Билет №1

      В основе МКТ строения лежат три утверждения: вещество состоит из частиц; эти частицы беспорядочно движутся; частицы взаимодействуют друг с другом.

Основные положения

1.Вещество состоит из атомов (молекул). Размеры атомов (молекул) очень малы. Число атомов содержащихся в одном моле – число Авагадро NА=6,022·1023. *Моль – количество вещества, в котором содержится столько же атомов и молекул, сколько атомов содержится в углероде массой 0,012 кг.*

*Оценка размеров молекул:* это можно сделать при наблюдении за расплывание капельки масла (оливкового) по поверхности воды. Масло никогда не займет всю поверхность, если сосуд велик. Можно предположить , что при растекании масла по максимальной площади оно образует слой толщиной всего лишь в одну молекулу. Толщину этого слоя нетрудно определить и тем самым оценить размеры молекулы оливкового масла. Массу можно узнать по формуле: m=m0N. Кол-во ве-ва



2.Атомы (молекулы) вещества находятся в непрерывном хаотическом тепловом движении. Наиболее яркое доказательство – броуновское движение (Р. Броун, 1827 г.) мелких частиц,

взвешенных в жидкости, происходящее из-за непрерывных беспорядочных соударений этих частиц с молекулами жидкости. Другой простой экспериментальный факт, доказывающий тепловое движение атомов вещества, это диффузия.

3.Между атомами (молекулами) вещества действуют силы притяжения и отталкивания, зависящие от расстояния между частицами. На далеких расстояниях (превышающих несколько

радиусов молекулы) взаимодействие слабо и носит характер притяжения. С уменьшением расстояния это притяжение сначала несколько возрастает, а затем стремится к нулю. В момент соприкосновения электронных оболочек молекул возникают быстро растущие с уменьшением расстояния силы электростатического отталкивания.

4. строение газов, жидкостей и твердых тел.

**Газ:** Расстояние между отдельными молекулами (атомами) в газах очень велико по сравнению с размерами самих молекул. Поэтому силы притяжения между молекулами в газе пренебрежимо малы. Следовательно, газы могут неограниченно расширяться, занимая любой предоставленный им объем, а значит и легко сжимается.

**Жидкость:** Молекулы в жидкости расположены достаточно близко друг к другу, так что при попытке сжатия жидкости возникают большие силы отталкивания. Отсюда малая сжимаемость жидкостей. Молекулы ведут оседлую жизнь, всреднем она равна 10-11с. Жидкости текучи, т.е. не сохраняют свою форму.

**Твердые тела:** В твердом теле атомы или молекулы могут лишь колебаться вокруг определенных положений равновесия. Поэтому твердые тела сохраняют и форму, и объем. У кристаллических твердых тел центры атомов (молекул) образуют пространственную решетку, в узлах которой находятся атомы вещества. Аморфные твердые тела не обладают жесткой структурой и скорее напоминают застывшие жидкости.

Билет №2

Модель идеального газа

У разреженного газа расстояние между молекулами во много раз превышает их размеры. В этом случае взаимодействие между молекулами пренебрежимо мало и кинетическая энергия молекул много больше потенциальной энергии взаимодействия. Молекулы газа можно рассматривать как очень маленькие твердые шарики. Вместо реального газа, между молекулами которого действуют сложные силы взаимодействия. **Идеальный газ** – это газ, взаимодействие между молекулами которого пренебрежимо мало. Принимается, что при соударениях между собой и со стенками сосуда молекулы такого газа ведут себя как абсолютно упругие шарики конечных, но весьма малых размеров. Эти соударения происходят по законам, справедливым для абсолютно упругого удара. Существующие в действительности газы при не слишком низких температурах и достаточно малых давлениях – **разреженные газы** – по своим свойствам близки к идеальному газу.

**Средний квадрат скорости молекул.** От этой величины зависит средняя кинетическая энергия молекул. Средняя кинетическая энергия молекул имеет очень большое значение во всей молекулярно- кинетической теории. Среднее значение квадрата скорости определяется следующей формулой :



Ур-е МКТ газа:

F- вектор силы, S-площадь, n-концентрация молекул,

v-вектор среднего квадрата скорости, m0 –масса одной молекулы

Билет № 3

Между тремя основными параметрами состояния тела существует связь, называемая – **уравнением состояния идеального газа.** Концентрация газа (1) NA-постоянная Авогадро, m- масса газа, M- молекулярная масса.



Если подставить (1) в произведение постоянной Больцмана на постоянную Авогадро – универсальная газовая постоянная R=8,31Дж/моль К

Оно записывается в форме зависимости *p,V, T* **.** - **уравнение состояния идеального газа**

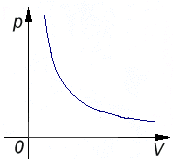


R- универсальная газовая постоянная

**Изопроцессы** – Термодинамические процессы, протекающие в системе с неизменной массой при постоянном значении одного из параметров системы.

