



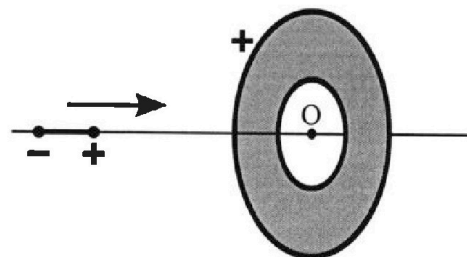
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

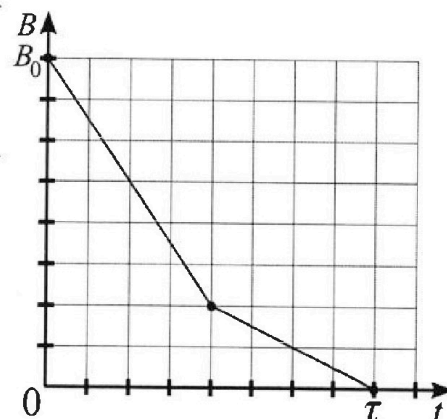
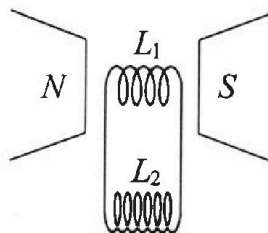


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



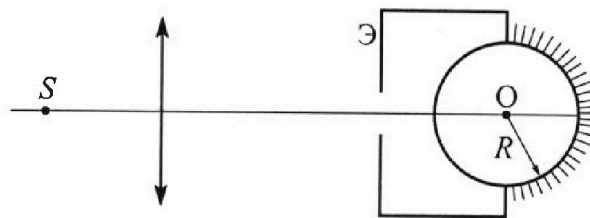
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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



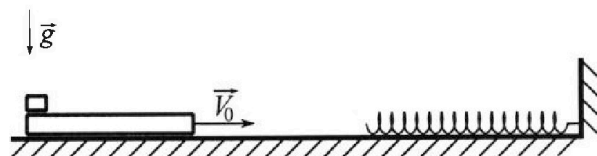
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

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 $V_0 = 1$ 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.

