



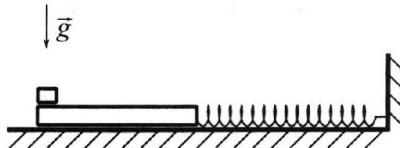
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-04



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

1. Длинную доску массой  $M = 4$  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  $k = 100$  Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,4$ . 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

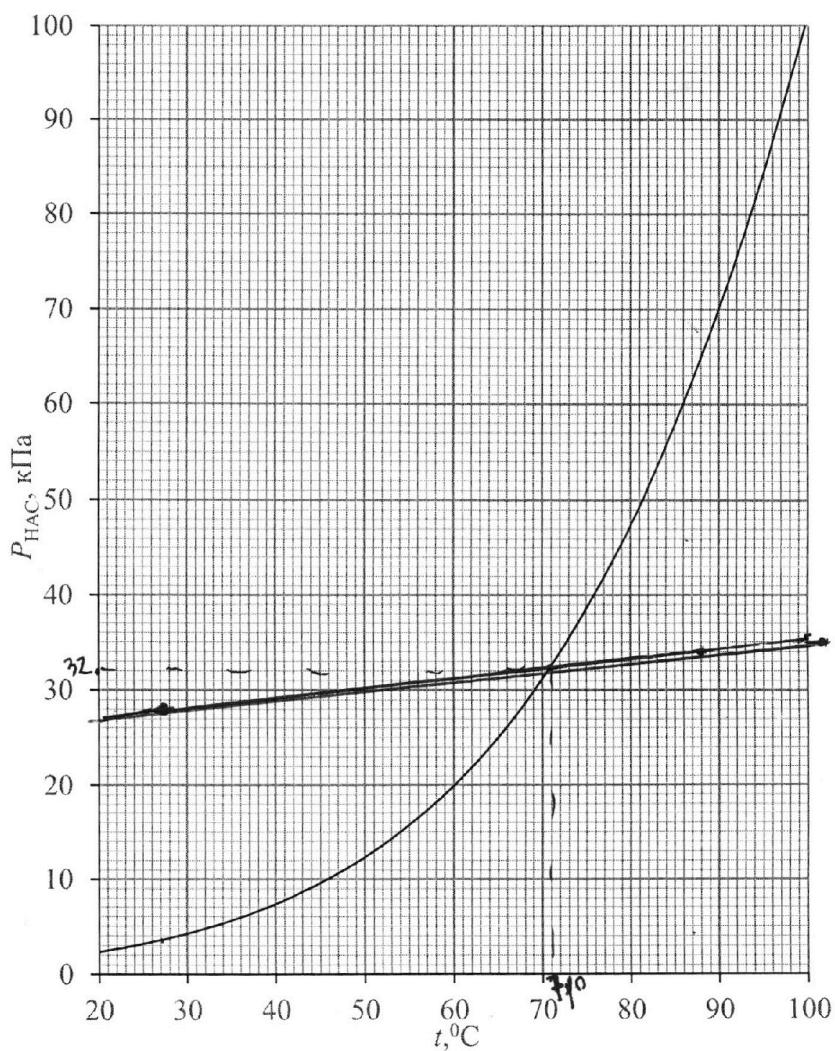


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры  $t = 90$  °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.





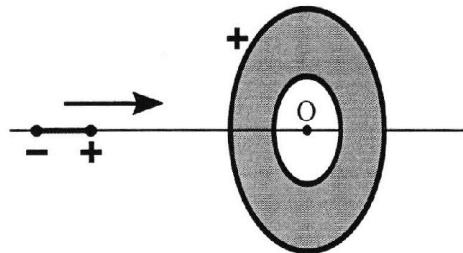
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-04**

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

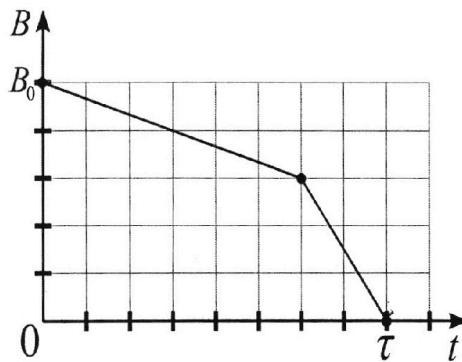
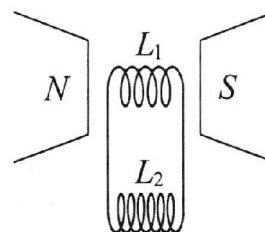
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

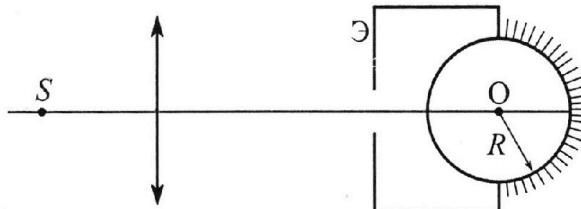
4. Катушка индуктивностью  $L_1 = 5L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 8L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление 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  $S$ , удалённый от линзы на расстояние  $a = 4,5R$  (см. рис.). 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  $b = 8R$ , 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  $\Delta = 3R$ , 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  $\alpha$  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.

1

2

3

4

5

6

7

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!

