



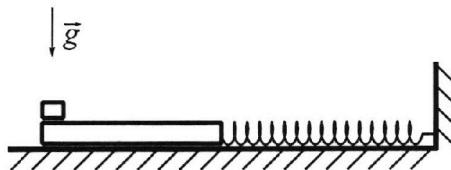
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брускок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брускок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первого 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.

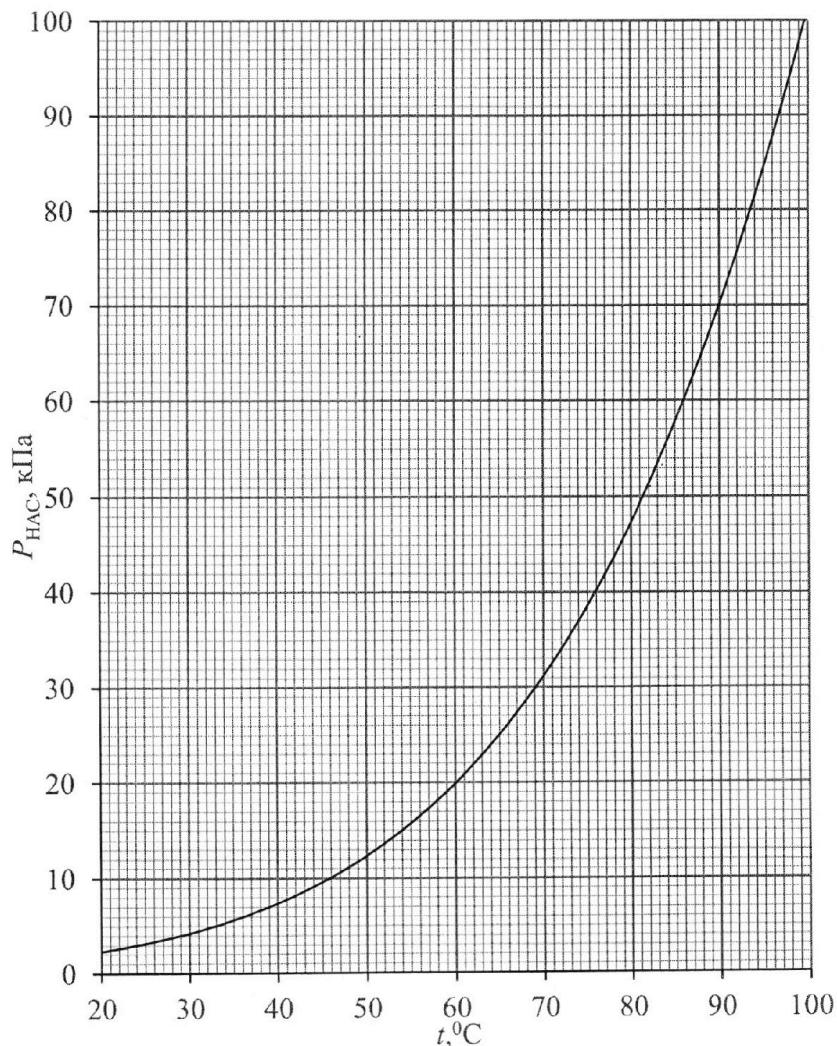


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °C и жидкая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °C. 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 газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





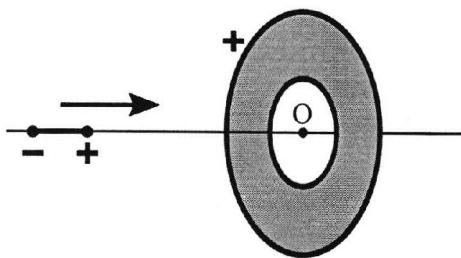
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-02

