

**Общество с ограниченной ответственностью «ЦЕНТР ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ»**

(ООО «Центр образовательных технологий»)

ИНН 0600023803 ОГРН 1260600000913

386231, Республика Ингушетия, г. Карабулак, ул. Дьякова, д. 108

Демонстрационные доски

Дополнительная общеобразовательная общеразвивающая программа
«Электромагнетизм и квантовая теория» для дистанционного обучения

г. Карабулак

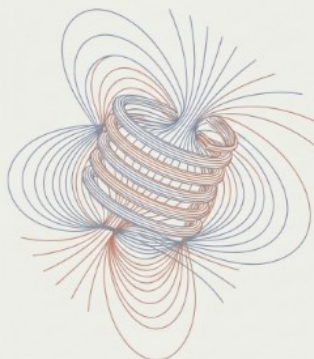
2026



ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ

Особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между заряженными частицами.

По теории Максвелла: всякое изменение магнитного поля порождает переменное электрическое (вихревое), а всякое изменение электрического поля порождает переменное магнитное.



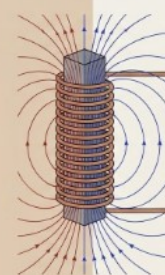
МАГНИТНЫЙ ПОТОК (Φ)

Магнитное поле, пронизывающее контур (катушку) с током, создает магнитный поток, который прямо пропорционален силе тока в контуре:

$$\Phi = L \cdot I$$

Где:

- Φ - магнитный поток (Вб, Вебер)
- I - сила тока (А, Ампер)
- L - индуктивность контура (Гн, Генри)



Индуктивность (L)

Это физическая величина, характеризующая электрическую инерцию контура. Она зависит только от размеров, формы контура и магнитных свойств среды (наличия железного сердечника). От силы тока индуктивность не зависит.

Задача 1. Как изменится энергия магнитного поля катушки, если силу тока в ней увеличить в 3 раза?

Задача 2. Чему равна индуктивность проволоочного контура, если при силе тока 4 А в нем возникает магнитный поток 0,08 Вб?

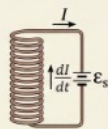
Задача 3. При каком условии в катушке, включенной в цепь постоянного тока, возникает ЭДС самоиндукции? Выберите вариант:

- а) всегда, пока течет ток;
- б) только в моменты замыкания и размыкания цепи;
- в) никогда.

Закон Фарадея для самоиндукции

ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна скорости изменения силы тока:

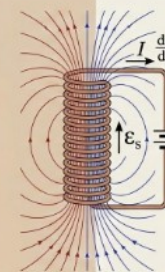
$$\varepsilon_s = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$



Энергия магнитного поля катушки с током

Ток, протекающий по катушке, создает магнитное поле, которое обладает энергией:

$$W = \frac{L \cdot I^2}{2}$$



Самоиндукция

Это явление возникновения ЭДС индукции в самом проводнике при изменении силы тока в нем.

Суть явления: Катушка сопротивляется любым изменениям тока. Если ток растет, самоиндукция мешает ему расти. Если ток падает, самоиндукция поддерживает его (по правилу Ленца).

Задача 4. В катушке индуктивностью 50 мГн сила тока равномерно возрастает от 0 до 2 А за 0,1 с. Определите модуль ЭДС самоиндукции, возникающей в катушке.

Задача 5. По катушке течет ток 5 А. Какова индуктивность катушки, если энергия ее магнитного поля равна 0,5 Дж?

Задача 6. Магнитный поток, пронизывающий контур, равен 0,2 Вб, при этом энергия магнитного поля составляет 0,5 Дж. Найдите силу тока в контуре.

Задача 7. Катушка индуктивностью 0,2 Гн включена в цепь. Ток в цепи убывает со скоростью 5 А/с. Какова ЭДС самоиндукции?

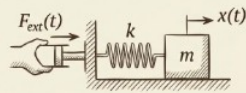
Задача 8. Энергия магнитного поля катушки индуктивностью 0,5 Гн равна 1 Дж. Ток в катушке равномерно уменьшили до нуля за 0,05 с. Найдите среднее значение ЭДС самоиндукции за это время.

