



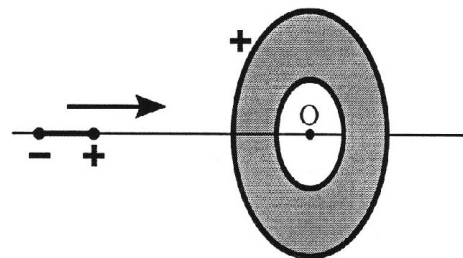
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

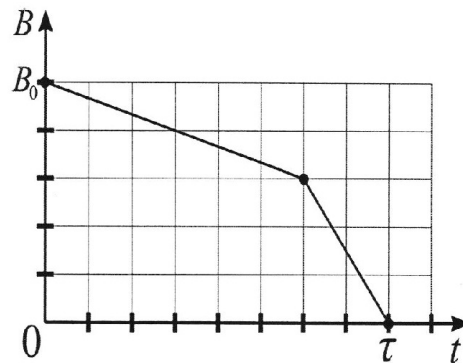
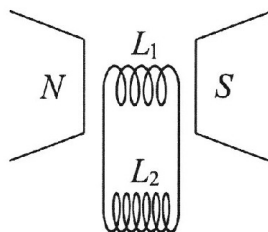


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



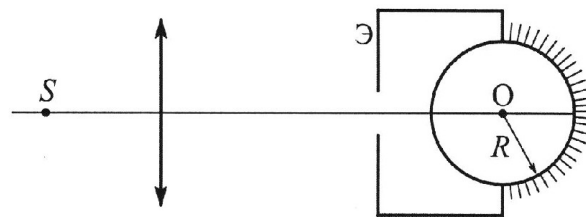
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 8R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 3R$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



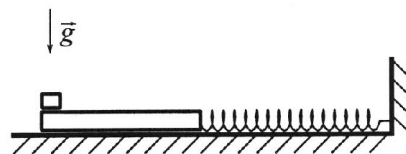
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

