



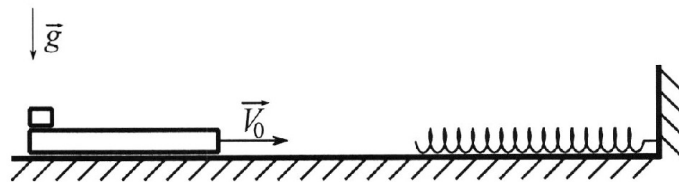
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

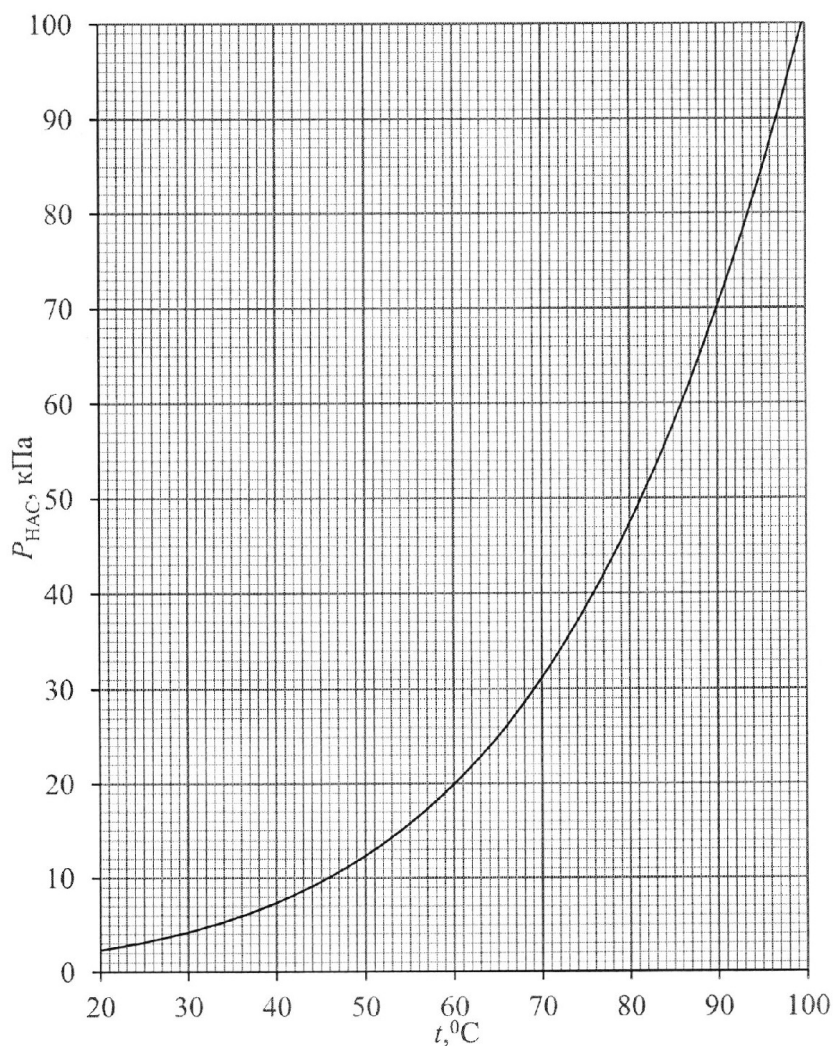


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 $\varphi_0 = 2/3$ (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.

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





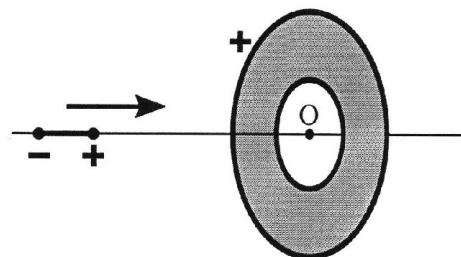
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

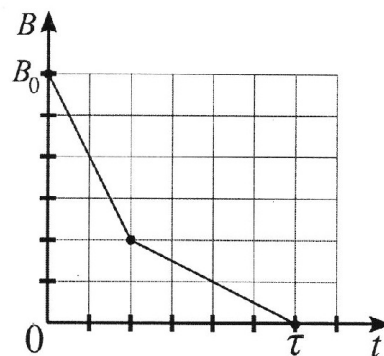
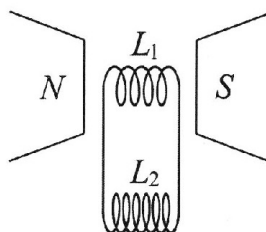


