



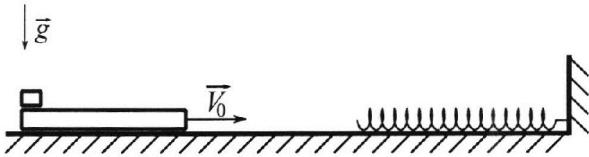
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

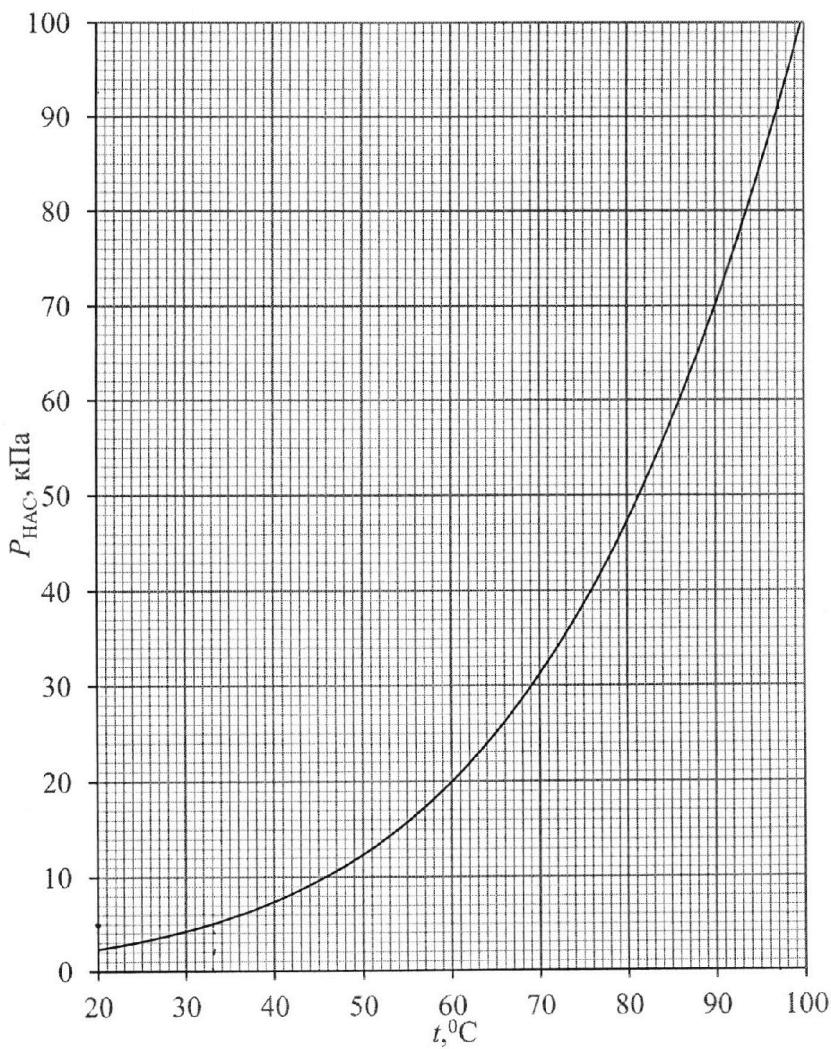


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\phi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

