



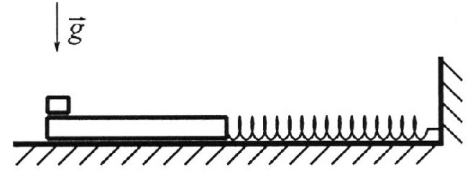
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ 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 $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. 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.

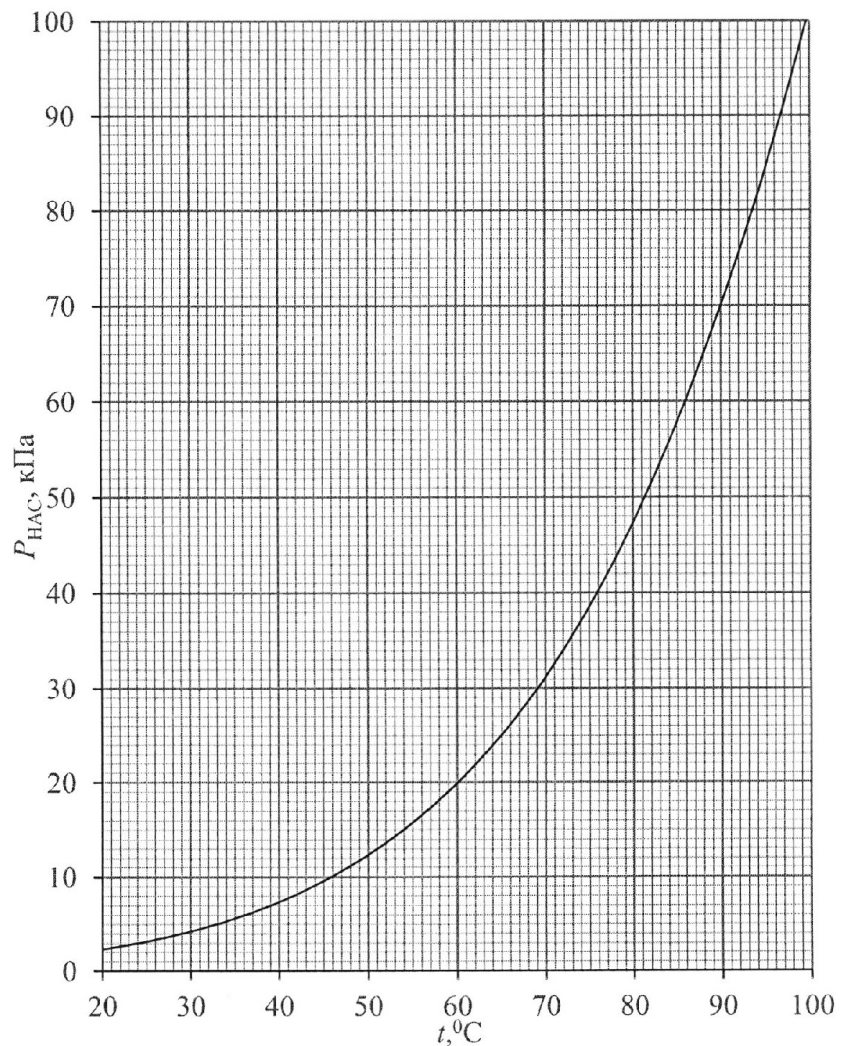


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °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.

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





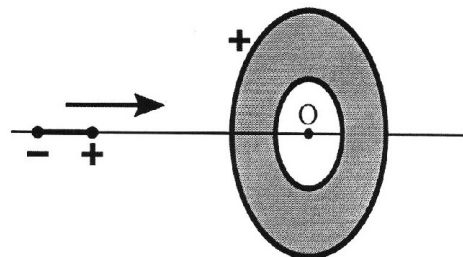
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

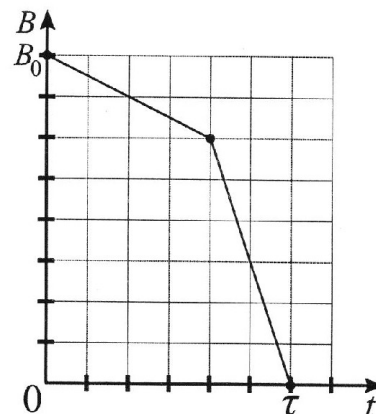
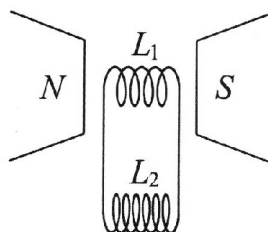


