|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ***28. Понятие о фазовом пространстве и функциях распределения классических и квантовых частиц. Распределение Максвелла - Больцмана, Бозе - Эйнштейна и Ферми - Дирака. Химический потенциал.***  Статистическая физика позволяет получить закономерность распределения частиц по координатам и энергиям. Для этого вводится понятие фазового пространства.  **Фазовое пространство** - воображаемое пространство, используемое в статистической физике, имеющее 6 измерений (x, y, z, px, py, pz). Каждая точка такого пространства соответствует определённому состоянию частицы.Частицы располагаются таким образом, что статистический вес получается максимальным, но расположение частиц зависит от их природы.  Частицы бывают:   1. классические (отличимы друг от друга); 2. квантовые (неотличимы друг от друга):  * фермионы (полуцелый спин): в одной точке только один фермион; * базоны (целый спин): в одной точке несколько фермионов.   Рассмотрим распределение двух частиц по трем ячейкам фазового пространства:   1. Квантовые частицы  * Базоны А и А      * Фермионы А и А | | ***29. Функция распределения Максвелла по модулю скорости. Наиболее вероятная,***  ***средняя арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул.***  Функция распределения Максвелла численно равна вероятности того, что произвольно выбранная частица газа имеет скорость в единичном интервале скоростей [v; v+1].    (dN/N - вероятность данной скорости)    Условие нормировки функции распределения Максвелла: | | ***30. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.***    mg+(p-dp)S=pS  m=ρV\*ρS\*dh  ρSdhg+(p-dp)S=pS  ρdhg=dp  ρ=  gdh=dp  =  =  =ln  p=- параметрическая формула для давления газа на высоте h  - давление на уровне моря | | ***31. Изотермы реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. (самостоятельно)***    *Идеальный газ ни при каких условиях не может быть превращен в жидкое или твердое состояние (частицы идеального газа не взаимодействуют между собой).*  ***Уравнение Ван-дер-Ваальса.***  Это уравнение содержит два параметра (a и b), c помощью которых учитывается вклад сил притяжения на больших расстояниях и сил отталкивания на малых расстояниях между молекулами идеального газа.  Силы *отталкивания* противодействуют проникновению данной частицы в ту область объема сосуда, которая занята другими молекулами. Собственный объем , занятый частицей, представляется как объем с некоторым эффективным диаметром d~σ (σ - параметр Леннард-Джонса). Поэтому *“свободный объем” V\**, в котором могут свободно (как в идеальном газе) двигаться молекулы реального газа, будет на некоторую величину *b* меньше, чем объем *V,* занимаемый газообразной системой. В расчете на один моль вещества *“свободный объем”* | | ***32. Явления переноса. Стационарные уравнения диффузии (закон Фика), теплопроводности (закон Фурье), вязкости (формула Ньютона). Коэффициенты переноса для идеального газа. Явление переноса.***  Процесс перехода системы из неравновесного состояния в равновесное называется релаксацией, которая сопровождается появлением в термодинамической системе потоков вещества или молекул, потоков вещества теплоты, импульса, заряда.  Явления, связанные с этими потоками - явления переноса.   1. Диффузия - обусловлено тепловым движением молекул, самопроизвольным выравниванием плотности или концентрации вещества в смеси немольных веществ (наблюдается в твердых, жидких и газообразных телах). Движущей силой диффузии является разность в плотностях или концентрациях отдельных компонентов смеси в разных частях объема (распространение запаха).   Закон Фика  d=-dSdt  d- масса i-того компонента смеси, которая переносится вдоль оси x перпендикулярно площадке площадью dS за время dt при градиенте плотности i-того компонента кг/  - коэффициент диффузии i-того компонента.   1. Теплопроводность - процесс переноса теплоты от более нагретых частей вещества к менее нагретым.   Закон Фурье:  =-dSdt  []=1-коэффициент теплопроводности. | | ***33.1 Электрический заряд и его свойства. Закон Кулона. Напряженность***  ***электрического поля. Силовые линии. Принцип суперпозиции.***  Электрический заряд - физическая величина, определяющая способность тел вступать в электростатическое взаимодействие с другими заряженными телами.