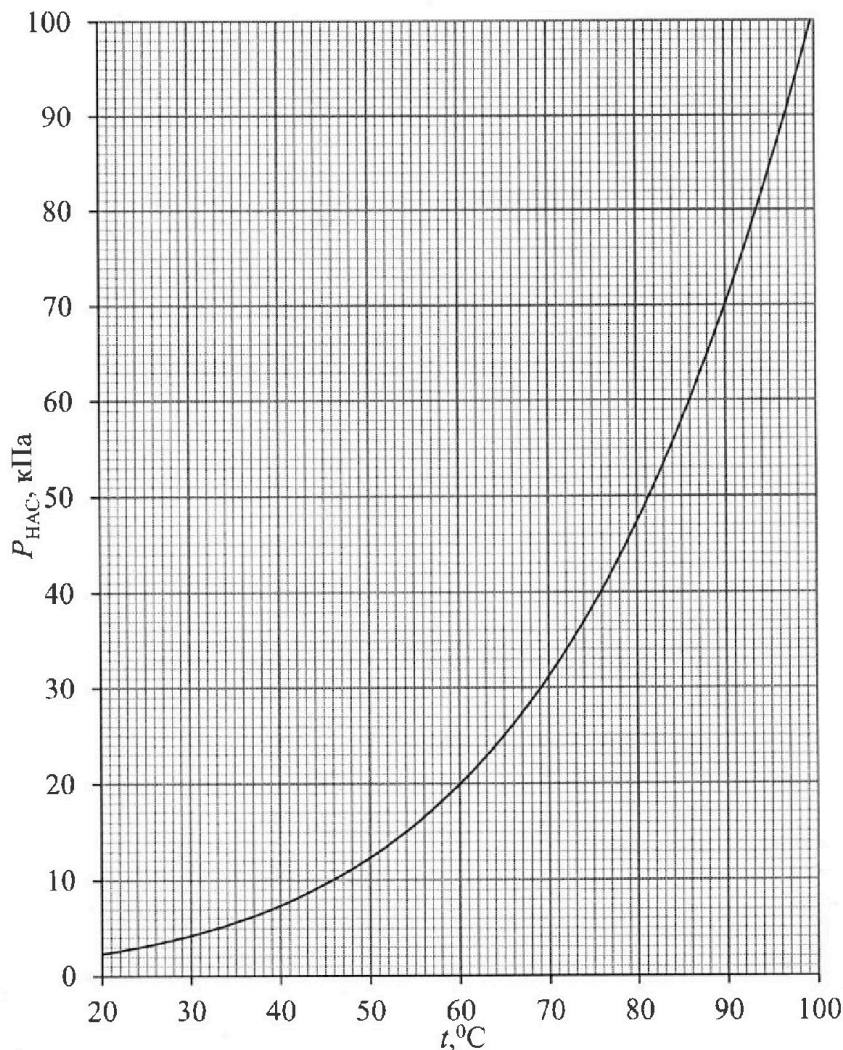


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 $\varphi_0 = 1/3$ (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 газ а 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 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

Дано:

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$V_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \text{ Н/м}$$

$$\mu = 0,3$$

$$g = 10 \text{ м/с}^2$$

$$\pi \approx 3$$

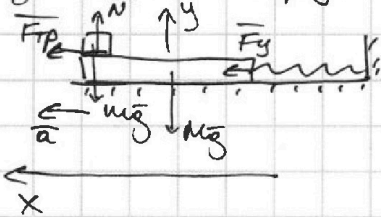
$$\Delta x - ?$$

$$A - ?$$

$$a - ?$$

Решение:

Рассмотрим момент, когда начнется относительное движение бруска и доски.



ззбх:

$$F_{тр} = ma$$

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

$$F_y = k \Delta x$$

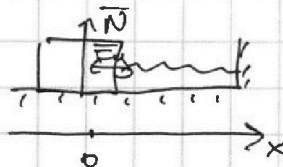
$$F_{тр} = \mu N$$

ззбу: $N = mg$

$$\begin{cases} \mu mg = ma \Rightarrow a = \mu g \\ k \Delta x = (m + M)a \Rightarrow \Delta x = \frac{(m + M)\mu g}{k} \end{cases}$$

$$\Delta x = \frac{(1 \text{ кг} + 2 \text{ кг}) \cdot 0,3 \cdot 10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}}{36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = \frac{9}{36} \text{ м} = 25 \text{ см}$$

До начала относительного движения бруска и доски их можно рассматривать как один груз массой $m + M$.



$x = 0$ — координата нерастянутого конца пружины (и несмещеного).

$$m' = m + M$$

$$m' a_x = -F_y = -kx$$

$$m' \ddot{x} + kx = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{k}{m'} x = 0 \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m'}}$$

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$x(0) = 0 \Rightarrow \varphi_0 = 0$$

$$v = A \omega \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$v(0) = V_0 \Rightarrow A \omega = V_0$$

$$A = \frac{V_0}{\omega}$$

$$\Delta x = A \sin(\omega t)$$

$$\sin(\omega t) = \frac{\Delta x}{A} = \frac{\Delta x \cdot \omega}{V_0} = \frac{\Delta x}{V_0} \sqrt{\frac{k}{m'}}$$

$$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m + M}} t\right) = \frac{\Delta x}{V_0} \sqrt{\frac{k}{m + M}}$$



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 ☐

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!

$$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}}\Delta t\right) = \frac{\Delta x}{V_0} \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \frac{(m+M)\mu g}{kV_0} \sqrt{\frac{k}{m+M}} =$$

$$= \frac{\mu g}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{0,3 \cdot 10 \frac{M}{c^2}}{1 \frac{M}{c}} \cdot \sqrt{\frac{1M+2M}{36 \frac{M}{M}}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{9}} = 1$$

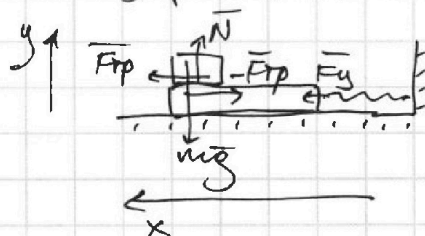
$$\Rightarrow \sqrt{\frac{k}{m+M}}\Delta t = \frac{\pi}{2} \quad (\text{Исходя из физического смысла})$$

$$\Delta t = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{1M+2M}{36 \frac{M}{M}}} = \frac{\pi}{6} c$$

$$\approx 0,5c$$

Заметим, что т.к. $\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}}\Delta t\right) = 1$, то $\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}}\Delta t\right) = 0$.
Т.е. $v(\Delta t) = 0$, т.е. скорость доски равна нулю $\Rightarrow$
 $\Rightarrow$ это и есть момент максимального сжатия пружины.