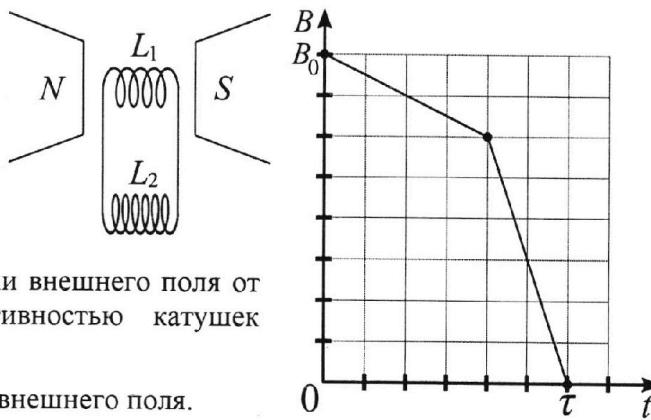
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 диполю начальную скорость V_0 .



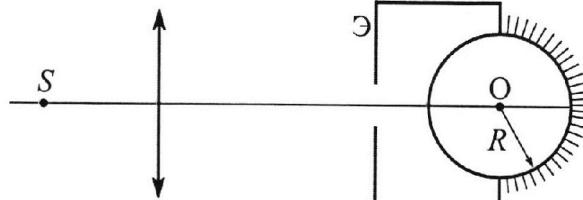
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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.

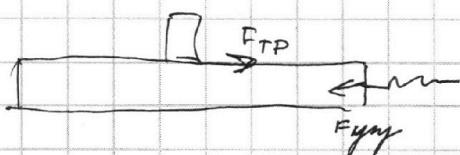
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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_{tr} - сила трения

F_{spr} - сила упругости пружины

Её ускорение равно нулю, значит сила, скоторой действует пружина равна силе трения

$$kx = \mu mg \quad \text{X - сжатие пружины}$$

$$x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0,3 \cdot 1kg \cdot 10m/s^2}{50N/m} = \frac{3}{50} = 0,06 \text{ метра}$$

2)

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

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

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

Также, что видим. Находит:

$$Ma = kA - \mu mg$$

~~Ma = kA~~

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

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

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

$$\text{Её период равен: } T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m+k}{k}}$$

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

$\cos \omega t \rightarrow 1$, значит

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

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

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

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

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 1:

3)

Запишем закон сохранения энергии для пружины

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

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

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

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

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

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

$$= 0,6\sqrt{3} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0,06 метра

2) 3 м/с

3) $0,6\sqrt{3}$ 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**.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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 скопим данные с графика:

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

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

$PV = \cancel{RT} \quad \cancel{V = \frac{m}{\rho}}$, где m - масса газа ρ - начальная масса

$P_1 m_1 V = \frac{m_1}{\rho} RT_1$, V -объем

T_1 - температура в Кельвинах начальная

$P_2 m_2 V = \frac{m_2}{\rho} RT_2$, T_2 - температура в Кельвинах конечная

$V = \text{const}$

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{P_2 m_1 T_1}{P_1 m_2 T_2} = \frac{91 \text{ кПа} \cdot (273 + 27)}{3,5 \text{ кПа} \cdot (273 + 97)} = \frac{130 \cdot 300}{5 \cdot 370} = \frac{13 \cdot 60}{37} = \frac{780}{37} = 21,37$$

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

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{m_n + m_b}{m_n}, \text{ где } m_k \text{- масса в конце}$$

m_n - масса в начале

"ВСЯ ВОДА ПРЕВРАЩАЕТСЯ В ПАР"

m_n - масса пара в начале

m_b - масса воды в начале

$$\frac{m_2}{m_1} = 1 + \frac{m_b}{m_n} = 1 + 11 = 12$$

"по условию"

2) По условию, изначально воздух влажный.

