



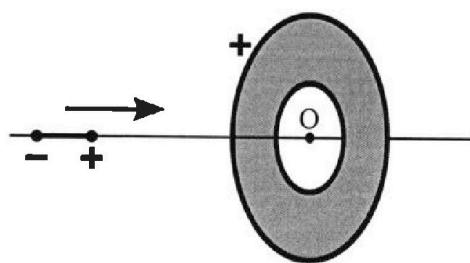
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025**



Вариант 11-03

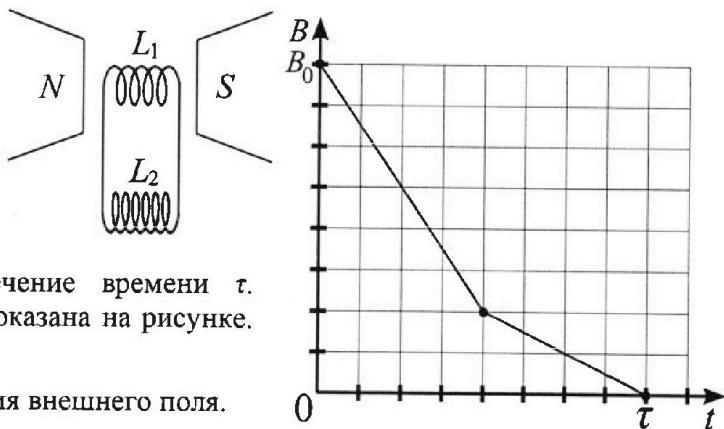
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполю сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



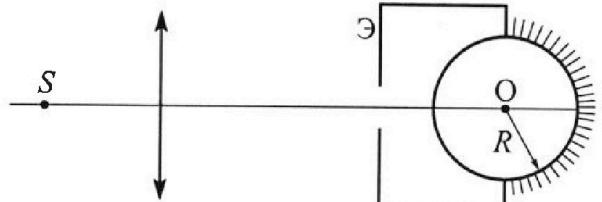
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 3L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удалённый от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран \mathcal{E} с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

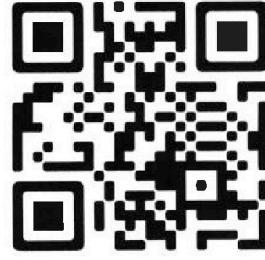
После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

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



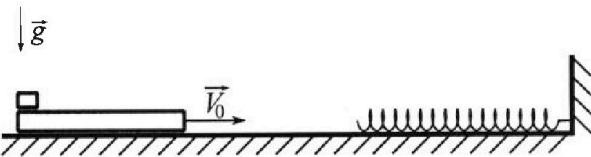
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



