



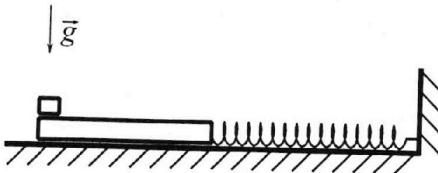
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



## 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

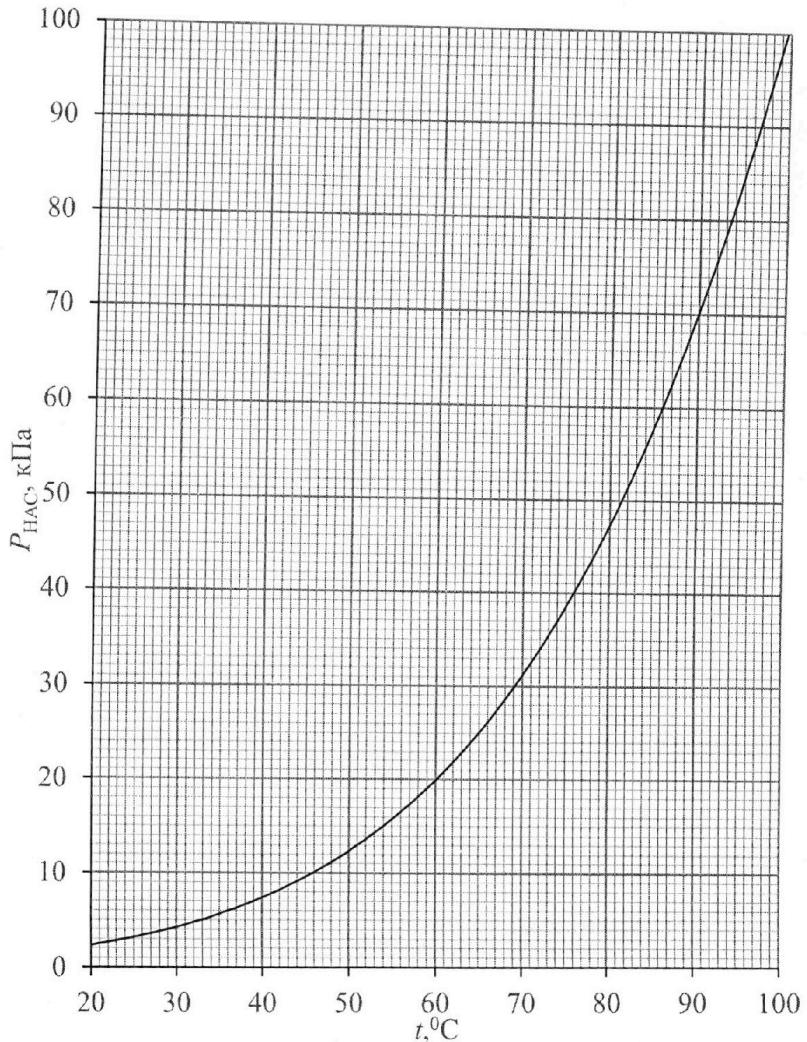


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

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





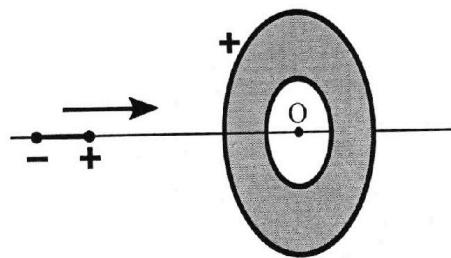
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02



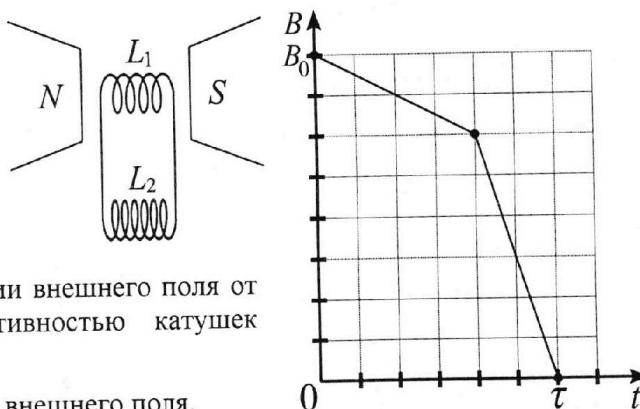
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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  $V_0$ .



