



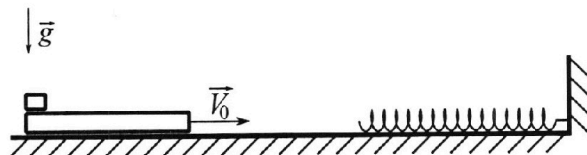
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

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.

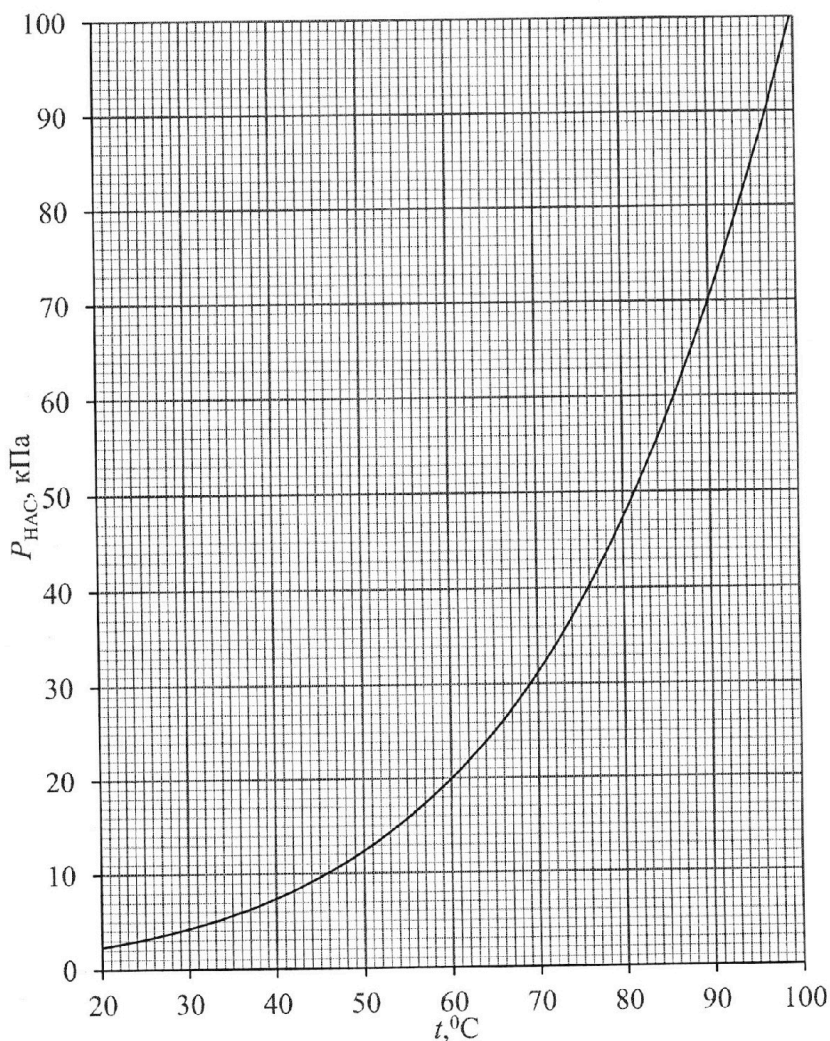


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





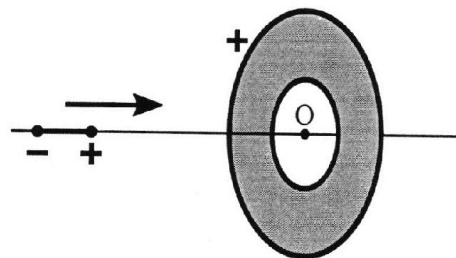
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

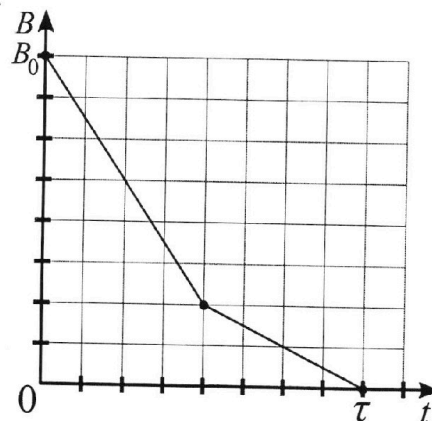
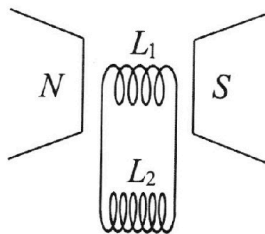