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



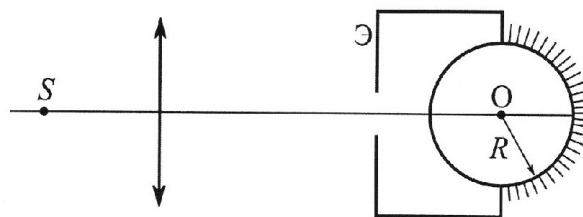
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $L_2 = 6L$ 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 (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, 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 $\Delta = 4R$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.

$$-25\bar{c}^1$$



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

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!

$$3) z_{\text{max}} = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega t_1) = \frac{k x_1 - m g}{M} = m g = 3 \frac{M}{c}$$

$$|z| |\omega t_1| = \frac{m g}{\omega A} = \frac{3 \frac{M}{c}}{5 \frac{M}{c} \cdot 3 \frac{1}{c}} =$$

$$v_{\text{max}} = A \cdot \omega \cdot \sin(\omega t_1) \quad \bar{A} = 3 \frac{M}{c} \cdot \frac{\sqrt{5}}{5} =$$

$$= \frac{2}{5}$$

$$= 3,3 \frac{M}{c} \cdot \sqrt{5} \approx 2,1 \frac{M}{c} \cdot 2,22 = 0,666 \frac{M}{c} \approx 0,7 \frac{M}{c}$$

$$\sin(\omega t_1) = \sqrt{1 - \frac{4}{5}} = \frac{\sqrt{5}}{5}$$

Реш 2,22

Ответ: $x_1 = 18 \text{ см}$

$$a_0 = 4,5 \frac{M}{c}$$

$$v_{\text{max}} = 3,7 \frac{M}{c}$$



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!

✓2

Дано:

$$t_0 = 27^\circ \text{C}$$

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ K} = 300 \text{ K}$$

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

$$T_H = t_H + 273 = 370 \text{ K}$$

m_0 - масса воды (изменилась)

m_H - масса пара

а также: $\frac{m_0}{m_H} = 12$

В конце вся вода испарилась.

1) И.В. Вся вода испарилась, но масса

пара в конце (масса) имеет равную

судя по закону сохранения массы пара и воды испарившейся воды.

$$m_{H_0} = m_H, \quad m_{H_0} = m_0 + m_0 = 12m_0$$

$$\frac{12m_0}{m_0} = 12$$

(12)

$$\frac{m_H}{m_0} = ?$$

$t = ?$ температура воздуха

$t_H = ?$ температура воздуха в конце.

2) И.В. Изменилось давление пара в конце.

Он известен и его можно определить по

$$\text{таблице } p_0 (\text{давление пара воды}) = p_H \text{ при } t = 97^\circ \text{C}$$

$$p_0 \approx 3,5 \text{ kPa}$$

Далее закон сохранения М-У:

$$p_0 V = \nu_0 R T_0$$

ν_0 - кол-во молей воды

$$p_H V = \nu_H R T_H$$

ν_H - кол-во молей пара в конце

поэтому это мы знаем

и мы знаем
массу пара

$$\begin{array}{r} 143 \\ 35 \\ \hline 740 \\ 494 \\ \hline 5180 \end{array}$$

$$\frac{p_H V}{p_0 V} = \frac{\nu_H R T_H}{\nu_0 R T_0}$$

$$\frac{p_H}{p_0} = \frac{m_H \cdot \nu_H \cdot T_H}{m_0 \cdot \nu_0 \cdot T_0} = \frac{m_H \cdot T_H}{m_0 \cdot T_0} = 12 \cdot \frac{370}{300}$$

$$p_H = p_0 \cdot 12 \cdot \frac{37}{30} = p_0 \cdot 4 \cdot 3,7 = p_0 \cdot 14,8$$

$$p_H = 3,5 \text{ kPa} \cdot 14,8 = 51,8 \text{ kPa}$$

по формуле: $\nu = \frac{p}{p_H}$

p - давление пара

p_H - давление насыщенного пара при данной температуре.



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!

