



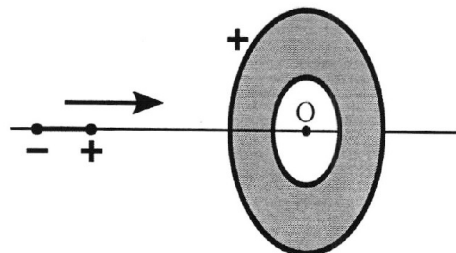
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



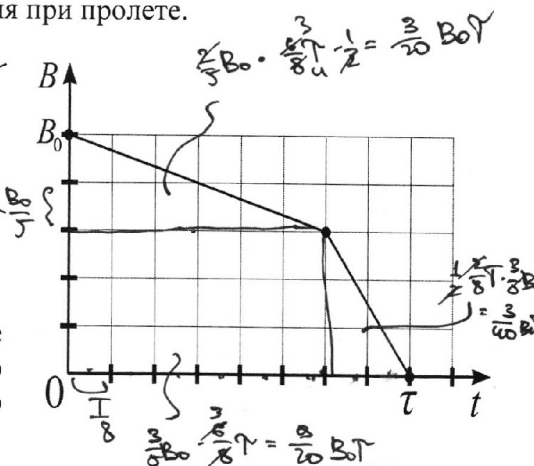
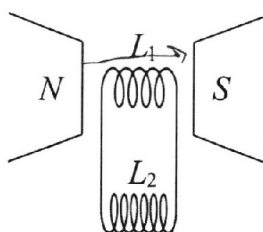
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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

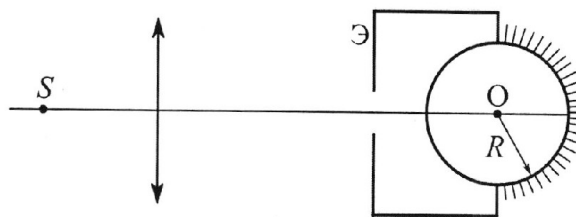
4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



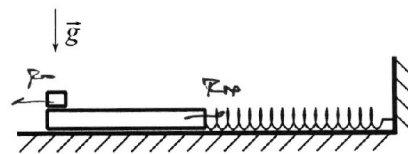
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

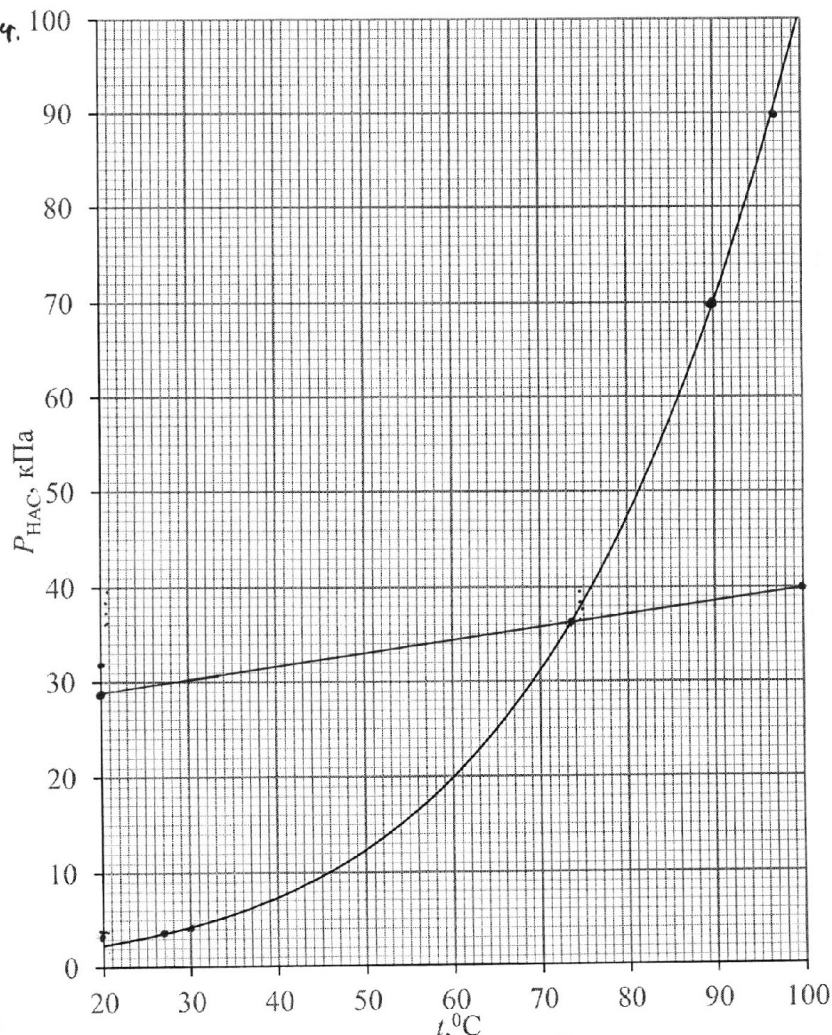


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух и пар при температуре $t_0 = 27^\circ\text{C}$ и жидкая вода. Масса жидкой воды в 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90^\circ\text{C}$. 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 жидкост и по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.