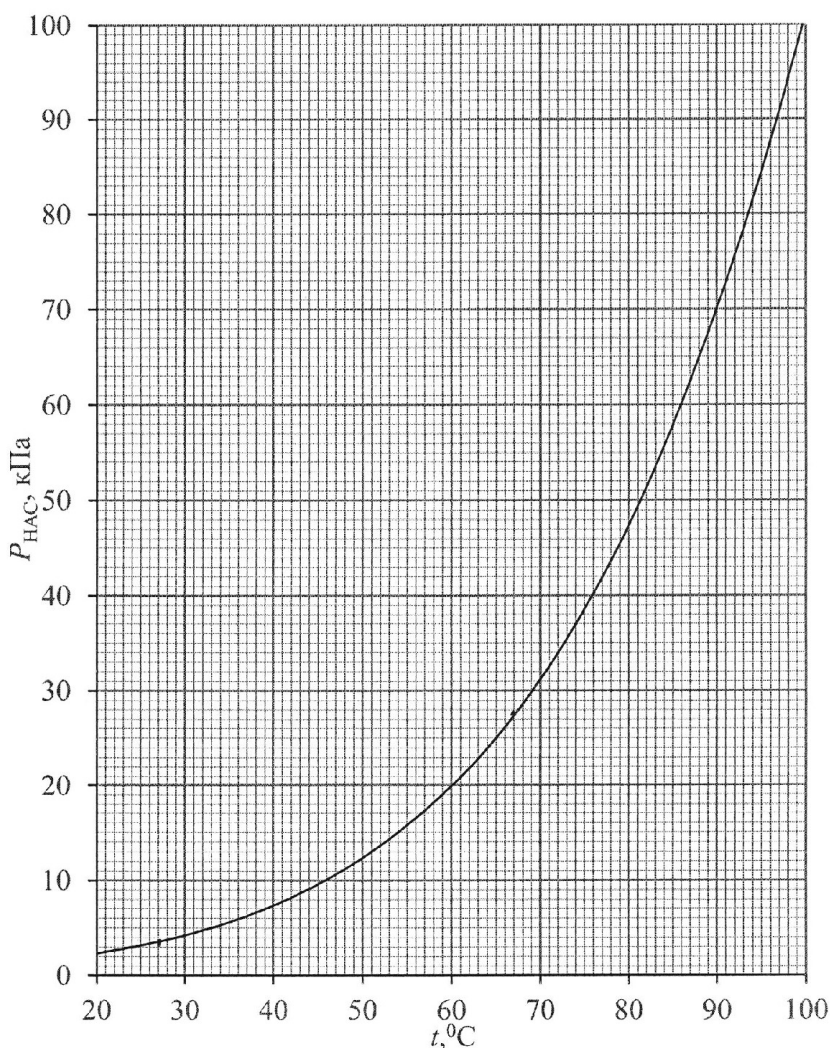


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

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

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

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



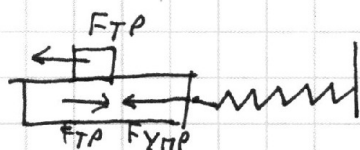


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 6

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!



сила трения будет
ускорять брусок

Доска не ускоряется, если $F_{TP} = F_{упр}$.
В этот момент, когда это случилось впервые раз, скорость относительно бруска относительно доски будет равна 0.

Допустим это случилось спустя время t :

$$V_0 = \frac{F_{TP}}{m} \cdot t$$

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

$$V_0 = \mu \cdot g \cdot t$$

Энергия в системе брусок, доска, пружина постоянна:

$$\frac{k \cdot \Delta x^2}{2} = \frac{m V^2}{2} + \frac{M V^2}{2} \quad \text{работа силы трения в системе}$$

$$F_{TP} = F_{упр} \Rightarrow \mu mg = kx_1 \Rightarrow x_1 = \frac{\mu mg}{k}$$

Ускорение доски:

$$M a_d = F_{упр} = F_{TP} = kx - \mu mg$$

а ускорение бруска:

$$m a_b = \mu mg$$

$$M a_d = -\ddot{x}, \quad x - \text{смещение пружины}$$

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

$$-\ddot{x} M - kx + \mu mg = 0$$

$$\text{представим } x \text{ как } x_1 = \left(\frac{\mu mg}{k} + x_0 \right)$$

$$\ddot{x}_1 = \ddot{x} = \ddot{x}_0$$

$$-\ddot{x}_1 M - \mu mg - kx_1 + \mu mg = 0 - \text{Гармонич. колебания}$$

$$\ddot{x}_1 M + kx_1 = 0$$

$$\omega^2 = \frac{k}{M} \Rightarrow T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}}$$

приведем в положение $kx = \mu mg$ соответствующее четверти периода

(из-за трения колебания затухают, но период постоянен)



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 6

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

$$T \approx 2 \cdot 3 \sqrt{\frac{4}{100}} = 6 \cdot \sqrt{\frac{1}{25}} \Rightarrow T \approx \frac{6}{5} \text{ с}$$

четверть периода это $\frac{6}{20} = 0,3 \text{ с} = t_1$

$$V_d = \mu mg \cdot t_1 = 0,4 \cdot 1 \cdot 10 \cdot 0,3 = 1,2 \text{ м/с}$$

Кинетическая энергия:

$$V_d = V_g = 1,2 \text{ м/с}$$

$$\frac{mV_d^2}{2} + \frac{MV_g^2}{2} = E_{\text{кин}}$$

это и есть изменение энергии

доски прошла расстояние Δx ; брусок прошел расстояние $\frac{V_d \cdot t_1}{2}$

Потери энергии равны $\mu mg (\Delta x - \frac{V_d \cdot t_1}{2})$, работа силы трения равна ее произведению на расстояние, которое прошел брусок отн. доски.

3.С.З.:

$$\frac{mV_d^2}{2} + \frac{MV_g^2}{2} + \mu mg (\Delta x - \frac{V_d \cdot t_1}{2}) = \frac{k\Delta x^2}{2}$$

$$\frac{k\Delta x^2}{2} - \mu mg \Delta x =$$

$$\frac{mV_d^2}{2} + \frac{MV_g^2}{2} + \mu mg (\Delta x - \frac{V_d \cdot t_1}{2}) = \frac{kx_0^2}{2} - \frac{k(x_0 - \Delta x)^2}{2}$$

$$k(x_0 - \Delta x) = F_{\text{тр}}$$

$$x_0 - \Delta x = \frac{\mu mg}{k} = \frac{0,4 \cdot 1 \cdot 10}{100} = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$$

$$x_0 - \Delta x = x_1$$

$$\Delta x = x_0 - x_1$$

$$\frac{kx_0^2}{2} - \mu mg (x_0 - x_1) = \frac{mV_d^2}{2} + \frac{MV_g^2}{2} + \frac{kx_0^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} - \frac{\mu mg V_d t_1}{2}$$

$$\frac{kx_0^2}{2} - \mu mg x_0 = \frac{mV_d^2}{2} + \frac{MV_g^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} - \frac{\mu mg V_d t_1}{2} - \mu mg x_1$$