Возвратимся к первому пункту задачи.



$$\text{23 Мк: } Ma = F_x - F_{fr}$$

$$F_x = k\Delta x$$

$$F_{fr} = \mu N$$

$$\text{23 Мг: } N = mg$$

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

$$a = \frac{k\Delta x - \mu mg}{M} = \frac{(m+M)\mu g - \mu mg}{M} = \mu g$$

$$a = 0,3 \cdot 10 \frac{M}{c^2} = 3 \frac{M}{c^2}$$

$$\text{Answer: } \Delta x = 25 \text{ cm; } \Delta t = 0,5c; a = 3 \frac{M}{c^2}.$$



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!

Задача №2

Дано:

$$p_0 = 105 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 97^\circ \text{C}$$

$$\varphi_0 = 1/3$$

$$t = 33^\circ \text{C}$$

$$p_{\text{нп}}(t)$$

$$p_1 - ?$$

$$t^* - ?$$

$$\frac{V}{V_0} - ?$$

$$V_0$$

$$V_{\text{н}} \ll V_2$$

Решение:

$$p_1 = p_{\text{нп}}(t) \cdot \varphi_1 = p_{\text{нп}}(t_0) \cdot \varphi_0 = \frac{51 \text{ кПа}}{3} = 30,33 \text{ кПа}$$

Конденсация пара начнется, когда $\varphi = 1$.

Масса пара в воздухе при этом процессе (повышении температуры до t^*) не изменится (и кол-во молей тоже).

$$\begin{cases} (p_0 - p_1) V_0 = \nu_1 R T_0 \\ p_1 V' = \nu_1 R T^* \\ p_1 V_0 = \nu_1 R T_0 \\ p(t^*) V' = \nu_1 R T^* \end{cases}$$

ν_1 - моль воздуха (сухого)

p_1 - парциальное давление пара при t_1 .

p' - давление сухого воздуха при t^*

$S_1 = S_2 = S$ - площадь поршня

$$\text{ззНУ: } p_0' S = p S + M g = \text{const}$$

$$\Rightarrow p_0' = \text{const}$$

$\Rightarrow$ Давление газовой смеси под поршнем const $\Rightarrow$ равно p_0 .

Тогда $p' + p(t^*) = p_0$; V' - объём под поршнем, при котором начнется конденсация пара.

$p(t^*)$ - давление пара при температуре t^*

$$\Rightarrow \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p(t^*)} \cdot \frac{V_0}{V'} = \frac{T_0}{T^*} ; \frac{p_1}{p(t^*)} \cdot \frac{V_0}{V'} = \frac{T_0}{T^*}$$

$$\Rightarrow \frac{T_0}{T^*} \cdot \frac{V'}{V_0} = \frac{p_0 - p_1}{p_0 - p(t^*)} = \frac{p_1}{p(t^*)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p_0 \cdot p(t^*) - p_1 \cdot p(t^*) = p_1 \cdot p_0 - p_1 \cdot p(t^*) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow p(t^*) = p_1 \quad p_1 = 30,33 \text{ кПа} \Rightarrow t^* \approx 68^\circ \text{C}$$

найдём

При $t < t^*$ пар будет насыщенным $\Rightarrow p_{\text{н}}(t_k) = p_{\text{нп}}(t_k) =$
 $= p_{\text{нп}}(33^\circ \text{C}) = 5 \text{ кПа}$

$p_{\text{н}}(t_k)$ - давление пара при t_k .



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!

$$(p_0 - p_{\pi}(t_k)) V = \sqrt{1} R t_k$$
$$t_k = t = 33^\circ\text{C}$$
$$T_0 = t_0 = 37^\circ\text{C}$$

$$(p_0 - p_i) V_0 = \sqrt{1} R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{t_k}{T_0} \cdot \frac{(p_0 - p_i)}{p_0 - p_{\pi}(t_k)}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(33 + 273)\text{K}}{(37 + 273)\text{K}} \cdot \frac{105\text{кПа} - 30\text{кПа}}{105\text{кПа} - 5\text{кПа}} =$$

$$= \left| \frac{306}{370} \cdot \frac{75}{100} \right| = \frac{306}{370} \cdot \frac{224}{100 \cdot 3} = \frac{102 \cdot 224}{370 \cdot 100} = \frac{51 \cdot 112}{370 \cdot 25} = \frac{51 \cdot 56}{370 \cdot 25}$$
$$74 \frac{2}{3} = \frac{74 \cdot 3 + 2}{3} = \frac{224}{3}$$

$$= \frac{306}{370} \cdot \frac{75}{100} = \frac{306 \cdot 3}{370 \cdot 4} = \frac{459}{740}$$

Answer: $p_i = 30\text{кПа}$; $t^* = 69^\circ\text{C}$; $\frac{V}{V_0} = \frac{459}{740}$.



