



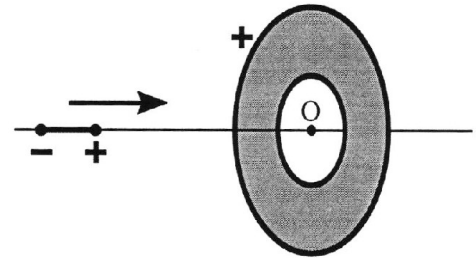
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

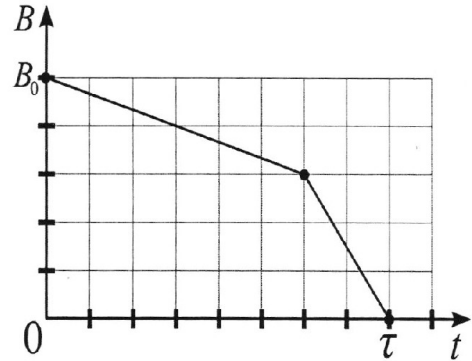
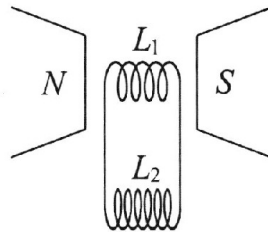


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



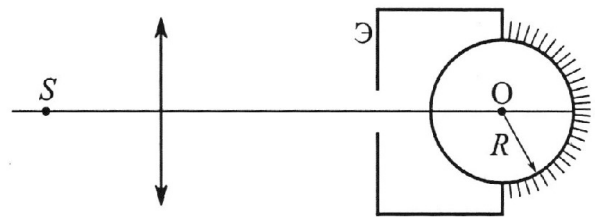
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



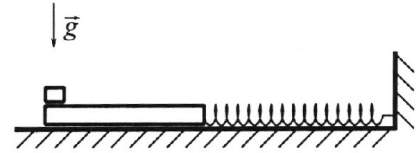
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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 брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

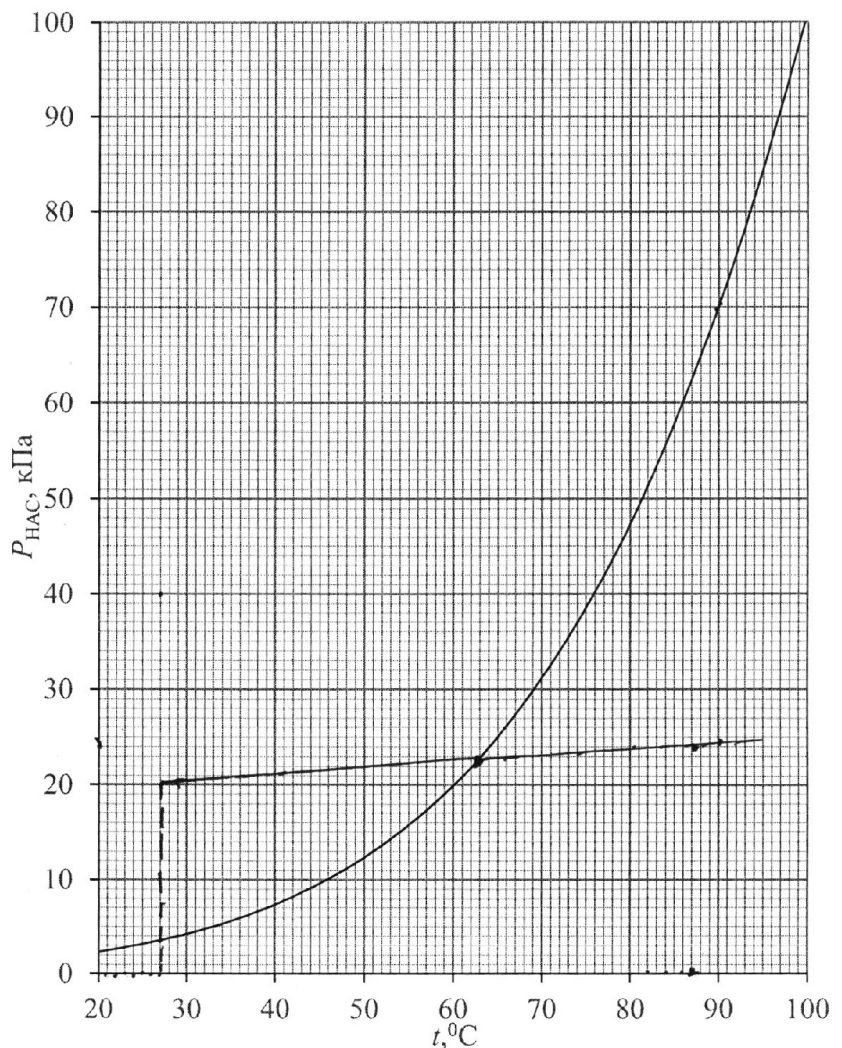


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность φ в конце нагревания.