это квадратное уравнение относительно x_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 6

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!

$$\frac{kx_0^2}{2} - \mu mg x_0 - \frac{mv^2}{2} - \frac{Mv_g^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} + \frac{\mu mg \cdot v_g \cdot t_1}{2} + \mu mg x_1 = 0$$

$$= a = \text{const}$$

$$D = \mu^2 m^2 g^2$$

$$\frac{kx_0^2}{2} - \mu mg x_0 + a = 0$$

$$D = \mu^2 m^2 g^2 - 4a \cdot k$$

$$x_0 = \frac{\mu mg \pm \sqrt{\mu^2 m^2 g^2 - 4a \cdot k}}{k}$$

вычислим a :

$$v_g = 1,2 \text{ м/с}$$

$$x_1 = 0,04 \text{ м}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$M = 4 \text{ кг}$$

$$k = 100 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,4$$

$$t_1 = 0,3 \text{ с}$$

$$100 \cdot 0,04 = 4$$

$$\frac{4 \cdot 0,04}{2} = 0,08$$

$$\frac{16 \cdot 0,8}{2} = 0,32$$

$$a = 0,4 \cdot 10 \cdot 0,04 + \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 1,2 \cdot 0,3}{2} - \frac{100 \cdot 0,04^2}{2} -$$

$$- \frac{4 \cdot 1,2^2}{2} - \frac{1,2^2}{2} = 0,16 + 0,32 - 0,08 - 0,72$$

$$- 0,32 - 0,36 = -0,32 \text{ Дж}$$

$$2a \cdot k = -0,32 \cdot 2 \cdot 100 = -64$$

$$\mu mg = 0,4 \cdot 10 = 4$$

$$x_0 = \frac{4 \pm \sqrt{16 + 64}}{100}; \quad 16 + 64 = 80 = 8^2$$

$$x_0 = \frac{4 + 8}{100} = 0,012 \text{ м} - \text{начальное смещение}$$



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 6

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!

$$1) a_d = a_g: \frac{F_{TP}}{m} = \frac{F_{УПР} - F_{TP}}{M} \Rightarrow F_{УПР} = \frac{F_{TP} \cdot M}{m} + F_{TP} =$$

$$= \frac{m \cdot mg \cdot M}{m} + m \cdot g = 0,4 \cdot 4 \cdot 10 + 0,4 \cdot 10 =$$

$$= 5 \cdot 0,4 \cdot 10 = 20 \text{ Н}$$

Заметим, что $x_2 = \frac{F_{УПР}}{K} = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ м}$

Заметим, что $x_2 < x_0$, так что это возможно

$x_2 = 0,2 \text{ м}$

$$2) F_{УПР.Н} = x_0 \cdot K = 0,28 \cdot 100 = 28 \text{ Н}$$

$$a_{г.н} = \frac{F_{УПР.Н} - F_{TP}}{M} = \frac{28 - 0,4 \cdot 10}{4} =$$

$$= \frac{24}{4} = 6 \text{ м/с}^2$$

$a_{г.н} = 6 \text{ м/с}^2$

$$3) \text{ доска пройдет } x_0 - x_2 = 0,28 - 0,2 = 0,08 \text{ м}$$

Брусок пройдет относительно доски:

$$\Delta L = \frac{a_d \cdot t^2}{2} \quad \Delta x = \frac{a_g \cdot t^2}{2}$$

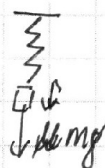
$$\Delta L' = F_{кцн} + E_{потер} - E_{пол}$$

V_g - скорость доски в этот момент

$$m_g a_g = Kx - m_g$$

$$a_g = \ddot{x} \quad \ddot{x} = Kx - m_g$$

Аналог такой колебания



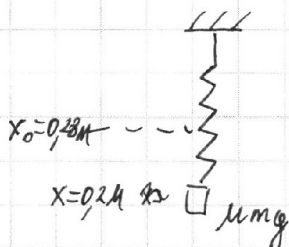


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
5 из 6

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!



