



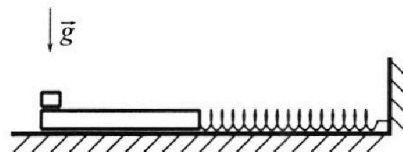
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



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

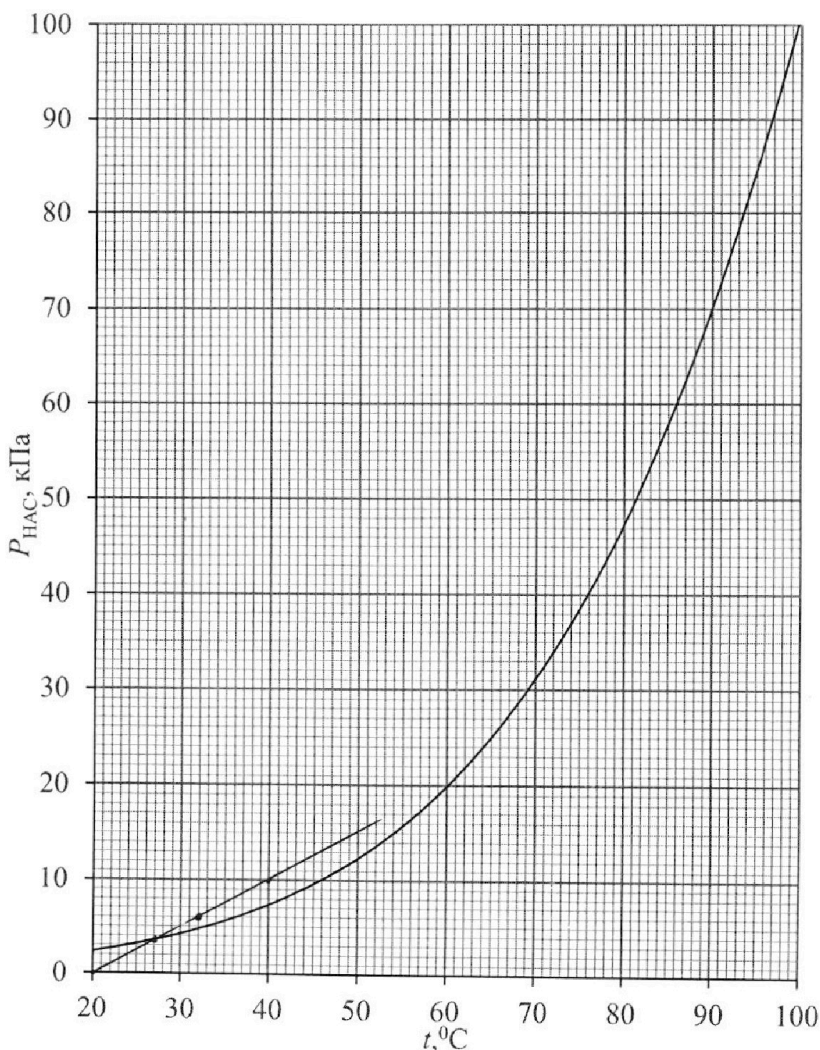


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

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

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

Объём жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





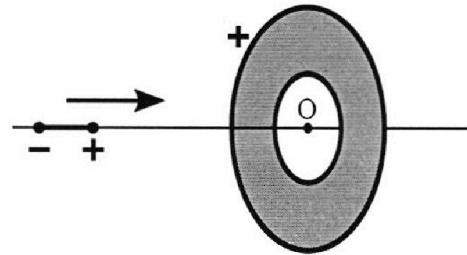
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2025

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

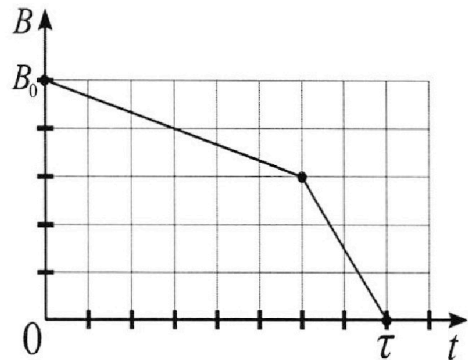
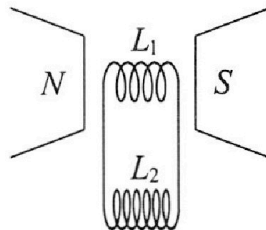