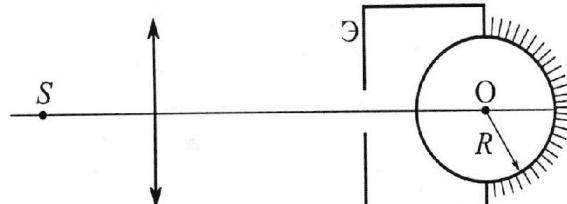
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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  $\tau$ . 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  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



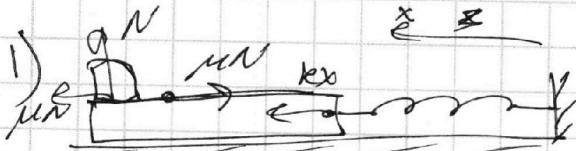
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" 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  
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!

$$\begin{aligned} M &= 2 \text{ кг} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ k &= 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ \mu &= 0,3 \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \end{aligned}$$



Пусть  $x$  - смещение пружины, когда ускорение равны.  
 $\mu N = \mu mg$

II з-и. Н:  $ma_3 = \mu mg \Rightarrow a_3 = \mu g$  - ускор. бруска  
 $Maa_2 = kx_1 - \mu \frac{m}{M} mg \Rightarrow a_2 = \frac{k}{M} x_1 - \mu \frac{m}{M} g$  - ускор. доски

$$a_3 = a_2 \Rightarrow \mu g = \frac{k}{M} x_1 - \mu \frac{m}{M} g$$

$$x_1 = \frac{\mu Mg}{k} + \frac{\mu mg}{k} = \frac{\mu g}{k}(M+m) = \frac{g}{50} \text{ м}$$

2) Пусть  $x$  - коорд. доски:

$$M\ddot{x} = -kx - \mu mg$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{M}x - \mu \frac{m}{M}g \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{M}\dot{x} = 0$$

$$\dot{x} = y, \text{ тогда } \ddot{y} + \frac{k}{M}y = 0 - \text{ кр-ое колеб.}$$

$$y = \dot{x} = A \sin \omega t \quad (\omega = \sqrt{\frac{k}{M}})$$

Период колеб. склеросде  $T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$ .  
 В момент начала ускор. доски, скорость max, т.е. прошло  $\frac{T}{4}$ .

Скорость бруска и доски в этот момент равны  $\Rightarrow \mu g \frac{T}{4} = A = \mu g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$ .

$$\text{нар. ускор. } a_0 = \ddot{x}(0) = Aw = \frac{\pi}{2} \mu g = \frac{3}{2} \frac{M}{c^2}$$



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!

3) Когда ускорение равно нулю,  $\mu g = Aw \cos \omega t_0 \Rightarrow \cos \omega t_0 = \frac{2}{\pi}$   
 $\sin \omega t_0 = \sqrt{1 - \cos^2 \omega t_0} = \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}}$ .

Амплитуда скорости диска  $V = Aw \sin \omega t_0 =$

$$= \frac{\pi}{2} \mu g \sqrt{\frac{M}{K}} \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} = \frac{3\sqrt{5}}{10} \frac{m}{c}$$

Ответ: 1)  $\frac{\mu g}{K} (M+m) = \frac{9}{50} m$ ; 2)  $\frac{\pi}{2} \mu g = \frac{9}{2} \frac{m}{c^2}$

$$3) \frac{\pi}{2} \mu g \sqrt{\frac{M}{K}} \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} = \frac{3\sqrt{5}}{10} \frac{m}{c}$$

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 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!

$$\begin{aligned} t_0 &= 27^\circ\text{C} \\ m_b &= 11 \text{ Mn} \\ t &= 97^\circ\text{C} \end{aligned}$$

Пусть  $m_b$  и  $m_n$  изнач. массы воды и пара.

1) Т.к. все вода испарилась, масса пара после нагревания

$$m'_n = m_n + m_b \Rightarrow \frac{m'_n}{m_n} = 1 + \frac{m_b}{m_n} = 12$$

2) Пусть  $V$ -объем сосуда,  $p_1$ -нагр. давл. пара,  $p_2$ -при  $t^*$ .