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



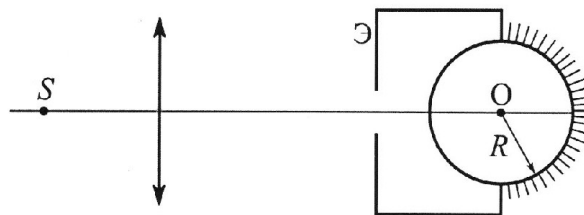
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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
☐

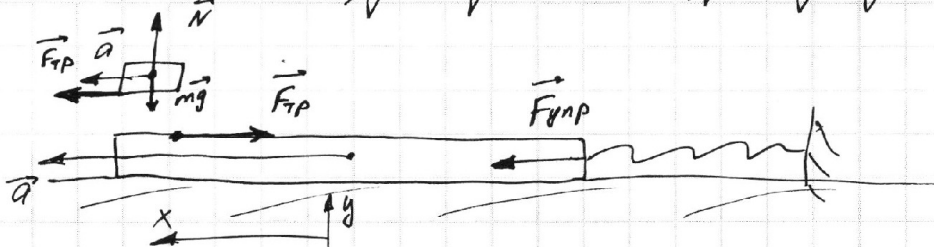
7
☐

СТРАНИЦА
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!

необходимые для решения

Рассмотрим $\vec{v}$ силы, действующие на брусок и доску.



Брусок нарисуем отдельно от доски, чтобы было удобнее показывать силы.

Если бы не было силы трения, то брусок бы по инерции поехал вправо, но-т.е. сила трения, на него действующая направлена влево. По 3-му закону на доску действует сила трения равная по модулю и противоположная по направлению.

- 1) Когда относительного движения бруска и доски нет, ~~тогда~~ у них одинаковое ускорение.

Запишем 2-ой 3-й Ньютона:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Для бруска: } x: F_{tr} = ma \\ y: N = mg \\ F_{tr} \leq \mu N \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} ma \leq \mu mg \\ a \leq \mu g \end{array}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{Для доски: } x: F_{upr} - F_{tr} = Ma \\ F_{upr} = kx \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} kx - \mu mg = Ma \\ a = \frac{kx - \mu mg}{M} \end{array}$$

$$\text{т.е. } \frac{kx - \mu mg}{M} \leq \mu g$$

$$kx \leq \mu(M+m)g$$

$$x \leq \frac{\mu}{k}(M+m)g. \text{ Связные пружинки начнется, когда}$$

$$x = \frac{\mu}{k}(M+m)g$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

$$x = \frac{0,3}{27} \cdot 3 \cdot 10 = \frac{1}{3} \text{ м} \approx 0,33 \text{ м}; \text{ Ответ: } x = \frac{1}{3} \text{ м.}$$

2) Скорость бруска и доски v в момент, когда началось относительное движение найдем из т. об. изм. кинетической энергии.

$$\frac{(m+M)v_0^2}{2} - \frac{(m+M)v^2}{2} = \frac{kx^2}{2}; \quad v^2 = v_0^2 - \frac{kx^2}{M+m}$$

$$v = \sqrt{v_0^2 - \frac{kx^2}{M+m}}$$

$$v = \sqrt{2^2 - \frac{27}{9 \cdot 3}} = \sqrt{3} \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

3-и Импульс в импульсной форме:

$$\int F(t) dt = (M+m)(v_0 - v) \quad - \text{ для бруска вместе с доской}$$

$$\text{Но } F = (M+m)a$$

$$\text{Тогда } \int a dt = v_0 - v; \quad (M+m)a = kx \Rightarrow a = \frac{kx}{M+m}$$

$$\text{Т.е. } \int \frac{kx(t)}{M+m} dt = v_0 - v \quad \text{или} \quad \int kx(t) dt = (M+m)(v_0 - v)$$

$$\int x(t) dt = \frac{M+m}{k} (v_0 - v)$$

$$\int x(t) dt = \frac{1}{9} (2 - \sqrt{3})$$



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

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) Из графика зависимости давления насыщенного пара от температуры видно, что при 86°C давление насыщенного пара $p_{\text{н1}} = 60 \text{ кПа}$.