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



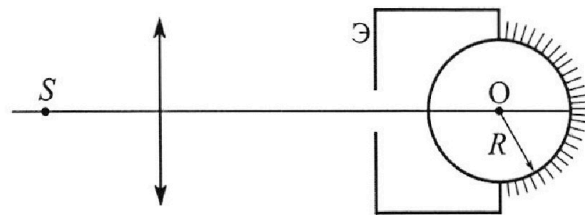
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



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

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

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

Пока кружка касается доски, брусок давит на доску вправо. После отрыва от ~~доски~~ кружки доска кач. зам., а брусок давит влево от нее $\Rightarrow$ в момент отрыва сил $U_{бр.отн.} = 0$ и ~~энергия~~

в момент отрыва от пр. $U = U_D = U_B$

$$\frac{(M+m)v^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$$

* ~~Энергия~~ Энергия сист. пр. + брусок + доска сохр. до отр. от пр. После отрыва от пр. сохр. энергия бр + доски

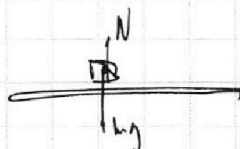
когда $a_{оп} = 0$ $a_B = a_D = a$

ПЗН: $Ma_B = F_{тр}$

$$Ma_D = kx_1 - F_{тр}$$

$$\Rightarrow kx_1 = (M+m)a$$

$$\text{в кач. момент } Ma_D = kx_0 - \mu N$$



$$N = mg$$

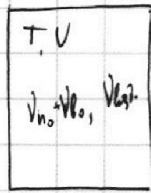
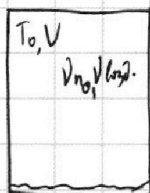
$$F_{тр} \leq \mu mg$$



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!



V - объем сосуда

пусть T_0 - нач. темп. в К ($T_0 = t_0 + 273 \text{ K}$)

$= 300 \text{ K}$), T - кон. темп. в К ($= 30 + 273 \text{ K} = 303 \text{ K}$)

V_{h0} - кол-во молей пара в начале, V_{b0} - кол-во молей жидк. воды в начале, V_{h0} - кол-во молей воздуха (m_{h0} и m_{b0} - соотв. массы пара и жидк. воды)

В нач. момент $\frac{m_{h0}}{m_{b0}} = \frac{1}{7} = \frac{m_{h0}}{m_{b0}} \cdot \frac{\mu(\text{H}_2\text{O})}{\mu(\text{H}_2\text{O})} = \frac{V_{h0}}{V_{b0}} \Rightarrow V_{b0} = 7V_{h0} \quad (1)$

В конце вся вода испарилась $\Rightarrow V_h = V_{h0} + V_{b0} = 8V_{h0} \quad (2)$ (где V_h - кол-во пара в конце, V_{b0} - кол-во жидк. воды в начале)

$\frac{m_h}{m_{h0}} = \frac{V_h}{V_{h0}} = \frac{8V_{h0}}{V_{h0}} = 8$

$T^* = t^* + 273 \text{ K}$

температура пара при t^*

при t^* вся вода уже только что испарилась $\Rightarrow p_{\text{пар}} = p_{\text{пар}} \text{ при } t^* \Rightarrow$

уравн. К.-М.: $p_{\text{пар}}(t^*) \cdot V = \xi V_n RT^* \quad (3)$

в нач. мом.: $p_{\text{пар}}(t_0) \cdot V = V_{b0} RT_0 \Rightarrow V = \frac{V_{b0} RT_0}{p_{\text{пар}}(t_0)} \quad (4)$

из (3) и (4): $p_{\text{пар}}(t^*) \frac{V_{b0} RT_0}{p_{\text{пар}}(t_0)} = \xi V_n RT^* \quad (5)$

из (2) $\Rightarrow 8 p_{\text{пар}}(t^*) T_0 = p_{\text{пар}}(t_0) T^* \quad (6)$

В кон. момент $p_{\text{пар}} V = V_n RT \quad (7)$. Подставим V :

$p_{\text{пар}} \cdot \frac{V_{b0} RT_0}{p_{\text{пар}}(t_0)} = V_n RT \Rightarrow p_{\text{пар}} = \frac{8 T_0 p_{\text{пар}}(t_0)}{T}$

из графика $p_{\text{пар}}(t_0) = \frac{6 \text{ кПа}}{12} \cdot 7 = 3,5 \text{ кПа}$ (проверка: правильно через нач. темп. и интерес. нас точку)

