



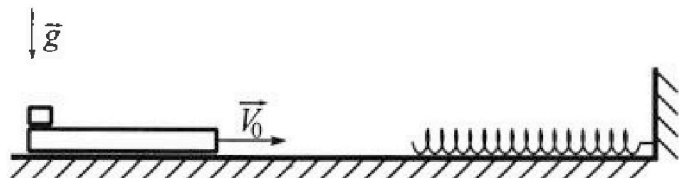
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 2$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 27$ 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.

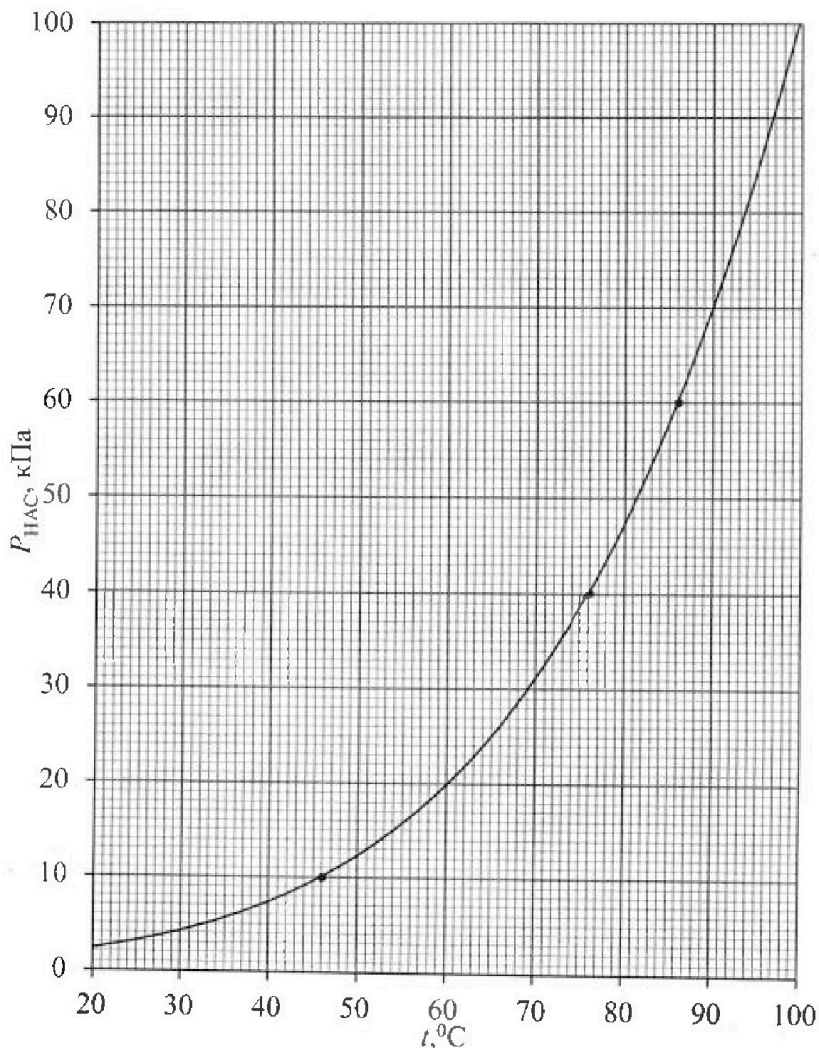


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 150$ кПа, температуре $t_0 = 86$ °С и относительной влажности $\phi_0 = 2/3$ (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 46$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 86 °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.





