|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 1. Взаимодействие движущихся зарядов(Релятивистский эфект)  Физики проверили точность, с которой специальная теория относительности (СТО) Эйнштейна предсказывает релятивистское замедление времени. Эксперимент - самый точный из проводившихся когда-либо в этой области - показал, что погрешность составляет менее одной десятимиллионной секунды, сообщает журнал Science.  Эффект релятивистского замедления времени можно описать примерно следующим образом: представим себе, что наблюдатель А неподвижен, а наблюдатель Б движется относительного него.  С точки зрения наблюдателя А, часы наблюдателя Б идут медленнее, чем его собственные часы.  Замедление времени начинает становиться значительным только при скоростях, сравнимых со скоростью света.  Согласно СТО время в движущейся системе течет медленнее, чем в неподвижной:  Тогда частота колебаний (безразлично каких) в движущейся системе (измеренная неподвижным наблюдателем) будет меньше, чем в неподвижной:  или  , где  - частота колебаний в движущейся системе, а  - в неподвижной. Таким образом, измеряя частоту излучения, пришедшего к неподвижному наблюдателю из движущейся системы, по отношению частот  можно вычислить скорость системы.  Тепреь вспомним приведенную в статье «Кратко о силовом взаимодействии движущихся зарядов или неожиданное появление коэффициента β» формулу для «релятивистского» закона Кулона:  , где - «релятивистская длина». Или . То есть Кулонова сила уменьшается при увеличении скорости. | 2. Закон Кулона, Ампера, Био—Савара—Лапласа  1. Закон Кулона:  Сила взаимодействиямежду двумя частицами, находящимися в вакууме и имеющими заряды *q1* и *q2*, можетбыть определена из следующей формулы:  2. Закон Ампера:  Из закона Ампера следует, что параллельные проводники с постоянными токами, текущими в одном направлении, притягиваются, а в противоположном — отталкиваются. Законом Ампера называется также закон, определяющий силу, с которой магнитное поле действует на малый отрезок проводника с током. Сила d\vec F, с которой магнитное поле действует на элемент объёма *dV* проводника с током плотности \vec j, находящегося в магнитном поле с индукцией \vec B:  d\vec F = \vec j \times \vec B dV  Элементарную силу взаимодействия  между элементами  и проводников, по которым протекают токи *I*1 и *I*2 можно определить из закона Ампера:  3. Закон Био—Савара—Лапласа  Если по проводнику течет ток *I*, то в его окрестности создается магнитное поле, силовая характеристика которого  называется магнитной индукцией (величина   называется напряженностью магнитного поля). Магнитная индукция   численно равна силе, действующей на проводник единичной длины, по которому течет электрический ток единичной силы и который расположен перпендикулярно к направлению однородного магнитного поля.    где  элементарная магнитная индукция, создаваемая элементом проводника с током в точке пространства с радиусом-вектором . | 3. Электростатическое поле в вакууме  Электростатическим полем называется электрическое поле неподвижных в выбранной системе отсчета зарядов. Основными характеристиками электростатического поля являются напряженность и потенциал.  Напряженностью  в данной точке поля называется физическая величина, численно равная силе, действующей на единичный положительный заряд, помещенный в ту же точку. Напряженность – *силовая* характеристика электростатического поля:  **Потенциалом** ϕ в данной точке поля называется физическая величина, численно равная потенциальной энергии, которой обладал бы единичный положительный заряд, помещенный в ту же точку:  Потенциал – *энергетическая* характеристика электростатического поля. Если нулевой уровень потенциальной энергии системы зарядов условно выбрать на бесконечности, то выражение представляет собой работу внешней силы по перемещению единичного положительного заряда из бесконечности в рассматриваемую точку ***В***: **;**  Закона Кулона, описывающий взаимодействие двух зарядов, по своей структуре и зависимости от расстояния между ними совершенно аналогична закону гравитационного взаимодействия. Гравитационное поле, как известно, является потенциальным, и, следовательно, аналогичными свойствами должно обладать и электростатическое поле. Работа сил такого поля не зависит от формы траектории, а определяется только начальным и конечным положением перемещаемого заряда. Элементарная работа, совершаемая силой на расстоянии, равна .  Такая же работа, но совершаемая вдоль замкнутого контура ***L*** ровна 0.  , из этого следует, что **,** т.к. **.**  Поток вектора через поверхность сферы: | 4. Теорема Гаусса  **Теорема Гаусса** — основная теорема электродинамики, которая применяется для вычисления электрических полей. Она выражает связь между потоком напряжённости электрического поля сквозь замкнутую поверхность и зарядом в объёме, ограниченной этой поверхностью.  Поток вектора напряжённости электрического поля через любую, произвольно выбранную замкнутую поверхность пропорционален заключённому внутри этой поверхности электрическому заряду.  , где  Для теоремы Гаусса справедлив принцип суперпозиции, то есть поток вектора напряжённости через поверхность не зависит от распределения заряда внутри поверхности.  Для поля в веществе электростатическая теорема Гаусса может быть записана иначе — через поток вектора электрического смещения (электрической индукции). При этом формулировка теоремы выглядит следующим образом: поток вектора электрического смещения через замкнутую поверхность пропорционален заключённому внутри этой поверхности свободному электрическому заряду:  Поток вектора магнитной индукции через любую замкнутую поверхность равен нулю:  B природе не существует «магнитных зарядов», которые создавали бы магнитное поле, как электрические заряды создают электрическое поле. Иными словами, теорема Гаусса для магнитной индукции показывает, что магнитное поле является вихревым.  Рассмотрим поле, создаваемое бесконечной однородной заряженной **плоскостью**. Пусть поверхностная плотность заряда плоскости одинакова и равна . Представим себе мысленно цилиндр с образующими, перпендикулярными к плоскости, и основанием Δ*S*, расположенным относительно плоскости симметрично. В силу симметрии *E*' = *E*'' = *E*. Поток вектора напряжённости равен 2*E*Δ*S*.  Рассмотрим поле, создаваемое бесконечной **нитью**. Определим напряжённость, создаваемую этим полем на расстоянии *R* от нити. Возьмём цилиндр с осью, совпадающей с нитью, радиусом *R* и высотой Δ*l*. Тогда поток напряжённости через эту поверхность рассчитывается следующим образом: ; |
| 5. Теорема Гаусса и Закон Кулона  Связь между законом Кулона и теоремой Гаусса станет очевидной на простом примере. Предположим, что заряд ***q*** окружен сферой радиуса ***r****.* На удалении ***r*** от заряда напряженность электрического поля, которая определяется силой притяжения или отталкивания единичного заряда, помещенного в соответствующую точку, составит, согласно закону Кулона:  ***E* = *kq*/*r*2**  И то же самое значение мы получим для любой точки сферы заданного радиуса. Следовательно, суммарный поток напряженности электрического поля будет равен значению напряженности поля на удалении ***r*** от заряда, помноженному на площадь сферы (которая, как известно, равняется **4π*r*2**). Иными словами, суммарный поток будет равен:  **4π*r*2 × *kq*/*r*2 = 4π*kq***  Это и есть теорема Гаусса. | 6. Уравнение Пуассона  **Уравнение Пуассона** — эллиптическое дифференциальное уравнение в частных производных, которое, среди прочего, описывает электростатическое поле.  Это уравнение имеет вид: \Delta \varphi = f,  где Δ — оператор Лапласа или лапласиан, а *f* — действительная или комплексная функция на некотором многообразии.  В трёхмерной декартовой системе координат уравнение принимает форму:  \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} +  \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}  \right)\varphi(x,y,z) = f(x,y,z).  В декартовой системе координат оператор Лапласа записывается в форме \nabla^2и уравнение Пуассона принимает вид:  {\nabla}^2 \varphi = f.  Если *f* стремится к нулю, то уравнение Пуассона превращается в уравнение Лапласа: \Delta \varphi = 0.  {\nabla}^2 \Phi = - {\rho \over  \varepsilon_0},  где  \Phi \! — электростатический потенциал,  \rho \!— объёмная плотность заряда, а   \varepsilon_0 \!— диэлектрическая проницаемость вакуума.  В области пространства, где нет непарной плотности заряда, имеем: \rho = 0, \,  и уравнение для потенциала превращается в уравнение Лапласа: {\nabla}^2 \Phi = 0. | **7. ДИПОЛЬ**  **Электрическим диполем** называется система двух одинаковых по величине разноимённых точечных зарядов ***+q*** и ***–q***, на расстоянии ***l*** между которыми значительно меньше расстояния до тех точек, в которых определяется поля системы. Прямая, проходящая через оба заряда, называется **осью диполя**.  Поле диполя обладает осевой симметрией. Поэтому вид поля в любой плоскости, проходящей через ось диполя, будет одной и той же, причём вектор ***E*** лежит в этой плоскости. Потенциал в точке, опред.рад.вектором:  Где — характеристика диполя, называется его электрическим моментом. Вектор ***р*** направлен по оси диполя от отрицательного заряда к положительному.  Рассмотрим поведение диполя во внешнем эл.поле. Если диполь поместить в однородное эл.поле, образующие диполь заряды ***+q*** и ***–q*** окажутся под действием равных по величине, но противоположных по направлению сил ***.*** Эти силы образуют пару, плечо которой равно ***l·sinα***, т.