Задача 9. Зависимость силы тока от времени в контуре индуктивностью 0,1 Гн задана уравнением $I(t) = 3 + 2t$ (А). Найдите ЭДС самоиндукции в катушке и энергию магнитного поля в момент времени $t = 2$ с.

Задача 10 (Качественная). Почему при размыкании цепи с мощным электромагнитом (большой катушкой) в рубильнике часто проскакивает сильная искра, а при замыкании этой же цепи искры нет? Обоснуйте ответ, опираясь на физические законы.

Вынужденные колебания

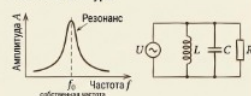
Вынужденные колебания – это колебания, происходящие под действием внешней периодически изменяющейся силы.



Резонанс

Резонанс – это явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты внешней вынуждающей силы с собственной частотой колебательной системы.

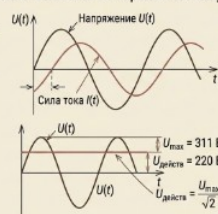
В электрическом контуре он наступает, когда частота внешнего переменного напряжения совпадает с собственной частотой контура.



Переменный ток

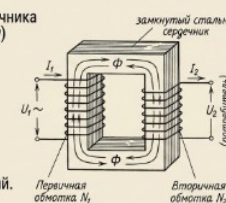
Переменный электрический ток – это вынужденные электромагнитные колебания, при которых сила тока и напряжение меняются по гармоническому закону (синуса или косинуса).

- Стандартная частота переменного тока в бытовой сети равна 50 Гц.
- В расчетах используются действующие значения силы тока и напряжения.
- Действующее значение меньше амплитудного (максимального) примерно в 1,41 раза (корень из двух).
- Если в розетке 220 В, то это действующее значение, а амплитудное напряжение равно 311 В.



Трансформатор

- Устройство для повышения или понижения переменного напряжения практически без потерь мощности.
- Состоит из замкнутого стального сердечника и двух обмоток: первичной (к источнику) и вторичной (к потребителю).
- В основе работы лежит явление электромагнитной индукции.
- Коэффициент трансформации (k) – отношение числа витков (N) и напряжений (U):
$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$
- Если $k > 1$, трансформатор понижающий.
- Если $k < 1$, повышающий.



Задача 1. При каком условии в колебательном контуре наступает электрический резонанс?

Задача 2. Амплитудное значение напряжения в сети переменного тока равно 311 В. Чему равно действующее значение напряжения, которое покажет подключенный вольтметр?

Задача 3. Трансформатор имеет 100 витков в первичной обмотке и 500 витков во вторичной. Повышающим или понижающим является этот трансформатор? Чему равен его коэффициент трансформации?

Задача 4. С какой главной целью напряжение электрического тока повышают перед передачей его по линиям электропередачи на большие расстояния?

Задача 5. На первичную обмотку трансформатора подано напряжение 220 В. Во вторичной обмотке 50 витков, напряжение на ней 11 В. Сколько витков в первичной обмотке?

Задача 6. Сила тока в первичной обмотке идеального трансформатора равна 2 А, а напряжение 220 В. Напряжение во вторичной обмотке 110 В. Определите силу тока во вторичной обмотке (потери энергии пренебречь).

Задача 7. Период собственных колебаний контура радиоприемника равен 0,02 с. Какова должна быть частота внешней вынуждающей ЭДС, чтобы в контуре наступил резонанс?

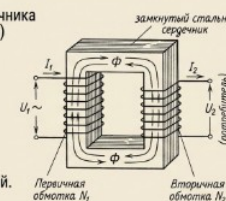
Задача 8. Зависимость напряжения от времени в сети задана уравнением $U(t) = 311 \cos(100 \pi t)$. Найдите действующее напряжение и частоту переменного тока (в герцах).

Задача 9. Линия электропередачи имеет сопротивление 20 Ом. Передаваемая мощность постоянна и равна 100 кВт. Во сколько раз изменятся потери мощности на нагрев проводов, если передавать эту энергию под напряжением 100 кВ вместо 10 кВ?

Задача 10. Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включен в сеть с напряжением 220 В. Сопротивление вторичной обмотки равно 0,2 Ом, а сопротивление полезной нагрузки равно 2 Ом. Найдите реальное напряжение на полезной нагрузке.

