



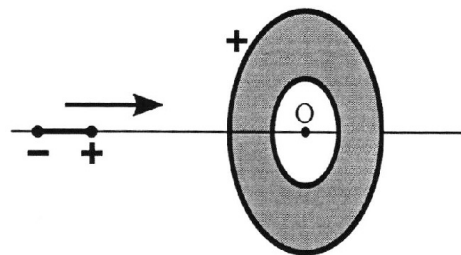
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

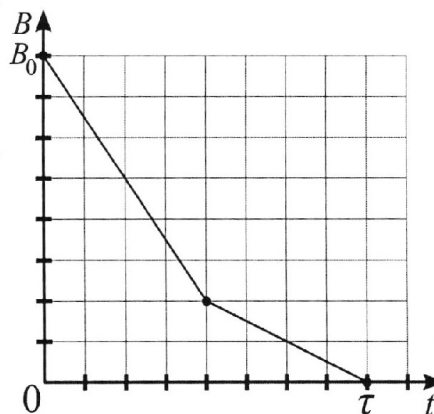
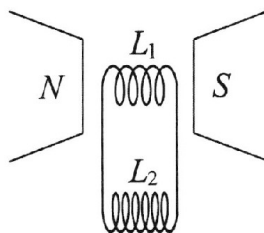


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



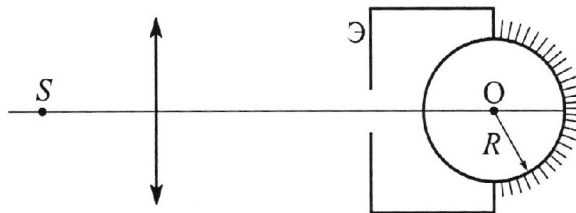
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



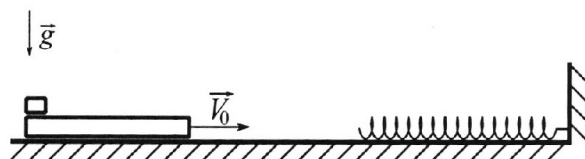
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