Значит $P_1 V = \cancel{\rho} RT_1, T_1 = 27^\circ + 273^\circ = 300^\circ$

ВОДА ПРЕКРАТИТ ИСПАРЯТЬСЯ, КОГДА

ДАВЛЕНИЕ ПАРА СТАНЕТ НАСЫЩЕННЫМ.

$$T. \text{д} : \frac{\cancel{\rho}_1 T_1}{P_{\text{нас}}} = \frac{\cancel{\rho}_2 T_2}{P_{\text{2нас}}} \quad \frac{\cancel{\rho}_2}{\cancel{\rho}_1} = 12$$



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 7СТРАНИЦА
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:

$$\frac{T_1}{P_{\text{нас}}} = \frac{\cancel{12} T_2}{P_{\text{нас}}} \quad T_1 = 300 \text{ K}$$

$$P_{\text{нас}} = 3,5 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_{\text{нас}}}{t^* + 273^\circ} = \frac{92}{300}$$

$$P_x = 8 \text{ kPa}$$

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

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

Будем искать методом подбора, т.к. трогать

ГРАФИК Исп639.

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

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

$$] t^* = 70$$

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

$$] t^* = 80$$

$$P_x = 0,14 \cdot 353 = 49,42 \quad P(80) = 47,5 \text{ kPa}, \text{ здешнее мутное барвие}$$

$$] t^* = 83$$

$$P_x = 0,14 \cdot 356 = 49,8 \text{ kPa} \quad P(83) = 53,5 \text{ kPa}, \text{ здешнее мутное}$$

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

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

СНОВА ВОСПРОИЗВОДСЯ

УРАВНЕНИЕ МЕНДЕЛЕЕВА-КЛАЙТЕРНА

$$P = \frac{370 \cdot 3,5 \cdot 2}{300 \cdot 12} \quad \psi = \frac{12 \cdot 370 \cdot 3,5 \cdot 100\%}{300 \cdot 12 \cdot 91} = 56 \frac{12}{13}\%$$

ОТВЕТ: 1) 12 2) 81^\circ C 3) 56 \frac{12}{13}\%

$$\frac{P_x}{P} = \frac{T_x}{T_1}$$

$$P_x = P_{\text{нас}} = 3,5 \text{ kPa}$$

$$\frac{P_x}{P_1} = 12$$

$$T_x = 273 + 97$$

$$T_x = 273 + 27$$

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.

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

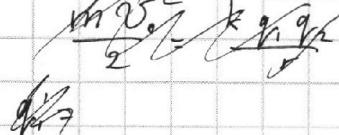
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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: $E_k = \frac{m v_0^2}{2}$ (начальная энергия, вспомогательного)



$E_{\text{п}} = \frac{2k q_1 q_2}{r}$ (вспомогательная энергия, для минимизации кинетической энергии)

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

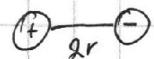
q_1, q_2 - заряды, один антитон, второй тон

заряды уменьшили вдвое:

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

r - половина плеча
антитона:

v - искомая скорость



$$\frac{k q_1 q_2}{r} = \frac{1}{2} \frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} - \frac{m v_0^2}{4}$$

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

2)

Общий случай закона сохранения энергии:

$$\frac{m v_0^2}{2} = \frac{k q_1 q_2}{l+2r} - \frac{k q_1 q_2}{l} + \frac{m v^2}{2}$$

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.

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

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:

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{k q_1 q_2}{l^2} - \frac{k q_1 q_2}{l+2r}$$

l - расстояние от диска до ближайшей точки диполя

Возьмем производную по l от правой части:

$$k q_1 q_2 \frac{1}{l^2} \ln(l) - k q_1 q_2 (\ln(l+2r)) = 0$$

$$-\frac{k q_1 q_2}{l^2} + \frac{k q_1 q_2}{(l+2r)^2} = 0$$

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

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

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

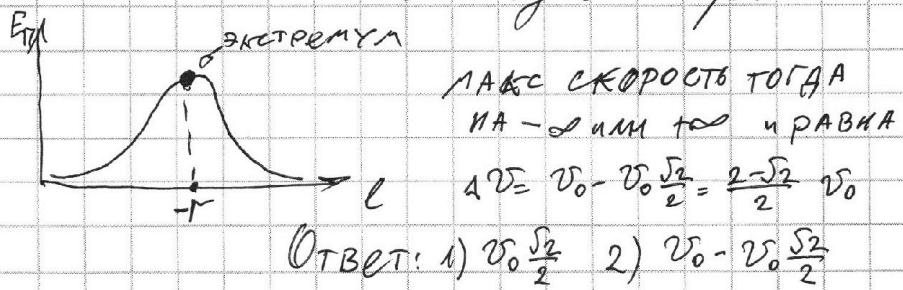
$$l = -r$$

тогда ~~имеет~~ минимум потенциальная энергия

равна ~~в~~ $\frac{k q_1 q_2}{2r}$ моменту, когда диполь

в диске, где его скорость $v = v_0 \frac{\sqrt{2}}{2}$

Это же логично из симметрии:





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 checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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) Для начала найдем, какая ЭДС возникает в

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

$$\mathcal{E} = n S_1 \frac{dB}{dt} \quad \text{из задачи имеем } dB = -\frac{3}{8} B_0 \quad dT = \frac{2}{6} T$$

(ГРАФИК линейный,
поэтому оценивать тангенс
наклона так можно)

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

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

I_1 -сила тока
в 1 катушке $L_1 I_1 = L_2 I_2 = 6L_1 I_1$, т.е. сила тока во второй
($L_2 = 6L_1$)

катушке в 6 раз меньше, чем в первой

тогда найдем I_1 :

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

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

2) мы знаем, что $I = \frac{dq}{dt}$

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

$$LI = S_1 n B(t)$$

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

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



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 |
| <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 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 ч:

Из этого следует, что заряд, протекший за время выполнения внешнего поля равен площади под графиком удвоенной на коэффициент $\left(\frac{S, n}{L}\right)$

Получаем под графиком S , равна:

$$S = \frac{6}{8} B_0 \cdot \frac{4}{6} T + \frac{6}{8} B_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{6} T + \frac{6}{8} B_0 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{6} T =$$

$$= \left(\frac{4}{8} + \frac{1}{12} + \frac{1}{8} \right) B_0 T = \frac{17}{24} B_0 T$$

Весь заряд q равен:

$$q_1 = S \cdot \frac{S, n}{L} = \frac{17}{24} \frac{B_0 T S, n}{L}$$

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

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

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



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 |
| <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 4

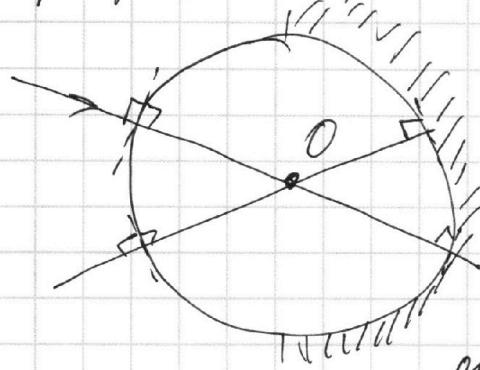
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются **отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5:

1) "Изображение источника в азимуте "шара" совпадает с самим источником при любом показателе преломления шара"

Это значит, что в уравнении Снелла

$n_1 \sin \alpha = n_2 \sin \beta$, где α и β углы падения и преломления, а n_1 и n_2 показатели преломления шара, от n_2 угол в зависимости не зависит, это значит, что $\sin \beta = 0$, т. е. все лучи падают перпендикулярно поверхности шара:



О-центр шара,

т.к. лучи перпендикулярны

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

Задача 5:

В тех же местах, во с приведенном начальном и приходит после шара (разделяющим) в том же порядке, что и источник.

Получаем расстояние до изображения источника равно расстоянию до шара плюс его радиус, т.к.

