



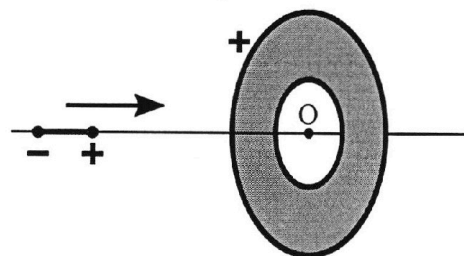
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



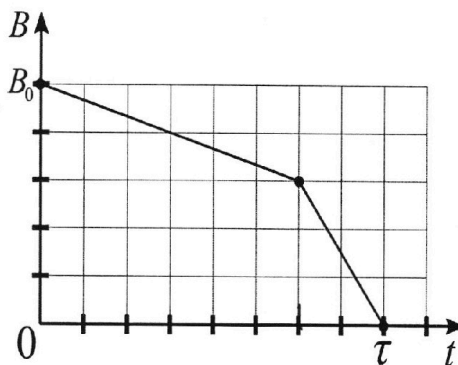
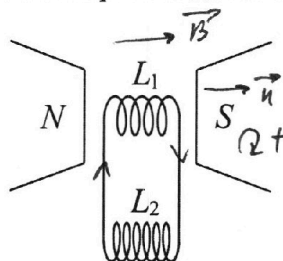
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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

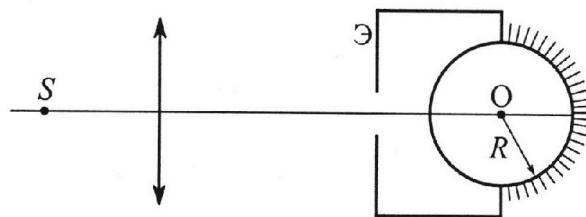
4. Катушка индуктивностью  $L_1 = 5L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 8L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление 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  $S$ , 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  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



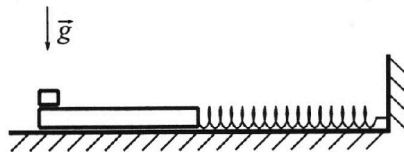
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

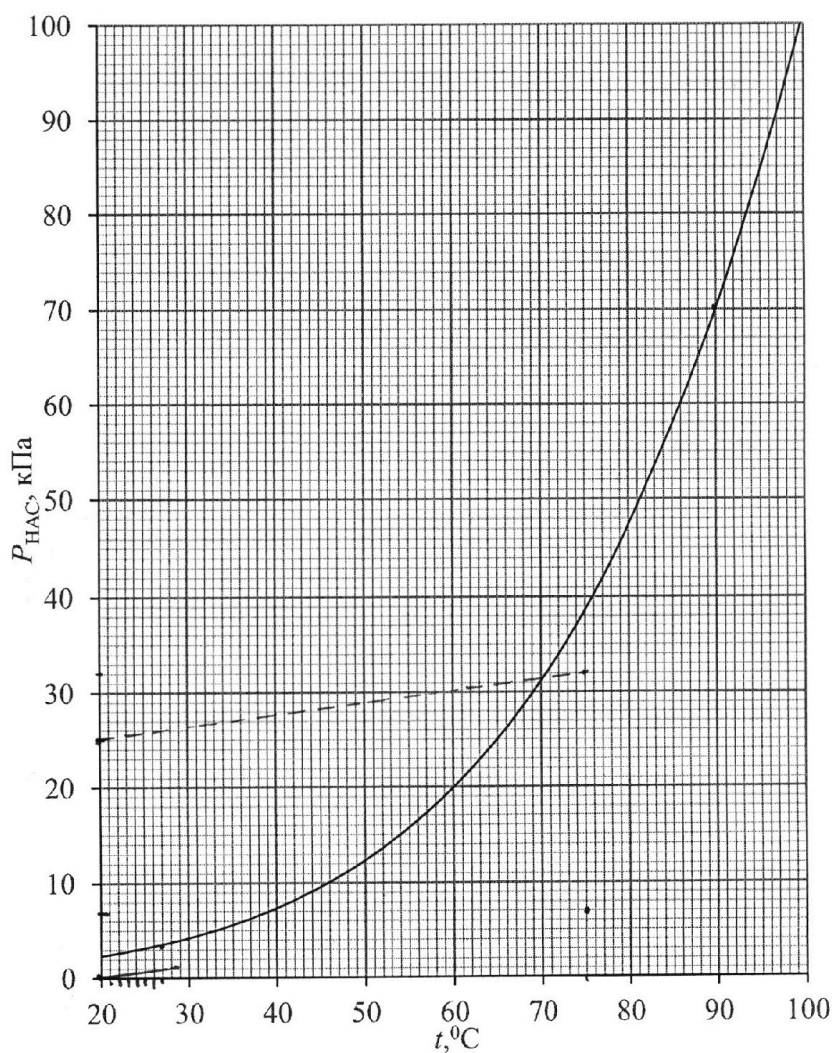


1. Длинную доску массой  $M = 4$  кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой  $m = 1$  кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью  $k = 100$  Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,4$ . 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/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  $t_0 = 27$  °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  $\phi$  в конце нагревания.

Объёмом жидкости по сравнению с объёмом г 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.