$$\begin{aligned}
 V_1 &= V_2 \\
 T_0 &= 27 + 273 = 300\text{K} \\
 T &= 90 + 273 = 363\text{K} \\
 p_0 V &= \nu_1 R T_0 \\
 p' V &= \nu_2 R T' \\
 p_0 V &= \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} R T_0 \\
 p' V &= \frac{8 m_{\text{H}_2\text{O}}}{M_{\text{H}_2\text{O}}} R T_0
 \end{aligned}$$

испарение воды прекратится
после испарившегося пара будет насыщенный

$$\begin{aligned}
 V p &= \nu R T_0 \Rightarrow p_0 = \frac{\nu R T_0}{V} \approx 4 \text{ кПа} \\
 p' &= \nu R T' \Rightarrow \frac{p'}{p_0} = \dots
 \end{aligned}$$



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
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.

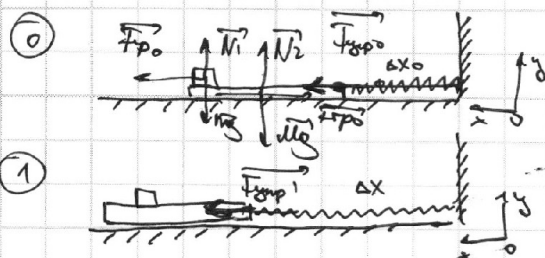
(а поверхность стола гладкая)

Т.к. сила трения - внутренняя сила, будет совершаться гармонические колебания с частотой

(1)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m+m}} \Rightarrow x_{(t)} = -x_m \cos \omega t; \quad v_{(t)} = \dot{x} = \omega x_m \sin \omega t; \quad a_{(t)} = \ddot{x} = -\omega^2 x_m \cos \omega t$$

Рассмотрим начальный момент времени и тот, где ускорение груза равно 0



по III з. Коптона на груз будут действовать ортимальные по модулю и равные по направлению силы трения:

Энергия системы груза + пружины в начальный момент времени:

$$E_0 = E_{k0} + \frac{k \Delta x_0^2}{2}$$

в "1-ое" момент времени:

$$E' = \frac{m v^2}{2} + \frac{m v^2}{2} + \frac{k \Delta x^2}{2} \quad (\text{скорости груза и пружины равны, т.к. проскальзывания нет})$$

(Δx относительная скорость 0)

из (0) момент времени координата з. груза: $-x_m$

тогда из (1) начальный момент времени координата з. груза: x_p

$$\Rightarrow \Delta x_0 = x_p - x_m$$

x_p в момент времени (1): x_0

$$\Rightarrow E = \text{const} \Rightarrow \text{т.к. } \sum A_{\text{внеш}} = 0 : \Rightarrow \Delta x = x_p - x_0$$

$$k \Delta x_0^2 = \frac{(m+m) v^2}{2} + k \Delta x^2$$

$$\text{из (1) при } a = 0; \quad v = v_m = \omega x_m = \sqrt{\frac{k}{m+m}} x_m$$

$$\Rightarrow k(x_p - x_m)^2 = \frac{(m+m) \cdot k}{(m+m)} x_m^2 + k(x_p - x_0)^2$$

$$(x_p - x_m)^2 - (x_p - x_0)^2 = x_m^2$$

$$(x_0 - x_m)(2x_p - x_m + x_0) = x_m^2$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

Задача 1 (свободное)

В момент (1):

т.к. пружинное тело находится в состоянии покоя

$$F_{\text{пр}} = F_{\text{грав}} = mg$$

$$Ma = 0 = mg - F_{\text{грав}} \Rightarrow k \Delta x = mg \Rightarrow \Delta x = \frac{mg}{k}$$

$$1) \Delta x = \frac{0,4 \cdot 10 \cdot 10^{-2}}{100 \frac{\text{Н}}{\text{м}}} = 0,04 \text{ м}$$

Ответ: 1) $\Delta x = 0,04 \text{ м}$.

2) Сразу после начала движения:

$$Ma = F_{\text{грав}} \Rightarrow a = \frac{k \Delta x_0}{m}$$

3) Когда относительно ускорения груза и пружины 0:

$$ma = F_{\text{грав}}$$

$$Ma = F_{\text{грав}} - F_{\text{пр}} \Rightarrow$$

$Ma = F_{\text{грав}} - ma$ — это происходит в

крайнем положении груза в пружине $\Rightarrow$ период $T = \frac{T}{2}$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{m}{k}}$$



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!