мы разделяем его суть.

Запишем формулу такой шары:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R}$$

, где F - фокусное расстояние шара

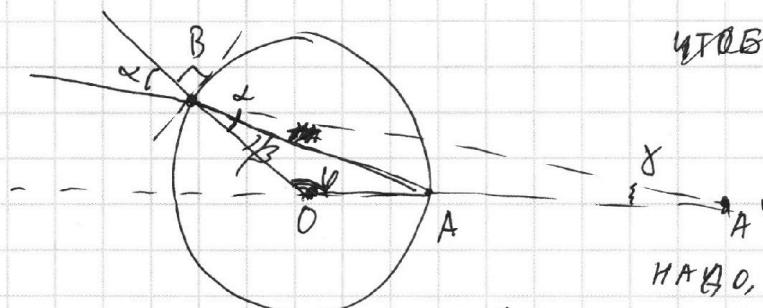
$$F = \frac{a(b+R)}{a+b+R}$$

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

a - расстояние до объекта

$b+R$ - расстояние до изображения объекта.

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



Чтобы всегда

итоги изображение

в этот раз

было также,

надо, чтобы во время

прохождения шара, они препомнялись

так, что падают на самую дальнюю точку (т.о. A)

тогда они отразятся под таким же углом и
будут симметрично (см. рисунок)



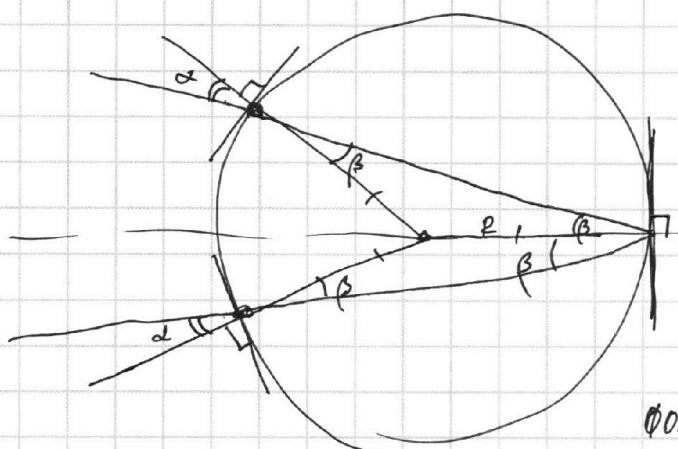
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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
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:

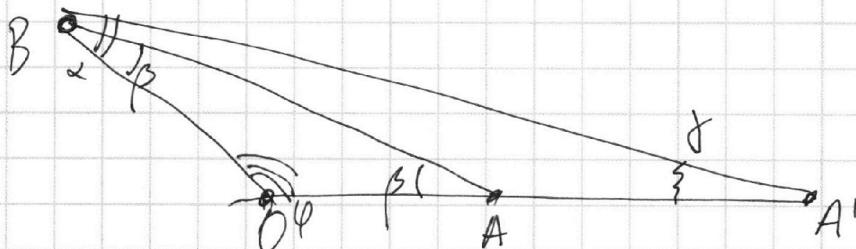


Пусть лучи падают
в точке В (см рисунок
на прошлой странице)
а точка их фокусировки
без шара А'

по условию $OA' = \eta R$
(т.к. старая точка

фокуса в центре шара)

тогда рассмотрим треугольники $\triangle BOA$ и $\triangle BOA'$,



$\angle BOA' = \alpha$ (угол падения)

$\angle BOA = \beta$ (угол преломления)

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

$BO = OA = R$ $OA' = \eta R$

тогда записаем т. синусов для $\triangle BOA'$

$$\frac{\eta R}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin \gamma} = \frac{BA'}{\sin \psi}$$

отсюда $\sin \gamma = \frac{\sin \alpha}{\eta}$

угол γ ; α ; β - левые, тогда:

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

из $\triangle BOA'$:

$$\psi = 180 - \alpha - \gamma = 180 - \frac{\eta}{\eta} \alpha$$

из $\triangle BOA$:

$$\psi = 180 - 2\beta$$

$$\text{тогда: } 2\beta = \frac{\eta}{\eta} \alpha \quad \beta = \frac{\eta}{2} \alpha$$



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

СТРАНИЦА
Ч ИЗ Ч

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:

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \sin \beta \quad n_1 - \text{показ. прел. воздуха}$$

(равен 1)

n_2 - показ. прел. шара.