[q]=1Кл  e=1,6\*10-19Кл  Алгебраическая сумма электрических зарядов в изолированной системе, остается постоянной при любых процессах, проходящих в этой системе.  =const  Заряд-инвариантная величина.  **Закон Кулона**    F=k  k=- в вакууме  k=  =8,85\*10-12 Ф/м - электрическая постоянная  диэлектрическая проницаемость вещества  Модуль силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов, находящихся в вакууме, пропорционален модулю произведений этих зарядов и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.  k=9\*109 м/Ф  Линейная плотность заряда =dq/dl, Кл/м | |
| 33.2    -силовые линии диполя  **Принцип суперпозиции**  Напряженность электростатического поля, создаваемого множеством неподвижных точечных зарядов равен вектору сумм напряжений электростатического поля, создаваемого отдельными зарядами.  = | | ***34.1 Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса. Расчет поля заряженной сферы и бесконечно протяженной заряженной плоскости.***  Поток вектора напряженности      =dS =Ecos  ***=***  Физический смысл потока вектора напряженности:  он численно равен числу силовых линий, которые пронизывают поверхность.  Определение потока вектора напряженности электростатического поля через сферическую поверхность, охватывающую точечный заряд q, находящийся в ее центре.    ===q/  =-теорема Гаусса, записанная в интегральной форме | | 34.2 | | **35. Работа по перемещению заряда в электрическом поле. Электростатический потенциал. Разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля.**  Работа электростатического поля не зависит от [траектории](http://fizmat.by/kursy/kinematika/ravnomernoe). Работа поля при перемещении заряда по замкнутой траектории равна нулю. По этой причине силы электростатического поля называются *консервативными*, а само поле называется *потенциальным*.  ссссс.png  ссссс.png  A – работа электростатического поля [A] = 1 Дж;  E – напряжённость поля [E] = 1 В/м  s – перемещение заряда [s] = 1 м  a – угол между векторами Е и s   |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | |  | |  |  | | --- | --- | |  |  |   **Электростатический потенциал** — скалярная энергетическая характеристика электростатического поля, характеризующая потенциальную энергию поля, которой обладает единичный заряд, помещённый в данную точку поля.  Электростатический потенциал равен отношению потенциальной энергии взаимодействия заряда с полем к величине этого заряда. жопа.png |   Работа поля по перемещению заряда из одной точки в другую, называется разностью потенциалов  ааааааа.png  1, 2 – потенциал первой и второй точки поля[=1Дж/Кл = 1 В  А1-2 – работа по перемещению заряда из первой во вторую точки поля[A] = 1 Дж  q – заряд, который находится в поле[q] = 1 Кл | | **не весело.png36. Электрический диполь. Диэлектрики. Поляризация диэлектриков. Поляризационные заряды. Поляризованность диэлектрика. Диэлектрическая восприимчивость и проницаемость. Механизмы поляризации.**  Электрический диполь – это система, состоящая из 2-х точечных равных по величине и противоположных по знаку зарядов, находящихся на расстоянии l друг от друга  Диэлектрики (изоляторы)- вещества, в которых практически отсутствуют свободные носители зарядов.  Диэлектриками являются все неионизированные газы, некоторые жидкости (дистиллированная вода, спирт и др.) твердые тела (стекло, эбонит, фарфор и др.).  Различают **полярные, неполярные диэлектрики и ионные кристаллические диэлектрики.**  **Полярные диэлектрики**– это вещества (H2O, NH4, SO2, CO и др.), молекулы которых имеют асимметричное строение, т. е. центры «сосредоточения» положительных и отрицательных зарядов не совпадают и эти молекулы обладают дипольным моментом Молекулы таких диэлектриков называются **полярными**.  *Неполярные диэлектрики* – это вещества (N2, H2, O2, CO2, CH4 и др.), молекулы которых имеют симметричное строение, т. е. центры «сосредоточения» положительных и отрицательных зарядов в отсутствие внешнего электрического поля совпадают и дипольный момент этих молекул в данном случае равен нулю. Молекулы таких диэлектриков называются *неполярными.