Задача 2, продолжение:

Т.к. график дан для Р. Цельсия:

$$p_1' = 4 \text{ кПа} \cdot 8 \cdot \frac{t' + 273 \text{ К}}{300 \text{ К}} \Rightarrow p_1' = 32 \text{ кПа} \cdot \left(\frac{t'}{300 \text{ К}} + 0,91 \right)$$

$$p_1' = 29,12 \text{ кПа} + 32 \text{ кПа} \cdot \frac{t'}{300 \text{ К}}$$

Горим эту прямую на графике из условия задачи и находим т. её пересечения с данным графиком.

(при $t' = 0^\circ$, $p_1' = 29,12 \text{ кПа}$)

(при $t' = 100^\circ$, $p_1' = (29,12 + 10,66) \text{ кПа} \approx 4 \text{ кПа}$)

т. пересечения: $t' \approx 73^\circ \text{C}$; $p_{1.п}(t') \approx 36 \text{ кПа}$

$t' = 73^\circ \text{C}$

3) При 80°C : $p_{п.к} = 37 \text{ кПа}$ - давление насыщенного пара

$\varphi = \frac{p_{п.к}}{p_{п.н}}$ - коэффициент давления пара в сосуде

(5) $p_{п.к} V = \frac{8m}{\mu} R T_k$

(6) $p_{п.н} V = \frac{m}{\mu} R T_0$ $\Rightarrow (5) : (6) = \frac{p_{п.к}}{p_{п.н}} = \frac{8 T_k}{T_0} \Rightarrow p_{п.н} = \frac{8 T_k \cdot p_{п.н}}{T_0}$

$p_{п.к} = \frac{8 \cdot 121 \cdot 4}{300 \text{ К}} \cdot 1 \text{ кПа} = \frac{8 \cdot 121 \cdot 4}{100} \text{ кПа} = 38,72 \text{ кПа}$

$\varphi = \frac{38,72 \text{ кПа}}{37 \text{ кПа}} \approx 0,399... \approx 0,4$

Ответ: 1) $\frac{m_{п.к}}{m_{п.н}} = 8$

2) $t' \approx 73^\circ \text{C}$

3) $\varphi \approx 0,4$



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

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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!

Dano

$$t_0 = 27^\circ\text{C} \Rightarrow T_0 = 27 + 273 = 300\text{K}$$

$$t = 50^\circ\text{C} \Rightarrow T = 50 + 273 = 323\text{K}$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 7m_{\text{по}}$$

Задача 2

1) +.к. влажный воздух находится в равновесии, изотермично пар был насыщенным $p_{\text{п}} = p_{\text{пн}}(t_0) \approx 4\text{кПа}$ - из графика

по условию изотермично масса воды в сосуде была равна массе пара, удвоенной по 7

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 7m_{\text{по}} \quad 1 m_{\text{по}} = m \Rightarrow m_{\text{H}_2\text{O}} = 7m$$

В конце процесса вся вода перешла в пар $\Rightarrow$

+.к. кол-во веществ постоянно:

$$m_{\text{пк}} = m_{\text{по}} + m_{\text{H}_2\text{O}} = 8m$$

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{пк}}}{m_{\text{по}}} = \frac{8m}{m} = 8$$

2) Испарение воды прекратится в момент, когда пар станет насыщенным

$$p_0 = p_{\text{он}} + p_{\text{ов}} \quad \begin{array}{l} \text{начальное давление воздуха} \\ \text{начальное давление пара} \end{array}$$

T' - искомая температура в Кельвинах

$$p' = p_{\text{пн}} + p_{\text{в}}' \quad \begin{array}{l} \text{давление насыщенного пара при исходной температуре} \end{array}$$

Запишем уравнение Менделеева - Клапейрона для пара и для воздуха:

пар:

$$(1) p_{\text{он}} V = \nu_{\text{он}} R T_0 \quad \nu_{\text{он}} = \frac{m_{\text{он}}}{\mu} = \frac{m}{\mu}$$

$$(2) p_{\text{пн}}' V = \nu_{\text{пн}}' R T' \quad \text{где } \nu_{\text{пн}}' = \frac{8m}{\mu} \quad \mu - \text{молярная масса пара}$$

воздух:

$$(3) p_{\text{ов}} V = \nu_{\text{в}} R T_0$$

$$(4) p_{\text{в}}' V = \nu_{\text{в}} R T'$$

$$\Leftrightarrow \left(\frac{(1)}{(2)} \right)^{-1} \cdot \frac{p_{\text{пн}}'}{p_{\text{он}}} = \frac{\frac{8m}{\mu}}{\frac{m}{\mu}} \cdot \frac{V}{R} \cdot \frac{T'}{T_0} \Rightarrow p_{\text{пн}}' = p_{\text{он}} \cdot \frac{8 \cdot T'}{T_0} \Rightarrow p_{\text{пн}}' = 4\text{кПа} \cdot \frac{8 \cdot T'}{300\text{K}}$$



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!

Почему так? Почему?