**Изотермический процесс** – Процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянной температуре.Для поддержания температуры газа постоянно необходимо, чтобыон мог обмениваться теплотой с большой системой – **термостатом.**

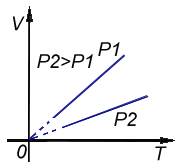
Иначе при сжатии или расширении температура газа будет менятся. Термостатом может служить атмосферный воздух, если температура его заметно не меняется на протяжении всего процесса. **Для газа данной массы произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется**. PV=const при T=const – *закон Бойля-Мариотта.* В термодинамической диаграмме p-V – кривая линия **(Изотерма).**



**Изобарный процесс** - Процесс изменения состояния

термодинамической системы при постоянном давлении.

**Для газа данной массы отношение объема к температуре**



**постоянно, если давление газа не меняется.** при p=const, V=const·T –*закон Гей-Люссака.* Изображается на графике прямой **(Изобара).** Различным



давлениям соответствует разные изобары.

С ростом давления объем газа при постоянной температуре

согласно закону Бойля-Мариотта уменьшается. В области низких

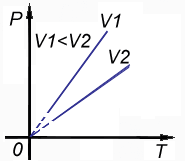
температур все изобары идеального газа сходятся в точке Т=0.

Но это не означает, что объем реального газа действительно обращается в нуль. Все газы при сильном охлаждении превращаются в жидкости, а к жидкостям уравнение состояния идеального газа неприменимо. Изобарным можно считать расширение газа при нагревании его в цилиндре с подвижным поршнем. Постоянство давления в цилиндре обеспечивается атмосферным давлением на внешнюю поверхность поршня.

**Изохронный процесс –** процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном объеме . при V=const p=const·T – *закон Шарля*



Для газа данной массы отношение давления к температуре постоянно, если объем не меняется. В соответствии с уравнением p=const·T все изохоры начинаются в точке Т=0. Значит, давление идеального газа при абсолютном нуле равно нулю. Увеличение давления газа в любой емкости или в электрической лампочке при нагревании является изохорным процессом. Изохорный процесс используется в газовых термометрах постоянного объема. Изображается на графике прямой (Изохора).



Билет № 4

Пусть жидкость занимает часть объема замкнутого сосуда. При любой температуре существует некоторое количество достаточно энергичных молекул внутри жидкости, которые способны разорвать связи с соседними молекулами и вылететь из жидкости. Чем больше температура и при наличии ветра тем быстрее происходит испарение. В то же время в паре, занимающем остальной объем внутри сосуда, всегда найдутся молекулы, которые влетают обратно в жидкость и не могут вылететь обратно. Таким образом, в этом сосуде все время происходят два конкурирующих процесса – испарение и обратная конденсация. **Когда число молекул, покидающих жидкость, становится равным числу молекул, возвращающихся обратно, то наступает динамическое равновесие между жидкой и газообразной фазой, говорят, что пар достиг *насыщения*.**

Пар называется ***ненасыщенным,*** если его давление меньше давления насыщенного при данной температуре.

Давление насыщенного пара существенно зависит от температуры: чем она выше, тем

больше молекул имеют достаточную энергию, чтобы покинуть жидкость, следовательно, должна возрасти и плотность насыщенного пара.

*р*0**=**nkT. **Давление пара *р*0 , при котором жидкость находится в равновесии со своим паром, называется давлением насыщенного пара.** *Давление насыщеного пара растет не только вследствие повышения температуры жидкости, но и вследствие увеличения концентрации молекул пара.*



*AB-от увеличение температуры давление возрастает*

*ВС-при испарении всей жидкости давление при постоянном объеме*

*возрастает прямо пропорционально абсолютной температуре*

**Кипение.** По мере увеличения температуры жидкости интенсивность испарения увеличивается, жидкость начинает кипеть. *При кипении по всему объему жидкости образуются быстро растущие пузырьки пара, которые всплывают на поверхность. Температура кипения жидкости остается постоянной.* Это происходит потому, что вся подводимая к жидкости энергия расходуется на превращение ее в пар.

В жидкости всегда присутствуют растворенные газы, которые выделяются на дне и стенках сосуда, а также на взвешенных в жидкости пылинках. Пары жидкости, которые находятся внутри пузырьков, являются насыщенными. С увеличением температуры давление насыщенных паров возрастает и пузырьки увеличиваются в размерах. Под действием выталкивающей силы они всплывают вверх. Если верхние слои жидкости имеют более низкую температуру, то в этих слоях происходит конденсация пара в пузырьках. Давление стремительно падает, и пузырьки захлопываются. Захлопывание происходит настолько быстро, что стенки пузырька, сталкиваясь, производят нечто вроде взрыва. Множество таких микровзрывов создает характерный шум. Когда жидкость достаточно прогреется, пузырьки перестанут захлопываться и всплывут на поверхность. Жидкость закипит. Перед закипанием чайник почти перестает шуметь.