*  **Ионно-кристаллические\_диэлектрики** это вещества (NaCl,KCl, KBr и др.), которые имеют ионное строение. Ионные кристаллы представляют собой пространственные решетки с правильным чередованием ионов разных знаков. | | ***37. Спонтанная поляризация кристаллических диэлектриков. Сегнетоэлектрики.***  ***Диэлектрический гистерезис. Температура Кюри.***  Существует группа кристаллических диэлектриков, для которых характерно резкое повышение диэлектрической проницаемости в некоторой области температур. Это и послужило в дальнейшем основанием для выделения специального класса диэлектриков – сегнетоэлектриков. В настоящее время известно несколько сотен соединений, обладающих сегнетоэлектрическими свойствами. Группу сегнетоэлектрических материалов существенно расширяют и дополняют твердые растворы на основе различных соединений. Где dlcosa = dr  1. В то время как у обычных диэлектриков значение диэлектрической проницаемости ε составляет несколько единиц, достигая в виде исключения нескольких десятков (у воды, например, ε = 81), диэлектрическая проницаемость сегнетоэлектриков бывает порядка нескольких тысяч. Например, для титаната бария ε имеет значение около 2000 (при t = 120°С) и 6000–7000 (при t =80°С).  2. Для сегнетоэлектриков отсутствует линейная зависимость между вектором поляризации P и напряженности E электрического поля. Следовательно, диэлектрическая проницаемость ε (и диэлектрическая восприимчивость æ)сегнетоэлектриков оказывается зависящей от напряженности поля (рис. 2.8). Для остальных диэлектриков ε (и æ) не зависит от напряженности Е поля.  3. Для сегнетоэлектриков характерно явление диэлектрического гистерезиса (от греч. «гистерезис» – запаздывание). При изменении поля значения поляризованоcти Р (или электрического смещения D) сегнетоэлектрика отстают от напряженности внешнего электрического поля Е, в результате чего Р (и D) определяются | |
| **38. Электрическая емкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора.**  Электрическая емкость – это мера способности тел накапливать заряды.  Емкость одиночного проводника определяется как отношение заряда, накопленного на проводнике, к [потенциалу](https://lampa.io/p/00000000580d14f5f1bb39015008a2ac) этого проводника, при условии удаления проводника на значительное (бесконечное) расстояние от других тел. (При этом потенциал поля на бесконечности принимается за ноль)  бе.png  Конденсатор – техническое устройство, состоящее из двух проводников, в котором поле, возникающее при заряде проводников равными разноименными зарядами, оказывается практически полностью сосредоточено внутри этого устройства.  Так конденсатор изображается на схеме:  http://res.cloudinary.com/dzqbybz7w/image/upload/v1477292181/Condens_ew6obi.pngПластины конденсатора, входящего в электрическую цепь, всегда имеют равный по величине и противоположный по знаку заряд.  Проводники, образующие пару, называются обкладками конденсатора.  Существуют конструкции конденсаторов, состоящие из нескольких пар обкладок.  Емкость конденсатора определяется как отношение заряда конденсатора к разности потенциалов (напряжению) между обкладками: фее.png  Единицей измерения ёмкости в системе СИ является фарад (Ф). 1 фарад равен ёмкости конденсатора, при которой заряд 1 кулон создаёт между его обкладками напряжение 1 вольт. | | ***39. Энергия заряженных проводника и конденсатора. Объемная плотность энергии***  ***электрического поля.***  энергия заряженного уединенного проводника составит    Энергия конденсатора. В случае замыкания проводом обкладок заряженного конденсатора в нем возникнет электрический ток и конденсатор разрядится. Электрический ток разряда конденсатора выделит в проводе некоторое количество теплоты, т. е. заряженный конденсатор обладает энергией. | | ***40. Постоянный электрический ток и его характеристики. Закон Ома для однородного и неоднородного участков цепи. Закон Ома для замкнутой цепи. Сопротивление проводников. Закон Джоуля-Ленца.***  Электрическим током называется любое упорядоченное движение электрических зарядов. В проводнике под действием приложенного электрического поля свободные электрические заряды перемещаются: положительные – по полю, отрицательные – против поля, т. е. в проводнике возникает электрический ток, называемый током проводимости.  