Вариант 11-03

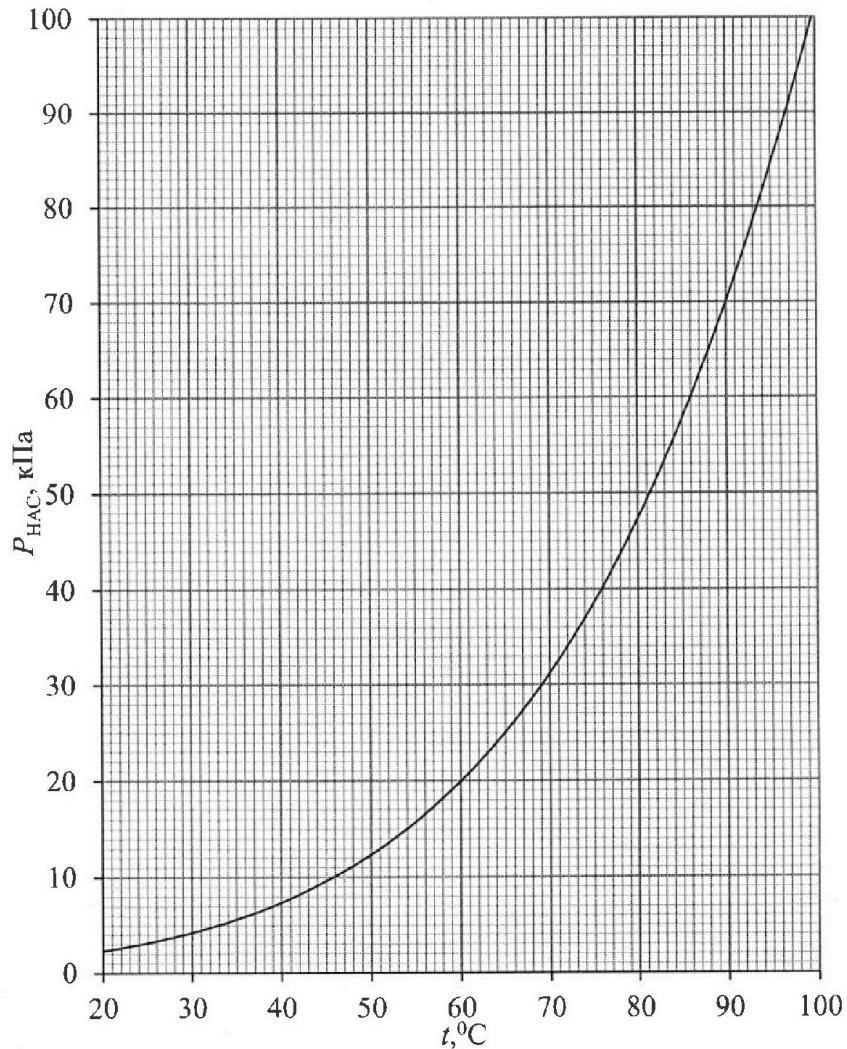
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.



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

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



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

Объёмом жидкости 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.

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

СТРАНИЦА
1 из 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!

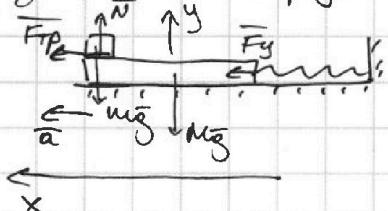
Задание № 1

Дано:

$$\begin{aligned} M &= 2 \text{ кг} \\ m &= 1 \text{ кг} \\ V_0 &= 1 \text{ м/с} \\ k &= 36 \text{ Н/м} \\ \mu &= 0,3 \\ g &= 10 \text{ м/с}^2 \\ \pi &\approx 3 \\ \Delta x - ? \\ \Delta t - ? \\ a - ? \end{aligned}$$

Решение:

Рассмотрим момент, когда начинается одновременное движение бруска и доски.



23) Нx:

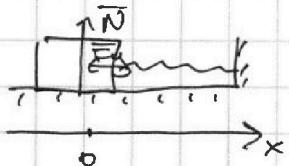
$$\begin{aligned} F_{Tp} &= ma \\ F_y &= (m+M)a \\ F_y &= k\Delta x \\ F_{Tp} &= \mu N \end{aligned}$$

$$23) Нy: N = mg$$

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

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

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



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

$$\begin{aligned} m' &= m+M \\ m' a_x &= -F_y = -kx \end{aligned}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

$$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m'+M}} \Delta t\right) = \frac{\Delta x}{V_0} \sqrt{\frac{k}{m'+M}}$$



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.

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

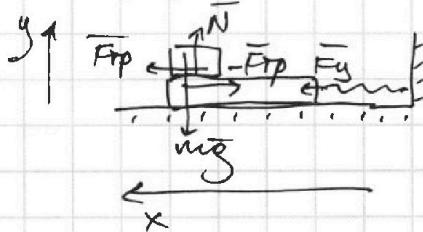
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

$$\begin{aligned} \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+m}}\Delta t\right) &= \frac{\Delta x}{V_0} \sqrt{\frac{k}{m+m}} = \frac{(m+M)\mu g}{k V_0} \sqrt{\frac{k}{m+m}} = \\ &= \frac{\mu g}{V_0} \cdot \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{0,3 \cdot 10 \frac{m}{c^2}}{1 \frac{m}{c}} \cdot \sqrt{\frac{3m+2m}{36 \frac{m}{m}}} = 3 \cdot \sqrt{\frac{1}{3}} = 1 \\ \Rightarrow \sqrt{\frac{k}{m+m}}\Delta t &= \frac{\pi}{2} \quad (\text{Исходя из физического смысла}) \\ \Delta t &= \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m+m}{k}} = \frac{\pi}{2} \cdot \sqrt{\frac{1m+2m}{36 \frac{m}{m}}} = \frac{\pi}{6} c \\ &\approx 0,5 c \end{aligned}$$

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.

