



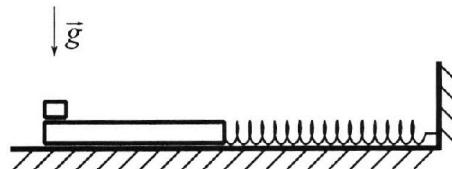
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 жесткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коеффициент 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 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.

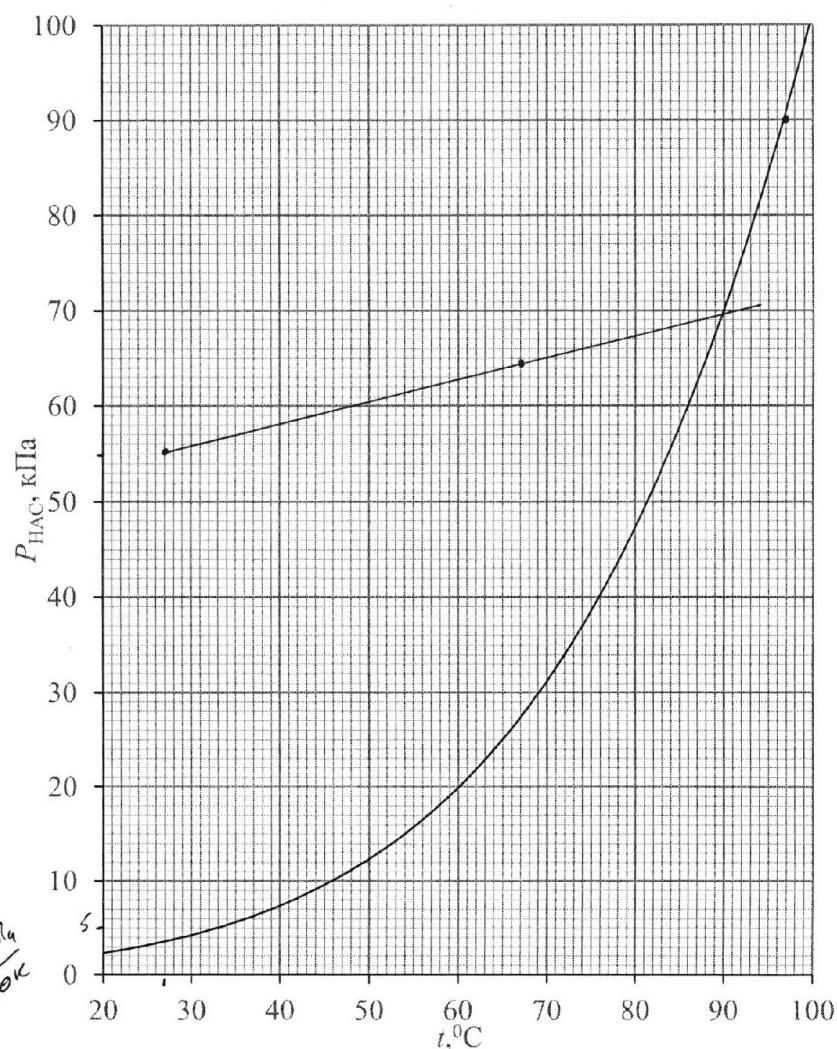


- ✓ 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °C и жидкую воду. 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.



$$\begin{aligned}
 p_{\text{рас}} \cdot V &= 12 \cdot R \cdot T \\
 p \cdot V &= 12 \cdot R \cdot T_2 \\
 p_{\text{рас}} \cdot V &= 9R \cdot T_1 \\
 \frac{p_{\text{рас}}}{T_1} &= \frac{9R}{V} \quad p = 12 \cdot \frac{T_2}{T_1} \cdot p_{\text{рас}} \\
 \phi &= \frac{p_{\text{рас}}}{p_{\text{возд}}} \cdot 100\%
 \end{aligned}$$



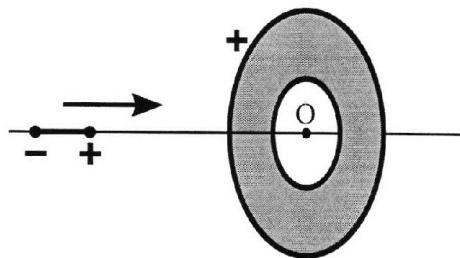
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-02