В цилиндре относительная влажность $\varphi_0 = \frac{2}{3}$. Но $\varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{н1}}}$.
Т.е. получается, что $p_1 = \frac{2}{3} p_{\text{н1}}$. $p_1 = \frac{2}{3} \cdot 60 = 40 \text{ кПа}$

Ответ: 40 кПа

2) Температура в сосуде постепенно уменьшается, а значит давление насыщенного пара также уменьшается. Изначально в сосуде пар ненасыщенный (т.к. его влажность < 1), т.е. при уменьшении температуры в сосуде пар близится к насыщению. Конденсация начнется, когда парциальное давление пара станет равным давлению насыщенного пара при данной температуре. Из графика следует, что давление насыщенного пара равно 40 кПа при $t^* = 76^\circ\text{C}$.

Ответ: конденсация начнется при $t^* = 76^\circ\text{C}$

3) При охлаждении содержимого сосуда ниже 76°C пар остается насыщенным, поэтому его давление при $t = 46^\circ\text{C}$ $p_2 = 10 \text{ кПа}$ (из графика).

Сухой воздух ведет себя как ир. газ, поэтому применим для него ур-ие Менделеева-Клапейрона.

$$p_{\text{в1}} V_0 = \nu_{\text{в}} R T_0, \text{ где } p_{\text{в1}} - \text{парц. давл. сухого воздуха при } t_0$$

$\nu_{\text{в}}$ - кол-во сухого воздуха

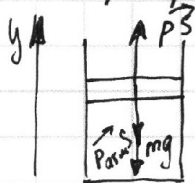
$$T_0 = t_0 + 273 = 359 \text{ K}$$

$$p_{\text{в2}} V = \nu_{\text{в}} R T, \text{ где } p_{\text{в2}} - \text{парц. давл. сухого воздуха при } t$$

$$T = t + 273 = 319 \text{ K}$$

Поделим данные ур-ие: $\frac{p_{\text{в1}} V_0}{p_{\text{в2}} V} = \frac{T_0}{T} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_{\text{в1}} T}{p_{\text{в2}} T_0} \quad (1)$

Теперь рассмотрим сосуд:



На поршень действуют сила тяжести, сила атмосфер. давления и сила давления влаж. воздуха.

Поскольку процесс в сосуде происходит медленно (квазистатический), то применим I 3-й Ньютон



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!

$$\sum F_i = 0$$

$$Oy: pS = \rho_{\text{ж}} g S + mg$$

$$p = \rho_{\text{ж}} g + \frac{mg}{S}$$

правая часть др-ия const, а значит и давление **везде** тоже const.

$$\text{Тогда } p_1 + p_{B1} = p_0 \text{ (з-н Дальтона)}$$

$$p_2 + p_{B2} = p_0$$

$$\text{Т.е. } p_{B1} = p_0 - p_1; \quad p_{B2} = p_0 - p_2$$

Подставим это в (1):

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(p_0 - p_1) \cdot T}{(p_0 - p_2) \cdot T_0}; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{110 \cdot 10^3}{140 \cdot 10^3} \cdot \frac{319}{359} = \frac{11 \cdot 319}{14 \cdot 359} = \frac{3509}{5026}$$

$$\text{Ответ: } \frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$$



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.

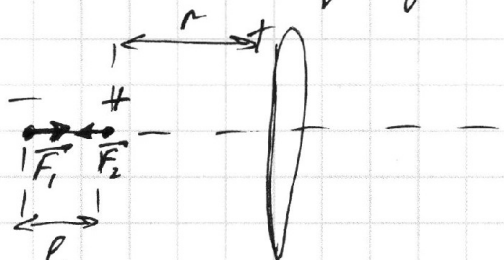
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!

Рассмотрим случай, когда скорость диполя равна v_0 .

Диполь, движась к диску, преодолевает силу электрического поля диска (она направлена влево т.к. полож. заряд располагается к диску ближе, чем отрицательный см. рис.)



$$F_1 = k \frac{q}{(r+l)^2} - \text{сила дейст. на отриц. заряд}$$

r и l на рисунке

$$F_2 = k \frac{q}{r^2} - \text{сила на полож. заряд}$$

$$\sum |\vec{F}| = F_2 - F_1 = kq \left(\frac{1}{r^2} - \frac{1}{(r+l)^2} \right)$$

Больше 0

Суммарная сила вправо

По т. об изм. кинетической энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + A, \quad m - \text{масса диполя}$$

v - скорость в центре диска

A - работа против сил эл. поля диска.