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



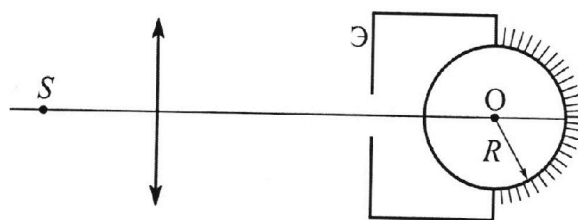
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 , 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



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!

$$M = 2 \text{ кг}$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$U_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

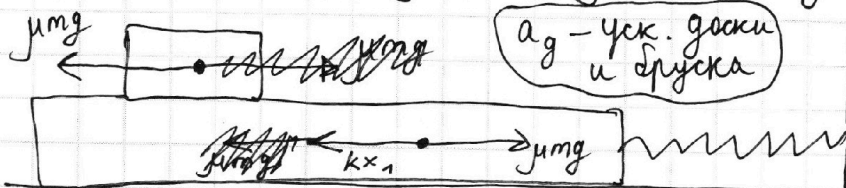
$$\mu = 0,3$$

$$1) X_1 - ?$$

$$2) \tau - ?$$

$$3) a_m - ?$$

1) Когда начнётся отнес. дв-е бруска и доски, трение между бруском и доской достигнет макс. значения μmg ; $\mu mg = ma_g \Rightarrow a_g = \mu g$



$$kx_1 - \mu mg = Ma_g; \Rightarrow x_1 = \frac{\mu g(M+m)}{k}$$

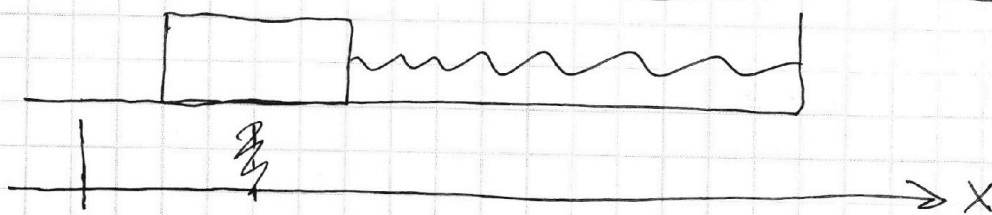
До момента нач. отнес. дв-я доску и брусок можно рассм. как 1 тело массой $M+m$, оно будет совершать колеб. с

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

до нач. прыжка:

$$\Rightarrow \frac{0,3 \cdot 10 \cdot (2+1)}{36} = \frac{9}{36} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

$$\text{Ответ: } 1) x_1 = \frac{1}{4} \text{ м}$$



посл. равновесия, не дер. пруж.

$$x(t) = A \cos(\omega t + \varphi)$$



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
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!

$$\begin{cases} \dot{x}(0) = -A\omega \sin \varphi = v_0 \\ x(0) = A \cos \varphi = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \varphi = -\frac{\pi}{2} \end{cases}$$

$$A = \frac{v_0}{\omega}$$

$$x(t) = \frac{v_0}{\omega} \cos(\omega t - \frac{\pi}{2}) = \frac{v_0}{\omega} \sin \omega t$$

$$\dot{x}(t) = \frac{v_0}{\omega} \cdot \omega \cos \omega t = v_0 \cos \omega t$$

$$\ddot{x}(t) = -v_0 \omega \sin \omega t = -a_g$$

$$\ddot{x}(\tau) = -v_0 \omega \sin \omega \tau = -a_g$$

$$\sin \omega \tau = \frac{a_g}{v_0 \omega}$$

$$\sin \omega \tau = \frac{\mu g}{v_0 \omega} \quad \text{~~g = \mu g~~}$$

$$\sin \omega \tau = \frac{\mu g}{v_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}}$$

$$\tau = \frac{1}{\omega} \arcsin \left(\frac{\mu g}{v_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M+m}}} \right) =$$