Возвращаемся к первоначальной задаче.



$$\text{запись: } Ma = F_y - F_{fr}$$

$$F_y = kax$$

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

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

$$\text{запись: } N = mg$$

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

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

$$\text{Ответ: } \Delta x = 25 \text{ см}; \Delta t = 0,5 \text{ с}; a = 3 \frac{m}{c^2}.$$

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.



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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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

Задание №2

Дано:

$$p_0 = 105 \text{ кПа}$$

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

$$\varphi_0 = 1/3$$

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

$$p_{\text{нр}}(t)$$

$$p_1 - ?$$

$$t^* - ?$$

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

$$V_m \ll V_0$$

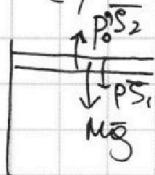
Решение:

$$p_1 = p_{\text{нр}}(t_1) \cdot \varphi_1 = p_{\text{нр}}(t_0) \cdot \varphi_0 = \frac{91 \text{ кПа}}{3} = 30,33 \text{ кПа}$$

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

Масса пара в воздухе при этом процессе (последнем температура ϑ до t^*) не изменилась (и кот-бо тоже чаше).

$$\begin{cases} (p_0 - p_1)V_0 = V_1 R T_0 \\ p_1 \cdot V' = V_1 R T^* \\ p_1 V_0 = V_1 R T_0 \\ p_1(t^*) V' = V_1 R T^* \end{cases}$$



V_1 - моль воздуха (сухого)

p_1 - парциальное давление пара при t_1 .

p' - давление сухого воздуха при t^*

$S_1 = S_2 = S$ - площадь поверхности

$$p_0' S = p_0 S + Mg = \text{const}$$

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

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

Тогда $p' + p(t^*) = p_0$; V' - объём под поршнем, при котором начнёт конденсироваться пар.

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

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

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

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

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

Найдено

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

$p_{\text{нр}}(t_k)$ - 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 |
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

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!

$$(p_0 - p_{\text{ref}}(t_k)) V = V_1 R + k$$

$$f_k = f = 33^\circ\text{C}$$

$$T_0 = t_0 = 37^\circ\text{C}$$

$$(p_0 - p_1) V_0 = V_1 R T_0$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{t_k}{T_0} \cdot \frac{(p_0 - p_1)}{p_0 - p_{\text{ref}}(t_k)}$$

$$\begin{aligned} \frac{V}{V_0} &= \frac{(33+273)K}{(37+273)K} \cdot \frac{105\text{ kPa} - 30\text{ kPa}}{105\text{ kPa} - 5\text{ kPa}} = \\ &= \frac{\frac{306}{370} \cdot \frac{74^2}{100}}{\frac{306}{370} \cdot \frac{224}{100 \cdot 3}} = \frac{102 \cdot 224}{370 \cdot 100} = \frac{54 \cdot 112}{370 \cdot 25} = \underline{\underline{5156}} \end{aligned}$$

$$= \frac{306}{370} \cdot \frac{75}{100} = \frac{306 \cdot 3}{370 \cdot 4} = \frac{458}{740}$$

$$\text{Ortner: } p_1 = 30\text{ kPa}; \quad t^* = 63^\circ\text{C}; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{458}{740}.$$



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.