Когда диполь пройдет через центр диска и будет двигаться вправо, суммарная сила эл. поля диска, дейст. на диполь, будет направлена влево, (т.к. отриц. заряд ближе к диску чем полож.)

Т.е. диполь будет притягиваться к диску, поэтому, вследствие симметрии, работа, совершаемая против сил эл. поля диска будет такой же, т.е.:

$$\frac{mv^2}{2} = A. \quad \text{Т.е. это предельный случай, когда на бесконечности диполь остановится.}$$

$$\text{Поэтому } \frac{mv_0^2}{2} = 2A$$

1) Тогда для случая, когда скорость начальная равна $2v_0$ снова запишем т. об изм. кинет. энергии.

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{m}{2}$$



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
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!

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} = \frac{mv^2}{2} + A, \quad v - \text{скорость при пролете через центр диска}$$
$$2mv_0^2 = \frac{mv^2}{2} + \frac{mv_0^2}{4}$$

$$\frac{v^2}{2} = \frac{7v_0^2}{4}$$

$$v = \sqrt{\frac{7}{2}} v_0; \quad v = \frac{\sqrt{14}}{2} v_0; \quad \text{Ответ: } v = \frac{\sqrt{14}}{2} v_0$$

2) Минимальная скорость диполя, будет на бесконечности, а макс $2v_0$
и

Тогда:

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} = \frac{mu^2}{2} + 2A$$

$$2mv_0^2 = \frac{mu^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2}$$

$$3v_0^2 = u^2$$

$$u = \sqrt{3} v_0$$

Тогда разность макс. и мин. скоростей $\Delta v = 2v_0 - u$

$$\Delta v = 2v_0 - \sqrt{3} v_0$$

$$\Delta v = (2 - \sqrt{3}) v_0$$

$$\text{Ответ: } (2 - \sqrt{3}) v_0$$



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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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) При изменении внеш магнитного поля в области первой катушки B в катушке L_1 возникает ЭДС индукции $\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi}$

$$\Phi = B S (\cos \alpha) = B S, \quad B - \text{внеш магнитное поле}$$

S - площадь всех витков

$$S = S_1 \cdot n$$

Т.е. $\mathcal{E}_i = -(BS, n)^\cdot$

$$\mathcal{E}_i = -S_1 n \cdot \dot{B}$$

Однако при этом в катушке возникает индукционный ток, изменяющийся с течением времени, поэтому в катушках (обеих) возникает ЭДС самоиндукции.

$$\mathcal{E}_{is1} = -L_1 \dot{I} = -L \dot{I} \quad - \text{ЭДС самоиндукции для 1-ой катушки}$$

$$\mathcal{E}_{is2} = -L_2 \dot{I} = -4L \dot{I} \quad - \text{для 2-ой катушки}$$

(ток в катушках одинаков, т.к. соединение последовательное)

~~Получается такая схема замкнутого контура.~~

Падение напряжения в контуре нет, поэтому сумма ЭДС равна нулю. (по II з-ну Кирхгофа)

$$\mathcal{E}_i + \mathcal{E}_{is1} + \mathcal{E}_{is2} = 0$$

$$- \dot{B} S_1 n - L \dot{I} - 4L \dot{I} = 0$$

$$\dot{B} S_1 n + 5L \dot{I} = 0$$

$$(BS, n) + (5L I) = 0$$

$$(BS, n + 5L I) = 0$$

$$BS, n + 5L I = \text{const}$$

В начале тока в катушке не было, а внеш поле было B_0 , поэтому

$$BS, n + 5L I = B_0 S, n \quad (1)$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

В конце вкл. внеш поле $B=0$, ток I_0

Тогда: $0 + 5LI_0 = B_0 S, n$ (по (1))