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

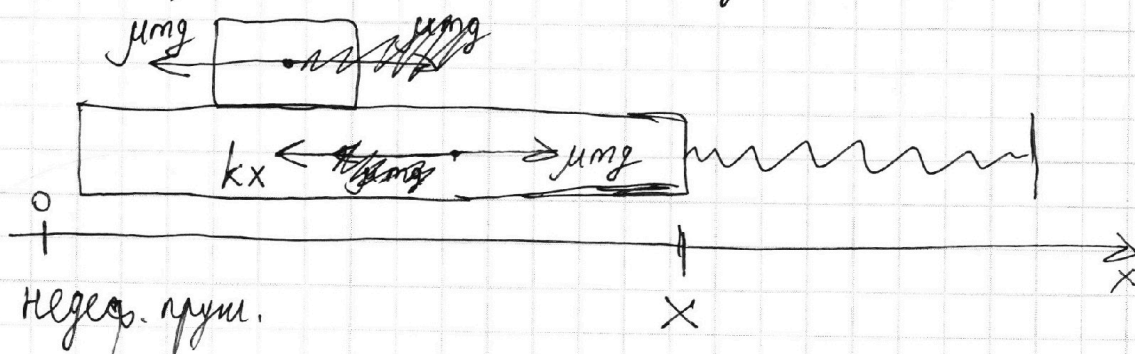
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$= \sqrt{\frac{M+m}{k}} \arcsin \left(\frac{\mu g \sqrt{M+m}}{v_0 \sqrt{k}} \right) =$$

$$= \sqrt{\frac{2+1}{36}} \arcsin \left(\frac{0,3 - 10 \cdot \sqrt{2+1}}{1 \cdot \sqrt{36}} \right) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \arcsin \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \frac{\pi}{3} = \frac{1}{\sqrt{12}} \cdot \frac{3}{3} = \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ с}$$

3) Когда начнётся откл. дв-е: Ответ: 2) $\tau = \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ с}$



доска: $-kx + \mu mg = M\ddot{x}$

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

$$\ddot{x} + \frac{k}{M}x = \frac{\mu mg}{M}$$

$$x = \tilde{x} + \frac{\mu mg}{M} \cdot \frac{M}{k}$$

$$\ddot{\tilde{x}} + \frac{k}{M}\tilde{x} = 0$$



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

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!

$$\omega_1^2 = \frac{k}{M}$$

~~$$x(t_1) = -B\omega_1 \sin(\omega_1 t_1 + \varphi_1)$$~~

$$x(t_1) = B \cos(\omega_1 t_1 + \varphi_1) \Rightarrow$$

$$x(t_1) = B \cos(\omega_1 t_1 + \varphi_1) + \frac{\mu mg}{k}$$

отсчёт
времени
от момента
откл. вниз.

$$x(0) = x_1 = B \cos \varphi_1 + \frac{\mu mg}{k}$$

$$\dot{x}(0) = v_1 = -B\omega_1 \sin \varphi_1$$

~~$$\dot{x}(\tau) = v_0 \cos \omega \tau = v_0 \cos \omega \tau$$~~ (было определено ранее)

$$\varphi_1 = v_0 \cos \omega \tau$$

~~$$x(t_1) = -B\omega_1^2$$~~

~~Справка~~

$$x_{\max} = \frac{\mu mg}{k} \text{ — макс. сжатие пружины.}$$

$$kx_{\max} - \mu mg = -Ma_m$$



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
1 из 3

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!

$$\begin{aligned} p_0 &= 105 \text{ кПа} \\ t_0 &= 97^\circ \text{C} \\ \varphi_0 &= \frac{1}{3} \text{ (33,3\%)} \\ t &= 33^\circ \text{C} \end{aligned}$$

- 1) p_1 - ?
- 2) t^* - ?
- 3) $\frac{V}{V_0}$ - ?

