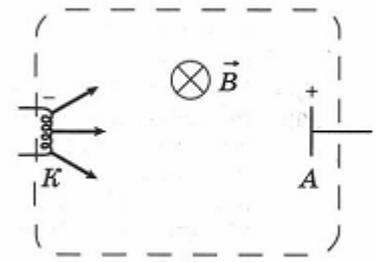


11 КЛАСС

1. В электронике используются явления, основанные на движении электронов в магнитном поле. На приведенном рисунке электроны, испускаемые катодом K под разными углами, движутся к аноду A в однородном магнитном поле с индукцией \vec{B} . При каком минимальном значении магнитной индукции электроны не достигнут анода, если максимальная скорость электронов равна v_0 , а расстояние между катодом и анодом равно L ?



РЕШЕНИЕ:

Дано:

B, v_0, L

$B_{min} - ?$

Как известно, на заряженные частицы, движущиеся в магнитном поле, действует сила Лоренца, перпендикулярная вектору скорости, поэтому не меняющая модуль вектора скорости частицы и направляющая частицу по дуге окружности радиусом R , который можно вычислить из уравнения по второму закону Ньютона, с учетом выражения силы Лоренца и центростремительного ускорения:

$$qvB\sin\alpha = \frac{mv^2}{R}, \text{ откуда следует, что } B = \frac{mv}{Rq\sin\alpha} \quad (1)$$

где: q - заряд частицы, v - скорость, m - масса частицы, B - индукция магнитного поля, α - угол между векторами \vec{B} и \vec{v} .

Из формулы (1) следует, что минимальному значению B_{min} при максимальной скорости электронов v_0 соответствуют максимальные значения R и $\sin\alpha$. Чтобы электроны не достигли

анода, двигаясь в магнитном поле по дуге окружности диаметром L , надо считать $R_{max} = L/2$, а $\sin\alpha = 1$. Таким образом,

$$B_{min} = \frac{2mv_0}{qL}. \quad (2)$$

ОТВЕТ: минимальное значение индукции магнитного поля, при котором электроны не достигнут анода, равно $B_{min} = \frac{2mv_0}{qL}$.

2. Три конденсатора $C_1 = 400$ мкФ, $C_2 = 800$ мкФ и $C_3 = 800$ мкФ соединены последовательно. Эта конденсаторная батарея заряжена до напряжения 10 В. В момент времени $t_0 = 0$ к батарее подключают катушку индуктивностью 200 мкГн так, что образуется колебательный контур. В момент времени $t_1 = 2\pi \cdot 10^{-4}$ с конденсатор C_1 пробивается и сопротивление между его обкладками становится равным нулю. Чему равна амплитуда q_0 колебаний заряда на непробитых конденсаторах?

РЕШЕНИЕ:

Дано:

$$C_1 = 400 \text{ мкФ}, C_2 = 800 \text{ мкФ}, C_3 = 800 \text{ мкФ}, U = 10 \text{ В}, L = 200 \text{ мкГн}, \\ t_0 = 0, t_1 = 2\pi \cdot 10^{-4} \text{ с}.$$

q_0 - ?

Если к заряженной конденсаторной батарее емкостью $C_{общ.}$ подключить индуктивность L , то в получившемся колебательном контуре возникнут электромагнитные колебания частотой ω , энергия которых равна $W_{нач.}$:

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC_{общ.}}}, W_{нач.} = \frac{C_{общ.}U^2}{2} \quad (1)$$

Вычислим эти величины. С начала вычислим $C_{общ.}$ трех последовательно соединенных конденсаторов:

$$\frac{1}{C_{общ.}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = 10^6 \left(\frac{1}{400} + \frac{1}{800} + \frac{1}{800} \right), \text{ откуда } C_{общ.} = 200 \text{ мкФ}.$$

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-4}}} = 5 \cdot 10^3 \text{ Гц}, W_{нач.} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 10^2}{2} = 10^{-2} \text{ Дж}.$$

При последовательном соединении конденсаторов, заряд каждого конденсатора равен заряду батареи. Вычислим этот заряд q :

$$q = C_{общ.}U = C_1U_1 = C_2U_2 = C_3U_3 = 2 \cdot 10^{-4} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-3} \text{ Кл}.$$