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



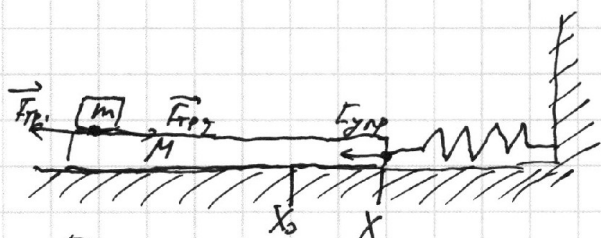


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 9

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!



$$F_{\text{ср}} = k \Delta x$$

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$F_{\text{тр}}$ — сила трения действующая на брусок

$F_{\text{ср}}$ — сила трения действующая на доску

Решим ~~с помощью закона Ньютона~~ ~~для~~ ~~доски~~ ~~и бруска~~ ~~действующих на них~~ ~~сил~~

$$M = \mu k \Delta x - \mu mg$$

Δx — деформация пружины

$$1) a_g = 0 \Rightarrow k \Delta x - \mu mg = 0$$

$$\Delta x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0.4 \cdot 1 \cdot 10}{100} = 0.04 \text{ м} = 4 \text{ см}$$

Δx — деформация когда с пружины, когда ее скорость доска равна 0

$$2) \Delta x = x_0 - x$$

x_0 — длина нерастянутой пружины

x — расстояние между стеной и правой толкающей доской.

$$\ddot{x} M = k(x_0 - x) - \mu mg$$

$$\ddot{x} M + kx = kx_0 - \mu mg$$

ω — циклическая частота колебаний доски.

$$\ddot{x} M + \frac{k}{M} x = \frac{kx_0 - \mu mg}{M}$$

В момент когда ~~ускорение~~ ~~доски~~ равно 0 тогда доска прошла $1/4$ периода.

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

$$x = x_{\text{max}} \sin \omega t$$

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

$$v_{\text{тр}} = \mu mg t$$



при $t_0 = 27^\circ\text{C}$ $p_{\text{нас}} = 20 \text{ кПа}$, т.к. в начале воздух и вода находятся в равновесии, то $p_0 = p_{\text{нас}}$

$$m_0 = 7 \text{ т}$$

m - масса воды в воздухе в начале

m_0 - масса воды в начале

m - всего воды

$$m_0 = 8 \text{ т}$$

p_k - конечное давление

$$\frac{p_0 V}{T} = \frac{m}{M} R$$

$$p_0 = \frac{m R T}{M V}$$

$$t = 90^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + 90 = 363 \text{ К}$$

$$t_0 = 27^\circ\text{C} \Rightarrow T = 273 + 27 = 300 \text{ К}$$

Допустим что все воды испарилась; тогда.

$$\frac{p_k V}{T_k} = \frac{m_0 R}{M}$$

$$p_k = \frac{8 m R T_k}{M V} = \frac{8 T_k}{T} p_0 = \frac{8 \cdot 363}{300} \cdot 20 \text{ кПа} = 24,2 \text{ кПа}$$

$p_{\text{нас}}' = 70 \text{ кПа}$ - давление насыщенного пара при 90°C

$p_k < p_{\text{нас}}' \Rightarrow$ все воды действительно испарилось. 1) $n = \frac{m_k}{m} = \frac{m_0}{m} = 8$

$$3) \phi = \frac{p_k}{p_{\text{нас}}'} = \frac{24,2}{70} \approx 0,35$$

2) для нахождения t^* построим график

$p = \frac{8 T_k}{T} p_0$ он будет проходить через $\frac{t}{27/30}$ и $\frac{p}{20/24,2}$
в пересечении графиков прекратится испарение воды



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
5 из 9

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!

$$t^* \approx 63^\circ\text{C}$$

Ответ: 1). $\frac{m_k}{m} = 8$

2). $t^* \approx 63^\circ\text{C}$

3). $\varphi \approx 0,35$.