$p_{\text{пар}} = \frac{8 \cdot 303 \cdot 3,5}{300} \text{ кПа} = \frac{28 \cdot 121}{100} \text{ кПа} \approx 33,8 \text{ кПа}$

Ответ: 33,8 кПа



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 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!

$$\psi = \frac{p_{\text{н.р.}}}{p_{\text{н.н}}(t)} = \frac{28.121}{100 \cdot 70} = \frac{4.121}{1000} = 0,484$$

$p_{\text{н.н}}(t)$ из графика — 70 кПа

$$\text{из 6} \quad \frac{8 p_{\text{н.н}}(t^*)}{T^*} = \frac{p_{\text{н.н}}(t_0)}{T_0} \Rightarrow \frac{p_{\text{н.н}}(t^*)}{T^*} = \frac{3,5 \text{ кПа}}{300 \text{ К} \cdot 8}$$

Ответ: 1) 8

~~2) 10~~

3) 0,484

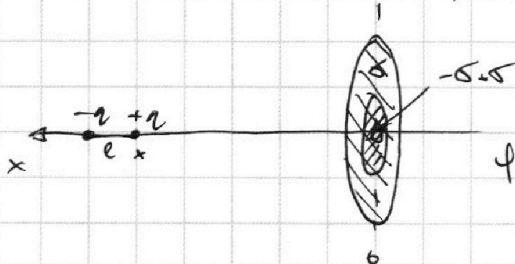


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

По принципу суперпозиции и т.о. единственности заменим поле диска с отверстием наложением поля диска с плотностью заряда σ и диска меньшего радиуса с пв.пл. $-\sigma$.
Рад. большого диска — R_1 , мал. — R_2



пот. поля в т. с коорд. x :

$$\begin{aligned} \varphi(x) &= 2k\pi\sigma(\sqrt{R_1^2 + x^2} - x) - 2k\pi\sigma \cdot (\sqrt{R_2^2 + x^2} - x) = \\ &= 2k\pi\sigma(\sqrt{R_1^2 + x^2} - \sqrt{R_2^2 + x^2}) \end{aligned}$$

Тогда пот. энергия диска с пол. зарядом в т. x :

$$\begin{aligned} E &= 2k\pi\sigma(\sqrt{R_1^2 + x^2} - \sqrt{R_2^2 + x^2})q - 2k\pi\sigma(\sqrt{R_1^2 + (x+l)^2} - \sqrt{R_2^2 + (x+l)^2})q = \\ &= 2k\pi\sigma q(\sqrt{R_1^2 + x^2} - \sqrt{R_1^2 + (x+l)^2} - (\sqrt{R_2^2 + x^2} - \sqrt{R_2^2 + (x+l)^2})) = \\ &= 2k\pi q(\sqrt{R_1^2 + x^2} - \sqrt{R_1^2 + x^2 + 2xl + l^2} - (\sqrt{R_2^2 + x^2} - \sqrt{R_2^2 + x^2 + 2xl + l^2})) = \\ &= 2k\pi q \left(\frac{1 - \sqrt{1 + \frac{2xl}{R_1^2 + x^2}}}{\sqrt{R_1^2 + x^2}} - \frac{1 - \sqrt{1 + \frac{2xl}{R_2^2 + x^2}}}{\sqrt{R_2^2 + x^2}} \right) \begin{cases} l \ll x, R_1, R_2 \\ \frac{2xl}{R_1^2 + x^2} \ll 1 \\ \frac{2xl}{R_2^2 + x^2} \ll 1 \end{cases} \\ &= 2k\pi q \left(\frac{1 - (1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2xl}{R_1^2 + x^2}) - (1 - (1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{2xl}{R_2^2 + x^2}))}{\sqrt{R_1^2 + x^2} \sqrt{R_2^2 + x^2}} \right) = \\ &= 2k\pi q \frac{\frac{xl}{R_1^2 + x^2} - \frac{xl}{R_2^2 + x^2}}{\sqrt{(R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2)}} = 2k\pi q l x \frac{R_1^2 - R_2^2}{((R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2))^{\frac{3}{2}}} \end{aligned}$$

$$\frac{dE}{dx} = 2k\pi q l \frac{R_1^2 - R_2^2}{((R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2))^{\frac{3}{2}}} - \frac{3}{2} \cdot 2k\pi q l x \frac{(R_1^2 - R_2^2)}{((R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2))^{\frac{5}{2}}}$$

$$\cdot (2x(R_2^2 + x^2) + 2x(R_1^2 + x^2)) = 0 \quad \text{в точке с макс. пот. эн.}$$

$$(R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2) - 3x^2(R_2^2 + x^2 + R_1^2 + x^2) = 0$$