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

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \approx \frac{1}{1}$$

$$n_2 = \frac{1 \cdot 1}{1} = \frac{1}{1} = 1,6$$

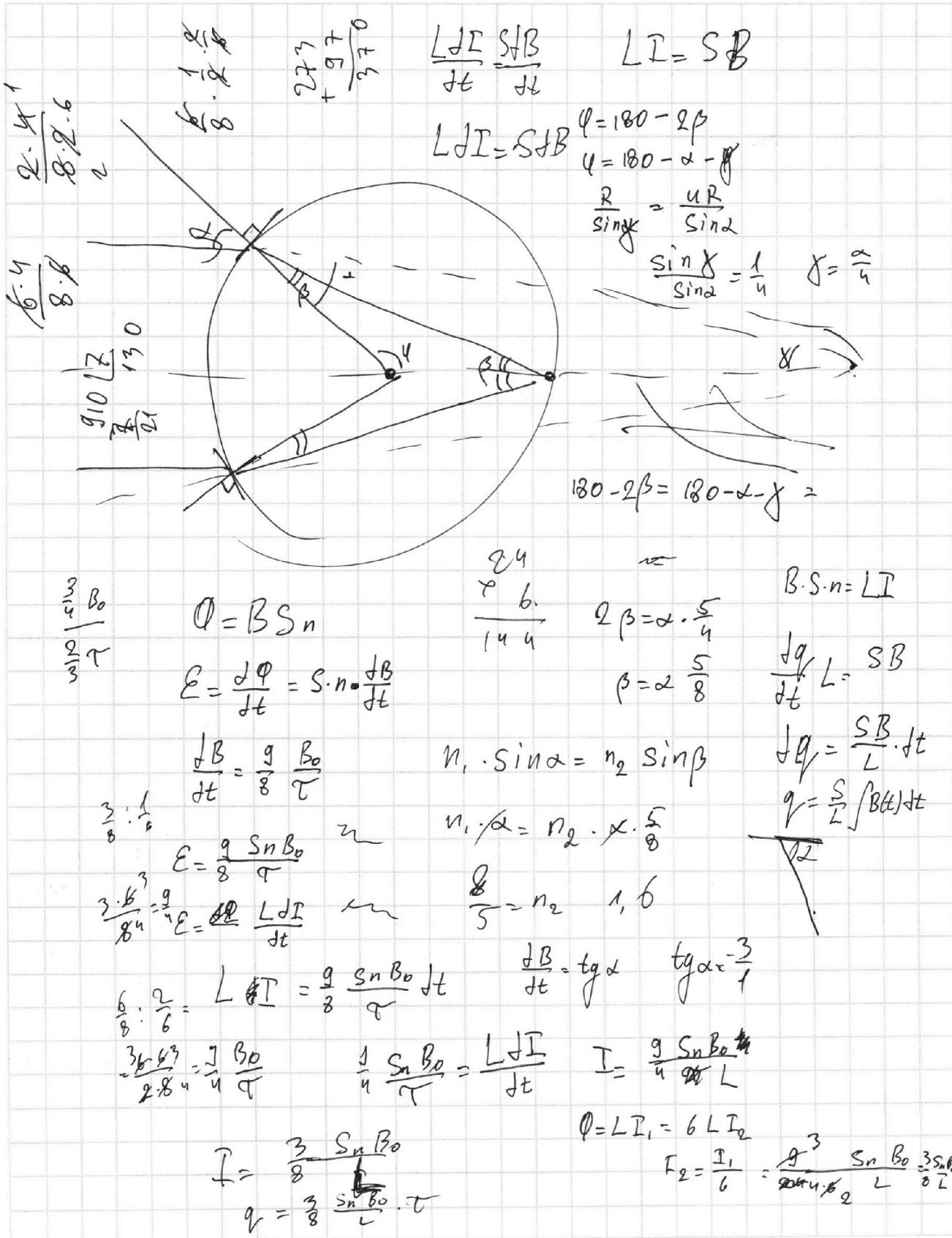
Ответ: 1) 1,6 2) 1,6



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**.

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!



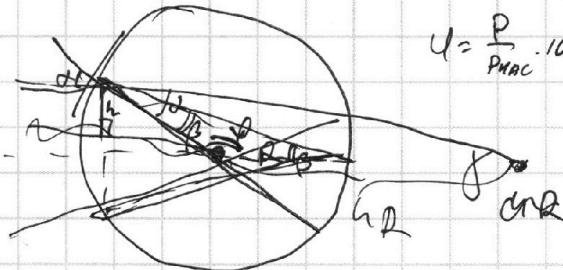


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

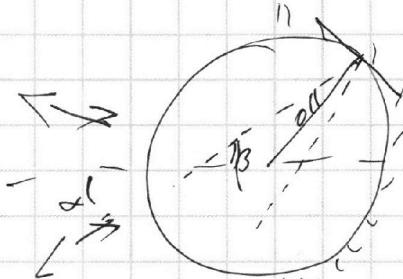
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 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!



$$U = \frac{P}{P_{\text{над}}} \cdot 100\%$$



$$\sin \alpha \cdot l = 0 \cdot n,$$

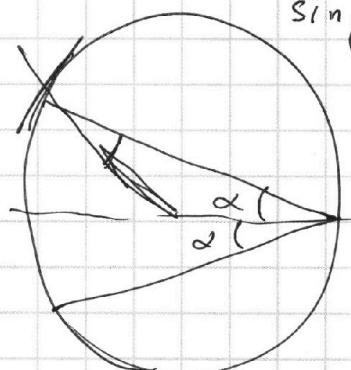
$$\sin \beta \cdot h = n + R$$

$$\sin \gamma \cdot h = n + 4R$$

$$\frac{R}{\sin \beta} = \frac{R}{\sin \gamma}$$

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

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



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

$$y = A \sin \omega t$$

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

$$\sin \alpha = \sin \beta \cdot n$$

$$\alpha = \beta n$$

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

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