Т.к. содержимое цилиндра остывает постепенно, то процесс всё время будет нас-ся в равновесии, значит:

$$p_{\text{внеш}} + p_{\text{парцип}} = p_{\text{внутр}} = \text{const}$$

$$p_{\text{внутр}} = \text{const} = p_0$$

$$p_{\text{внеш}} = p_0 - p_{\text{парцип}}(t_0) = p_0 - \varphi_0 p_{\text{нас.п.}}(t_0)$$

$$1) \varphi_0 = \frac{p_1}{p_{\text{нас.п.}}(t_0)} \Rightarrow p_1 = \varphi_0 p_{\text{нас.п.}}(t_0) =$$

$$= \frac{1}{3} \cdot 105 = 35 \text{ кПа}$$

2) Пока конденсация не началась кол-во пара под поршнем неизменно и равно $V_{\text{п}}$. Кол-во веш. воздуха равно $V_{\text{в}}$

$$p_0 = \frac{V_{\text{п}} RT_c}{V_c} + \frac{V_{\text{в}} RT_c}{V_c}$$

$$p_0 = \frac{RT_c}{V_c} \cdot (V_{\text{п}} + V_{\text{в}}) = \text{const}$$

T_c - темп. влажн. возд.

V_c - объём влажн. возд.

$$\text{Значит, } \frac{T_c}{V_c} = \text{const}$$



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 3

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!

парциальное давл. пара:

$$p_n = \frac{\nu_n RT_c}{V_c}$$

$$\nu_n = \text{const}$$

$$\frac{T_c}{V_c} = \text{const}$$

$\Rightarrow p_n = \text{const} \Rightarrow$ пока конд. пара не началась, его давление не изм.

Когда начнется конденсация пара, пар будет насыщ., поэтому, учит, полученное выше, имеем:

$$p_{\text{нас.п.}}(t^*) = p_1 = 30 \frac{1}{3} \text{ кПа}$$

t^* опред. по графику, получаем, что $t^* = 69^\circ\text{C}$

3) В конце остывания пар также будет насыщ., его парциальное давление равно

$$p_n(33^\circ\text{C}) = 5 \text{ кПа (из графика)}$$

$$p_o = p_n(33^\circ\text{C}) + \frac{\nu_n RT}{V} = p_1 + \frac{\nu_n RT_o}{V_o}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\nu_n RT}{V} = p_o - p_n(33^\circ\text{C}) \quad (1) \\ \frac{\nu_n RT_o}{V_o} = p_o - p_1 \quad (2) \end{array} \right.$$



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 3

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!

$$(1) : (2) =$$

$$\frac{\frac{V_0 RT}{V}}{\frac{V_0 RT_0}{V_0}} = \frac{p_0 - p_n(33^\circ\text{C})}{p_0 - p_1}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 273 \\ 97 \\ 370 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 273 \\ 33 \\ 306 \end{array}$$

$$\frac{\frac{T}{V}}{\frac{T_0}{V_0}} = \frac{p_0 - p_n(33^\circ\text{C})}{p_0 - p_1}$$

$$\frac{T}{V} \cdot \frac{V_0}{T_0} = \frac{p_0 - p_n(33^\circ\text{C})}{p_0 - p_1} \quad | \cdot \frac{T_0}{T}$$

$$\frac{V_0}{V} = \frac{(p_0 - p_n(33^\circ\text{C})) T_0}{(p_0 - p_1) \cdot T}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(p_0 - p_1) T}{(p_0 - p_n(33^\circ\text{C})) T_0} = \frac{(105 - 30\frac{1}{3}) \cdot (33 + 273)}{(105 - 5) \cdot (97 + 273)} =$$

$$= \frac{75 \cdot 306}{100 \cdot 370} \approx 0,75$$

Ответ: $p_1 = 30\frac{1}{3} \text{ кПа}$

$$t^* = 69^\circ\text{C}$$

$$\frac{V}{V_0} \approx 0,75$$

Вот округлим
 p_1 до 30 кПа,
 так можно
 сделать,
 т.к. точность
 графика
 небольшая.



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!

U_0

1) $U_c - ?$

2) $\frac{U_{\max}}{U_{\min}} - ?$

1)

Если энерг. взаим. "+" диполя с диском W , то энерг. взаим. "-" диполя с диском равна $-W$, т.к. по усл. заряды диполя равны по модулю и противоположны по знаку, а также, т.к. центр диполя в центре диска, то расст. от "+" диполя до центра диска равно расст. от "-" диполя до центра диска.

На бесконечности (откуда диполь сообщен ск-ть $\frac{3}{2}U_0$) энерг. взаимодейств. диполя с диском равна нулю.