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

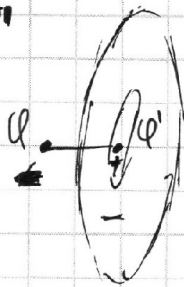
8 ИЗ 9

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 Минимальная скорость брошенного будет когда положительный заряд за пол пройдёт через центр диска

φ, φ' и далее φ'' - потенциалы в указанных на рисунках точках. Потенциалы создаваемые диском с двух сторон на равном расстоянии равны в силу симметрии



$$-q\varphi + q\varphi' = \frac{mv_0^2}{2}$$

Заряды уменьшились в 3 раза

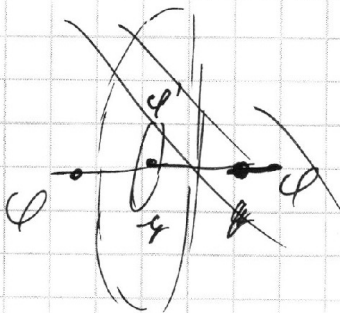
$$-\frac{q}{3}\varphi + \frac{q}{3}\varphi' + E_k = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{mv_0^2}{6} = \frac{mv_0^2}{3}$$

$$E_k = \frac{mv_{\min}^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_{\min}^2}{2} = \frac{mv_0^2}{3}$$

$$v_{\min} = \sqrt{\frac{2}{3}} v_0$$

② Максимальная скорость будет когда отрицательный заряд находится в центре диска



$$\frac{q}{3}\varphi - \frac{q}{3}\varphi' + E_k' = \frac{mv_0^2}{2}$$

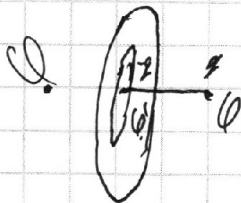
$$-\frac{mv_0^2}{6} + E_k' = \frac{mv_0^2}{2}$$

$$E_k' = \frac{2mv_0^2}{3}$$

$$E_k' = \frac{mv_{\max}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\frac{mv_{\max}^2}{2} = \frac{2}{3}mv_0^2$$

$$v_{\max} = \frac{2}{\sqrt{3}} v_0$$





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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

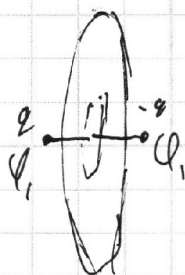
СТРАНИЦА

9 из 9

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!

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\frac{2}{\sqrt{3}} v_0}{\frac{1}{\sqrt{3}} v_0} = \sqrt{2} \approx 1,4$$

Рассмотрим прохождение ^{целого} гипотеза ^я центра



$$\begin{aligned} \phi_1 + \phi_2 - \phi_1 - \phi_2 + E_{k3} &= \frac{mv^2}{2} \\ E_{k3} &= \frac{mv^2}{2} \quad | E_{k3} = \frac{mv^2}{2} | \\ \frac{mv^2}{2} &= \frac{mv_0^2}{2} \\ v &= v_0 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $v = v_0$

2) $\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{2} \approx 1,4$

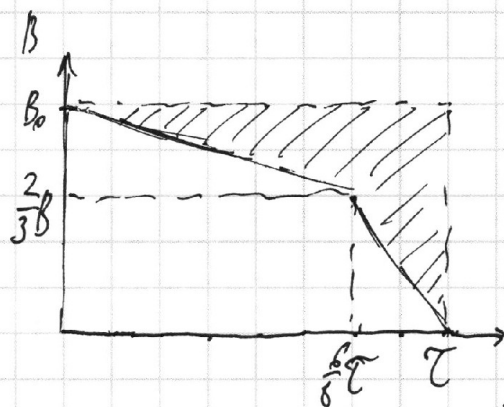


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 9

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!

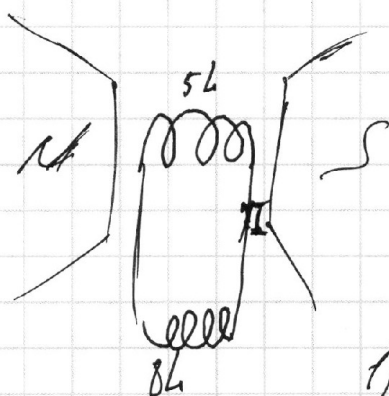


$$\Delta \Phi = \Delta B n S,$$

ΔB — изменение индукции
 $\Delta \Phi$ — изменение потока индукции.