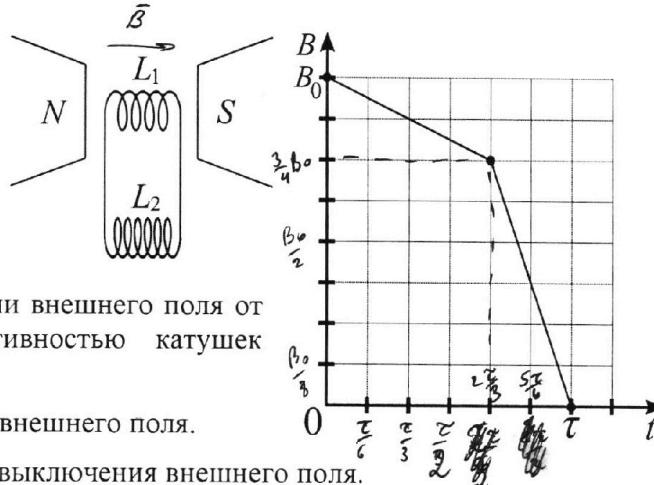
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

- 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 .



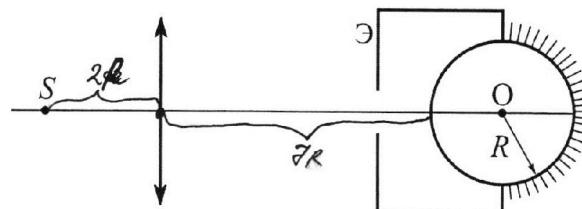
- ✓1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
✓2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 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 н аружной 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**.

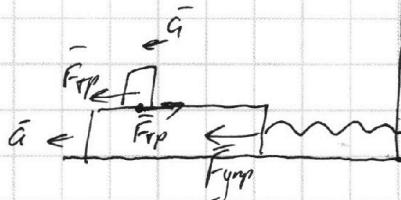


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

№1.



На брускок действует сила тяжести $F_{\text{тр}} = mg$ влево, а на доску согласно 3-му закону Ньютона, также же $F_{\text{тр}} = mg$ вправо.
Если пултника смата, то $F_{\text{упр}} = Kx$ действует влево.

1) М.к. относительное ускорение бруска и доски неизвестно, а у бруска и доски равные ускорения, направленные в одну сторону.
(Допустим, влево (вдоль оси x))

Запишем второй закон Ньютона в проекции на ось x для бруска и доски:

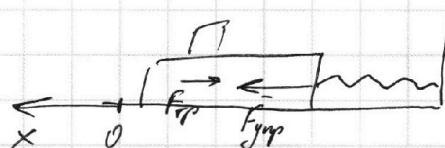
$$\begin{cases} F_{\text{упр}} - F_{\text{тр}} = Ma \\ F_{\text{тр}} = mg \end{cases} \Rightarrow a = \frac{mg}{m} = g$$

$$F_{\text{упр}} - mg = Mg \Rightarrow Kx = (m+M)g$$

$$\Delta x = \frac{(1m + 2kg) \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,3}{50 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} \quad \left\{ \begin{array}{l} \Delta x = \frac{(m+M)g}{K} \\ \Delta x = \frac{(m+M)g}{K} \end{array} \right.$$

$$\boxed{\Delta x = 0,18 \text{ м} = 18 \text{ см}}$$

2) Рассмотрим движение доски в произвольный момент времени:



Калуживаем ось x влево, и отложим θ в токсе, где пултника не смата.

2^й закон Ньютона:

$$-Kx - mg = M\ddot{x}$$

$$\text{Записка: } x = Z - \frac{mg}{K}$$

$$-KZ = M\ddot{Z}$$

$$Z = Z_{\max} \cdot \cos(\omega t + \varphi_0), \text{ где } \omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

\ddot{x} - ускорение доски

антибрешни на доску влево, т.е. расслабляется пальцы до того как первый раз ~~закинуть~~ она. скорость бруска и доски сошли ровно 0 , где они двигались влево



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!