Отвем: 1)  $x = \frac{2M_m g}{K}$  .  $x = 8 \text{ см}$

2)  $a_0 = \frac{\pi}{2} M_m g$   $a_0 \approx 6 \text{ м/с}^2$

3)  $V = \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \mu g \cdot \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1}$   $V \approx \frac{12\sqrt{5}}{5} M/\text{с}$

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



1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА  
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!

$$\left\{ \begin{array}{l} x_2 = \frac{MqM\pi}{2K} \cdot \cos \sqrt{\frac{K}{M}}t + \frac{mMq}{K} \\ V_2 = -\sqrt{\frac{m}{K}} \cdot \frac{\pi}{2} Mq \cdot \sin \sqrt{\frac{K}{M}}t \\ a_2 = -\frac{\pi}{2} Mq \cos \sqrt{\frac{K}{M}}t \end{array} \right.$$

I. Относительное сжатие струны равно 0:  $a_2 = -Mg$

$$\frac{\pi}{2} = \cos \sqrt{\frac{K}{M}}t$$

$$x = \frac{MqM\pi}{2K} \cdot \frac{\pi}{2} + \frac{mMq}{K}$$

$$x = \frac{2mMq}{K}$$

II.  ~~$a_2(t) = 0$~~

$$a_0 = |a_2(0)| = \frac{\pi}{2} Mg$$

$$\text{III. } a_2 = -Mg \quad \frac{\pi}{2} = \cos \sqrt{\frac{K}{M}}t$$

$$\sqrt{1 - \frac{\pi^2}{4}} = 2m \sqrt{\frac{K}{M}} t$$

$$V_r = |V_2(t)| = \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \frac{\pi}{2} Mg \cdot \sqrt{1 - \frac{\pi^2}{4}} = \sqrt{\frac{M}{K}} Mg \sqrt{\frac{\pi^2}{4} - 1}$$



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

- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                                   | 2                        | 3                        | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input checked="" 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!

$$x_2 - \frac{Mmg}{K} = (x_0 - \frac{Mmg}{K}) \cos \omega t \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_2 = (x_0 - \frac{Mmg}{K}) \cos \omega t + \frac{Mmg}{K} \\ v_2 = -\omega (x_0 - \frac{Mmg}{K}) \sin \omega t \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} v_2 = -\omega (x_0 - \frac{Mmg}{K}) \sin \omega t \\ a_2 = -\omega^2 (x_0 - \frac{Mmg}{K}) \cos \omega t \end{array} \right.$$

В момент когда  $a_2 = 0$  относительное  
движение бруска по прямой прекращается

$$a_2(t) = 0 \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{2}$$

$$a_2(t) = 0 \Rightarrow \omega t = \frac{\pi}{2}$$

$$v_1 = a_1 t \quad v_1 = Mg \cdot \frac{\pi}{2\omega} \quad v_1 = a_1 t = Mg \cdot \frac{\pi}{2\omega}$$

Нада

$$v_1 = v_2(t) \quad -\frac{Mg\pi}{2\omega} = -\omega (x_0 - \frac{Mmg}{K}) \cdot \sin \frac{\pi}{2}$$

$$x_0 = \frac{Mg\pi}{2\omega} + \frac{Mmg}{K}$$

$$x_0 = \frac{Mg\pi M}{2K} + \frac{Mmg}{K}$$



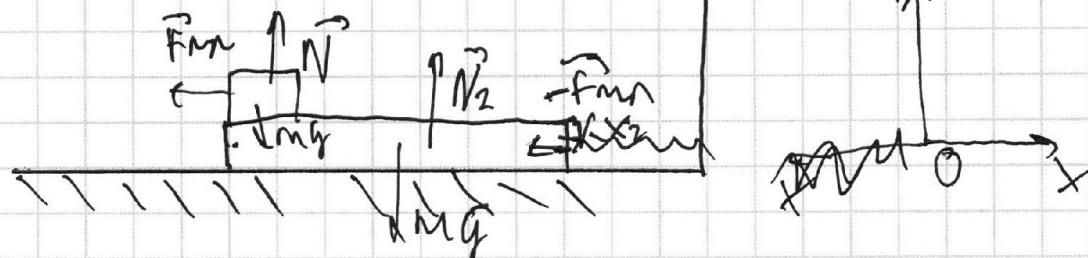
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
1 из 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!

1)



Из начальное ускорение доски  $\Rightarrow M_2/a_2$  (или же  
то относительное движение блока и  
грунта начально). Тогда блок может  
двигаться влево относительно доски  $\Rightarrow$   
силы трения на доску направлена вправо

$$\text{изд} \text{ блок } OY: m_2 g = N$$

$$Ox: m_2 a_2 = F_{\text{упр}} = \mu N = \mu m_2 g$$

$$a_2 = \frac{M_2}{K} g$$

$$\text{изд} \text{ доска: } Ox: M_1 a_1 = -Kx + \mu m_2 g$$

$$\rightarrow \frac{M_1}{K} a_1 + \mu \left( \frac{M_2}{K} g \right) = 0$$

уравнение гармонических колебаний с  
пер. зонами  $x_2(0) = x_0, v_2(0) = 0 \Rightarrow f_2 = \frac{M_1 M_2 g}{K}$   
изменяется по закону косинуса



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.

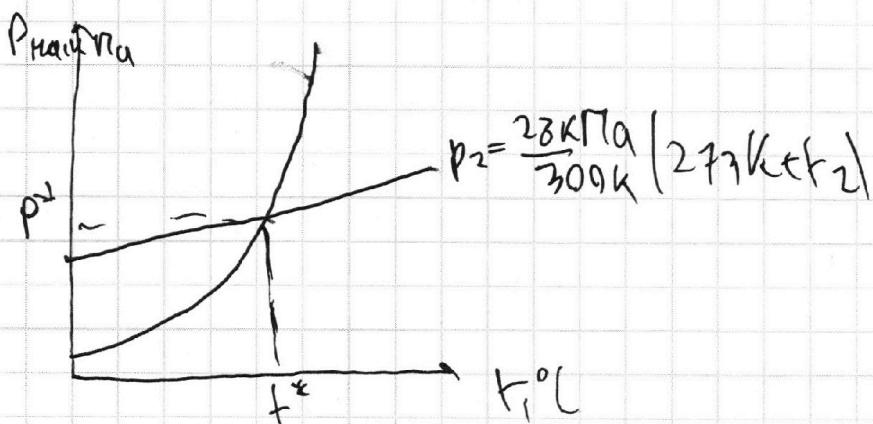
 1 2 3 4 5 6 7

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!

1) при  $p_2 = \frac{23 \text{ кПа}}{300 \text{ К}} (273 \text{ К} + t_2)$  соответствует  
может в ком-ой форме испаряться.