Для возникновения и существования электрического тока необходимо наличие:  а) свободных носителей заряда, способных перемещаться упорядоченно;  б) электрического поля, энергия которого должна каким-то образом восполняться.  Количественной характеристикой электрического тока служит сила тока. Сила тока – это скалярная физическая величина I, определяемая электрическим зарядом dq, проходящим через поперечное сечение проводника S в единицу времени dt:  Если сила тока и его направление не изменяются во времени, то ток называется постоянным или стационарным. Сила постоянного тока q I t = . Сила постоянного тока во всех сечениях проводника одинакова. Единица силы тока – ампер (1 А = 1 Кл/с). Электрический ток может быть распределен по поверхности, через которую он течет, неравномерно. Для характеристики направления электрического тока в разных точках рассматриваемой поверхности и распределения силы тока по этой поверхности служит вектор плотности тока j . Сила тока сквозь произвольную поверхность определяется как поток вектора плотности тока: | | ***41. Основы классической электронной теории проводимости металлов. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Закон Видемана-Франиэ.***  Положения классической электронной теории проводимости металлов:  1. Высокая проводимость металлов обусловлена огромной концентрацией электронов проводимости металлов  2. Электроны проводимости образуют электронный газ( это обусловлено свойствами идеального одноатомного газа)  3. Электроны проводимости движутся хаотически и упруго сталкиваются с ионами кристаллической решетки металлов  4. Электрический ток в металле возникает под действием электрического поля, которое вызывает упорядоченное движение электронов(дрейф)  5. При соударениях с ионами электроны полностью теряют приобретенную скорость упорядоченного движения  Формула концентрации электронов проводимости:    Средняя длина свободного пробега(соответствует кристаллической решетке):  Кинетическая энергия хаотического движения:  Средняя квадратичная скорость: | | ***42. Магнитное поле. Вектор магнитной индукции. Линии магнитной индукции. Сила Ампера.***  Вокруг движущихся электрических зарядов, проводников с током и постоянных магнитов существует магнитное поле, которое можно обнаружить по его силовому действию на другие движущие электрические заряды, другие проводники с током и другие постоянные магниты  За направление магнитного поля принимается направление магнитной стрелки от S к N    Линиями магнитной индукции называются линии, проведённые в магнитном поле так, что в каждой точке касательная к линиям совпадает с вектором направления магнитной индукции    , где Н-вектор магнитной напряженности | | **43. Закон Био-Савара-Лапласа. Принцип суперпозиции. Магнитное поле прямолинейного проводника с током, в центре и на оси кругового витка с током.**  **Закон Био-Савара-Лапласа**    **Принцип Суперпозиции**  Для магнитного поля справедлив принцип **суперпозиции** магнитных полей: магнитная индукция результирующего магнитного поля в некоторой точке, создаваемого несколькими токами или движущимися зарядами, равна векторной сумме магнитных индукций полей, создаваемых каждым током или движущимися зарядами в данной точке. | |
| , Кл/-плотность заряда  , Кл/-объемная плотность заряда  Взаимодействие электрических зарядов осуществляется посредством электростатического поля.  Напряженность электростатического поля -векторная величина равная отношению вектора силы, действующей на пробный электрический заряд к величине этого заряда.  E=, В/м    Направление вектора направления электростатического поля совпадает по направлению с силой действующей на пробный положительный заряд и противоположно, если заряд отрицательный.  E=  Для изображения электростатического поля используют линии напряженности (или силовые линии)-линии, проведенные в пространстве таким образом, что вектор напряженности электростатического поля направлен по касательной к этим линиям. | 1. Внутреннее трение (вязкость)-это возникновение сил трения между слоями газа или жидкости, перемещающимися || друг к другу с различными скоростями.   