~~Решение~~

~~Решение~~





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!

$$t^2 - (R_1^2 + R_2^2)t + R_1^2 R_2^2 - 6t^2 - 3t(R_1^2 + R_2^2) = 0$$

$$5t^2 + 2t(R_1^2 + R_2^2) - R_1^2 R_2^2 = 0$$

$$t = \frac{-2(R_1^2 + R_2^2) \pm \sqrt{(R_1^2 + R_2^2)^2 + 20R_1^2 R_2^2}}{10} =$$

$$t = \frac{1}{10} \left(-2(R_1^2 + R_2^2) \pm \sqrt{R_1^4 + R_2^4 + 4R_1^2 R_2^2 + 20R_1^2 R_2^2} \right)$$

Электрон при ДВ. Движение в хр, т.к. $\vec{h}$ сил нет

при пролете центра Движения через центр отверстия $\varphi = 0$ т.к.

расст. от любого кольца одинаково до $+\frac{q}{3}$ и $-\frac{q}{3} \Rightarrow$

$$\frac{2mu^2}{2} = \frac{2mV_0^2}{2} \Rightarrow u = V_0$$

m - масса d зерна

*

Искр. E_{max} макс. ^{пот.} энергия во время пролета Движения с зер. $+\frac{q}{3}$ и $-\frac{q}{3}$

$$V_0 - \text{мин. скор. иск-н} \Rightarrow \frac{2hV_0^2}{2} = E_{max}$$

потенциалы
(хотя не изменились)

Для зерна иск. Движения E_{max} ун. в 3 раз, т.к. $h\vec{e}$ это иск. - зерно

$$1. \Rightarrow E_{max}' = \frac{E_{max}}{3}$$

$$\frac{2hV_0^2}{2} = E_{max}' + \frac{2mV_{min}^2}{2} \Rightarrow hV_0^2 = \frac{hV_0^2}{3} + mV_{min}^2 \Rightarrow$$

$$V_{min}^2 = \sqrt{\frac{2}{3}} V_0$$

$E_{min}' = -E_{max}'$, т.к. при пролете через Движение $\vec{h}$ иск. можно считать это

искр. пролет $-\frac{q}{3}$ и $\frac{q}{3}$ одновременно истинны, т.к. поле иск. $h\vec{e}$ - Движение иск.

$$\frac{2hV_0^2}{2} = -E_{min}' + \frac{2mV_{max}^2}{2} \Rightarrow hV_0^2 = -\frac{hV_0^2}{3} + mV_{max}^2 \Rightarrow$$



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!

$$U_{\max} = \sqrt{\frac{4}{3}} U_0$$

$$\frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{\sqrt{\frac{2}{3}} U_0}{\sqrt{\frac{4}{3}} U_0} = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

* Эл. потенциал $\Rightarrow U_{\min}$ достигается в точке с макс. потенц. энергией, а $U_{\max}$ — с мин. пот. энергией

Ответ:

- 1) $U = U_0$
- 2) $\frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{\sqrt{2}}{2}$



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 1

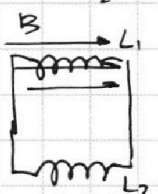
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\mathcal{E}_1 = -\dot{\Phi}_h + L_1 \dot{I}$$

$\mathcal{E}_1$ - ЭДС инд. в 1 кат., $\mathcal{E}_2$ - ЭДС инд. во 2 кат.

$$\mathcal{E}_2 = -L_2 \dot{I}$$

$\mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_2$ т.к. по н-му Кирхгофа



$$\Phi_h = BS_h \Rightarrow \dot{\Phi}_h = \dot{B}S_h \text{ Тогда:}$$

$$\dot{B}S_h + L_1 \dot{I} = L_2 \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = -\frac{\dot{B}S_h}{L_1 + L_2} = -\frac{\dot{B}S_h}{13L}$$

на отрезке кр. от 0 до $\frac{3}{4}\tau$ $\dot{B} = -\frac{\frac{2}{3}B_0}{\frac{3}{4}\tau} = -\frac{8}{15} \frac{B_0}{\tau} \Rightarrow (\dot{I})_1 = \frac{8}{15} \frac{B_0 S_h}{13L\tau}$