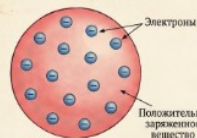
Трансформатор

- Устройство для повышения или понижения переменного напряжения практически без потерь мощности.
- Состоит из замкнутого стального сердечника и двух обмоток: первичной (к источнику) и вторичной (к потребителю).
- В основе работы лежит явление электромагнитной индукции.
- Коэффициент трансформации (k) – отношение числа витков (N) и напряжений (U):
$$k = \frac{N_1}{N_2} = \frac{U_1}{U_2}$$
- Если $k > 1$, трансформатор понижающий.
- Если $k < 1$, повышающий.



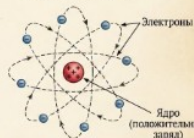
Ранние модели атома

Модель Томсона (пудинг с изюмом)



Атом представлялся как шар из положительно заряженного вещества, внутри которого плавают отрицательные электроны.

Модель Резерфорда (планетарная)



В центре атома находится крошечное, но очень массивное положительно заряженное ядро. Вокруг него по орбитам вращаются легкие отрицательные электроны, как планеты вокруг Солнца. Атом почти полностью состоит из пустоты.

Опыт Резерфорда

- Резерфорд облучал тонкую золотую фольгу альфа-частицами (положительно заряженными ядрами гелия).
- Большинство частиц пролетало сквозь фольгу, не отклоняясь. Это доказало, что атом в основном пустой.
- Некоторые частицы резко отскакивали назад. Это доказало, что в центре есть тяжелое положительное ядро.



Проблема модели Резерфорда и Постулаты Бора

- По законам классической физики электрон, вращаясь вокруг ядра, должен был бы постоянно излучать энергию и в итоге упасть на ядро. Но атомы стабильны.
- Нильс Бор спас планетарную модель, введя два постулата:
- Первый постулат (стационарные состояния): Электроны движутся в атоме только по определенным орбитам. Находясь на такой орбите, атом не излучает и не поглощает энергию.
- Второй постулат (правило частот): Атом излучает или поглощает свет (фотон) только при переходе электрона с одной орбиты на другую. Энергия фотона равна разности энергий этих орбит.



Задача 1. В чем главное отличие модели строения атома Резерфорда от модели Томсона?

Задача 2. Какие частицы использовал Эрнест Резерфорд для бомбардировки золотой фольги в своем знаменитом опыте?

Задача 3. Согласно классической физике, планетарная модель атома нестабильна. Почему электрон в ней должен был бы упасть на ядро?

Задача 4. Какой вид спектра дает нить накалывания обычной электрической лампочки?

Спектры излучения

Спектр - это набор цветов (длин волн), которые излучает вещество.

Сплошной (непрерывный) спектр



Дают раскаленные твердые тела, жидкости и плотные газы.

Линейчатый спектр



Дают разреженные газы в атомарном состоянии.

У каждого химического элемента свой уникальный линейчатый спектр (своеобразный штрих-код), по которому можно определить состав вещества.

Задача 5. Атом водорода перешел из стационарного состояния с энергией -1,5 эВ в состояние с энергией -3,4 эВ. Излучил или поглотил фотон атом в этом процессе?

Задача 6. Рассчитайте энергию фотона (в электрон-вольтах), который участвовал в переходе из предыдущей задачи (Задача 5).

Задача 7. Если мы пропустим электрический разряд через трубку с разреженным газом неоном, какой тип спектра мы увидим через спектроскоп?

Задача 8. Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на первый. Какое максимальное число различных спектральных линий (разных фотонов) может при этом излучаться, если учитывать все возможные промежуточные переходы?

Задача 9. Энергия фотона, поглощаемого при переходе атома из одного состояния в другое, равна 2,5 эВ. Переведите эту энергию в джоули. (Справочно: заряд электрона $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл).

Задача 10. Атом излучил свет с частотой $6 \cdot 10^{14}$ Гц при переходе с третьего энергетического уровня на второй. Найдите энергию излученного фотона в джоулях. (Справочно: постоянная Планка $6,6 \cdot 10^{-34}$ Дж*с).