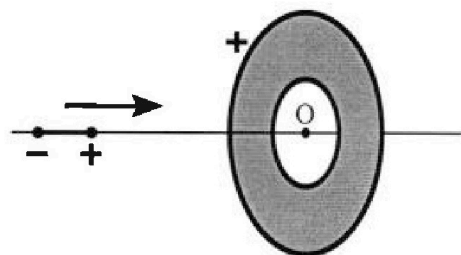
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

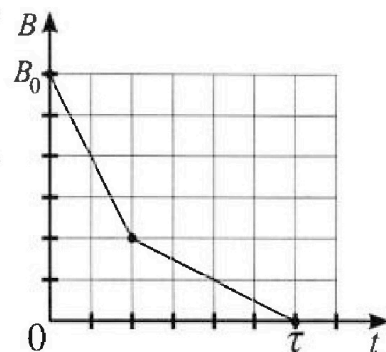
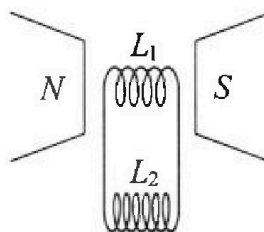


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Диполь сообщают начальную скорость $2V_0$.



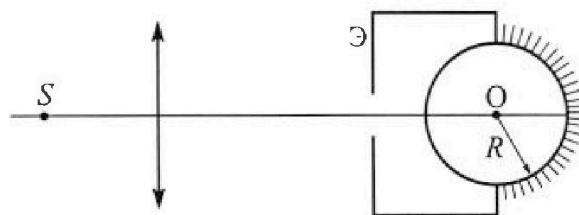
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 4L$ 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 , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,5F$ (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 $b = 8F/3$, 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 $\Delta = 2F$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



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 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!

$$\ddot{x} + \frac{k}{M+m} x = 0, \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$x = x_m \cos(\omega t + \varphi)$, где t - время, φ - начальная фаза,

"0" времени поставим в момент начала сжатия пружины. x_m - амплитуда.

Найдем начальные условия: $x(0) = 0 = x_m \cos \varphi$,

$\dot{x}(0) = V_0 = -x_m \omega \sin \varphi$.

Отсюда получим: $\cos \varphi = 0 \Rightarrow \varphi = \frac{\pi}{2} \Rightarrow x_m = -\frac{V_0}{\omega}$.

Тогда $x = -\frac{V_0}{\omega} \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = +\frac{V_0}{\omega} \sin \omega t$.

Подставим $x = \Delta l$: $\Delta l = \frac{V_0}{\omega} \sin \omega t$.

$$\Delta l = \frac{\mu g (M+m)}{k} \text{ из п. 1)}$$

Подставим Δl и ω : $\frac{\mu g (M+m)}{k} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{M+m}{k}} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$

$$\Rightarrow \mu g \sqrt{\frac{M+m}{k}} = V_0 \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

$$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right) = \frac{\mu g}{V_0} \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{0,3 \cdot 10}{2} \sqrt{\frac{2+1}{27}} =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{2} \Rightarrow \sqrt{\frac{k}{M+m}} t = \frac{\pi}{6}$$

$$t = \frac{\pi}{6} \sqrt{\frac{M+m}{k}} \approx \frac{3}{6} \cdot \sqrt{\frac{2+1}{27}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{3} = \frac{1}{6} \text{ с}$$

3) Найдем скорости бруска и доски в момент времени t .

$$\dot{x}(t) = V_0 \cos \omega t = V_0 \cdot \cos \frac{\pi}{6} = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0$$

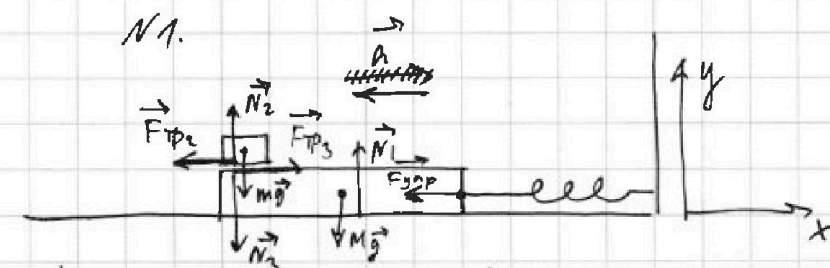
Далее на брусок действует постоянная сила трения

$F_{\text{тр}} = \mu mg$, его ускорение $a_x = -\mu g$, а скорость так зависит от времени: $v_x = \frac{\sqrt{3}}{2} V_0 - \mu g t'$, где t' - время от начала проскальзывания.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 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!