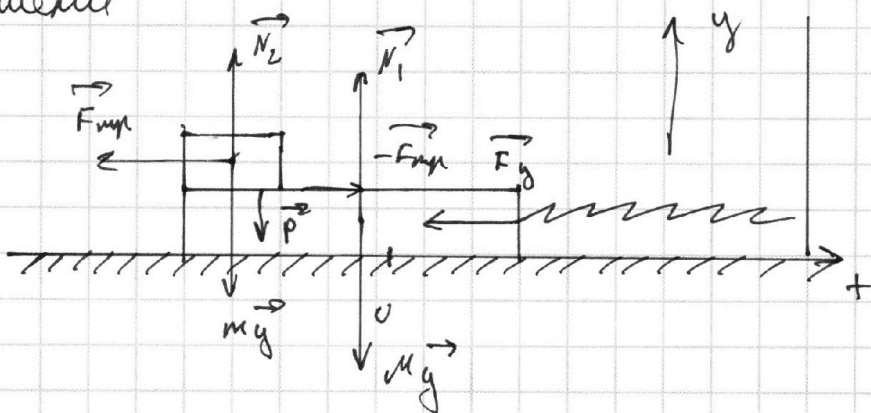
СТРАНИЦА  
( ИЗ 3

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!

Дано:  
 $M = 4 \text{ кг}$   
 $m = 1 \text{ кг}$   
 $k = 100 \text{ Н/м}$   
 $\mu = 0,4$

- 1)  $\Delta x$  - ?
- 2)  $a_0$  - ?
- 3)  $v$  - ?

Решение



2 з. М:  $Oy: N_2 = mg$

$Ox: a_{1x} M = -kx_1 - \mu mg \quad (1)$

$a_{1x} m = -\mu mg \rightarrow a_{1x} = -\mu g \quad (2)$

(1):  $a_{1x} + \frac{k}{M} (x_1 + \frac{\mu mg}{k}) = 0$

пусть  $y = x_1 + \frac{\mu mg}{k}$ , тогда

$\ddot{y} + \frac{k}{M} y = 0$  - уравнение гармонического колебания.

$y = y_m \cdot \cos(\omega t + \phi_0)$  - общее решение

начальные условия  $y(0) = \Delta x_0 + \frac{\mu mg}{k}$

$\dot{y}(0) = 0$

Можно написать, что  $x_1 = (\Delta x_0 + \frac{\mu mg}{k}) \cos \omega t - \frac{\mu mg}{k}$

② Ускорение в первый раз становится равным нулю через  $t = \frac{T}{4}$ .

Относительное движение груза относительно доски кинематика  $\Rightarrow v_{2x} = v_{1x}$

$v_{2x} = -\mu g t$

$v_{1x} = -(\Delta x_0 + \frac{\mu mg}{k}) \omega \cdot \sin \omega t$



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 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!

$$-mg \cdot \frac{l}{4} = - \left( \lambda + 0 + \frac{m m g}{k} \right) \omega$$

$$\lambda + 0 = \frac{\pi \cdot m g M}{2k} - \frac{m m g}{k}$$

$$x_1 = \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \cdot \cos \omega t - \frac{m m g}{k}$$

$$v_{1x} = - \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \omega \cdot \sin \omega t$$

$$a_{1x} = - \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \omega^2 \cdot \cos \omega t, \quad \omega^2 = \frac{k}{m}$$

$$a_{1x}(0) = - \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \cdot \frac{k}{m} = - \frac{\pi \cdot m g}{2}$$

$$a_0 = |a_{1x}(0)| = \frac{\pi \cdot m g}{2} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 10}{2} = 6 \frac{м}{с^2}$$

① отминусованное ускорение равно нулю  $\Rightarrow$  в этот момент времени

$$a_{1x} = a_{1x}$$

$$-mg = - \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \cdot \frac{k}{m} \cdot \cos \omega \tau$$

$$\cos \omega \tau = \frac{2}{\pi}$$

$$\lambda = x_1(\tau) = \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \cdot \frac{2}{\pi} - \frac{m m g}{k} = \frac{m g}{k} (m - m) =$$

$$= 0,4 \cdot 10 \cdot 3 = 0,12 м = 12 см$$

③  $\sin \omega \tau = \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$

$$v_{1x} = - \frac{\pi \cdot m g M}{2k} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}} \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} = - \frac{\pi \cdot m g}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}}$$





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**.



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!

$$v_{ix} = - \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 10}{2} \cdot \frac{2}{10} \cdot \frac{\sqrt{51}}{3} = - \frac{2}{5} \sqrt{51} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = |v_{ix}| = \frac{2}{5} \sqrt{51} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

Ответ:  $\Delta x = 12 \text{ м}$

$$a_0 = 6 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$v = \frac{2}{5} \sqrt{51} \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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 Пусть  $m_0$  — макс. масса пара

$4m_0$  — макс. масса жидкой воды.

$8m_0$  — масса пара в конце.

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{жк}}}{m_{\text{жл}}} = \frac{8m_0}{m_0} = 8.$$