Зависимость давления насыщенного пара от температуры объясняет, почему температура кипения жидкости зависит от давления на ее поверхность. Пузырек пара может расти, когда давления насыщенного пара внутри его немного превосходит давление в жидкости, которое складывается из давления воздуха на поверхность жидкости (внешнее давление) и гидростатического давления столба жидкости. *Кипение начинается при температуре, при которой давление насыщенного пара в пузырьках сравнивается с давлением в жидкости. Чем больше внешнее давление, тем выше температура кипения, и наоборот, уменьшая внешнее давление- понижается температура кипения.*

У каждой жидкости своя температура кипения, которая зависит от давления насыщенного пара. Ч*ем выше давление насыщенного пара, тем ниже температура кипения* соответствующей жидкости, т.к.*.* при меньших температурах давление насыщенного пара становится равным атмосферному.

**Критическая температура- это температура, при которой исчезают различия в физических свойствах между жидкостью и ее насыщенным паром.** Представление о критической температуре ввел Д. И. Менделеев. При критической температуре плотность и давление насыщенного пара становятся максимальными, а плотность жидкости, находящейся в равновесии с паром, - минимальной. Особое значение критической температуры состоит в том, что при температуре выше критической ни при каких давлениях газ нельзя обратить в жидкость. Газ, имеющий температуру ниже критической, представляет собой ненасыщенный пар.

Влажность воздуха

*Содержание водяного пара в воздухе, т.е. его влажность,* можно характеризовать несколькими величинами.

**Парциальное давление водяного пара.** Атмосферный воздух представляет собой смесь различных газов и водяного пара. Каждый из газов вносит свой вклад в суммарное давление, производимое воздухом на находящиеся в нем тела. **Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называют парциальным давлением водяного пара.** Парциальное давление водяного пара принимают за один из показателей влажности воздуха. Его выражают в единицах давления – паскалях или в миллиметрах ртутного столба.

**Относительная влажность.** По парциальному давлению водяного пара еще нельзя судить о том, насколько водяной пар в данных условиях близок к насыщению. **Относительная влажность** – величина, показывающая, насколько водяной пар при данной температуре близок к насыщению.

Относительной влажностью воздуха называют отношение парциального давления *p* водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению *p0* насыщенного пара при той же температуре, выраженной в процентах:



**Психрометр –** прибор, с помощью которого измеряют влажность воздуха. Он состоит из двух термометров.

     Билет №5

*Кристаллы – это твердые тела, атомы или молекулы которых занимают определенные, упорядоченные положения в пространстве*. Кристаллы по - разному проводят теплоту и ток в различных направлениях. От направления зависят и оптические свойства кристаллов. *Анизотропия – зависимость физических свойств от направления внутри кристалла*. Различаются четыре типа кристаллической решетки: 1). *Ионные кристаллы* – большинство неорганических соединений, например соли, окиси металлов; 2). *Атомные кристаллы* – кристаллические решетки полупроводников, многие органические твердые тела; 3). *Молекулярные кристаллы* – бром, метан, нафталин, парафин, многие твердые органические соединения; 4). *Металлические кристаллы* – металлы. *Твердое тело, состоящее из большого числа маленьких кристаллов, называют* ***поликристаллическими***. Одиночные кристаллы называют ***монокристаллами***. Аморфные тела не имеют определенной формы в своей структуре строения атома или молекулы, не имеют кристаллической решетки, обладают свойством изотропии. *Изотропия – это свойство одинаково передавать тепло, электрический ток по всем направлениям одинаково*. Определенной температуры плавления у аморфных тел нет.

*Деформацией – наз. изменение формы или объема тела.*

Растяните резиновый шнур за концы. Очевидно, участки шнура сместятся друг относительно друга; шнур окажется деформированным — станет длиннее и тоньше. Деформация возникает всегда, когда различные части тела под действием сил перемещаются неодинаково.

Шнур после прекращения действия на него сил возвращается в исходное состояние. *Деформации, которые полностью исчезают после прекращения действия внешних сил, называются упругими.* Кроме резинового шнура, упругие деформации испытывают пружина, стальные шарики при столкновении и т. д.

Теперь сожмите кусочек пластилина. В ваших руках он легко примет любую форму. Первоначальная форма пластилина не восстановится сама собой. *Деформации, которые не исчезают после прекращения действия внешних сил, называются пластическими.*

**Деформация растяжения (сжатия).** Если к однородному стержню, закрепленному одним концом, приложить силу *F* вдоль оси стержня в направлении от этого конца, то стержень подвергнется деформации растяжения. Деформацию растяжения характеризуют *абсолютным удлинением ∆l=l-l0* и *относительным удлинением*



где *l0*—начальная длина, а *l*— конечная длина стержня.