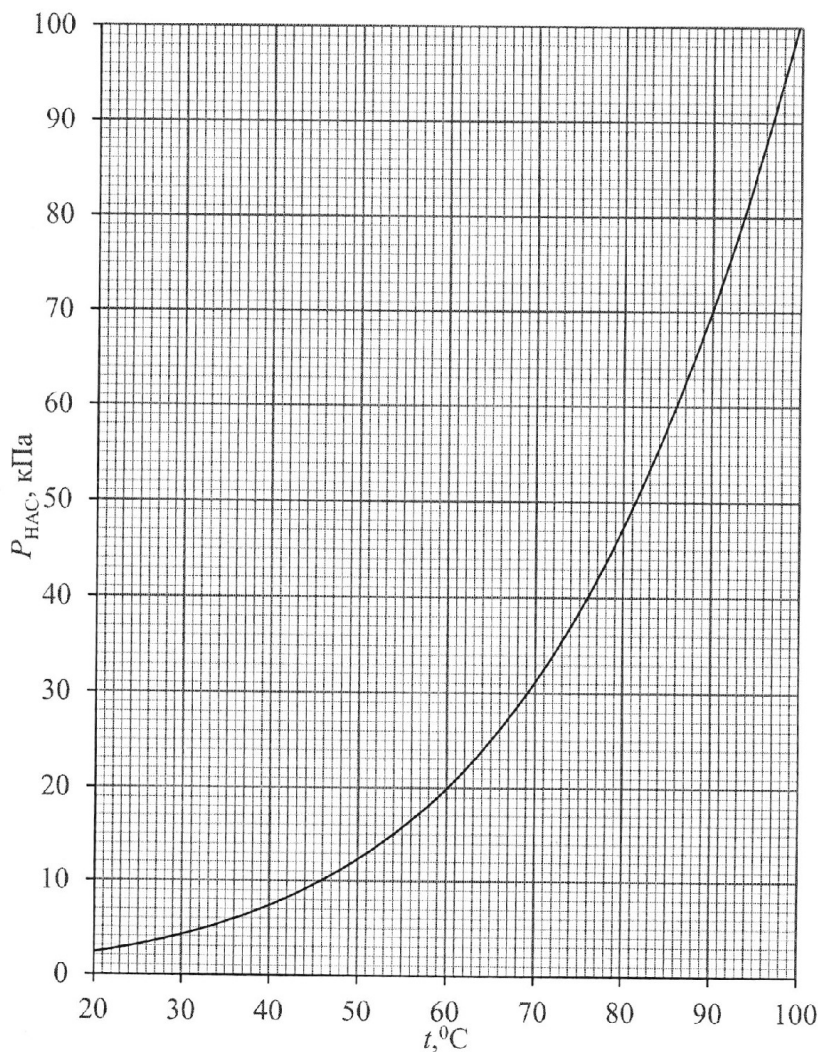


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 $\phi_0 = 1/3$ (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.





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!

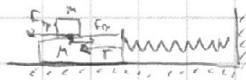


$$M = 2m$$

$$m = 1 \text{ кг}$$

$$v_0 = 1 \text{ м/с}$$

$$k = 36 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$



$$2) \quad a = \frac{T}{M+m} = \frac{k \cdot x}{M+m} = \frac{dx}{dt} = \ddot{x}$$



$$\ddot{x} = \frac{kx}{M+m}$$

$$\ddot{x} - \frac{kx}{M+m} = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} \Rightarrow x = A \cdot \sin(\omega t)$$

$$A = \text{Amplitude}$$

$$\frac{kA}{2} = \frac{(M+m)v_0^2}{2}$$

$$A = \sqrt{\frac{v_0^2(M+m)}{k}}$$

$$x = A \sin(\omega t) = A \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

1) Пока брусок не начнет сдвигаться и пружина сжиматься

$$a = \frac{T}{M+m}, \quad a_s = a_g = a$$

$$a_s = \frac{m}{T} \quad a_g = \frac{M}{T-F_{\text{тр}}}$$

$$a_s = a_g \Rightarrow m(T-F_{\text{тр}}) = F_{\text{тр}} \cdot M$$

$$F_{\text{тр}}(M+m) = mT$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{m}{M+m} T$$

$$F_{\text{тр max}} = \mu N = 0.5 \cdot m = 3 \text{ Н}$$

$$F_{\text{тр max}} \text{ будет при } T = \frac{M+m}{m} \cdot 3 = \frac{3}{1} \cdot 3 = 9 \text{ Н}$$

$$T = 9 \text{ Н, соответствует началу сжатия пружины}$$

$$\Delta x_1 = \frac{T}{k} = \frac{9}{36} = \frac{1}{4} = 0.25 \text{ м}$$

$$x = \Delta x_1 \sqrt{\frac{m+M}{k}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t\right)$$

$$\Delta x_1 = 1 \cdot \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot \sin\left(\sqrt{12} t\right) = \frac{1}{4}$$

$$\sin(\sqrt{12} t) = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \sqrt{12} t = \frac{\pi}{3}$$

$$t = \frac{\arcsin\left(\sqrt{\frac{3}{4}}\right)}{\sqrt{12}} = \frac{\frac{\pi}{6}}{3\sqrt{2}} = \frac{\pi}{6\sqrt{2}} \approx \frac{\sqrt{2}}{6} \text{ с}$$