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!

Задача №3

Дано:

V_0

$\frac{3}{2}V_0$

$v_g - ?$

$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} - ?$

Решение:

ЗСЭ:

$$\frac{m_g \cdot v_g^2}{2} = \frac{m_g \cdot \left(\frac{3}{2}V_0\right)^2}{2} - \frac{m_g \cdot V_0^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$m - \text{масса гирьки} \quad \frac{m \cdot v_g^2}{2} = \frac{m \cdot \left(\frac{3}{2}V_0\right)^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$v_g = V_0 \cdot \sqrt{\frac{9}{4} - \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{7}}{2} V_0$$

Т.к. при пролёте гирьки его скорость постоянно убывает, т.к. диск постоянно его тормозит, $v_{\max} = v_{\text{нач}}$;

$v_{\min} = v_{\text{конечн}}$, где

$v_{\text{нач}}$ - начальная скорость гирьки

$v_{\text{конечн}}$ - конечная скорость гирьки

ЗСЭ:

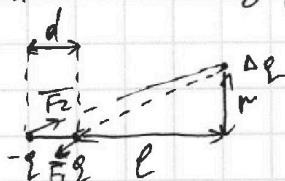
$$\frac{m v_{\min}^2}{2} = \frac{m \cdot \left(\frac{3}{2}V_0\right)^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2}$$

$$v_{\min} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{9}{4} - 1} = \frac{\sqrt{5}}{2} V_0$$

$$v_{\max} = \frac{3}{2} V_0$$

$$\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\frac{3}{2} V_0}{\frac{\sqrt{5}}{2} V_0} = \frac{3}{\sqrt{5}} = \frac{3\sqrt{5}}{5}$$

Рассмотрим взаимодействие гирьки с проектом тонким диском. Для этого выберем на нём небольшую площадку площадью ΔS и зарядом Δq .
 Т.к. $\Delta S \rightarrow 0$ заряд Δq можно считать точечным.





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
☐

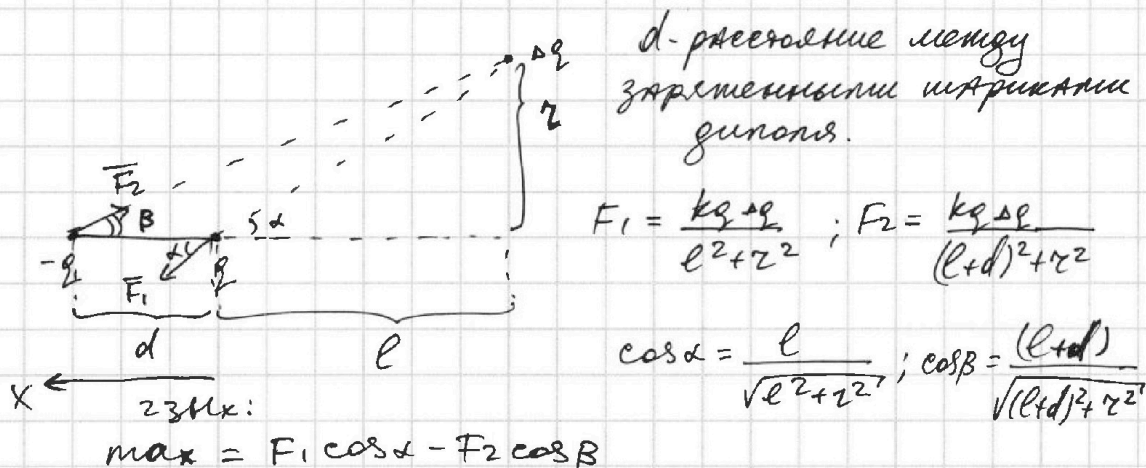
5
☐

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!