Деформацию растяжения испытывают тросы, канаты, цепи в подъемных устройствах, стяжки между вагонами и т.д.

Если на стержень подействовать силой F, направленной к закрепленному концу, то стержень подвергнется деформации сжатия. В этом случае относительная деформация отрицательна: ε<0.

Деформацию сжатия испытывают столбы, колонны и др.

При растяжении или сжатии изменяется площадь поперечного сечения тела.

**Деформация сдвига.**

*Деформацию, при которой происходит смещение слоев тела друг относительно друга, называют деформацией сдвига.*

Если силу *F* увеличить в 2 раза, то и угол увеличится в 2 раза. Опыты показывают, что при упругих деформациях угол сдвига прямо пропорционален модулю *F* приложенной силы.

Деформациям сдвига подвержены все балки в местах опор, заклепки и болты, скрепляющие детали, и т.д

**Изгиб и кручение.** Более сложными видами деформаций являются изгиб и кручение. Деформацию изгиба испытывает, например, нагруженная балка. Кручение происходит при завертывании болтов, вращении валов машин, сверл и т. д. Эти деформации сводятся к неоднородному растяжению или сжатию и неоднородному сдвигу.

Билет 6.

**Внутренняя энергия** - это энергия движения и взаимодействия частиц, из которых состоит тело .Внутренняя энергия зависит от *температуры тела, его агрегатного состояния, от химических, атомных* и *ядерных реакций.* Она не зависит ни от механического движения тела, ни от положения этого тела относительно других тел. Внутреннюю энергию можно изменить путем совершения работы и теплопередачи. Если над телом совершается работа, то внутренняя энергия тела увеличивается, если же это тело совершает работу, то его внутренняя энергия уменьшается. Виды теплопередачи: *теплопроводность, конвекция* и *излучение.*

**Первый закон термодинамики.**

*Закон сохранения и превращения энергии, распространенный на тепловые явления, носит название первого закона термодинамики.*

***Изменение внутренней энергии системы при переходе ее из одного состояния в другое равно сумме работы внешних сил и количества теплоты, переданного системе:***

∆U=А+Q

Если система изолирована, то над ней не совершается работа (A==0) и она не обменивается теплотой с окружающими телами (Q==0). В этом случае согласно первому закону термодинамики ∆U=U2— U1 или U2=U1. *Внутренняя энергия изолированной системы остается неизменной (сохраняется)* .

Часто вместо работы *А* внешних тел над системой рассматривают работу A' системы над внешними телами. Учитывая, что A'= -A первый закон термодинамики в форме можно записать так:*Q=*∆U+A’

**Количество теплоты, переданное системе, идет на изменение ее внутренней энергии и на совершение системной работы над внешними телами.**

**Изохорный процесс.** При изо хор-ном процессе объем газа не меняется и поэтому работа газа равна нулю. Изменение внутренней энергии согласно уравнению Q=∆U+A’ равно количеству переданной теплоты:

∆U *=Q.* Если газ нагревается, то Q>0 и ∆U >0, его внутренняя энергия увеличивается. При охлаждении газа Q<0 и ∆U=U2— U1<0, изменение внутренней энергии отрицательно и внутренняя энергия газа уменьшается.

**Изотермический процесс.** При изотермическом процессе (T==const) внутренняя энергия идеального газа не меняется. Все переданное газу количество теплоты идет на совершение работы: Q==A'. Если газ получает теплоту (Q>0), то он совершает положительную работу (А'>0). Если, напротив, газ отдает теплоту окружающей среде (термостату), то Q<0 и А'<0. Работа же внешних сил над газом в последнем случае положительна.

**Изобарный процесс.** При изобарном процессе передаваемое газу количество теплоты идет на изменение его внутренней энергии и на совершение им работы при постоянном давлении.

**Адиабатный процесс.**

**Процесс в теплоизолированной системе называют адиабатным.** При адиабатном процессе Q=0 и согласно уравнению ∆U=А+Q изменение внутренней энергии происходит только за счет совершения работы: ∆U=А

Нельзя окружить систему оболочкой, абсолютно не допускающей теплопередачу. Но в ряде случаев можно считать реальные процессы очень близкими к адиабатным. Для этого они должны протекать достаточно быстро, так, чтобы за время процесса не произошло заметного теплообмена между системой и окружающими телами.