е. зависит от положения диполя относительно поля, также они стремится повернуть диполь так, чтобы электрический момент диполя развернулся вдоль направления поля.  Величина момента пары сил: **,**  **.**  Момент сил стремится развернуть диполь вдоль силовой линии электрического поля.  Во внешнем неоднородном поле силы, действующие на концы диполя, неодинаковы.  Их результирующая сила стремится передвинуть диполь. Диполь втягивается в область поля с большей напряженностью, если угол альфа  меньше пи/2. При альфа больше меньше пи/2 диполь будет выталкиваться из области более сильного поля. энергия диполя во внешнем поле  W = q\*(фи(+)-фи(-))  фи(+)-фи(-)=-El => W = -p\*E  Потенциальная энергия, которой обладает диполь во внешнем электрическом поле: | 8. Электростатическое поле. Мультипольное разложение **Электростатическое поле** — поле, созданное неподвижными в пространстве и неизменными во времени электрическими зарядами (при отсутствии электрических токов).  Электрическое поле представляет собой особый вид материи, связанный с электрическими зарядами и передающий действия зарядов друг на друга. При ѵ<<c ***эп*** свободно движущегося заряда в каждый момент времени практически не отличается от ***эсп,*** создаваемого неподвижным зарядом, находящимся в той точке, где в данный момент находится движущийся заряд. ***Эсп*** перемещается вместе с зарядом, вследствие чего поле в каждой точке пространства изменяется со временем.  Если в пространстве имеется система заряженных тел, то в каждой точке этого пространства существует силовое электрическое поле. Оно определяется через силу, действующую на пробный заряд, помещённый в этом поле. Пробный заряд должен быть малым, чтобы не повлиять на характеристику электростатического поля.  В силу принципа суперпозиции потенциал всей совокупности зарядов равен сумме потенциалов, создаваемых в данной точке поля каждым из зарядов в отдельности: http://fishelp.ru/raz21/ris/image091.gif \*  Величинаhttp://fishelp.ru/raz21/ris/image095.gifназывается электрическим дипольным моментом системы зарядов.  Как следует из полученного выражения, при не равном нулю суммарном заряде потенциал определяется в основном первым членом, стоящим в скобках в (\*), потому что он ~1/r, тогда как второй член ~1/r2.  Однако во многих важных случаях суммарный заряд системы равен нулю, как это имеет место, например, для молекулы. Расположение же зарядов может быть таково, что дипольный момент системы отличен от нуля. Тогда потенциал определяется вторым членом.  Заметим, что и при равном нулю дипольном моменте потенциал системы, вообще говоря, не равен нулю, а определяется членами высших порядков в разложении по степеням ri/ro. Напомним, что речь все время идет о потенциале в точках, расположенных на большом удалении от системы. |
| 9. Магнитостатическое поле  **Магнитостатическое поле**, магнитное поле, созданное постоянными магнитами (неподвижными магнитными зарядами) и постоянными электрическими токами.  **Магнитное поле,** взаимодействие токов через поле. Сила с которой взаимодействуют 2 проводника, приходящаяся на 1 длины каждого из них ровна**:**  где b- расстояние между проводниками, а k – коэф.пр  Мп имеет направленный характер и характеризуется векторной величиной ***В***. Мп в отличии от Эл, не оказывает действия на покоящийся заряд. Сила возникает лишь тогда, когда заряд движется.  Проводник с током представляет собой Эл нейтральную систему зарядов, в которой заряды одного знака движутся в одну сторону, а другие в другую. Отсюда следует, что Мп порождается движущимися зарядами.  Движущиеся заряды (токи) изменяют свойства окружающего их пространства – создают в нем Мп. Это поле проявляется в том, что на движущиеся в нем заряды (токи) действуют силы.  Справедлив принцип суперпозиции*: поле* ***В****, порождаемое несколькими движущимися зарядами (токами), равно векторной сумме полей , порождаемых каждым зарядом (током) в отдельности:*  Магнитная индукция поля движущегося заряда: | 10. Магнитное поле замкнутого контура с током  ***1.*** Рассмотрим поле, создаваемое током, текущим по тонкому проводу, имеющему форму окружности радиусом R. Магнитная индукция в центре кругового тока:    Где  **–** модуль дипольного момента Мп.  Каждый элемент тока создает в центре индукцию, направленную вдоль положительной нормали к контуру.  Магнитная индукция на оси кругового тока:  На больших расстояниях от контура:  ***2.*** Отсутствие в природе магнитных зарядов приводит к тому, что линии вектора ***В*** не имеют ни начала, ни конца. Поэтому поток вектора ***В*** через замкнутую поверхность должен быть равен 0:  – *поток вектора магнитной индукции через любую замкнутую поверхность равен 0.*  По определению циркуляция вектора В, равна интегралу  Циркуляция через плоский контур по окружности: | 11. Закон полного тока  Если циркуляция вектора напряженности электростатического поля ввиду его потенциальности равна нулю, то представляет интерес оценить эту величину для вектора индукции ***В*** магнитного поля.  В связи с этим рассчитаем циркуляцию вектора ***В*** вдоль некоторого произвольного замкнутого контура *L*, охватывающего проводник с током *I.*  C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\image011.gif  По определению циркуляция вектора В, равна интегралу  Если контур *L* охватывает *m* проводников с токами различной величины и направлений, то согласно принципу суперпозиции суммарный вектор индукции магнитного поля ***В***  можно определить как:  Так как циркуляция вектора индукции ***В*** магнитного поля не равна нулю, то это означает, что магнитное поле непотенциально и носит вихревой характер. Т.к.  Где | 12. Контур с током во внешнем магнитостатическом поле  1. Если контур *L* с током *I* расположен таким образом, что вектор индукции однородного магнитного поля перпендикулярен плоскости этого контура, то сила действующая на элемент стремится его растянуть, тогда результирующая сила ровна 0.  Не будет иметь ни поступательного, ни вращательного движений.  2. Если вектор индукции однородного магнитного поля параллелен плоскости этого контура, то разделив площадь контура на маленькие участки шириной *dZ*, получим, что на элементы **()** контура будут действовать противоположные силы , в результате чего образуется элементарный вращающий момент .  Суммируя моменты для всех полосок, получим:  Из рассмотренных выше двух ситуаций следует, что вращающее действие оказывает только параллельная плоскости контура составляющая  Обобщая, можно записать:  Магнитное поле стремится повернуть контур с током так, чтобы  и его потенциальная энергия была бы минимальной. |
| 13. Единство сущности электрического и магнитного полей | 14. Электрическое поле в веществе  ПРИ ПОМЕЩЕНИИ ДИЭЛЕКТРИКА В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ поле происходит поляризация диэлектрика. В случае полярных диэлектриков силы, действующие со стороны электрического ноля на заряды молекул, создают момент сил, который стремится развернуть молекулу (диполь) вдоль силовых линий поля. В неполярных диэлектриках под действием поля происходит деформация молекул: положи­тельные и отрицательные заряды молекул смещаются в противоположные стороны, и молекулы превращаются в диполи.  В общем случае, при неоднородной поляризации диэлек­трика внутри него и на его поверхности появляются связан­ные заряды. Напряженность электрического поля в любой точке пространства будет являться суперпозицией внешнего поля и поля, создаваемого связанными зарядами.  В образцах, имеющих форму тонкой пластины, шара или тонкого и длинного цилиндра, во внешнем однородном ноле будет происходить однородная поляризация. В этом случае связанных объемных зарядов не будет, а возникают только поверхностные связанные заряды. Эти заряды создают элек­трическое поле, направленное в диэлектрике против внешне­го поля, и результирующее иоле в диэлектрике ослабляется. Степень ослабления поля зависит как от формы образца, гак и от свойств диэлектрика.  *Электрическое смещение(индукция):*  **Относи́тельная диэлектри́ческая проница́емость** среды ε — безразмерная физическая величина, характеризующая свойства изолирующей (диэлектрической) среды. Связана с эффектом поляризации диэлектриков под действием электрического поля. | 15. Электрический ток  Электрический ток — это упорядоченное движение заряженных частиц в проводнике. Чтобы он возник, следует предварительно создать электрическое поле, под действием которого вышеупомянутые заряженные частицы придут в движение.  **Закон Ома**—Сила тока в однородном участке цепи прямо пропорциональна напряжению, приложенному к участку, и обратно пропорциональна электрическому сопротивлению этого участка. Закон Ома в интегральной форме Закон Ома для участка электрической цепи имеет вид:  I = {U \over R} или U = R \cdot I\! или R = {U \over I}  где: U\! — напряжение или разность потенциалов,I\! — сила тока,R\! — сопротивление. Закон Ома также применяется ко всей цепи, но в несколько изменённой форме: I = {\varepsilon \over {R+r}}, где: {\varepsilon} — ЭДС источника напряжения, ***I***— сила тока в цепи, ***R***— сопротивление всех внешних элементов цепи, ***r***— внутреннее сопротивление источника напряжения. Закон Ома в дифференциальной форме Сопротивление R\!зависит как от материала, по которому течёт ток, так и от геометрических размеров проводника.  Полезно переписать закон Ома в так называемой дифференциальной форме, в которой зависимость от геометрических размеров исчезает, и тогда закон Ома описывает исключительно электропроводящие свойства материала. Для изотропных материалов имеем: \mathbf{j} = \sigma \mathbf{E}  где: j — вектор плотности тока,\sigma\! — удельная проводимость,  E— вектор напряжённости электрического поля.  **Закон Джоуля — Ленца**—Мощность тепла, выделяемого в единице объёма среды при протекании электрического тока, пропорциональна произведению плотности электрического тока на величину электрического поля. | 16. Физические механизмы формирования электрического сопративления в проводниках  Сила тока, текощего по однородному металлическому проводнику, пропорциональна падению напряжения U на проводнике:  В случае однородного проводника напряжение U совпадает с пазностью потенциалов**.**  Величина сопративления зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан.  Где удельное эл.сопративление.  Можно найти связь между j и E. Если направление этих 2х векторов совпадает, то  Скорость упорядоченного движения носителей тока пропорциональна напряженности поля E. Пропорциональность скорости приложенной к телу силе наблюдается в тех случаях, когда кроме силы, вызвавшей движение, на тело действует сила сопротивления среды. И эти силы обуславливают эл. сопротивление проводника. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 17. Электрическое смещение и теорема Гаусса  *Электрическое смещение(индукция):*  ε —относительная диэлектрическая проницаемость.  Можно записать  Электрическое смещение поля точечного заряда в вакууме равно  Проинтегрировав это соотношение по обьему получим:  Слева стоит поток вектора **D** через замкнутую поверхность **S,** справа – сумма сторонних зарядов, заключенных внутри этой поверхности.  **Поток электрического смещения через замкнутую поверхность равен алгебраической сумме заключенных внутри этой поверхности сторонних зарядов.**  Поле вектора D можно изобразить с помощью линий электрического смещения, направление и густота которых определяются точно так же, как и для линий вектора E. Источниками поля вектора D служат только сторонние заряды. Поэтому линии смещения могут начинаться и заканчиваться лишь на сторонних зарядах. | 18. Энергия электрического и магнитного полей  **Энергия магнитного поля:**  Если взять проводник с индуктивностью ***L***, по которому течет токсилы ***I*** который совершает работу за время ***dt*** равную:  Знак перед интегралом поменяется на +.  1) Таким образом, проводник обладает энергией:  2) Для энергии N связанных друг с другом контуров:  Где взаимная индуктивность i-го и k-го контуров.  3) Зная плотность энергии поля в каждой точке, можно найти энергию поля, заключенную в любой объем.  **Энергия электрического поля:**  Энергия заряженного плоского конденсатора Eк равна работе A, которая была затрачена при его зарядке, или совершается при его разрядке.  **A = CU2/2 = Q2/2С = QU/2 = Eк.**  Поскольку напряжение на конденсаторе может быть рассчитано из соотношения: **U = E\*d,** где E - напряженность поля между обкладками конденсатора, d - расстояние между пластинами конденсатора,  то энергия заряженного конденсатора равна:  **Eк = CU2/2 = ee0S/2d\*E2\*d2 = ee0S\*d\*E2/2 = ee0V\*E2/2,** где V - объем пространства между обкладками конденсатора.  Энергия заряженного конденсатора сосредоточена в его электрическом поле. | 19. Вещество в магнитном поле  Некоторые вещества в магнитном поле *намагничиваются*, то есть сами становятся источниками магнитного поля. Такие вещества называют *магнетиками*. Механизм намагничивания следующий: в веществе есть *элементарные токи* (замкнутые токи в пределах каждого атома), которые в обычных условиях ориентированы хаотически, так что результирующий магнитный момент равен нулю. Под действием внешнего магнитного поля эти магнитные моменты ориентируются в одном направлении, и их векторная сумма становится отлична от нуля.  Магнитное состояние вещества можно охарактеризовать с помощью *магнитного момента единицы объема*. Эта величина называется *вектор намагничивания J*.  Таким образом, для магнетика связь между векторами напряженности магнитного поля и магнитной индукцией имеет вид:  B=H+4 *J*.  В общем случае, вектора *J* и H могут не совпадать. Это наблюдается для некоторого класса веществ, называемых *анизотропными магнетиками* (в них в них величина намагничения зависит еще и от направления внешнего поля в веществе). Если же вещество является *изотропным магнетиком*, то вектора J и H сонаправлены, то есть J=H, где  - скалярная величина, называемая *магнитной воспиимчивостью*.  Тогда B=H, где =1+4 - магнитная проницаемость вещества. Различные вещества очень сильно варьируются по своим магнитным свойствам.  Вещества, у которых <1 называются *диамагнетиками*, те, у которых >1 - *парамагнетиками*, а те, у которых  >> 1 - *ферромагнетиками*. Больше всего способны намагничиваться ферромагнетики. | 20. Классификация веществ по реакции на внешнее магнитное поле  По реакции на внешнее магнитное поле и характеру внутреннего магнитного упорядочения все вещества в природе можно подразделить на пять групп: диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики, антиферромагнетики и ферримагнетики.  К **диамагнетикам** относят вещества, у которых магнитная восприимчивость отрицательна и не зависит от напряженности внешнего магнитного поля. К диамагнетикам относятся инертные газы, водород, азот, многие жидкости, ряд металлов, большинство полупроводников и др. Диамагнетиками являются все вещества с ковалентной химической связью и вещества в сверхпроводящем состоянии.  К **парамагнетикам** относят вещества с положительной магнитной восприимчивостью, не зависящей от напряженности внешнего магнитного поля. К числу парамагнетиков относят кислород, окись азота, щелочные, некоторые переходные металлы, соли железа, кобальта, никеля и редкоземельных элементов.  К **ферромагнетикам** относят вещества с большой положительной магнитной восприимчивостью (до 106), которая сильно зависит от напряженности магнитного поля и температуры.  **Антиферромагнетиками** являются вещества, в которых ниже некоторой температуры спонтанно возникает антипараллельная ориентация элементарных магнитных моментов одинаковых атомов или ионов кристаллической решетки. При нагревании антиферромагнетик испытывает фазовый переход в парамагнитное состояние. Антиферромагнетизм обнаружен у хрома и марганца.  К **ферримагнетикам** относят вещества, магнитные свойства которых обусловлены нескомпенсированным антиферромагнетизмом. Подобно ферромагнетикам они обладают высокой магнитной восприимчивостью, которая существенно зависит от напряженности магнитного поля и температуры. Наряду с этим ферримагнетики характеризуются и рядом существенных отличий от ферромагнитных материалов.  Свойствами ферримагнетиков обладают некоторые упорядоченные металлические сплавы, но, главным образом,- различные оксидные соединения, среди которых наибольший практический интерес представляют ферриты. |
| 21.Физическая природа ферромагнитного состояния  Особый класс магнетиков образуют вещества, способные обладать намагниченностью в отсутствии внешнего Мполя(железо, никель, кобальт).  Намагниченность ФМ зависит от ***Н***. Когда напряжение внешнего поля становится равной 0, намагниченность не исчезает и характеризуется величиной ***В*** – остаточная индукция. Намагниченность имеет при этом значение ***J*** – остаточная намагниченность.  Индукция В обращается в 0 лишь под действием поля Н, имеющего направление, противоположное полю, вызвавшему намагничивание.  Где Н – коэрцитивная сила.  Под действием на ФМ переменного Мполя индукция изменяется в соответствии с Петлей гистерезиса. Если коэрцитивная сила Н велика, то ФМ – жесткий, если наоборот, то мягкий.  В кристаллах могут возникать силы, которые заставляют магнитные моменты электронов выстраиваться параллельно друг другу. В результате возникают области спонтанного намагничивания (домены). В пределах каждого домена ФМ спонтанно намагничен до насыщения и обладает определённым магнитным моментом. В отсутствии внешнего поля суммарный момент всего тела равен 0.  Для каждого ФМ имеется определенная температура при которой области спонтанного намагничивания распадаются и вещество теряет ФМ свойства. Эта температура называется Точкой Кюри. При температуре выше точки Кюри ФМ становится обычным парамагнетиком, магнитная восприимчивость которого подчиняется закону Кюри–Вейсса: | 22. Физическая природа диамагнитного состояния  К **диамагнетикам** относят вещества, у которых магнитная восприимчивость отрицательна и не зависит от напряженности внешнего магнитного поля. К диамагнетикам относятся инертные газы, водород, азот, многие жидкости, ряд металлов, большинство полупроводников.  Электрон движется по орбите как волчок, поэтому ему свойственны все особенности поведения гироскопов под действием внешних сил.  Если атом находится во внешнем Мполе В, то на орбиту действует вращающийся момент - по направлению поля, а механический момент М – против него. за время dt вектор М получает приращение. Можно найти угловую скорость:  **Ларморовая частота** – одинакова для всех электронов.  Где угол поворота плоскости за время dt.  Если бы расстояние электрона от параллельной оси В не изменялось, то ему бы соответствовал ток:  Магнитный момент которого: направлен в сторону противоположную называющимся **индуцированным М моментом**.  Итак, под действием внешнего магнитного поля происходит прецессия электронных орбит с одинаковой для всех электронов угловой скоростью. Обусловленное прецессией дополнитель­ное движение электронов приводит к возникновению индуцирован­ного магнитного момента атома, направленного против по­ля.  Ларморова прецессия возникает у всех без исключения ве­ществ. Однако в тех случаях, когда атомы обладают сами по себе магнитным моментом; М поле не только индуцирует мо­мент, но и оказывает на магнитные моменты атомов ориен­тирующее действие, устанавливая их по направлению поля.  