1) Расставим силы, действующие на тела системы.

По 3 закону Ньютона $N_2 = -N_3$, $F_{тр2} = -F_{тр3}$.

В момент начала относительного движения бруска и доски $F_{тр2} = F_{тр3} = \mu N_2$.

Т.к. это момент начала проскальзывания, ускорения бруска и доски всё ещё равны (они движутся как единое целое). Обозначим это ускорение $\vec{a}$.

Запишем 2 закон Ньютона в проекции на ось x.

Для бруска и доски: $(M+m)a_x = F_{упрx} = -K\Delta l$, где $\Delta l > 0$ — статическое удлинение.

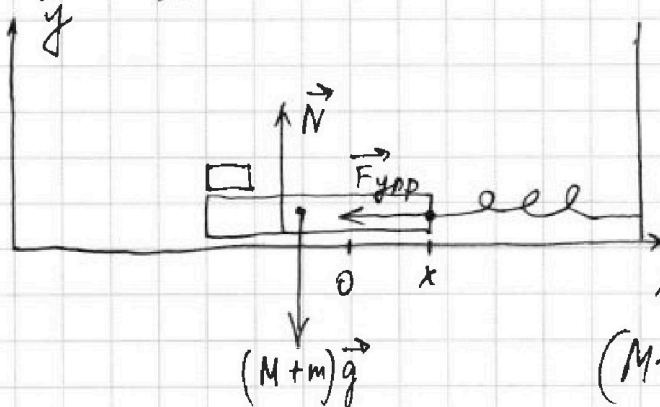
Для бруска: $ma_x = F_{тр2x} = -\mu N_2$.

Запишем 2 закон Ньютона в проекции на ось y для бруска: $N_2 = mg$.

$\Rightarrow ma_x = -\mu N_2 = -\mu mg$.

$$(M+m) \cdot (-\mu g) = -K\Delta l \Rightarrow \Delta l = \frac{\mu g(M+m)}{K} = \frac{0,3 \cdot 10 \cdot (2+1)}{27} = \frac{1}{3} \approx 0,33 \text{ м.}$$

2) Теперь будем рассматривать брусок и доску как единое тело для удобства решения задачи. "0" осей x возьмем как координату левого конца пружины в недеформированном состоянии.



Запишем 2 закон Ньютона для системы x в проекции на ось x:

$$(M+m)\ddot{x} = F_{упрx} = -Kx$$

$(M+m)\ddot{x} + Kx = 0$ — ур-ие гармонических колебаний



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
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!

$$\begin{aligned} A_x &= - \sqrt{\frac{3kV_0^2}{4M} + \frac{M^2 g^2 (M+m)^2}{M^2}} + \mu g \frac{m}{M} = \\ &= - \sqrt{\frac{3 \cdot 27 \cdot 2^2}{4 \cdot 2} + \frac{0,3^2 \cdot 10^2 \cdot (2+1)^2}{2^2}} + 0,3 \cdot 10 \cdot \frac{1}{2} = \\ &= - \sqrt{\frac{81}{2} + \frac{27}{4} + \frac{3}{2}} = - \sqrt{\frac{189}{4}} + \frac{3}{2} = - \frac{17}{2} + \frac{3}{2} = - \frac{14}{2} = \\ &= - 7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \\ |A_x| &= 7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}. \end{aligned}$$

Ответ:

- 1) $\frac{1}{3} \text{ м}$
- 2) $\frac{1}{6} \text{ с}$
- 3) $7 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ (против $\vec{V}_0$).



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
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!