Задача 3
продолжение

из $h(1)$: максимальная скорость

будет при положении (1): $\vec{v}_1$

~~максимальная: при положении $\vec{v}_1$, т.к. сила, действующая на~~

~~затем~~ максимальная: при положении $\vec{v}_2$, т.к. на всем участке

движения из п. 1 в положение 2. будет разгонять.

$$v_2 = (v_0^2 - v_2^2) = -\frac{2}{3}v_0^2 \Rightarrow 3v_0^2 - v_2^2 = -v_2^2 \Rightarrow$$

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

$$k = \frac{\frac{2}{\sqrt{3}}}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = \frac{2}{\sqrt{2}}$$

Ответ: 1) $v_2 = \sqrt{\frac{2}{3}}v_0$.

2) $k = \frac{2}{\sqrt{2}}$.



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.

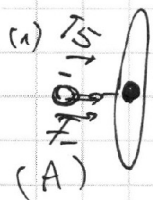
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

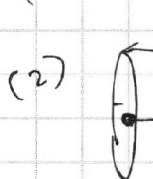
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

В момент пролёта одного из зарядов будет в его центре, на другом будет действовать сила, разгоняющая диск (диск будет тормозиться, пока сила отталкивания не превзойдет силу притяжения)

1)



будет разгоняться до момента:



но из отрицательных зарядов пролетит ~~диск~~ диск и он снова начнет ~~притягивать~~ притягивать диск к себе

$\Rightarrow$ поди диск пролетит диск, его скорости в пределе

① должен равняться 0:

по Т.О. изменениям кинетической энергии:

$$\Delta E_k = A_{внеш} = q(\varphi_A - \varphi_0) \quad \varphi_A = E \cdot d \Rightarrow E = \frac{mU_0^2}{2qd}$$

$$\Rightarrow \frac{mU_0^2}{2} - 0 = q \cdot \varphi_A \Rightarrow \varphi_A = \frac{mU_0^2}{2q}$$

$$1) \text{ Ответ } U_2 = \frac{2}{3} U_0$$

В центре, когда $q' = \frac{q}{3}$:

$$\frac{m(U_0^2 - U_k^2)}{2} = \frac{q}{3} \cdot \varphi_A = \frac{1}{3} \cdot \frac{mU_0^2}{2} \Rightarrow \frac{U_0^2}{2} - \frac{U_k^2}{2} = \frac{U_0^2}{2} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1.6$$

$$\Rightarrow 3U_0^2 - 3U_k^2 = U_0^2 \Rightarrow U_k^2 = \frac{2}{3}U_0^2 \Rightarrow U_k = \frac{2}{3}U_0$$

$$2) \text{ В центре, тогда: } \frac{m(U_0^2 - U_3^2)}{2} = \frac{q}{3} \cdot (\varphi(\frac{d}{2}) - \frac{q}{3}(\varphi(\frac{d}{2}))) = \frac{2q}{3} \cdot E \cdot \frac{d}{2}$$

$$m(U_0^2 - U_3^2) = 2 \cdot \frac{mU_0^2}{2qd} \cdot d = \frac{mU_0^2}{3} \cdot 1.3$$

$$3U_0^2 - 3U_3^2 = U_0^2 \Rightarrow U_3^2 = \frac{2}{3}U_0^2$$

$$\text{Ответ: } U_3 = \sqrt{\frac{2}{3}} U_0$$



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

1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 2

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

Задача 4:

Дано:

$$L_1 = 5L$$

$$S_1, n, B_0$$

$$A_2 = 8L$$

$$R = 0$$

γ

Решение:

1) Запишем 2ое правило Кирхгофа

для контура:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad \leftarrow R = 0$$

$$|\vec{E}_1| = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = \frac{nS_1 dB}{dt}$$

$$|\vec{E}_2| = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = L_2 \dot{I} \quad ; \quad \vec{E}_{S_1} = \left| -\frac{d\Phi}{dt} \right| = L_2 \dot{I}$$

т.к. соединена
последовательно,
тогда в катушках
будет одинаковый

в конце возникновения поля:

из графика $\frac{dB}{dt}$ в конце возникновения поля равен условной кривой.
наклон того графика:

$$\dot{B}_1 = \frac{3B_0}{\frac{2\tau}{8}} = \frac{3B_0 \cdot 8}{5 \cdot 2\tau} = 2,4 \frac{B_0}{\tau}$$

т.к. $R = 0$,
поток через обе катушки
сохраняется
 $\Rightarrow \Phi_0 = 0$

$\Phi_k =$

$$\Rightarrow L_1 \dot{I}_0 + L_2 \dot{I}_0 = nS_1 2,4 \frac{B_0}{\tau}$$

$$13L \dot{I}_0 = nS_1 2,4 \frac{B_0}{\tau}$$

в конце процесса ток akan равен $I_0 = 0$

2) В любой момент времени: $q = I \Delta t$

~~$$L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} = nS_1 \frac{dB}{dt}$$~~

$$L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = nS_1 \frac{\Delta B}{\Delta t}$$

$$5L \Delta I + 8L \Delta I = nS_1 \Delta B$$

$$13L \Delta I = nS_1 \Delta B$$

т.к. ток одинаковый
через катушки 1 и 2

$$\Rightarrow 13L I \Delta t = nS_1 \Delta B \Rightarrow 13L \Delta q = nS_1 \Delta B$$

пройдет равное
заряды

$$13L \Delta q = nS_1 \cdot \frac{2\tau}{80} B_0 \tau$$

$$\Delta q = \frac{nS_1 B_0 \tau \cdot 2\tau}{L \cdot 520} = \frac{2\tau}{520} \frac{nS_1 B_0}{L}$$

поэтому по графикам у
длина



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!