**Билет№7**

**Принципы действия тепловых двигателей.**

Для того чтобы двигатель совершал работу, необходима разность давлений по обе стороны поршня двигателя или лопастей турбины. Во всех тепловых двигателях эта разность давлений достигается за счет повышения температуры рабочего тела на сотни или тысячи градусов по сравнению с температурой окружающей среды. Такое повышение температуры происходит при сгорании топлива

Рабочим телом у всех тепловыхдвигателей является газ, который совершает работу при расширении. Обозначим начальную температуру рабочего тела (газа) через *t1.*

В двигателях внутреннего сгорания и газовых турбинах повышение температуры происходит при сгорании топлива внутри самого двигателя. *Температуру Т1 называют температурой нагревателя.*

**Коэффициент полезного действия (КПД) теплового двигателя.** Невозможность полного превращения внутренней энергии газа в работу тепловых двигателей обусловлена необратимостью процессов в природе. Если бы теплота могла самопроизвольно возвращаться от холодильника к нагревателю, то внутренняя энергия могла бы быть полностью превращена в полезную работу с помощью любого теплового двигателя.

Согласно закону сохранения энергии работа, совершаемая двигателем, равна:

A'=|Ql|-|Q2|

где Q1 — количество теплоты, полученное от нагревателя, a Q2 —количество теплоты, отданное холодильнику.

*Коэффициентом полезного действия теплового двигателя называют отношение работы А', совершаемой двигателем, к количеству теплоты, полученному от нагревателя:*



КПД теплового двигателя меньше единицы. При *Т1—Т2=0* двигатель не может работать.

**Максимальное значение КПД тепловых двигателей.** Законы термодинамики позволяют вычислить максимально возможный КПД теплового двигателя, работающего с нагревателем, имеющим температуру *Т1,* и холодильником с температурой *Т2.* Впервые это сделал французский инженер и ученый Сади Карно .

Карно придумал идеальную тепловую машину с идеальным газом в качестве рабочего тела. Он получил для КПД этой машины следующее значение:



Как и следовало ожидать, КПД машины Карно прямо

пропорционален разности абсолютных температур нагревателя и холодильника.

Главное значение этой формулы состоит в том, как доказал Карно, что любая *реальная тепловая машина, работающая с нагревателем, имеющим температуру Т1, и холодильником с температурой Т2 не может иметь КПД, превышающий КПД идеальной тепловой машины.*

При температуре холодильника, равной абсолютному нулю, η=1

**Тепловые двигатели и охрана природы.** Повсеместное применение тепловых двигателей с целью получения удобной для использования энергии связано с воздействием на

окружающую среду. Согласно законам термодинамики производство электрической и механической энергии в принципе не может быть осуществлено без отвода в окружающую среду значительного количества теплоты, что должно привести к постепенному повышению средней температуры на Земле. Сейчас мощность двигателей в целом составляет около 1010 кВт. Когда эта мощность достигнет 3\*1012 кВт, то средняя температура повысится примерно на один градус. Дальнейшее повышение температуры может создать угрозу таяния ледников и катастрофического повышения уровня Мирового океана. Кроме того, на Земле может возникнуть “паровой эффект”.

Применение паровых турбин на электростанциях требует больших площадей под пруды для охлаждения отработанного пара.

**Охрана:** Необходимо повышать эффективность сооружений, препятствующих выбросу в атмосферу вредных веществ, добиваться более полного сгорания топлива в автомобильных двигателях. Уже сейчас не допускаются к эксплуатации автомобили с повышенным содержанием СО в отработанных газах. Создают электромобили, способние конкурировать с обычными, и возможность применения горючего без вредных веществ в отработанных газах, например в двигателях, работающих на смеси водорода с кислородом.

Билет№8

**Электризация тел и ее применение в технике.** Значительная электризация происходит при трении синтетических тканей. Снимая нейлоновую рубашку в сухом воздухе, можно слышать характерное потрескивание. Между заряженными участками трущихся поверхностей проскакивают маленькие искорки. С подобными явлениями приходится считаться на производстве. Так, нити пряжи на текстильных фабриках электризуются за счет трения, притягиваются к веретенам и роликам и рвутся. Электризация тел при тесном контакте используется в электрокопировальных установках типа «Ксерокс» и др.<

Опыт с электризацией пластин доказывает, что при электризации трением происходит перераспределение имеющихся зарядов между телами, нейтральными в первый момент. Небольшая часть электронов переходит с одного тела на другое. При этом новые частицы не возникают, а существовавшие ранее не исчезают. При электризации тел выполняется *закон сохранения электрического заряда.* Этот закон для *замкнутой системы.* ***В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной.*** Если заряды частиц обозначить через *q1 ,* *q*2 и т.д., то

*q1 ,* +*q*2 *+q3* +…+*q*n = const

Справедливость закона сохранения заряда подтверждают наблюдения над огромным числом превращений элементарных частиц. Этот закон выражает одно из самых фундаментальных свойств электрического заряда. Причина сохранения заряда до сих пор неизвестна.