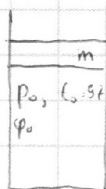
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



$$1) p_{n1} = \varphi_0 \cdot p_{n0} = \frac{1}{3} \cdot 91 = 30 \text{ кПа} \quad \frac{1}{3} \cdot 91 = \frac{91}{3} \approx 30 \text{ кПа} \quad \text{— парциальное давление}$$

$$p_0 = \frac{p_{n1}}{p_{n0}}$$

Уг. графика, даем массу пара при 37°C:

$$p_{n37} = 91 \text{ кПа}$$

Так как процесс изотермический, а масса вещества, то

$$p_0 = p_0 + p_n = \text{const во время,}$$

$$2) p_0 = p_0 + p_n = \text{const}$$

$$p_0 \cdot V_0 = \nu_0 R T_0$$

$$p_n V_n = \nu_n R T_n$$

$$p_0 V_0 = \nu_0 R T_{37}$$

$$p_0 \approx 75 \text{ кПа}$$

$$p_0 V_0 = R T_0 (\nu_0 + \nu_n)$$

$$V_0 = \frac{\nu_0 R T_{37}}{p_0}$$

Конденсация капли, когда парциальное давление пара сравняется с давлением насыщенного пара при данной температуре. До начала конденсации парциальное давление пара будет постоянным. После: капли будут расти с давлением насыщенного пара от температуры.

$$p_{n1} = p_{n0} \approx \frac{91}{3} \text{ кПа} \quad \text{Уг. графика: } p_{n0} = \frac{91}{3} \Rightarrow t_x \approx 69^\circ \text{C}$$

$$3) p_0 = 105 \text{ кПа}$$

$$p_{n33} = 5 \text{ кПа}$$

$$p_1 = p_0 + p_{n33} \Rightarrow p_0' = 100 \text{ кПа}$$

$$p_0' \cdot V = \nu_0 R T_{33}$$

$$V = \frac{\nu_0 R T_{33}}{p_0'}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{\nu_0 R T_{33}}{\nu_0 R T_{37}} \cdot \frac{p_0}{p_0'} = \frac{273 + 33}{273 + 37} \cdot \frac{75}{100} = \frac{306}{310} \cdot \frac{3}{4} = \frac{153}{155} = \frac{459}{465}$$



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!



U увеличивается, то максимальная скорость при пролёте U_0 .

U_0 - ~~это~~ равнодействующая зарядов и отталкивания со стороны электрического поля ядра. (следит, что превращается в ноль),

то ОН при пролёте U_0 бесконечным количеством времени
соответственно по пути движется его минимальным временем

исход, потенциал равен.

$$W + W_e + E_k = \text{const}$$

$$\text{учет: } W + W_e = 0; E_k = \frac{mU^2}{2}$$

1) При максимальной $U = U_0$

$$W + 0 = \text{const} = 0 + \frac{mU_0^2}{2}$$

2) Чтобы пролетел, необходимо, чтобы кинетическая энергия в ~~какой-то~~ крайней точке была равна 0.

$$W + 0 = \text{const} = 0 + \frac{mU_0^2}{2}$$

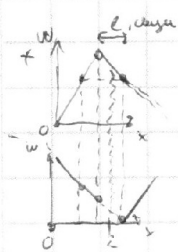
Тогда из потенциала в крайней $\frac{mU_0^2}{2}$

$$1) E_k = \frac{m \cdot 15^2 \cdot U_0^2}{2} = \frac{9}{8} m U_0^2$$

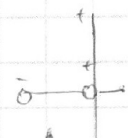
$$\Phi = \int_0^{\infty} E(x) \cdot dx$$

$$J_{\text{мк}}: U_k = \frac{3}{2} U_0$$

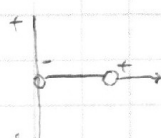
$$U_{k1} = \frac{1}{8} m U_0^2$$



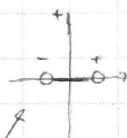
$$\Delta E = \Phi - W_{\text{ка}} \text{ ка каиния}$$



мин. скорость



мин. скорость



минимум скорости

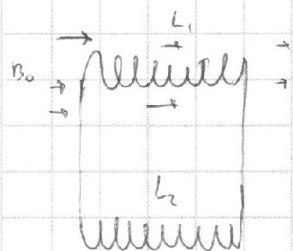


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



СТРАНИЦА
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!