$$\begin{aligned} \max &= kq \cdot q \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{l^2 + z^2}} \cdot \frac{1}{l^2 + z^2} - \frac{1}{(l+d)^2 + z^2} \cdot \frac{l+d}{\sqrt{(l+d)^2 + z^2}} \right) = \\ &= kq \cdot q \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{(l^2 + z^2)^3}} - \frac{(l+d)}{\sqrt{((l+d)^2 + z^2)^3}} \right) = \\ &= kq \cdot q \cdot \frac{l \sqrt{((l+d)^2 + z^2)^3} - (l+d) \cdot \sqrt{(l^2 + z^2)^3}}{\sqrt{(l^2 + z^2)^3} \cdot \sqrt{((l+d)^2 + z^2)^3}} = \\ &= \frac{l \sqrt{((l+d)^2 + z^2)^3} \sqrt{(l+d)} \sqrt{(l^2 + z^2)^3}}{l^2 \cdot ((l+d)^2 + z^2)^3 \sqrt{(l+d)^2} \cdot (l^2 + z^2)^3} \\ \text{Пусть } (l+d)^2 &= s \\ &= \frac{l^2 (s + z^2)^3 \sqrt{s} (l^2 + z^2)^3}{l^2 (s^3 + 3s^2 z^2 + 3s z^4 + z^6) \sqrt{s} (l^6 + 3l^4 z^2 + 3l^2 z^4 + z^6)} + \\ &= \frac{z^6 \cdot (l^2 - s) + z^4 (3s l^2 - 3s l^2) +}{+ z^2 (3s^2 l^2 - 3s l^4) + (l^2 s^3 - s l^6) \sqrt{0}} \\ &= \frac{z^6 (l^2 - (l+d)^2) + 3z^2 l^2 ((l+d)^4 - l^4) +}{+ 3l^2 \cdot (l+d)^2 \cdot ((l+d)^4 - l^4) \sqrt{0}} \end{aligned}$$





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!

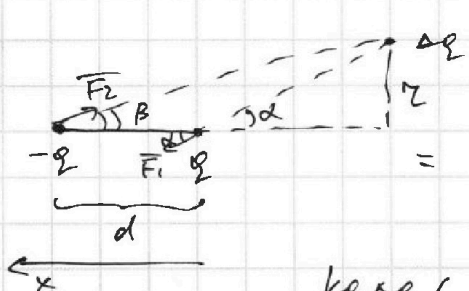
$$r^6(-2ed - d^2) + 3r^2e^2((e+d)^4 - e^4) + e^2 \cdot (e+d)^2 \cdot ((e+d)^4 - e^4) \neq 0$$

$$(e+d)^4 - e^4 = (e+d)^2 - e^2)(e+d)^2 + e^2) =$$

$$= d \cdot (2e+d) \cdot ((e+d)^2 + e^2)$$

$$- r^6(2e+d) \cdot d + e^2(3r^2 + (e+d)^2) \cdot d \cdot (2e+d) \cdot ((e+d)^2 + e^2) \neq 0$$

$$r = r$$



23 Кх:

$$\max = F_1 \cos \alpha - F_2 \cos \beta =$$

$$= \frac{kq\Delta q}{\left(\frac{r}{\sin \alpha}\right)^2} \cos \alpha - \frac{kq\Delta q}{\left(\frac{r}{\sin \beta}\right)^2} \cos \beta =$$

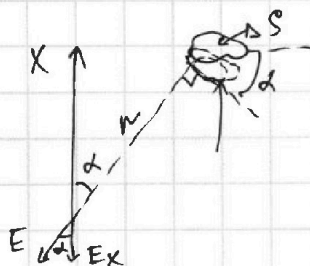
$$= \frac{kq\Delta q}{r^2} ((1 - \cos^2 \alpha) \cos \alpha - (1 - \cos^2 \beta) \cos \beta) =$$

$$= \frac{kq\Delta q}{r^2} (\cos \alpha - \cos^3 \alpha - \cos \beta + \cos^3 \beta) =$$

$$= \frac{kq\Delta q}{r^2} \cdot ((\cos \alpha - \cos \beta) \cdot (\cos \alpha - \cos \beta) (\cos^2 \alpha + \cos \alpha \cos \beta + \cos^2 \beta)) =$$

(минус)

