***№1.*** ***Электрический заряд. Свойства электрического заряда…***

**Электрический заряд** – это физическая величина, характеризующая свойство частиц или тел вступать в электромагнитные силовые взаимодействия.

**Свойства электрического заряда**:

* Бывает положительным и отрицательным
* Наименьший электрический заряд – заряд электрона (протона) е=1,6\*10-19 Кл
* Заряд тела равен целому числу элементарных зарядов q=±e\*N
* Движение тела не влияет на электрический заряд
* В замкнутой системе сумма зарядов не изменяется

**Электризация** – получение заряженных тел из нейтральных.

**Электрическое поле** – одна из форм существования материи, которая порождается электрическими зарядами и проявляет себя по действию на другие электрические заряды.

**Геометрическое описание поля**

Для каждой точки поля указывается модуль и направление вектора напряженности. Линии вектора напряженности называются силовыми линиями. Эти линии строятся таким образом, что касательная в каждой точке совпадает с направлением, а густота (число линий, проходящих через единичную площадку, перпендикулярную линиям) - пропорциональна модулю.

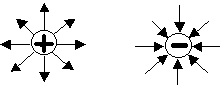
Электростатическое поле обладает следующим свойством: линии напряженности начинаются или заканчиваются на зарядах или уходят в бесконечность; их число при удалении не изменяется.

Рисунок 1

**Поле точечного заряда**

Статическое электрическое поле создается электрическими зарядами и в этом смысле заряды являются источниками электрического поля. Простейший заряд – точечный. Модель (рис. 1) демонстрирует расположение силовых линий вблизи точечного заряда. , где q0 – заряд создающий поле, q – внешний.

**Закон Кулона**

Силы взаимодействия неподвижных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

**Принцип суперпозиции**

Если заряженное тело взаимодействует одновременно с несколькими заряженными телами, то результирующая сила, действующая на данное тело, равна векторной сумме сил, действующих на это тело со стороны всех других заряженных тел.

***№2*** ***Свойства электростатического поля. Поток вектора напряженности…***

1) Электрическое поле особый вид материи

2) Электрическое поле образовывается вокруг заряженных частиц и обнаруживается по действию на них

3) **E=Fq** - напряженность электростатического поля

4) Для графического изображения электрического поля используются силовые линии

5) Электростатической поле распространяется в пространстве со скоростью света

Эл. потоком вектора напряжённости эл. поля назыв. скаляр. величина . Поток вектора напряжённости . Теорема Гаусса в интегральной форме Поток вектора напряженности электрического поля через замкнутую поверхность численно равна описанию суммарного заряда расположенного внутри поверхности к диэлектрической проницаемости вакуума. Формула Гаусса-Остроградского: div

***№3*** ***Работа поля. Теорема о циркуляции вектора напряженности***

**Теорема о циркуляции**: – циркуляция вектора . В случае замкнутого контура упрощается в 0, циркуляция по замкнутому контуру = 0.

**Потенциал** - характеризует потенциальную энергию поля, которой обладает единичный положительный пробный заряд, помещённый в данную точку поля.

**Напряжение** — разность значений потенциала в начальной и конечной точках траектории.

Напряжение численно равно работе электростатического поля при перемещении единичного положительного заряда вдоль силовых линий этого поля. Разность потенциалов (напряжение) не зависит от выбора системы координат! Потенциал поля точеч. зар.

Разность потенциалов

Физ смысл связи: силовые и эквипотенциальные линии перпендикулярны.

**Принцип суперпозиции** для потенциалов: (Потенциал поля, созданный группой зарядов=сумме потенциалов всех зарядов)

***№4*** ***Электрический диполь. Поле диполя. Сила и момент сил…***

Система из двух точечных зарядов одинаковых по модулю и противоположных по знаку и расположенные на расстоянии друг от друга, которое гораздо меньше, чем расстояние до рассматриваемой точки пространства. – потенциал поля, создаваемого диполем. –напряжённость поля диполя - дипольный момент энергия диполя равна сумме энергий W+ и W- **: W=W++W-=qΔ W=F.**

Если р||Е, то диполь устойчивом положении равновесия, то его энергия минимальна. Когда перпендикулярны, то энергия равна нулю. Когда антипараллельны, то энергия максимальна. При смещении, энергия у увеличивается. При отклонении, момент внешних сил возвращает диполь в положение устойчивого равновесия.http://physflash.narod.ru/Search/electromagnetics/3_clip_image008.gif

***№5 Электростатическая индукция. Поле внутри и снаружи проводника…***

Электростатическая индукция — явление наведения собственного электростатического поля, при действии на тело внешнего электрического поля. Явление обусловлено перераспределением зарядов внутри проводящих тел, а также поляризацией внутренних микроструктур у непроводящих тел. Внутри проводника, электрическое поле отсутствует.

Проводник представляет собой эквипотенциальную поверхность. Поле содержится на поверхности проводника. Рас-м важное свойство проводимости оболочки. Внутри заряженного проводника в состоянии равновесия, поле **E=0**. Удаление вещества внутри проводника не должно отразится на равновесном положении зарядов. Избыточный заряд в проводнике с полостью также, как и в сплошном расположен по его наружной поверхности. Если в полости нет электрических зарядов, электрическое поле в ней равно 0. Т.е. - внешние заряды не создают в полости электрического поля. На этом основана электростатическая защита от влияния внешних электростатических полей. Практически сплошную оболочку можно заменить достаточно густой сеткой. Если в полости есть электрический заряд, а все внешнее пространство заполнено проводящей средой, поле во внешнем пространстве = 0, среда электрически нейтральна и не содержит нигде избыточных зарядов. По теореме Гаусса поток через замкнутую поверхность, который охватывает полость, равен 0: Т.е, алгебраическая сумма зарядов внутри полости **q=q+q**.. индуцированный заряд на поверхности полости: **q=-q**. При равновесии заряды, индуцированные на поверхность полости, полностью компенсируют снаружи полости поле зарядов, находящихся внутри полости. Если какую-то часть пространства вне полости удалить, то от этого поле нигде не изменится и вне оболочки останется равным 0. Значит замкнутая проводящая оболочка разделяет все пространства на внутренние и внешние части, в электрическом отношении не зависящие друг от друга.

***№6*** ***Электроемкость. Конденсаторы…***

Конденсатор-устройство, состоящее из двух проводников (обкладки), разделенный слоем диэлектрика, служащее для накопления заряда энергии и мгновенной ее отдачи

**С=q/U** – Электроемкость - мера способности конденсатора накапливать электрический заряд.

Конденсаторы бывают 3-ёх видов:

1) Плоский- **С=(Е\*E0\*S)/D**

2) Сферический- **С=(4\*pi\*E0\*r\*R)/(R-r)**

3) Цилиндрический-**С=(2\*pi\*E0\*l)/ln(R/r)**

Конденсатор-устройство, состоящее из двух проводников (обкладки) , разделенный слоем диэлектрика, служащее для накопления заряда энергии и мгновенной ее отдачи

**С=q/U** – Электроемкость - мера способности конденсатора накапливать электрический заряд.

Конденсаторы бывают 3-ёх видов:

1) Плоский - **С=(Е\*E0\*S)/D**

2) Сферический - **С=(4\*П\*E0\*r\*R)/(R-r)**

3) Цилиндрический - **С=(2\*П\*E0\*l)/ln(R/r)**

***№7*** ***Диэлектрики. Виды поляризации. Электреты…***

Диэлектрик - вещество, обладающее низкой электропроводностью, т.к. у него почти отсутствуют свободные носители зарядов.

Поляризация - явление смещения связанных зарядов в диэлектрике или поворотам диполей, путем помещения его во внешнее эл поле. Поляризации: электронная, структурная, ионная, дипольная, резонансная, самопроизвольная, электронно-релаксационная, ионно-релаксационная.

Электреты - поляризованные диэлектрики, которые переводятся в твердое состояние и сохраняют поляризацию длите время. Заряды, которые возникли в диэлектрике в результате поляризации называются связанными или поляризованными.

Сторонние - заряды, находящиеся на диэлектрике, но не входящие в состав молекул. Поле в диэлектрике называется микроскопическим и является результирующим полем для связанных и сторонних зарядов:

**Емол = Есторонних + Есвяз.**

Поляризованность - векторная величина, характеризующая степень поляризованности диэлектрика.

***Х*** - диэлектрическая восприимчивость диэлектрика. Так же является коэффициентом пропорциональности между дипольным моментом и напряженностью.