**Закон Кулона.** Опыты Кулона привели к установлению закона поразительно напоминающего закон всемирного тяготения. ***Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей заряда и обратно пропорциональна квадрату расстояние между ними.*** Эту силу называют *кулоновской.*

Если обозначить модули зарядов через |*q1|* и |*q2*|*,* а расстояние между ними через r, то закон Кулона можно записать в следующей форме:



где *k —* коэффициент пропорциональности, численно равный силе взаимодействия единичных зарядов на расстоянии, равном единице длины. Его значение зависит от выбора системы единиц.

Билет№9

**Электрическое поле.**

Электрическое поле существует реально; его свойства можно исследовать опытным путем. Неизвестно из чего оно состоит.

Дом состоит из кирпичей, плит и других материалов, которые в свою очередь состоят из молекул, молекулы — из атомов, атомы — из элементарных частиц. Более же простых образований, чем элементарные частицы, мы не знаем. Так же обстоит дело и с электрическим полем, ничего более простого, чем поле, мы не знаем. Поэтому о природе электрического поля мы можем сказать лишь следующее:

во-первых, поле материально; оно существует независимо от нас, от наших знаний о нем;

во-вторых, **поле обладает определенными свойствами***.*

**Основные свойства электрического поля.** *Главное свойство электрического поля — действие его на электрические заряды с некоторой силой.*

*Электрическое поле неподвижных зарядов называют электростатическим. Оно не меняется со временем. Электростатическое поле создается только электрическими зарядами.* **Напряженность электрического поля.** Электрическое поле обнаруживается по силам, действующим на заряд.

Если поочередно помещать в одну и ту же точку поля небольшие заряженные тела и измерять силы, то обнаружится, что сила, действующая на заряд со стороны поля, прямо

пропорциональная этому заряду. Действительно, пусть поле создается точечным зарядом *q1.* Согласно закону Кулона на заряд *q2* действует сила, пропорциональная заряду *q2.* Поэтому *отношение силы, действующей на помещаемый в данную точку поля заряд, к этому заряду для каждой точки поля не зависит от заряда и может рассматриваться как характеристика поля.* Эту характеристику называют *напряженностью электрического поля.* Подобно силе, напряженность поля—*векторная величина;* ее обозначают буквой *Е.* Если помещенный в поле заряд обозначить через *q* вместо *q2 то* напряженность будет равна:



**Напряженность поля равна отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду.**



Отсюда сила, действующая на заряд *q* со стороны электрического поля, равна:

Напряженность поля в единицах СИ можно выразить, в ньютонах на кулон (Н/Кл).

**Принцип суперпозиции полей.**

Если на тело действует несколько сил, то согласно законам механики результирующая сила равна геометрической сумме сил:



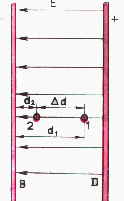
На электрические заряды действуют силы со стороны электрического поля. Если при наложении полей от нескольких зарядов эти поля не оказывают никакого влияния друг на друга, то результирующая сила со стороны всех полей должна быть равна геометрической сумме сил со стороны каждого поля. Опыт показывает, что именно так и происходит на самом деле. Это означает, что напряженности полей складываются геометрически.

В этом состоит *принцип суперпозиции полей* который формулируется так: **если в данной точке пространства различные заряженные частицы создают электрические поля, напряженности которых и т. д., то результирующая напряженность поля в этой точке равна:**



**Билет № 10**

**Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле.** Однородное поле создают, например, большие металлические пластины, имеющие заряды противоположного знака. Это поле действует на заряд с постоянной силой *F=qE.*



Пусть пластины расположены вертикально левая пластина *В* заряжена отрицательно,

а правая *D —* положительно. Вычислим работу, совершаемую полем при

перемещении положительного заряда *q* из точки 1, находящейся на расстоянии *d1*

от пластины *В,* в точку 2, расположенную на расстоянии *d2<d1*от той же пластины.

Точки *1* и *2* лежат на одной силовой линии. На участке пути *∆d=d1—d2* электрическое

поле совершит положительную работу: *A=qE(d1—d2).* Эта работа не зависит от формы

траектории.

**Потенциалом электростатического поля называют отношение**



**потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду.**

Согласно данному определению потенциал равен:

**(Разность потенциалов.** Подобно потенциальной энергии, значение потенциала в данной



точке зависит от выбора нулевого уровня для отсчета потенциала. Практическое значение

имеет не сам потенциал в точке, а *изменение потенциала,* которое не зависит от выбора

*нулевого уровня отсчета потенциала.*

Так как потенциальная энергия *Wp=qφ* то работа равна:

Разность потенциалов равен:



Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду. P*азность потенциалов между двумя точками равна единице, если при перемещении заряда в* 1 Кл *из одной точки в другую электрическое поле совершает работу в 1* Дж. Эту единицу называют вольтом (В).