$$kmg = F_{\text{TP}} \\ F_{\text{TP}} = k \Delta x = kmg \\ x = \frac{mg}{k} = \frac{4}{100} = 0.04 \text{ м}$$

$x = 0.04 \text{ м}$ - точка равновесия

$$E_{\text{пот}} = m g \Delta x + \frac{k(x - \Delta x)^2}{2} = E_{\text{кин}}$$

$$\frac{m v_g^2}{2} = -m g \Delta x + \frac{k(x - \Delta x)^2}{2} - \frac{k x^2}{2} + \frac{k(x - \Delta x)^2}{2}$$

$$\Delta x = 0.28 \text{ м} - 0.24 \text{ м} = 0.04 \text{ м}$$

$$v_g = \sqrt{\frac{2 m g}{m} + \frac{k(x - \Delta x)^2}{m}} =$$

$$= \sqrt{\frac{2 \cdot 0.4 \cdot 10}{4} + \frac{100 \cdot 0.04^2}{4}}$$

$$v_g = \sqrt{\frac{2 m g}{m} + \frac{k x^2}{m} - \frac{k(x - \Delta x)^2}{m}}$$

$$v_g = \sqrt{\frac{2 \cdot 0.4 \cdot 10}{4} + \frac{100 \cdot 0.28^2}{4} - \frac{100 \cdot 0.2^2}{4}}$$

это верно, т.к. mg направлена в одну сторону на этом промежутке.

$$v_g = \sqrt{2 + 4 \cdot 0.28 - 5 \cdot 0.2} =$$

$$= \sqrt{2 + 2.1 - 1} =$$

$$= \sqrt{1 + 1.1} = \sqrt{2.1} \text{ м/с}$$

$$v_g = \frac{\sqrt{44}}{5} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) 0.2 м
2) 6 м/с²
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
6 из 6

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!

$$\begin{aligned} V_g &= \sqrt{-0,08 \cdot 2 + 7 \cdot 0,28 - 5 \cdot 0,2} = \\ &= \sqrt{1,16 + 1,96} = \sqrt{0,8} \text{ м/с} = \underline{\underline{\frac{2}{\sqrt{5}} \text{ м/с}}} \end{aligned}$$

Ответ: 1) 0,2 м

2) 6 м/с²

3) $\frac{2}{\sqrt{5}}$ м/с



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!

$t_{нач} = 24^\circ\text{C} \approx 300\text{K}$, при такой температуре давление насыщен. пара $\approx 3,5\text{кПа}$
вначале парок почти не было

П.к. вся вода испарилась, то итоговая масса пара будет равна $M_B + M_{п.нач}$, т.к. как $M_B = 7M_{п.нач}$, то $M_{п.кон} = M_B + M_{п.нач} = 8M_{п.нач}$

$$\frac{M_{п.кон}}{M_{п.нач}} = \frac{8}{1}$$

Масса. $M_{п.} = V \cdot \rho_{п.} M_{H_2O}$, $\begin{cases} V = const \\ M_{H_2O} = const \end{cases} \Rightarrow M_{п.} \sim V$ количество вещества.

Идеальный газ $p_{п.} V_{п.} = \nu R T \Rightarrow V = \frac{p_{п.} V_{п.}}{R T}$; $V = const$

$V \sim \frac{p_{п.}}{T}$ Вся вода испарится в момент, когда $\frac{p_{п.}}{T}$ будет равно $\frac{p_{нач}}{t_{нач}}$

Сделаем примерную оценку t^* , считая уменьшения t значительно меньше, чем $p_{п.}$:
тогда $T = const$ и $p_{п.} = 8 p_{нач} = 8 \cdot 3,5 = 28\text{кПа}$
28кПа соответствует температуре $\approx 68^\circ\text{C}$

$$t = 68 + 273 = 341\text{K}$$

$$\frac{p_{п.}}{T} = \frac{8 p_{нач}}{341 t_{нач}} \quad x = \frac{300}{341} \cdot 8 \frac{p_{нач}}{t_{нач}} \approx 0,9 \cdot 8 \frac{p_{нач}}{t_{нач}} = 7,2 \frac{p_{нач}}{t_{нач}}$$

Значит t^* должна быть немного больше чем 341K.