№1.
В момент максимального сжатия пружины скорость доски равна нулю. Пусть от начала проскальзывания прошло время τ . Тогда скорость бруска

$$v_x(\tau) = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 - \mu g \tau.$$

Он проделал работу $\Delta X = \frac{(\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2 - v_x^2(\tau)}{2 \mu g}$, сила трения совершила работу

$$A_{тр} = -\mu m g \Delta X = m \frac{v_x^2(\tau) - (\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2}{2}$$

Запишем ЗСЭ от начала проскальзывания до момента, когда пружина максимально сжата (обозн. это сжатие Δ).

$$\frac{(M+m) \cdot (\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2}{2} + \frac{K(\Delta l)^2}{2} + A_{тр} = \frac{m v_x^2(\tau)}{2} + \frac{K \Delta^2}{2}$$

$$\frac{(M+m) \cdot (\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2}{2} + \frac{K(\Delta l)^2}{2} + \frac{m v_x^2(\tau)}{2} - \frac{m \cdot (\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2}{2} = \frac{m v_x^2(\tau)}{2} + \frac{K \Delta^2}{2}$$

$$\frac{M \cdot (\frac{\sqrt{3}}{2} v_0)^2}{2} + \frac{K(\Delta l)^2}{2} = \frac{K \Delta^2}{2}$$

$$\frac{3 M v_0^2}{8} + \frac{K}{2} \cdot \frac{\mu^2 g^2 (M+m)^2}{K^2} = \frac{K \Delta^2}{2}$$

$$\frac{3 M v_0^2}{8} + \frac{\mu^2 g^2 (M+m)^2}{2 K} = \frac{K \Delta^2}{2}$$

$$\Rightarrow \Delta = \sqrt{\frac{3 M v_0^2}{4 K} + \frac{\mu^2 g^2 (M+m)^2}{K^2}}$$

Ускорение доски в этот момент: $A_x = -\frac{K \Delta}{M} + \mu g \frac{m}{M}$
(из 2 закона Ньютона)



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) $p_0 = p_1 + p_{c1}$, где p_{c1} - парциальное давление сухого воздуха.~~ ~~закон Дальтона~~

~~По графику найдем $p_1 = 60$ кПа.~~

1) $\varphi_0 = \frac{p_1}{p_{n1}}$, где p_{n1} - давление насыщенного пара при

t_0 . Из графика получили $p_{n1} = 60$ кПа.

$$\Rightarrow p_1 = \varphi_0 \cdot p_{n1} = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кПа}$$

2) $p_0 = p_1 + p_{c1}$ - закон Дальтона, p_{c1} - парциальное давление сухого воздуха.

Конденсация пара начнется, когда давление пара станет равно давлению насыщенного пара. При этом внешнее давление на газ под поршнем мы считаем постоянным, тогда процесс изобарный.

Давлению p_1 соответствует $t^* = 46^\circ\text{C}$ - температура насыщенного пара.

~~3) Сухой воздух сжимается всегда как идеальный газ. Водяной пар сначала сжимается как идеальный газ, а потом перестает сжиматься, становясь насыщенным паром (т.к. давление насыщенного пара не зависит от его объема). Вместе этого он конденсируется.~~

~~Тогда изменение объема всегда определяется~~

~~Тогда отношение конечного объема к начальному определяется этим показателем для сухого воздуха.~~

~~Ур-ие Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$. Для сухого воздуха $\nu = \text{const}$, $p = \text{const}$, тогда $\frac{V}{V_0} = \frac{t^*}{t_0}$~~

~~Пусть при температуре t^* V^* - объем пара, V_c^* - объем сухого воздуха. Ур-ие Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$. Т.к. оба газа на этом этапе изобарно сжимаются, $\frac{V^*}{V_0} = \frac{t^*}{t_0}$.~~



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.

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!