Задача 4. (продолжение)
~~Сопротивление контура $\neq 0 \Rightarrow$ ток сокращается:~~

Ответ: 1) $I_0 = 0$

2) $\Delta q = \frac{27}{5\pi} \frac{n S_1 B_0}{L}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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

Задача 5

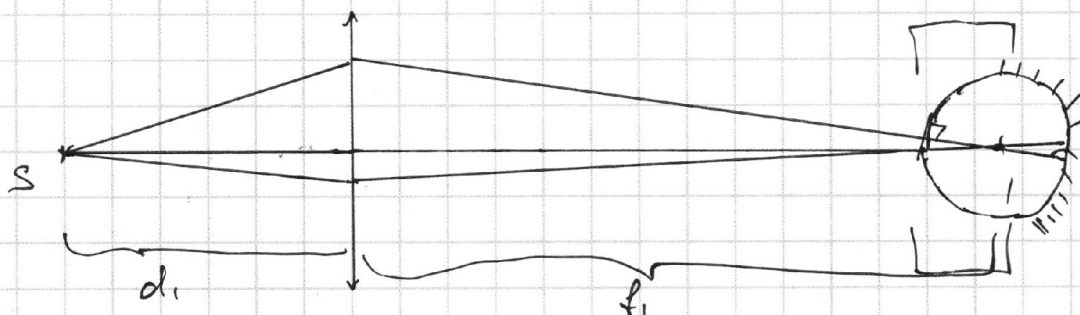
1) Т.к. в 1-ом случае мы получили одинаковое изображение независимо от показателя преломления шара, будь то n_1 или n_2 , то изначально его $n_1 = n_2 = 1$

тогда:

внезапно обратимся ходу лучей, чтобы получить изображение в той же точке, что и источник, отраженный лучи должны пойти в обратную сторону также, как и неограниченные *

→ каждый луч пройдет через ц. шара, т.к. при таком преломлении, он будет падать $\perp$ поверхности шара в данной т. $\Rightarrow$ не будет преломляться, а при попадании на зеркало просто развернется на 180° .

⊗ угол между оптической и исходным лучом должен составлять 180° или 90°



$$d_1 = a = 4,5R$$

$$f_1 = R = 3R$$

затем ф. тонкой линзы:

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow F = \frac{d_1 f_1}{d_1 + f_1} = \frac{4,5R \cdot 3R}{4,5R + 3R} = \frac{9 \cdot 4,5}{7,5} R = \frac{9 \cdot 4,5}{7,5} R = 3R$$

2) Используя рассуждения п.1, т.к. изображение и источник снова совпали, делаем вывод, что теперь угол между падающим на зеркало и отраженным лучом теперь составляет $90^\circ \Rightarrow$ все лучи "собираются" в т. пересечения главной оптической оси и зеркала.

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!

Задача 5, продолжение

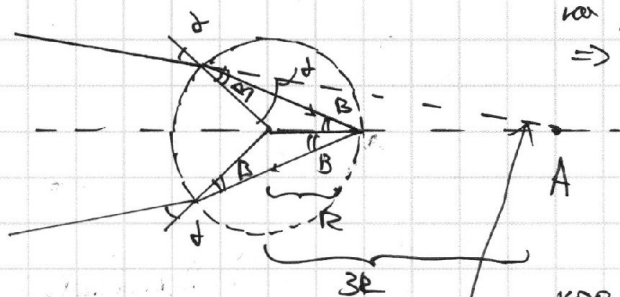
рассмотрим падение луча на сферу:

Мы знаем, что при отсутствии сферы, луч при прохождении перу линзы, изображение предмета $S_{об}$ получено в T на расстоянии $3R$ от линзы

$\Rightarrow$ расстояние между коб. Т. (А) и

с. сферой во 2-ой линзе $S_{об}$

$\Delta = 3R$ (т.к. сдвинули угол α на $3R \ll R$)

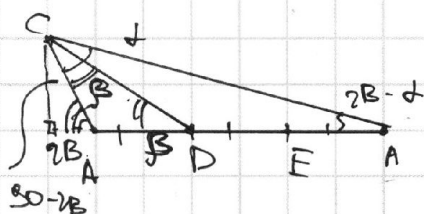


коб. луча, если бы не было сферы

$$\sin \alpha \cdot n = n \cdot \sin \beta$$

$$\alpha, \beta \text{ малые} \Rightarrow \alpha = n \cdot \beta \Rightarrow n = \frac{\alpha}{\beta} \quad (1)$$