$$L_1 = L$$

$$L_2 = 3L$$

$$U_1 = B_0 \cdot L_1 \cdot \sin \alpha$$

$$U_1 = B_0 \cdot L_1 \cdot \sin \alpha$$

1) учитывая геометрию:

$$B_1 = \frac{3B_0}{4} \cdot \frac{L}{L} = \frac{3B_0}{4L}$$

$$B_2 = \frac{B_0}{4} \cdot \frac{L}{L} = \frac{B_0}{4L}$$

$$\epsilon = \text{const.}$$

$$1) U_{11} = \pm B_1 \cdot L_1 \cdot \sin \alpha - L_1 \dot{I}_1$$

закон Ома для замкнутой цепи, что по не вышло.

$$U_{21} = -L_2 \dot{I}_1 = -3L \dot{I}_1$$

$$U_{11} + U_{21} = 0$$

$$\pm B_1 \cdot L_1 \cdot \sin \alpha = 4L \dot{I}_1$$

$$I_0 = \int_0^{L/4} \dot{I}_1 + \int_{L/4}^L \dot{I}_2 = \frac{4 B_0 S_1 \sin \alpha}{16 L} = \frac{B_0 S_1 \sin \alpha}{4 L}$$

$$\left[\begin{array}{l} \dot{I}_1 = \frac{3 B_0 S_1 \sin \alpha}{8 L \epsilon} \end{array} \right]$$

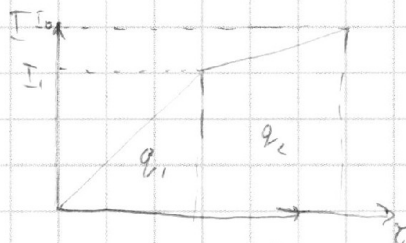
$$2) U_{12} = \pm B_2 \cdot L_2 \cdot \sin \alpha - L_2 \dot{I}_2$$

$$U_{22} = -L_2 \dot{I}_2 = -3L \dot{I}_2$$

$$\left[\begin{array}{l} \dot{I}_2 = \frac{B_0 S_1 \sin \alpha}{8 L \epsilon} \end{array} \right]$$

$$I = I_1 + I_2 = \frac{B_0 S_1 \sin \alpha}{8 L \epsilon} \left(\frac{3}{2} + 1 \right) = \frac{B_0 S_1 \sin \alpha}{4 L \epsilon}$$

$$II \quad dq = I \cdot d\tau$$



$$Q = q_1 + q_2 = \frac{I_1 \cdot \tau}{2} + \frac{(I_0 - I_1) \cdot \tau}{2}$$

$$q_1 = I_1 \cdot \frac{\tau}{2} = I_1 \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{3 B_0 S_1 \sin \alpha}{64 L \epsilon}$$

$$q_2 = (I_0 - I_1) \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{B_0 S_1 \sin \alpha}{64 L \epsilon} + \frac{6 B_0 S_1 \sin \alpha}{64 L \epsilon}$$

$$Q = q_1 + q_2 = \frac{10 B_0 S_1 \sin \alpha}{64 L \epsilon} = \frac{5 B_0 S_1 \sin \alpha}{32 L \epsilon}$$

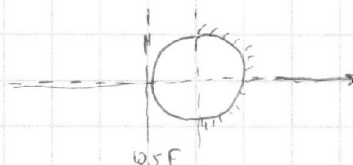
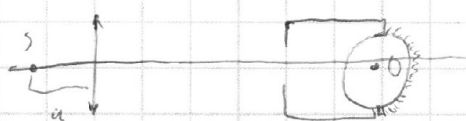


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

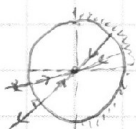
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



луча: $\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{x_1} \Rightarrow \frac{1}{x_1} = \frac{1}{F} - \frac{10}{11F} = \frac{1}{11F}$
 $x_1 = 11F$

1) Так как изображение свивает с центром при любом ~~любом~~ положении предмета, то лучи должны проходить от центра ~~тогда~~ по тем же траекториям, кем и от центра.

Положение предмета не будет важно, если лучи пройдут через точку O и свивают с радиусом.



Т.е. лучи проходят через точку O и свивают с радиусом.