Билет №11

**Электроемкость.** Э*лектроемкость* *физическая величина, характеризующая способность двух проводников накапливать электрический заряд.* Эту величину *называют.*

*Напряжение между двумя проводниками пропорционально электрическим зарядам, которые находятся на проводниках*. Если заряды удвоить, то напряженность электрического поля станет в 2 раза больше, следовательно, в 2 раза увеличится и работа, совершаемая полем при перемещении заряда, т. е. в 2 раза увеличится напряжение. Поэтому *отношение заряда одного из проводников* *к разности потенциалов между этим проводником и соседним не зависит от заряда. Оно определяется геометрическими размерами проводников, их формой и взаимным расположением, а также электрическими свойствами окружающей среды (диэлектрической проницаемостью ε*). Это позволяет ввести понятие электроемкости двух проводников.

Электроемкостью двух проводников называют отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между этим проводником и соседним:



*Иногда говорят об электроемкости одного проводника. Это имеет*

*смысл, если проводник является уединенным, т. е. расположен на большом по сравнению с его размерами расстоянии от других проводников. Так говорят, например, о емкости проводящего шара. При этом подразумевается, что роль другого проводника играют удаленные предметы, расположенные вокруг шара.*

*Электроемкость двух проводников равна единице, если при сообщении им зарядов* ±1 Кл *между ними возникает разность потенциалов* 1 В. *Эту единицу называют фарад* (Ф);

1 Ф=1 Кл/В.

**Конденсатор.** Большой электроемкостью обладают системы из двух проводников, называемые *конденсаторами.* **Конденсатор представляет собой два проводника, разделенные слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников.** Проводники в этом случае называются *обкладками конденсатора.*

Простейший плоский конденсатор состоит из двух одинаковых параллельных пластин, находящихся на малом расстоянии друг от друга. Если заряды пластин одинаковы по модулю и противоположны по знаку, то силовые линии электрического поля начинаются на положительно заряженной обкладке конденсатора и оканчиваются на отрицательно заряженной.

*Поэтому почти все электрическое поле сосредоточено внутри конденсатора.*

*У сферического конденсатора, состоящего из двух концентрических сфер, все поле сосредоточено между ними.* Электроемкость конденсатора определяется формулой



**Энергия заряженного конденсатора.** Для того чтобы зарядить конденсатор, нужно совершить работу по разделению положительных и отрицательных зарядов. Согласно закону

сохранения энергии эта работа равна энергии конденсатора. Энергия конденсатора превращается в другие формы: тепловую, световую.



Формула энергии плоского конденсатора.

**Применение конденсаторов.** Энергия конденсатора обычно не очень велика — не более сотен джоулей. К тому же она не сохраняется долго из-за неизбежной утечки заряда. Поэтому заряженные конденсаторы не могут заменить, например, аккумуляторы в качестве источников электрической энергии.

Они имеют одно и свойство: конденсаторы могут накапливать энергию более или менее длительное время, а при pазрядке через цепь малого coпpoтивления они отдают энергию почти мгновенно Именно это свойство используются широко на практике.

Лампа-вспышка, применяемая в фотографии, питается электрическим током разряда конденсатор.

Билет №12

При движении заряженных частиц в проводнике происходит перенос электрического заряда с одного места в другое. Однако если заряженные частицы совершают беспорядочное тепловое движение, как, например, *свободные электроны в металле,* то переноса заряда не происходит. Электрический заряд перемещается через поперечное сечение проводника лишь в том случае, если наряду с беспорядочным движением электроны участвуют в упорядоченном д*ви*жении.

**Электрическим током называют упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.**

Электрический ток возникает при упорядоченном перемещении свободных электронов или ионов. Если перемещать нейтральное в целом тело, то, несмотря на упорядоченное движение огромного числа электронов и атомных ядер, электрический ток не возникнет. Полный заряд, переносимый через любое сечение проводника, будет при этом равным нулю, так как заряды разных знаков перемещаются с одинаковой средней скоростью.

Электрический ток имеет определенное направление. *За направление тока принимают направление движения положительно заряженных частиц.* Если ток образован движением отрицательно заряженных частиц, то направление тока считают противоположным направлению движения частиц.

**Сила тока -** *физическая величина, определяющая величину электрического заряда, перемещаемого в единицу времени через поперечное сечение повода*



Если сила тока со временем не меняется, то ток называют постоянным.

*Сила тока, подобно заряду,— величина скалярная.* Она может быть как *положительной,* так и *отрицательной.* Знак силы тока зависит от того, какое из направлений вдоль проводника принять за положительное. Cила тока I>0, если направление тока совпадает с условно выбранным положительным направлением вдоль проводника. В противном случае I<0.

Сила тока зависит от заряда, переносимого каждой частицей, концентрации частиц, скорости их направленного движения и площади поперечного сечения проводника. Измеряется в (А).