Заметим, что график такой круче, т.е. давление сильно уменьшается относительно температуры. Пренебрежем изм. темп. и в этот раз.

$$p_{п.} \text{ нужно увеличить } \frac{341}{300} \text{ раз, что } \approx 1,14$$

$$28 \cdot 1,14 = 30,8 + 1,12 \approx 32\text{кПа}$$

32кПа соответствует температуре 42°C

Заметим, что $42^\circ\text{C} = 341 + 4 = 345\text{K}$

Уменьшение температуры в этот раз очень мало ($\frac{345}{341}$), так что мы можем пренебречь.



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!

Значит $t^* \approx 42^\circ\text{C}$

$$\varphi = \frac{p_{\text{кон}}}{p_{\text{нас}}} \quad p_{\text{нас.кон}} = 100 \text{ кПа}$$

$$p_{\text{кон}} \cdot V = \nu_{\text{кон}} \cdot R \cdot T_{\text{кон}}; \quad \nu = 8 \nu_{\text{нач}}; \quad p_{\text{нач}} \cdot V = \nu_{\text{нач}} \cdot R \cdot T_{\text{нач}}$$

$$p_{\text{кон}} = \frac{\nu_{\text{кон}} \cdot R \cdot T_{\text{кон}}}{V}$$

$$\frac{p_{\text{кон}}}{p_{\text{нач}}} = \frac{\nu_{\text{кон}} \cdot T_{\text{кон}}}{\nu_{\text{нач}} \cdot T_{\text{нач}}} \quad ; \quad \frac{\nu_{\text{кон}}}{\nu_{\text{нач}}} = \frac{8}{1} \quad \text{и} \quad \frac{T_{\text{кон}}}{T_{\text{нач}}} = \frac{343}{300}$$

$$p_{\text{кон}} = p_{\text{нач}} \cdot 8 \cdot \frac{343}{300} = 3,5 \cdot 8 \cdot 1,24$$

$$p_{\text{кон}} = 28 \cdot 1,24 \approx 28 + 5,6 + 1,2 \approx 34,8 \text{ кПа}$$

$$\varphi = \frac{p_{\text{кон}}}{p_{\text{нас}}} = \frac{34,8}{100} = 34,8\%$$

Ответ: 1) 8

2) $\approx 42^\circ\text{C}$

3) $\approx 34,8\%$



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
☐

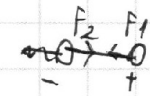
5
☐

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!

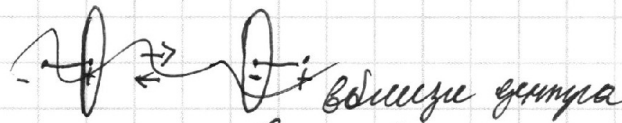


m - масса заряда

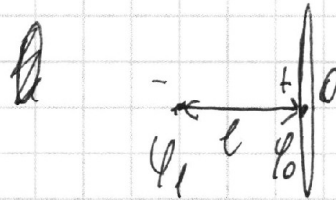
0

$F_1 > F_2$, т.к. заряд + в ближе к диску;

Если заряд + сможет достичь центра диска, и при этом ~~уже~~ ~~остановится~~ ~~остановится~~ малая скорость, то он сможет пролететь, т.е. положение, где заряд + находится в 0 и имеет кинетическую скорость соответствует максимуму колебаний.



Допустим, что в центре диполя есть потенциал φ_0 , а на расстоянии $l - \varphi_1$; расстояние l есть длина диполя:



$$(\varphi_0 - 0) \cdot q - (\varphi_1 - 0) \cdot q \rightarrow$$

потенц. элект. заряд

$$\rightarrow \frac{mV_0^2}{2}, \text{ т.е. т.к. заряд + в т. 0.}$$

будем считать, что $\varphi_0 q - \varphi_1 q = \frac{2mV_0^2}{2}$

Заряды уменьшились в 3 раза:

$$\text{т.е. } q' = \frac{1}{3}q, \text{ тогда: } (\varphi_0 - \varphi_1)q' = \frac{2mV_0^2}{2} \cdot \frac{1}{3}$$

$\Rightarrow$ при пролете диполя его кинетическая энергия уменьшится на $\frac{mV_0^2}{6}$ (скорость при входе (+ в т. 0) и выходе (- в т. 0) равны, т.к. потенц. энергии одинаковы)

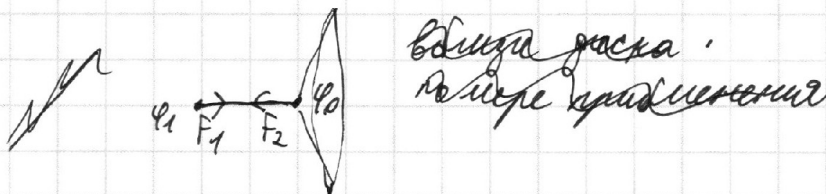


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Заметим положение φ_1 и φ_0 таковы, что $F_2 = F_1$:



если т.к. φ_0 очень мало, то φ_0 находится почти в центре.