②  $p_{\text{ж1}}$  — давление насыщенного пара при  $t = 27^\circ\text{C}$

$p_{\text{ж2}}$  — давление насыщенного пара при  $t = t^*$

Уравнение Клаузиуса — Менделеева

нагрев происходит постепенно  $\Rightarrow$  до достигаются  $t^*$  — макс. —  
насыщенный

$$p_{\text{ж1}} \cdot V = \frac{m_0}{M} R T_1, \quad p_{\text{ж2}} \cdot V = \frac{8m_0}{M} R T_2$$

$$T_1 = 27 + 273 = 300\text{ K}, \quad T_2 = 273 + t^*$$

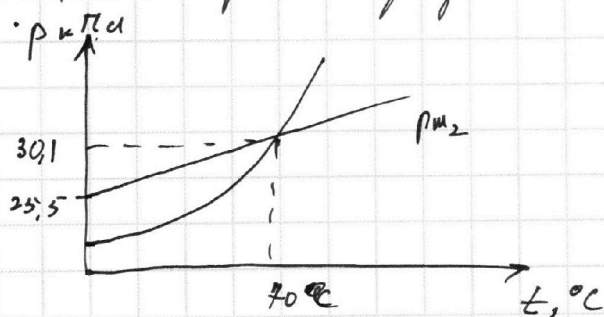
$$\frac{p_{\text{ж1}}}{p_{\text{ж2}}} = \frac{1}{8} \cdot \frac{T_1}{T_2} \rightarrow \text{из графика видно, что } p_{\text{ж1}} = 3,5 \text{ кПа}$$

$$\frac{p_{\text{ж2}}}{T_2} = \frac{7}{45} \rightarrow p_{\text{ж2}} = \frac{7}{45} (t^* + 273)$$

$$p_{\text{ж2}} \approx \frac{7}{45} t^* + 25,5$$

$t^*$  можно найти как точку пересечения

прямой  $p_{\text{ж2}}$  и графика из учебного



$$t^* = 70^\circ\text{C}, \quad T_2 = 343\text{ K}$$

$$p_{\text{ж2}} = 30,1 \text{ кПа.}$$



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!

③  $T_3 = 30^\circ + 273 = 303 \text{ K}$

$p_{H_2} = 40 \text{ кПа}$

$p_4$  — давление пара после нагрева от  $40^\circ \text{C}$  до  $30^\circ \text{C}$   
Уравнение Клапейрона — Менделеева:

$$p_{H_2} \cdot V = \frac{m_{H_2}}{M} R T_2 \rightarrow \frac{p_{H_2}}{p_4} = \frac{T_2}{T_3} \rightarrow p_4 = \frac{T_3}{T_2} p_{H_2}$$

$$p_4 \cdot V = \frac{m_{H_2}}{M} R T_3$$

$$\varphi = \frac{p_4}{p_{H_2}} = \frac{1}{p_{H_2}} \cdot p_{H_2} \cdot \frac{T_3}{T_2} = \frac{p_{H_2}}{p_{H_2}} \cdot \frac{T_3}{T_2} = \frac{30,1}{40} \cdot \frac{303}{343} =$$

$$= \frac{10926,3}{24010} \approx 0,41 = 41\%$$

Ответ: 1) 8

2)  $40^\circ \text{C}$

3) 41%



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.

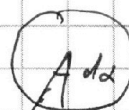
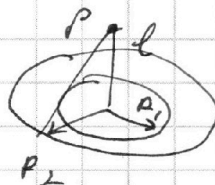
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Пусть заряды диполя имеют значение  $q$ ,  
длина диполя  $l$ .

$\varphi_l$  — потенциал на расстоянии  $l$  от  
кабуча.



$$d\varphi_l = \frac{k dq}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$dq = \sigma r dr d\alpha$$

$\sigma$  — поверхностная плотность  
зарядов.

$$d\varphi_l = \frac{k \sigma r dr d\alpha}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$\varphi_l = k \sigma \int_{R_1}^{R_2} \frac{r dr}{\sqrt{r^2 + l^2}} \cdot \int_0^{2\pi} d\alpha = 2\pi k \sigma (\sqrt{R_2^2 + l^2} - \sqrt{R_1^2 + l^2})$$

$\varphi_0 = 2\pi k \sigma (R_2 - R_1)$  — потенциал в центре.

$$\text{Зи м э: } q(\varphi_0 - \varphi_l) - q(\varphi_0 - \varphi_1) = \Delta E_k$$

$$\Delta E_k = q(\varphi_1 - \varphi_0) = q \cdot 2\pi k \sigma (\sqrt{R_2^2 + l^2} - R_2 - (\sqrt{R_1^2 + l^2} - R_1)) \approx q \cdot 2\pi k \sigma \left( \frac{l^2}{2R_2} - \frac{l^2}{2R_1} \right), \text{ т.к. } l \ll R_1, l \ll R_2$$

$$\Delta E_k = -q k \sigma \pi l^2 \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \text{const}$$

$$k \sigma \pi l^2 \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) = \Delta \varphi = \text{const}$$

$$\Delta E_k = -q \cdot \Delta \varphi.$$

① По условию:  $-q \Delta \varphi = -\frac{m V_0^2}{2}$

Заряды уменьшились в 3 раза:  $-\frac{q}{3} \Delta \varphi = \frac{m V^2}{2} - \frac{m V_0^2}{2}$



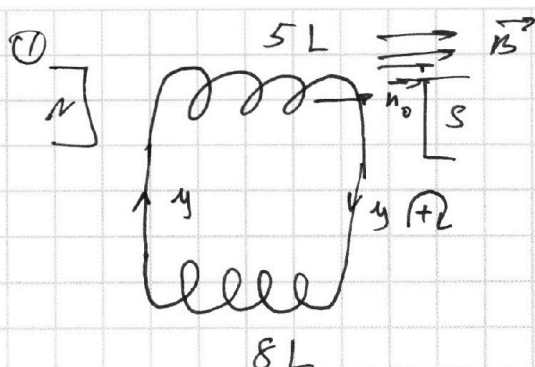


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
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!