Ответ: $I_0 = \frac{B_0 S, n}{5L}$

2) Форму преобразуем (1):

$$5LI = B_0 S, n - BS, n$$

Обе части ур-ия проинтегрируем по времени

$$\int_0^{\tau} 5LI dt = \int_0^{\tau} B_0 S, n dt - \int_0^{\tau} BS, n dt$$

$\int_0^{\tau} I dt = q$ — заряд протекший по катушке (заряд протекший по 1-ой катушке, такой же как и по 2-ой, т.к. соединение последовательное)

$$5L \cdot q = B_0 S, n \tau - S, n \left(\int_0^{\tau} B dt \right)$$

Из графика следует, что

$$\int_0^{\tau} B dt = S_A + S_B + S_C \text{ (см. рис.)}$$

$$S_A = S_C = \frac{2}{3} B_0 \cdot \frac{1}{3} \tau = \frac{2}{9} B_0 \tau$$

$$S_B = \frac{1}{3} B_0 \cdot \frac{1}{3} \tau = \frac{1}{9} B_0 \tau$$

$$S_A + S_B + S_C = \frac{1}{3} B_0 \tau$$

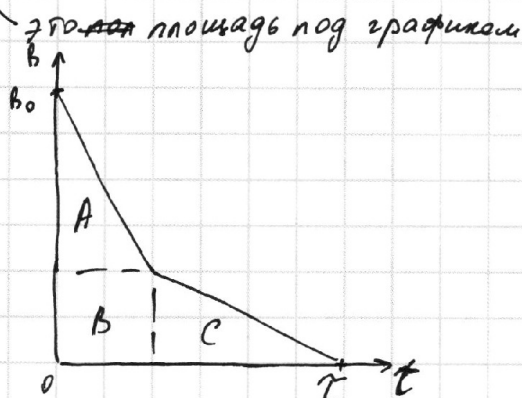
Тогда:

$$5Lq = B_0 S, n \tau - \frac{1}{3} B_0 S, n \tau$$

$$5Lq = \frac{2}{3} B_0 S, n \tau$$

$$q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 S, n \tau}{L}$$

Ответ: $q = \frac{2}{15} \cdot \frac{B_0 S, n \tau}{L}$





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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Для начала найдем изображение источника после преломление лучей линзой.

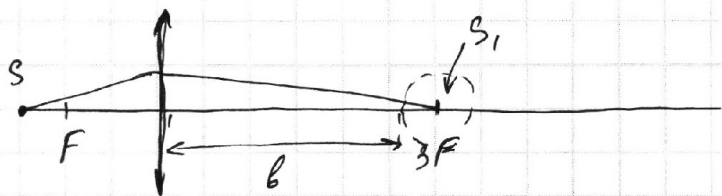
По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{f} \quad f = \frac{aF}{a-F}$$

$$f = \frac{1,5F^2}{1,5F - F} = 3F$$

1) Когда расстояние от центра линзы до ближайшей точки шара $b = \frac{8F}{3}$, то изображение совпадает с источником при любом n -показателе преломления, а это значит, что источник находится в центре шара.

Здесь ^{под} источником следует понимать изображение источника после преломление линзой. (S_1 на рис.)

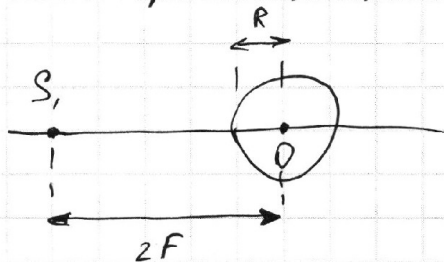


Видно из чертежа, что

$$R = 3F - b = 3F - \frac{8}{3}F = F/3$$

Ответ: $R = \frac{F}{3}$

2) Значит центр шара находится на расстоянии $3F$ от линзы и его смещают вправо на $2F$, т.е. теперь уже $5F$ расстояние от центра линзы. Тогда расстояние между источником и центром шара равно $2F$.



Далее рассмотрим ход лучей с учетом параксимального приближения.

Order: $n = 2, 4$

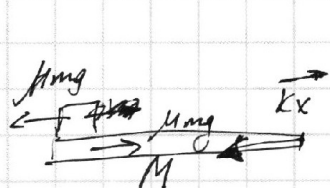


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ 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!



