac{5}{4}\alpha \quad \beta = \frac{5}{8}\alpha$$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☐

5
☒

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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

Задача 5:

Запишем закон Снелла для преломления
из ВОЗДУХА В ШАР:

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad n_1 - \text{показ. прел. ВОЗДУХА} \\ (\text{равен } 1) \\ n_2 - \text{показ. прел. ШАРА.}$$

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

$$\sin \alpha \approx \alpha \\ \sin \beta \approx \beta$$

$$n_2 = \frac{1 \cdot \alpha}{\beta} = \frac{8}{5} = 1,6$$

Ответ: 1) 1,6 2) 1,6



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
__ 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!

Handwritten solution for a physics problem involving a sphere and a magnetic field.

Diagram: A sphere of radius R is shown. A magnetic field vector B is directed horizontally to the right. A line segment of length L is positioned such that its ends are on the sphere's surface. The distance from the center of the sphere to the line segment is $L/2$. The angle between the magnetic field vector and the line segment is α . The angle between the line segment and the radius is β . The angle between the magnetic field vector and the radius is γ . The angle between the magnetic field vector and the tangent to the sphere at the point where the line segment ends is φ .

Equations and Calculations:

- $\varphi = 180 - 2\beta$
- $\varphi = 180 - \alpha - \gamma$
- $\frac{R}{\sin \gamma} = \frac{L/2}{\sin \alpha}$
- $\frac{\sin \gamma}{\sin \alpha} = \frac{1}{4} \Rightarrow \gamma = \frac{\alpha}{4}$
- $180 - 2\beta = 180 - \alpha - \gamma \Rightarrow 2\beta = \alpha + \gamma$
- $2\beta = \alpha + \frac{\alpha}{4} \Rightarrow 2\beta = \frac{5\alpha}{4} \Rightarrow \beta = \frac{5\alpha}{8}$
- $n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta$
- $n_1 \cdot \alpha = n_2 \cdot \frac{5\alpha}{8} \Rightarrow \frac{8}{5} = n_2 \Rightarrow n_2 = 1.6$
- $\frac{dB}{dt} = \tan \alpha \Rightarrow \tan \alpha = \frac{3}{4}$
- $I = \frac{3}{8} \frac{S n B_0}{L}$
- $\varphi = \frac{3}{8} \frac{S n B_0}{L} \cdot t$
- $Q = B S n$
- $E = \frac{dQ}{dt} = S \cdot n \cdot \frac{dB}{dt}$
- $\frac{dB}{dt} = \frac{9}{8} \frac{B_0}{\tau}$
- $E = \frac{9}{8} \frac{S n B_0}{\tau}$
- $I = \frac{3}{8} \frac{S n B_0}{L}$
- $\varphi = \frac{3}{8} \frac{S n B_0}{L} \cdot t$
- $B \cdot S \cdot n = LI$
- $\frac{dQ}{dt} L = SB$
- $\frac{dQ}{dt} = \frac{SB}{L} \cdot \frac{dB}{dt}$
- $Q = \frac{S}{L} \int B(t) dt$
- $I = \frac{9}{4} \frac{S n B_0}{L}$
- $\varphi = LI_1 = 6 LI_2$
- $I_2 = \frac{I_1}{6} = \frac{9}{4} \frac{S n B_0}{L} \cdot \frac{1}{6} = \frac{3}{8} \frac{S n B_0}{L}$

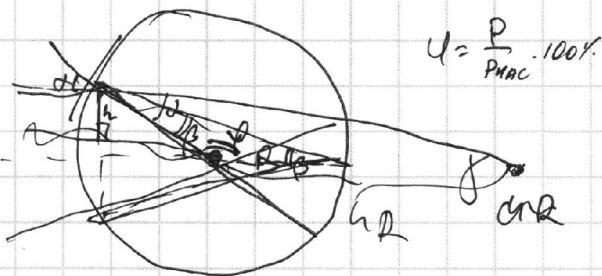


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи **отдельно**.

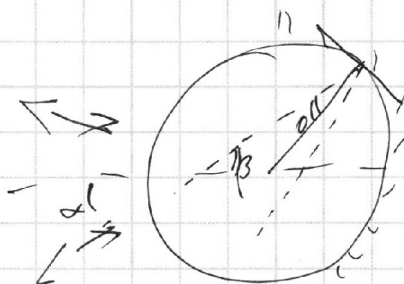
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ 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!

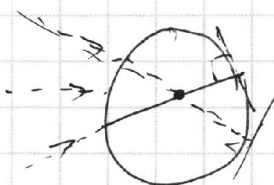


$$\eta = \frac{P}{P_{\text{max}}} \cdot 100\%$$

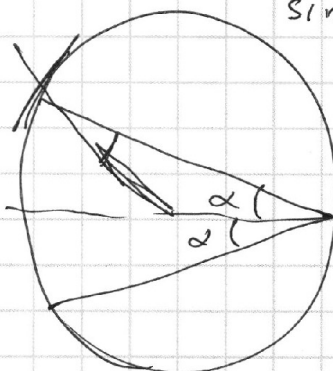


$$\frac{5}{8} + \frac{1}{12} = \frac{15+2}{24} = \frac{17}{24}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha \cdot l &= 0 \cdot n, \\ \sin \beta \cdot h &= x + R \\ \sin \gamma \cdot h &= x + 4R \end{aligned}$$
$$\frac{R}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin \alpha}$$
$$\frac{R}{\sin \gamma} = \frac{4R}{\sin \alpha}$$



$$\begin{array}{r} 13 \\ \times 6 \\ \hline 780 \\ 780 \\ \hline 137 \\ 21 \end{array}$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R}$$