по ЗСЭ:
$$\frac{m \left(\frac{3}{2}U_0\right)^2}{2} = W + (-W) + \frac{m U_c^2}{2}$$

$$U_c = \frac{3}{2}U_0$$

2) Когда диполь не долетит до диска, сила отталкивания "+" диполя от диска больше силы притяжения "-" диполя к диску, т.к. расст. от "+" диполя до диска ~~больше~~ меньше расст. от "-" диполя до диска. Поэтому диполь тормозит.



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!

Когда "+" диполь будет в центре диска, сила взаим. этого "+" с диском равна нулю (из симметрии). "-" диполь притяг-ся к диску. Значит, диполь начнёт разгоняться.

Когда "+" диполь окажется за центром диска, а "-" диполь ещё не дойдёт до центра диска, на диполь действ. сила отталки. "+" диполя и диска и сила притяж. "-" диполя и диска, эти силы сонаправл., диполь продолжает разгоняться.

Когда "-" диполь будет в центре диска, сила взаим. этого "-" с диском равна нулю (из симметрии), на диполь действ. сила отталки. диска и "+" диполя. Диполь разгоняется.

Когда "-" диполь окажется дальше центра диска, ~~на диполь~~ сила притяж. "-" диполя и диска больше силы отталки. "+" диполя от диска, т.к. раст. от "-" диполя до диска меньше раст. от "+" диполя до диска. Значит, диполь тормозит

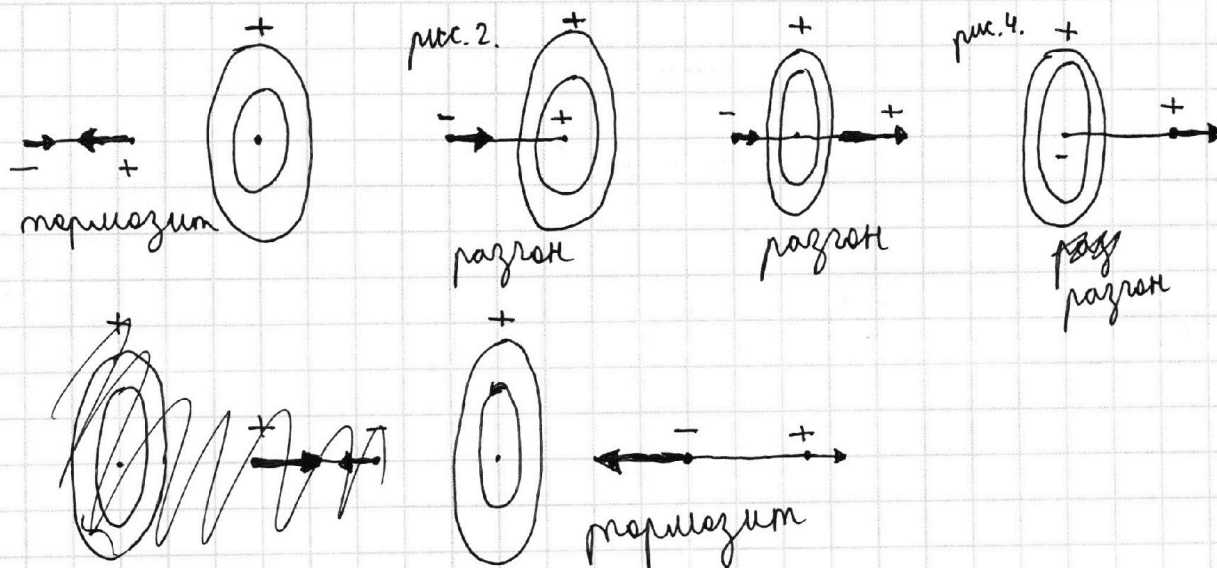


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



Значит, ср-ть диполя минимальна, когда "+"
диполя в центре диска (рис. 2), максимальна, когда "-"
диполя в центре диска (рис. 4).

~~Как и в вопросе 4) энергия~~

Пусть на рис. 2 энерг. взаим. диполя с диском W_2 , тогда
на рис. 4 энерг. взаим. диполя с диском $-W_2$, т.к.
рис. 4 отличается от рис. 2 только знаками зарядов ди-
поля, которые стоят на соответств. местах.