Напряжение $u(t)$ на конденсаторах меняется по закону:

$$u(t) = U \cos \omega t \quad (2)$$

Значит, для напряжения $u_1(t)$ на конденсаторе C_1 можно записать:

$$u_1(t) = U_1 \cos \omega t, \text{ где } U_1 = \frac{C_{общ.}U}{C_1} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \cdot 10}{4 \cdot 10^{-4}} = 5 \text{ В}.$$

$$u_1(t) = 5 \cos 5 \cdot 10^3 t$$

Вычислим энергию W_1 конденсатора C_1 в момент времени t_1 :

$$W_1 = \frac{C_1 \cdot U_1^2}{2} \cos^2 \omega t_1 = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 5}{2} \cdot \cos^2 5 \cdot 10^3 \cdot 2\pi \cdot 10^{-4} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж}.$$

Так как в этот момент конденсатор C_1 пробивается, то его энергия W_1 переходит во внутреннюю, поэтому энергия контура уменьшается на эту величину и будет равна $W_{кон.}$:

$$W_{\text{кон.}} = W_{\text{нач.}} - W_I = 10^{-2} - 5 \cdot 10^{-3} = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж.}$$

Это значит, что амплитудное значение колебаний заряда в контуре q_0 можно вычислить по формуле:

$$q_0 = \sqrt{2C_{\text{кон}} W_{\text{кон}}}, \text{ где } C_{\text{кон.}} = \frac{C_2 \cdot C_3}{C_2 + C_3} = 400 \text{ мкФ}, \quad (3)$$

$$\text{поэтому } q_0 = \sqrt{2 \cdot 4 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 2 \text{ мКл.}$$

ОТВЕТ: амплитуда колебаний заряда на непробитых конденсаторах равна 2 мКл.

Критерии оценивания 2 тура (очного) олимпиады Высшая проба: Электроника и вычислительная техника

Критерии оценивания задания «3» для 9, 10 и 11 классов (Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание – 15).

№	Критерий	Балл
1	Полностью описано решение задачи, получен верный ответ.	14-15
2	Описан правильный ход решения задачи, есть недочеты в арифметических операциях, ответ получен неверный.	10-13
3	Проведены некоторые арифметические операции, ход решений описан неверно.	5-9
4	Логика рассуждения неверная. Описаны попытки решить задачу при недостатке теоретических знаний для решения задачи.	1-4
5	Нет описания решения задачи.	0

Критерии оценивания задания «4» для 9, 10 и 11 классов (Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание – 15).

№	Критерий	Балл
1	Дан полный развернутый ответ. Приведены примеры, схемы. Ход размышлений верен.	14-15
2	Решение полное, но есть недочеты и замечания.	10-13
3	Приведены некоторые размышления по задаче. Есть некоторые интересные предложения, но они не раскрыты полностью.	5-9
4	Есть некоторые здравые размышления, но ответ или не раскрыт или содержит ошибочные утверждения.	1-4
5	Нет описания решения задачи.	0

Оценивание практического задания «тип А» для 9, 10 и 11 классов

Уровень 1. Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание 20.

№	Критерий	Балл
1	Неправильное подключение элементов	- 1–5
2	Неправильная работа программы	- 1–10
3	Небрежность в оформлении	-1–3
4	Общие мелкие недочеты	- 1–2

Уровень 2. Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание 10.

№	Критерий	Балл
1	Неправильное подключение элементов	- 1–2
2	Неправильная работа программы	- 1–5
3	Невозможность одновременного выполнения кода разных уровней задания	-1
4	Небрежность в оформлении	-1
5	Общие мелкие недочеты	- 1

Уровень 3. Максимальное количество баллов за полностью выполненное задание 10.

№	Критерий	Балл
1	Неправильное подключение элементов	- 1–2
2	Неправильная работа программы	- 1–5
3	Невозможность одновременного выполнения кода разных уровней задания	-1
4	Небрежность в оформлении	-1
5	Общие мелкие недочеты	- 1

Критерии оценивания практического задания «тип Б» для 9, 10 и 11 классов

Уровень 1 (Максимальная оценка 20 баллов)

Критерий	Штраф
Ошибки в сборке схемы	7–15
Ошибки в режимах работы схемы	7–15
Ошибки в форме представления результата	3–10
Небрежность в оформлении схемы	1–5

Уровни 2 и 3 (Максимальная оценка 10 баллов)

Критерий	Штраф
Ошибки в сборке схемы	3–7
Ошибки в настройке схемы	3–7
Ошибки в режимах работы схемы	3–7
Ошибки в форме представления результата	1–7
Небрежность в оформлении схемы	1–5