на отрезке кр. от $\frac{3}{4}\tau$ до τ $\dot{B} = -\frac{\frac{1}{3}B_0}{\frac{1}{4}\tau} = -\frac{12}{5} \frac{B_0}{\tau} \Rightarrow (\dot{I})_2 = \frac{12}{5} \frac{B_0 S_h}{13L\tau}$

$$\Delta I_q = \int_0^{\frac{3}{4}\tau} \frac{8}{15} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} dt + \int_{\frac{3}{4}\tau}^{\tau} \frac{12}{5} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} dt = \frac{8}{15} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} \cdot \frac{3}{4}\tau + \frac{12}{5} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} \cdot \frac{1}{4}\tau = \frac{2}{5} \frac{B_0 S_h}{13L} + \frac{3}{5} \frac{B_0 S_h}{13L} = \frac{B_0 S_h}{13L} = I_0 - 0 \Rightarrow$$

$$I_0 = \frac{B_0 S_h}{13L}$$

Для I отрезка в момент t : $I = \frac{8}{15} \cdot \frac{B_0 S_h}{13L\tau} \cdot t$

Для II отрезка в момент t : $I = \frac{2}{5} \frac{B_0 S_h}{13L} + \frac{12}{5} \cdot \frac{B_0 S_h}{13L\tau} (t - \frac{3}{4}\tau)$



Тогда заряд q , крот. через втор. катушку:

$$q = \int_0^{\frac{3}{4}\tau} \frac{8}{15} \cdot \frac{B_0 S_h}{13L\tau} t \cdot dt + \int_{\frac{3}{4}\tau}^{\tau} \left(\frac{2}{5} \frac{B_0 S_h}{13L} + \frac{12}{5} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} (t - \frac{3}{4}\tau) \right) dt =$$

$$= \frac{8}{15} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} \frac{t^2}{2} \Big|_0^{\frac{3}{4}\tau} + \left(-\frac{B_0 S_h}{5 \cdot 13L} \right) t \Big|_{\frac{3}{4}\tau}^{\tau} + \frac{12}{5} \frac{B_0 S_h}{13L\tau} \frac{t^2}{2} \Big|_{\frac{3}{4}\tau}^{\tau} =$$

$$= \frac{8}{15} \frac{B_0 S_h}{13L} \frac{\frac{9}{16}\tau}{2} + \frac{B_0 S_h}{5 \cdot 13L} \cdot \frac{1}{4}\tau + \frac{12}{5} \frac{B_0 S_h}{13L} \cdot \frac{(1 - \frac{9}{16})\tau}{2} = \frac{B_0 S_h}{13L} \cdot \left(\frac{3}{20} - \frac{1}{20} + \frac{21}{40} \right) = \frac{25}{40} \frac{B_0 S_h}{13L} = \frac{5 B_0 S_h}{104L}$$