Причиной возникновения внутреннего трения является процесс переноса импульса упорядоченного движения молекул от более быстрого слоя к более медленному (из-за хаотичного движения молекул) происходит обмен молекулами между соседними слоями, из-за чего импульс более быстрого слоя уменьшается, а более медленного увеличивается.  dp=-dSdt  []-Па\*с-коэффициент динамической вязкости  F=  F=||S-формула Ньютона для силы внутреннего трения.  D=⅓\*<<V>  ⅓ \*<<V>  =⅓\*<<V>  <>=-средняя длина свободного пробега молекул  -квадрат эффективного диаметра молекул | | ***(-*** молярный объем,  ***-*** поправочный коэффициент для одного моля газа).  Приближенные расчеты показывают, что объем, занятый молекулами (в расчете на одну частицу), равен учетверенному собственному объему одной молекулы. Тогда поправка будет составлять только одну десятитысячную от молярного объема при давлении Па (1 атм), а при давлении 5000 атм поправка составляет уже почти 50% от общего объема газа.  Наличие сил *притяжения* между молекулами приводит к дополнительному “внутреннему” давлению, которое оказывается обратно пропорциональным квадрату молярного объема ***(***= /***) (*** - второй поправочный коэффициент). В результате внешнее давление p, которое необходимо приложить к реальному газу для удержания его в заданном объеме V, уменьшается по сравнению с давлением в случае идеального газа. Это значит, что давление -/, причем свободный объем и давление связаны уравнением Клапейрона-Менделеева: ***=*** RT. Подставляя в это уравнение и +/, получаем приближенное уравнение состояния для одного моля реального газа (=1, индекс m в обозначениях молярного объема и поправок и далее опускаем):  - уравнение Ван-дер-Ваальса. | | **Следствие закона распределения молекул газа в потенциальном поле**  p=  n=  - концентрация частиц в точке пространства, где их П=0  p=nkT  =kT  П=gh  =  **Суперпозиция - твердые частицы, взвешенные в жидкости.**  n=    =  =V()  П=-V()  n= | | Наиболее вероятная скорость**:**  Средняя арифметическая скорость:    Средняя квадратичная скорость: | | 2) Классические частицы    Функции распределения частиц показывает среднее число частиц в одной ячейке фазового пространства.   1. Функция Максвелла - Больцмана: 2. Функция Боза - Эйнштейна: 3. Функция Ферми - Дирака:   μ - химический потенциал. μ = δU/δN.  Определение химического потенциала можно записать в виде    где Е - энергия системы, S - энтропия, N - количество частиц, Р - давление, Т - температура. | |
| не только величиной Е в данный момент, но и предшествующими значениями, т. е. зависят от предыстории диэлектрика (от его предшествующих состояний поляризации).  При циклических изменениях поля зависимость Р от Е изображается кривой (рис. 2.9), называемой петлей гистерезиса.  4. Сегнетоэлектрические свойства сильно зависят от температуры. При температурах, превышающих определенное значение Tk , различное для разных веществ, эти свойства исчезают. При переходе этой температуры имеет место превращение сегнетоэлектрика (фазовый переход) в обычный полярный диэлектрик. Указанная температура называется температурой (или точкой) Кюри (в честь французского физика Пьера Кюри). Например, для титаната бария точка Кюри лежит около 80°С, а для сегнетовой соли существуют две точки Кюри (+22,5°С и –15°С), и сегнетоэлектрические свойства наблюдаются только при температурах, лежащих между этими точками.  5. Экспериментальные и теоретические исследования показали, что поляризация сегнетоэлектриков является следствием взаимодействия всех молекул сегнетоэлектрика, в связи с чем диполи элементарных ячеек кристалла выстраиваются в определенное направление под действием внутреннего электрического поля, созданного соседними молекулами сегнетоэлектрика. При этом образуются самопроизвольно поляризованные области – домены, в пределах которых все диполи ориентированы в одном направлении. Эта спонтанная (самопроизвольная) поляризация соответствует минимуму энергии домена. | хейчу.pngПод *поляризацией* понимают процесс ориентации диполей во внешнем электрическом поле или появление под воздействием внешнего электрического поля ориентированных по полю диполей. Возникающий во всех случаях дипольный момент образца зависит от числа микрочастиц, находящихся в его объеме. Для характеристики степени поляризации диэлектрика вводят физическую величину – *поляризованность* (*вектор поляризации*). *Вектор поляризации* – это векторная физическая величина, численно равная дипольному моменту единицы объема диэлектрика:    Для большого класса электриков (кроме сегнетоэлектриков) поляризованность Р линейно зависит от напряжённости электрического поля:  **бхбхбх.png**, где æ – *диэлектрическая восприимчивость* вещества, которая характеризует свойства диэлектрика. Эта величина безразмерная и  всегда æ > 0.  