$\vec{n}_0$  - вектор нормали.

$$\Phi = \vec{n} \cdot \vec{B} \cdot \vec{n}_0 \cdot S,$$

$$\Phi = B S, \text{ и}$$

$$\mathcal{E}_i = - \frac{d\Phi}{dt} = - S, n \frac{dB}{dt}$$

II правило Кирхгофа:

$$- S, n \cdot dB = 13L \frac{dy}{dt}$$

$$- S, n \int_{B_0}^0 dB = 13L \int_0^{y_0} dy$$

$$S, n B_0 = 13L y_0$$

$$y_0 = \frac{S, n B_0}{13L}$$

- ② График  $B(t)$  представляет собой ломаную, образованную прямыми с разными угловыми коэффициентами.

Восстановим весь график:

$$1. 0 \leq t \leq t_0: B = \frac{-2B_0}{5t_0} t + B_0$$

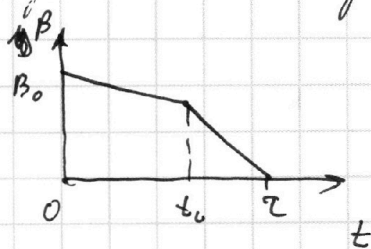
$$dB = \frac{-2B_0}{5t_0} dt$$

$$13L dy = S, n \cdot \frac{2B_0}{5t_0} dt$$

$$y = \frac{2B_0 S, n}{65L t_0} \int_0^t dt = \frac{2B_0 S, n}{65L t_0} \cdot t = \frac{dq_1}{dt}$$

$$q_1 = \frac{2B_0 S, n}{65L t_0} \int_0^{t_0} t dt = \frac{2B_0 S, n}{65L t_0} \cdot \frac{t_0^2}{2} = \frac{B_0 S, n t_0}{65L}$$

$$y(t_0) = \frac{2B_0 S, n}{65L}$$





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!

$$2. \quad t_0 \leq t \leq \tau. \quad B = - \frac{3B_0}{5(\tau - t_0)} (t - t_0) + \frac{3B_0}{5}$$

$$dB = - \frac{3B_0}{5(\tau - t_0)} dt$$

$$13L dy = S_1 n \cdot \frac{3B_0}{5(\tau - t_0)} dt$$

$$y = \frac{3B_0 S_1 n}{65L(\tau - t_0)} (t - t_0)$$

$$\int_{y(t_0)}^y dy = \frac{3B_0 S_1 n}{65L(\tau - t_0)} \int_{t_0}^t dt$$

$$y = \frac{2B_0 S_1 n}{65L} + \frac{3B_0 S_1 n}{65L(\tau - t_0)} (t - t_0)$$

$$q_2 = \int_{t_0}^{\tau} \left( \frac{2B_0 S_1 n}{65L} + \frac{3B_0 S_1 n}{65L(\tau - t_0)} (t - t_0) \right) dt =$$

$$= \left( \frac{2B_0 S_1 n}{65L} t + \frac{3B_0 S_1 n}{65L(\tau - t_0)} \frac{1}{2} (t - t_0)^2 \right) \Big|_{t_0}^{\tau} =$$

$$= \frac{2B_0 S_1 n \tau}{65L} + \frac{3B_0 S_1 n (\tau - t_0)}{2 \cdot 65L} - \frac{2B_0 S_1 n t_0}{65L} =$$

$$= \frac{B_0 S_1 n}{2 \cdot 65L} (4\tau + 3\tau - 3t_0 - 4t_0) =$$

$$= \frac{7B_0 S_1 n}{2 \cdot 65L} (\tau - t_0), \quad t_0 = \frac{7}{8}\tau, \quad t_0 = \frac{6}{8}\tau = \frac{3}{4}\tau$$

$$q_L = \frac{7B_0 S_1 n}{2 \cdot 65L} \cdot \frac{1}{4} \tau, \quad q_1 = \frac{2B_0 S_1 n}{2 \cdot 65L} \cdot \frac{3}{4} \tau$$

$$q = q_1 + q_2 = \frac{B_0 S_1 n \tau}{2 \cdot 65 \cdot 4L} (7 + 6) = \frac{B_0 S_1 n \tau}{40L} \text{ — общий заряд}$$



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!

~~$13L \text{ д.у.} \quad 13L \ y = -s_1 \sin(B - B_0)$~~

~~$13L \ y = -s_1 \sin\left(-\frac{2B_0}{5L_0} t + B_0 - B_0\right)$~~

~~$y = \frac{2B_0 s_1 \sin t}{65L_0}$~~

Ответ:

1)  $y_0 = \frac{s_1 \sin B_0}{13L}$

2)  $y_L = \frac{s_1 \sin B_0 \pi}{40L}$



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!

$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = \frac{1}{3} \cdot \left( - \frac{m v_0^2}{2} \right)$$
$$\frac{m v^2}{2} = \frac{2}{3} \cdot \frac{m v_0^2}{2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2}{3}} v_0$$





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  
 \_\_ 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!