Отсюда: 1) $I_0 = \frac{B_0 S_h}{13L}$
2) $q = \frac{5 B_0 S_h}{104L}$

Формула сфер. 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
☐

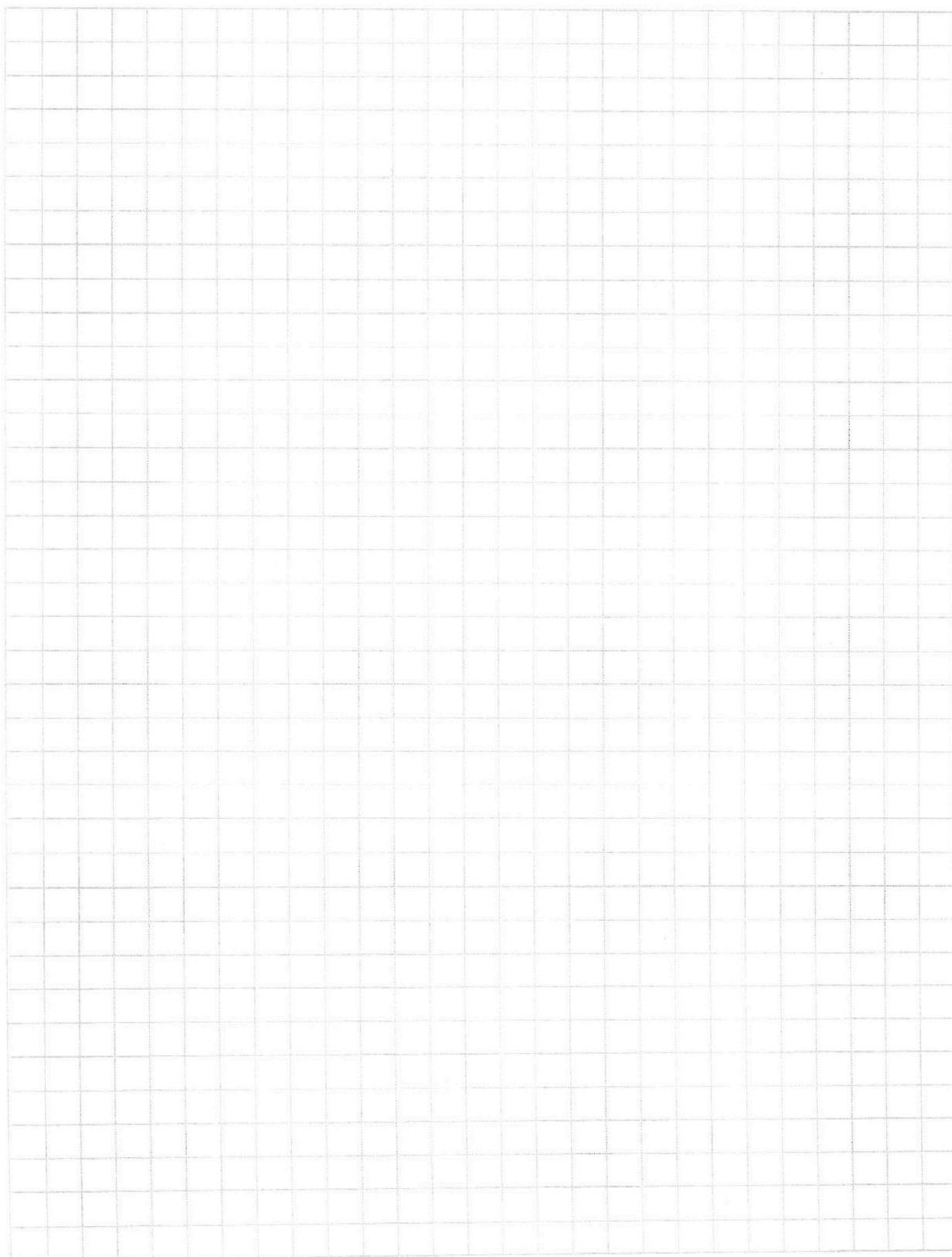
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!





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
__ 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!

Из внешних гор. сил на систему брусок + доска действует только сила упругости $\Rightarrow$ ~~система движется как единый ~~математический~~ $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$~~

В момент когда см. у-е бруска = 0 $a_B = a_D \Rightarrow a_B = a_D = a_{\text{см}}$

$$a_{\text{см}} = \frac{kx}{m+m}$$

$$a_B = \frac{F_{\text{тр}}}{m}$$

В мом., когда см. бруска ~~прек.~~ $v_{\text{бруска}} = 0 \Rightarrow F_{\text{тр}} \leq \mu N$, т.к. оно только прек. $F_{\text{тр}} = \mu N$

$$Ma_D = kx_1 - F_{\text{тр}} = kx_1 - \mu N \quad (\text{обозн. } s = v_1)$$

В этот момент см-н доски и груза один и тот же $v_{\text{см}} \Rightarrow$

т.к. сум. э. сохр: $\frac{kx_0^2}{2} = \frac{(m+M)v_1^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2}$

~~В мом. когда см. бруска только прек. $F_{\text{тр}} = \mu N$. a_B~~

~~и зн. н. для доски~~

$$Ma_D = kx_1 - F_{\text{тр}} = kx_1 - \mu N = 0$$

Когда $a_{\text{см}} = 0$: $a_B = a_D = a$

$$ma_B = F_{\text{тр}}$$

$$Ma_D = kx_1 - F_{\text{тр}}$$

$$kx_1 = (M+m)a$$

$\uparrow$
зн. н. для бруска

$\uparrow$
зн. н. для доски

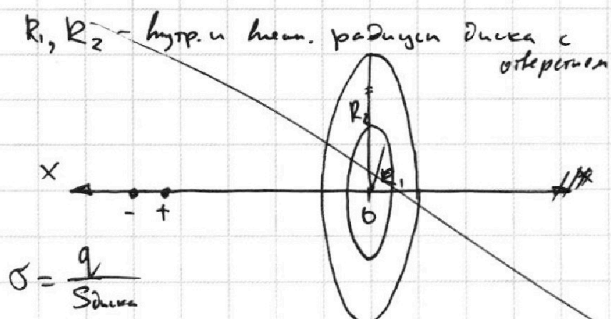


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\sigma = \frac{q}{S_{\text{диска}}}$$