Найти P_H можно из формулы $P_H \text{ км}^2 \approx 914 \text{ км}^2$

$$\eta = \frac{51,8 \text{ кВт}}{914 \text{ кВт}} = \frac{518}{910} = \frac{259}{455}$$

$$51,8 \text{ кВт} \approx 52 \text{ кВт}$$

$$914 \approx 910$$

$$51,8 \text{ кВт} \approx 52 \text{ кВт}$$

$$52 = 13 \cdot 4$$

$$\eta \approx \frac{52}{91} = \frac{4}{7}$$

найти приближенно
напрямую

$$91 = 13 \cdot 7$$

$$\eta = \frac{51,8}{91} \approx \frac{4}{7}$$

или определить

по формуле. По формуле можно определить
напрямую.

Есть предположение, что вода, но она не используется $\Rightarrow$ вода

можно использовать из формулы $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$

и формулу $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$. По формуле можно найти P_H
напрямую. По формуле $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$ в формуле P_H

напрямую. По формуле $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$. По формуле можно найти P_H
напрямую. По формуле $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$ в формуле P_H

$$\text{Кол. воды в миксе (в миксе) : } P_H \cdot \frac{300}{370} = \frac{P_H}{370} \approx \frac{P_H}{1,23}$$

$$P_H = \frac{52 \text{ кВт}}{1,23} \approx 43 \text{ кВт}. \text{ По формуле можно найти } (P = 52 \text{ кВт}; t = 91^\circ \text{C})$$

и $(P = 43 \text{ кВт}; t = 91^\circ \text{C})$ и по формуле $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$ в формуле P_H

или по формуле $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$. По формуле $P_H \text{ кВт} \approx 914 \text{ кВт}$

$$\text{Ответ: } \frac{m_{\text{H}_2\text{O}}}{m_{\text{H}_2\text{O}}} = 12; \quad t \approx 91^\circ \text{C}; \quad \eta \approx \frac{4}{7}$$



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.

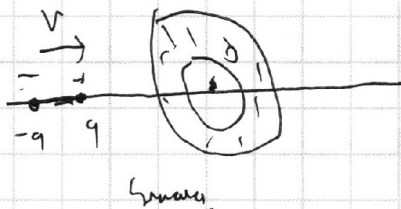
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!

Дано:

v_0
 $v_x = ?$
 $\Delta E_2 = ?$



Нужно найти функцию изменения в
2 раза (по модулю)

1) 3 б: найдем: $W = \frac{mv_0^2}{2}$
m - масса электрона

$W_{E_1} = 0$ (при удалении)

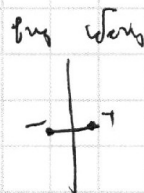
W_0 - энергия фл.-тока
высвобождающейся

В центре кольца: $W = \frac{mv_x^2}{2}$
 $W_{E_2} = ?$

$W_{E_2} = 0$

$\frac{mv_0^2}{2} + 0 = \frac{mv_x^2}{2} + 0$

$v_x = v_0$



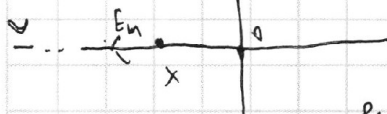
потенциальный
и электрический
заряд находится
в центре кольца
симметрично относительно центра

Если выбрать за ноль
какую-то точку, то
расстояние от нее до
каждой точки кольца $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ к W_1 W_2 симметричны
по модулю, но имеют
противоположные знаки $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ при удалении $W_2 = 0$

2) рассмотрим поле создаваемое кольцом:
при (центр)



на оси
в точке 0 $E = 0$
на x $E = 0$

если переместим точку x

то E будет направлена
вправо

левее x поле направлено влево (от x до 0)

правее x (до 0) поле направлено вправо (от x до 0)

В зависимости от того какой заряд имеет x , заряд будет
увеличиваться или уменьшаться. Если заряд отрицателен, то F на него будет
действовать, заряд уменьшится. Если он положителен, то F на него будет действовать, он



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!