из геометрии:



$$CD \cdot \sin \beta = CA \cos(\alpha + 90 - 2\beta) = CA \sin(2\beta - \alpha)$$

$$CD = \sqrt{R^2 + R^2 - 2R^2 \cos(180 - 2\beta)} = R \sqrt{2 - 2 \cos(180 - 2\beta)}$$

$$\Rightarrow R \sqrt{2 + 2 \cos 2\beta}$$

по Т. синусов:

$$\frac{3R}{\sin \alpha} = \frac{R}{\sin(2\beta - \alpha)} \quad \text{из геометрии угла:}$$

$$3(2\beta - \alpha) = \alpha \Rightarrow 6\beta - 3\alpha = \alpha \Rightarrow 6\beta = 4\alpha \Rightarrow \alpha = \frac{3}{2}\beta \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow (1): n = \frac{\frac{3}{2}\beta}{\beta} = 1.5$$

Ответ: 1) $F = 3R$.

2) $n = 1.5$.



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
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

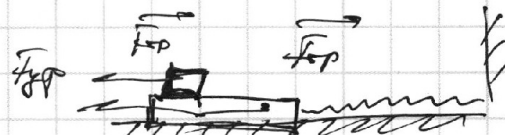
СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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!

$$\theta_3 = 0 \Rightarrow F_{TP} - F_{TTP} = 0$$
$$\vec{F}_{TP} \parallel \vec{v}_{TP} \Rightarrow v_{TP} = 0$$
$$F_{TP} \leq F_{TP \text{ max}}$$



$$\frac{kx}{R}$$



$$ma_1 = F_{TP}$$
$$F_{TP} = F_{TTP} \Rightarrow a_1 = a_2$$

$$F_{TTP} - F_{TP} = ma_1$$

$$ma_1 - F_{TTP} = ma_1$$

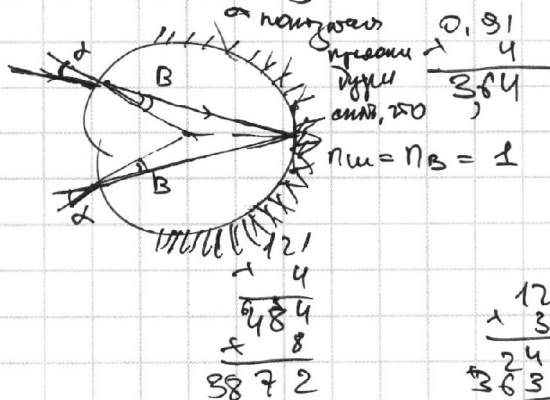
$$\Delta \left(\frac{mV^2}{2} \right) = \delta A r$$
$$\frac{mV \delta V}{2} = q$$
$$4.5 \cdot \frac{q}{40.5} = 1$$
$$\frac{81 \cdot 9}{405} = 1$$
$$\frac{135}{27} = 1$$

$$3C7: \frac{MV^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = \frac{kx^2}{2} \Rightarrow MV^2 + mV^2 + kx^2 = \text{const}$$
$$(M+m)V^2 + kx^2 = kx_0^2$$
$$x_0 = \frac{(M+m)V^2}{2}$$

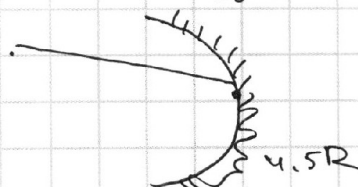
2

если извили

$$273:3 = 91:100 = 0,91$$

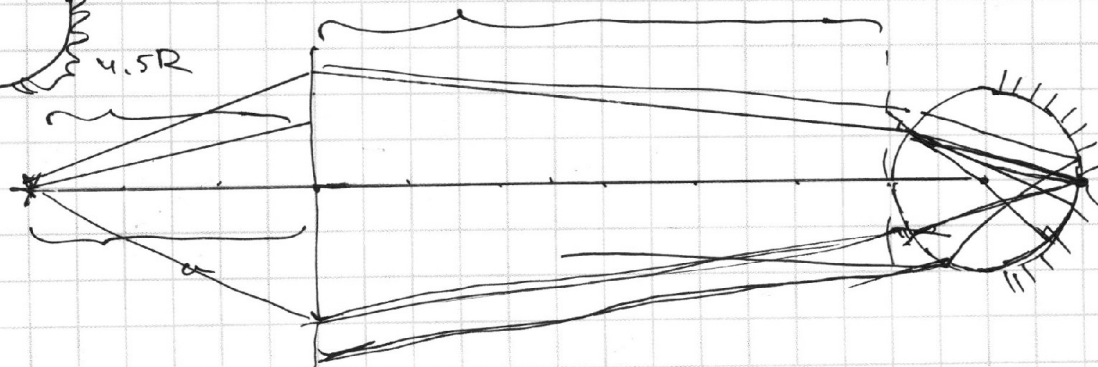


$$32 \cdot 13 = 416$$
$$-3 \cdot 10,66 = -31,98$$
$$\hline 387,98$$
$$32 \cdot 13 = 416$$
$$-3 \cdot 10,66 = -31,98$$
$$\hline 387,98$$
$$32 \cdot 13 = 416$$
$$-3 \cdot 10,66 = -31,98$$
$$\hline 387,98$$