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





Олимпиада «Физтех» по физике,

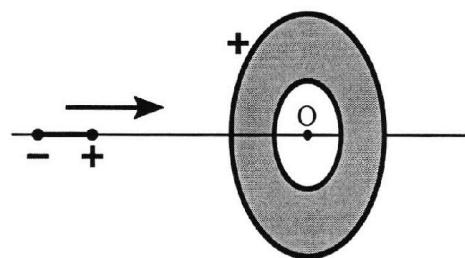
февраль 2025



Вариант 11-03

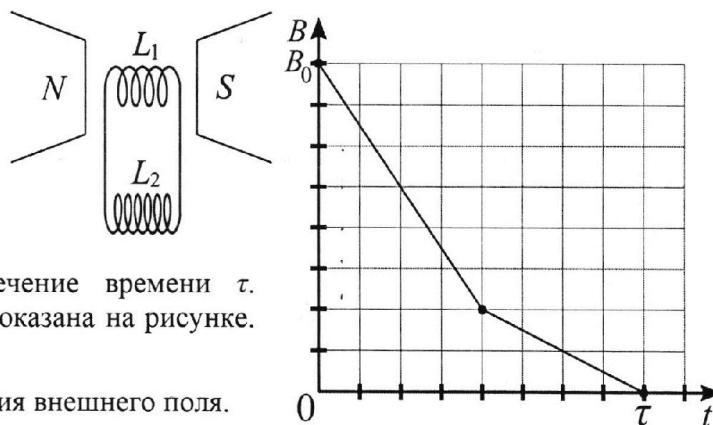
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 . Диполю сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



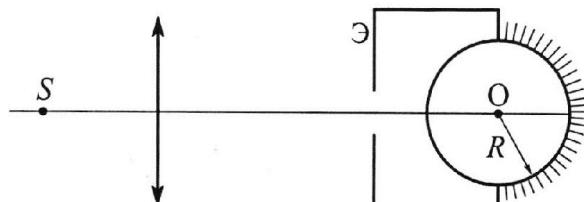
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 3L$ 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_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удалённый от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света a от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран \mathcal{E} обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.

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



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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

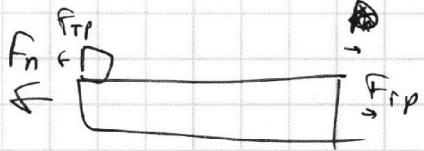
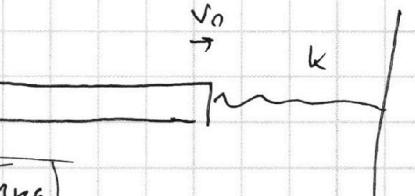
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по **каждой из задач** нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №1

1) Когда начнётся относ. движение другого и баску сила трения будет равна

Ускорение другого относ. баску будет ~~быть~~ больше 0

на другом действует lawd
сила трения F_{Tp}



на баску действует сила трения и сила от пружины F_n

$$F_{Tp} = mg \cdot \mu$$

$F_n = k \cdot l$ где l - статиче пружины

~~Масса - у~~ Аб- ускорение другого

а_р - ускорение баски

При начале относ. движения а_р = а_р и $F_{Tp} = mg \cdot \mu$ есть максимум

$$a_r \cdot m = -F_{Tp}$$

$$a_r \cdot M = F_{Tp} - F_n$$

$$-\frac{F_{Tp}}{m} \leq \frac{F_{Tp} - F_n}{M}$$

$$F_n = M \left(\frac{F_{Tp}}{m} + \frac{F_{Tp}}{M} \right) = F_{Tp} \left(1 + \frac{M}{m} \right) = \mu \cdot m g \cdot \left(1 + \frac{M}{m} \right) =$$

~~0,3 · 10 · (1 + $\frac{2}{7}$) = 0,3 · 10 · 3 = 9 N~~

~~Когда~~ $a_r = 9 N$ a_r - а при началь. относ. движении

$$\frac{a_r}{m} = \frac{9 N}{36 N} = \frac{1}{4} m$$

$$\Delta l = \frac{1}{4} M$$

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**.