Дано:

$$L_1 = L$$

n

S_1

B_0

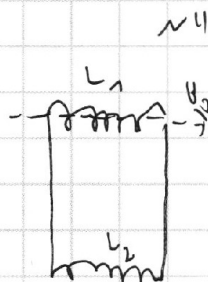
$$L_2 = bL$$

τ

I_0 найти:

$$q_{L_2} = ?$$

где q_{L_2} — ток
через катушку



S_1

катушка имеет сопротивление S_1 в катушке

L_1 — длина катушки L_2 — ширина катушки

по закону: $\mathcal{E}_1 = -\dot{\Phi} = -\dot{B} \cdot S_1 =$

$S_1 =$ сопротивление
катушки

$$= -\dot{B} \cdot S_1 \cdot n = -S_1 n \frac{dB}{dt}$$

1) U_0 — ток в катушке, который течет, когда

катушка находится в магнитном поле B_0 (направление на L_1). Ток через катушку

создает магнитное поле B_1 (направление на L_2). Ток через катушку

создает магнитное поле B_2 (направление на L_1). Ток через катушку

$$\text{Закон Ома: } -L_1 \frac{dI}{dt} - L_2 \frac{dI}{dt} = -S_1 n \frac{dB}{dt} \quad | \cdot (-dt) |$$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

и важно знать направление

тока, так как $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ будут

направлены в одну сторону,

и.е. ток $\frac{dI}{dt}$ будет один

направлен.

$$L_1 \cdot dI + L_2 \cdot dI = S_1 n \cdot dB$$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

$$L_1 \cdot I_0 + L_2 \cdot I_0 = S_1 n B_0$$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

$$L \cdot I_0 + bL \cdot I_0 = S_1 n B_0$$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

$$I_0 = \frac{S_1 n B_0}{7L}$$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

$$I_0 = \frac{S_1 n B_0}{7L}$$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

направление тока и $\mathcal{E}_1$

$$2) \quad L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = S_1 n \frac{dB}{dt}$$

$$7L \cdot \frac{dI}{dt} = S_1 n \frac{dB}{dt}$$

если $\frac{dB}{dt} = \text{const}$, то и $\frac{dI}{dt} = \text{const}$.



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 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!

Если Φ линейно зависит от времени, то и I линейно зависит от времени. Поэтому $U(t)$ состоит из двух линейных частей, функции $I(t)$ имеет вид из двух линейных частей.

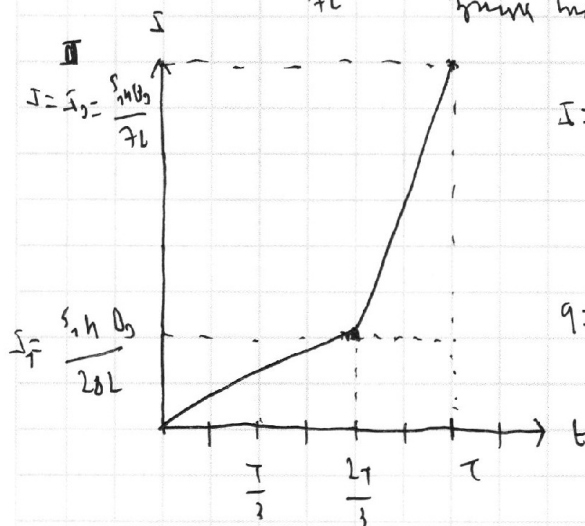
первая часть: до времени $\frac{2\tau}{3}$: $\frac{d\Phi}{dt} = \frac{-\frac{1}{8}B_0}{\frac{1}{3}\tau} = -\frac{3B_0}{8}$

вторая часть: от $\frac{2\tau}{3}$ до τ : $\frac{d\Phi}{dt} = \frac{-\frac{6B_0}{8}}{\frac{1}{3}\tau} = -\frac{18B_0}{8} = -\frac{9B_0}{4}$

$7L \frac{dI}{dt} = S_1 n \frac{d\Phi}{dt}$ ~~или наоборот~~

$7L \Delta I = S_1 n \cdot \Delta \Phi$

$\Delta I = \frac{S_1 n}{7L} \cdot \Delta \Phi$ ~~максимум от которого мы знаем максимум магнитного поля~~
~~функция максимума не зависит.~~



$I = \frac{dQ}{dt}$ $dQ = I dt$ $Q = \int I dt$

Q — количество прошедшего электричества.