касательная скорость доски $\dot{z}(0) = 0$, т.к. $\dot{z}(0) = z_{\max} \cdot \omega \cdot \sin(\theta + \varphi_0) = 0$
откуда $\varphi_0 = 0$

$$\ddot{z} = z_m \cdot \cos(\omega t)$$

$z(0) = x_0 + \frac{mg\mu}{k} = z_m$, где x_0 - начальная координата доски, и начальное значение пружины

Перейдём в CO
доски:

$$\begin{matrix} mg\mu \\ \leftarrow \end{matrix} \quad \begin{matrix} (-Kx - mg\mu) \frac{m}{M} \\ \rightarrow \end{matrix}$$

$$\begin{matrix} \text{ускорение бруска в CO} \\ m\ddot{x}_2 = mg\mu + \frac{m^2 g\mu}{M} + Kx \frac{m}{M} \end{matrix}$$

$$\int_0^t dx_2 = g\mu \int_0^t \frac{m}{M} dt + \frac{K}{M} \int_0^t x dt \quad (3)$$

$$\ddot{x}_2 = g\mu \left(\frac{m+t\mu}{M} \right) + \frac{Kx}{M}$$

Ускорение доски постепенно уменьшается, когда $Kx = mg\mu$
максимально достигает, это
(холма)

$$\ddot{z} = -z_m \omega^2 \cdot \cos(\omega t) \approx 0, \text{ т.к. } \omega t = 2\pi \quad (\text{т.к. } \ddot{z} = 0 \text{ в первом}$$

$$x + \frac{mg\mu}{K} = \left(x_0 + \frac{mg\mu}{K} \right) \cos(\omega t) \quad t = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{\mu}{K}}$$

$$\int x dt = \left(x_0 + \frac{mg\mu}{K} \right) \int_0^{2\pi} \cos(\omega t) dt - \int_0^{2\pi} \frac{mg\mu}{K} dt = -\left(x_0 + \frac{mg\mu}{K} \right) \frac{1}{\omega} \cdot 0 - \frac{2\pi mg\mu}{K\omega}$$

(3):

$$0 = g\mu \frac{m+n}{M} \frac{2\pi}{\omega} = \frac{K}{M} \cdot \frac{2\pi mg\mu}{\omega}$$

Ответ: 1) $\Delta x = 18 \text{ см}$

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



- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
1 из 2

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

№2

1) Рассмотрим 6 кг калории масса пара m , где по условию масса воды 11 кг.

После нагрева, т.е. все вода превратилась в пар, о.с. испарилась, то масса пара ~~равна~~ ~~была~~ в конце нагревания 12 кг, значит отношение массы пара ~~равно~~ в конце нагревания к массе пара в калории нагревания $\left(\frac{m}{M} = \frac{12 \text{ кг}}{m} = 12 \right)$

2) В момент, когда прекратились испарение воды, а значит все вода испарилась, давление водяного пара будет равно давлению насыщенного водяного пара при температуре t^* (т.к. нагрев приводил к перегреву и можно сказать, что в любой момент между водой и паром было равновесие, т.е. пар был насыщенным)

Расчет: $V = \rho R T_0$ ⁽¹⁾, где $\rho_{\text{рас}}$ — давление насыщенного пара при t_0 , а $T_0 = t_0 + 6$
 $n = 12 = \frac{\text{до конца}}{9} \frac{\text{всего пара в конце}}{\text{половине}}$ (это такое давление, при котором вода перестала испаряться)

$$t_{\text{конце}} = 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

(2) $\rho_{\text{рас2}} \cdot V = 12 \rho R T'$, где $\rho_{\text{рас2}}$ — давление насыщенного пара при t^* , а $T' = t^* + 6$ ^{половине}

$$\text{из (1)}: \frac{\rho R}{V} = \frac{\rho_{\text{рас}}}{T_0}, \text{ подставив в (2)}:$$

$$\rho_{\text{рас2}} = 12 \frac{\rho_{\text{рас}}}{T_0} \cdot T', \quad \rho_{\text{рас}} \approx 4,6 \text{ г/дм}^3 \text{ (из графика)}$$

Чтобы найти значение T' , найдём пересечение прямой $\rho_{\text{рас2}}(T')$ с графиком зависимости давления насыщенного пара от температуры.

Последовательно поступим по двум точкам:



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!