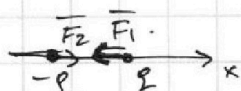
$$= \frac{kq\Delta q}{r^2} (\cos \alpha - \cos \beta)$$



$$\frac{\Delta S \cos \alpha}{4\pi r^2} \cdot \frac{E_0}{\cos \alpha} = E_x ; E_0 = \frac{G}{\epsilon_0}$$

$$\frac{\Delta S}{r^2} = \Delta \Omega$$

$$E_x = \frac{\Omega G}{4\pi \epsilon_0} \Rightarrow \text{т.к. } \Omega_1 > \Omega_2$$



$$\max = F_2 - F_1 = E_{x2} \cdot q - E_{x1} \cdot q =$$

$$= (E_{x2} - E_{x1}) q$$



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.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

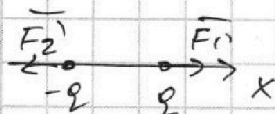
СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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!

$$\max = \frac{(\epsilon_2 - \epsilon_1) G q}{4\pi \epsilon_0}$$

$$\epsilon_2 < \epsilon_1 \Rightarrow a_x < 0 \Rightarrow \text{диполь тормозится}$$

Аналогично, когда диполь уже пролетел дырку.



$$\max = F_1 - F_2 = \frac{G q}{4\pi \epsilon_0} (\epsilon_1 - \epsilon_2)$$

$$\epsilon_1 < \epsilon_2 \Rightarrow a_x < 0 \Rightarrow \text{диполь тормозится.}$$

$$\Delta U = \frac{m(v_0)^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

Работа, исходя из симметрии, т.к. диполем ~~находящимся~~ со стороны дырки была совершена одинаковая работа до пролёта и после пролёта.

$$\text{ЗПД: } \frac{m(\frac{3}{2}v_0)^2}{2} = \Delta U + \frac{mv_g^2}{2}$$

$$\text{Ответ: } v_g = \frac{\sqrt{2}}{2} v_0; \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{3\sqrt{5}}{5}$$



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.

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

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 №4

Дано: Решение:

$L_1 = L$

n

S_1

B_0

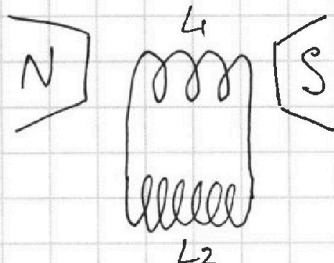
$L_2 = 3L$

τ

$B(t)$

$I_0 = ?$

$q = ?$



Заметим, что магнитный поток через контур, состоящий из катушек индуктивности, сохраняется.

Тогда

$$\Phi = \Phi_0$$

Φ_0 - магнитный поток в ^{из катушки} начальном момент времени.

Φ - магнитный поток из катушки в произвольный момент времени.

Тогда $B_0 n S_1 = I_0 (L_1 + L_2)$

$$\Rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S_1}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 n S_1}{4L}$$

В любой момент времени

$$B n S_1 = I (L_1 + L_2) \Rightarrow I = B \cdot \frac{n S_1}{L_1 + L_2}$$

$$q = \int_0^{\tau} I dt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q = \int_0^{\tau} B \cdot \frac{n S_1}{L_1 + L_2} dt = \frac{n S_1}{L_1 + L_2} \int_0^{\tau} B dt$$

$\int_0^{\tau} B dt$ - площадь под графиком $B(t)$ от 0 до τ .

$$\int_0^{\tau} B dt = \frac{B_0 + \frac{B_0}{4}}{2} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{B_0}{4} \cdot \frac{\tau}{2} =$$

$$= B_0 \tau \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{8} \right) = \frac{7}{16} B_0 \tau$$

$$q = \frac{n S_1}{4L} \cdot \frac{7 B_0 \tau}{16} = \frac{7}{64} \cdot \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$$

Ответ: $I_0 = \frac{B_0 n S_1}{4L}$; $q = \frac{7}{64} \cdot \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$



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.



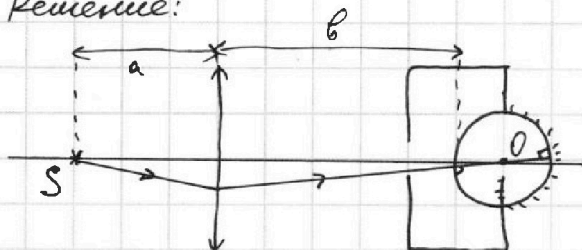
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Дано: | Решение:

F
 $a = 1,1F$
 $b = 10,5F$
 $R = ?$
 $a = 5,5F$
 $n = ?$
 $\sin \alpha \approx \alpha$



Ход луча в шаре не будет зависеть от показателя преломления, только если все лучи входят и выходят из шара без преломления.