$T_0$  и  $T^*$  - это  $t_0$  и  $t^*$  в Кельвинах.

$$p_1 V = \gamma R T_0 \quad p_2 V = 12 \gamma R T^* \text{ - ур-ие соотв.}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 12 \frac{T^*}{T_0} \quad \cancel{p_1} \quad T^* = t^* + 273$$

$$p_2 = p_1 \cdot 12 \frac{t^* + 273}{T_0} = 12 \frac{p_1}{T_0} t^* + 273 \cdot 12 \frac{p_1}{T_0}$$

из графика  $p_1 \approx 3500 \text{ Pa}$  при  $T_0 = 27 + 273 = 300 \text{ K}$ .

$$p_2 = 140 t^* + 38220 \quad (1)$$

Т.к. в этот момент пар еще не остыл, точка пересечения графика (1) и графика  $p_{\text{рас}}(t)$  дает  $t^*$ .

Найдем ее:  $t^* = 79^\circ\text{C}$ .

3) Если  $p_3$ -давл. пара при  $t = 97^\circ\text{C}$ ,

$$T = 273 + t = 273 + 97 = 370 \text{ K} = t + 273. \text{ То запишем:}$$



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 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!

$$P_3 V = 12 \gamma R T$$

$$\frac{P_3}{P_1} = 12 \frac{T}{T_0} \Rightarrow P_3 = 12 P_1 \frac{T}{T_0} = 51800 \text{ Па}$$

При  $t = 97^\circ\text{C}$  давл. нас.  $P_u = 90 \text{ кПа}$

$$\varphi = \frac{P_3}{P_u} \approx \frac{26}{95}$$

Ответ: 1) 12; 2) ~~79~~  $t^* = 79^\circ\text{C}$ ; 3)  $\varphi = \frac{26}{95}$ .



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

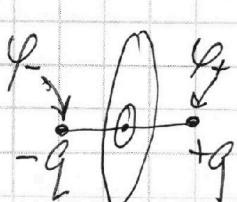
6

7

СТРАНИЦА  
1 из 2

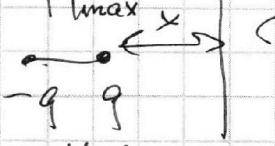
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 1) Когда диполь проходит через центр стержня своим центром, когда  $\varphi_+$  и  $-\varphi_-$  зарядов диполя расположены симметрично относительно диска.

 Работу энергии диполя  
 $P = q(\varphi_+ - \varphi_-)$ , где  $\varphi_+$  и  $\varphi_-$  потенциалы поля диска в точках, где заряды. При  $\varphi_+ = \varphi_-$   $P = 0$ . И из ЗСЭ поле энергии не изменяется, а сконцентрировалось в центре.

2) В нек. поле диполь ~~работает~~  $P_{\max}$ , так как в первом случае оставалась разность потенциалов.

$$P_{\max} = \frac{m V_0^2}{2}$$

 Такое максимальное значение разности потенциалов.

Во втором случае разность потенциалов те же, но заряды



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 checked="" type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\frac{q}{2}, \text{ т.е. } P_{\max}' \text{ теперь } P_{\max}' = \frac{P_{\max}}{2}.$$

$$\text{П.л. } \frac{mV_{\min}^2}{2} = \frac{mV_0^2}{4}$$

$V_{\min} = \frac{V_0}{\sqrt{2}}$  - мин. скорость при пролете.

Макс. скор. будет в симм. откосе, когда диска попадет в зону, но с друг. стороны, т.е. нет. энергии  $P_{\min}$  там отрицательна  $P_{\min} = -P_{\max}/2$ , т.к. заряды "перемещались" местами

$$\frac{P_{\max}}{2} = \frac{mV_{\max}^2}{2} - \frac{mV_0^2}{4}$$

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{3}{2}} V_0$$

$$\Delta V = V_{\max} - V_{\min} = V_0 \left( \sqrt{\frac{3}{2}} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) =$$

$$= V_0 \left( \sqrt{6} - \sqrt{2} \right)$$

$$\text{Ответ: } 1/V_0; 2 \quad \Rightarrow \Delta V = \frac{V_0}{2} (\sqrt{6} - \sqrt{2})$$



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"/> 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 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!

$$\begin{aligned} L_1 &= L \\ L_2 &= 6L \\ S_1, n \\ T \end{aligned}$$

По закону Кирхгофера  
 $\frac{d\Phi_1}{dt} + \frac{d\Phi_2}{dt} = 0$     $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  - потоки  
 магн. через  $L_1$  и  $L_2$ .

Выберем положит. напр. тока  
 так, чтобы поток  $\Phi_1$  магн. поля  
 через  $L_1$  был положит.