$$F = \frac{16R^2}{10R} = 1,6R$$

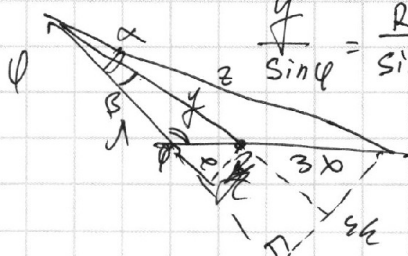
$$\begin{array}{r} 400 \\ 127 \\ \hline 273 \end{array}$$

$$\frac{z}{\sin \alpha} = \frac{4R}{\sin \alpha}$$
$$\frac{y}{\sin \varphi} = \frac{R}{\sin \beta}$$

$$\begin{array}{r} 37 \\ \times 21 \\ \hline 777 \\ 777 \end{array}$$

$$\begin{aligned} x &= A \cos \omega t \\ v &= -A \omega \sin \omega t \\ a &= -A \omega^2 \cos \omega t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sin \alpha &= \sin \beta n \\ \alpha &= \beta n \end{aligned}$$



$$\sin \beta \cdot x = \sin \alpha \cdot h x$$

$$x^2 = 2R^2 - 2\cos \varphi R^2$$

$$\frac{\sin \beta \cdot \sin \alpha \cdot R}{\sin \beta} \cdot y = \frac{\sin \alpha \cdot 4R \sin \alpha}{\sin \alpha \cdot x^2} = R^2 (1 - \cos \varphi)$$

$$PV = nRT$$

$$v = \frac{m}{\rho}$$

$$\frac{m_1}{m_2} \cdot \frac{m_2}{m_1} = \frac{P_1 T_1}{P_2 T_2}$$

$$y^2 =$$

$$S_1 = \lambda \cdot \sin \varphi \cdot \frac{1}{2} R$$

$$S_2 = \lambda \cdot \sin \varphi \cdot 4R$$

$$\begin{aligned} S_1 &= \lambda \cdot \sin \beta \cdot y \\ S_2 &= \lambda \cdot \sin \alpha \cdot z \end{aligned}$$

$$\lambda \cdot \frac{1}{2} \cdot L = S_1$$

$$S_2 = \lambda \cdot \frac{1}{2} \cdot 4h$$

$$\frac{S_1}{S_2} = \frac{1}{4}$$

$$\sin \beta \cdot y \cdot 4 = \sin \alpha \cdot z$$



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!

$\theta = \sqrt{g/r}$

$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{k q_1 q_2}{r}$

$R'_k = \frac{E_k}{u}$

$0,36$
 $\frac{0,36}{1,08}$

$0,36 \cdot \sqrt{3}$

$F = m g \cdot 0,1296$

$M a = M A \omega^2 \cos \omega t + \mu m g$

$M a = 0$

$a = A \omega^2 \cos \omega t$

$M A \omega^2 \cos \omega t = \mu m g$

$x = A \cos \omega t$

$\omega t =$

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

$\frac{k x^2}{2} + \frac{m v^2}{2} = \frac{k A^2}{2}$

$v = \sqrt{\frac{k}{m} (A^2 - x^2)} = \omega \sqrt{A^2 - x^2}$

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

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

$T = \frac{2 \pi}{5000}$

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

$0,06 \cdot 500 =$

$= 3$

$a = \frac{2500}{3}$

$0,108 \mid 9$
 $0,12 \mid 4$
 $0,03$

$0,6 = 0,36 \sqrt{3}$

$0 = \frac{k q_1 q_2}{m r^2}$

$m a = k$

$M a = k A + \mu m g$

$A = 1 a$



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!

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{P_1 V = \nu_1 R T_1}{P_2 V = \nu_2 R T_2}$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\nu_1 T_1}{\nu_2 T_2}$$

$$PV = \nu RT$$

$$\nu =$$

$$P_{\text{HAC}}$$

$$\frac{\nu RT_1}{P_1} = \frac{\nu RT_2}{P_2}$$

$$\frac{300}{3,5} = \frac{12 T_2}{P_2}$$

$$\frac{42}{300} = \frac{14}{100} = 0,14$$

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{42}{300}$$

$$300 P_2$$

$$300 P_2 = 42 T_2 + 273 \cdot 42$$

$$300 P_2 = 42 T_2 + 273 \cdot 42$$

$$PV = \nu RT$$

$$\frac{12 T_K}{P_K} = \frac{T_H}{P_H}$$

$$\begin{array}{r} 343 \\ \times 14 \\ \hline 1372 \\ 343 \\ \hline 4802 \\ + 14 \\ \hline 4942 \end{array}$$

$$\frac{12 \cdot 370 \cdot 35 \cdot 100}{300 \cdot 91} =$$

$$\frac{12 \cdot 37 \cdot 35}{3 \cdot 91} = \frac{37 \cdot 20}{13}$$

$$\begin{array}{r} 740 \quad 113 \\ - 65 \quad 56 \\ \hline 90 \\ - 78 \\ \hline 12 \end{array}$$

$$\frac{370 \cdot 3,5 \cdot 100}{300 \cdot 12 \cdot 91} =$$

$$\begin{array}{r} 370 \cdot 35 \\ \times 13 \\ \hline 65 \\ 13 \\ \hline 78 \\ 13 \\ \hline 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 37 \cdot 35 \\ \times 13 \\ \hline 13 \\ \hline 37 \\ 3 \cdot 12 \cdot 13 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 383 \\ \times 14 \\ \hline 1292 \\ 323 \\ \hline 4522 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 356 \\ \times 13 \\ \hline 126 \\ 156 \\ \hline 468 \end{array}$$