$$a_0 m = -k \cdot \left( \frac{\pi \cdot \mu m g}{2k} - \frac{\mu m g}{k} \right) - \mu m g$$

$$a_0 m = -\mu g \left( \frac{\pi m}{2} + m \right) -$$

$$1,71 / \frac{2}{8}$$

$$a_0 m = -\frac{\pi \mu m g}{2} + \mu m g - \mu m g$$

$$a_0 m = -\frac{\pi \mu m g}{2}$$

$$2) |a_0| = \frac{\pi \mu g}{2} = \frac{3 \cdot 0,4 \cdot 10}{2} =$$

$$a_0 = -\frac{\pi \mu g}{2}$$

$$= \frac{3 \cdot 4}{2} = 3 \cdot 2 = 6 \frac{m}{s^2}$$

$$1) a_{2x} = a_{1x} + a_{x \text{ от } m} = 0$$

$$\frac{\sqrt{2}}{2}$$

$$1,41$$

$$a_{2x} = a_{1x}$$

$$1,71 / 2 = \mu g = - \left( \frac{\pi \cdot \mu g m}{2k} - \frac{\mu m g}{k} + \frac{\mu m g}{k} \right) \omega^2 \cos \omega t$$

$$\mu g = \frac{\pi \cdot \mu g m}{2k} \omega^2 \cos \omega t$$

$$\frac{1}{2k} = \frac{\pi m}{2k} \cdot \frac{k}{m} \cos \omega t$$

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

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

$$\frac{2\pi}{T} t = \arccos \frac{2}{\pi}$$

$$\arccos \frac{2}{3}$$

$$\sqrt{\frac{k}{m}} t = \arccos \frac{2}{\pi}$$

$$t = \sqrt{\frac{m}{k}} \cdot \arccos \frac{2}{\pi}$$

$$0,666$$

$$\frac{1}{2 \cdot 18 \cdot 5 \cdot 4} = \frac{1}{40}$$



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!

$$x_1 + \frac{\mu m g}{k} = \left( \frac{\pi \mu g M}{2k} - \frac{\mu m g}{k} + \frac{\mu m g}{k} \right) \cdot \cos \omega t$$

$$x_1 = \frac{\pi \mu g M}{2k} \cdot \cos \omega t - \frac{\mu m g}{k}$$

$$\Delta x' = \frac{\pi \mu g M}{2k} \cdot \frac{2}{\pi} - \frac{\mu m g}{k} = \frac{\mu g}{k} (M - m)$$

$$= \frac{49 \cdot 10}{100} \cdot 3 = \frac{4}{100} \cdot 3 = 0,12 \text{ м.}$$

③

$$\sin \omega t = \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}}$$

$$\frac{109263}{240100}$$

$$109263$$

$$v_x = -\frac{\pi \mu g M}{2k} \omega \cdot \sin \omega t$$

$$v_{1x} = \frac{-\pi \mu g M}{2k} \cdot \sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} =$$

$$= \frac{-\pi \mu g}{2} \sqrt{\frac{M}{k}} \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{\pi^2}} = \frac{-3 \cdot 94 \cdot 10}{2} \cdot \sqrt{\frac{4}{100}} \cdot \sqrt{1 - \frac{4}{9}}$$

$$= -\frac{3 \cdot 4}{2} \cdot \frac{2}{10} \cdot \frac{\sqrt{5}}{3} = -\frac{2}{5} \sqrt{5} \frac{\text{м}}{\text{с.}}$$

$$\begin{array}{r} 243 \\ + 70 \\ \hline 313 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 243 \\ + 90 \\ \hline 333 \end{array}$$

$$343$$

$$\begin{array}{r} 32 \\ 343 \\ \hline \end{array}$$

$$+ 70$$

$$24010$$

$$\begin{array}{r} 21 \\ + 3 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 363 \\ + 30,1 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 363 \\ + 30,1 \\ \hline \end{array}$$

$$363$$

$$+ 000$$

$$1089$$

$$10926,3$$



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.

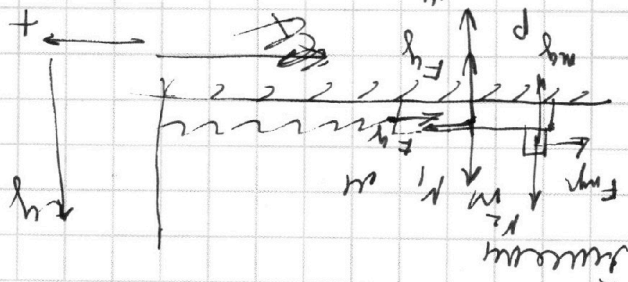
СТРАНИЦА \_\_\_\_\_ ИЗ \_\_\_\_\_

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

1)  $a_1 = 0$   
 2)  $a_2 = 0$   
 3)  $a_3 = 0$

$m = 1 \text{ кг}$   
 $k = 100 \text{ Н/м}$   
 $\mu = 0,4$



а)  $N_1 - P - m g = 0$   
 $N_1 - N_2 - m g = 0$   
 $N_2 - m g = 0$   
 $N_2 = m g$