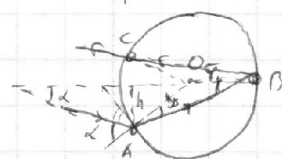
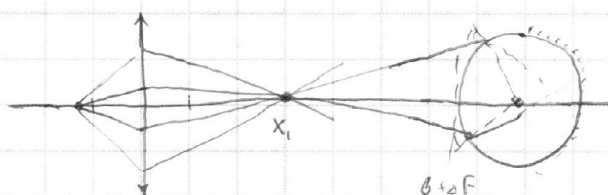
Тогда: $\Delta p(\tau, O; \text{лучи}) = x_1$

$x_1 = b + R \Rightarrow R = x_1 - b = 0.5F$

2. $d = 5.5F$

$x_0 = 11F \rightarrow 16.5F$

$b_1 = b + d = 16F$



$\alpha = \pi - \beta$

$A \rightarrow B \rightarrow C$

$h = (b_1 - x_1) \cdot \alpha = 5F \cdot \alpha = 5F \cdot \pi - \beta$

так как угол мал, то примем угол между лучом и PO и угол между лучом и PO равным α

$\beta = \frac{\alpha}{n} \quad \angle AOB = 180 - 2\beta$

$AB^2 = 2R^2(1 + \cos 2\beta)$

$h = AB \cdot \sin \beta \approx AB \cdot \beta$

$AB \approx \sqrt{2} R \cdot \sqrt{1 + \cos 2\beta} = 2R \cdot \cos \beta$

$AB = 5F \cdot n \Rightarrow F \cdot \omega \beta = 5F \cdot n \Rightarrow n = \frac{\omega \beta}{5} \approx \frac{1}{5}$ Ответ: $\frac{1}{5}$

Здесь лучи не могут свивать сами с собой, потому рассмотрим свивание лучей симметричных от PO .