***№8 Теорема Гаусса в интегральной и дифференциальной…***

**Теорема Гаусса в интегральной форме** **для вектора поляризованности**: поток вектора поляризованности через произвольную поверхность равен взятому с обратным знаком избыточному связанному заряду диэлектрика в объеме, охватываемом этой поверхностью**:.**

**Теорема Гаусса в дифференциальной форме для вектора поляризованности**:дивергенция вектора поляризованности равна с обратным знаком объемной плотности избыточного связанного заряда в той же точке: ;

- оператор набла. .

**Граничные условия для вектора поляризованности.**

Граница двух изотропных однородных диэлектриков: P2n∆SP1n∆S=∆S **P2nP1n=.** На границе раздела диэлектриков нормальная составляющая вектора поляризованности испытывает разрыв, величина которого определяется поверхностной плотностью связанных зарядов. Если среда 2 – вакуум, то **Pn= ⬄ =χԑ0En;**

**Вектор электрической индукции(смещения)** равен произведению вектора на электрическую постоянную и на диэлектрическую проницаемость среды в данной точке: **D=ԑԑ0E;**

**Теорема Гаусса в интегральной форме** **для вектора электрического смещения:** поток вектора [электрического смещения](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) через замкнутую поверхность пропорционален заключённому внутри этой поверхности свободному электрическому заряду: **;**

**Теорема Гаусса в дифференциальной форме** **для вектора электрического смещения:** Дивергенция электрического смещения равна объемной плотности сторонних зарядов в той же точке. **;**

***№9*** ***Связь между векторами электрической индукции***

Диэлектрическая проницаемость (***ε***) - число, показывающее во сколько раз кулоновская сила в вакууме больше такой же силы в данной среде: ***ε = Fвак/Fср***. Зависит от материала среды.

Связь:

***D=(e0-ε0)\*E+P***

***1+Хи=ε*** (диалектрич. Прониц.) Сегнетоэлектрики - вещества, обладающие спонтанной поляризацией, направление которой может быть изменено с помощью внешнего электрического поля. Свойства каждого сегнетоэлектрика очень зависят от температуры (точка Кюри) при которой необычные свойства исчезают и сегнетоэлектрик становится обычным диэлектриком. При охлаждении свойства восстанавливаются. Сегнетоэлектрики обладают свойством гистерезиса (запаздывания). Оно заключается в том, что при одной и той же напряжённости сегнетоэлектрик имеет разную поляризованность. Гистерезис — свойство систем (физических, биологических и т. д.), мгновенный отклик которых на приложенные к ним воздействия зависит в том числе и от их текущего состояния, а поведение системы на интервале времени во многом определяется её предысторией. Для гистерезиса характерно явление "насыщения", а также неодинаковость траектории между крайними состояниями (отсюда наличие остроугольной петли на графиках).

***№10*** ***Поле в однородном диэлектрике. Электроемкость при заполнении.***

В диэлектриках в отличие от металлов электрическое поле не равно нулю.

Возникающие в процессе поляризации связанные заряды лишь ослабляют внешнее поле.

Если пространство между обкладками заполнено диэлектриком, электроемкость конденсатора увеличивается в ε раз: Примерами конденсаторов с другой конфигурацией обкладок могут служить сферический и цилиндрический конденсаторы.

при переходе через границу раздела двух диэлектриков изменяется не только вектор напряженности электрического поля ***,*** но и вектор **.** Однако поток вектора  через произвольную площадку  на границе раздела, равный по определению http://physics-lectures.ru/lectures/89/images/image465.gif с обеих сторон поверхности на основании

 остается неизменным. Следовательно, число линий вектора электрического смещения, переходящих через границу, не меняется. Поэтому теорема Гаусса остается справедливой для вектора  в самом общем случае при наличии в поле диэлектриков любой формы и размеров.

***№11*** ***Электрическая энергия точечного заряда во внешнем поле…***

Энергия диполя, помещенного в электрическое поле, складывается из энергий его зарядов в этом поле и определяется выражением энергия диполя во внешнем электрическом поле может принимать как положительные, так и отрицательные значения, в зависимости от взаимной ориентации векторов

Сила, действующая на диполь со стороны электрического поля, может быть записана в вид ,

В результате суммирования по всем зарядам получим, что энергия взаимодействия заряженных частиц в системе равна

где ***ϕ1***- потенциал, создаваемый в точке нахождения заряда qi остальными зарядами. Формулу (9.3) не следует путать с выражение для энергии системы электрических зарядов во внешнем электрическом поле ,

где  - потенциал внешнего поля в точке нахождения заряда .

Энергия взаимодействия двух заряженных тел - это энергия, обусловленная взаимодействием зарядов одного тела с зарядами другого тела… -Энергия взаимодействия двух заряженных тел численно равна работе сближения этих тел из бесконечности до расстояния r между ними: где или собственная энергия заряженного тела, этой энергией обладает и окружающее это тело эл. поле.

(2)

где - потенциал поля второго заряженного тела в точке располож первого тела, а - потенциал поля первого заряженного тела в точке нахождения второго тела. Тогда энергия взаимодействия двух одинаковых параллельных проводящих пластин (плоский конденсатор) с соответствующими зарядами = +q и = -q определится выражением:

(3) Или

Где - разность потенциалов между обкладками конденсатора.

Энергия заряженного проводника - Поверхность проводника является эквипотенциальной. Поэтому потенциалы тех точек, в которых находятся точечные заряды , одинаковы и равны потенциалу ***ϕ*** проводника.Энергия заряженного конденсатора равна работе внешних сил, которую необходимо затратить, чтобы заряд конденсатор.

***№12*** ***Энергия электрического поля. Собственная энергия поля и работа…***

Энергия электрического поля- Энергия заряженного конденсатора равна работе внешних сил, которую необходимо затратить, чтобы зарядить конденсатор

где *=8,85\*S* - площадь обкладок, *d* - расстояние между ними же,

*V*-обьем, занимаемый эл. полем.

Поляризация диэлектриков – обратное смещение электрических зарядов при внесении диэлектрика во внешнее поле, при этом на поверхности диэлектрика возникают не скомпенсированные заряды разных знаков.

(*X* - безразмерная величина, кси)Теорема Гаусса в интегральной форме:∫▒〖P ⃗dS ⃗ 〗=-q поток вектора P ⃗, ∮▒〖a ⃗dS ⃗ 〗 =>divP ⃗=-q поток вектора через поляризованную поверхность. ^'=-q X/(X+1) объемная плотность заряда. Электростри́кция — эффект изменения линейных размеров вещества при приложении к нему электрического поля. Поверхностная плотность электрического заряда — 1. Скалярная величина, характеризующая распределение электрического заряда по поверхности тела, равная пределу отношения электрического заряда, содержащегося на элементе поверхности, к площади этого элемента. При вычислении силы, действующей на единицу площади одной из пластин, надо учитывать только поле другой пластины, равное Е/2 (сама на себя пластина не действует): p = F/S = (E/2)σ = εoE2/2.  Анализ полученного результата. Во-первых, давление выражается через напряженность поля, существующего с одной стороны от пластины (поле вне конденсатора пренебрежимо мало). Во-вторых, сила, действующая на пластину, направлена внутрь конденсатора − пластины притягиваются. Т.е. что если мы хотим приписать электр полю давление, то мы должны считать это давление отрицательным В-третьих, давление поля совпадает по величине с объемной плотностью электрического поля. В итоге можно написать p = −w = −W/V = −εoE2/2.

***№13*** ***Сила тока. Плотность тока. Разность потенциалов. Напряжение. ЭДС источника. Сопротивление проводника.***

Сила тока — [физическая величина](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0) I, равная отношению [количества заряда](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4) /\Q, прошедшего через некоторую поверхность за [время](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D1%80%D0%B5%D0%BC%D1%8F) /\t, к величине этого промежутка времени: I=\frac{\Delta Q}{\Delta t}.

Плотность тока — векторная [физическая величина](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0), имеющая смысл [силы тока](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0), протекающего через элемент поверхности единичной [площади](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%89%D0%B0%D0%B4%D1%8C)[[1]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%CF%EB%EE%F2%ED%EE%F1%F2%FC_%F2%EE%EA%E0#cite_note-1). Например, при равномерном распределении плотности тока и всюду ортогональности её плоскости сечения, через которое вычисляется или измеряется ток, величина вектора плотности тока: j = |\vec j| = \frac{I}{S},

Разность потенциалов между точками A и B — отношение работы электрического поля при переносе пробного заряда из точки A в B к величине этого пробного заряда.