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

СТРАНИЦА
1 ИЗ 4

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

Задание № 3

Дано: Решение:

V_0

$\frac{3}{2} V_0$

$v_g - ?$

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

Задача:

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

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

$$v_g = V_0 \cdot \sqrt{\frac{3}{4} - \frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{7}}{2} V_0$$

т.к. при пролёте диска его скорость постоянно удваивается, т.к. диск последовательно его трогают, $v_{\max} = v_{\min}$;

$$v_{\min} = v_{\text{начало}}$$

$v_{\text{начало}} - начальная скорость диска$
 $v_{\text{конец}} - конечная скорость диска$

Задача:

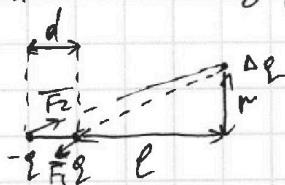
$$\frac{m v_{\min}^2}{2} = \frac{m \cdot \left(\frac{3}{2} V_0\right)^2}{2} - \frac{m \cdot V_0^2}{2}$$

$$v_{\min} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{3}{4} - 1} = \frac{\sqrt{5}}{2} V_0$$

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

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

Рассмотрим взаимодействие диска с плоским упакованным зерном. Для этого выберем на нём небольшую площадку произвольной формы и зарядим её. Т.к. $\sigma S \rightarrow 0$ заряд ΔQ можно считать точечным.



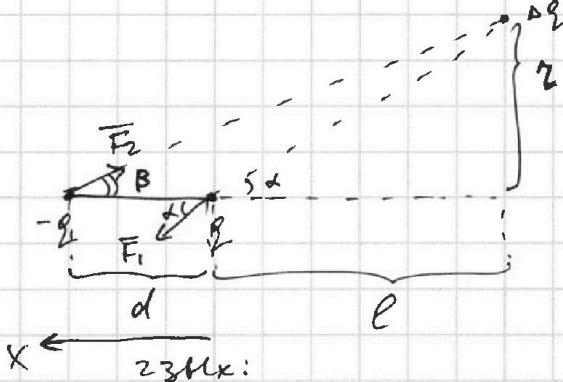


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



d - расстояние между зарядами или штифтами dipolis.

$$F_1 = \frac{kq\Delta q}{l^2 + r^2}; F_2 = \frac{kq\Delta q}{(l+d)^2 + r^2}$$

$$\cos \alpha = \frac{l}{\sqrt{l^2 + r^2}}; \cos \beta = \frac{(l+d)}{\sqrt{(l+d)^2 + r^2}}$$

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

$$\max = kq\Delta q \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{l^2 + r^2}} \cdot \frac{1}{l^2 + r^2} - \frac{1}{(l+d)^2 + r^2} \cdot \frac{l+d}{\sqrt{(l+d)^2 + r^2}} \right) =$$

$$= kq\Delta q \cdot \left(\frac{l}{\sqrt{(l^2 + r^2)^3}} - \frac{(l+d)}{\sqrt{(l+d)^2 + r^2)^3}} \right) =$$

$$= kq\Delta q \cdot \frac{l \sqrt{(l+d)^2 + r^2)^3} - (l+d) \cdot \sqrt{(l^2 + r^2)^3}}{\sqrt{(l^2 + r^2)^3} \cdot \sqrt{(l+d)^2 + r^2)^3}}$$