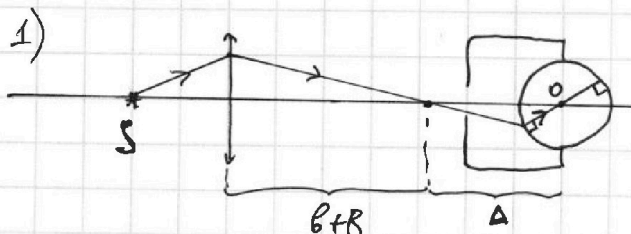
$\Rightarrow$ Все лучи проходят через центр шара O . По обратности хода лучей получим, что луч, отразившись от зеркальной поверхности шара, пойдет ~~назад~~ по той же пути, что и пришел, назад сфокусируется в той же точке, где находится источник.

$$\text{Тогда: } \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R}$$

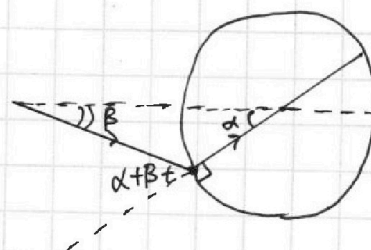
$$\Rightarrow b+R = \frac{aF}{a-F} \Rightarrow R = \frac{aF}{a-F} - b$$

$$R = \frac{1,1F \cdot F}{1,1F - F} - 10,5F = 11F - 10,5F = \frac{F}{2} = 0,5F$$

Далее рассмотрим два возможных хода луча.



Луч идет по той же пути назад.



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

α и β малы, тогда $n \ll 1$

$\Rightarrow$ Случай не реализуется



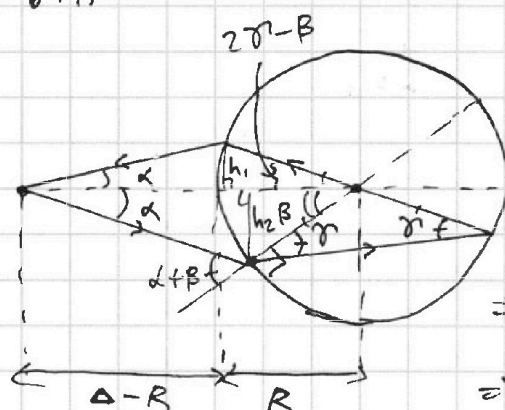
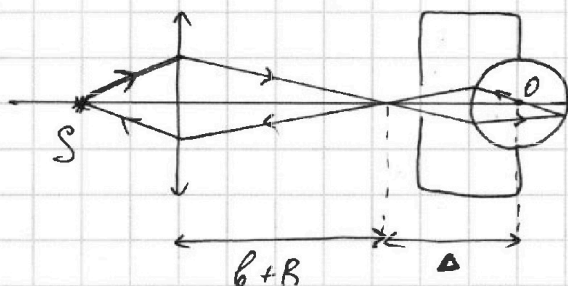
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)



Угол малый,
поэтому
 $\sin \alpha \approx \tan \alpha \approx \alpha$

$$\Rightarrow h_1 / \tan \alpha = h_2 / \tan \alpha = \Delta - R$$

$$\Rightarrow h_1 = h_2$$

$$h_1 / \tan(2\alpha - \beta) = h_2 / \tan(\beta) = R$$

$$\Rightarrow 2\alpha - \beta = \beta \Rightarrow \alpha = \beta$$

$$\begin{cases} \sin(\alpha + \beta) = n \sin \alpha \\ (\Delta - R) \tan \alpha = h_2 = R \tan \beta \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \alpha + \beta = n\beta \\ (\Delta - R)\alpha = R\beta \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} n = \frac{\alpha + \beta}{\beta} \\ \alpha = \beta \cdot \frac{R}{\Delta - R} \end{cases}$$

$$n = \frac{\beta \cdot \frac{R}{\Delta - R} + \beta}{\beta} = \frac{\frac{R}{\Delta - R} + 1}{1} = \frac{\Delta}{\Delta - R}$$

$$n = \frac{5,5F}{5,5F - 0,5F} = \frac{55}{50} = 1,1$$

Ответ: $R = 0,5F$; $n = 1,1$.



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
__ 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!