по ЗСЭ:
$$\begin{cases} \frac{mU_0^2}{2} = W_2 + 0 & (m - \text{масса диполя}) \\ \frac{mU_{\min}^2}{2} + W_2 = \frac{mU_{\max}^2}{2} - W_2 = \frac{m \cdot (\frac{3}{2}U_0)^2}{2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \frac{mU_{\min}^2}{2} + \frac{mU_0^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \\ \frac{mU_{\max}^2}{2} - \frac{mU_0^2}{2} = \frac{mU_0^2}{2} \cdot \frac{9}{4} \end{cases}$$

$$\begin{cases} U_{\min}^2 = \frac{9}{4}U_0^2 - U_0^2 \\ U_{\max}^2 = \frac{9}{4}U_0^2 + U_0^2 \end{cases}$$

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

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
4 из 4

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

$$\begin{cases} v_{\min}^2 = \frac{5}{4} v_0^2 \\ v_{\max}^2 = \frac{13}{4} v_0^2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} v_{\min} = \frac{v_0 \sqrt{5}}{2} \\ v_{\max} = \frac{v_0 \sqrt{13}}{2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{\frac{v_0 \sqrt{13}}{2}}{\frac{v_0 \sqrt{5}}{2}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$$

Ответ: 1) ~~1/2~~ $v_c = \frac{3}{2} v_0$ 2) $\frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$

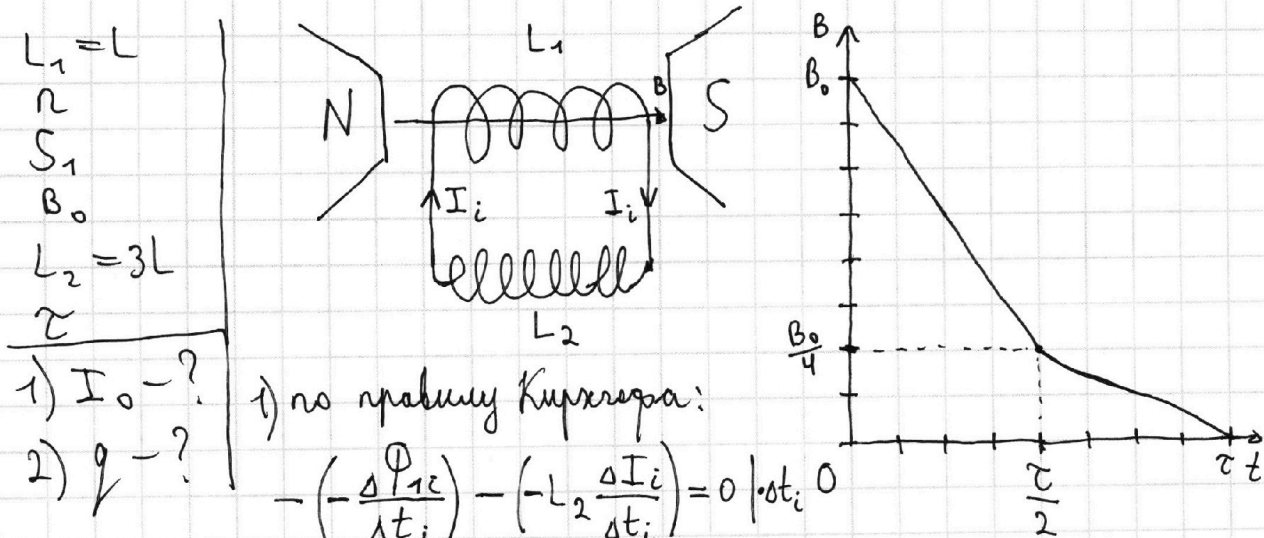


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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!



(ЭДС индукции в катушках уже расписаны по 3-му Фараде)

$$\Delta \Phi_{12} + L_2 \Delta I_i = 0$$

$$\Delta (B_i S_1 n + L_1 I_i) + L_2 \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n \Delta B_i + L_1 \Delta I_i + L_2 \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n \Sigma \Delta B_i + (L_1 + L_2) \Sigma \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n (0 - B_0) + (L_1 + L_2) (I_0 - 0) = 0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$$