Возни­кающий при этом положительный магнитный момент бывает значительно больше, чем отрицательный индуцированный момент. Поэтому результирующий момент оказы­вается положительным и вещество ведет себя как парамагнетик. | 23. Явление электромагнитной индукции  **Электромагнитная индукция** — явление возникновения электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, проходящего через него.  Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем в 1831 году. Он обнаружил, что электродвижущая сила, возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную этим контуром. Величина э.д.с. 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 э.д.с. , называется индукционным током. Закон Фарадея Согласно закону электромагнитной индукции Фарадея:  \mathcal{E} = - {{d\Phi_B} \over dt}  где  \mathcal{E}— электродвижущая сила, действующая вдоль произвольно выбранного контура,  \Phi_B\!= \int \!\!\!\! \int_S \vec{B} \cdot d\vec S,— магнитный поток через поверхность, натянутую на этот контур.  Знак «минус» в формуле отражает **правило Ленца**:  *Индукционный ток, возникающий в замкнутом проводящем контуре, имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле противодействует тому изменению магнитного потока, которым был вызван данный ток.*  Для катушки, находящейся в переменном магнитном поле, закон Фарадея можно записать следующим образом:  \mathcal{E} = - N{{d\Phi_B} \over dt} =  -  {{d\Psi} \over dt}  Где \mathcal{E}— электродвижущая сила, N\!— число витков,\Phi_B\!— магнитный поток через один виток,\Psi\!— потокосцепление катушки. | 24. Уравнение Максвела в интегральной форме  **Уравне́ния Ма́ксвелла** — система дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитное поле и его связь с электрическими зарядами и токами в вакууме и сплошных средах.  Где    1) **Закон индукции Фарадея** — Изменение потока магнитной индукции, проходящего через незамкнутую поверхность *s*, взятое с обратным знаком, пропорционально циркуляции электрического поля на замкнутом контуре *l*, который является границей поверхности *s*.  2) **Закон Гаусса для магнитного поля** — Поток магнитной индукции через замкнутую поверхность равен нулю.  3) **Закон Ампера —** [**Максвелла**](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%BA%D1%81%D0%B2%D0%B5%D0%BB%D0%BB,_%D0%94%D0%B6%D0%B5%D0%B9%D0%BC%D1%81_%D0%9A%D0%BB%D0%B5%D1%80%D0%BA) **—** Полный электрический ток свободных зарядов и изменение потока электрической индукции через незамкнутую поверхность *s*, пропорциональны циркуляции магнитного поля на замкнутом контуре *l*, который является границей поверхности *s*.  4) **Закон Гаусса —** Поток электрической индукции через замкнутую поверхность *s* пропорционален величине свободного заряда, находящегося в объёме *v*, который окружает поверхность *s*. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 25. Ур-е Максвела в деф. Форме.  **Уравне́ния Ма́ксвелла** — система дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитное поле и его связь с электрическими зарядами и токами в вакууме и сплошных средах. Вместе с выражением для силы Лоренца образуют полную систему уравнений классической электродинамики. Уравнения, сформулированные Джеймсом Клерком Максвеллом на основе накопленных к середине XIX века экспериментальных результатов. Уравнения Максвелла представляют собой систему из восьми (два векторных с тремя компонентами каждое и два скалярных) линейных дифференциальных уравнений в частных производных 1-го порядка для 12 компонент четырёх векторных функций (\mathbf{D},\mathbf{E}, \mathbf{H},\mathbf{B}): Закон Гаусса - \nabla  \*D=ρ - Электрический заряд является источником электрической индукции. Закон Гаусса для магнитного поля - \nabla \*B=0 - Не существует магнитных зарядов. Закон индукции ФарадеяC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\9cab6787646062d6e658cd1e83ad468f.png - Изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле. Закон Ампера — Максвелла C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\2.png Электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле. Введённые обозначения: \rho\  — плотность стороннего [электрического 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) (в единицах [СИ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%98) — [Кл](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%BD)/[м](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80)³); \mathbf{j}=\mathbf{u}\rho — [плотность электрического тока](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) (плотность тока проводимости) (в единицах СИ — [А](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80)/м²); \mathbf{u} — [скорость](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) [зарядов](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) в данной точке; c\, — [скорость света](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B0) в вакууме (299 792 458 [м](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80)/[с](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B0)); \mathbf E — [напряжённость электрического поля](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) (в единицах СИ — [В](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29)/м); \mathbf H — [напряжённость магнитного поля](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) (в единицах СИ — А/м);\mathbf D — [электрическая индукция](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%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) (в единицах СИ — Кл/м²);\mathbf B — [магнитная индукция](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) (в единицах СИ — [Тл](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29) = [Вб](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D1%80_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29)/м² = [кг](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC)•[с](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B0_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8%29)−2•А−1);\nabla  — дифференциальный [оператор набла](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B0), при этом\nabla\times \mathbf{E} \equiv \mathrm{rot}\,\mathbf{E}  означает [ротор](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) вектора,\nabla\cdot \mathbf{E} \equiv \mathrm{div}\,\mathbf{E} означает [дивергенцию](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) вектора. | 26. Структура и св-ва электомагнитных волн.  Герц не только экспериментально доказал существование электромагнитных волн, но впервые начал изучать их свойства – поглощение и преломление в разных средах, отражение от металлических поверхностей и т. п. Ему удалось измерить на опыте длину волны и скорость распространения электромагнитных волн, которая оказалась равной скорости света. Конечно, электромагнитные волны обладают всеми основными свойствами волн. Они подчиняются закону отражения волн: угол падения равен углу отражения. При переходе из одной среды в другую преломляются и подчиняются закону преломления волн: отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред и равная отношению скорости электромагнитных волн в первой среде к скорости электромагнитных волн во второй среде и называется показателем преломления второй среды относительно первой. Явление дифракции электромагнитных волн, т. е. отклонение направления их распространения от прямолинейного, наблюдается у края преграды или при прохождении через отверстие. Электромагнитные волны способны к интерференции. Интерференция — это способность когерентных волн к наложению, в результате чего волны в одних местах друг друга усиливают, а в других местах — гасят. (Когерентные волны — это волны, одинаковые по частоте и фазе колебания.) Электромагнитные волны обладают дисперсией, т. е. когда показатель преломления среды для электромагнитных волн зависит от их частоты. Опыты с пропусканием электромагнитных волн через систему из двух решеток показывают, что эти волны являются поперечными. При распространении электромагнитной волны векторы напряженности Е и магнитной индукции В перпендикулярны направлению распространения волны и взаимно перпендикулярны между собой. | 27. Электромагнитное излучение в в-ве. (Диэлектрики) Коэф.приломления. **Электромагни́тное излуче́ние** (электромагнитные волны) — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля (то есть иначе говоря — взаимодействующих друг с другом электрического и магнитного полей).Среди электромагнитных полей вообще, порожденных электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием. К электромагнитному излучению относятся радиоволны (начиная со сверхдлинных), инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое, рентгеновское и жесткое (гамма-)излучение. Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту, длину волны и поляризацию. В большинстве случаев (обычно) скорость — и групповая, и фазовая — распространения электромагнитного излучения в веществе отличается от таковых в вакууме очень незначительно (на доли процента). **Показа́тель преломле́ния** вещества — величина, равная отношению фазовых скоростей света (электромагнитных волн) в вакууме и в данной среде n =\frac{c}{v}. Показатель преломления зависит от свойств вещества и длины волны излучения, для некоторых веществ показатель преломления достаточно сильно меняется при изменении частоты электромагнитных волн от низких частот до оптических и далее, а также может еще более резко меняться в определенных областях частотной шкалы. По умолчанию обычно имеется в виду оптический диапазон или диапазон, определяемый контекстом. | 28. Электромагнитное излучение в в-ве. (Диэлектрики) Коэф. Поглощения.  **Электромагни́тное излуче́ние** (электромагнитные волны) — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля (то есть иначе говоря — взаимодействующих друг с другом электрического и магнитного полей).Среди электромагнитных полей вообще, порожденных электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников — движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием. К электромагнитному излучению относятся радиоволны (начиная со сверхдлинных), инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое, рентгеновское и жесткое (гамма-)излучение. Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту, длину волны и поляризацию. Коэфициент поглощения. Закон Бугера — Ламберта — Бера –(Коэф. Поглощения) - физический закон, определяющий ослабление параллельного монохроматического пучка света при распространении его в поглощающей среде. C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\3.png где *I*0 — интенсивность входящего пучка, *l* — толщина слоя вещества, через которое проходит свет, *k*λ — показатель поглощения. |