ⁿ²
~~Намное объем сосуда будет равен V^* и не будет меняться. Пар будет конденсироваться, охлаждаясь. Это давление будет падать. Сухой воздух будет увеличивать свое давление, чтобы сумма давлений была равна внешнему p_0 .~~

~~Тогда $\frac{V}{V_0} = \frac{V^*}{V_0} = \frac{t^*}{t_0} = \frac{46+273}{86+273}$~~

3) Ур-ие Менделеева-Клапейрона: $pV = \nu RT$. Т.к. на этапе от t_0 до t^* оба газа расширяются изобарно как идеальные, объем V^* при t^* можно найти как $V^* = V_0 \frac{t^*}{t_0}$.

Намное давление насыщенного пара будет t_0 падать с уменьшением температуры, а давление сухого воздуха — расти, чтобы в сумме они давали p_0 . Пусть V_c — кол-во в-ва сухого воздуха. Тогда при t^*

$(p_0 - p_1)V^* = \nu_c R t^*$, при t $(p_0 - p_2)V = \nu_c R t$.

$p_2 = 10 \text{ кПа}$ — давление насыщенного пара при t .

Из этого получим: $\frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2} \frac{V^*}{V} = \frac{t^*}{t}$. Подставим V^* :

$$\frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2} \cdot \frac{V_0 \frac{t^*}{t_0}}{V} = \frac{t^*}{t} \Rightarrow \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2} \cdot \frac{V_0}{V} = \frac{t_0}{t}$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{p_0 - p_2}{p_0 - p_1} \frac{t_0}{t}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p_2} \frac{t}{t_0} = \frac{150 - 40}{150 - 10} \cdot \frac{46 + 273}{86 + 273} =$$

$$= \frac{11}{14} \cdot \frac{319}{359} = \frac{3509}{5026}$$

Ответ: 1) 60 кПа
2) 46 °C
3) $\frac{3509}{5026}$



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) Пусть v_1 - макс. скорость, v_2 - мин. скорость.
Запишем ЗСЭ для точек, где реализуются такие значения скоростей:

$$\frac{m \cdot (2V_0)^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - pE_m$$

$$\frac{m \cdot (2V_0)^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + pE_m$$

Подставим $pE_m = \frac{mv_0^2}{2}$. Получим:

$$\frac{4mV_0^2}{2} = \frac{mv_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_1^2}{2} = \frac{5mV_0^2}{2} \Rightarrow v_1 = \sqrt{5}V_0$$

$$\frac{4mV_0^2}{2} = \frac{mv_2^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} \Rightarrow \frac{mv_2^2}{2} = \frac{3mV_0^2}{2} \Rightarrow v_2 = \sqrt{3}V_0$$

$$v_1 - v_2 = (\sqrt{5} - \sqrt{3})V_0.$$

Ответ: 1) $2V_0$
2) $(\sqrt{5} - \sqrt{3})V_0$



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
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!

№3.

Дипольный момент $\vec{p} = q\vec{l}$.

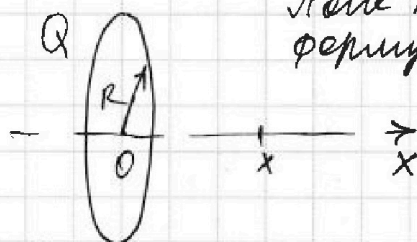
Потенциальная энергия

диполя в электрическом поле: $W = -(\vec{p}, \vec{E})$, где

$\vec{E}$ - напряженность поля в какой-то точке.

Потенциал на его оси выражается формулой:

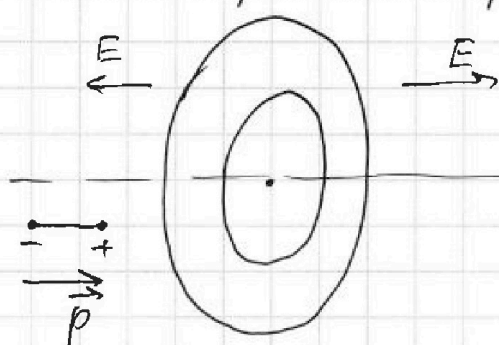
$$E_{KX} = \frac{KQX}{(X^2 + R^2)^{3/2}} \quad \text{где } Q, R - \text{заряды радиуса кольца.}$$



Эта функция имеет максимум в точке $X = \pm \frac{R}{\sqrt{2}}$ и минимум в точке $X = 0$ (при $X=0$ $E_{KX} = 0$, т.к. поля всех малых участков кольца компенсируют друг друга в плоскости кольца, а в плоскости, перпендикулярной кольцу, в силу симметрии компоненты не имеют).