П. л. катушки не имеют сопро-
тивления по $\Phi = \text{const} (I) \Rightarrow$
 $L_1 I_1 + L_2 I_2 =$

$$\Rightarrow \Delta \Phi' = (5L + 8L) I = 13L I \text{ и } \Delta \Phi' - \text{поток создаваемый катуш-} \\ \text{ками}$$



$$\text{из (1)} \Rightarrow \Delta \Phi' = \Delta \Phi$$

$$13L I = \Delta B n S$$

$$I = \frac{13L \Delta B n S}{13L}$$

$$1) \Delta B = B_0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S}{13L}$$

$$2) I = \frac{\Delta B n S}{13L}$$

$$I d\Phi = \frac{\Delta B d t n S}{13L}$$

$$d\Phi = \Delta B d t \frac{n S}{13L} \Rightarrow \int d\Phi = \Phi = \int \Delta B \frac{n S}{13L} d t$$

$\Delta B d t$ — площадь под графиком (заштрихованная часть)

$$\int_0^{\tau} \Delta B d t = \left(\frac{2 \cdot 6}{2} + 2 \cdot 2 + \frac{2 \cdot 3}{2} \right) B_0 \tau = 13 B_0 \tau$$

$$\Phi = 13 B_0 \tau \frac{n S}{13L} = \frac{B_0 \tau n S}{L}$$

$$\text{Ответ: 1) } I_0 = \frac{B_0 n S}{13L}$$

$$\Phi = \frac{B_0 \tau n S}{L}$$

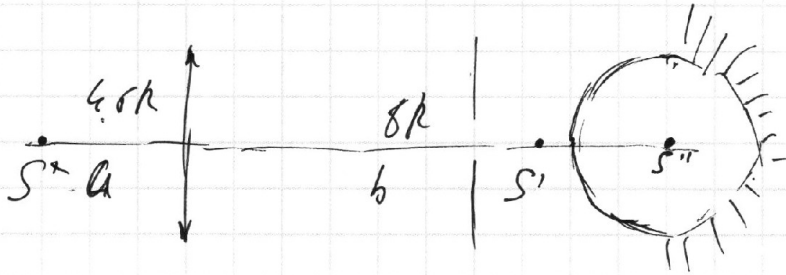


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

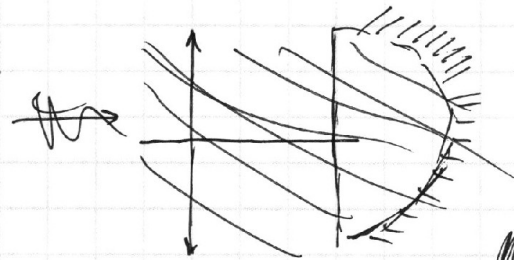
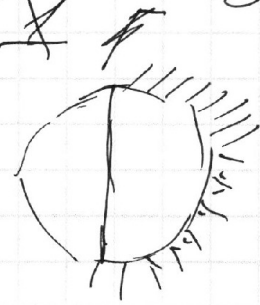
СТРАНИЦА
6 из 9

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!



П.к. все лучи
падающие на
шар можно считать как
лучи и преломляющиеся
в плоскости.

Чтобы изображение получилось в том же месте
наш объект лучи прошли через центр шара.



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$



$$\frac{1}{F} = (n-1) \frac{1}{R} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{d} + \frac{n}{R} = \frac{n-1}{R}$$
$$f = \frac{R}{n} \quad \Rightarrow \quad \frac{1}{d} = -\frac{1}{R}$$

$$d = -R$$

$$d_2 = b - d = 8R - (-R) = 9R$$

$$\frac{1}{4.5R} + \frac{1}{9R} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{2}{9R} = \frac{2}{9R} + \frac{1}{9R} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = 3R$$

отрицательное d
значит что предмет
мнимый



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.