Для газообразного неполярного диэлектрика диэлектрическая  восприимчивость определяется выражением  æ = *n*α, где α – поляризуемость молекулы;  – концентрация молекул диэлектрика.  Отношение напряженности внешнего поля к напряженности поля внутри диэлектрика определяется выражением  , (31.8)  где ε – *диэлектрическая проницаемость среды*.  *Диэлектрическая проницаемость вещества* ε – это физическая величина, которая показывает, во сколько раз напряженность электрического поля в диэлектрике меньше напряженности электрического поля в вакууме. | | Эту формулу можно представить в ином виде  ааааааа.png  = 2 - 1 – приращение потенциала1 Дж/Кл = 1 В  W = W2 – W1 – изменение потенциальной энергии[W] = 1 Дж  q - заряд, который находится в поле[q] = 1 Кл  *Эквипотенциальная поверхность (линия)* - поверхность равного потенциала. Работа по перемещению заряда вдоль эквипотенциальной поверхности равна нулю.  сука.pngЭлектрическое поле характеризуется двумя физическими величинами: напряженностью (силовая характеристика) и потенциалом (энергетическая характеристика). Выясним как они связаны между собой. Пусть положительный заряд q перемещается силой электрического поля с эквипотенциальной поверхности, имеющей потенциал 0 , на близко расположенную эквипотенциальную поверхность, имеющую потенциал п<0 (рис. 13.16).  Напряженность поля Е на всем малом пути dx можно считать постоянной. Тогда работа перемещения dA = qEdx  С другой стороны dA = qd  . Из этих уравнений получаем  E = - = - grad (13.22)  Знак минус обусловлен тем, что напряженность поля направлена в сторону убывания потенциала, тогда как градиент потенциала направлен в сторону возрастания потенциала. | |  | | Поток вектора напряженности электростатического поля через произвольную замкнутую поверхность равен алгебраической сумме электрических зарядов, находящихся внутри поверхности, деленную на электрическую постоянную.  =  =  =  Дивергенция div=  div=++  div=  Физический смысл теоремы Гаусса  Силовые линии электростатического поля начинаются на положительном электрическом зарядах и заканчиваются на отрицательных зарядах, а если в некотором объеме пространства заряды отсутствуют, то силовые линии пронизывают этот объем не прерываясь.  Применение теоремы Гаусса для расчета напряженности электростатического поля:   1. Поля сферы R заряженной с поверхностной плотностью заряда | | Если заряды распространяются непрерывно  dq=tdl  dq=  dq=  dE=k    dE=k  E= | |
| Аналогично можно сформулировать принцип суперпозиции для напряженности магнитного поля.  Магнитное поле прямолинейного проводника с током, в центре и на оси кругового витка с током. |  | | F=e\*E⇒ a==    (в данном случае v надо заменить на u, т.к. скорость дрейфовая)  𝒯-среднее время свободного пробега электронов в металле  Максимальная скорость под действием электрического поля: Umax=a\*<𝒯>=  <𝒯>=  Umax=  U=\*Umax=  Закон Ома в дифференциальной форме:  Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме: | | **Закон Джоуля – Ленца** в интегральной форме: количество теплоты, выделяемое постоянным электрическим током на участке цепи, равно произведению квадрата силы тока на время его прохождения и электрическое сопротивление этого участка цепи. | |  | | Основным параметром электрического конденсатора является его ёмкость. Простейший плоский конденсатор состоит из двух проводников (обкладок), разделённых между собой диэлектриком.  кон.png  Ёмкость плоского конденсатора находится по формуле  ,где ε0 = 8,85\*10-12 Ф/м – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость диэлектрика, расположенного между обкладками конденсатора, S – площадь обкладки конденсатора, d – расстояние между обкладками.  Помимо плоского существуют также цилиндрические и сферические конденсаторы.  Формула, для расчёта ёмкости уединённого шара: | |