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

СТРАНИЦА
2 из 4

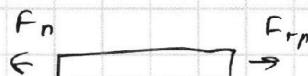
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

2) x -смещение балки от исх $x=0$

напряжения, когда она погасает
не ставится пружины

2 закон Ньютона Δx :

$$M \cdot a_n = F_{tp} - F_n$$



поэтому как начались от исх движение ~~если~~ ~~если~~ ~~если~~

При этом:

$$m a_f = -F_{tp} \rightarrow F_{tp} = -m a_f$$

$$M a_f = -m a_f - F_n$$

$$a_f(M+m) = -F_n = -k x$$

$a_f = \ddot{x} \rightarrow \ddot{x} = -k x \cdot \frac{1}{M+m} \Rightarrow$ гармонических колебаний

тогда $x = x_0 \sin(\omega t)$, где $\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{76}{3}} = \sqrt{12} \frac{1}{2}$

— момент нач. отн. движений

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{если } \ddot{x}(0) = \omega x_0 \cos(\omega \cdot 0) \\ \text{если } \dot{x}(0) = V_0 \end{array} \right. \rightarrow x_0 = \frac{V_0}{\omega}$$

$$\Delta x_0 = \frac{V_0}{\omega} \sin(\omega \cdot 0)$$

$$\frac{1}{4} M = \frac{1}{4} \frac{\sin(\omega t)}{\sqrt{\frac{36}{3}}} = \frac{1}{\sqrt{12}} \sin(\omega t) \rightarrow \omega t = \arcsin \frac{\sqrt{12}}{4} \Leftrightarrow \arcsin \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{\pi}{3}$$

$$t = \frac{\pi}{3} \cdot \sqrt{\frac{3}{36}} \approx \sqrt{\frac{3}{36}} C = \sqrt{\frac{1}{12}} C$$

$$\sqrt{C} = \sqrt{\frac{1}{12}} C$$

$$3) a_f = \ddot{x} = \left[\frac{V_0}{\omega} \sin(\omega t) \right]'' = -\frac{V_0}{\omega} \cdot \omega^2 \sin(\omega t) = -V_0 \omega \sin(\omega t)$$

При макс. сдвигах $x=x_0 \rightarrow \sin(\omega t) = 1 \rightarrow a_{max} = -V_0 \omega$

$$a_{max} = V_0 \omega = 7 \cdot \sqrt{\frac{36}{3}} = \sqrt{12} \frac{m}{s^2}$$

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



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

3) В момент максимального отклонения скользки баски о

После $\ddot{x} = \frac{\tau}{m\omega}$ $F_{tr} - \text{const}$. Где τ - время поглощ

$$M\ddot{x} = -kx + m\mu g$$

$$M\ddot{x} = -kx + m\mu g \quad A = -x + \frac{m\mu g}{k} \rightarrow \ddot{A} = \ddot{x}$$

$M\ddot{A} = -kA \rightarrow \ddot{A} = -\frac{k}{M}A$ это ур гармон колебаний:

$$A = A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}} = \sqrt{\frac{16}{2}} = \sqrt{18}$$

$$x = \frac{m\mu g}{k} + A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = \frac{1 \cdot 9,8 \cdot 10}{36} + A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0) = \frac{1}{12} + A_0 \sin(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$\text{В начальный момент } x(0) = \frac{V_0}{\omega} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{2 \cdot 2} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

$$\dot{x}(0) = \left(\frac{V_0}{\omega} \sin(\omega_0 t) \right)' \Big|_{t=0} = \boxed{\frac{V_0}{\omega} \cos(\omega_0 t) \Big|_{t=0}} = V_0 \cdot \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = \frac{V_0}{2}$$

$$\boxed{\ddot{x}} \quad \ddot{x} = -\frac{1}{12} - \frac{1}{12} = \frac{2}{12} = \frac{1}{6} \text{ м} \quad \left\{ A_0 = \sqrt{\sin^2(\varphi_0)} \quad A_0 = \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{V_0^2}{4G_0^2}} = \sqrt{\frac{1}{12} + \frac{1}{18}} = \sqrt{\frac{1}{6}}$$

$$\boxed{\omega_0} \quad \omega_0 \sin(\varphi_0) = \frac{V_0}{2}$$

$$\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{8} = \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} - \frac{1}{12} \cdot \frac{V_0}{\omega} = \frac{1}{12} \cdot \frac{V_0}{\omega}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} - \frac{1}{12} \cdot \frac{2\omega}{V_0} = \frac{1}{3} \cdot \frac{V_0}{\omega} = \sqrt{\frac{12}{9}} = \sqrt{\frac{4}{3}} = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

$$\cancel{\ddot{x}(0)} = \frac{1}{6} \cdot \frac{V_0}{2} = \frac{1}{12} \cdot \frac{\omega_0}{V_0} = \frac{1}{3} \sqrt{18} = \boxed{\cancel{\frac{1}{3} \sqrt{18}}} \quad \sum \Rightarrow \rho_0 = \frac{2}{3}$$