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$$

$$1) B_o S_n = L_1 \dot{q}_1 + L_2 \dot{q}_2$$

$$\dot{q}_2 = \frac{B_o S_n}{L_1 + L_2} = \frac{B_o S_n}{7L}$$

$$2) L_1 \frac{d\dot{q}_1}{dt} + \frac{dB}{dt} S_n + L_2 \frac{d\dot{q}_2}{dt} = 0$$

$$(L_1 + L_2) \ddot{q} = - \dot{B} S_n$$

На участке ~~от  $t=0$  до  $t=\frac{2\pi}{3}$~~  от  $t=0$  до  $t=\frac{\pi}{3}$

$$\dot{B} = - \frac{B_o}{4 \cdot 2 \pi} \cdot 3 = - \frac{3}{8} \frac{B_o}{\pi}$$

$$\dot{q} = \frac{S_n}{L_1 + L_2} \dot{B} t = \dot{q} = - \frac{S_n}{L_1 + L_2} \dot{B} \frac{t^2}{2}$$

$$q_1 \text{ на первом участке: } q_1 = \frac{S_n}{7L} \cdot \frac{3}{8} \frac{B_o}{\pi} \cdot \frac{4}{9} \frac{\pi^2}{2}$$

$$= \frac{B_o S_n \pi}{84L}$$

$$\text{На } t = \frac{\pi}{3} \text{ до } t = \pi: \dot{B} = - \frac{6}{8\pi} \frac{B_o}{\pi} \cdot 3 = - \frac{9B_o}{8\pi}$$

$$q_2 \text{ на этом участке: } q_2 = \frac{S_n}{7L} \cdot \frac{\pi^2}{18} \cdot \frac{9B_o}{8\pi} =$$

$$= \frac{B_o S_n \pi}{56L}$$

$$q = q_1 + q_2 = \frac{35}{1176} \frac{B_o S_n \pi}{L}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{B_o S_n}{7L}; 2) \frac{35}{1176} \frac{B_o S_n \pi}{L}$$

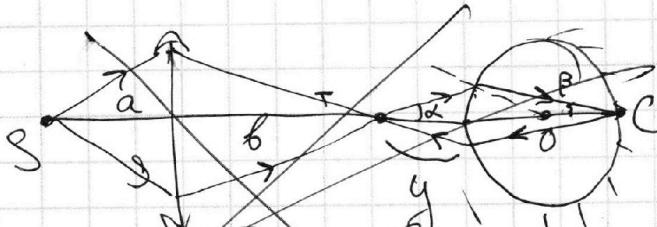
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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 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!

$$\begin{aligned} \Delta &= 4R \\ a &= 2R \\ b &= 7R \end{aligned}$$



~~Чтобы S и изобр. соблюдали, нужно, чтобы лучи шли, как на рисунке, т.е. приходили в т. С лепешка на SO.~~

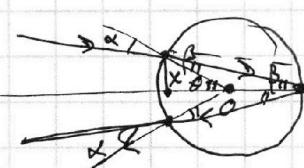
$$\alpha = n\beta \quad \beta = \frac{x}{2R} \quad x = \frac{y}{R} \quad \alpha = ny$$

1) Чтобы S и его изобр. соблюдали при всех n, изобр. S в азимуте должно быть в т. O, тогда лучи будут входить в шар вдоль радиуса и отражаться обратно.

$$\text{По } \varphi\text{-лг. теории можно } \frac{1}{F} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{7R+R}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{5}{8R} \Rightarrow F = \frac{8}{5}R$$

2) Теперь будет так:



Луч входит в шар, попадает в т. C, не сбившись на SO и отражается в т. S, симметрич. должн. пройти через центр шара. Но при обратном пути выходит в шар. И это при обратном пути.

$$\alpha = n\beta \quad \beta = \frac{x}{2R} \quad y = \frac{x}{8R - \Delta + R} = \frac{x}{5R}$$

$$\theta = \frac{x}{R} = 2\beta \quad 2\beta - y = \alpha$$

$$\frac{2x}{2R} - \frac{x}{5R} = n \frac{x}{2R} \Rightarrow n = \frac{8}{5}$$

$$\text{Ответ: 1) } F = \frac{8}{5}R; n = \frac{8}{5}$$

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

- |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <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!