Напряжённость электрического поля — [векторная](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D1%87%D0%B8%D0%BD%D0%B0) физическая величина, характеризующая [электрическое поле](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D0%B5) в данной точке и численно равная отношению [силы](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%BD%D0%B0) F действующей на неподвижный[[1]](http://ru.wikipedia.org/wiki/%CD%E0%EF%F0%FF%E6%B8%ED%ED%EE%F1%F2%FC_%FD%EB%E5%EA%F2%F0%E8%F7%E5%F1%EA%EE%E3%EE_%EF%EE%EB%FF#cite_note-1) [пробный заряд](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B7%D0%B0%D1%80%D1%8F%D0%B4), помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда q: \vec E= \frac{\vec F}{q}

Источник [ЭДС](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B6%D1%83%D1%89%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D0%B8%D0%BB%D0%B0) (идеальный источник напряжения) - [двухполюсник](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D1%83%D1%85%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%BA), [напряжение](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) на зажимах которого постоянно (не зависит от тока в цепи). Напряжение может быть задано как константа, как функция времени, либо как внешнее управляющее воздействие. В простейшем случае напряжение определено как константа, то есть напряжение источника ЭДС постоянно.

Электрическое сопротивление — физическая величина, характеризующая свойства проводника препятствовать прохождению [электрического тока](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%82%D0%BE%D0%BA) и равная отношению [напряжения](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5) на концах проводника к [силе тока](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D0%BB%D0%B0_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0), протекающего по немуR = \frac{U}{I},

***№14*** ***Законы Ома: для однородного участка цепи, для неоднородного участка цепи, для замкнутой цепи, в дифференциальной форме. Законы Кирхгофа.***

Закон Ома для однородного участка цепи Закон Ома для замкнутой цепи.

Закон Ома для замкнутой цепиСогласно этому закону, сила тока *I* в однородном металле проводника прямо пропорциональна напряжению *U* на концах этого проводника и обратно пропорциональна сопротивлению *R* этого проводника:

\sigma\!http://ens.tpu.ru/POSOBIE_FIS_KUSN/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0.%20%D0%9F%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%8F%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9%20%D0%A2%D0%BE%D0%BA/07_f/069.gifhttp://electricalschool.info/uploads/posts/2010-05/1273231100_8.jpghttp://electricalschool.info/uploads/posts/2010-05/1273231139_7.jpgДля неоднородного участка цепи где R — общее сопротивление неоднородного участка. ЭДС ε+- Это связано с полярностью включения ЭДС в участок: если направление, создаваемое источником тока, совпадает с направлением тока, проходящего в участке (направл тока на участке совпат внутри источн с направл от отрицат полюса к положит), т.е. ЭДС способст движ полож зарядов в данном направл, то ε > 0, в противном случае, если ЭДС препятствует движению полож зарядов в данном направл, то ε < 0. Закон ома для замкн цепи говорит о том что. Велич тока в замкн цепи, которая состоит из источника тока обладающего внутренним сопрот, а также внешним нагруз сопрот. Будет равна отношению электродвиж силы источн к сумме внешн и внутренн сопротивлений. Для замкнутой цепи где R Сопротивление внешней цепи измеряется в Омах r внутр сопротив источн тока также измеряется в Омах I Сила тока в цепи. Измер в Амперах E Электродвиж сила источника тока измеряется в Вольтах Сопротивление R зависит как от материала, по которому течёт ток, так и от геометрических размеров проводника. Полезно переписать закон Ома в так называемой дифф форме, в которой зависимость от геометрических размеров исчезает, и тогда закон Ома опис электропровод св-ва материала. Для изотропных материалов имеем: где: J — вектор плотности тока, — удельная проводимость, E — вектор напряж электриче поля. 1 закон Кирхг 2 закон Кирхг

***№15*** ***Соединения проводников и источников. Законы соединений.***

Есть два основных способа соединения проводников друг с другом — это последовательное и параллельное соединения. Различные комбинации последовательного и параллельного соединений приводят к смешанному соединению проводников.

1) При последовательном соединении проводников конец каждого проводника соединяется с началом следующего за ним проводника.

Свойства:

1.При последовательном соединении проводников сила тока в них одинакова.

2.Напряжение на участке, состоящем из последовательно соединённых проводников, равно сумме напряжений на каждом проводнике. Можно и более формально, без всяких словесных объяснений: U = Uac = φa - φc = (φa- φb) + (φb – φc)= Uab + Ubc:

3.Сопротивление участка, состоящего из последовательно соединённых проводников, равно сумме сопротивлений каждого проводника.

2) При параллельном соединении проводников их начала подсоединяются к одной точке цепи, а концы — к другой точке.

Свойства:

1.Напряжение на каждой ветви одинаково и равно напряжению на неразветвленной части цепи.

2.Сила тока в неразветвленной части цепи равна сумме сил токов в каждой ветви.

3.Величина, обратная сопротивлению участка параллельного соединения, равна сумме величин, обратных сопротивлениям ветвей.

3) Смешанное соединение проводников, как следует из названия, может являться совокупностью любых комбинаций последовательного и параллельного соединений, причём в состав этих соединений могут входить как отдельные резисторы, так и более сложные составные участки.

Расчёт смешанного соединения опирается на уже известные свойства последовательного и параллельного соединений.

***№16*** ***Закон Джоуля-Ленца. Работа тока. Мощность тока***

При прохождении электрического тока по проводнику количество теплоты, выделяемое в проводнике, прямо пропорционально квадрату тока, сопротивлению проводника и времени, в течение которого электрический ток протекал по проводнику. Так же, количество теплоты, выделяемое в проводнике при прохождении тока равно работе тока.



Мощность электрического тока-отношение работы к времени

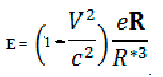
Работа сторонних сил представляет собой работу, совершенную источником тока. 

Мощность источника тока

КПД источника тока. Полезная мощность максимальна при *R=r*. Короткое замыкание - отсутствие внешнего сопротивления (*R*=0) -это максимальный ток источника (ток короткого замыкания).

***№17*** ***Магнитное поле и его графическое представление. Вектор***

Для графического изображения магнитных полей используются линии магнитной индукции. Линия магнитной индукции –это линия, в каждой точке которой вектор магнитной индукции направлен по касательной к ней. Вектор магнитной индукции - это основная силовая характеристика магнитного поля (обозначается В). Пробный контур, помещенный в магнитное поле, испытывает со стороны магнитного поля действие вращающего момента сил М.

где R —радиус-вектор от заряда e к точке наблюдения x, y, z поля (его компоненты равны x−Vt, y, z).

Принцип суперпозиции. Один из общих законов во многих разделах физики.

В электростатике: напряженность электростатического поля, создаваемого в данной точке системой зарядов, есть сумма напряженностей полей отдельных зарядов. ().

Для магнитного поля: магнитная индукция результирующего поля, создаваемого несколькими токами или движущимися зарядами, равна векторной сумме магнитных индукций складываемых полей, создаваемых каждым током или движущимся зарядом в *отдельности.* () Закон Био-Савара-Лапласа - физический закон для определения вектора индукции магнитного поля, порождаемого постоянным электрическим током. Для прямого тока: Для кругового тока: (создается током, текущему по тонкому круглому проводу)

***№18***  ***Взаимодействие постоянных магнитов. Сила Лоренца***

Постоянные магниты – тела, сохраняющие длительное время намагниченность. 1)Одноименные полюса отталкиваются, а разноименные - притягиваются.

2)Магнитные линии – замкнутые линии. Вне магнита магнитные линии выходят из «N» и входят в «S», замыкаясь внутри магнита. Сила Лоренца представляет собой силу, действующую на заряженную частицу, которая движется в магнитном поле.

Сила Лоренца имеет вид: Fл = q•V•B•sina , где q- величина заряда движущегося во внешнем магнитном поле. V- Модуль скорости движущегося заряда. B- Модуль вектора индукции внешнего магнитного поля. a- представляет собой угол между вектором скорости заряда и вектором магнитной индукции. Направление силы Лоренца определяется для положительных зарядов по правилу левой руки. Сила Лоренца всегда перпендикулярна к скорости, поэтому работы не совершает Отношение электрической составляющей к магнитной составляющей мало, поэтому при решении задач электростатики мы пренебрегаем магнитной компонентой.