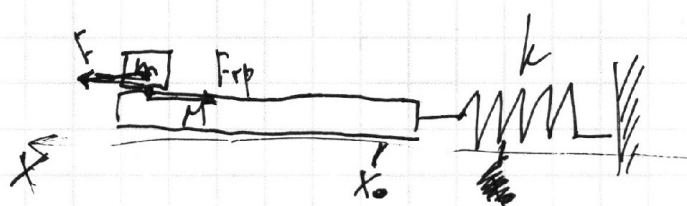
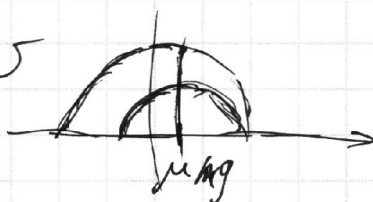
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

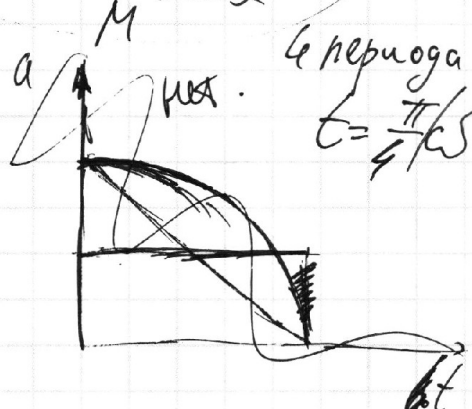
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$v_0 \sin \frac{\pi}{4} = \frac{\pi \mu mg}{4 \omega} \Rightarrow a = \sqrt{6} \omega$$

$$a = \frac{\pi \mu mg}{4 \sin \frac{\pi}{4}} \quad F_{\text{тр}} = \mu mg \quad a_0 = \mu g$$



$$a_n = \frac{k \Delta x - \mu mg}{m}$$



ускорение груза достигает 0

$$\frac{k \Delta x - \mu mg}{m} = 0$$

$$k \Delta x = \mu mg$$

$$\Delta x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0.4 \cdot 10 \cdot 10}{100} = 0.04 \text{ м} = 4 \text{ см}$$

$$\mu mg = 4 \frac{\text{Н}}{\text{с}}$$

$$1.3$$

$$1.4$$

$$1.5$$

$$\ddot{x} = \pm \frac{(x_0 - x)k - \mu mg}{m}$$

$$m \ddot{x} = (x_0 k - x k - \mu mg)$$

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m} x$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{100}{4}} = 5 \text{ с}^{-1}$$

$$a = \sqrt{6} \omega$$

$$v_0 \sin \frac{\pi}{4} = \mu mg \frac{\pi}{4 \omega}$$

$$\sqrt{3\frac{1}{4}} = \frac{5}{2}$$



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!

Handwritten mathematical work on grid paper, featuring several diagrams and calculations.

Top Left: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{363}{121} = \frac{300}{100}$.

Top Center: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Top Right: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Middle Left: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Middle Center: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Middle Right: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Bottom Left: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Bottom Center: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.

Bottom Right: A circle with a horizontal diameter and a vertical radius. Below it, a calculation: $\frac{273}{90} = \frac{363}{121}$.



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!

$$\frac{3}{5} \cdot 1,4 = \text{крестик}$$

$$\frac{2,4}{1,5} = 1,6$$

$$\frac{3}{5} \cdot 1,4 = \frac{0}{28-3} = 0,14$$

$$\begin{aligned} 7+80 &= 87 \\ \frac{1}{2} &= 0,5 \\ \frac{1}{2} &= 0,5 \\ \frac{1}{2} &= 0,5 \end{aligned}$$

$$3,5 \cdot 1,4 = 4,9$$

влажность воздуха 27 с 3000

расчетный пар. макс = 7 км.

$$t_{\text{н}} = 90^\circ \text{C}$$

$$\frac{PV}{T} = \frac{m}{M} R$$

$$\frac{m}{M} = \frac{PV}{TR}$$

м газет x 7

$$\frac{p_k V}{T} = \frac{8m}{M} R$$

$$p_k = \frac{8m T R}{M V}$$

$$p_0 = \frac{m T_0 R}{M V} = 3,5 \text{ атм}$$

$$p_k = p_0 \cdot \frac{300}{300} \approx 3,5 \cdot 7 \cdot \frac{30}{30} \approx 70 \text{ атм}$$

$$p_{\text{расч}} = 70 \text{ атм}$$

$$3,5 \cdot 8 \cdot \frac{30}{30} \approx 70$$

$$8 \cdot \frac{30}{30} = 20$$

120 л газ испарится

$$\frac{3,5}{20} = 0,175$$

$$1,2 \cdot 20 = 24$$

$$\frac{360}{24} = 15$$

$$\frac{2,5}{100} = 0,025$$

$$\frac{10 \cdot 600}{20 \cdot 1,2} = 25$$

$$\frac{15}{25} = 0,6$$



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!