$$\frac{pE}{2} \frac{mV_0^2}{2} = pE$$

$$m \ddot{y} = \frac{pE}{2} - \frac{p}{2} V_0^2 - m\omega^2 y$$

$$P_1 + P_2 = \text{const}$$

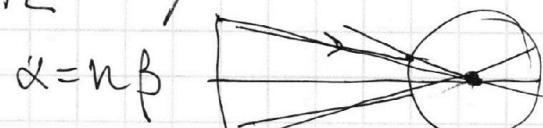
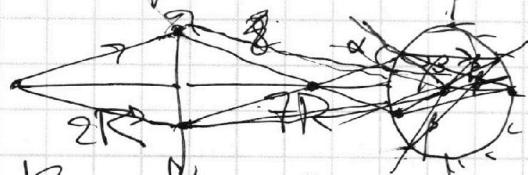
$$\frac{k}{m} x_1 - \mu g = \mu g$$

$$B_0 S_n = L \gamma + 6L \gamma' \quad \gamma = \frac{B_0 S_n}{7L}$$

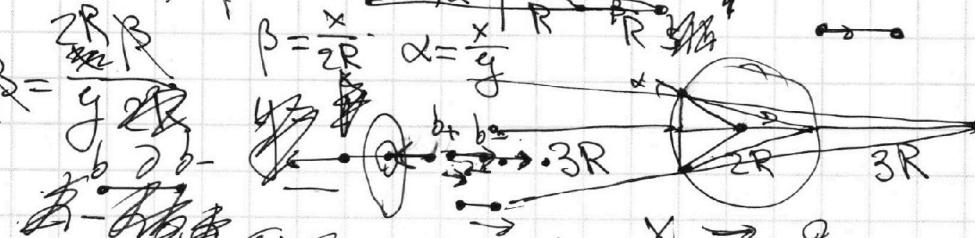
$$L \frac{d\gamma}{dt} + B_0 S_n \frac{dB}{dt} S_n + 6L \frac{d\gamma'}{dt} = 0$$

$$7L \ddot{\gamma} + \dot{\gamma} S_n = 0$$

$$\ddot{\gamma} = \frac{L S_n}{7L} \quad \dot{\gamma} = \frac{\alpha S_n}{7L} \quad \gamma = \frac{\alpha S_n t^2}{2}$$



$$n\beta = \frac{2R\beta}{g}$$



$$\frac{x}{x^2 + 2^2} \frac{1}{(x^2 + 2^2)^{3/2}} - \frac{3R}{2} \frac{x}{x^2 + 2^2} = 0$$

$$x^2 - \frac{3}{2}x + 2 = 0$$

$$x = \frac{3}{2} \pm \sqrt{\frac{9}{4} - 4} = \frac{1}{2}, 4$$

$$\beta = \frac{x}{2R} \quad \frac{x}{2R} = n \frac{x}{2R}$$

$$x^2 + 2^2 = \frac{3}{2}x$$

$$q(\varphi_1 - \varphi_2) = \frac{mV_0^2}{2}$$

$$\frac{1}{2} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{3}{2}$$

$$\begin{array}{r} 84 \\ - 56 \\ \hline 28 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 504 \\ - 420 \\ \hline 84 \end{array}$$

$$\frac{140}{4704} \quad \frac{70}{2352} \quad \frac{35}{1176}$$

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!

$$\ddot{x}_2 = \mu g \quad \ddot{x}_1 = -\frac{k}{m}x_1 - \mu g \quad \ddot{x}_1 + \frac{k}{m}\dot{x}_1 = 0$$

$$(\ddot{x}_1 + \ddot{x}_2) + \frac{k}{m}x_1 = 0 \quad \ddot{x}_1 = y \quad \ddot{y} + \frac{k}{m}y = 0$$

$$p_1 V = V_n R T, \quad p_2 V = (V_n + V_b) R T$$

$$p_1 V = V R T_0 \quad p_2 V = 12 V R T$$

$$\frac{p_2}{p_1} = \frac{1}{12}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 12$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 12 \frac{T_1}{T_0}$$

$$\frac{p_2}{p_1} = 12$$



$$k \int \frac{2\pi}{2\pi} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}}\right)$$

$$-k \int \frac{2\pi}{2\pi} \left(1 - \frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}}\right)$$

$$2\pi k \cos \alpha \left( \frac{1}{R} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right)$$

$$2\pi k \cos \alpha \cdot \frac{1}{R} - \frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}} - \frac{1}{2} x \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{x}{\sqrt{x^2 + z^2}} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

$$\cdot \begin{pmatrix} \cos \alpha, -\sin \alpha \\ \sin \alpha, \cos \alpha \end{pmatrix}$$

$$y = A \sin(\omega t) = \dot{x} \quad Aw = \omega \quad x_1 = 0$$

$$x = \frac{A}{\omega} \cos(\omega t) \quad -\frac{A}{\omega} = x_0 \quad -\frac{A}{\omega} \cos(\omega t) = x_2$$