то максимальная при полете соответствует этому положению:

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

т.к. φ_0 находится практически в центре, то скорость при пролете заряда + через центр ко можно считать равной v_1 , где

$$\frac{2m v_1^2}{2} = \frac{2m v_0^2}{2} - \frac{2m v_0^2}{2} \cdot \frac{1}{3}$$

$$v_1^2 = \frac{2}{3} v_0^2$$

$$v_1 = \sqrt{\frac{2}{3}} v_0$$

максимальная скорость при этом соотв. эквиваленту положению диполя:

$$\frac{2m v_2^2}{2} = \frac{2m v_0^2}{2} + \frac{2m v_0^2}{2} \cdot \frac{1}{3}$$

$$v_2^2 = v_0^2 + \frac{1}{3} v_0^2 = \frac{4}{3} v_0^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{4}{3}} v_0$$

$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{\sqrt{\frac{4}{3}} v_0}{\sqrt{\frac{2}{3}} v_0} = \sqrt{2}$$

Ответ: 1) $\sqrt{\frac{2}{3}} v_0$
2) $\sqrt{2}$



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

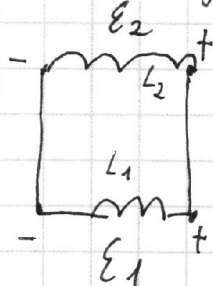
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\mathcal{E} = \frac{dB}{dt} \cdot S_1; \text{ ~~площадь одного витка~~}$$

$$\mathcal{E}_1 = \frac{dB}{dt} S_1 \cdot N$$

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{N}{N_2} \Rightarrow N_2 = \frac{L_2}{L_1} N = \frac{8}{5} N$$

$$\mathcal{E}_2 = \frac{dB}{dt} \cdot S_1 \cdot \frac{8}{5} N$$



$\mathcal{E}_0$ - Э DC системы

$$\mathcal{E}_0 = \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_1 = \frac{dB}{dt} \cdot S_1 \cdot \frac{3}{5} N, \text{ м.к.}$$

$\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ имеют одинаковую полярность

$$\mathcal{E}_0 = \frac{dI}{dt} (L_1 + L_2) = 13L \cdot \frac{dI}{dt}$$

По графику видно, что $\frac{dB}{dt}$ принимает значения
 $t \in [0; \frac{3}{4}T] - \frac{dB}{dt} = \text{const} = \frac{\frac{1}{5}B_0}{\frac{3}{5}T} =$

$$= \frac{8B_0}{15T}$$

$$t \in [\frac{3}{4}T; T] - \frac{dB}{dt} = \frac{\frac{3}{5}B_0}{\frac{1}{5}T} = \frac{12 \cdot B_0}{5 \cdot T}$$

$$\mathcal{E}_0 = \frac{8B_0}{15T} \cdot S_1 \cdot \frac{3}{5} N; \quad t \in [0; \frac{3}{4}T]$$

$$\mathcal{E}_0 = \frac{12 \cdot B_0}{5 \cdot T} \cdot S_1 \cdot \frac{3}{5} N; \quad t \in [\frac{3}{4}T; T]$$

$$13L \cdot \frac{dI}{dt} = \mathcal{E}_0 \Rightarrow 13L dI = \frac{\mathcal{E}_0 \cdot dt}{13L} \Rightarrow I = \frac{\mathcal{E}_0 \cdot t}{13L}$$

м.к. в начале $I = 0$, то



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!