$\rho_{\text{рас}2}$, кПа	55,2	64,4
T, K	300	350
$t^*, ^\circ C$	27	77

Пересечение этой прямой с
графиком зависимости давления насыщ.
пара от температуры при
 $t^* \approx 90^\circ C$

3) Найдём давление ~~насыщ.~~ пара в конце излуча:

$p \cdot V = 12 \pi R T$, где p - давление в конце излуча

$$(7): \rho_{\text{рас}3} \cdot V = 9R T_0 \quad T = t + 273 \text{ Кельвина}$$

$$p = 12 \frac{\rho_{\text{рас}1}}{T_0} \cdot T; \quad p = 12 \cdot \frac{4,6 \text{ кПа}}{300 \text{ К}} \cdot 370 \text{ К} = 78,08 \text{ кПа}$$

давление насыщ. пары при $t = 97^\circ C$ из графика 99 кПа

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{рас}3}} \cdot 100\%, \text{ где } \rho_{\text{рас}3} = 9 \text{ кПа} - \text{ давление насыщ. пары при } t$$

$$\boxed{\varphi \approx 85,71\%}$$

Ответ: 1) $n=12$; 2) $t^* = 90^\circ C$, 3) $\varphi = 85,71\%$

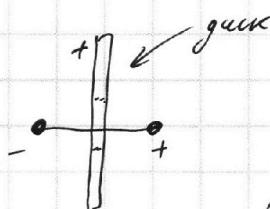
- | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|

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!

№3

1) Рассмотрим диполь, когда его центр проходит через отверстие:



диск ~~П.к.~~ оба маленьких шарика находятся в одинаковых положениях относительно диска, то из соображений симметрии видно, что потенциальная энергия шариков равна по модулю, а так как заряды шариков противоположны, то потенциальная энергия шариков противоположна по знаку. $W_1 = -W_2$, где

W_1 - потенц. энергия \oplus шарика

W_2 - потенц. энергия \ominus шарика

Задача:

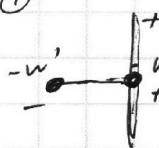
$$\frac{mv_0^2}{2} = W_1 + W_2 + \frac{mv^2}{2} \quad / \text{ потенциальная энергия в бесконечно удалённой точке } 0)$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = -W_2 + W_2 + \frac{mv^2}{2}$$

$$v_0^2 = v^2 \quad , \text{зк } \boxed{v = v_0}$$

2) Рассмотрим такое положение диполя в дыре:

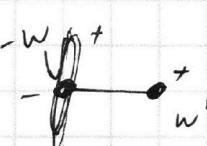
①



Пусть потенц. энергия \oplus W , а $\ominus -W'$, $w' > 0$
 $|W| > |W'|$, т.к. потенциальная энергия в электрическом поле обратнопропорциональна расстоянию.

Другое положение:

②



Из соображений симметрии, видно, что из \ominus шарика потенц. энергия $-W$, а из \oplus шарика $w' > 0$

При приближении к положению ② суммарная потенциальная энергия увеличивается, достигая максимума в положении ① (т.к. при дальнейшем движении энергия \oplus будет уменьшаться, а энергия \ominus в учёте знака тоже будет уменьшаться)

Далее потенц. энергия будет уменьшаться, достигнув минимума в положении ②. При дальнейшем движении энергия будет снова увеличиваться, достигая 0 (т.к. на бесконечности \oplus в положении ② имеет отрицательную потенц. энергию)

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



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

СТРАНИЦА
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!

Таким образом, согласно закону сохранения энергии, мах скорость будет в положении ①, где максимальная потенц. энергия, а мин скорость будет в положении ② (где минимальная потенц. энергия)

① положение ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = W - W' + \frac{mv_{\min}^2}{2}$$

максимальная скорость при падении

② положение ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = W' - W + \frac{mv_{\max}^2}{2}$$

минимальная скорость при падении

Две диполи с зарядами q находятся в углах 60° друг от друга в положении ①. Справедливо:

$$\frac{mv_0^2}{2} = 2W - 2W' + 0$$

отвечают мах скорости 0° , необходимой чтобы перелететь через диполи

$$W - W' = \frac{mv_0^2}{4}, \text{ тогда}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{4} + \frac{mv_{\min}^2}{2} \rightarrow \frac{mv_{\min}^2}{2} = \frac{mv_0^2}{4} \rightarrow v_{\min} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}$$

$$\frac{mv_0^2}{2} = -\frac{mv_0^2}{4} + \frac{mv_{\max}^2}{2} \rightarrow \frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{3mv_0^2}{4} \rightarrow v_{\max} = \frac{v_0\sqrt{3}}{\sqrt{2}}$$