| 29. Электромагнитное поле в металлах.  Электромагнитное поле в мет.описывается макроскопическими уравнениями Максвела. Закон Гаусса - \nabla  \*D=ρ - Электрический заряд является источником электрической индукции. Закон Гаусса для магнитного поля - \nabla \*B=0 - Не существует магнитных зарядов. Закон индукции ФарадеяC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\9cab6787646062d6e658cd1e83ad468f.png - Изменение магнитной индукции порождает вихревое электрическое поле. Закон Ампера — Максвелла C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\2.png Электрический ток и изменение электрической индукции порождают вихревое магнитное поле. Введённые обозначения: \rho\  — плотность стороннего [электрического 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) (в единицах [СИ](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%98) — [Кл](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D1%83%D0%BB%D0%BE%D0%BD)/[м](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80)³); \mathbf{j}=\mathbf{u}\rho — [плотность электрического тока](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%BB%D0%BE%D1%82%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0) (плотность тока проводимости) (в единицах СИ — [А](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BC%D0%BF%D0%B5%D1%80)/м²); \mathbf{u} — [скорость](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C) [зарядов](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) в данной точке; c\, — [скорость света](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%81%D0%B2%D0%B5%D1%82%D0%B0) в вакууме (299 792 458 [м](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D1%80)/[с](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B0)); \mathbf E — [напряжённость электрического поля](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) (в единицах СИ — [В](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%BB%D1%8C%D1%82_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29)/м); \mathbf H — [напряжённость магнитного поля](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%B6%D1%91%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C_%D0%BC%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D0%BE%D0%BB%D1%8F) (в единицах СИ — А/м);\mathbf D — [электрическая индукция](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%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) (в единицах СИ — Кл/м²);\mathbf B — [магнитная индукция](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B0%D0%B3%D0%BD%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D0%B4%D1%83%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F) (в единицах СИ — [Тл](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%81%D0%BB%D0%B0_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29) = [Вб](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D1%80_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F%29)/м² = [кг](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BC)•[с](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%B4%D0%B0_%28%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D1%86%D0%B0_%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%B8%29)−2•А−1);\nabla  — дифференциальный [оператор набла](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B0), при этом\nabla\times \mathbf{E} \equiv \mathrm{rot}\,\mathbf{E}  означает [ротор](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D1%82%D0%BE%D1%80_%28%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0%29) вектора,\nabla\cdot \mathbf{E} \equiv \mathrm{div}\,\mathbf{E} означает [дивергенцию](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D1%8F) вектора. | 30. Ток смещения Максвела.  **Ток смещения** или **абсорбционный ток** — понятие из области теории классической электродинамики. Введено Дж. К. Максвеллом при построении теории электромагнитного поля для описания слабых токов, возникающих при смещении заряженных частиц в диэлектриках. В природе существует три вида токов: ток проводимости, ток смещения и ток переноса. Во времена Максвелла, ток проводимости мог быть экспериментально зарегистрирован и измерен (например, амперметром, индикаторной лампой), тогда как движение зарядов внутри диэлектриков могло быть лишь косвенно оценено. Ток переноса или ток конвекции обусловлен переносом электрических зарядов в свободном пространстве заряженными частицами или телами под действием электрического поля. Ток смещения существует и в проводниках, по которым течёт переменный ток проводимости, однако в данном случае он пренебрежимо мал по сравнению с током проводимости. Наличие токов смещения подтверждено экспериментально советским физиком [А. А. Эйхенвальдом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%B9%D1%85%D0%B5%D0%BD%D0%B2%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%B4,_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80_%D0%90%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87), изучившим магнитное поле тока поляризации, который является частью тока смещения. В общем случае, токи проводимости и смещения в пространстве не разделены, они находятся в одном и том же объеме. Поэтому Максвелл ввёл понятие полного тока, равного сумме токов проводимости (а также конвекционных токов) и смещения. Плотность полного тока: C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\4.png , ток проводимости и ток смещения принято обозначать разными символами - i и j. В диэлектрике (например, в диэлектрике конденсатора) и в вакууме нет токов проводимости. Поэтому уравнение Максвелла пишется так -j=\frac{dD}{dt} | 31. Явление самоиндукции. Индуктивность. **Самоиндукция** — явление возникновения ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении тока, протекающего через контур. При изменении тока в контуре меняется магнитный поток через поверхность, ограниченную этим контуром, изменение потока магнитной индукции приводит к возбуждению ЭДС самоиндукции. Направление ЭДС оказывается таким, что при увеличении тока в цепи ЭДС препятствует возрастанию тока, а при уменьшении тока — убыванию. Величина ЭДС пропорциональна скорости изменения силы тока *I* и индуктивности контура *L*: C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\5.png . За счёт явления самоиндукции в электрической цепи с источником ЭДС при замыкании цепи ток устанавливается не мгновенно, а через какое-то время. Аналогичные процессы происходят и при размыкании цепи, при этом величина ЭДС самоиндукции может значительно превышать ЭДС источника. Чаще всего в обычной жизни это используется в катушках зажигания автомобилей. **Индукти́вность** — коэффициент пропорциональности между магнитным потоком (создаваемым током какого-либо витка при отсутствии намагничивающих сред, например, в воздухе) и величиной этого тока. Если в проводящем контуре течёт ток, то ток создаёт магнитное поле. Величина магнитного потока, пронизывающего одновитковый контур, связана с величиной тока следующим образом. C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\6.png где *L* — индуктивность витка. В случае [катушки](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BE%D0%B8%D0%B4), состоящей из N витков предыдущее выражение модифицируется к виду: C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\7.png где C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\8.png — сумма магнитных потоков через все витки, а *L* — уже индуктивность многовитковой катушки. Через индуктивность выражается ЭДС самоиндукции в контуре, возникающая при изменении в нём тока C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\9.png При заданной силе тока индуктивность определяет энергию магнитного поля тока: C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\10.png | 32. Колебательный контур. Затухающие колебания.  **Колебательный контур** — осциллятор, представляющий собой электрическую цепь, содержащую соединённые катушку индуктивности и конденсатор. В такой цепи могут возбуждаться колебания тока (и напряжения). Резонансная частота контура определяется формулой Томсона и равнаC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\11.png. Пусть конденсатор ёмкостью *C* заряжен до напряжения *U*0. [Энергия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F), запасённая в конденсаторе составляет C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\12.png. При соединении конденсатора с катушкой индуктивности, в цепи потечёт ток *I*, что вызовет в катушке электродвижущую силу (ЭДС) самоиндукции, направленную на уменьшение тока в цепи. Ток, вызванный этой ЭДС (при отсутствии потерь в индуктивности) в начальный момент будет равен току разряда конденсатора, то есть результирующий ток будет равен нулю. Магнитная энергия катушки в этот (начальный) момент равна нулю. Затем результирующий ток в цепи будет возрастать, а энергия из конденсатора будет переходить в катушку до полного разряда конденсатора. В этот момент электрическая энергия конденсатора *EC* = 0. Магнитная же энергия, сосредоточенная в катушке, напротив, максимальна и равнаC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\13.png , где *L* — индуктивность катушки, *I*0 — максимальное значение тока. Затухающими колебаниями называются колебания, энергия которых уменьшается с течением времени. Свободные колебания любого осциллятора рано или поздно затухают и прекращаются. Поэтому на практике обычно имеют дело с затухающими колебаниями. |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 33. Колебательный контур. Вынужденные колебания.  **Колебательный контур** — осциллятор, представляющий собой электрическую цепь, содержащую соединённые катушку индуктивности и конденсатор. В такой цепи могут возбуждаться колебания тока (и напряжения). Резонансная частота контура определяется формулой Томсона и равнаC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\11.png. Пусть конденсатор ёмкостью *C* заряжен до напряжения *U*0. [Энергия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F), запасённая в конденсаторе составляет C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\12.png. При соединении конденсатора с катушкой индуктивности, в цепи потечёт ток *I*, что вызовет в катушке электродвижущую силу (ЭДС) самоиндукции, направленную на уменьшение тока в цепи. Ток, вызванный этой ЭДС (при отсутствии потерь в индуктивности) в начальный момент будет равен току разряда конденсатора, то есть результирующий ток будет равен нулю. Магнитная энергия катушки в этот (начальный) момент равна нулю. Затем результирующий ток в цепи будет возрастать, а энергия из конденсатора будет переходить в катушку до полного разряда конденсатора. В этот момент электрическая энергия конденсатора *EC* = 0. Магнитная же энергия, сосредоточенная в катушке, напротив, максимальна и равнаC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\13.png , где *L* — индуктивность катушки, *I*0 — максимальное значение тока. **Вынужденные колебания** — колебания, происходящие под воздействием внешних сил, меняющихся во времени. Автоколебания отличаются от вынужденных колебаний тем, что последние вызваны *периодическим* внешним воздействием и происходят с частотой этого воздействия, в то время как возникновение автоколебаний и их частота определяются внутренними свойствами самой автоколебательной системы. C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\14.png | 34. Тензор диэлектрической проницаймости.  **Абсолю́тная диэлектри́ческая проница́емость** – физическая величина, показывающая зависимость электрической индукции от напряжённости электрического поля. Абсолютная диэлектрическая проницаемость является тензором, определяемым из следующих соотношений:  C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\15-1.png Здесь C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\15-2.png -вектор электрического поля, C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\15-3.png - вектор электрической индукции, C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\15-4.png – тензор абсолютной диэлектрической проницаемости, C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\15-5.png – тензор относительной диэлектрической проницаемости. Для среды с конечной проводимостью (поглощающая среда) в тензор диэлектрической проницаемости часто включают мнимую компоненту, пропорциональную проводимости. | 35. Эффект Холла.  **Эффе́кт Хо́лла** — явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также **холловским напряжением**) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле. Открыт Эдвином Холлом в 1879 году в тонких пластинках золота.  ***UH=RbjB*** Здесь b – ширина пластины, j – плотность тока, B – Магнитная индукция, R – коэффициент пропорциональности, получивший название постоянной Холла.  В простейшем рассмотрении эффект Холла выглядит следующим образом. Пусть через металлический брус в слабом магнитном поле *B* течёт электрический ток под действием напряжённости *E*. Магнитное поле будет отклонять носители заряда от их движения вдоль или против электрического поля к одной из граней бруса. При этом критерием малости будет служить условие, что при этом электрон не начнёт двигаться по циклоиде. Таким образом, сила Лоренца приведёт к накоплению отрицательного заряда возле одной грани бруска и положительного возле противоположной. Накопление заряда будет продолжаться до тех пор, пока возникшее электрическое поле зарядов *E*1 не скомпенсирует магнитную составляющую силы Лоренца. Коэффициент C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\16.png пропорциональности между *E*1 и *jB* называется **коэффициентом** (или **константой**) **Холла**. | 36. Эффект Гауса и Эттинсгаузена.  **Эффект Эттингсгаузена** — эффект возникновения градиента температур в находящемся в магнитном поле проводнике, через который течет ток. Если ток течет вдоль оси *x*, а магнитное поле направлено вдоль *y*, то градиент температур будет возникать вдоль *z*. Краткое объяснение эффекта заключается в следующем. В среднем действие силы Лоренца и поля Холла компенсируют друг друга, однако, вследствие разброса скоростей носителей заряда, отклонение «более горячих» и «более холодных» происходит по-разному — они отклоняются к противоположным граням проводника. Электроны, сталкиваясь с решёткой, приходят с ней в термодинамическое равновесие. Если они при этом отдают энергию, то проводник нагревается; если они отбирают энергию у решетки, то проводник охлаждается, в результате чего возникает градиент температуры в направлении, перпендикулярном полю *B* и току *j*. Характеристикой данного эффекта служит *коэффициент Эттингсгаузена* *AE*:  C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\17.png  Эффект Эттингсгаузена может быть только адиабатическим. Поскольку поле Холла зависит от скорости движения носителей зарядов, то в полупроводниках эффект сильнее на несколько порядков, чем в металлах. Значительной величины достигает эффект, когда вместо поля Холла используется сила Лоренца в переменном магнитном поле |
| 37. Плазма. Явление возникновения колебаний в плазме.  **Пла́зма -** в физике и химии полностью или частично ионизированный газ, который может быть как квазинейтральным, так и неквазинейтральным. Плазма иногда называется четвёртым агрегатным состоянием вещества. Слово «ионизированный» означает, что от электронных оболочек значительной части атомов или молекул отделён по крайней мере один электрон. Слово «квазинейтральный» означает, что, несмотря на наличие свободных зарядов (электронов и ионов), суммарный электрический заряд плазмы приблизительно равен нулю. Присутствие свободных электрических зарядов делает плазму проводящей средой, что обуславливает её заметно большее (по сравнению с другими агрегатными состояниями вещества) взаимодействие с магнитным и электрическим полями. Четвёртое состояние вещества было открыто [У. Круксом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC_%D0%9A%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%81) в 1879 году и названо «плазмой». Многие философы античности утверждали, что мир состоит из четырёх стихий: земли, воды, воздуха и огня. Это положение с учётом некоторых допущений укладывается в современное научное представление о четырёх агрегатных состояниях вещества, причем плазме, очевидно, соответствует огонь. Плазма обладает следующими свойствами:1) **Достаточная плотность**: заряженные частицы должны находиться достаточно близко друг к другу, чтобы каждая из них взаимодействовала с целой системой близкорасположенных заряженных частиц. 2) **Приоритет внутренних взаимодействий**: радиус дебаевского экранирования должен быть мал по сравнению с характерным размером плазмы. Этот критерий означает, что взаимодействия, происходящие внутри плазмы более значительны по сравнению с эффектами на ее поверхности, которыми можно пренебречь. Если это условие соблюдено, плазму можно считать квазинейтральной. 3) **Плазменная частота**: среднее время между столкновениями частиц должно быть велико по сравнению с периодом плазменных колебаний.  **Ленгмю́ровские во́лны** — продольные колебания плазмы с плазменной частотойC:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\18.png (*e* — заряд электрона, *m* — масса электрона, *ne* — концентрация электронов) Изучались [Ленгмюром](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%BD%D0%B3%D0%BC%D1%8E%D1%80,_%D0%98%D1%80%D0%B2%D0%B8%D0%BD%D0%B3) и Л. Тонксом (L. Tonks) в 1929. Для плазмы характерно дальнодействие кулоновских сил, благодаря чему она может рассматриваться как упругая среда. Если группу электронов в плазме сдвинуть из их равновесного положения (тяжёлые ионы считаем неподвижными), то на них будет действовать электростатическая возвращающая сила, что и приводит к колебаниям. | 38. Плазма. Явление экранирования в плазме.  **Пла́зма -** в физике и химии полностью или частично ионизированный газ, который может быть как квазинейтральным, так и неквазинейтральным. Плазма иногда называется четвёртым агрегатным состоянием вещества. Слово «ионизированный» означает, что от электронных оболочек значительной части атомов или молекул отделён по крайней мере один электрон. Слово «квазинейтральный» означает, что, несмотря на наличие свободных зарядов (электронов и ионов), суммарный электрический заряд плазмы приблизительно равен нулю. Присутствие свободных электрических зарядов делает плазму проводящей средой, что обуславливает её заметно большее (по сравнению с другими агрегатными состояниями вещества) взаимодействие с магнитным и электрическим полями. Четвёртое состояние вещества было открыто [У. Круксом](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A3%D0%B8%D0%BB%D1%8C%D1%8F%D0%BC_%D0%9A%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%81) в 1879 году и названо «плазмой». Многие философы античности утверждали, что мир состоит из четырёх стихий: земли, воды, воздуха и огня. Это положение с учётом некоторых допущений укладывается в современное научное представление о четырёх агрегатных состояниях вещества, причем плазме, очевидно, соответствует огонь. Плазма обладает следующими свойствами:1) **Достаточная плотность**: заряженные частицы должны находиться достаточно близко друг к другу, чтобы каждая из них взаимодействовала с целой системой близкорасположенных заряженных частиц. 2) **Приоритет внутренних взаимодействий**: радиус дебаевского экранирования должен быть мал по сравнению с характерным размером плазмы. Этот критерий означает, что взаимодействия, происходящие внутри плазмы более значительны по сравнению с эффектами на ее поверхности, которыми можно пренебречь. Если это условие соблюдено, плазму можно считать квазинейтральной. 3) **Плазменная частота**: среднее время между столкновениями частиц должно быть велико по сравнению с периодом плазменных колебаний. | 39. Термоэлектрические явления. Явление Зеебека. **Термоэлектри́ческие явле́ния** — совокупность физических явлений, обусловленных взаимосвязью между тепловыми и электрическими процессами в металлах и полупроводниках. **Эффект Зеебека** — явление возникновения ЭДС в электрической цепи, состоящей из последовательно соединённых разнородных проводников, контакты между которыми находятся при различных температурах. Данный эффект был открыт в 1821 [Т. И. Зеебеком](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%BA,_%D0%A2%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%81_%D0%98%D0%BE%D0%B3%D0%B0%D0%BD%D0%BD). Цепь, которая состоит только из двух различных проводников называется термоэлементом или термопарой. Величина возникающей термоэдс зависит только от материала проводников и температур горячего (*T*1) и холодного (*T*2) контактов. В небольшом интервале температур термоэдс *E* можно считать пропорциональной разности температур: *E* = α12(*T*2 − *T*1), где α12 — термоэлектрическая способность пары (или коэффициент термоэдс). В простейшем случае коэффициент термоэдс определяется только материалами проводников, однако строго говоря, он зависит и от температуры и в некоторых случаях с изменением температуры α12 меняет знак. Более корректное выражение для термоэдс: C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\19.png | 40. Явление Пельтье и Томпсона.  *Пельтье эффект* обратен явлению Зеебека: при протекании тока в цепи из различных проводников, в местах контактов, в дополнение к теплоте Джоуля, выделяется или поглощается, в зависимости от направления тока, некоторое количество теплоты *Qn*, пропорциональное протекающему через контакт количеству электричества (то есть силе тока *I* и времени *t*)*: Qn*=П*lt.* Коэффициент П зависит от природы находящихся в контакте материалов и температуры (коэффициент Пельтье).    У. *Томсон* (Кельвин) вывел термодинамическое соотношение между коэффициентом Пельтье и Зеебека (**), которое является частным проявлением симметрии кинетического коэффициента: П = *Т,* где *Т —* абсолютная температура, и предсказал существование третьего Т.  Явление томпсона - заключается в следующем: если вдоль проводника с током существует перепад температуры, то в дополнение к теплоте Джоуля в объёме проводника выделяется или поглощается, в зависимости от направления тока, дополнительное количество теплоты *Q* (теплота Томсона): *Q* = ** (*T*2*— T*1) *lt,* где  — коэффициент Томсона, зависящий от природы материала. Согласно теории Томсона, удельная термоэдс пары проводников связана с их коэффициентом Томсона соотношением: *d/dT=* (**1— **2)/ *Т.* |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 41. Геометрическая оптика. Интерференция.  **Геометри́ческая о́птика** — раздел оптики, изучающий законы распространения света в прозрачных средах и принципы построения изображений при прохождении света в оптических системах без учёта его волновых свойств. Краеугольным приближением геометрической оптики является понятие светового луча. В этом определении подразумевается, что направление потока лучистой энергии (ход светового луча) не зависит от поперечных размеров пучка света. В силу того, что свет представляет собой волновое явление, имеет место интерференция, в результате которой *ограниченный* пучок света распространяется не в каком-то одном направлении, а имеет конечное угловое распределение т.е имеет место дифракция. Однако в тех случаях, когда характерные поперечные размеры пучков света достаточно велики по сравнению с длиной волны, можно пренебречь расходимостью пучка света и считать, что он распространяется в одном единственном направлении: вдоль светового луча. **Интерференция волн** — нелинейное сложение интенсивностей двух или нескольких волн, сопровождающееся чередованием в пространстве максимумов и минимумов интенсивности. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от разности фаз накладывающихся волн. При интерференции волн не происходит сложения их [энергий](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%AD%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D1%8F_%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D0%BD%D1%8B&action=edit&redlink=1). Интерференция волн приводит к перераспределению энергии колебаний между различными близко расположенными частицами среды. Это не противоречит [закону сохранения энергии](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%BD_%D1%81%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_%D1%8D%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B8) потому, что в среднем, для большой области пространства, энергия результирующей волны равна сумме энергий интерферирующих волн.  **Интерференция света** – нелинейное сложение интенсивностей двух или нескольких световых волн. Это явление сопровождается чередующимися в пространстве максимумами и минимумами интенсивности. Ее распределение называется интерференционной картиной. Впервые явление интерференции было независимо обнаружено Робертом Бойлем (1627— 1691 гг.) и Робертом Гуком (1635—1703 гг.)  Интерференционная картина представляет собой чередование светлых и темных полос, шаг которых равен: C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\20.png | 42. Дифракция света. Когерентность.  **Дифра́кция све́та** — явление огибания светом преграды или прохождения через узкое отверстие. Это частный случай прямолинейности распространения света. Наблюдается в среде с резкими неоднородностями. [Свет](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B2%D0%B5%D1%82) отклоняется от прямолинейного распространения при прохождении его через малое отверстие или узкие щели (0,1—1,0 мм). В этом случае лучи света распространяются не только прямо, но и в стороны, отчего вокруг светлого кружка или светлой полосы появляется цветная кайма — дифракционные кольца или полосы.  **Когере́нтность -** согласованность нескольких колебательных или волновых процессов во времени, проявляющаяся при их сложении. Колебания когерентны, если разность их фаз постоянна во времени и при сложении колебаний получается колебание той же частоты. **Когерентность волн** бывает временной и пространственной. Источники, у которых разность фаз остается постоянной, называются когерентными. Наиболее простой способ создать когерентные источники – это использовать реальный источник и его изображение. Временная когерентность - монохромотическая волна описывается выражением Аcos (ωt-kr+α), где А, ω, α – константы. Представляющие собой абстракцию. Всякая реальная световая волна образуется наложением колебаний всевозможных частот (или длин волн), заключенных в более или менее узком, но конечном интервале частот Δω(соответсвенно для волн Δλ). | 43. Принцип Гюгенса –Френеля. Зоны Френеля.  **Принцип Гюйгенса — Френеля** — основной постулат волновой теории, описывающий и объясняющий механизм распространения волн, в частности световых. Принцип Гюйгенса — Френеля является развитием принципа, который ввёл Христиан Гюйгенс в 1678 году: каждая точка поверхности, достигнутая световой волной, является вторичным источником световых волн. Огибающая вторичных волн становится волновой поверхностью в следующий момент времени. Принцип Гюйгенса объясняет распространение волн, согласующееся с законами геометрической оптики, но не может объяснить явлений дифракции.  **Согласно принципу Гюйгенса-Френеля** световое поле в некоторой точке пространства является результатом интерференции вторичных источников. Френель предложил оригинальный и чрезвычайно наглядный метод группировки вторичных источников. Этот метод позволяет приближенным способом рассчитывать дифракционные картины, и носит название метода зон Френеля. Зоны Френеля вводятся следующим образом. Рассмотрим распространение световой волны из точки L в точку наблюдения P. Сферический волновой фронт, исходящий из точки L разобьем концентрическими сферами с центром в точке P и с радиусами z1 + λ/2; z1 + 2 λ/2; z1 + 3 λ/2… Полученные кольцевые зоны и носят название зон Френеля. Смысл разбиения поверхности на зоны Френеля состоит в том, что разность фаз элементарных вторичных волн, приходящих в точку наблюдения от данной зоны, не превышает p. Сложение таких волн приводит к их взаимному усилению. Поэтому каждую зону Френеля можно рассматривать как источник вторичных волн, имеющих определенную фазу. Две соседние зоны Френеля действуют как источники, колеблющиеся в противофазе, т.