$$13L I_{\text{кон}} = \underbrace{\frac{8}{15} \frac{V_0}{\tau} \cdot S_1 \cdot \frac{3}{5} n \cdot \frac{3}{4} \tau}_{\text{прошерстков } \tau \in [0; \frac{3}{4}\tau]} + \underbrace{\frac{12}{5} \frac{V_0}{\tau} \cdot S_1 \cdot \frac{3}{5} n \cdot \frac{1}{4} \tau}_{\tau \in (\frac{3}{4}\tau; \tau]}$$

$$13L I_{\text{кон}} = V_0 \cdot S_1 \cdot n \cdot \frac{8 \cdot 3 \cdot 3}{45 \cdot 5 \cdot 4} + V_0 \cdot S_1 \cdot n \cdot \frac{12 \cdot 3}{5 \cdot 5 \cdot 4}$$

$$13L I_{\text{кон}} = V_0 S_1 n \left(\frac{6}{25} + \frac{9}{25} \right) = V_0 S_1 n \cdot \frac{15}{25}$$

$$I_{\text{кон}} = \frac{V_0 S_1 n}{L} \cdot \frac{3}{65}$$

3.С.З;

$$\frac{L_1 I_{\text{кон}}^2}{2} + \frac{L_2 I_{\text{кон}}^2}{2} = \epsilon_0 \cdot q_0$$

$$q_0 = \frac{I_{\text{кон}}^2 \cdot 13L}{2 \epsilon_0} = \frac{V_0^2 \cdot S_1^2 \cdot n^2}{2L \cdot \epsilon_0} \cdot \frac{3^2}{13 \cdot 5^2}$$

$$q_0 = \frac{9}{650} \frac{V_0^2 \cdot S_1^2 \cdot n^2}{L \cdot \epsilon_0}$$

Ответ: 1) $\frac{3}{65} \frac{V_0 S_1 n}{L}$

2) $\frac{9}{650} \frac{V_0^2 S_1^2 n^2}{L \cdot \epsilon_0}$



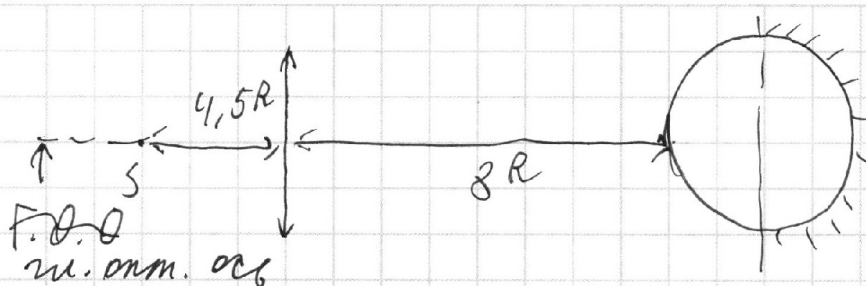
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

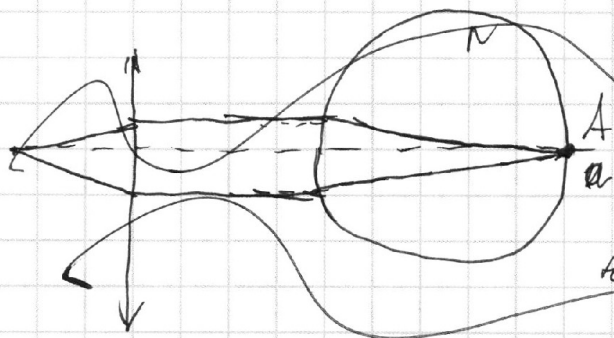
1 из 4

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!



экран позволяет только лучам, которые отклонены на очень малый угол от главной оптич. оси попасть на шар.

Чтобы увидеть изображение источника было видно в той же точке, что и сам источник луч должен идти так:



лучи идут симметрично относительно оптич. осей, но заметил, что в этом случае отражение не будет идеальным, т.е. лучи не будут всегда попадать на м. опт. осей, при изгибании п, так что этот вариант не подходит.

Заметил, что лучи должны идти симметрично относительно главной оптической оси п.с. отраженные лучи должны падать в точку O. Т.к. отверстие очень мало, то лучи, которые сильно отклоняются от точки A не попадут в него обратно.



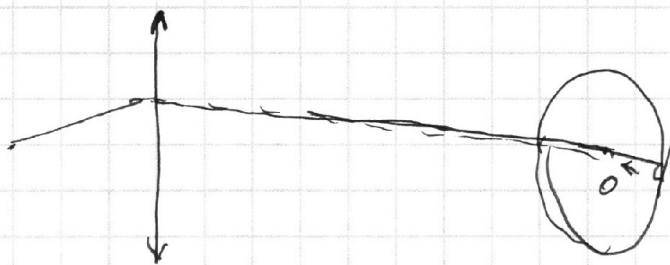
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

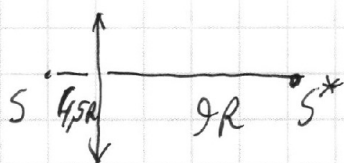
лучи должны падать перпендикулярно поверхности шара; так и не будет иметь значения.