таким образом: $v_{\max} - v_{\min} = \frac{v_0}{\sqrt{2}}(\sqrt{3}-1)$

Ответ: 1) $v = v_0$, 2) $v_{\max} - v_{\min} = \frac{v_0(\sqrt{3}-1)}{\sqrt{2}}$

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



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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 1

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

№4

1) При движении катушки под в цепи возникает ЭДС индукции $E_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} S_1 \cdot n$, где $d\Phi$ - изменение магнитного потока, $\frac{dB}{dt}$ - изменение индукции под

При этом $E_i = (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$, где $\frac{dI}{dt}$ - скорость изменения тока в цепи

$$(1) -\frac{dB}{dt} S_1 \cdot n = \mathcal{I} L \frac{dI}{dt} | \cdot dt$$

$$-\int_{B_0}^B dB S_1 \cdot n = \mathcal{I} L \int_0^T dI$$

$$B_0 S_1 \cdot n = \mathcal{I} L \cdot I_0 \rightarrow I_0 = \frac{B_0 S_1 \cdot n}{\mathcal{I} L}$$

Катушки сидят одна за другую, значит через них текут одинаковые токи.

2) Вернемся к формуле (1):

$$-\frac{dB}{dt} S_1 \cdot n = \mathcal{I} L \frac{dI}{dt} | \cdot dt$$

$$\int_{B_0}^B -dB S_1 \cdot n = \int_0^T \mathcal{I} L dI \rightarrow (B_0 - B) S_1 \cdot n = \mathcal{I} L I, \text{ представив } I, \text{ как } \frac{d\Phi}{dt}, \text{ получаем:}$$

$$(B_0 - B) S_1 \cdot n = \mathcal{I} L \frac{d\Phi}{dt} | \cdot dt$$

$$\int_0^T B_0 S_1 \cdot n dt - \int_0^T B S_1 \cdot n dt = \int_0^T \mathcal{I} L d\Phi$$

это можно
последовательно

Найдём значение под графиком $B(t)$:

$$\frac{1}{2} (B_0 - \frac{3}{4} B_0) \cdot \frac{2}{3} \pi + \frac{3}{4} B_0 \cdot \frac{2}{3} \pi + \frac{1}{2} \frac{3}{4} B_0 (\pi - \frac{2}{3} \pi) = \frac{B_0 \pi}{12} + \frac{B_0 \pi}{2} + \frac{B_0 \pi}{8} =$$

$$= \frac{2 B_0 \pi + 12 B_0 \pi + 3 B_0 \pi}{24} = \frac{17 B_0 \pi}{24}$$

$$B_0 S_1 \cdot n \pi - \frac{17}{24} B_0 S_1 \cdot n \pi = \mathcal{I} L Q, \text{ где } Q - \text{ заряд, проекции}$$

$$\frac{7}{24} \frac{B_0 S_1 \cdot n \pi}{\pi} = Q = \frac{B_0 S_1 \cdot n \pi}{24 L} | \quad \boxed{\text{Решение: 1) } I_0 = \frac{B_0 S_1 \cdot n}{\mathcal{I} L} \\ 2) Q = \frac{B_0 S_1 \cdot n \pi}{24 L}}$$

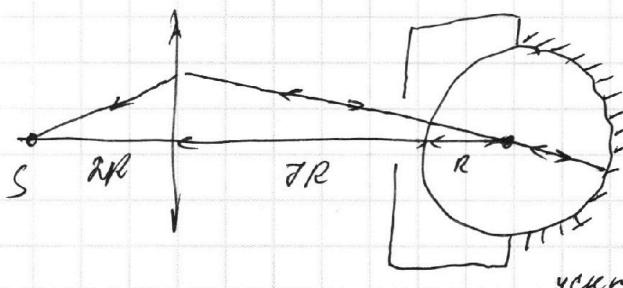
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

СТРАНИЦА
1 из 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!

№5.