Построим эту прямую на графике  
 $p_{\text{пар}}(t)$  и найдем её пересечение.



$$t^* = 71^\circ\text{C} \quad p^* = 32 \text{ кПа}$$

$$2) p_3 V = \frac{8mn}{V} RT \quad p^* V = \frac{8mn}{V} R T^*$$

~~$$p_3 A \cancel{\frac{T^* + t^*}{T}}$$~~ 
$$p_3 = \frac{T}{T^*} \cdot p^* \quad \varphi = \frac{p_3}{p_{\text{пар}}(T^*)}$$

$$\varphi = \frac{T^* p^*}{T^* (p_{\text{пар}}(T^*))}$$

$$\varphi = \frac{363 \text{ К}}{344 \text{ К}} \cdot \frac{32}{70} \quad \varphi = \frac{726}{1509}$$

$$\varphi \approx 48\%$$

$$\text{Отвр.: } 1) 71^\circ\text{C}$$

$$2) \varphi = 48\%$$



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

1      2      3      4      5      6      7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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

$$1) M_f = 7m_n$$

В конце вся вода испарилась:  $m_{n2} = M_f + m_n$

$$m_{n2} = 8m_n$$

$$\boxed{\frac{m_{n2}}{m_n} = 8}$$

$$2) \text{Уравнение МК:}$$

$$p_0 V = \frac{M}{M} RT_0 - \text{избыточное давление}$$

$$p_2 V = \frac{M_{n2}}{M} RT_2 - \text{избыточное, при втором испарении}$$

$$\frac{p_0}{p_2} = \frac{T_0}{8T_2}$$

$$\frac{p_2}{T_2} = \frac{3p_0}{T_0}$$

$$T_0 = 273K + 27K = 300K \quad p_0 = 3,5 \text{ kPa}$$

давление насыщенного пара при температуре

$$t_0 = 27^\circ C$$

$$p_2 = \frac{3 \cdot 3,5 \text{ kPa}}{300 \text{ K}} \cdot (273 \text{ K} + t_2) \quad p_2 = \frac{23 \text{ kPa}}{300 \text{ K}} (273 \text{ K} + t_2)$$



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

 1 2 3 4 5 6 7

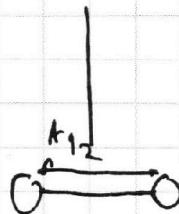
СТРАНИЦА

3 из 3

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

$$\frac{V_{\text{ макс}}}{V_{\text{ мин}}} = \sqrt{3}$$

1) В центре диска (исходит из симметрии  $E_x=0$ )  $\Rightarrow$  работа по переносу зерна на вращающийся диск



$$\text{Итог } t_{12} = 0$$

↓

Так диска совершил  
равную по модулю  
работу по мотции

но разную по направлению  $\Rightarrow \sum A = 0$

↓

$$\Delta W_K = 0$$

$$V = V_0$$

Ответ: 1)  $V = V_0$

2)  $\frac{V_{\text{ макс}}}{V_{\text{ мин}}} = \sqrt{3}$

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 3

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

Найдем минимальную потенциальную энергию:  $f=0$

$$f = \left(\frac{r}{x}\right)^2$$

$$\frac{R^2}{(fr^2 + 1)^{1/2}} - \frac{r^2}{(f^2 + 1)^{1/2}} = 0$$

$$f = \left( \frac{R^2 - r^2}{R^2 - r^2} \right)^{1/2}$$

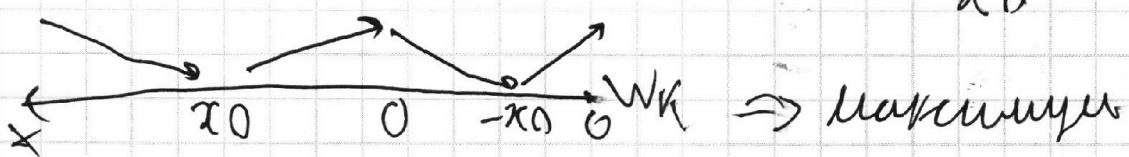
$$R^{1/3}(R^2 f + 1) = R^2 f R^{1/3}$$

$$= R^{1/3}(R^2 f + 1)$$

$$f_0 = \frac{R^{1/3} - R^{-1/3}}{R^2 r^{1/3} - R^{-1/3} r^2}$$

$$f_0 = \left(\frac{r}{x_0}\right)^2$$

При  $x_0 > 0$  есть точка соответствующая минимальной потенциальной энергии



максимальная кинетическая энергия - на движении.

$$2) V_{\max} = V_0$$

$$\frac{MV_0^2}{2} - \frac{MV_{\max}^2}{2} = E_{\text{кин}}$$

$$E_{\text{кин}} = \frac{MV_0^2}{2}$$

\*(7 в первом  
варианте)

$$V_{\min}^2 = \frac{V_0^2}{2} - \frac{V_0^2}{6}$$

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

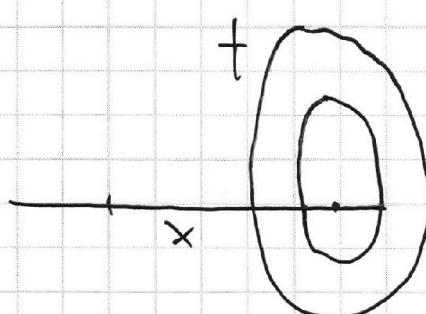


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                            |                            |                                       |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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  
1 из 3

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



Внешняя

Определить потенциал (и создаваемый им) поля

$$U = \frac{2\pi K \lambda dR - 2\pi R K}{\sqrt{x^2 + r^2}}$$



$$U = \int_{r}^{R} \frac{\sigma dR}{\sqrt{x^2 + r^2}} = 2\pi K \sigma \left( \sqrt{R^2 + x^2} - \sqrt{r^2 + x^2} \right)$$

$$E = \frac{dU}{dx} = 2\pi K \sigma \left( \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + x^2}} \right)$$

$$F = \frac{dE}{dx} \times P \quad \text{постоянный момент}$$

$$F = 2\pi K \sigma P \left[ \frac{1}{\sqrt{(R^2 + x^2)^2}} - \frac{1}{\sqrt{(r^2 + x^2)^2}} \right]$$

$$F = 2\pi K \sigma P \cdot x^3 \left( \frac{R^2 dx}{(R^2 + x^2)^{3/2}} - \frac{r^2}{(r^2 + x^2)^{3/2}} \right)$$



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!