Сила Лоренца перпендикулярна векторам В и v , и её направление определяется с помощью того же правила левой руки, что и направление силы Ампера:

если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции В, перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре пальца были направлены по движению положительного заряда (против движения отрицательного), то отогнутый на 90 градусов большой палец покажет направление действующей на заряд силы Лоренца Fл.



***№19***  ***Сила Ампера. Взаимодействие параллельных токов***

Каждый носитель тока в проводнике испытывает действие магнитной силы со стороны магнитного поля. Действие этой силы передается проводнику, по которому эти заряды движутся. В результате магнитное поле действует с определенной силой на сам проводник с током. Определим эту силу.



Направление силы Ампера - правило левой руки: четыре пальца левой руки направить

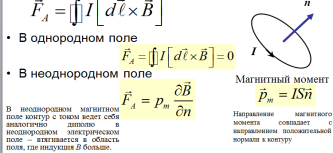
по току, вектор магнитной индукции должен

входить в ладонь, тогда отогнутый на 90°

большой палец покажет направление силы Ампера.

Сила взаимодействия параллельных токов

Сила, действующая на контур с током в магнитном поле. Ориентацию контура в пространстве характеризуют направлением нормали к контуру, которое связано с направлением тока в контуре правилом правого винта. Это положительная нормаль.

http://physics.susu.ru/end_el/up/t51_files/image068.gifМагнитный момент— основная величина характеризующая магнитные свойства вещества Магнитным моментом обладают элементарные частицы, атомные ядра, электронные оболочки атомов и молекул. Магнитный момент измеряется в А⋅м2 или Дж/Тл (СИ), либо эрг/Гс (СГС), 1 эрг/Гс = 10-3 Дж/Тл.

Момент силыclip_image1024

Рассмотрим постоянное магнитное поле. Работа сил Ампера при элементарном перемещении

где *dФ* - приращение магнитного потока.

При перемещении контура с током из начального положения 1 в конечное 2

http://physics.susu.ru/end_el/up/t51_files/image070.gif http://physics.susu.ru/end_el/up/t51_files/image101.gif

и при *I=const*

***№20 Свойства магнитного поля. Теорема Гаусса для вектора магнитной…***

**Свойства магнитного поля:**  
1. Магнитное поле возникает под воздействие движущих зарядов электрического тока.  
2. В любой своей точке магнитное поле характеризуется вектором физической величины под названием магнитная индукция, которая является силовой характеристикой магнитного поля.  
3. Магнитное поле может воздействовать только на магниты, на токопроводящие проводники и движущиеся заряды.  
4. Магнитное поле может быть постоянного и переменного типа  
5. Магнитное поле измеряется только специальными приборами и не может быть воспринятым органами чувств человека.  
6. Магнитное поля является электродинамическим, так как порождается только при движении заряженных частиц и оказывает влияние только на заряды, которые находятся в движении.

**Теорема Гаусса для вектора магнитной индукции в интегральной форме:**

**в дифференциальной:**

**Магнитное поле катушки с током:**

Наибольший практический интерес представляет собой магнитное поле катушки с током. Если катушку с током подвесить на тонких и гибких проводниках, то она установится так же, как магнитная стрелка компаса. Один конец катушки будет обращен к северу, другой — к югу. Значит, катушка с током, как и магнитная стрелка, имеет два полюса — северный и южный. Вокруг катушки с током имеется магнитное поле. Его, как и поле прямого тока, можно обнаружить при помощи опилок. Магнитные линии магнитного поля катушки с током являются также замкнутыми кривыми. Принято считать, что вне катушки они направлены от северного полюса катушки к южному. Катушки с током широко используют в технике в качестве магнитов. Они удобны тем, что их магнитное действие можно изменять (усиливать или ослаблять) в широких пределах. Если заменить катушку другой, с большим числом витков проволоки, то при той же силе тока она притянет больше железных предметов. Значит, магнитное действие катушки с током тем сильнее, чем больше число витков в ней*.* При увеличении силы тока действие магнитного поля катушки с током усиливается, при уменьшении — ослабляется*.* Оказывается также, что магнитное действие катушки с током можно значительно усилить, не меняя число её витков и силу тока в ней. Для этого надо ввести внутрь катушки железный стержень (сердечник). Железо, введённое внутрь катушки, усиливает магнитное действие катушки. **Катушка с железным сердечником внутри называется электромагнитом.** Электромагниты широко применяют в технике благодаря их замечательным свойствам. Они быстро размагничиваются при выключении тока, в зависимости от назначения их можно изготавливать самых различных размеров, во время работы электромагнита можно регулировать его магнитное действие, меняя силу тока в катушке.

***№21Теорема о циркуляции вектора магнитной индукции***

Основным фундаментальным обобщением теоремы является четвёртое уравнение Максвелла. В интегральной форме оно является прямым обобщением на динамический случай магнитостатической формулы,

Для вакуума\oint\vec B \cdot \vec{dl} 
= \frac{1}{c} \int(4\pi \vec j
+ \frac{\partial \vec E}{\partial t})\cdot \vec{ds}

Для среды\oint\vec{H}\cdot \vec{dl}
= \frac{4\pi}{c} \int \vec j \cdot \vec{ds}
+ \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\int\vec{D}\cdot \vec{ds}.

Дифференциальную форму \mathbf{rot}\vec{B} 
= \frac{4\pi}{c}\vec j
+ \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\vec{E},этого уравнения:

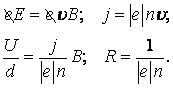
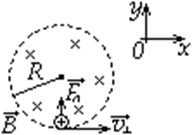
\mathbf{rot}\vec{H} 
= \frac{4\pi}{c}\vec j
+ \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\vec{D}

Линии магнитной индукции непрерывны: они не имеют ни начала, ни конца. Это имеет место для любого магнитного поля, вызванного какими угодно контурами с током. Векторные поля, обладающие непрерывными линиями, получили название вихревых полей. Мы видим, что магнитное поле есть вихревое поле. В этом заключается существенное отличие магнитного поля от электростатического.

***№22***  ***Эффект Холла. Траектории движения заряда в магнитном поле***

Появление в проводнике с током плотностью j, помещенном в магнитное поле Н, электрического поля Ex, перпендикулярного Н и I. Напряжённость электрического поля (поля Холла) равна:

***Ex = Rhjsinα***, (1)где α угол между векторами Н и f (α < 180°). Если H ⊥ j, то величина поля Холла Ex максимальна: ***Ex = RHj***. Величина R, называется коэффициентом Холла, является основной характеристикой Х. э. Эффект открыт Э. Г. Холлом в 1879 в тонких пластинках золота. Для наблюдения Х. э. вдоль прямоугольных пластин из исследуемых веществ, длина которых l значительно больше ширины b и толщины d, пропускается ток I = jbd (см. рис.); магнитное поле перпендикулярно плоскости пластинки. На середине боковых граней, перпендикулярно току, расположены электроды, между которыми измеряется эдс Холла Vx. ***Vx = Exb = RHj/d***. (2) Т. к. эдс Холла меняет знак на обратный при изменении направления магнитного поля на обратное, то Х. э. относится к нечётным гальваномагнитным явлениям. Холла эффект используется главным образом для исследования свойств твердых тел и в измерительной технике.

Траекторией частицы в плоскости *XOY* является окружность и частица движется по этой окружности с циклической частотой(Ларморовской или циклотронной) http://tsput.ru/res/fizika/1/KR_ELEC/PICT/image513.gif

***№23***  ***Поле в магнетике. Механизмы намагничения. Намагниченность***

Во многих средах ориентация молекулярных токов происходит под действием внешнего магнитного поля. Энтропийные силы, с другой стороны, стремятся раз ориентировать магнитные моменты *Pm*молекулярных токов, поэтому их магнитные моменты лишь частично ориентированы вдоль поля B. Чем сильнее магнитное поле B, тем больше степень ориентации *Pm*: http://lekcion.ru/ipwi/Untitled-262_clip_image008.gif.   или *H*.

Такую линейную зависимость вектора намагниченности среды от величины внешнего магнитного поля принято записывать в виде http://lekcion.ru/ipwi/Untitled-262_clip_image012.gif.