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 checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
4 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!

$$\dot{x} = \omega_0 A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

Когда $\dot{x}=0 \rightarrow \omega_0 t + \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$. \Rightarrow это момент:

$$\ddot{x} = \omega_0^2 A_0 = 18 \cdot \frac{1}{6} \sqrt{\frac{5}{6}} = 3 \sqrt{\frac{5}{6}} = \sqrt{\frac{15}{2}} \frac{m}{s^2}$$

Ответ: $\frac{1}{4} m; \sqrt{\frac{1}{12}} c; \sqrt{\frac{15}{2}} \frac{m}{s^2}$

$$A_0 = \sqrt{\frac{1}{72} + \frac{\omega_0^2}{4w_0^2}} = \sqrt{\frac{1}{72} + \frac{1}{4 \cdot 18}} = \sqrt{\frac{1}{72} + \frac{1}{72}} = \cancel{\sqrt{\frac{2}{72} + \frac{2}{72}}} = \cancel{\sqrt{\frac{3}{72}}} =$$

$$\sqrt{\frac{1}{24}}$$

$$x = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$x = \omega_0 A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$\ddot{x} = \omega_0^2 A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$\text{При } x=0 \quad \cancel{\omega_0 t + \varphi_0 = \frac{\pi}{2} + 2k\pi} \rightarrow \ddot{x} = \omega_0^2 A_0 = 18 \sqrt{\frac{1}{24}} = \sqrt{\frac{324}{24}}$$

$$\begin{aligned} 180+80+64 &= 260+64 = \cancel{264} \\ 18 \cdot 18 &= \\ 260+64 &= \\ 724 &= \\ 480+64 &= 544 \\ 260+64 &= \\ 724 &= \\ \cancel{18} & \quad 180+80+64 = \\ \cancel{18} & \quad \cancel{544} \\ 724 &= \end{aligned}$$

Ответ: $\frac{1}{4} m; \sqrt{\frac{1}{12}} c; \sqrt{\frac{324}{24}}$



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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

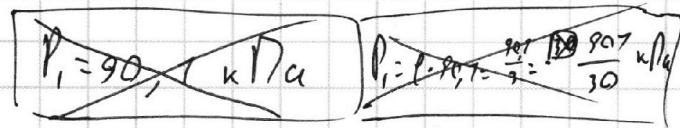
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №2



1) Из графика

$$P_1 = \frac{90}{30} \text{ кПа}$$



2) При конденсации пара его барометр будет равен давлению насыщенной пары при той же температуре

$P_{\text{нас}}$ - давление пара в испарителе

P_0 - давление сухого воздуха в испарителе

$$P_{\text{нас}} + P_0 = P_0$$

Запишем Менделеева-Клапейрон: $V^* - \text{объем при } t^*$

$$P_B = \frac{d_B R t^*}{V^*} \text{ где } d_B - \text{плотность сухого воздуха}$$

$$P_{\text{нас}} = \frac{d_n R t^*}{V^*} \text{ где } d_n - \text{плотность насыщенного пара}$$

$$P_0 = \frac{d_B R t^*}{V^*} \cdot (d_B + d_n)$$

$$\frac{P_{\text{нас}}}{P_0} = \frac{\frac{d_n R t^*}{V^*}}{\frac{d_B R t^*}{V^*} + \frac{d_n}{d_B + d_n}} = \frac{d_n}{d_B + d_n} \rightarrow P_B = P_0 \cdot \frac{d_n}{d_B + d_n}$$