Решение

$$I_{\text{наг}} = \int = \frac{\beta_0}{L} \cdot \frac{I}{8} \cdot 27 = \beta_0 L \cdot \frac{27}{40}$$

Количество клеток  
показано красным

$$q = \frac{nS_1}{T_3 L} \left( \beta_0 T - \beta_0 T - \frac{27}{40} \right) = \frac{nS_1 \beta_0 T}{n0 L}$$

$$\text{Ответ: } I_0 = \frac{nS_1 \beta_0}{T_3 L}$$

$$q = \frac{nS_1 \beta_0 T}{n0 L}$$

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



1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!

$$1) \{ i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{n S_1 d\beta}{dt}$$

$$-\frac{n S_1 d\beta}{dt} = 13(L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$$

$$-n S_1 d\beta = 13L dI \quad \text{Проинтегрируем}$$

☞ Ур-ие

$$-n S_1 \Delta \beta = 13L \Delta I$$

$$\boxed{I_0 = \frac{n S_1 \beta_0}{13L}}$$

$$2) \quad -n S_1 (\beta - \beta_0) = 13LI$$

$$\frac{(\beta_0 - \beta) / n S_1}{13L} = I$$

$$dq = I dt \quad (\beta_0 - \beta) / dt \cdot \frac{n S_1}{13L} = I dt = dq$$

$$q = \int_0^T \frac{n S_1}{13L} (\beta_0 - \beta) dt = \frac{n S_1}{13L} (\beta_0 T - \int_0^T \beta dt)$$

под значком  $\beta(t)$   
может



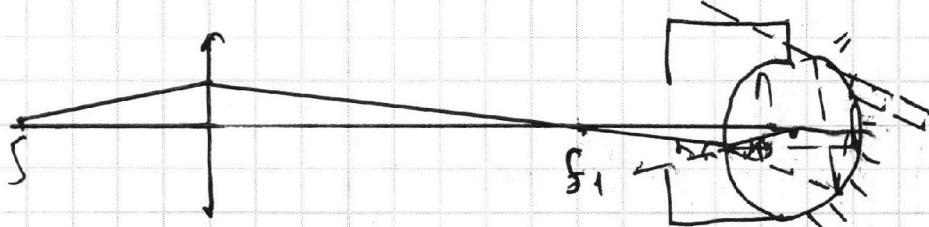
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                          |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 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 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. Предположим, что изображение источника в собирающей линзе расположено не в центре шара;

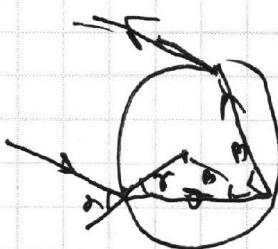


Закон преобразования  $\frac{1}{l'} = \frac{1}{l} - \frac{1}{f}$

По условию при  $l' = 0$  изображение в центре совпадает с самим источником

$\Rightarrow$  при внесении из шара свадаем с другим внесением в шар с помощью

до выпадения  
(из обратности  
хода лучей)



но такое возможно только при  $f \leq l$

$$f = 0 \Rightarrow$$

изображение от первого места расположено в центре шара

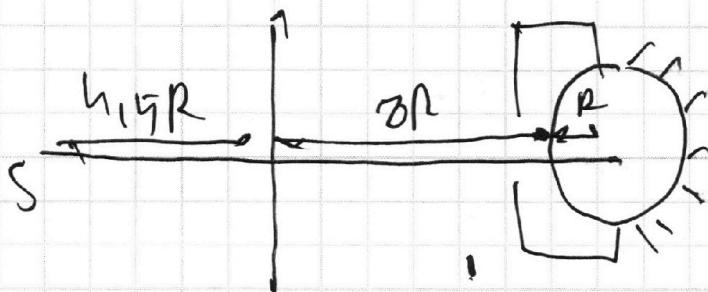


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

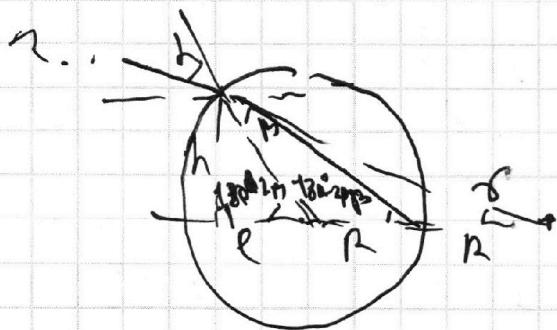
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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!



$$d = h_{15}R \quad S = 9R \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad F = 3R$$

$$F = \frac{fd}{d + R}$$



$$l = R \cdot \cot(2\beta) \approx R$$

$$\sin \alpha = n \sin \beta \Rightarrow \alpha \approx n \beta$$

Все прямые линии, кроме внешней  
окружности, должны проходить через  $S_2$ , т.к.  
в дальнейшем получим  $f = S_1$ .

$$\gamma = 2\pi - l \quad h = (l + R / \tan \gamma) = (1 + 2R) \tan \gamma$$

$$2R \beta \approx 3R \gamma \quad \gamma = \pi/2 - n \quad 2n = 3 \quad n = 3/2$$