Соответственно, поле нашего диска тоже имеет где-то максимум и минимум, а в центре диска оно равно нулю. (Максимум и минимум достигаются в симметричных точках, пусть это точки $\pm X_m$. $E(X_m) = E_m$, $E(-X_m) = -E_m$.)

Закон сохранения энергии: $\frac{mV_H}{2} = \frac{mV^2}{2} - (\vec{p}, \vec{E})$, где



V_H - начальная скорость диполя.

Если начальная скорость минимально необходимая

для пролета, то

$$\frac{mV_H^2}{2} = 0 + pE_m = \frac{mV_0^2}{2}.$$

1) ЗСЭ для положения в центре: $\frac{m \cdot (2V_0)^2}{2} = \frac{mV(0)^2}{2} + 0$, т.к. $E(0) = 0$.

$$\Rightarrow V(0) = 2V_0$$



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
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!

$$\int_0^T B(t) dt = \frac{1}{2} \cdot \frac{2B_0}{3} \cdot \frac{T}{3} + \frac{B_0}{3} \cdot \frac{T}{3} + \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0}{3} \cdot \frac{2T}{3} =$$
$$= \frac{B_0 T}{9} + \frac{B_0 T}{9} + \frac{B_0 T}{9} = \frac{B_0 T}{3}.$$

$$q(t) = \frac{\Phi_H T}{L_1 + L_2} - \frac{n S_1 B_0 T}{3(L_1 + L_2)}$$

Подставим $\Phi_H = B_0 n S_1$ и $L_1 = L, L_2 = 4L$.

$$q(T) = \frac{B_0 n S_1 T}{5L} - \frac{B_0 n S_1 T}{3 \cdot 5L} = \frac{2 B_0 n S_1 T}{3 \cdot 5L} = \frac{2 B_0 n S_1 T}{15L}$$

Ответ:

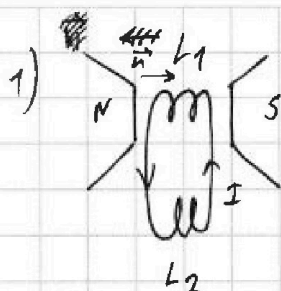
- 1) $\frac{B_0 n S_1}{5L}$.
- 2) $\frac{2 B_0 n S_1 T}{15L}$.



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!



н.ч.
Т.к. поток через контур с катушками не меняется,

$$\frac{d\Phi_1}{dt} + L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = 0 \quad (*)$$

Φ_1 - поток внешнего поля через первую катушку (поток через вторую всегда 0, потому что она не находится в зоне действия поля).

$$\Rightarrow \frac{d\Phi_1}{dt} + (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = 0$$

$$\int_{\Phi_H}^{\Phi_K} d\Phi_1 + \int_0^{I_0} (L_1 + L_2) dI = 0$$

$\Phi_H = +B_0 n S_1$ - начальный поток,

$\Phi_K = 0$ - конечный поток

$$\Rightarrow B_0 n S_1 = (L_1 + L_2) I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 n S_1}{SL}$$

2) Из ур-ия (*) получим, что в каждый момент времени верно: $\Phi_1(t) - \Phi_H + (L_1 + L_2) I(t) = 0$.