луч отразится в том же направлении.

O находится на расстоянии $b+R$ от центра линзы.

$$b+R = 9R$$



расстояние

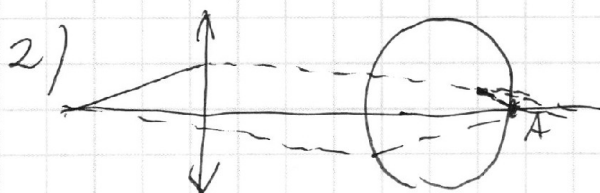
S^* должно находиться в O: лучи падающие на O всегда $\perp$ шару.

изображение S^* находится на расстоянии

$9R$:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{4,5R} + \frac{1}{9R} = \frac{2+1}{9R}$$

$$f = \frac{9R}{3} = 3R$$



внутри шара
лучи падают
в точку A, которая
находится на
глав. опт. оси.

В этом случае все лучи пройдут
отразятся симметрично опт.
и. опт. оси, вследствие чего
они будут пересекаться повторно в
S.



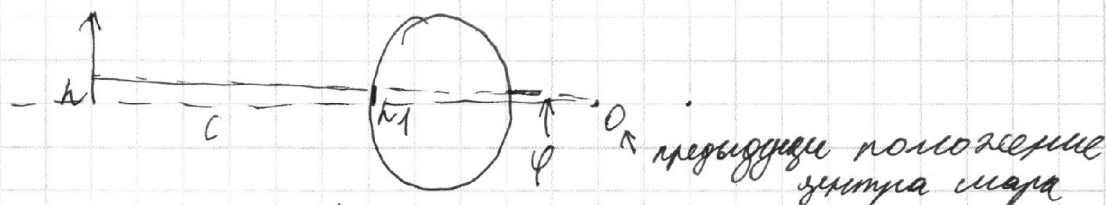
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

возьмем луч с малым углом φ :

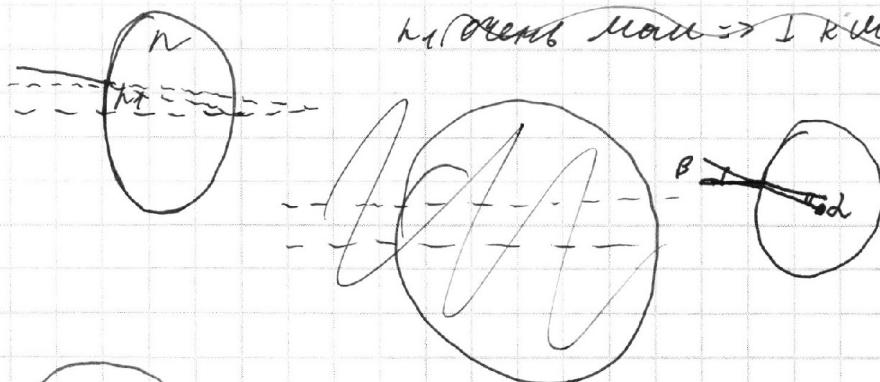


$$\sin \varphi = \varphi = \frac{h}{R}$$

$$c = 8R - 3R = 5R$$

$$h_1 = \varphi \cdot (9R - c) = 4R \cdot \varphi = \frac{h}{9R} \cdot 4R = \frac{4}{9}h - \text{из зам.}$$

h_1 (очень мал) $\Rightarrow \perp$ к шару || ос. ось



$$c = \frac{h_1}{R} \quad \beta = 90^\circ - \varphi = \frac{4h}{9R} - \frac{h}{9R} = \frac{1h}{39}$$

$d =$

$$\sigma = \frac{h_1}{2R}$$

$$\sigma + d = c$$

$$d = c - \sigma = 3R - \frac{4h}{18R} =$$

$$= \frac{2h}{18R} = \frac{1h}{9R}$$

по закону Снеллиуса:

$$\sin \beta \cdot 1 = \sin d \cdot n \Rightarrow \beta = n \cdot d \quad n = \frac{\beta}{d} = \frac{\frac{1}{3}}{\frac{1}{9}} = 3$$

н.р. угла малы



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!

$$n = \frac{9}{3} = 3$$

Ответ: 1) 3R
2) 3