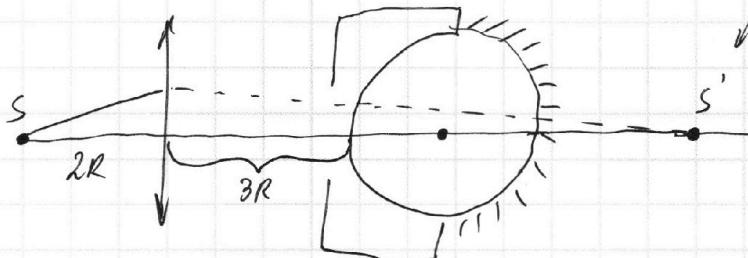
1) Такое, что изображение в системе совпадает с источником все зависимости от показателя преломления возможны, если луч падает нормально к поверхности ~~шара~~ в результате чего не преломляется, отражается от зеркальной поверхности и не меняет направления, т.е. луч идет будто длины и отражавшийся выходят из сферы также не преломляясь. И, согласно обозначениям ход светового луча, ~~затем~~ даёт изображение в точке, в которой находится источник:



Таким образом, изображение в системе источникими мира являются фокусированные в центре сферы, т.е. при расстоянии $b+R=8R$ от зеркала мира.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} = \frac{4}{8R} + \frac{1}{8R} = \frac{5}{8R} \rightarrow F = \frac{8}{5}R = 1,6R$$

2) Рассмотрим ход луча, после того, как мир переместился на $\Delta = 4R$:



здесь должно было
быть изображение
мира (если бы не
было сферы)

Рассмотрим преломление и отражение от зеркальной сферической поверхности.

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

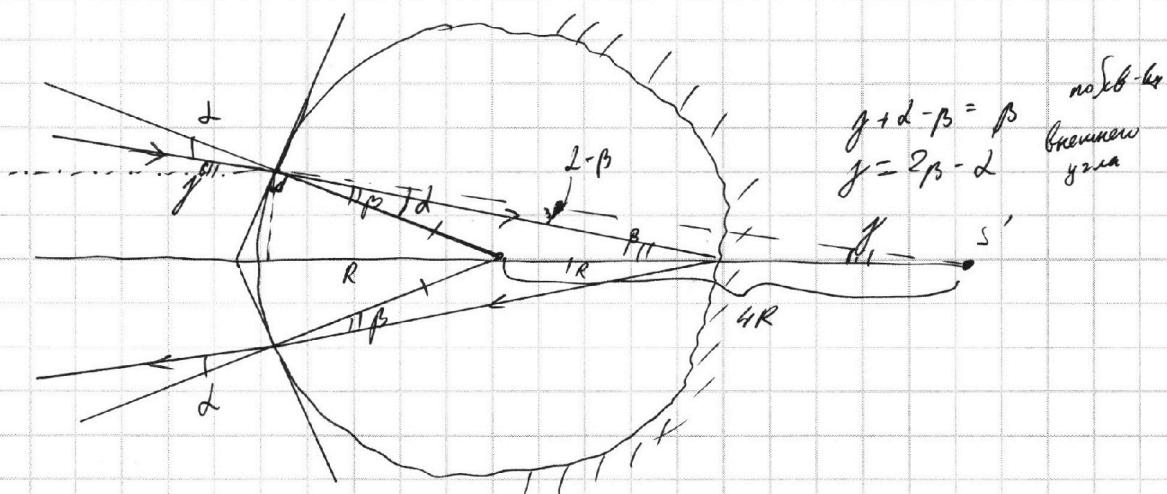
5

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!



Должно происходить такое ахроматическое отк.
если менять отражение, чтобы лучи вернулись в
точку, где находятся источники.

Учтём малость углов ($\sin \approx \alpha$)

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n \rightarrow \frac{\alpha}{\beta} = n \rightarrow d = \beta \cdot n \quad \tan \beta \approx \beta \quad \tan \alpha \approx \alpha$$

$$\tan \beta \cdot 2R = \tan \alpha \cdot 5R$$

$$2\beta = 5\alpha$$

$$2\beta = 5(2\beta - d)$$

$$2\beta = 10\beta - 5d$$

$$5d = 8\beta$$

$$5\beta \cdot n = 8\beta \rightarrow n = \frac{8}{5} = 1,6$$

Ответ: 1) $F = 1,6R$; 2) $n = 1,6$



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**.