$$P_{\text{нас}} = P_0 - P_B = \frac{d_n}{d_B + d_n} P_0$$

$P_1 = \cancel{P_0 - P_B}$ P_3 - давление сухого воздуха в испарителе

$$\cancel{P_3 = \frac{d_B R t_0}{V_0}}$$

$$P_1 + P_3 = P_0 \rightarrow P_0 = P_1 \left(1 + \frac{d_B}{d_n} \right) \rightarrow \frac{P_0}{P_1} = \frac{d_n}{d_n + d_B}$$

$$P_{\text{нас}} = \frac{P_1}{P_0} \cdot P_0 = P_1 \cdot$$

$$P_0 = \frac{P_1}{P_3} \text{ где } P_3 - \text{давление пара при } t_0$$



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**.

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

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

$$P_{\text{наг}} = \frac{d_n}{d_n + d_0} P_0$$

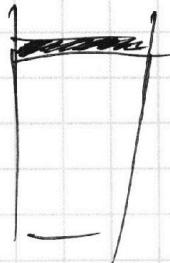
P_3 - давление сухого пара при $t=0^\circ\text{C}$. $\frac{d_0}{d_n + d_0} = 3$ $\frac{90}{3} \text{ kPa} \approx 30 \text{ kPa}$

$$\begin{cases} P_3 + P_7 = P_0 \\ P_7 = \frac{d_n}{d_n + d_0} P_0 \\ P_1 = \frac{d_n + d_0}{V_1} \end{cases} \rightarrow P_7 = \frac{d_n}{d_n + d_0} P_0 \rightarrow P_{\text{наг}} = P_1 = \frac{90}{70} \text{ kPa} = 30 + \frac{1}{70} \text{ kPa} \approx 30 \text{ kPa}$$

из графика $t^* = 69^\circ\text{C}$

3) В кипуч пар становится насыщенным т.к. $33^\circ\text{C} < 69^\circ\text{C}$

P_4 - давление насыщего пара при $t = 33^\circ\text{C}$. $P_4 = 35 \text{ kPa}$



P_5 - давление сухого воздуха при $t = 33^\circ\text{C}$

$$\begin{cases} P_4 + P_5 = P_0 \\ P_5 = \frac{d_n R t}{V_0} \end{cases} \quad \frac{d_n R t}{V_0} = P_0 - P_4$$

$$\frac{d_n R t}{V_0} = P_0 - P_7$$

$$\frac{105 + 10 - 30}{402} = \frac{3000 + 150 - 107}{402} = \frac{3000 - 76}{402} = \frac{2244}{402} = 5.57 \text{ kPa}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_0 - P_4}{P_0 - P_7} = \frac{105 \text{ kPa} - 35 \text{ kPa}}{105 \text{ kPa} - \frac{907}{30} \text{ kPa}} = \frac{100 \cdot 30}{2244} = \frac{3000}{2244} \text{ kPa}$$

Ответ: $\frac{907}{30} \text{ kPa}$; 69°C ; $\frac{3000}{2244} \text{ kPa}$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_4} = \frac{105 - \frac{91}{3}}{105 - 35} = \frac{100 + 15 - 51}{70 \cdot 100} = \frac{300 - 76}{700} = \frac{224}{300}$$

Ответ: $\frac{91}{3} \text{ kPa}$; 69°C ; $\frac{224}{300}$

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

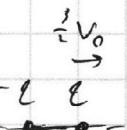


- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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

Задача №3



$v_0 > 0$

1) Q -заряд положительного заряда

2) - поверхность заряда диска

v_0 - скорость бинова при прохождении через центр диска

2) Т.к. бль пролета находилась скорость v_0 в точке минимальной пот. энергии максимума пот. энергии, то (радиуса сил нет)

$$E_{\max} = \frac{m v_0^2}{2}, \text{ где } E_{\max} - \text{максимальная пот. энергия бинова; } m - \text{масса бинова}$$