Найдем пот. энергию диска в точке с коорд. x (x - коорд. кол. зор. диска)

По принципу суперпозиции поле от диска с отверстием равно сумме полей тех. колец

$$dE = \frac{k dq x}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{k \cdot 2\pi r dr dx}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} - \text{поле от тонкого кольца радиуса } r \text{ в точке } x.$$

$$E = \int_{R_1}^{R_2} \frac{k \cdot 2\pi dx r dr}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = 2\pi k dx \cdot \frac{1}{2} \int_{R_1}^{R_2} \frac{d(r^2 + x^2)}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} = \pi k dx \left(-\frac{2}{(r^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}} \right) \Big|_{R_1}^{R_2} =$$

$$= -2\pi k dx \frac{1}{\sqrt{R_2^2 + x^2}} + 2\pi k dx \frac{1}{\sqrt{R_1^2 + x^2}} = 2\pi k dx \frac{\sqrt{R_2^2 + x^2} - \sqrt{R_1^2 + x^2}}{\sqrt{(R_2^2 + x^2)(R_1^2 + x^2)}}$$

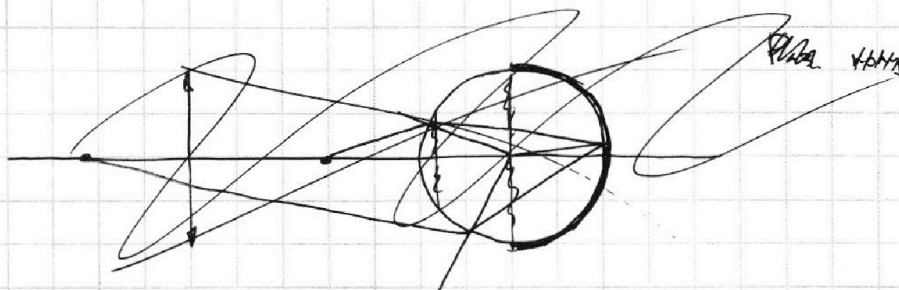


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
__ 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!





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!

Handwritten solutions on grid paper:

- Top left:** Diagrams of a beam and a spring-mass system.
- Top center:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $-kx = kv$ is written.
- Top right:** A vertical stack of numbers: $294,5$, $4,5$, $294,5$, $420,9$. To the right, a calculation: 98 , $\sqrt{4,5}$, 140 , 112 , $226,0$, $294,5$, $420,9$.
- Middle left:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $g < a$ is written.
- Middle center:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$ is written.
- Middle right:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $\frac{m \cdot \frac{1}{c^2}}{m \cdot m} = \frac{1}{c^2}$ is written.
- Bottom left:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $\frac{d}{R} = \frac{\pi - \alpha}{R + X}$ is written.
- Bottom center:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $\frac{d}{R} = \frac{\pi - \beta}{R + X +}$ is written.
- Bottom right:** A diagram of a beam with a mass m and a spring constant k . The displacement is x . The equation $\frac{145}{280}$ is written.

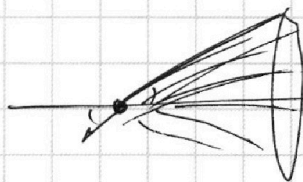


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$\begin{array}{r} 841 \overline{) 7} \\ 68 \overline{) 4} \\ \hline 161 \end{array}$$

$$E_x = \frac{kqh}{(r^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} \cdot x$$

$$4705 = 5 \cdot 841$$

$$\begin{array}{r} 841 \overline{) 13} \\ 78 \overline{) 6} \\ \hline 61 \end{array}$$

$$\phi = \frac{kq}{(r^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\phi = \frac{kq}{(r^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}}$$

$$\begin{array}{r} 4705 \overline{) 5} \\ 40 \overline{) 20} \\ \hline 20 \end{array}$$