е вторичные волны, распространяющиеся из соседних зон в точке наблюдения будут гасить друг друга. Можно показать, что площади зон Френеля примерно одинаковы и равны:  C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\21.png | 44. Дифракция на щели.  Дифракция на щели: В качестве примера рассмотрим дифракционную картину возникающую при прохождении света через щель в непрозрачном экране. Мы найдём интенсивность света в зависимости от угла в этом случае.Математическое представление принципа Гюйгенса используется для написания исходного уравнения.Рассмотрим монохроматическую плоскую волну с амплитудой \Psi^\primeс длиной волны λ падающую на экран с щелью, ширина которой *a*. Если разрез находится в плоскости x′-y′, с центром в начале координат, тогда может предполагаться, что дифракция производит волну ψ на расстоянии *r*, которая расходится радиально и вдалеке от разреза можно записать:C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\22.png  пусть (x′,y′,0) — точка внутри разреза, по которому мы интегрируем. Мы хотим узнать интенсивность в точке (x,0,z). Щель имеет конечный размер в x направлении (от x^\prime=-a/2до +a/2\,), и бесконечна в y направлении ([y'=-\infty, \infty]).  Расстояние *r* от щели определяется как:  C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\23.png |
| 45. Дифракция на 2-ух щелях. Дифракционная решетка.  **Дифракционная решётка** — оптический прибор, работающий по принципу дифракции света, представляет собой совокупность большого числа регулярно расположенных штрихов (щелей, выступов), нанесённых на некоторую поверхность. Виды решёток: ***Отражательные*:** Штрихи нанесены на зеркальную (металлическую) поверхность, и наблюдение ведется в отраженном свете. ***Прозрачные*:** Штрихи нанесены на прозрачную поверхность (или вырезаются в виде щелей на непрозрачном экране), наблюдение ведется в проходящем свете. Фронт световой волны разбивается штрихами решётки на отдельные пучки когерентного света. Эти пучки претерпевают дифракцию на штрихах и интерферируют друг с другом. Так как для каждой длины волны существует свой угол дифракции, то белый свет раскладывается в спектр. Расстояние, через которое повторяются штрихи на решётке, называют периодом дифракционной решётки. Обозначают буквой *d*. Если известно число штрихов (*N*), приходящихся на 1 мм решётки, то период решётки находят по формуле: *d* = 1 / *N* мм. Условия главных дифракционных максимумов, наблюдаемых под определенными углами, имеют вид: d\, \sin\alpha = k \lambda , где *d* — период решётки, α — угол максимума данного цвета, *k* — порядок максимума, λ — длина волны. Одной из характеристик дифракционной решётки является [угловая дисперсия](http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A3%D0%B3%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%B4%D0%B8%D1%81%D0%BF%D0%B5%D1%80%D1%81%D0%B8%D1%8F&action=edit&redlink=1). Предположим, что максимум какого-либо порядка наблюдается под углом φ для длины волны λ и под углом φ+Δφ — для длины волны λ+Δλ. Угловой дисперсией решётки называется отношение D=Δφ/Δλ. Выражение для D можно получить если продифференцировать формулу дифракционной решётки C:\Documents and Settings\Admin\Рабочий стол\24.png Таким образом, угловая дисперсия увеличивается с уменьшением периода решётки *d* и возрастанием порядка спектра *k*. | 46. Поляризация света.  **Поляризация** — для электромагнитных волн это явление направленного колебания векторов напряженности электрического поля E или напряженности магнитного поля H. Когерентное электромагнитное излучение может иметь: **Линейную** поляризацию — в направлении, [перпендикулярном](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%BF%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B8%D0%BA%D1%83%D0%BB%D1%8F%D1%80) направлению распространения волны; **Круговую** поляризацию — правую либо левую, в зависимости от направления вращения вектора индукции; **Эллиптическую** поляризацию — случай, промежуточный между круговой и линейными поляризациями. Некогерентное излучение может быть не поляризованным, либо быть полностью или частично поляризованным. При теоретическом рассмотрении поляризации волна полагается распространяющейся [горизонтально](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C). Тогда можно говорить о вертикальной и горизонтальной линейных поляризациях волны. Свет солнца, являющийся тепловым излучением, не имеет поляризации, однако рассеянный свет неба приобретает частичную линейную поляризацию. Поляризация света меняется также при отражении. На этих фактах основаны применения поляризующих фильтров в фотографии и т. д. По изменению поляризации света при отражении от поверхности можно судить о структуре поверхности, оптических постоянных, толщине образца. Некоторые живые существа], например пчёлы, способны различать линейную поляризацию света, что даёт им дополнительные возможности для ориентации в пространстве. Обнаружено, что некоторые животные, например креветка-богомол павлиновая способны различать циркулярно-поляризованный свет, то есть свет с круговой поляризацией. | 47. Искусственное двойное лучепреломление.  **Двойное лучепреломление,** расщепление пучка света в анизотропной среде (например, в [кристалле)](http://proteincrystallography.org/) на два слагающих, распространяющихся с разными скоростями и поляризованных в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. **Двойное лучепреломление** впервые обнаружено и описано профессором Копенгагенского университета Э. Бартолином в 1669 в [кристалле](http://proteincrystallography.org/) [*исландского шпата*](http://bse.sci-lib.com/article056735.html)*.* Если световой пучок падает перпендикулярно к поверхности [кристалла,](http://proteincrystallography.org/) то он распадается на 2 пучка, один из которых продолжает путь без преломления, как и в изотропной среде, другой же отклоняется в сторону, нарушая обычный закон преломления света. Соответственно этому лучи первого пучка называются обыкновенными, второго — необыкновенными. Угол, образуемый обыкновенным и необыкновенным лучами, называется углом **Двойное лучепреломление** Если в случае перпендикулярного падения пучка поворачивать [кристалл](http://proteincrystallography.org/) вокруг пучка, то след обыкновенного луча остаётся на месте, в центре, а след необыкновенного луча вращается по кругу. **Причины возникновения анизотропии**, которая является причиной двойного лучепреломления, для нас останутся загадкой. Поэтому для нас особенно ценно обсуждение искусственного двойного лучепреломления, когда причины анизатропии совершенно прозрачны. Может, не самым простым, но имеющим большую практическую ценность, является создание анизотропии с помощью электрического поля. если молекулы вещества полярны, их расположение под действием поля становится в определенной степени упорядоченным. Неполярные молекулы под действием поля поляризуются. Направление поляризации и становится  осью, определяющей анизотропию скорости распространения света. Разность показателей обыкновенного и необыкновенного лучей http://ruos.ru/tn13/ris/image638.gif оказывается пропорциональной показателю преломления вещества n и квадрату электрического поля E2 - эффект является квадратичным. В выражении http://ruos.ru/tn13/ris/image637.gif коэффициент пропорциональности k называется постоянной Керра. | 48. Вращение плоскости поляризации. (оптически активные в-ва).  Если линейно поляризованный свет проходит через плоско параллельный слой вещества, то в некоторых случаях плоскость поляризации света оказывается повернутой относительно своего исходного положения. Это явление называется вращением плоскости поляризации или оптической активностью. Различают естественную оптическую активность (в отсутствии внешних полей) и искусственную оптическую активность (во внешнем магнитном поле). В 1811 г. Д. Араго (Доменик Франсуа Араго, французский ученый, 1786–1853) наблюдал поворот плоскости поляризации при пропускании света через пластинки кварца. Свет был поляризован линейно, а пластинки кварца вырезаны перпендикулярно к оптической оси.  Экспериментально установлено (Жан Батист Био, французский физик, 1774–1862), что угол поворота плоскости поляризации зависит от длины d пути в кристаллической пластинке и от длины волны света λ: ϕ= dα, где α - вращательная способность. Вращательная способность зависит от длины волны λ. Сейчас известно очень много кристаллических и аморфных веществ, которые вращают плоскость поляризации. Эти вещества содержат оптически активные молекулы. Имеются право и левовращающие вещества (направление вращения обычно рассматривают по отношению к наблюдателю, к которому приближается свет). Френель доказал экспериментально, что при вступлении в оптически активную среду луч света испытывает двойное круговое лучепреломление: лучи, поляризованные по правому и левому кругу, идут внутри оптически активной среды с различными скоростями. Если падающий свет был поляризован линейно, то при выходе из такой среды эти волны складываются вновь в линейно поляризованную волну, но с повернутой плоскостью поляризации. |