3) V_{\min} - ми скорость

V_{\max} - макс скорость

$$\cancel{m = \text{масса бинова}} \quad m \left(\frac{3}{2} v_0 \right)^2 = E_{\max} + \frac{m (V_{\min})^2}{2}$$

$$\cancel{\frac{9}{4} \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} + \frac{m V_{\min}^2}{2} \rightarrow V_{\min}^2 = \frac{5}{4} V_0^2} \quad \cancel{V_{\min} = \sqrt{\frac{5}{4}} V_0}$$

$$V_{\min} = \sqrt{\frac{5}{4}} V_0$$

Т.к. на бесконечности пот. энергия равна 0 то $V_{\max} = \sqrt{\frac{9}{2}} V_0$

$$\frac{V_{\max}}{V_0} = \frac{\frac{3}{2}}{\sqrt{\frac{5}{4}}} = \cancel{\frac{\frac{3}{2} \sqrt{\frac{5}{4}}}{\sqrt{\frac{45}{16}}}} = \frac{3}{\sqrt{5}} = \sqrt{\frac{9}{5}}$$

Максимум пот.

1) ~~Максимум~~ потенциальная энергия достигается ~~в~~ вблизи положительного заряда находится вблизи диска. т.к. биновы при этом можно считать, что это и есть момент, когда ~~расстояние~~ до центра бинов в 0. Тогда:

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{5}{4}} V_0 \quad V_{\max} - \text{скорость когда центр бинов в 0}$$

$$\text{Ответ: } \sqrt{\frac{5}{4}} V_0; \sqrt{\frac{9}{5}}$$

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

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



Задача №

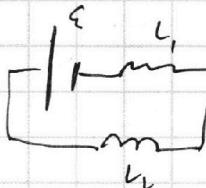
1) При одностороннем приложении силы напряжение индукции

График
напряжения
на $\frac{L}{2}$

ϵ_1 - напряж. инф. от $0 \text{ до } \frac{L}{2}$

ϵ_2 - напряж. инф. от $\frac{L}{2} \text{ до } L$

$$\epsilon_1 = S \cdot \frac{\frac{L}{2} B_0}{\frac{L}{2}} = B_0 S \cdot \frac{\frac{L}{2}}{\frac{L}{2}} = B_0 S \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2}$$



$$\epsilon_2 = S \cdot \frac{\frac{L}{2} B_0}{\frac{L}{2}} = S B_0 \cdot \frac{\frac{L}{2}}{\frac{L}{2}} = S B_0 \cdot \frac{1}{2}$$

ϵ - напряж. индукции

$$\epsilon = (\epsilon_1 + \epsilon_2) I^2 \rightarrow I^2 = \frac{\epsilon}{\epsilon_1 + \epsilon_2}$$

$$\text{Параллельные} \quad I_0 = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \cdot \frac{I}{2} + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \cdot \frac{I}{2} = \frac{I}{2(\epsilon_1 + \epsilon_2)} (\epsilon_1 + \epsilon_2) =$$

$$\frac{I}{2(\epsilon_1 + \epsilon_2)} \left(\frac{1}{2} B_0 S + \frac{1}{2} B_0 S \right) = \frac{B_0 S}{L+3L} \cdot \frac{2}{2} = \frac{1}{4} \frac{B_0 S}{L}$$

$$2) q = q_1 + q_2, \quad q_1 - \text{заряд через } l_1 \text{ до } \frac{L}{2}$$

q_2 - заряд через l_2 после $\frac{L}{2}$ до L

$$q_1 = \int_0^{\frac{L}{2}} \frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2} A \cdot t dt +$$

$$q_2 = \int_{\frac{L}{2}}^L \left(I_0 + \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1 + \epsilon_2} t \right) dt \quad \text{где } I_0 - \text{ток в момент } \frac{L}{2}$$