$$l \sqrt{(l+d)^2 + r^2)^3} \sqrt{(l+d)} \sqrt{(l^2 + r^2)^3}$$

$$l^2 \cdot ((l+d)^2 + r^2)^3 \sqrt{(l+d)^2 \cdot (l^2 + r^2)^3}$$

$$\text{Решение } (l+d)^2 = s$$

$$l^2(s + r^2)^3 \sqrt{s(l^2 + r^2)^3}$$

$$l^2(s^3 + 3s^2r^2 + 3sr^4 + r^6) \sqrt{s(l^6 + 3l^4r^2 + 3l^2r^4 + r^6)}$$

$$r^6 \cdot (l^2 - s) + r^4(3sl^2 - 3sr^2) +$$

$$+ r^2(3s^2l^2 - 3sl^4) + (l^2s^3 - sr^6) \neq 0$$

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



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

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

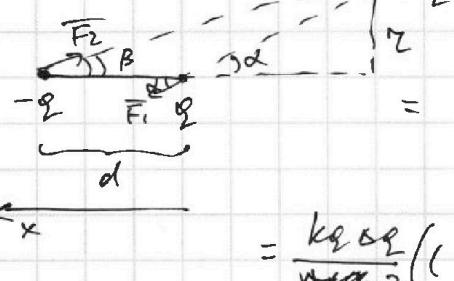
$$\begin{aligned} & \gamma^6 (-2\ell d - d^2) + 3\gamma^2 \ell^2 ((\ell+d)^4 - \ell^4) + \\ & + \ell^2 \cdot (\ell+d)^2 \cdot ((\ell+d)^4 - \ell^4) \geq 0 \\ & (\ell+d)^4 - \ell^4 = ((\ell+d)^2 - \ell^2)(\ell+d)^2 + \ell^2) = \\ & = d \cdot (2\ell+d) (\ell+d)^2 + \ell^2) \end{aligned}$$

$$-\gamma^6 (2\ell+d) \cdot d + \ell^2 (3\gamma^2 + (\ell+d)^2) \cdot d \cdot (2\ell+d) \cdot ((\ell+d)^2 + \ell^2) \geq 0$$

$$\gamma = n$$

23 блок:

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



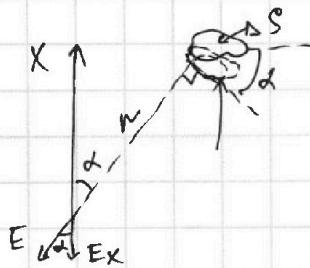
$$= \frac{kq\alpha}{(\frac{r}{\sin \alpha})^2} \cos \alpha - \frac{kq\alpha}{(\frac{r}{\sin \beta})^2} \cos \beta =$$

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

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

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

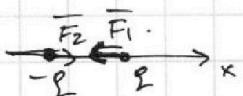
$$= \frac{kq\alpha}{r^2} (\cos \alpha - \cos \beta)$$



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

$$\frac{\Delta S}{r^2} = \Delta S_2$$

$$E_x = \frac{\Delta S G}{4\pi \epsilon_0 r^2} \Rightarrow \text{т.к. } \Delta S_1 > \Delta S_2$$



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

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



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

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

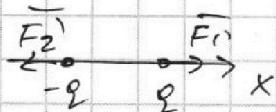
СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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!

$$\max = \frac{(\mu_2 - \mu_1) G q}{4\pi\epsilon_0}$$

$\mu_2 < \mu_1 \Rightarrow \alpha x < 0 \Rightarrow$ диполь тормозится

Аналогично, когда диполь уже пролетел диска.



$$\max = F_1' - F_2' = \frac{Gq}{4\pi\epsilon_0} (\mu_1' - \mu_2')$$

$\mu_1' < \mu_2' \Rightarrow \alpha x < 0 \Rightarrow$ диполь тормозится.

здесь

$$\Delta U$$

$$\Delta U$$

Фаза, исходя из симметрии, т.к. диполем

~~направление~~ ее стороны диска была совершена

одинаковая работа до пролёта и после пролёта,

$$\Delta U = \frac{m(V_0)^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$3 \text{ рж: } \frac{m(\frac{3}{2}V_0)^2}{2} = \Delta U + \frac{mv^2}{2}$$

$$\text{Ответ: } V_g = \frac{\sqrt{7}}{2} V_0 ; \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{3\sqrt{5}}{5} .$$



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.

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

Задание № 4

Дано: | Решение:

$$L_1 = L$$

$$n$$

$$S_1$$

$$B_0$$

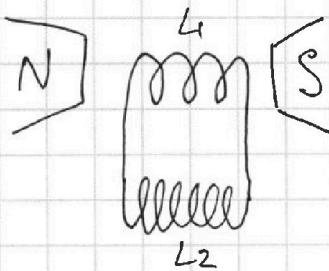
$$L_2 = 3L$$

$$\tau$$

$$B(t)$$

$$I_0 - ?$$

$$q - ?$$



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

Тогда

$$\Phi = \Phi_0$$

Φ_0 - магнитный поток в
начальном момент времени.