$$v = \mu mg t = A \sin(\omega t)$$

$$\frac{I}{M} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$2 \frac{\mu mg}{K} t = \frac{A}{\omega} \sin(\omega t)$$

$$\frac{273}{273} \frac{920}{920} \frac{980}{980} \frac{280}{280} \frac{38220}{38220}$$

$$\frac{kg}{\sqrt{x^2 + z^2}} \cdot \frac{kg}{\sqrt{x^2 + z^2}} \cdot \frac{kg}{\sqrt{x^2 + z^2}} \cdot \frac{kg}{\sqrt{x^2 + z^2}}$$

$$\varphi_1, \varphi_2 \quad q\varphi_1 - q\varphi_2$$

$$\mu g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}} = A \quad 35 \cdot 12 \quad 140$$

$$q \varphi_1 \varphi_2 \quad \frac{3500}{300} \quad p = 12 \frac{P_1}{T_0} t + \dots$$

$$\frac{kg X}{\sqrt{x^2 + z^2}^{3/2}} \quad \frac{kg X}{\sqrt{x^2 + z^2}^{3/2}}$$



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

1

2

3

4

5

6

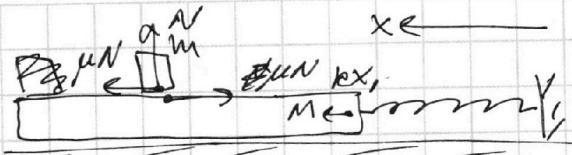
7

СТРАНИЦА  
ИЗ

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

$$\begin{aligned} M &= 2 \text{ кг} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ k &= 50 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \\ \mu &= 0,3 \\ g &= 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \end{aligned}$$

1)



Русло  $x$ , - синтез приложил,  
когда ускорение было первое  
равно.

$$\mu N = \mu mg$$

II з-и. Испл. для друска и доски:

$$mas = \mu mg \Rightarrow a_s = \mu g - \text{уск. друска}$$

$$mag = kx_1 - \mu mg \Rightarrow a_g = \frac{k}{M+m} x_1 - \mu g - \text{уск. доски}$$

$$2\mu g = \frac{k}{m} x_1 \Rightarrow x_1 = \frac{2\mu Mg}{k}$$

$$a_s = a_g \Leftrightarrow \cancel{mag = \frac{k}{M+m} x_1} \Rightarrow x_1 = \cancel{\frac{2\mu Mg}{k}}$$

При этом из условия, одн. движ.

пересчиту. когда  $a_g = 0$ , т.е. когда  
ускакие  $\cancel{x_2 = \frac{\mu mg}{k}}$ , т.е. обея гд  
 $x_1$  берут.

$$\text{Обрт? } x_1 = \frac{2\mu Mg}{k}$$

2) Если  $x_0$  - нач. синтез, то нач. уско.

$$\text{доски } a_0 = \frac{k}{M+m} x_0 - \mu g.$$

При синтезе  $x_2$  скорости дру

Русло  $x_c$  - координата центра масс

друска и доски. Тогда



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!

2) Теперь  $x$  - координата доски.

$$M\ddot{x}_1 = -k \frac{x_1}{M} x_1 - \mu Mg$$

$$\ddot{x}_1 + \frac{k}{M} x_1 = 0 \quad \text{Пусть } y = \dot{x}_1$$

$$\ddot{y} + \frac{k}{M} y = 0 \quad \text{Ур-е колебаний } \omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$y = \dot{x}_1 = A \sin \omega t$ , а период кол. скор.  $T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$   
В момент начального ускор. доски, скорость макс., т.е. прошло  $\frac{T}{4} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$ .

Скорость доски  $\mu g \cdot \frac{T}{4}$  равна скорости доски A.

$$A = \mu g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{k}}$$

$$\ddot{x}_1 = Aw \cos \omega t \text{ и } \dot{x}_1(0) = a_0 = Aw$$

$$a_0 = \mu g \frac{\pi}{2} = \frac{\mu}{M} x_1^2 \mu g$$

3)

$$\text{Найти } \mu g = Aw \cos \omega t$$

знач

$$PV = RT$$

$$\frac{2}{\pi} \cos \omega t$$

9100

$P_{21}$



$$\frac{10000}{50} \cdot \frac{70}{200}$$

2  
14  
37  
98  
42  
518

~~10000~~

70  
65

40  
65

273+87

140.370

26  
95  
5  
9

70  
80  
140.800

70  
80