$$127^\circ C$$

$$400^\circ C$$

$$\frac{400}{127}$$

$$\frac{273}{273}$$

$$\frac{2}{\sin \alpha} = \frac{4R}{\sin \beta}$$

$$\frac{13}{280} \times 6 = \frac{137}{21}$$

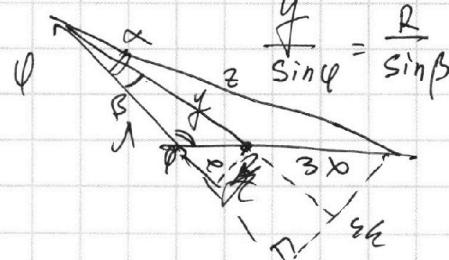
$$\frac{13}{280} \times 10 = \frac{137}{21}$$

$$\frac{13}{280} \times 21 = \frac{137}{21}$$

$$\frac{13}{280} \times 37 = \frac{137}{21}$$

$$\frac{13}{280} \times 74 = \frac{137}{21}$$

$$\frac{13}{280} \times 77 = \frac{137}{21}$$



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

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

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

$$\lambda \cdot \frac{1}{2} \cdot h = S$$

$$PV = \lambda R T$$

$$D = \frac{m}{\lambda}$$

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

$$y^2 =$$

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

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

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

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

$$S_1 = \lambda \cdot \sin \beta \cdot y$$

$$S_2 = \lambda \cdot \sin \alpha \cdot z$$

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

I-



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"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$\tau = g \tau$