8R

при падении груза на шар





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 __

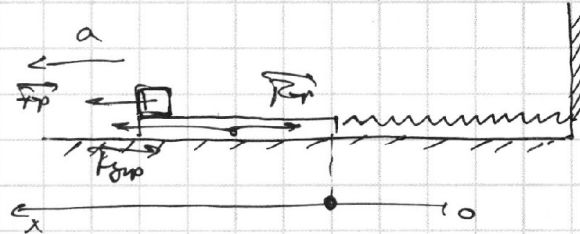
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Дано:

$M = 4m$
 $m = 1m$
 $k = 100 \frac{H}{m}$
 $\mu = 0,4$

1) груз с пружиной
движется равномерно
гармонические
колебания с периодом

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



$a_{отн} = 0 \Rightarrow$ груз и пружина движутся вместе, относительно друг друга
Заменим M из закона для обоих тел в это место

О.х:

$$Ma = F_{упр} - F_{тр} \Rightarrow Ma = F_{упр} - ma$$

$$ma = F_{тр}$$

при относительном движении
 $F_{тр} \leq \mu mg \Rightarrow$

поэтому
только
в этот момент
препятствует
относительному
движению
 $F_{тр} = \mu mg$

Трение - внутренняя сила $\rightarrow$ масса системы сокращается
здесь система пружина + груз

$$x = x_m \cos(\omega t) \text{ - к. колебания}$$

$$v = x' = -\omega x_m \sin(\omega t)$$

$$a = v' = -\omega^2 x_m \cos(\omega t)$$

ускорение 0 в первый раз во время

$$\cos(\omega t_0) = 0 \Rightarrow \omega t_0 = \frac{\pi}{2} \Rightarrow t_0 = \frac{\pi}{2\omega}$$

Относительное движение пружины по
грузу прекращается $\Rightarrow$ в этот момент

$$|a| = |a_g| = \omega^2 x_m \Rightarrow \text{в этот момент}$$

~~В этот момент~~

$$Ma = 0 = F_{упр} - F_{тр} \Rightarrow kx' = F_{тр}$$

$$F_{тр} = ma' \text{ груз}$$

$\Rightarrow$ когда ускорение 0, пружина не будет
растянута:

1 V 2 3 4 5

$$\Rightarrow a = \mu g$$

$$F_{упр} = (m+M)a \Rightarrow$$

$$kx_1 = (m+M)\mu g$$

$$x_1 = \frac{(m+M)\mu g}{k}$$

$$x_1 = \frac{(4+1)m \cdot 0,4 \cdot 10 \frac{H}{m}}{100 \frac{H}{m}} \text{ м}$$

$$\text{м} \Rightarrow \frac{2 \cdot 10}{100} \text{ м} = 0,2 \text{ м}$$

~~В этот момент~~



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!

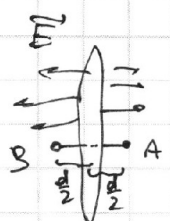
Напряженность поля:

Задача 3

$$E = \frac{Q}{\epsilon_0} \quad \Rightarrow \quad E = \frac{Q}{\epsilon_0 R^2}, \text{ где } Q - \text{заряд диска};$$

Пусть расстояние между зарядами диска d
в силу симметрии системы в том месте в з. диске
диск будет иметь скорость $\frac{v}{2}$, т.к. его сила взаимодействия
с диском будет всегда его горизонталь.

$$\varphi_{\infty} = 0$$



Потенциалы в т. А. и В будут равны

$$\varphi_A = \varphi_B = E \cdot \frac{d}{2}$$

по (1) о. и закон сохранения энергии

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{E(\frac{v}{2})^2}{2} = A_{\text{внеш}} = q \Delta \varphi = q \Delta \varphi_2 \cdot 2$$

$$\Rightarrow m(v_0^2 - \frac{v^2}{4}) = (q - q) \cdot 2q \cdot 2 \Rightarrow \text{работа внешних сил} \\ \text{диск в з. р. меньше}$$

$$\frac{3}{4} m v_0^2 = \frac{4q \cdot Q}{2 \epsilon_0 R^2} \quad (1)$$

$\Rightarrow$ при зарядах q

$$m(v_0^2 - v_k^2) = \frac{2q \cdot 2}{2 \epsilon_0 R^2} \quad (2)$$

$$(1):(2) = \frac{3}{4} (v_0^2 - \frac{v^2}{4}) = (v^2 - v_k^2)$$

$$3v_0^2 - \frac{3v^2}{4} = 4v^2 - 4v_k^2$$

$$\frac{3}{4} v_0^2 = (v^2 - v_k^2) \cdot \frac{4}{3} \cdot 1.4$$

$$v_0^2 = 4(v^2 - v_k^2) \Rightarrow v_k^2 = \frac{3v^2}{4} \Rightarrow v_k = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$

1) Ответ: при протекании заряда

$$v' = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0$$



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

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
__ 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!