$$n = \frac{4}{3}$$

Ответ:  $F = 3R$

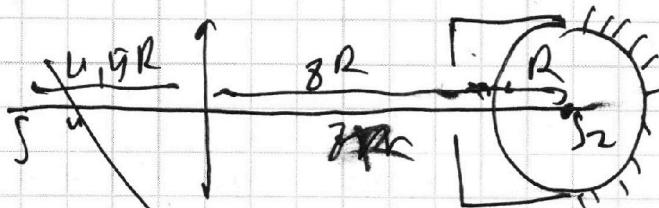
$$n = \frac{4}{3}$$

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 \_

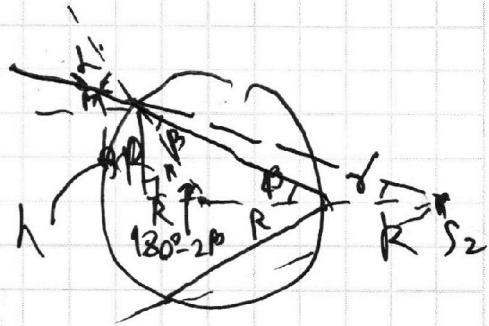
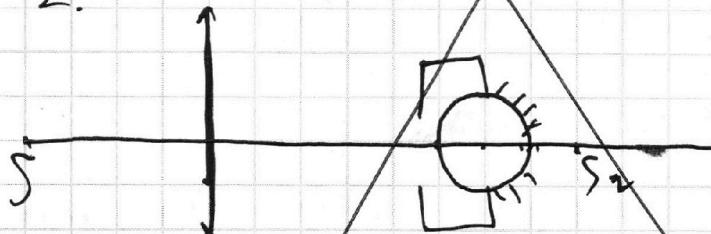
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$d = 4,5R \quad f = 9R \quad \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

~~$$F = \frac{4,5R \cdot 9R}{9R + 4,5R} \quad F = 3R$$~~

2.



↑ или ↓-коэффициент β-чего определяет

$2m\beta = 1/m\beta$   $\beta = n\beta$  выше - проявление

Мы же получим из этого видимо вспомогательное  
показание через  $S_2$ .

~~$$h = 2R \cdot \operatorname{tg} \beta - 3R \cdot \operatorname{tg} \gamma \quad \beta = n\beta$$~~

~~$$2R\beta \approx 3R\gamma \quad 2\beta \approx 3\gamma \quad \gamma = 2\beta - \frac{1}{n} = (2-n)\beta$$~~

$$2\beta = 3(2-n)\beta \quad n = 2 - \frac{2}{3} = \frac{4}{3} \quad \text{Следовательно: } F = 3R$$

$$\text{Следовательно: } 2h = \frac{4}{3}R$$



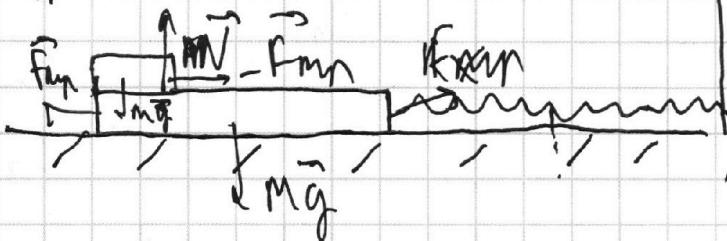
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

1)



$$\sqrt{\frac{q}{q-1}} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

$$\frac{M\sqrt{5}}{10} = 2v \quad \text{Oч. } \sqrt{5}$$

Изначальное ускорение доски  $\rightarrow$  не было  
бы относительное движение другого и земли  
и не начиналось бы). Тогда  $\frac{2 \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot \sqrt{5}}{2}$

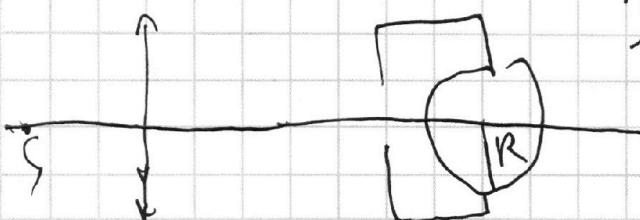
$$\sqrt{\frac{M}{100} \cdot 0,4 \cdot 10 \cdot \frac{\sqrt{5}}{2}}$$

У - не колебаний с нач. з. о.

$$x_2(0) = 0$$

$$V_2(0) = 0 \Rightarrow \text{на } x_2 - Mm \downarrow \text{ по закону Колеснико}$$

$$\frac{x = 2 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 10}{100} = \frac{8}{100} = 0,$$



$$y_2 = 0,4 \cdot 10 = 4 \cdot y_2 = 6$$



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

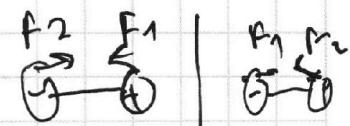
- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
ИЗ

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

## Задача 4

$$\frac{n \sum_1 dB}{dt} = 13L \frac{dI}{dt}$$

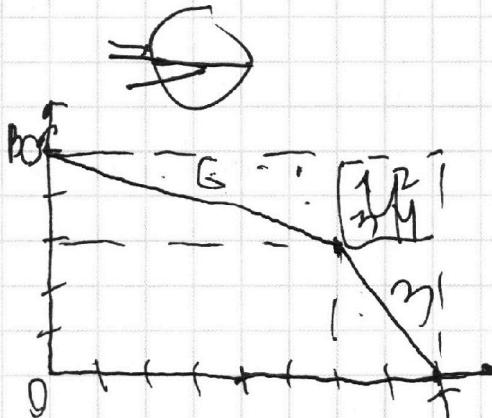


$$T(BH) = f_2 - f_1$$

$$180^\circ - 2\beta \quad f_1 = f_2$$

$$13n \sum_1 = 13L \frac{dI}{dt}$$

$$13I_0 = \frac{B_0 n \sum_1}{13L}$$



$$I = \frac{dq}{dt}$$

$$n \sum_1 dB = 13L dI$$

3x6

$$n \sum_1 (B_0 - B) = 13L T$$

$$n \sum_1 \int_0^T (B_0 - B) dt = 13L q$$

$$q = \frac{B_0 T}{\mu_0 h}$$

$$\frac{B_0}{h} \cdot \frac{T}{3} (3t_6 + 4) = \frac{13}{10} \mu_0 T = 13L q$$

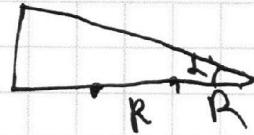


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|

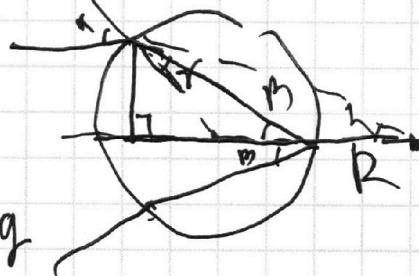
СТРАНИЦА  
из

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!