$$\frac{m\omega^2}{2} = \frac{kq_1 q_2}{r} \quad \begin{array}{c} 0,36 \\ \times 0,36 \\ \hline 216 \\ 108 \end{array} \quad \begin{array}{c} 0,36 \\ 108 \\ \hline 12 \end{array} \quad \begin{array}{c} 12 \\ 3 \\ 3 \end{array}$$

$$F_{\text{норм}} = m\omega^2 r = 0,36 \cdot 53$$

$$M_a = m A \omega^2 \cos \omega t + \mu mg$$

$$M_a = 0 \quad F_{\text{норм}} = 0,1296$$

$$a = A \omega^2 \cos \omega t \quad M_a \omega^2 \cos \omega t = \mu mg$$

$$\omega t = \begin{array}{c} x = A \cos \omega t \\ \sqrt{M \omega^2} x = \mu mg \end{array}$$

$$T = \frac{\pi}{2\omega} \quad \omega = \frac{72}{\sqrt{144}} = \frac{36}{12} = 3$$

$$\frac{kx^2}{2} + \frac{m\omega^2}{2} = \frac{kA^2}{2} \quad x = \frac{\mu mg}{\omega}$$

$$v = \int \omega dt \quad k = m\omega^2 \int \frac{kq_1 q_2}{mr^2} dt$$

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

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

$$m\ddot{x} = \begin{array}{c} 1,08 \\ 0,12 \\ 0,03 \end{array} \quad \begin{array}{c} 0,03 \\ 0,03 \\ 0,03 \end{array} \quad \begin{array}{c} 0,36 \\ 0,36 \\ 0,36 \end{array}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m+M}{k}} \quad \ddot{x} = \frac{50,53}{3}$$

$$0,06 \times 50 = 3 \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$$

$$a = \frac{A \cdot 2500}{3} \quad M_a = kA + \mu mg$$

$$A = 1a$$

I-

I-

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!

$$PV = \gamma RT$$

$$\frac{P_1 V = \gamma_1 R T_1}{P_2 V = \gamma_2 R T_2}$$

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

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 97 \\ \hline 370 \end{array}$$

$$\frac{u_2}{300} = \frac{14}{100} = \frac{7}{5}$$

$$\begin{array}{r} 323 \\ \times 19 \\ \hline 1298 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 323 \\ \hline 95,22 \end{array}$$

$$PV = \gamma RT,$$

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

$$\begin{array}{r} 343 \\ \times 14 \\ \hline 1372 \\ 343 \\ + 9802 \\ \hline 4942 \end{array}$$

$$\frac{12 \cdot 370 \cdot 35 \cdot 100}{300 \cdot 91} = \frac{12 \cdot 37 \cdot 35}{3 \cdot 91} = \frac{37 \cdot 20}{13}$$

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

$$\underline{P_{\text{нac}}}$$

$$\frac{\gamma R T_1}{P_1} = \frac{\gamma R T_2}{P_2}$$

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

$$\frac{P_2}{T_2} = \frac{u_2}{300}$$

$$300 P_2$$

$$300 P_2 \frac{P_2}{T_2 + 273} = \frac{u_2}{300}$$

$$300 P_2 = u_2 T_2 + 273 \cdot 42$$

$$\begin{array}{r} 356 \\ \times 914 \\ \hline 1424 \\ 356 \\ \hline 49,84 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ \times 13 \\ \hline 36 \\ 12 \\ \hline 156 \\ \times 3 \\ \hline 468 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4 5 \\ \times 13 \\ \hline 12 \\ 40 \\ \hline 52 \end{array}$$