2) из 1): $S_1 n \Delta B_i + (L_1 + L_2) \Delta I_i = 0$

просуммируем такие равенства до некоторого момента времени, получим:

$$S_1 n \Sigma \Delta B_i + (L_1 + L_2) \Sigma \Delta I_i = 0$$

$$S_1 n (B_i - B_0) + (L_1 + L_2) \cdot (I_i - 0) = 0$$

т.к. $I_i = \frac{\Delta q_i}{\Delta t_i}$, то

$$S_1 n (B_i - B_0) + (L_1 + L_2) \cdot \frac{\Delta q_i}{\Delta t_i} = 0 \quad | \cdot \Delta t_i$$

~~ток в катушке~~
 в так в кат. L_1 равен
 току в кат. L_2 , т.к.
 катушки соединены
 последовательно



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!

$$S_1 n (B_i \Delta t_i - B_0 \Delta t_i) + (L_1 + L_2) \Delta q_i = 0$$

$$S_1 n (\sum B_i \Delta t_i - B_0 \sum \Delta t_i) + (L_1 + L_2) \sum \Delta q_i = 0$$

$$S_1 n (\sum B_i \Delta t_i - B_0 \tau) + (L_1 + L_2) q = 0$$

$\sum B_i \Delta t_i$ — это площадь под графиком $B(t)$, взя-
тая со знаком „-“, т.к. поле уменьшается.

$$\sum B_i \Delta t_i = - \left(\frac{B_0 + \frac{B_0}{4}}{2} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{\frac{B_0}{4} \cdot \frac{\tau}{2}}{2} \right) =$$

$$= - \left(\frac{5B_0}{8} \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{B_0 \tau}{16} \right) = - \left(\frac{5B_0 \tau}{16} + \frac{B_0 \tau}{16} \right) = - \frac{6B_0 \tau}{16} =$$

$$= - \frac{3B_0 \tau}{8}$$

Подставим: $S_1 n \left(- \frac{3B_0 \tau}{8} - B_0 \tau \right) + (L_1 + L_2) q = 0$

$$(L_1 + L_2) q = S_1 n \left(\frac{3}{8} B_0 \tau + \frac{3}{8} B_0 \tau \right)$$

$$(L_1 + L_2) q = S_1 n \cdot \frac{11}{8} B_0 \tau$$

$$q = \frac{\frac{11}{8} B_0 \tau S_1 n}{L_1 + L_2} = \frac{\frac{11}{8} B_0 \tau S_1 n}{L + 3L} = \frac{11 B_0 \tau S_1 n}{8 \cdot 4L} = \frac{11 B_0 \tau S_1 n}{32L}$$

Т.к. ток в L_1 равен току в L_2 , то зар. q — заряд протек.
через любое сеч. провода, в том числе и через кат. L_1 .

Ответ: 1) $I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{4L}$ 2) $q = \frac{11 B_0 \tau S_1 n}{32L}$



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 ☐

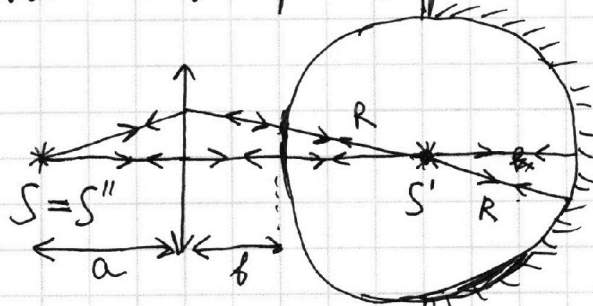
СТРАНИЦА
1 из 3

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!

F
 $a = 1,1F$
 $b = 10,5F$
1) $R - ?$
 $\Delta = 5,5F$
2) $n - ?$

1) ~~Если~~ ~~тогда~~ ~~изобр-е~~ ~~источника~~ ~~совпадает~~ ~~с~~ ~~самим~~ ~~источником~~, ~~то~~ ~~это~~ ~~возможно~~ ~~в~~ ~~двух~~ ~~случаях~~!

1) ~~Если~~ ~~тогда~~ ~~изобр. источника~~ ~~совпало~~ ~~с~~ ~~самим~~ ~~источником~~ ~~при~~ ~~любом~~ ~~показателе~~ ~~преломления~~ ~~в~~ ~~вещества~~ ~~шара~~, ~~нужно~~, ~~чтобы~~ ~~изобр. источника~~, ~~данное~~ ~~линзой~~ ~~было~~ ~~в~~ ~~центре~~ ~~шара~~.