$$kx - \mu mg = Ma \Rightarrow a = \frac{kx - \mu mg}{M}$$

$$\mu mg = ma$$

$$F = kx = (M+m)a$$

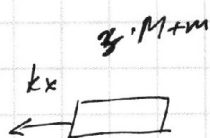
$$a = \frac{kx}{M+m}$$

adt

$$\mu Mg = kx - \mu mg$$

$$\mu(M+m)g = kx$$

$$x = \frac{\mu(M+m)g}{k} = \frac{9.8 \cdot 3 \cdot 10}{27} = \frac{9}{27} = \frac{1}{3} \approx 0.334$$



$$F(t)t = (m+M)\Delta v$$

$$k(v_0 t - \frac{at^2}{2})$$

$$\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{kx^2}{2} + \frac{(M+m)v^2}{2}$$

$$\frac{(M+m)}{2} (v_0^2 - v^2) = \frac{kx^2}{2}$$

$$(M+m)a = kx$$

$$kx(t)$$

$$x(t)v_0 t - \frac{kx(t)}{M+m} \cdot \frac{t^2}{2}$$

$$x(t) = \frac{v_0 t}{2}$$

$$v^2 = v_0^2 - \frac{kx^2}{M+m}$$

$$v^2 = 4 - \frac{27 \cdot 1}{9 \cdot 3} = 3 \frac{m^2}{s^2}$$

$$v = \sqrt{3} \frac{m}{s}$$

$$\int kx dx = k \int x dx = \frac{kx^2}{2}$$

$$v = v_0 - \int a(t) dt$$

$$\int F(t) dt = \int kx dt = k \int (v_0 t - \frac{kx t^2}{M+m}) dt$$

$$x =$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$$

$$x = v_0 t - \frac{kx}{M+m} \frac{t^2}{2}$$



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
__ 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!

$$86^{\circ}\text{C} \quad p_n 60 \text{ кПа}$$

$$46^{\circ}\text{C} \quad p_n 10 \text{ кПа}$$

$$76^{\circ}\text{C}$$

$$p_1 40 \text{ кПа}$$

$$p_1 V_0 = \nu_n R T_0$$

$$(p_0 - p_1) V_0 = \nu_B R T_0$$

$$p_B V = \nu_B R T_B$$

$$p_0 V_0 = \nu_B R T_0 + \nu_n R T_0 \Rightarrow$$

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

$$p_B V = \nu_B R T$$

$$p_B = p_0 - p_{46}$$

$$(p_0 - p_1) V_0 = \nu_B R T_0$$

$$(p_0 - p_{46}) V = \nu_B R T$$

$$129$$

$$\begin{array}{r} 3190 \\ + 319 \\ \hline 3509 \end{array}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_0 - p_{46}}{p_0 - p_1} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{140 \cdot 10^3}{140 \cdot 10^3} \cdot \frac{319}{359}$$

$$29$$

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

$$\frac{m_4 v_0^2}{2} = 2A + \frac{m v^2}{2}$$

$$\frac{14 \cdot 29}{359} = \frac{406}{359}$$

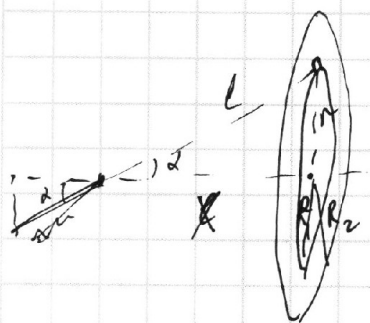
$$290 + 116 =$$

$$k \frac{q}{l^2} \cos \alpha = \frac{kq}{r^2 + x^2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = \cancel{2A} \cdot \cancel{2} A$$

$$\frac{2m \cdot 4v_0^2}{2} = A + \frac{m v^2}{2}$$

$$u^2 = \frac{7}{2} v_0^2 \quad \frac{u^2}{2} = \frac{7}{4} v_0^2 \quad u = \sqrt{\frac{7}{2}} v_0 = \frac{\sqrt{14}}{2} v_0 \quad \frac{m u^2}{2} = 2m v_0^2 - \frac{m v_0^2}{4}$$





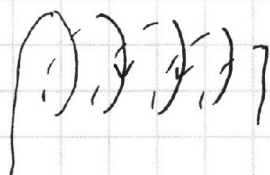
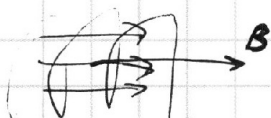
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой** задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ 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!