Тогда: все лучи должны опрашивать от ~~горизонта~~ точки PO и свивать с PO



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
☐

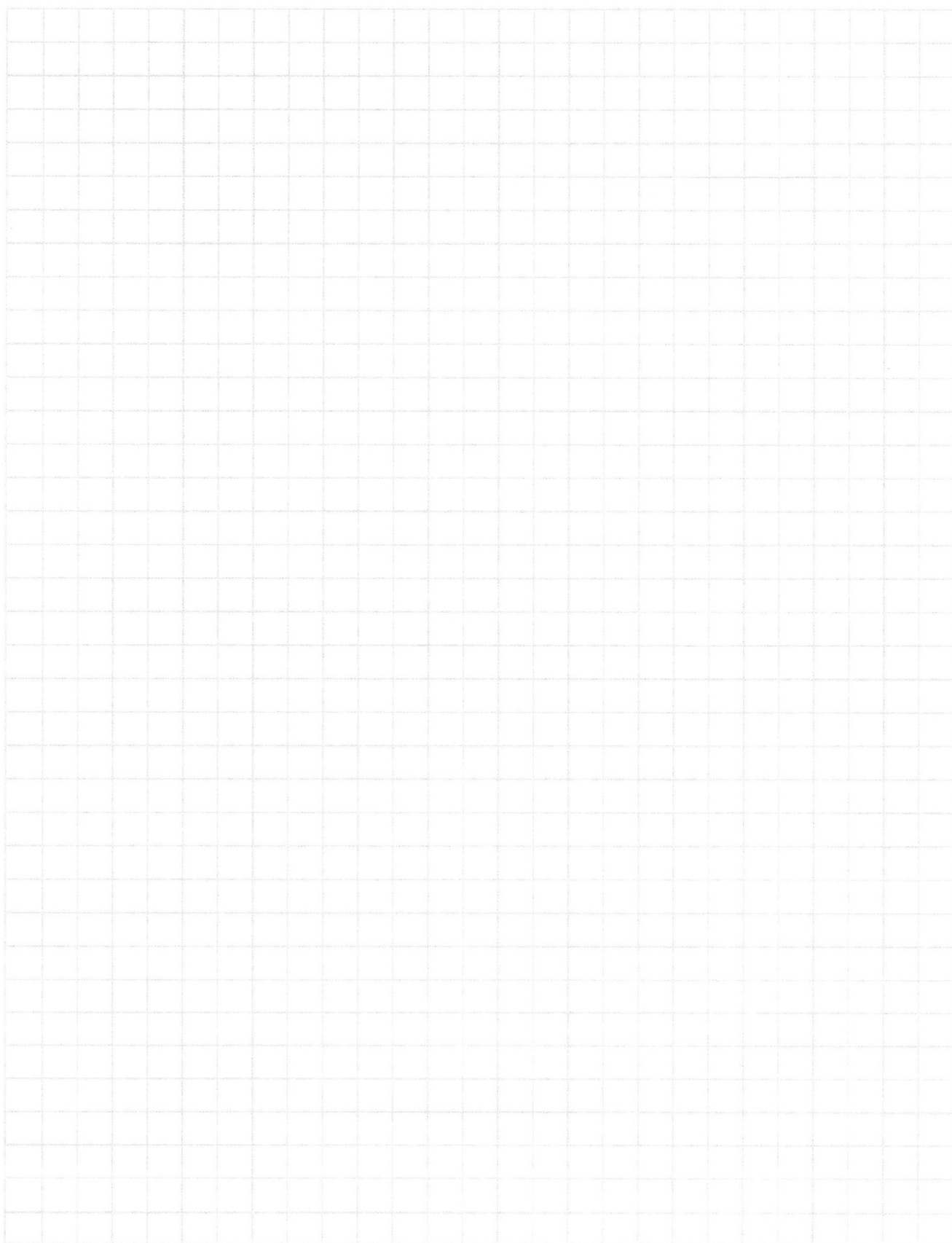
5
☐

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!