Дано: $V_0, \theta = \frac{\pi}{3}$ Задача 3:

$$\frac{k \Delta x_0^2}{2} = (m + \mu) U^2 + k \Delta x$$

$$x_p - x_0 = 0,04 \text{ м}$$

$$k \Delta x_0^2 =$$

$$k(x_p - x_m)^2 = x_m^2 k + k(x_p - x_0)$$

$$0,04 - \text{п.р.}$$

$$\frac{3}{4} V_0^2 = -3(U_0^2 - U_k^2)$$

$$\frac{V_0^2}{4} = U_0^2 - U_k^2$$

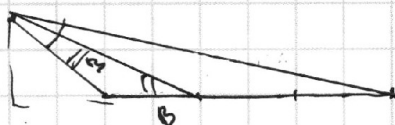
$$\vec{F} = \vec{F}_p = \mu m g$$

$$\mu m g = k \Delta x$$

$$\Delta x = \frac{\mu m g}{k}$$

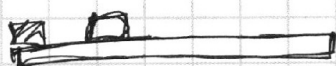
$$U = \omega \Delta x_0 = \sqrt{\frac{k}{\mu + m}} \Delta x_0$$

$$\frac{U_0^2 - U_k^2}{3} = U_0^2 - U_k^2$$



$$\frac{k \Delta x_0^2}{2} = \frac{m U^2}{2} + \frac{\mu U^2}{2} = \mu m g (\Delta x - \Delta x_0) + \frac{k \Delta x^2}{2} \quad 1.2$$

$$a_g = 0 \Rightarrow F_{sp} = F_{gsp} \Rightarrow k \Delta x = \mu m g \Rightarrow \Delta x = \frac{\mu m g}{k}$$



$$2k \Delta x_0^2 = (\mu + m) U^2 - 2\mu m g (\Delta x - \Delta x_0) + k \Delta x^2$$

$$2k \Delta x_0^2 = \frac{(\mu + m) \Delta x_0^2}{(\mu + m)} k - 2\mu m g \Delta x_0 + \frac{2\mu m g^2}{k} + k \Delta x^2 \frac{\mu m^2 g^2}{k}$$

3



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

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА

1 из 2

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

Напряженность поля

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

$$\sigma = \frac{Q}{S}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi r^2}, \text{ где } Q - \text{заряд шара}$$

Пусть расстояние между зарядами равно a



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!

Задача 3: 4)

на бесконечности $\varphi_{\infty} = 0$

Из т. О вычислим кинетическую энергию:

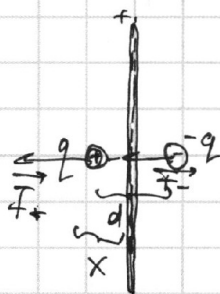
$$\Delta E_k = A_{\text{внеш}}$$

т.к. V_0 - максимальная скорость $\Rightarrow$ в т. О диск будет иметь 0-ую скорость (т.к. после него будет действующая сила отталкивания, т.к. отрицательна)

~~Вектор силы~~

При подходе к диску положительный заряд диска будет сильнее, чем отрицательный $\Rightarrow$ сила отталкивания будет > силы притяжения

Рассмотрим момент, когда диск будет находиться по центру заряда - тогда результирующая сила будет равна нулю; сила, действующая на него со стороны диска будет направлена по модулю и направлению.



разделим диск (пусть его радиус R) на кольца радиуса r и толщины dr

$$\sigma = \frac{Q}{\pi R^2}, \text{ где } Q \text{ - заряд диска}$$

$$Q_r = \pi(r^2 - (r-dr)^2) \sigma = \pi \sigma (r^2 - r^2 + 2rdr + dr^2) = \pi \sigma 2rdr \approx \pi \sigma 2rdr$$

$$\approx \frac{Q}{\pi R^2} \cdot \pi \cdot 2rdr = Q \cdot \frac{2rdr}{R^2}$$

принцип суперпозиции



Разделим кольцо на кусочки dx, тогда сила взаимодействия каждого кусочка на оси x на расстоянии x от центра диска

$$dE_x = \frac{k dq}{r^2 + x^2} \cos \alpha$$

$$\cos \alpha = \frac{x}{\sqrt{x^2 + r^2}} \Rightarrow dE_x = \frac{k Q r dx}{2\pi R^2} \cdot \frac{x}{(x^2 + r^2)^{3/2}}$$

$$dq = \frac{Q r}{2\pi R^2} dx$$

$\Rightarrow$ проинтегрируем по углу, т.е. по радиусу r

создает поле:

$$E_{xr} = Qr$$