$Q = \int_0^{\tau} I dt = \frac{S_1 n B_0}{28L} \cdot \frac{2\tau}{3} \cdot \frac{1}{2} + \frac{S_1 n B_0}{28L} \cdot \frac{\tau}{3} +$
 $+ \left(\frac{S_1 n B_0}{7L} - \frac{S_1 n B_0}{28L} \right) \cdot \frac{\tau}{3} \cdot \frac{1}{2} =$

$= \frac{S_1 n B_0 \cdot \tau}{84L} + \frac{S_1 n B_0 \tau}{84L} + \frac{S_1 n B_0 \tau}{56L} =$

$= \frac{3,5 S_1 n B_0 \tau}{84L} = \frac{0,5 S_1 n B_0 \tau}{12L} = \frac{S_1 n B_0 \tau}{24L}$

Ответ: $I_0 = \frac{S_1 n B_0}{7L}$

$Q = \frac{S_1 n B_0 \tau}{24L}$



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!

Затем найти точку пересечения: $\frac{1}{P} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{L}$ [расстояние от центра]

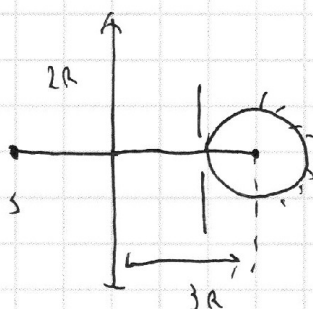
$$\frac{1}{P} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{7R} = \frac{9}{14R}$$

$$P = \frac{14}{9} R$$

$$q = 2R$$

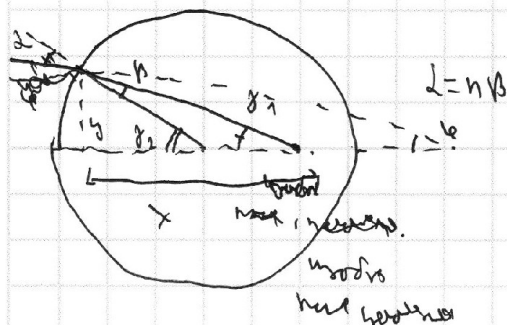
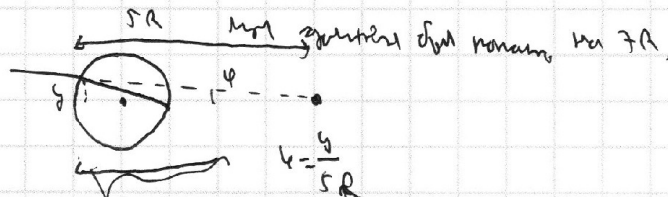
$$L = 5R$$

2)



Итак, рассмотрим в координатах (используем)

рациональные значения для x и y мин.



$$x_2 = \frac{5}{R}$$

$$x_1 = \frac{5}{x}$$

$$x_2 + x_1 - R = x_1$$

$$x_2 = R + x_1 \quad R = x_2 - x_1$$

$$x_2 + x_1 = 2R \quad L = n(x_2 - x_1)$$

$$\frac{5}{5R} + n \cdot \left| \frac{5}{R} - \frac{5}{x} \right| = \frac{5}{R}$$

$$\frac{1}{5R} + \frac{n}{R} - \frac{n}{x} = \frac{1}{R}$$

$$\frac{1}{5R} - \frac{1}{R} + \frac{n}{R} = \frac{n}{x}$$

$$\frac{n}{x} = \frac{5n-4}{5R}$$

$$x = \frac{5R \cdot n}{5n-4}$$

Итак, для x и y найдем значения

и найдем точку пересечения

окружности. Итого найдем x и

найдем значения x и y найдем

окружности. Итого найдем x и

найдем значения x и y найдем

и найдем значения x и y найдем

и найдем значения x и y найдем



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
☐

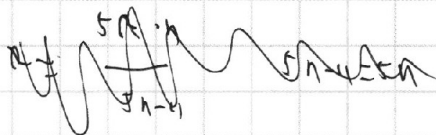
5
☒

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!



это возможно только если при прохождении
узелов $x=1$

$$R = \frac{5R \cdot n}{5n-1} \quad 3n-1 > 5n$$

$$\frac{5n}{5n-1} = 1 \Rightarrow n=\infty, \text{ но не выполняется. Тогда сумма не выполняется}$$

$$\text{ответ: } \left[-\frac{14}{3}, 1 \right]$$

$n=\infty$ (никогда не выполняется)



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!