Система уравнений имеет решение  $\rightarrow F_{\text{тр}} = m g$

3. М:  $a_1 \cdot m = F_{\text{тр}} - F_{\text{тяг}}$

~~$a_2 \cdot m = F_{\text{тяг}}$~~

$a_1 = -k \cdot l - m g$

$F_{\text{тяг}} = m a_1$

$a_2 \cdot m = -m g - m a_1$

$a_2 \cdot m = -m g + F_{\text{тяг}}$

$a_2 \cdot m = -m g$

$a_2 \cdot m = -k l + m g$

$a_1 + \frac{m}{k} + \frac{m}{m g} = 0$

$a_1 + \frac{m}{k} \left( 1 + \frac{m}{m g} \right) = 0$

$g = 1 + \frac{m}{m g}$

$g = k$

$a_1 = 0$

$y = y_m \cdot \cos \omega t$   
 $\frac{m}{m g} = y_m$

$0 = 0 \rightarrow \varphi_0 = 0$

$y = -y_m \cdot \sin(\omega t + \varphi_0)$

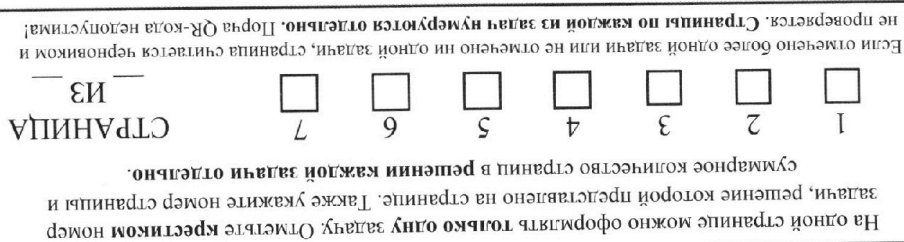
$y(0) = 0$

$y(0) = \frac{m}{m g}$

$y = y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi_0)$

$y + \frac{m}{k} = 0$

$a_2 \cdot m = -m g - a_1$



На одной странице можно оформить 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.

суммарное количество стран в решении каждой задачи отдельно.

СТРАНИЦА 13

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

~~$$\tan \theta = \frac{h}{h_{\min}} = \frac{h}{h_{\min}} + 1 \times$$~~



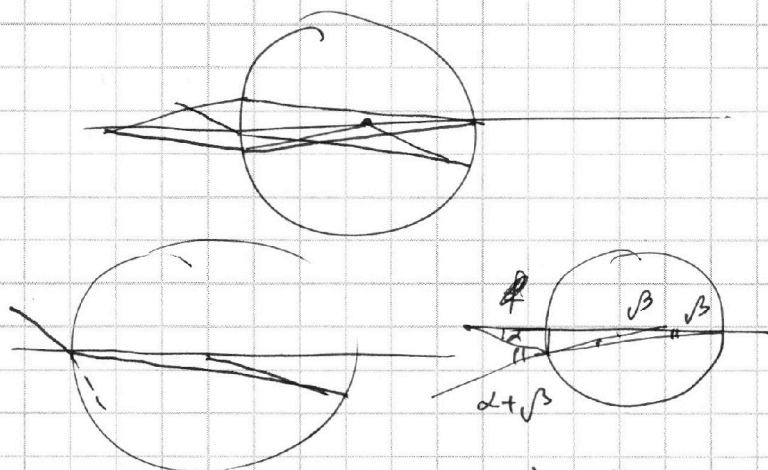


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$\sin(\alpha + \beta) = n \cdot \sin \beta$$

$$\alpha + \beta = n \beta$$

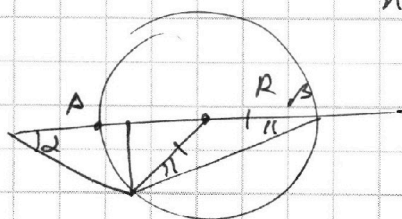
$$\beta = \frac{\alpha}{n-1}$$

$$\cancel{SH} \alpha \cdot A = \beta \cdot 2R$$

$$\alpha \cdot A = 2R \cdot \frac{\alpha}{n-1}$$

$$A = \frac{2R}{n-1}$$

$$\alpha \cdot A$$





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!

$$\varphi_1 + \varphi_0 = -k\sigma\pi \left( \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right) \ell^2$$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = -k\sigma\pi \ell^2 \Delta R = \text{const} =$$

$$\varphi \quad \frac{q}{3} \Delta \varphi = -\frac{m v_0^2}{2}$$

$$\frac{q}{3} \Delta \varphi = \frac{m v^2}{2} -$$

$$\frac{q}{3} \Delta \varphi = \frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2}$$

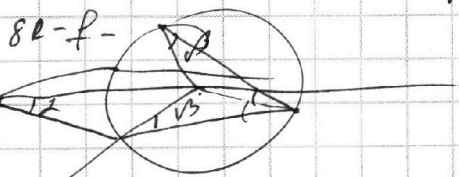
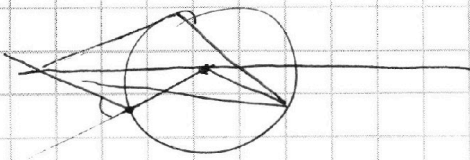
$$\frac{m v^2}{2} - \frac{m v_0^2}{2} = -\frac{1}{3} \cdot \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v^2 - v_0^2 = -\frac{1}{3} v_0^2$$

$$v^2 = \frac{2}{3} v_0^2$$

$$v = \sqrt{\frac{2}{3}} v_0$$

$$\varphi \ell \approx \frac{2\pi k\sigma \cdot (R_2^2 - R_1^2)}{\sqrt{R_2^2 + \ell^2} + \sqrt{R_1^2 + \ell^2}}$$



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

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

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{d}$$

$$d_2 = f$$



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  
☐

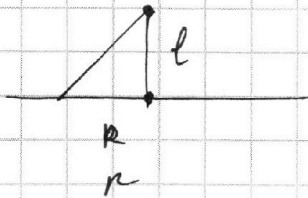
5  
☐

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!



$$\varphi = \frac{k q_k}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$d\varphi = \frac{k dq}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

$$dq = \sigma \cdot r \cdot d\alpha \cdot dr$$

$$d\varphi = \frac{k\sigma \cdot r \cdot d\alpha \cdot dr}{\sqrt{r^2 + l^2}}$$

~~$$d\varphi = k\sigma \int_0^{2\pi} d\alpha \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{\sqrt{r^2 + l^2}} =$$~~