***№24 Напряженность магнитного поля. Теорема о циркуляции векто***

Напряжённость магнитного поля (стандартное обозначение Н) — векторная физическая величина, равная разности вектора магнитной индукции B и вектора намагниченности M. В системе СИ — в амперах на метр (А/м). Напряженность магнитного поля в цилиндрической катушке: , I сила тока в катушке, n число витков, l длина катушки (т. е. силовых линий в области однородного (поля), Напряженность магнитного поля вокруг прямолинейного проводника: R расстояние от проводника в плоскости, перпендикулярной проводнику, I сила тока в проводнике, Напряженность магнитного поля в центре витка с током: R радиус витка, I сила тока в витке, Теорема о циркуляции вектора напряженности магнитного поля: Циркуляция магнитного поля постоянных токов по всякому замкнутому контуру пропорциональна сумме сил токов, пронизывающих контур циркуляции.

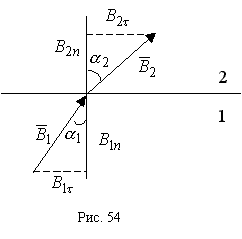
|  |  |
| --- | --- |
| В интегральном виде: | В дифференциальном виде: |
| e200222b65cc2b132785093073f873f5.png | 0c2d2417f09850408a5a84167400b605.png |

***№25***  ***Связь между вектором напряженности и вектором магнитной***

Таким образом, напряженность магнитного поля *Н* есть вектор, имеющий то же направление, что и вектор *В*, но в μ0μ раз меньший по модулю (в анизотропных средах векторы *Н* и *В*, вообще говоря, не совпадают по направлению).Для изотропных веществ справедливо: Описание: \vec{B} = \mu\vec{H} магнитная проницаемость вещества или среды (обозначается *µ*), характеризует связь между магнитной индукцией В и напряжённостью магнитного поля *Нв* веществе (среде); *µ = В/Н* (в единицах СГС) или *µ = В/(µ0Н)* (в единицах СИ), где *µ0* — магнитная постоянная. Магнитная проницаемость связана с магнитной восприимчивостью κ соотношением *µ = 1 + 4πκ* (в единицах СГС) или *µ = 1 + κ* (в единицах СИ).

http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image051.gifМАГНИТНАЯ ВОСПРИИМЧИВОСТЬ - величина, характеризующая связь намагниченности вещества с магнитным полем в этом веществе. Все магнетики принято делить на три класса:1) парамагнетики – вещества, которые слабо намагничиваются в магнитном поле, причем результирующее поле в парамагнетиках сильнее, чем в вакууме, магнитная проницаемость парамагнетиков *m > 1*; Такими свойствами обладают алюминий, платина, кислород и др.;2) диамагнетики – вещества, которые слабо намагничиваются против поля, то есть поле в диамагнетиках слабее, чем в вакууме, магнитная проницаемость *m < 1*. К диамагнетикам относятся медь, серебро, висмут и др.;3) ферромагнетики – вещества, способные сильно намагничиваться в магнитном поле, . Это железо, кобальт, никель и некоторые сплавы.

http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image066.gif1.Условия на границе раздела двух однородных магнетиков получаются с помощью теоремы Гаусса http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image048.gif и теоремы о циркуляции http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image049.gif, и имеют вид http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image125.gif и, где http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image124.gif n - нормальная составляющая, - тангенциальная составляющая; i- линейная плотность поверхностного тока проводимости, iN - проекция i на нормаль N к контуру (с направлением обхода по контуру образует правовинтовую систему).При i=0 (нет поверхностных токов) , http://physics.susu.ru/end_el/up/t52_files/image123.gif т.е. скачка нет.. Аналогия с электрическим полем: B аналогично D H, аналогично E (рис. 54).Линии вектора B не испытывают разрыва, а линии вектора H - претерпевают разрыв на границе. Закон преломления линий B H: http://edu.tltsu.ru/er/er_files/page10903/img/image256.gif



Магнитная защита (предохранение чувствительных приборов от внешних магнитных полей) основана на преломлении линий векторов: внутри замкнутой металлической оболочки реализуется слабое поле за счет сгущения линий поля в оболочке, т.е. она обладает экранирующим действием.

***№26 Граничные условия для вектора магнитной индукции и вектора***

Магнетиками называются вещества, способные приобретать во внешнем магнитном поле собственное магнитное поле, т.е., намагничиваться. Магнетики бывают: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики.

Связь напряженности магнитного поля Hс индукцией B в однородном изотропном магнетике Ферромагнетизм, одно из магнитных состояний кристаллических, как правило, веществ, характеризуемое параллельной ориентацией магнитных моментов атомных носителей магнетизма.

Магнитный гистерезис — явление зависимости вектора намагничивания и вектора напряженности магнитного поля в веществе не только от приложенного внешнего поля, но и от предыстории данного образца.

Коэрцитивная сила — такое размагничивающее внешнее магнитное поле напряженностью H, которое необходимо приложить к ферромагнетику, предварительно намагниченному до насыщения, чтобы довести до нуля его намагниченность I или индукцию магнитного поля B внутри.

КЮРИ́ ТО́ЧКА (температура Кюри, Тс), температура любого фазового перехода второго рода, связанного с возникновением (разрушением) упорядоченного состояния в твердых телах при изменении температуры, но при заданных значениях других термодинамических параметров (давлении, напряженности электрического или магнитного поля). Фазовый переход второго рода при температуре Кюри связан с изменением свойств симметрии вещества X- магнитная восприимчивость магнетик U- магнитная проницаемость



***№27***  ***Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца***

Возбуждение ЭДС индукции при движении контура в постоянном магнитном поле объясняется действием на носители заряда магнитной силы, которая возникает при движении проводника. Причиной возникновения индукционного тока в покоящемся контуре в переменном магнитном поле является эл. поле, порождаемое меняющимся во времени магнитным полем. Переменное магнитное поле порождает вихревое эл. поле. Индукционные токи могут возбуждаться и в сплошных массивных проводниках. Эти токи замкнуты в толще проводника и имеют вихревой характер. Их называют токами Фуко. Токи Фуко могут достигать очень большой силы. Вихревые токи возникают в проводах с переменным током. Вихревые токи ослабляют ток внутри провода и усиливают у поверхности. В результате переменный ток как бы вытесняется а поверхность проводника. Это скин-эффект или поверхностный эффект. Электромагнитная индукция — явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него.Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 года. Он обнаружил, что электродвижущая сила, возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потокачерез поверхность, ограниченную этим контуром. Величина электродвижущей силы (ЭДС) не зависит от того, что является причиной изменения потока — изменение самого магнитного поля или движение контура (или его части) в магнитном поле. Электрический ток, вызванный этой ЭДС, называется индукционным током.

**Закон электромагнитной индукции**:

Для любого замкнутого контура индуцированная электродвижущая сила (ЭДС) равна скорости изменения магнитного потока, проходящего через этот контур, взятого со знаком минус.

**Правило Ленца** - Индукционный ток всегда имеет такое направление, что он ослабляет действие причины, возбуждающей этот ток.

**Потокосцепление** (полный магнитный поток) — физическая величина, представляющая собой суммарный магнитный поток, сцепляющийся со всеми витками катушки индуктивности.где:N — количество витков; i — номер витка, с которым сцеплен поток Ф

\Psi = \sum^{N}_{i=1} {\Phi_i},

***№*28 Самоиндукция. Индуктивность. Закон самоиндукции.**

**Самоиндукция** является важным частным случаем электромагнитной индукции, когда изменяющийся магнитный поток, вызывающий ЭДС индукции, создается током в самом контуре. Если ток в рассматриваемом контуре по каким-то причинам изменяется, то изменяется и магнитное поле этого тока, а, следовательно, и собственный магнитный поток, пронизывающий контур. В контуре возникает ЭДС самоиндукции, которая согласно [правилу Ленца](http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph20/theory.html#4) препятствует изменению тока в контуре. Собственный [магнитный поток](http://www.physics.ru/courses/op25part2/content/chapter1/section/paragraph20/theory.html#2) Φ, пронизывающий контур или катушку с током, пропорционален силе тока I:  *Φ = LI.*

***Индуктивность соленоида:*** *L = μ0 n2 Sl*

***Проявление явления самоиндукции (*замыкание цепи*):*** При замыкании в эл.цепи нарастает ток, что вызывает в катушке увеличение магнитного потока, возникает вихревое эл.поле, направленное против тока, т.е. в катушке возникает ЭДС самоиндукции, препятствующая нарастанию тока в цепи ( вихревое поле тормозит электроны).

***(*размыкание цепи*):*** При размыкании эл.цепи ток убывает, возникает уменьшение м.потока в катушке, возникает вихревое эл.поле, направленное как ток ( стремящееся сохранить прежнюю силу тока) , т.е. в катушке возникает ЭДС самоиндукции, поддерживающая ток в цепи.

