

Задание 11-2. Магнетизм и теплота.

Однослойная обмотка длинного кругового соленоида (катушки) содержит N плотно намотанных витков. Длина соленоида равна l , его радиус равен r_0 намного меньше длины соленоида.

В работе используется источник постоянного напряжения U_0 (фактически это ЭДС), его внутреннее сопротивление пренебрежимо мало.

Подсказка. Если по обмотке соленоида протекает электрический ток силой I , то внутри соленоида создается однородное магнитное поле, индукция которого определяется по формуле:

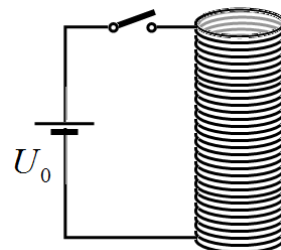
$$B = \mu_0 n I, \quad (1)$$

где $n = \frac{N}{l}$ - число витков на единицу длины (плотность намотки).

Часть 1. Основные понятия.

1.1 Определите индуктивность L данного соленоида.

Далее индуктивность соленоида L можно считать известной. Соленоид подключают к источнику и замыкают ключ. Пусть сопротивление обмотки соленоида равно R .



1.2 Запишите уравнение, описывающее скорость изменения силы тока в цепи со временем $\frac{\Delta I}{\Delta t}$.

1.3 Нарисуйте схематический график зависимости силы тока в цепи от времени.

1.4 Определите максимальное значение силы тока в цепи I_{\max} .

1.5 Оцените время установления тока в цепи τ (время за которое сила тока в цепи достигнет постоянного значения).

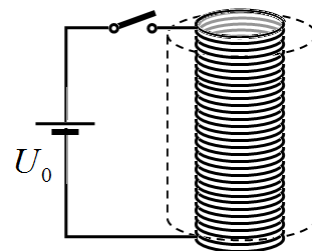
1.6 Найдите закон изменения силы тока в обмотке при замыкании ключа, если обмотка соленоида находится в сверхпроводящем состоянии.

Часть 2. Соленоид в трубке.

Соленоид помещают внутрь алюминиевой трубки, радиус которой r_1 ($r_1 > r_0$). Длина трубки равна длине соленоида. Толщина стенок трубки равна h и значительно меньше ее радиуса. Оси соленоида и трубки совпадают.

Удельное электрическое сопротивление алюминия (из которого сделана трубка) равно ρ . Индуктивностью трубки в данной части следует пренебречь (т.е. можно пренебречь магнитным полем, создаваемым током, возникающим в стенках трубки).

Соленоид, находящийся в сверхпроводящем состоянии, подключают к источнику и замыкают ключ.



- 2.1 Определите силу тока I_1 , возникающего в стенках трубки. Укажите направление протекания этого тока.
- 2.2 Рассчитайте мощность P_0 , развиваемую источником тока. Укажите, в какой вид энергии преобразуется энергия, передаваемая источником в цепь
- 2.3 Определите мощность теплоты P_h , выделяющейся в стенках трубки.
- 2.4 Укажите источник энергии, благодаря которому трубка нагревается.

Часть 3. Передача энергии.

В этой части Вам необходимо показать, как и откуда поступает энергия в стенки трубки.

Подсказка. Следует принять во внимание магнитное поле, создаваемое электрически током в трубке.

Обмотку соленоида (с сопротивлением R) подключают к источнику, как показано на рисунке в Части 2, и замыкают ключ.

- 3.1 На одном рисунке (с катушкой в трубке) укажите направления тока в обмотке I_0 , направление вектора индукции магнитного поля \vec{B}_0 , создаваемого током в обмотке соленоида; направление тока I_1 в стенках трубки, направление вектора индукции магнитного поля \vec{B}_1 , создаваемого током в стенках трубки.
- 3.2 Выразите индукцию магнитного поля B_1 , создаваемого током в стенках трубки, через силу тока в ее стенках I_1 .
- 3.3 Запишите систему уравнений, описывающих скорости изменения сил токов в обмотке соленоида $\frac{\Delta I_0}{\Delta t}$ и стенках трубки $\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$. В эти уравнения помимо параметров установки должны входить только силы токов.
- 3.4 Получите формулу для мощности, развиваемой источником тока. Укажите, какое слагаемое описывает мощность теплоты, выделяющейся в стенках трубки. Укажите физический смысл остальных слагаемых, входящих в эту формулу.