СТРАНИЦА
из

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

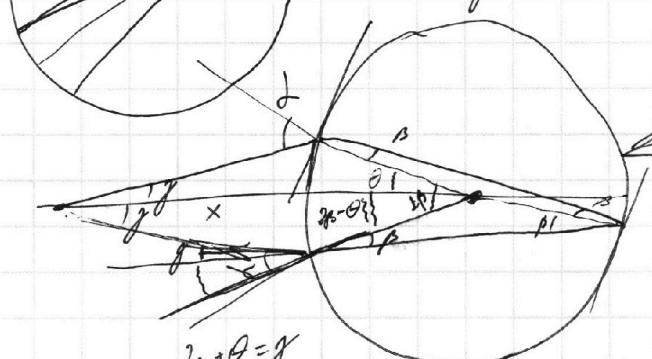
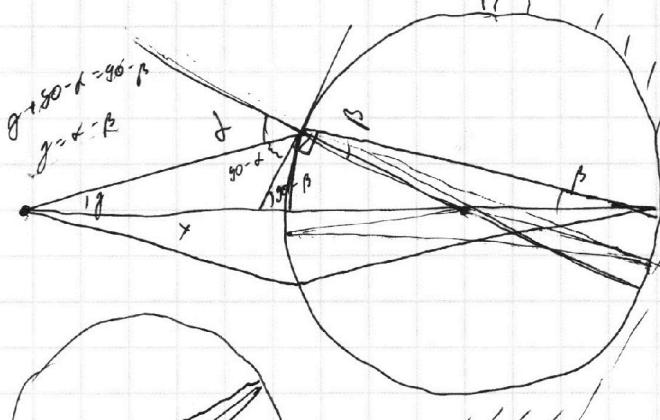
$$\frac{18,4}{100} \cdot 3,80$$

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

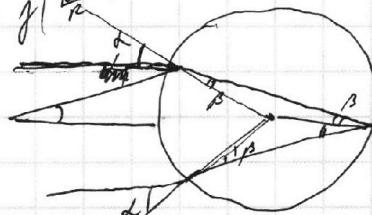
$$\begin{array}{r} 184 \\ \times 3,7 \\ \hline 1288 \\ 552 \\ \hline 88,08 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 280 | 81 \\ 228 \quad 0,8521 \\ \hline 520 \\ 455 \\ \hline 650 \\ 638 \\ \hline 130 \\ 91 \\ \hline 89 \end{array}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{F} &= \frac{1}{2R} + \frac{1}{f} \\ 2R \cdot F - F \cdot n &= \frac{1}{f} \\ \frac{2RF}{2R-F} &= \frac{1}{f} \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} \beta \cdot n - 2\mu + \frac{f_r x}{R} &= 0 \\ \beta(n-2) = f_r \left(\frac{x}{R} - \mu \right) & \quad K_x = \text{пурма} \end{aligned}$$



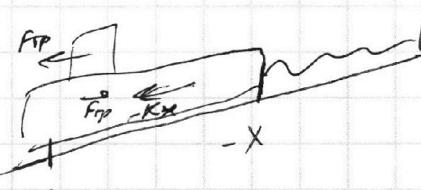
$$\int dt \frac{mg\mu}{m} - \frac{Kx}{m} \int x \cdot dt = \int d\varphi$$

$$\begin{aligned} f_r \beta &= \frac{h}{2R} \\ \frac{L}{\beta} &= n \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h &= x \cdot g \beta \\ \beta &= \frac{x \cdot \theta}{2R} \end{aligned}$$

$$f_r = \frac{x}{2R} \cdot (n-1) \beta$$

$$\frac{(x/2R) \cdot 2R}{n-1} = x$$



$$\frac{-mg\mu + K_x}{m} \approx 0$$

$$mg\mu + \frac{(mg\mu + K_x) \frac{m}{n}}{n} = G_2$$

$$mg\mu \left(\frac{m+n}{m} \right) - \frac{K_x m}{m} = \frac{G_2}{n} \text{ со стороны}$$

$$mg\mu \frac{m+n}{m} - \frac{K_x m}{m} = \frac{d\varphi}{dt}$$

$$- \frac{K_x - mg\mu}{m} = \ddot{x}$$

$$x(t) = x_m \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(t) = x_m \omega \sin(\omega t + \varphi_0) \approx$$

$$x(t) = x_m \cos \omega t$$

Задача:

$$x = x_0 + \frac{mg\mu}{K}$$

$$x(t) = \frac{Kx}{m} = \ddot{x}$$