~~$$\varphi = k\sigma \int_0^{2\pi} d\alpha \int_{R_1}^{R_2} \frac{r dr}{\sqrt{r^2 + l^2}} =$$~~

~~$$= k\sigma \cdot 2\pi \int_{R_1^2}^{R_2^2} \frac{1}{2} \frac{d(r^2)}{\sqrt{r^2 + l^2}} = k\sigma \pi \cdot 2 \sqrt{r^2 + l^2} \Big|_{R_1^2}^{R_2^2}$$~~

$$\varphi = 2k\sigma\pi \left( \sqrt{R_2^2 + l^2} - \sqrt{R_1^2 + l^2} \right)$$

$$d\varphi = \frac{k\sigma}{r}$$

$$\varphi_0 = 2k\sigma\pi (R_2 - R_1)$$

$$\varphi_1 = 2k\sigma\pi \left( \sqrt{R_2^2 + l^2} - \sqrt{R_1^2 + l^2} \right)$$

$$\varphi_1 - \varphi_0 = 2k\sigma\pi \left( \sqrt{R_2^2 + l^2} - \sqrt{R_1^2 + l^2} - R_2 + R_1 \right) =$$

$$= 2k\sigma\pi \left( \frac{l^2}{\sqrt{R_2^2 + l^2} + R_2} - \frac{l^2}{\sqrt{R_1^2 + l^2} + R_1} \right) =$$

$$= 2k\sigma\pi \left( \frac{l^2}{2R_2} - \frac{l^2}{2R_1} \right) = k\sigma\pi l^2 \left( \frac{1}{R_2} - \frac{1}{R_1} \right)$$

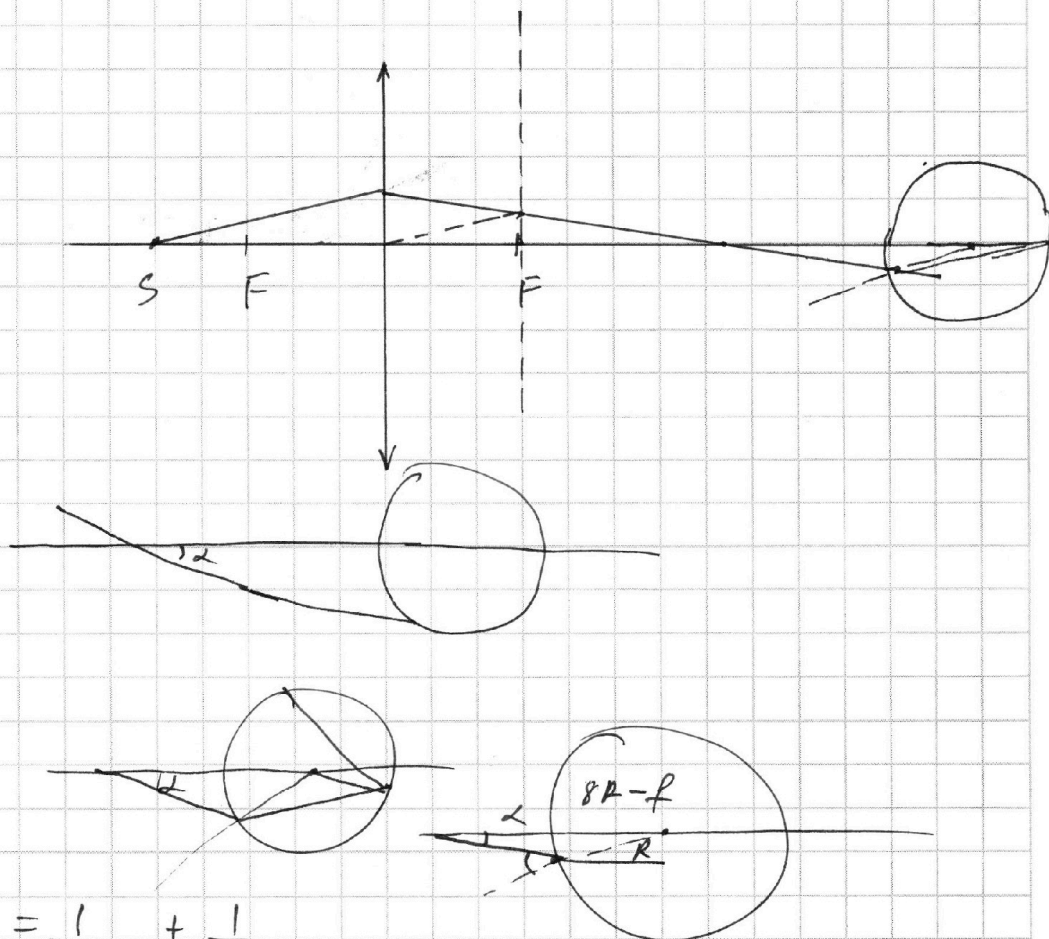


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!



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

$$E = kA \cdot 2$$

$$E = kA \cdot 2\pi (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)$$

$$\varphi_0 > \varphi_1$$

$$q$$

$$\begin{aligned} &\varphi_1 q + \varphi_0 q \\ &= -\varphi_1 q \end{aligned}$$

$$\varphi_0 q - \varphi_1 q$$

$$-q(0 - \varphi_0) - q(0 + \varphi_1 q) = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$2q\varphi_0 + q\varphi_1 \quad q(0 - \varphi_0) - q(0 - \varphi_1) =$$

$$q\varphi_1 - q\varphi_0 = \frac{m v_0^2}{2}$$

$$q(\varphi_1 - \varphi_0)$$







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  
 \_ 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)  $m_0$  — мач. масса пара

$7m_0$  — мач. масса жидкой воды.