$$\tau_2 = \frac{\mu m g}{K} + \frac{\pi}{2} \mu q \frac{M}{K} \cdot \frac{2}{\pi} = 2 \mu M q$$

$$1) \tau_2 = 2 \frac{\mu M q}{K}$$

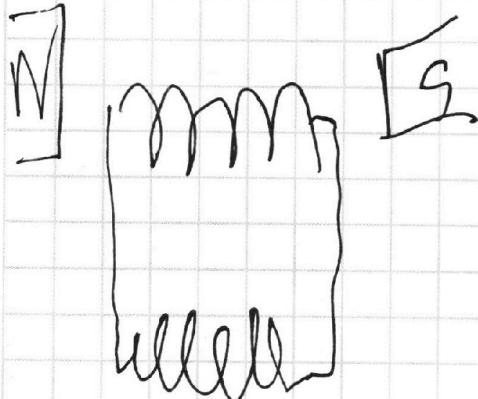


$$2) a_2 = \frac{\pi}{2} \mu g \approx \frac{3}{2} \mu g$$

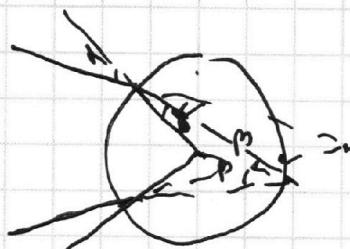
$$3) v_2 = -\sqrt{\frac{M}{K} \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \mu q \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}}}$$

$$\pi \approx 3$$

$$v_2 \approx \sqrt{\frac{M}{K} \cdot \frac{3}{2} \cdot \mu q \cdot \frac{3}{2}}$$

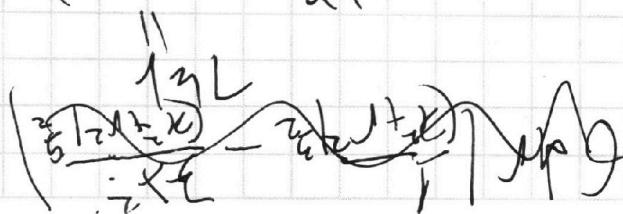
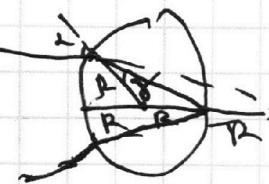


$$L_1 \frac{d\varphi}{dt} =$$



$$q_1 = \frac{d\varphi}{dt} = L \frac{d\Gamma}{dt}$$

$$q_1 = \frac{L \varphi_1 \cdot d\varphi}{dt} = (L_1 + L_2) \frac{d\Gamma}{dt}$$





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**.

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

$$V_{\text{бен}} = M g t$$

$$W = \frac{\kappa q b d r}{\sqrt{x^2 + r^2}} \cdot 2\pi r \cdot \frac{1}{((\frac{r^2}{x}) + 1)^{\frac{3}{2}}} \cdot 2 \frac{B}{x} \cdot \frac{1}{x^2} - 2R$$

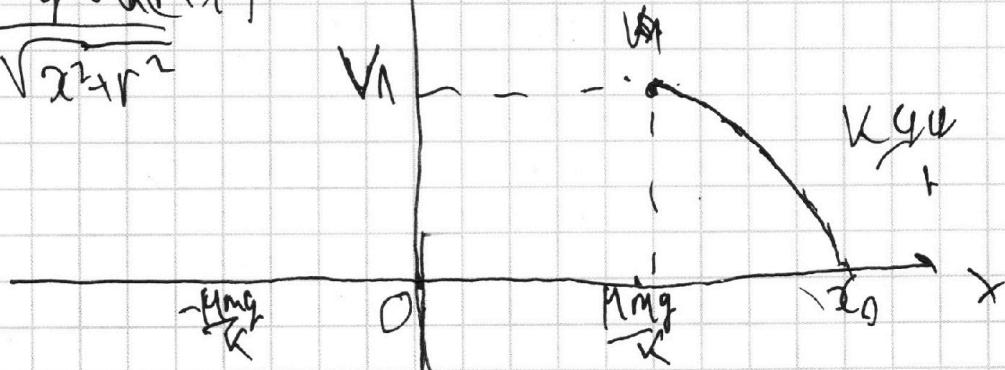
$$\left( \frac{x}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right)^2 = \frac{1}{(\frac{B}{x})^2 + 1} = W = \sqrt{\frac{\kappa}{M}}$$

$$x_{\text{ макс}} = x_0 \cdot \frac{d}{dx} \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

$$W = \int_{r_1}^R \kappa q b d \left( \frac{1}{x} \right)$$

$$\frac{d}{dx} \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}}$$

$$W = \int \kappa q b \cdot 2\pi r d \left( \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right)$$



$$W = 2\pi \kappa q b \sqrt{R^2 + x^2}$$

$$\frac{dW}{dx} = W = 2\pi \kappa q b (\sqrt{R^2 + x^2} - \sqrt{r^2 + x^2})$$

$$F_r = 2\pi \kappa q b \left( \frac{dx}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{dx}{\sqrt{r^2 + x^2}} \right)$$

$$\cancel{F_r = x_0 - \frac{M M g}{K}}$$

$$x - \frac{M M g}{K} = (x_0 - \frac{M M g}{K}) \cos \omega t$$

$$x_0 = (x_0 - \frac{M M g}{K}) \cos \omega t + \frac{M M g}{K}$$

$$a_r = \omega^2 (x_0 - \frac{M M g}{K}) \cos \omega t = M g$$



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!