$$q_1 = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_1 + \epsilon_2} \cdot \frac{L}{2} = \frac{\epsilon_1}{4L} \cdot \frac{L}{2} = \frac{1}{8} \frac{L}{L} \cdot \frac{B_0 S}{\frac{L}{2}} \cdot \frac{3}{2} = \frac{3}{16} \frac{B_0 S}{L}$$

$$q_2 = \int_{\frac{L}{2}}^L \frac{\frac{3}{16} \frac{B_0 S}{L}}{4L} \cdot t dt = \frac{3}{8} \frac{B_0 S}{L} \frac{1}{2} \left(\frac{L}{2} \right)^2 = \frac{3}{32} \frac{B_0 S}{L} \frac{L}{2} = \frac{3}{14} \frac{B_0 S L}{L}$$

$$q = \int_0^L \frac{\frac{3}{16} \frac{B_0 S}{L}}{4L} dt + \frac{1}{2} \frac{S B_0}{L} dt^2 = \frac{3}{16} \frac{B_0 S}{L} \left(\frac{L}{2} \right) + \frac{1}{8} \frac{S B_0}{L} \left(\frac{L}{2} \right)^2 \cdot \frac{1}{2}$$



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!

$$q = q_1 + q_2 = \frac{B_a S T^2}{L} \left(\frac{3}{72} + \frac{3}{72} + \frac{1}{72} \right) = \cancel{\frac{7}{72}} B_a S T^2 \quad ($$

Ответ: $\frac{1}{4} \frac{B_a S T^2}{L}; \frac{7}{72} \frac{B_a S T^2}{L}$

$$q = q_1 + q_2 = \frac{B_a S T^2}{L} \left(\frac{3}{64} + \frac{3}{72} + \frac{1}{64} \right) = \frac{B_a S T^2}{L} \left(\frac{3+6+7}{64} \right) = \frac{10}{64} \frac{B_a S T^2}{L} = \frac{5}{32} \frac{B_a S T^2}{L}$$

Ответ: $\frac{1}{4} \frac{B_a S T^2}{L}; \frac{5}{32} \frac{B_a S T^2}{L}$



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

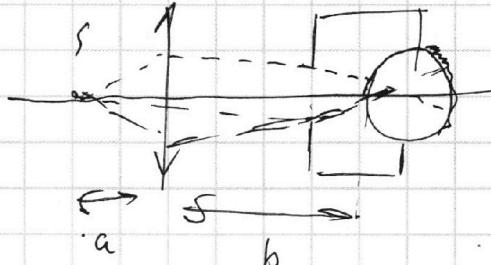
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач **нумеруются отдельно**. Порча QR-кода недопустима!

Задача №5

S' -изображение S от линии

~~д~~ расстояние S' от линии

$$\frac{1}{e} + \frac{1}{a} = \frac{1}{f}$$



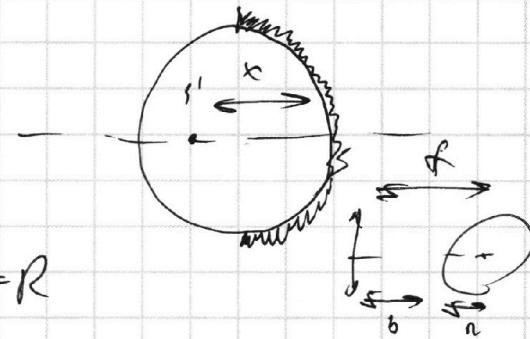
$$f = \frac{1}{\frac{1}{e} - \frac{1}{a}} = \frac{1}{\frac{1}{e} - \frac{1}{11}} = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{1}{11}} = f \cdot \frac{1}{\frac{10}{11}} = f \cdot \frac{11}{10} = 1,1f \approx 11f$$

При отражении S' от шара S' перейдет в S' т.к. выше
после ~~отражения от~~ применения в линии ~~изображение~~
не перешло бы в S