$$\mathcal{E}_i = (BS)' = B'S$$



$$x = v_0 t - \frac{at^2}{2}$$

$$B'S = 5L y'$$

$$B'S = 5L y' = 0$$

$$(BS - 5Ly)' = 0$$

$$BS - 5Ly = \text{const}$$

$$BS - 5Ly = B_0 S_1 n$$

$$0 - 5Ly = B_0 S_1 n$$

$$y_0 = \frac{B_0 S_1 n}{5L}$$

$$\mathcal{E}_i = -B'S$$

$$\mathcal{E}_{is} = -L y'$$

$$\int F dt = (M+m) \Delta v$$

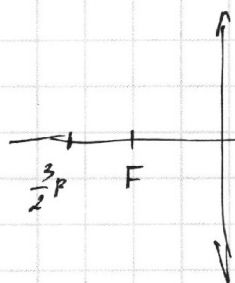
$$x = \int v dt$$

$$v = (v_0 - at) dt$$

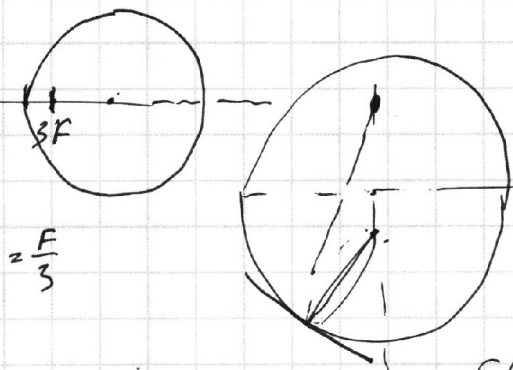
$$5Ly = (B_0 - B) S_1 n$$

$$5Lq = B_0 S_1 n \tau - S_1 n \int B dt$$

$$\frac{2}{3F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \quad f = \frac{dF}{d-F} = \frac{\frac{3}{2}F^2}{\frac{1}{2}F} = 3F$$



$$R = \frac{F}{3}$$

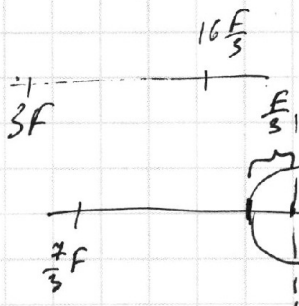


$$(M+m)a = kx$$

$$a = \frac{kx}{M+m}$$

$$x = v_0 t - \int a(t) t dt$$

$$x = v_0 t - \frac{k}{M+m} \int x(t) t dt$$



$$F(t)$$

$$k \int x(t) dt = m \Delta v$$

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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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



Handwritten solution on grid paper for a geometry problem involving a sphere and a cone.

Diagrams:

- A sphere with radius R and center O . A cone with vertex S and base radius r is shown. The distance from S to O is d . The angle between the cone's axis and the line SO is α . The angle between the cone's axis and the line SO is α . The angle between the cone's axis and the line SO is α .
- A cross-section of the sphere showing the cone's base as a circle of radius r inside a circle of radius R . The distance from the center of the sphere to the center of the base is d .
- A right triangle with hypotenuse d , one leg r , and the other leg $\sqrt{d^2 - r^2}$.

Equations and Calculations:

- $4 = n\alpha$
- $2\beta \cdot R$
- $\beta = \frac{5}{6}\alpha$
- $\alpha = \frac{2d}{n}$
- $\beta = \frac{5}{6}n\alpha$
- $2\beta R = d$
- $2\beta R = nd$
- $2\alpha d = 2\alpha 2R$
- $\alpha d = \alpha 2R$
- $2F - R$
- $(2F - R)\alpha = 2R\beta$
- $(2F - R)n\beta = 2R\beta$
- $2d n = 2R$
- $n = \frac{2R}{d}$
- $2\alpha n = 4$
- $n = \frac{\frac{2}{3}F}{\frac{5}{3}F} = \frac{2}{5}$
- $4\alpha R = d$
- $\alpha + \frac{\pi}{2} - \psi + 2\alpha = \frac{\pi}{2}$
- $\alpha - \psi + 2\alpha = 0$
- $\alpha = \psi - 2\alpha$
- $\alpha = \frac{4\alpha R}{d} - 2\alpha = 2\alpha \left(\frac{2R}{d} - 1 \right)$
- $\frac{4\alpha R}{d} = 2\alpha n - 2\alpha$
- $\frac{4\alpha R}{d} = 2\alpha(n-1)$
- $\beta \cdot 2R = d$
- $n = \frac{2R}{d} + 1$
- $\beta \cdot 2R = nd$
- $n = \frac{2R}{d}$
- $p + \alpha/2 = h$
- $p = h - \alpha/2$
- $\frac{\alpha}{2} = h + 17$
- $p - \frac{\alpha}{2} = h/2 + 17$