**№29 Взаимная индукция. Взаимная индуктивность. Теорема взаимности.**

**Взаимоиндукция (взаимная индукция):** возникновение электродвижущей силы (ЭДС индукции) в одном проводнике вследствие изменения силы тока в другом проводнике или вследствие изменения взаимного расположения проводников. Взаимоиндукция — частный случай более общего явления — электромагнитной индукции.

**Теорема взаимности:** коэффициенты взаимоиндукции всех индуктивно связанных контуров одинаковы:

http://ok-t.ru/studopediaru/baza1/1526671827357.files/image124.gif.

***Явление* находит применение** в различных аппаратах и машинах, например, для передачи энергии из одной электрической цепи в другую цепь либо для повышения или понижения напряжения при помощи трансформатора. При конструировании трансформаторов стремятся осуществить такое взаимное расположение первичной и вторичной обмоток, чтобы их коэффициент k магнитной связи приближался к единице.

***№30 Магнитный поток. Потокосцепление. Работа при перемещении***

**Магнитный поток** — физическая величина, равная плотности потока силовых линий магнитного поля, проходящих через бесконечно малую площадку dS. Φ = B \* S \* cos α

**Потокосцепление** (полный магнитный поток) — физическая величина, представляющая собой суммарный магнитный поток, сцепляющийся со всеми витками катушки индуктивности. Ψ = Ф \* N

**Работа при перемещении контура с током в магнитном поле** A = I (Ф2 – Ф1)

**Магнитная энергия тока**

**Энергия магнитного поля**

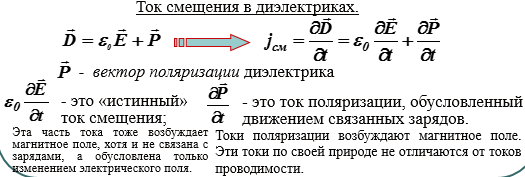
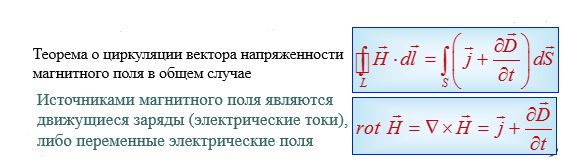
Энергия W магнитного поля катушки с индуктивностью L, создаваемого током I, равна

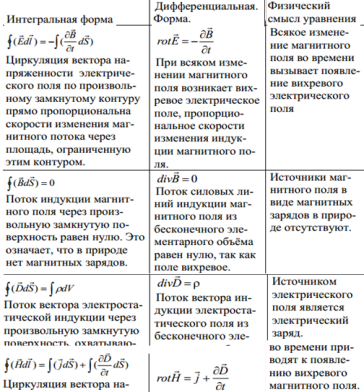
**Магнитное давление**

Найденная сила пропорциональна площади выделенной площадки и направлена перпендикулярно ей, поэтому можно говорить о давлении магнитного поля на поверхность соленоида. Существенно, что величина этого давления равна плотности энергии магнитного поля вблизи площадки

***№31*** ***. Гипотеза Максвелла. Ток смещения. Плотность тока***

Изменяющееся во времени электрическое поле с определенной точки зрения можно рассматривать как электрический ток, и этот ток способен возбуждать в окружающем пространстве магнитное поле. Максвелл назвал этот гипотетический ток током смещения. \mathbf j_\Sigma = \mathbf j + \mathbf j_D = \mathbf j+\frac{\partial\mathbf D}{\partial t}, Ток смещ 



Электрическое и магнитное поле нельзя рассматривать как независимые - изменение во времени одного из них приводит к появлению др.. Имеет смысл лишь совок. 2-х полей един. электромагнитное поле. Б) Уравнения Максвелла не симметричны относительно магнит. эл. полей.( ;) В) Уравнения Максвелла выполняются во всех интернациональных системах отсчета. Г) Из уравнений следует, что эл. поле способно сущ. самостоятельно – без эл. зарядов и токов. Статические поля В случае стационарных полей (не зависящих от времени ) уравнения Максвелла распадаются на 2 группы независимых уравнений. Это означает, что эл. и магнитное поля независимы др. от др. и называются соответственно электростатическим полем и магнитостатическим полем. () ( ) rot =0 div = ( ) () rot =j div =0

***№32 Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Физический смысл уравнений Максвелла. Свойства уравнений Максвелла. Статические поля. Граничные условия. Материальные уравнения.***

**Первое уравнение:**

Физический смысл: Это уравнение является обобщением закона Био–Савара–Лапласа и показывает, что циркуляция вектора по произвольному замкнутому контуру L равна сумме токов проводимости и токов смещения сквозь поверхность, натянутую на этот контур.

**Второе уравнение:**

Физический смысл: Это уравнение описывает явление электромагнитной индукции (закон Фарадея) и устанавливает количественную связь между электрическими и магнитными полями: переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле.

**Третье уравнение:**

Физический смысл: Поток вектора электрического смещения через замкнутую поверхность S равен сумме зарядов внутри этой поверхности. Это уравнение показывает также, что силовые линии вектора и начинаются и заканчиваются на зарядах.

**Четвертое уравнение:**

Физический смысл: Это уравнение выражает то свойство магнитного поля, что линии вектора магнитной индукции всегда замкнуты и что магнитных зарядов нет.

**Свойства уравнений Максвелла:**

1. Система уравнений Максвелла "замкнута", то есть число неизвестных функций равно числу уравнений в системе.

2. Система уравнений Максвелла "конструктивна". В математическом анализе доказано, что одновременное задание ротора и дивергенции векторного поля позволяет это поле рассчитать.

3. Система уравнений Максвелла обладает свойством инвариантности относительно преобразований Лоренца (основа современной теории относительности).

4. Система уравнений Максвелла удивительно "симметрична" относительно электрических и магнитных величин. Это свойство особенно наглядно проявляется в непроводящей среде в отсутствие объемной плотности свободных электрических зарядов.

**Статические поля:** Термин "статический" описывает ситуацию, когда все заряды неподвижны в пространстве, или движутся как непрерывный поток. В результате, как заряд, так и плотность тока постоянны во времени. В случае с неподвижным зарядом, мы имеем электрическое поле, напряженность которого в любой точке пространства зависит от величины и геометрии всех зарядов. В случае с непрерывным током в контуре, мы имеем постоянные во времени электрическое и магнитное поля (статические поля), поскольку плотность заряда в любой точке контура не изменяется.

**Граничные условия:**

Здесь индексы 1 и 2 характеризуют поля по разные стороны от границы, - единичный вектор нормали к поверхности, направленный из среды 1 в среду 2. Эти правила пригодны для перехода через любые поверхности, независимо от того, совпадают ли они с границами раздела сред или проходят по однородным областям.

**Материальные уравнения:**

*, , ,* где ,, - постоянные, характеризующие ЭМ свойства среды. Они называются диэлектрической проницаемостью среды, магнитной проницаемостью среды и электрической проводимостью среды.

***№33***  ***Электромагнитные волны***



Вектор Пойнтинга (также *вектор Умова — Пойнтинга*) — вектор плотности потока энергии электромагнитного поля, одна из компонент тензора энергии-импульса электромагнитного поля. Вектор Пойнтинга Sможно определить через векторное произведение двух векторов: S=[ExH], где E и H векторы напряжённости электрического и магнитного полей соответственно Импульсная волна (impulse wave) – волна направленного основного движения вниз или вверх в волновой теории Элиота. Волновая теория Элиота – это система правил, выведенных эмпирическим способом с целью интерпретации поведения рынка

Электромагнитные волны переносят в пространстве энергию.