S' на расстоянии x от правой части
зеркала. Для системы из зеркала и шаровидного

~~зеркала~~ сферической части зеркалом:

$$\frac{1}{x} + \frac{1}{x} = \frac{2}{R} \rightarrow \frac{2}{x} = \frac{2}{R} \rightarrow x = R$$



Тогда S' находится в точке Q . Тогда $R = b + a - b$

$$R = f - b = 11f - 10,5f = 0,5f$$

$$R = 0,5f$$

при этом мы применили
применение в шаре т.к. $11f > 10,5f$ по
поверхности

2) ~~Найдите изображение~~ изображение переходит само в себя
шар S и S' от S' переходит в S'

L -расстояние от S' до левого края

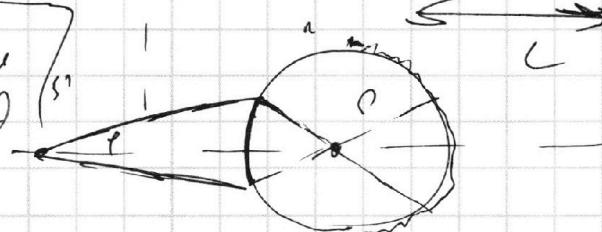
шара

$$L = b + a - f = 10,5f + 5,5f - 11f = 16f - 11f = 5f$$



~~Изображение $S' \rightarrow S'$~~

~~и S' после применения
закона приблизительно через 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 checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

~~Лучи, брошенные вертикально вправо~~

ρ -угол АЧМС к горизонту от оси

П.к. ρ мал можно считать

Луч параллелен оси, а значит он проходит на расстоянии $\frac{R}{2}$ от оси после отражения.

Луч должен пересечь ось в сдвиге s

β -угол до преломления

γ -угол после преломления

α -угол между преломлением и отоси через 0

$\rho + \beta + (\pi - (\frac{\pi}{2} - \theta)) = \pi \Rightarrow \rho + \beta - \frac{\pi}{2} + \theta = 0 \Rightarrow \rho + \beta + \theta = \frac{\pi}{2}$

$\sin(\pi - (\pi - \theta) - \gamma) = \frac{\frac{R}{2}}{\sin \gamma} \Rightarrow \sin(\theta - \gamma) = 2 \sin \gamma \Rightarrow \theta - \gamma = 90^\circ$

$\sin \beta = h \sin \gamma$ где h -показатель преломления

$\sin(\frac{\pi}{2} - \theta - \rho) = h \sin \gamma$

$\frac{h \sin \theta \cos \theta - 2 \sin \gamma \cos \gamma}{h \sin \gamma \cos \gamma - 2 \sin \theta \cos \theta} = \frac{\frac{R}{2}}{\sin \gamma} \Rightarrow \frac{h}{\theta} \approx \frac{t \cdot \rho}{h \cdot \theta} \approx \frac{R}{t} = \frac{0,5}{5} = 0,1$

$\frac{1}{L} + \frac{1}{\frac{3}{2}R} = \frac{1}{F_0}$ где F_0 - фокусное расстояние

Через как ли兹би

$\frac{1}{F_0} = (h-1) \left(\frac{1}{R} \right) = \frac{2}{R} (h-1)$

$\frac{1}{5F} + \frac{1}{\frac{3}{2}R} = \frac{1}{5R} (h-1) = \frac{2}{5R} (h-1)$

$\frac{1}{5} + \frac{2}{3} = 2(h-1) \Rightarrow h=7 + \frac{1}{2} = 7 + \frac{\sqrt{5+20}}{2} = 7 + \frac{\sqrt{25}}{2} = 7 + 5 = 12$

$\frac{1 + \frac{3}{2}}{2} = \frac{23}{20}$

$\frac{1 + \frac{3}{2}}{2} + 1 = \frac{23+20}{20} = \frac{43}{20}$

Ответ: $0,5F; \frac{53}{30}$



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!

Черновик