$F = m \cdot g \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$

$$a_2 = \omega^2 R_2^2 / \left( R_1 - \frac{Mm\omega^2}{K} \right) \cdot \text{const}$$

$$a_1 = Mg$$

$$a_2 = \frac{K}{M} \left( \frac{\pi}{2} Mg \frac{M}{K} \right) \cdot \text{const}$$

$$a_2 = \frac{\pi}{2} Mg \cos \omega t$$

$$a_2 = \frac{\pi}{2} Mg \cos \sqrt{\frac{K}{M}} t$$

$$2) a_2 = \frac{\pi}{2} Mg$$

$$a_2 = \frac{\pi}{2} Mg \cos \sqrt{\frac{K}{M}} t$$

$$x_2 = \frac{\pi}{2} Mg \cdot \frac{M}{K} \cdot \cos \sqrt{\frac{K}{M}} t + \frac{Mm\omega^2}{K} + \frac{P}{R}$$

$$v_2 = -\sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \frac{\pi}{2} Mg \sin \sqrt{\frac{K}{M}} t$$

At  $t = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \frac{\pi}{2} Mg \cos(\sqrt{\frac{K}{M}} \cdot \frac{\pi}{2}) = Mg \quad \sqrt{\frac{K}{M}} t = \arccos \frac{2}{\pi}$



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

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
ИЗ

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

Handwritten notes and diagrams for a physics problem involving a rotating cylinder and a cone.

**Top Left:** A diagram of a cylinder rotating around its central axis. A coordinate system is shown at the center of rotation. A small circle with a dot indicates the direction of rotation. Below the cylinder, there are two equations:

$$\frac{2\pi r + q_0}{2(\pi r^2 + \pi r^2)} \quad \text{and} \quad \frac{\pi r^2}{3010}$$

**Top Right:** A complex mathematical expression involving derivatives and integrals, likely related to the energy or force calculation for the rotating cylinder.

**Middle Left:** A diagram of a cylinder with a rectangular cutout. A coordinate system is shown at the center of the cutout. A small circle with a dot indicates the direction of rotation. Below the cylinder, there are two equations:

$$\frac{\pi r^2}{16r} \quad \text{and} \quad \frac{\pi r^2}{4\sqrt{r^2}}$$

**Middle Center:** A diagram of a cylinder with two forces,  $F_1$  and  $F_2$ , acting on it. A coordinate system is shown at the center of the cylinder. A small circle with a dot indicates the direction of rotation. Below the cylinder, there are two equations:

$$W_1 \quad \frac{dF}{dx} = \frac{6x \, dx}{(\pi r^2)^{3/2}} \quad \text{and} \quad -W_1$$

**Middle Right:** A diagram of a cylinder with a rectangular cutout. A coordinate system is shown at the center of the cutout. A small circle with a dot indicates the direction of rotation. Below the cylinder, there are two equations:

$$E = \int dE \quad \text{and} \quad \frac{d(E)}{dx} = S$$

**Bottom Left:** A diagram of a cone rotating around its central axis. A coordinate system is shown at the center of rotation. A small circle with a dot indicates the direction of rotation. Below the cone, there are two equations:

$$E = \int dl \cdot \sqrt{x^2 + r^2} \cdot \cos \alpha \quad \text{and} \quad dE = \frac{f \, dl}{x^2 + r^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + r^2}}$$

**Bottom Right:** A diagram of a cone with a rectangular cutout. A coordinate system is shown at the center of the cutout. A small circle with a dot indicates the direction of rotation. Below the cone, there are two equations:

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{x^2 + r^2}} \quad \text{and} \quad \frac{1}{8} r^{-1} \ln x$$

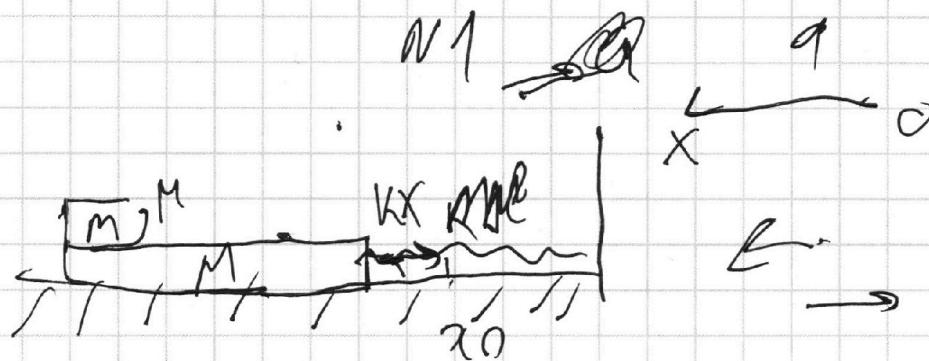


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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



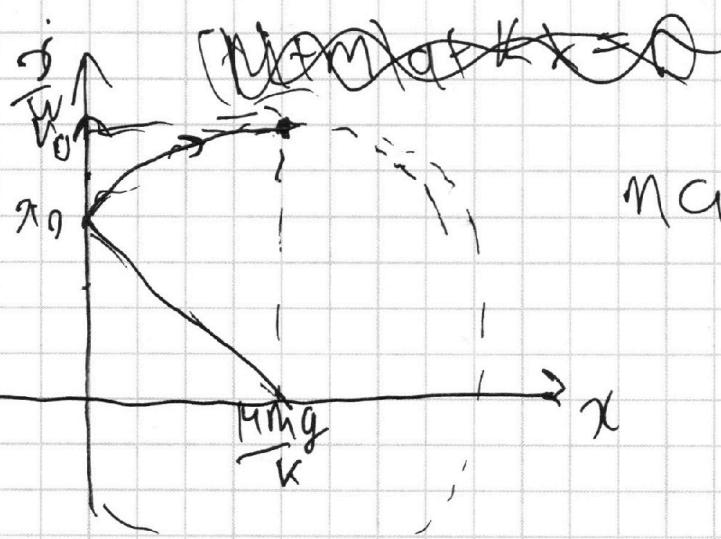
Будем:  
 $Ma_1 = Kx$

~~$Ma_1 + Kx - \mu Mq = 0$~~

~~$m a_2 = -M a_1$~~

$$Ma_1 + Kx - \mu Mq = 0$$

$$a_1 = \frac{M}{K}$$



$$Ma_1 + Kx = Mq$$

~~$ma_2 + Kx - Mg = 0$~~

$$M a_1 + \left( x - \frac{Mg}{K} \right) = 0$$

$$V_{D1} = V_{D2} = 0$$

$$V_{f\text{min}} = M a_1 x$$

$$W_1 = \sqrt{\frac{M}{K}}$$



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!