***№34 Когерентность. Интерференция света***

Когерентность - согласованное протекание во времени и пространстве нескольких колебательных или волновых процесс. Интерференция света - сложение в пространстве нескольких когерентных световых волн, при котором в разных его точках получается усиление или ослабление амплитуды результирующей волны. Разность фаз: Оптическая разность хода: Условие интерференционного максимума: Если оптическая разность хода равна целому числу длин волн в вакууме (четному числу полуволн): (m = 0, 1, 2, …), то Условие интерференционного минимума: Если оптическая разность хода равна нечетному числу полуволн: (m = 0, 1, 2, …), то и колебания, возбуждаемые в точке М, будут происходить в противофазе. Метод Юнга:Свет от ярко освещенной щели S падает на две щели S1 и S2, играющие роль когерентных источников. Интерференционная картина ВС наблюдается на экране Э. Бизеркало Френеля:

Свет от источника S падает расходящимся пучком на два плоских зеркала А1О и А2О, расположенных под малым углом φ. Роль когерентных источников играют мнимые S1 и S2 изображения источник S. Интерфер. картина наблюдается на экране Э, защищ. от прямого попадания световой заслонкой З. Бипризма Френеля:Она состоит из двух одинаковых, сложенных основаниями призм с малыми преломляющими углами. Свет от источника S преломляется в обеих призмах. В результате чего за бипризмой распростр. световые лучи. Как бы исходящие из мнимых источников S1 и S2, являющихся когерентными. Таким оразом, на поверхности экрана происходит наложение когерентных пучков и наблюдается интерференция.Зеркало Ллойда:Точечный источник S находится близко к пов-ти плоского зеркала М. Когерентными источниками служат сам источник S и его мнимое изображение S1. Расчет интерференционной картины от двух щелей (метод Юнга): ∆ = S2- S1=d\*sin(f())\*φ

sin(f())(φ ≈ ) tg φ= xm/e.

***№35 Интерференция в тонких пленках.***

Интерференция в тонких пленках: Полосы равного наклона - система чередующихся светлых и темных полос, наблюдаемая на экране при освещении прозрачного слоя постоянной толщин непараллельным пучком монохроматич. излучения. Оптическая разность хода: Условия максимумов:  *(m = 0, 1, 2, …)* Условия минимумов: (m = 0, 1, 2, …)Полосы равной толщины - интерференционные полосы, наблюдаемые при освещении тонких оптически прозрачных слоев (пленок) переменной толщины пучком параллельным лучей и обрисовывающие линии равной оптической толщины. Кольца Ньютона - кольцеобразные интерференционные максимумы и минимумы, появляющиеся вокруг точки касания слегка изогнутой выпуклой линзы и плоскопараллельной пластины при прохождении света сквозь линзу и пластину.В отраженном свете оптическая разность хода: Радиусы светлых колец:  *(m = 1, 2, …)* Радиусы темных колец:  *(m = 0, 1, 2, …)* При m = 0 оптическая толщина пленки:

Просветление оптики, т.е. создание покрытий на поверхности оптических деталей, Интерферометры - измерительные приборы, в которых используется интерференция волн. Голография представляет собой “трёхмерную фотографию”. Контроль качества поверхности. С помощью интерференции можно оценить качество обработки поверхности изделия с точностью до 1/10 длины волны, т.е. с точностью см.

***№36***  ***Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля***

Дифракция - отклонение от прямолинейного распространения на резких неоднородностях среды. Принцип Гюйгенса-Френеля: Каждая точка волновой поверхности является источником вторичных сферических волн, которые интерферируют между собой. Зоны Френеля - участки, на которые разбивают поверхность фронта световой волны для упрощения вычислений при определении амплитуды волны в заданной точке пространства. Первая зона Френеля ограничивается точками волновой пов-ти, расстояния от которых до точки Р равны: . Вторая зона: . Аналогично определяются границы других зон. Зонная пластинка - плоскопараллельная стеклянная пластинка с выгравированными концентрическими окружностями,

Дифракция Френеля - это дифракция сферических волн, или дифракция сходящихся лучах на круглом отверстии, диске, щели, крае экрана…*Радиус зон* Френеля на круглом препятствии: Дифракция Фраунгофера - это дифракция плоских волн, или дифракция в параллельных лучах на круглом отверстии, диске, щели, нити…

***№37***  ***Дифракция Фраунгофера на одной щели.***

**Дифракция Фраунгофера** наблюдается в том случае, когда источник света и точка наблюдения бесконечно удалены от препятствия, вызвавшего дифракцию. Для наблюдения дифракции Фраунгофера необходимо точечный источник поместить в фокусе собирающей линзы, а дифракционную картину можно исследовать в фокальной плоскости второй собирающей линзы, установленной за препятствием. Ширина щели: АВ = b.Разность хода между крайними лучами: CB =

Условие главных максимумов интенсивности:

Условие главных минимумов интенсивности

Условие побочных минимумов интенсивности:

**Теорема Бабине**: дифракционная картина при дифракции Фраунгофера от препятствия и от дополнительного к нему экрана одинакова.

**Дифракционная решетка** - точная система штрихов (щелей), нанесенная на плоскую или вогнутую оптическую поверхность. Период ДР: b - расстояние между щелями, а - ширина щели. Разрешающая способность др. - характеризует возможность разделения с помощью данной решетки двух близких спектральных линий с длинами волн и

**Условия наблюдения дифракции:** Дифракция происходит на предметах любых размеров, но хорошо наблюдается только на препятствиях, соизмеримых с длиной волны Трудности наблюдения заключаются в том, что вследствие малости длины световой волны интерференционные максимумы располагаются очень близко друг к другу, а их интенсивность быстро убывает.

***№38***  ***Естественный и поляризованный свет***

**Ественный свет** - это суммарное эл.-магн. излучение множества независимо излучающих атомов, поэтому все ориентации вектора Е будут равновероятны.

Поляризованный свет - это свет, в котором направления колебания вектора Е каким-либо образом упорядочены.

**Степень поляризации**:

Для естественного света и Р = 0, для плоскополяризованного и Р = 1.

**Закон Малюса**: интенсивность линейно поляризованного света, прошедшего анализатор, пропорциональна квадрату косинуса угла между плоскостью колебаний падающего света и плоскостью анализатора.

**Закон Брюстера**: если световой луч падает на поверхность диэлектрика под углом , такнгенс которого равен показателю преломления (угол Брюстера), то свет, отраженный от поверхности диэлектрика полностью поляризован.

**Угол Брюстера**: Оптически активными называют в-ва, обладающие способностью вращать плоскость поляризации (кварц, раствор сахара, скипидар и др.). Угол поворота плоскости поляризации , где d - толщина слоя в-ва, - удельное вращение - угол поворота плоскости поляризации слоем оптически активного в-ва единичной толщины. При этом **закон Био**. Для растворов зависит от концентрации.

**Эффект Фарадея**: *вращение плоскости поляризации в оптически неактивных телах, помещенных во внешнее магнитное поле*. Угол поворота плоскости поляризации , где Н - напряженность внешнего магнитного поля, d - толщина образца, V - постоянная Верде, зависящая от природы в-ва и длины волны света.

***№39***

**Фотоэффект** - высвобождение электронов под действием эл.-магн. излучения. Вольтамперная характеристика (ВАХ) фотоэлемента выражает зависимость фототока I от разности потенциалов U между электродами. С увеличением U фототок растет до определенного предельного значения - тока насыщения, который согласно закону Столетова, пропорционален световому потоку Ф, падающему на катод:

**Законы Столетова**: При фиксированной частоте падающего света число фотоэлектронов, испускаемых фотокатодом в единицу времени, пропорционально интенсивности света (сила фототока насыщения пропорциональна энергетической освещенности катода) Максимальная начальная скорость (максимальная начальная кинетическая энергия) фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего света, а определяется только его частотой Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта - минимальная частота свет (зависящая от химической природы вещества и состояния его поверхности), ниже которой фотоэффект невозможен. **Гипотеза Эйнштейна**: Эйнштейн предположил, что свет частотой не только испускается отдельными квантами (согласно гипотезе Планка), но и распространяется в пространстве и поглощается веществом отдельными порциями (квантами), энергия которых:

**Фотоны** - это кванты эл.-магн. излучения, движущиеся со скоростью распространения света. Энергия фотона - это энергия элементарной частицы (фотона), квант эл.-магн. излучения.

**Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта**:

Это уравнение объясняет зависимость кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света (II закон). Предельная частота , при которой кинетическая энергия фотоэлектронов становится равной нулю, и есть красная граница фотоэффекта (III закон) Формула для задерживающей разности потенциалов:

***№40***

**Фотон** - материальная, электрически нейтральная частица, квант эл.-магн. поля (переносчик эл.-магн. взаимодействия). **Свойства фотона**: Является частицей эл.-магн. Поля Движется со скоростью света Существует только в движении Остановить фотон нельзя: он либо движется со скоростью, равной скорости света, либо не существует; следовательно, масса покоя фотона равна нулю Корпускулярно-волновой дуализм эл.-магн. излучения - это принцип, согласно которому любой физический объект может быть описан как с использованием математического аппарата, основанного на волновых уравнениях, так и с помощью формализма, основанного на представлении об объекте как частице или системе частиц. Корпускулярные свойства света отчетливо проявляются в эффекте Комптона - упругом рассеянии коротковолнового эл.-магн. излучения (рентгеновского и -излечений) на свободный (или слабосвязанных) электронах в-ва, сопровождающееся увеличением длины волны. Это увеличение не зависит от длины волны падающего излучения, а определяется только углом рассеяния : , где - длина волны рассеянного излучения, - комптоновская длина волны. При рассеянии на электроне:м = 0,0243 А Корпускулярно-волновой дуализм эл.-магн. излучения - это принцип, согласно которому любой физический объект может быть описан как с использованием математического аппарата, основанного на волновых уравнениях, так и с помощью формализма, основанного на представлении об объекте как частице или системе частиц.