$8m_0$  — масса пара в паро.

$$\frac{8m_0}{m_0} = 8$$

$$\begin{array}{r} 5 \quad 2 \\ 243 \\ \times 7 \\ \hline 1911 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1011 \overline{) 75} \\ \underline{150} \phantom{00} \\ 411 \phantom{00} \\ \underline{375} \phantom{00} \\ 360 \phantom{00} \\ \underline{300} \phantom{00} \\ 600 \end{array}$$

2)  $p_{M1} \cdot V = \frac{m_{M1}}{\mu} R T_1$

$$p_{M1} \cdot V = \frac{m_0}{\mu} R T_1$$

$$p_{M2} \cdot V = \frac{8m_0}{\mu} R \cdot T_2$$

$$\begin{array}{r} 300 + 243 \\ \times 7 \\ \hline 300 \end{array}$$

$$\frac{p_{M1}}{p_{M2}} = \frac{1}{8} \cdot \frac{T_1}{T_2}$$

$$p_{M1} \cdot V = \frac{8m_0}{\mu} R T_2$$

$$p_{M3} \cdot V = \frac{8m_0}{\mu} R T_3$$

$$8 = \frac{T_1}{T_2}$$

$$8 \frac{p_{M1}}{T_1} = \frac{p_{M2}}{T_2}$$

$$p_M = \frac{7}{45} + \frac{7}{45} \cdot 243$$

$$p_{M1} = 3,5 \text{ кПа}$$

$$T_1 = 300 \text{ K}$$

$$\frac{8 \cdot 3,5}{300} = \frac{4 \cdot 3,5}{3 \cdot 25} = \frac{3,5 \cdot 4}{150} = \frac{3,5 \cdot 2}{75} = \frac{7}{75}$$

$$\frac{p_{M2}}{T_2} = \frac{7}{75}$$

$$p_{M2} = \frac{7}{75} T_2$$

$$\frac{7}{75} \frac{\text{кПа}}{\text{K}}$$

$$1 \text{ K} = 50^\circ = 323$$

$$60^\circ = 333$$

$$70^\circ = 343$$

$$80^\circ = 353$$

$$(70^\circ)$$

$$\frac{p_{M2}}{T_2}$$

$$t + 243$$

$$p_M = \frac{7}{45} (t + 243)$$



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.

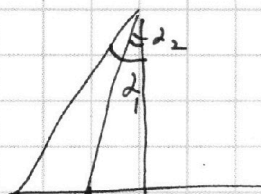
1 2 3 4 5 6 7

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!

$$S = \Delta S = 2\pi R^2 (1 - \cos \alpha)$$

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$$



$$-s_1 n \cdot (0 - B_0) = 13L \cdot \dot{y}$$

$$\Omega = 2\pi (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)$$

$$E = kq \cdot 2\pi (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1)$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + R_2^2}}$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + R_2^2}}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + R_1^2}}$$

$$E = kq \cdot 2\pi \left( \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + R_2^2}} - \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + R_1^2}} \right)$$

$$E_1 = kq \cdot 2\pi \cdot \rho \left( \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + R_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{\rho^2 + R_1^2}} \right)$$

$$E_2 = kq \cdot 2\pi (\rho + d\rho) \left( \frac{1}{\sqrt{(\rho + d\rho)^2 + R_2^2}} - \frac{1}{\sqrt{(\rho + d\rho)^2 + R_1^2}} \right)$$

$$\mathcal{E}_i = L_1 \ddot{y} + L_2 \ddot{y}$$

$$\Phi = \vec{B} \cdot \vec{S} \cdot n$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Phi = B S_1 n$$

$$-\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \cdot S_1 n$$

$$-\frac{dB}{dt} \cdot S_1 n = 5L \cdot \ddot{y} + 8L \ddot{y}$$

$$-\frac{dB}{dt} \cdot S_1 n = 13L \ddot{y}$$



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

$$B^1 = \frac{3}{5} B_0$$

$$K = \frac{\frac{3}{5} B_0 - B_0}{t_0} = - \frac{2 B_0}{5 t_0}$$

$$B = - \frac{2 B_0}{5 t_0} \cdot t + B_0$$

$$\psi = \frac{2 B_0 S_1 \mu}{65 L} + \frac{3 B_0 S_1 \mu}{65 L (\tau - t_0)} t$$

$$q_L = \int_0^\tau \left( \frac{2 B_0 S_1 \mu}{65 L} + \frac{3 B_0 S_1 \mu}{65 L (\tau - t_0)} t \right) dt$$

$$q_L = \left( \frac{2 B_0 S_1 \mu}{65 L} t + \frac{3 B_0 S_1 \mu}{2 \cdot 65 L (\tau - t_0)} t^2 \right) \Big|_0^\tau =$$

$$= \frac{2 \cdot 2 B_0 S_1 \mu}{2 \cdot 65 L} \tau + \frac{3 B_0 S_1 \mu \tau^2}{2 \cdot 65 L (\tau - t_0)} =$$

$$= \frac{B_0 S_1 \mu \cdot \tau}{2 \cdot 65 L} \left( 4 + \frac{3 \tau}{\tau - t_0} \right) =$$

$$= \frac{B_0 S_1 \mu \tau}{2 \cdot 65 L} \left( \frac{7 \tau - 4 t_0}{\tau - t_0} \right)$$