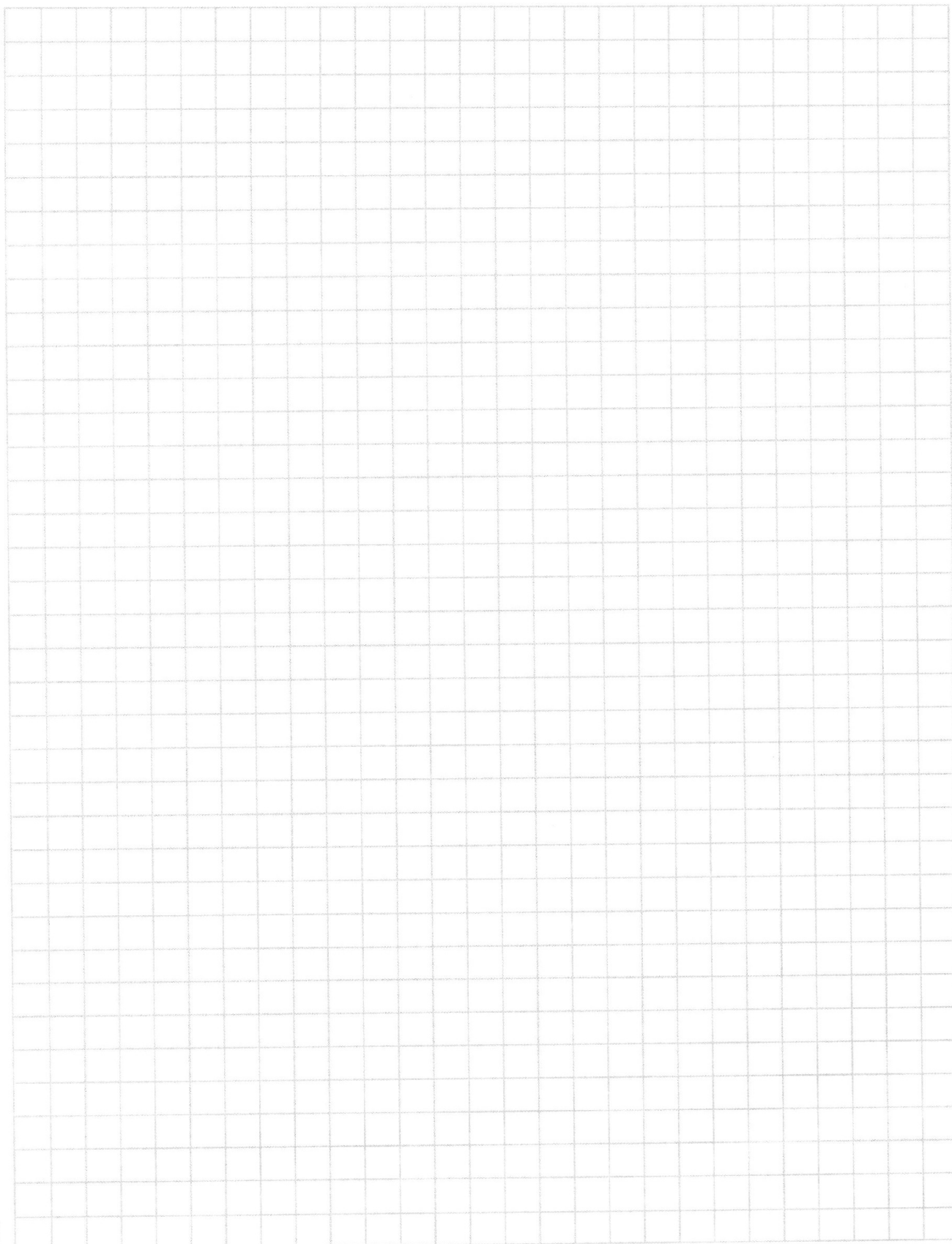


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!