***№41***

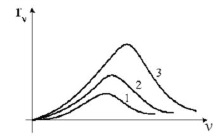
Тепловое излучение - излучение нагретых тел, которое наход в равновес с излуч телом (т.е. распределение энергии между телом и излуч остается постоян для каждой длины волны). Поток излучения - это отношение энергии, переносимой эл.-магн. излучением через поверхность, ко времени переноса, значительно превышающему период эл.-магн. колебаний. Энергетическая светимость - величина, равная отношению потока излучения, испускаемого поверхностью, к площади сечения, сквозь которое этот поток проходит: Спектральная плотность энергетической светимости - мощность излучения с единицы площади поверхности тела в интервале частот единичной ширины: Поглощательная способность - способность тел поглощать падающее на них излучение: Абсолютно черное тело - это физическая абстракция (модель), под которой понимают тело, полностью поглощающее всё падающее на него эл.-магн. Излучение



Формула планка:

Спектральная плотность излучения - характеристика спектра излучения, равная отношению интенсивности (плотности потока) излучения в узком частотном интервале к величине этого интервала.

График спектральной плотности энергии излучения от частоты (длины волны) при разных температурах:



Закон Кирхгофа: отношение испускательной и поглощательной способностей тела не зависит от природы тела и является универсальной для все тел функцией частоты и температуры: Закон Стефана-Больцмана: энергетическая светимость черного тела пропорциональна четвертой степени термодинамической температуры: , где Вт/(м2К4) - постоянная Стефана-Больцмана Закон Вина: длина волны, при которой излучательная способность черного тела максимальна, обратно пропорциональна его термодинамической температуре:

***№42***

Гипотеза де-Бройля: корпускулярно-волновой дуализм имеет универсальный характер. Каждая материальная частица обладает волновыми свойствами, причем соотношения, связывающие волновые и корпускулярные характеристики частицы остаются такими же, как и в случае эл.-магн. излучения. Формула де-Бройля: Физический смысл волновой функции заключается в том, что согласно копенгагенской интерпретации квантовой механики плотность вероятности нахождения частицы в данной точке конфигурационного пространства в данный момент времени считается равной квадрату абсолютного значения волновой функции этого состояния в координатном представлении. Соотношение неопределенностей для координаты-импульса: произведение неопределенностей координаты и соответствующей проекции импульса частицы не меньше постоянной Планка: Соотношение неопределенностей для энергии-времени: Физический смысл отношений неопределенности заключается в том, что они в общем виде указывают, в какой мере можно применять понятия классической механики применительно микромира.

***№43***

Постулаты: 1) Состояние частицы (или системы частиц) задано, если известна волновая функция Y(q). 2) Волновые функции подчиняются принципу суперпозиции: если в состоянии с волновой функцией некоторое измерение приводит к результату , а в состоянии - к результату , то всякая функция вида описывает такое состояние, в котором измерение дает либо результат , либо 3) Всякой физической величине L квантовой механике сопоставлен линейный самосопряженный оператор. Единственно возможными величинами, которые может иметь эта физическая величина, являются собственные значения l операторного уравнения 4Возможная волновая функция состояния системы Y получается при решении дифференциального уравнения , где Н - оператор Гамильтона, а уравнение называется уравнением Шредингера 5Если произвести многократные измерения какой-либо динамической переменной l системы, находящейся в состоянии Y, то на основании результатов этих измерений можно определить ее среднюю величину. Эта средняя величина вычисляется по формуле:

Нестац урав Шреди: Стац урав Шред: Физ смысл волн функ: Квадрат модуля волновой функции определяет вероятность нахождения частицы в данной точке. Плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке:



При движении свободной частицы (U(x) = 0) ее полная энергия совпадает с кинетической. Для свободной частицы, движущейся вдоль оси x уравнение Шредингера для стационарных состояний примет вид:Для свободной частицы волновая функция представляет собой суперпозицию двух плоских монохроматических волн, распространяющихся в противоположных направлениях. Этому соответствует независящая от времени плотность вероятности обнаружения частицы в данной точке пространства:Для свободно движущейся частицы энергия определяется из формулы:

***№44***

отенциальная энергия U(x)в прямоугольной яме удовлетворяет следующим условиям: U(x) = Уравнение Шредингера для частицы в бесконечно глубокой одномерной прямоугольной яме: Решением этого уравнения являются гармонические функции (синус и косинус) и мнимая экспонента. Здесь нам удобнее взять функцию “синус” с нулевой начальной фазой. Тогда ᴪ(x) - волновая функция частицы, будет иметь следующий вид: Квантование волнового числа приводит к квантованию энергии частицы в потенциальной яме: Потенциальный барьер - это область пространства, разделяющая две другие области с различными или одинаковыми потенциальными энергиями. Характеризуется “высотой” - минимальной энергией классической частицы, необходимой для преодоления барьера. Квантовый гармонический осциллятор:Все уровни энергии отстоят друг от друга на одинаковом расстоянии: Волновая функция основного состояния:



Спектр энергий осциллятора: Нулевая энергия - разность между энергией основного состояния квантомеханической системы и энергией, соответствующей минимуму потенциальной энергии системы.

***№45***

Водородоподобная атомная система состоит из положительно заряженного ядра и одного электрона, движущегося вокруг ядра по замкнутой траектории (орбите).В любом квантовом состоянии атом обладает определенным значением момента импульса, причем модуль орбитального момента импульса движущегося в атоме электрона однозначно определяется орбитальным квантовым числом: - орбитальное квантовое число (определяет форму атомной орбитали, характеризует энергетические подуровни) Величина проекции орбитального момента на некоторое выделенное направление Z в пространстве: - магнитное квантовое число (характеризует ориентацию орбитали в пространстве) Полная энергия электрона в водородоподобной системе складывается из его кинетической энергии и потенциальной энергии в электростатическом поле ядра: Водородоподобный атом - атомная система, содержащая в электронной оболочке один электрон. Заряд ядра водородоподобногго атома равен +Ze, где Z - порядковый номер элемента в таблице Менделеева.Квантование числа - это его представление с помощью конечного количества (b) значащихся зарядов. Операция квантования является нелинейной и вносит в представление квантуемого числа А ошибку A - число до квантования, F(A) - число после квантования (после выполнения нелинейной операции F). Вырождение энергетических состояний - существование двух или более стационарных состояний квантовой системы (атома, молекулы) с одинаковыми значениями энергии.

Принцип минимума энергии: Определяет порядок заселения атомных орбиталей, имеющих различные энергии. Согласно принципу минимума энергии, электроны занимают в первую очередь орбитали, имеющие наименьшую энергию. Периодический закон. Состояние каждого электрона в атоме описывается 4-мя квантовыми числами: Главным квантовым числом n = 1, 2, 3, …, Орбитальным квантовым числом Магнитным орбитальным квантовым числом Магнитным спиновым числом Совокупность электронов с одним и тем же главным квантовым числом n образуют электронную энергетическую оболочку. Совокупность электронов на оболочке с одним и тем же значением орбитального числа называют подоболочкой или подгруппой. Совокупность всех электронов в атоме на соответствующих оболочках и подоболочках называется электронной конфигурацией атома. Заполнение электронной конфигурации атома подчиняется принципам Принцип Паули: в атоме не может находиться более одного электрона с одинаковым набором квантовых чисел n, , , Принцип минимума энергии: при заданном числе электронов в атоме осуществляется в состояние с минимумом энергии Правило Хунда: в пределах подгруппы сначала заполняются состояния с различными значениями квантового числа при одинаковом значении проекции спина , затем как все состояний по квантовому числу оказываются заполненными электронами с одинаковой проекцией спина, начинается заполнение состояний электронами с противоположной проекцией спина