Тогда
$$I(t) = \frac{\Phi_H - \Phi_1(t)}{L_1 + L_2}$$

$$I(t) = \frac{\Phi_H - \Phi_1(t)}{L_1 + L_2}$$

$$q(t) = \int_0^t I(t) dt = \int_0^t \frac{\Phi_H - \Phi_1(t)}{L_1 + L_2} dt = \int_0^t \frac{\Phi_H}{L_1 + L_2} dt -$$

$$- \int_0^t \frac{\Phi_1(t)}{L_1 + L_2} dt = \frac{\Phi_H t}{L_1 + L_2} - \frac{1}{L_1 + L_2} \int_0^t B(t) n S_1 dt =$$

$$= \frac{\Phi_H t}{L_1 + L_2} - \frac{n S_1}{L_1 + L_2} \int_0^t B(t) dt$$

можно найти как площадь под графиком

Тогда

$$q(t) = \frac{\Phi_H t}{L_1 + L_2} - \frac{n S_1}{L_1 + L_2} \int_0^t B(t) dt$$



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

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!

~5.
Получим ур-ие $\frac{1}{b-3F} + \frac{h}{2R} = \frac{h-1}{R}$.

После перемещения центра шара b меняется на $b+\Delta$.
Получаем Аналогичное ур-ие:

$$\frac{1}{b+\Delta-3F} + \frac{h}{2R} = \frac{h-1}{R}.$$



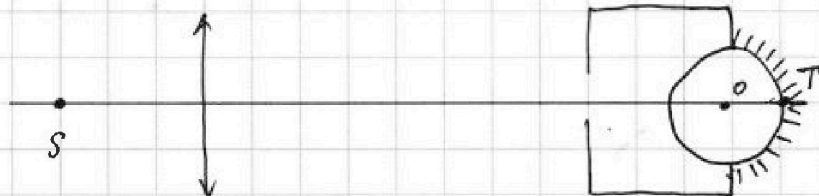
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) 15.



За Ф-ла тонкой линзы для преломления в линзе
лучей от S: $\frac{1}{a} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{Fa}$

(f_1 - расстояние от линзы
до изображения)

$$f_1 = \frac{Fa}{a-F} = \frac{F \cdot 1,5F}{1,5F-F} = 3F.$$

Ф-ла преломления на сферической пов-ти шара (левой):

$$\frac{1}{b-f_1} + \frac{n}{f_2} = \frac{n-1}{R}$$

f_2 - расстояние от пов-ти до изображения.

~~Сферическое зеркало фокусирует лучи, идущие под
малыми углами к нему, на расстоянии $R/2$ от
центра, т.е. фокусное расстояние для него равно $R/2$.
Ф-ла отражения для сферического зеркала:~~

$$\frac{1}{2R-f_2} + \frac{1}{f_3} = \frac{2}{R}$$

Траектория луча должна быть симметрична относительно
но оси системы, т.к. иначе ~~ее не будет отражать~~
~~от нее, получится~~ у нее будут две разные половины,
соединяющие какую-то точку зеркала с S, у них будет
разная длина, т.е. разное время, необходимое свету для
их прохождения, но это противоречит принципу Ферма.
Тогда луч из S должен прийти в точку T зеркала,
лежащую на оси системы, после преломления ~~в линзе~~
на сферической пов-ти.

Тогда $f_2 = 2R$.



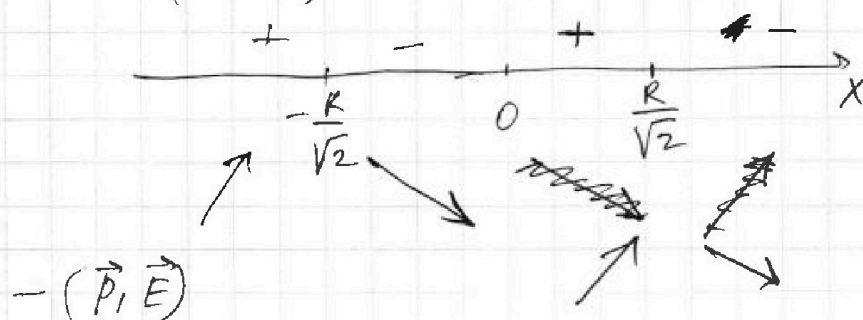
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