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
☐

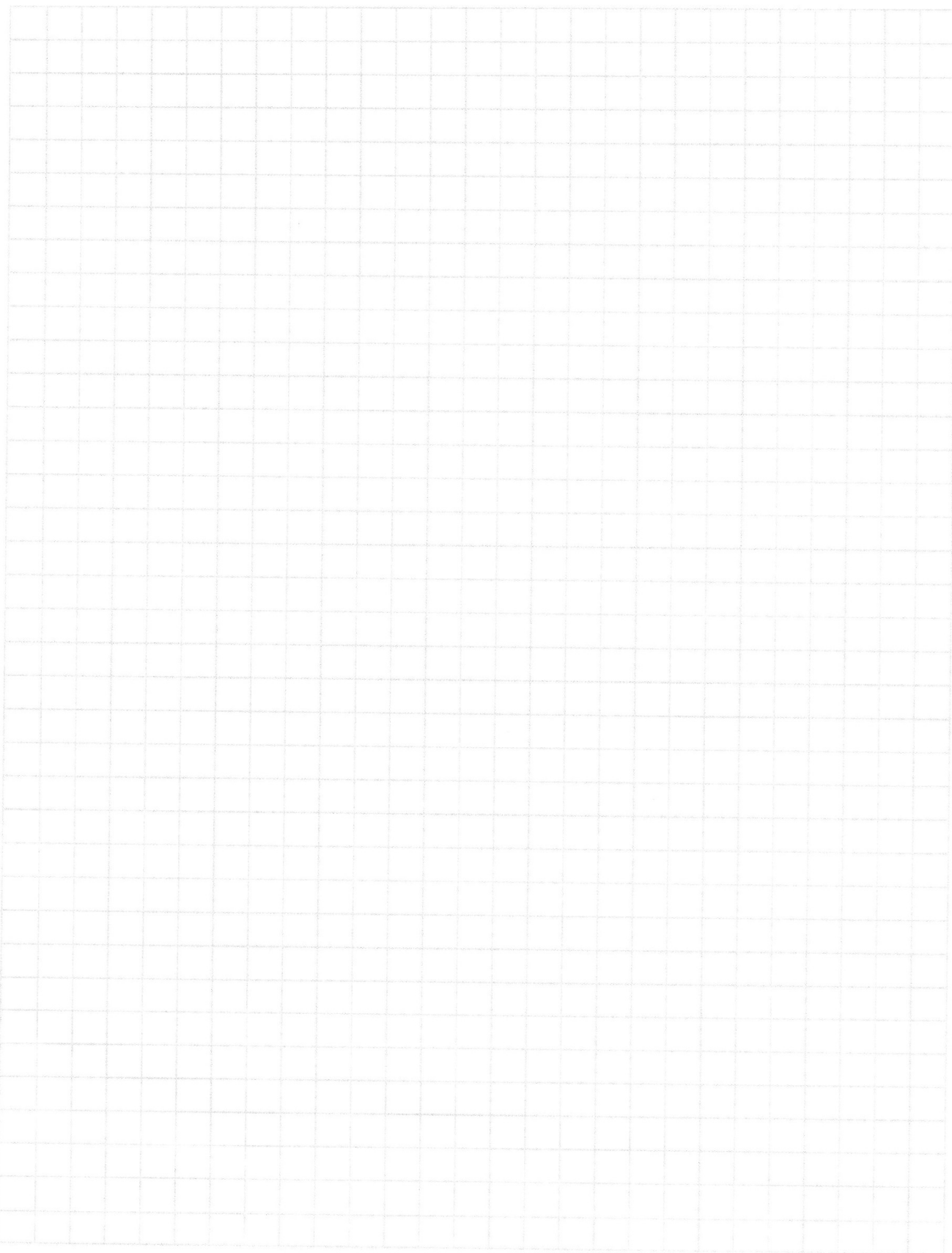
5
☐

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!

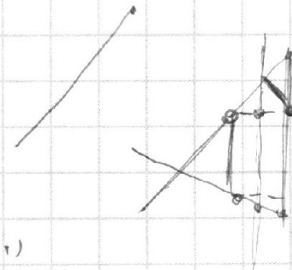
$$a = \frac{kx}{m+n} = x''$$

$$\frac{dx}{(1+x)^2} = \frac{kx}{m+n}$$

$$U_0 + \Delta U$$

$$U_0 \rightarrow \leftarrow \frac{kx}{m+n}$$

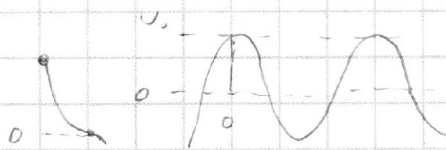
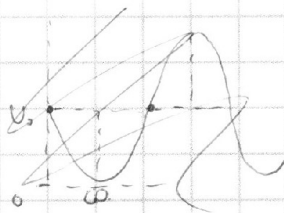
$$W_i$$



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

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

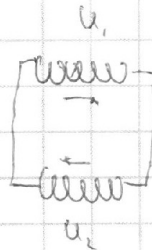
$$x = A \cos(\omega t)$$



$$\mathcal{E} = -\dot{\Phi} = -BS$$

$$U_i = \frac{B_0 \omega}{8\pi} \cdot S \cdot n = \frac{B_0 S n}{4\pi} + L \dot{I}_0$$

$$U = L \dot{I}$$



$$U_2 = U_1$$

$$3L \cdot \dot{I} = U_1$$

$$2L \dot{I}_2 = \frac{B_0 S n_2}{4\pi}$$

$$2L \dot{I}_1 = \frac{3B_0 S n_1}{4\pi}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{B_0 S n_1}{4\pi L}$$

$$\dot{I}_1 = \frac{3B_0 S n_1}{4\pi L}$$

$$\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \dot{I}_2 = \frac{B_0 S n_1}{4\pi L} - \frac{B_0 S n_1}{4\pi L} = -\frac{B_0 S n_1}{4\pi L}$$

$$\int_0^{\pi/2} \dot{I}_1 = \frac{3B_0 S n_1}{4\pi L}$$

$$I = \frac{U_1 \sin \omega t}{n \cdot \gamma}$$

$$I = \frac{U_1 \sin \omega t}{n \cdot \gamma}$$

$$W = -qE(x) \cdot \ell$$

$$W = -qE(x) \cdot \ell$$

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!