S' — изобр., данное линзой
 S'' — изобр., данное системой „линза-шар“

Луч, не совпадающий с главн. опт. осью линзы (см. рис.) каждый раз идёт по нормали к ~~в~~ поверхности шара (нормаль — радиус)
Также идёт луч, совпадающий с гл. опт. осью линзы.

Поэтому, из-за обратимости лучей, изобр-е источника в системе „линза-шар“ совпадает с самим источником.



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 3

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!

по ф-ле тонкой линзы:

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

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} + \frac{1}{10,5F+R}$$

$$\begin{array}{r} 10,5 \\ 1,1 \\ \hline 11,6 \end{array}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{10,5F+R+1,1F}{1,1F(10,5F+R)} \quad | \cdot F$$

$$\begin{array}{r} 105 \\ 11 \\ \hline 105 \\ 105 \\ \hline 1155 \end{array}$$

$$1 = \frac{11,6F+R}{1,1(10,5F+R)}$$

$$11,6F+R = 1,1 \cdot 10,5F + 1,1R$$

$$11,6F - 1,1 \cdot 10,5F = 1,1R - R$$

$$11,6F - 1,1 \cdot 10,5F = 0,1R \quad | \cdot 100$$

$$1160F - 11 \cdot 105F = 10R$$

$$1160F - 1155F = 10R$$

$$5F = 10R$$

$$F = 2R$$

$$R = \frac{F}{2} \quad \text{Ответ: } 1) R = \frac{F}{2}$$

2) Точка переноса центра шара, ~~если~~ изобр. совпадёт с самим источником, если луч, не совпад. с глав. опт. осью, преломившись о пов-ть шара, попадёт в точку пересек. глав. опт. оси и



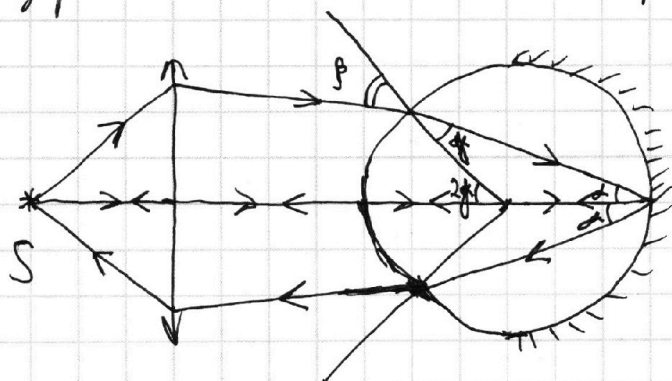
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

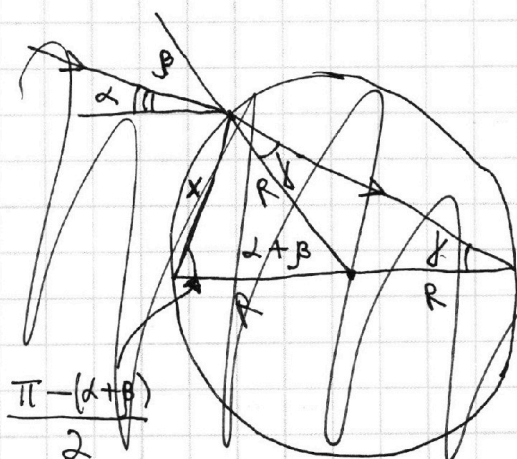
СТРАНИЦА
3 из 3

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!

зеркальный пов-ти шара (см. рис.)



$$\beta = n\gamma$$



$$\begin{aligned} \alpha + \beta &= 2\gamma \\ \alpha + \gamma &= 2\gamma \\ \alpha &= 2\gamma \end{aligned}$$

$$\begin{cases} 2\gamma = \beta \\ \beta = n\gamma \\ n = 2 \end{cases}$$

Ответ: 2) $n = 2$.

Т.к. экран обеспечивает малость углов, то все расчёты будем вести в параксимальном приближении, сразу заменяя $\sin$ на сам угол.

Т.к. экран обеспеч. малость углов лучей падающих на шар с опт. осью, то будем считать, что пад. // лучик



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!

$M_{am} \approx$



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!