$$x_0^2 = V_1^2$$

$$W = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$(x_0 - \frac{m_m g}{K})^2 + \frac{V^2}{W_0^2} = \cancel{W_0^2} (x_0 - \frac{m_m g}{K})^2$$

$$x_0$$

~~$\frac{W_0 M}{V}$~~

$$\mu = m g$$

$$\frac{V^2}{W_0^2} = (x_0 - \frac{m_m g}{K})^2$$

$$V^2 = \cancel{(x_0 - \frac{m_m g}{K})^2} \cdot \frac{K}{M}$$

$$V = \cancel{(x_0 - \frac{m_m g}{K})} \cdot \sqrt{\frac{K}{M}} = M g t$$

$$t = \frac{\pi}{2} \frac{W}{V} = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}$$

$$x_0 = \boxed{m g \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M}{K}} \cdot \sqrt{\frac{M}{K}} + \frac{m g}{K}}$$

$$x_0 = \frac{\pi}{2} M g \frac{M}{K} + \frac{m g}{K}$$

$$x_0 = \frac{m g}{K} (\frac{\pi}{2} M + m)$$



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!

118 2)  $P_1 = 3,5 \text{ кПа}$   $P_2 = 70 \text{ кПа}$   $\frac{P_2}{P_1} = 20$   $\frac{P_n}{P_1} = 8 \frac{7}{75}$

найти  $V_0$  ?

0 23  $P_n = \frac{M_n}{M_1} R T_n$   $M_n = 8 M_1$   $T_n = 280 \text{ К}$

$\frac{1}{\sqrt{r^2 f + 1}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 f + 1}}$   $r = 1,6$   $f = 0,25$

$V_0 = \frac{M_1}{M_n} V_0 = \frac{1}{8} V_0$

$\frac{1}{\sqrt{r^2 f + 1}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 f + 1}} = \frac{1}{\sqrt{1,6^2 \cdot 0,25 + 1}} - \frac{1}{\sqrt{1,6^2 \cdot 0,25 + 1}} = 0$

$P_1 = \frac{m}{M} V R T_1$

$P_2 = \frac{3M}{M} V R T_2$

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{3T_2}{T_1}$

$P_1 = 3,5 \text{ кПа}$   $T_1 = 300 \text{ К}$   $(r^2 f + 1)^{\frac{1}{2}} = r^{\frac{4}{3}} (R^2 f + 1)^{\frac{1}{2}}$

$\frac{P_2}{P_1} = \frac{3T_2}{300} = \frac{26}{300} = 8$

$V_0 = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{r^2 f + 1}{2} - \frac{r^2 f + 1}{6}}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{1,6^2 \cdot 0,25 + 1}{2} - \frac{1,6^2 \cdot 0,25 + 1}{6}}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{1}{2} - \frac{1}{6}}} = \frac{V_0}{\sqrt{\frac{1}{3}}} = \frac{V_0}{\sqrt{3}} = \frac{V_0}{\sqrt{3}} = 24$

$\frac{P_2}{T_2} = \frac{3P_1}{T_1} = \frac{26}{300} \cdot 3 = 26$

$PV = VR T$

$P_n \uparrow P_2 = \frac{26}{300} (f_2 + 2f_1)$



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

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

$$W = 2\pi k g \cdot 6 \left( \sqrt{R^2 + x^2} - \sqrt{r^2 + x^2} \right) \quad | \quad V = VD$$

$$F = \frac{dW}{dx} = L\pi k g \cdot 6 \times \left[ \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} - \frac{1}{\sqrt{r^2 + x^2}} \right] \quad E = ?$$

~~$$\frac{dF}{dx} = 2\pi k g \cdot 6 \left[ \frac{1}{R^2 + x^2} - \frac{1}{r^2 + x^2} \right] \cdot x \cdot 2x \left( \frac{1}{(R^2 + x^2)^{3/2}} - \frac{1}{(r^2 + x^2)^{3/2}} \right)$$~~

~~$$\frac{dF}{dx} = 2\pi k g \cdot 6 \left[ \frac{1}{R^2 + x^2} - \frac{1}{r^2 + x^2} \right] \left( \frac{1}{x^2} \left( R^{4/3} \cdot r^2 - r^{4/3} \cdot R^2 \right) \right) = R^{4/3} - R^{-4/3}$$~~

$$\frac{dW}{dx} = 2\pi k g \cdot 6 \left( \frac{1}{(R/x)^2 + 1} - \frac{1}{(r/x)^2 + 1} \right) \quad x^2 = \frac{r^{4/3} R^2}{R^{4/3} - r^{4/3}}$$

~~$$\frac{dW}{dx} = 2\pi k g \cdot 6 \left( \frac{1}{(R/x)^2 + 1} \right) \quad \left( \left( \frac{R}{x} \right)^2 \right)' = \frac{R^2 - 2R^2}{x^3}$$~~

~~$$\frac{dF}{dx} = 2\pi k g \cdot 6 \left\{ \frac{0 \cdot R^2}{x^3} \frac{1}{\left( \frac{R^2}{x^2} + 1 \right)^{3/2}} - \frac{R^2 \cdot R^2}{x^3} \frac{1}{\left( \left( \frac{R}{x} \right)^2 + 1 \right)^{3/2}} \right\}$$~~

~~$$2 = \frac{dW}{dx}$$~~

$$\frac{dW}{dx} = \frac{2\pi k g \cdot 6}{x^3} \left( \frac{R^2}{\left( \left( \frac{R}{x} \right)^2 + 1 \right)^{3/2}} - \frac{r^2}{\left( \left( \frac{r}{x} \right)^2 + 1 \right)^{3/2}} \right)$$

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

$$R^{4/3} \left( \left( \frac{R}{x} \right)^2 + 1 \right) = r^{4/3} \left( \left( \frac{r}{x} \right)^2 + 1 \right)$$