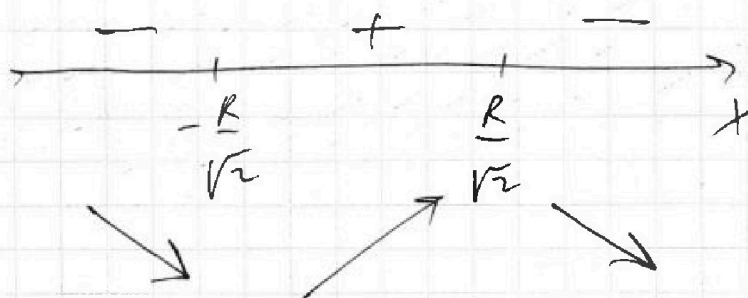
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

$$= \frac{x^2 + R^2 - 3 \cdot 2x^2}{(x^2 + R^2)^{5/2}} = \frac{R^2 - 2x^2}{(x^2 + R^2)^{5/2}}$$



$$W = \frac{mv^2}{2} - (\vec{p}, \vec{E}) = \text{const}$$



$$f_2 = 2R$$

$$b \rightarrow b + \Delta$$

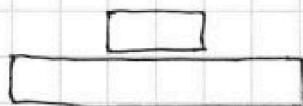


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\dot{\Phi}_1 + L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} = 0$$

$$\dot{\Phi}_1 + (L_1 + L_2) \ddot{q} = 0$$

$$\int \dot{\Phi}_1 = - \int (L_1 + L_2) \ddot{q}$$

$$\frac{kx_m^2}{2} + \frac{mv^2}{2} + \mu mg(x_m - \Delta l) = \frac{(m+M)v_0^2}{2}$$

$v =$

$$v^* = v_0 \frac{t^*}{t_0}$$

$$\begin{array}{r} 1272 \\ + 46 \\ \hline 1318 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 273 \\ + 46 \\ \hline 319 \end{array}$$

$$(p_0 - p(46))V_{\text{к}} = DR \cdot (46)$$

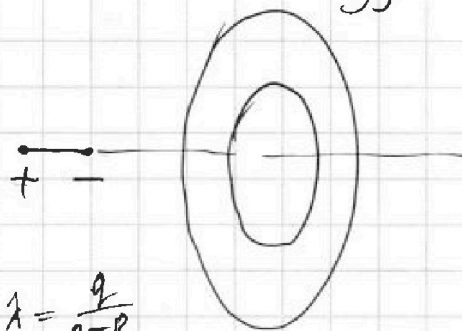
p

$$\begin{array}{r} 359 \overline{) 11} \\ 33 \overline{) 3} \\ \hline 29 \end{array}$$

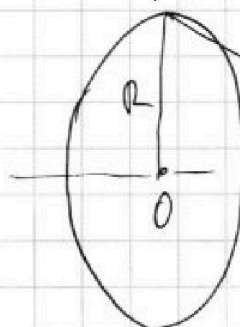
$$\begin{array}{r} 319 \overline{) 7} \\ 28 \overline{) 4} \\ \hline 39 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 319 \\ \times 11 \\ \hline 319 \\ + 319 \\ \hline 3509 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 359 \\ \times 14 \\ \hline 1436 \\ + 359 \\ \hline 5026 \end{array}$$



$$\lambda = \frac{q}{2\pi R}$$



$$\begin{aligned} E(x) &= \int \frac{k \lambda dl}{x^2 + R^2} \cdot \frac{x}{\sqrt{x^2 + R^2}} = \\ &= \frac{k \lambda x}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \cdot 2\pi R = \frac{k q x}{(x^2 + R^2)^{3/2}} \\ &= \frac{(x^2 + R^2)^{3/2} - \frac{3}{2} (x^2 + R^2)^{1/2} \cdot 2x^2}{(x^2 + R^2)^3} \end{aligned}$$