$$E_0 = -\frac{kqq'}{(r^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}} + \frac{kqq'}{(r^2 + (x-l)^2)^{\frac{1}{2}}} = kqq' \left(-\frac{1}{(r^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}} + \frac{1}{(r^2 + x^2 - 2xl + l^2)^{\frac{1}{2}}} \right)$$

$$\sigma / w$$

$$\Phi = B \cdot S = B \cdot S \cdot n$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f}$$

$$LI = BS \cdot n$$

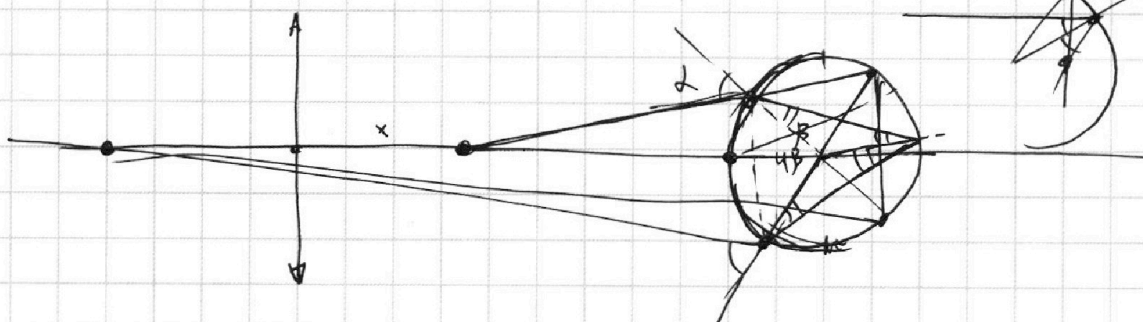
$$841 \overline{) 99}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$$

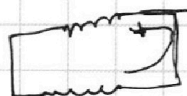
$$-8LI = 5LI = 0$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f}$$

$$d = h \cdot B$$



$$\begin{array}{r} 17 \overline{) 3} \\ 5 \cdot 2 \overline{) 7} \\ 16 \overline{) 4} \\ \hline 21 \overline{) 40} \end{array}$$



$$LI = B \cdot h \cdot S$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{x} = \frac{1}{f}$$

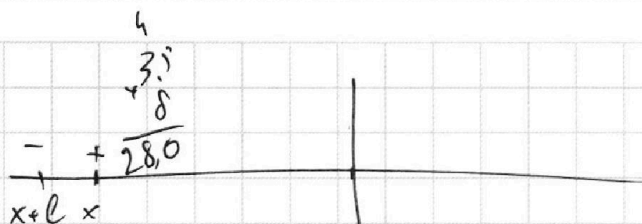


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$E = \frac{1}{2}$$

$$(1 + 0,25)^2$$

$$(1 + 0,1)^2 = 1,21$$

$$\sqrt{R^2 + (x+l)^2}$$

$$\sqrt{1+x} = \frac{1}{2}$$

$$E' = 2k\pi\sigma\eta \left(\frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{R^2 + x^2}} \right)$$

$$(1+x)^n = 1+nx$$

$$\frac{1,25}{1,25}$$



$$\frac{24,5}{58,5}$$

$$(1-x)^n = \frac{1}{n!} (n-1)(1-x) \frac{1}{1} (1-x)$$

$$\frac{58,5 \cdot 4,5}{841}$$

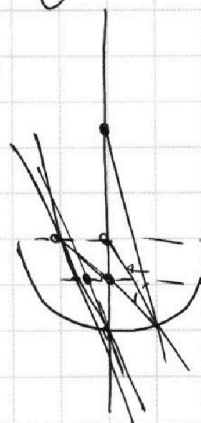
$$\frac{dE}{dx} = 2k\pi\eta \frac{R_1^2 - R_2^2}{(R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}} - 2k\pi\eta x \frac{R_1^2 + R_2^2}{((R_1^2 + x^2)(R_2^2 + x^2))^{\frac{5}{2}}}$$

$$(2x(R_2^2 + x^2) + 2x(R_1^2 + x^2)) = 0$$

$$(R_1^2 - R_2^2)(R_1^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}(R_2^2 + x^2)^{\frac{1}{2}} - 3x(R_2^2 + x^2 + R_1^2 + x^2)$$

$$\sqrt{AB} = 3x(A+B)$$

$$AB = 9x^2(A^2 + B^2 + 2AB)$$



$$\frac{841}{131}$$