Φ - магнитный поток в τ катушки
в произвольный момент времени.

$$\text{Тогда } B_0 n S_1 = I_0 (L_1 + L_2)$$

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

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 .

$$\begin{aligned} \int_0^\tau B dt &= \frac{B_0 + \frac{B_0}{4}}{2} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{B_0}{4} \cdot \frac{\tau}{2} = \\ &= B_0 \tau \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{16} + \frac{1}{8} \right) = \frac{7}{16} B_0 \tau \end{aligned}$$

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

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



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.

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

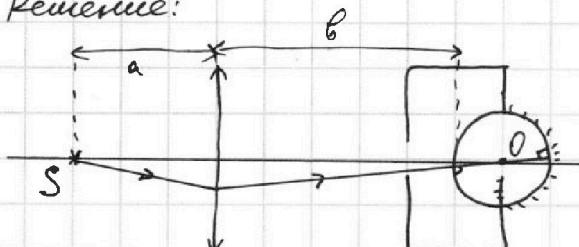
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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:

$$\begin{aligned} F \\ a = 1,1F \\ b = 10,5F \\ R - ? \\ \Delta = 5,5F \\ n - ? \end{aligned}$$



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

⇒ Все лучи проходят через центр шара O.

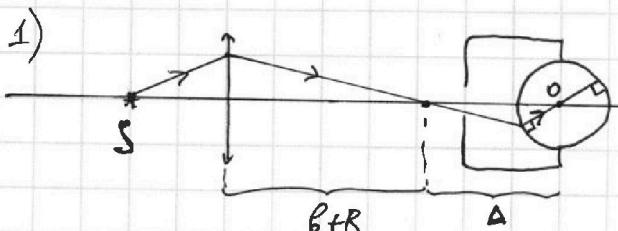
По обратимости хода лучей получим, что луч, отразившись от зеркальной поверхности шара, пойдет ~~направо~~ по тому же пути, что и пришел, находит сферу и погружается в туда же тонкое, где находится источник.

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

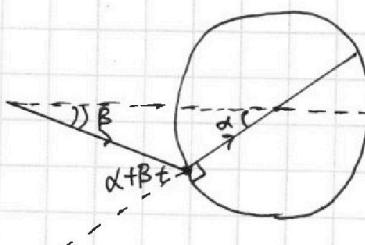
$$\Rightarrow b+R = \frac{aF}{a-F} \Rightarrow R = \frac{aF}{a-F} - b$$

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

Далее рассмотрим два возможных хода луча.



Луч идет по тому же пути, что и путь изображения.



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

α и β малы, тогда есть
⇒ Сущий не реализуется



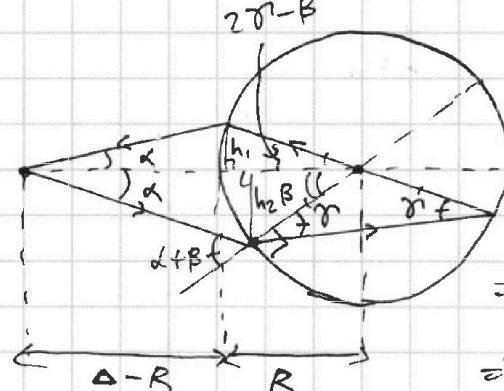
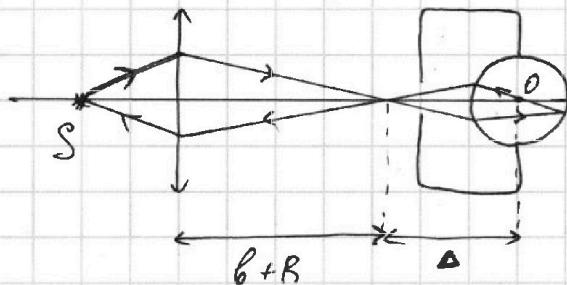
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
2 из 2

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

2)



Учимся писать,
нотации
 $\sin \alpha = \frac{h_1}{R} \approx \alpha$

$$\Rightarrow h_1 / \tan(\alpha + \beta) = h_2 / \tan \alpha = \Delta - R$$

$$\Rightarrow h_1 = h_2$$

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

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

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

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

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

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

Ortsber: $R = 0,5F$; $n = 1,1$.



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!