**Для возникновения и существования постоянного электрического тока в веществе необходимо, во-первых, наличие свободных заряженых** частиц. Если положительные и отрицательные заряды связаны друг с другом в атомах или молекулах, то их перемещение не приведет к появлению электрического тока.

**Для создания и поддержания упорядоченного движения заряженных частиц необходима, во-вторых, сила, действующая на них в определенном направлении.** Если эта сила перестанет действовать, то упорядоченное движение заряженных частиц прекратится из-за сопротивления, оказываемого их движению ионами кристаллической решетки металлов или нейтральными молекулами электролитов.

На заряженные частицы, как мы знаем, действует электрическое поле с силой *F=qE.* **Обычно именно электрическое поле внутри проводника служит причиной, вызывающей и поддерживающей упорядоченное движение заряженных частиц.** Только в статическом случае, когда заряды покоятся, электрическое поле внутри проводника равно нулю.

**Если внутри проводника имеется электрическое поле, то между концами проводника существует разность потенциалов. *Когда разность потенциалов не меняется во времени, то в проводнике устанавливается постоянный электрический ток***

**Закон Ома.** Наиболее простой вид имеет вольт-амперная характеристика металлических проводников и растворов электролитов. Впервые (для металлов) ее установил немецкий ученый Георг Ом, поэтому зависимость силы тока от напряжения носит название *закона Ома.*

***Закон Ома для участка цепи: сила тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению:***



Доказать экспериментально справедливость закона Ома трудно.

**Сопротивление.** *Основная электрическая характеристика проводника — сопротивление.* От этой величины зависит сила тока в проводнике при заданном напряжении. Сопротивление проводника представляет собой как бы меру противодействия проводника установлению в нем электрического тока. С помощью закона Ома можно определить сопротивление проводника:



Для этого нужно измерить напряжение и силу тока.

*Сопротивление зависит от материала проводника и его геометрических размеров.* Сопротивление проводника длиной l с постоянной площадью поперечного сечения S равно:



где р — величина, зависящая от рода вещества и его состояния (от температуры в первую очередь). Величину р называют *удельным сопротивлением проводника.* Удельное сопротивление *численно равно сопротивлению проводника, имеющего форму куба с ребром* 1 м, *если ток направлен вдоль нормали к двум противоположным граням куба.*

*Проводник имеет сопротивление* 1 Ом, *если при разности потенциалов* 1 В *сила тока в нем* 1 А.

*Единицей удельного сопротивления является* 1 Ом-м.

***Последовательное соединение проводников***. При последовательном соединении электрическая цепь не имеет разветвлений. Все проводники включают в цепь поочередно друг **за** другом.

Сила тока в обоих проводниках одинакова, т.е. I1=I2=I так как в проводниках электрический заряд в случае постоянного тока не накапливается и через любое поперечное сечение проводника за определенное время проходит один итот же заряд.

Напряжение на концах рассматриваемого участка цепи складывается из напряжений на первом и втором проводниках: U=U1+U2

Полное сопротивление всего участка цепи при последовательном соединении равно: R=R1+ R1

**Работа тока.**

эта работа равна: A=IU∆t

*Работа тока на участке цепи равна произведению силы тока, напряжения и времени, в течение которого совершалась работа.*

Нагревание происходит, если сопротивление провода высокое

**Мощность тока.** Любой электрический прибор (лампа, электродвигатель) рассчитан на потребление определенной энергии в единицу времени. *Мощность тока равна отношению работы тока за время* ∆t *к этому интервалу времени.* Согласно этому определению



**Билет №13**

**Электродвижущая сила**

**Электродвижущая сила в замкнутом контуре представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:**



Электродвижущую силу выражают в вольтах.

*Электродвижущая сила гальванического элемента* есть работа сторонних

сил при перемещении единичного положительного заряда внутри элемента от одного полюса к другому.

*Сопротивление источника часто называют внутренним сопротивлением в отличие от внешнего сопротивления R цепи.* В генераторе r *—* это сопротивление обмоток, а в гальваническом элементе — сопротивление раствора электролита и электродов. Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и *полное сопротивление R+r цепи.*

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи часто называют *падением напряжения на этом участке.* Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжений на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи.



Обычно закон Ома для замкнутой цепи записывают в форме

***Сила тока в полной цепи равна отношению ЭДС цепи к ее полному сопротивлению.***

Сила тока зависит от трех величин: ЭДС ε, сопротивлений *R* и r внешнего и внутреннего участков цепи. Внутреннее сопротивление источника тока не оказывает заметного влияния на силу тока, если оно мало по сравнению с сопротивлением внешней части цепи (R>>r). При этом напряжение на зажимах источника приблизительно равно ЭДС:

*U=IR≈ε.*

При коротком замыкании, когда R→0, сила тока в цепи определяется именно внутренним сопротивлением источника и при электродвижущей силе в несколько вольт может оказаться очень большой, если r мало (например, у аккумулятора r*≈*0,1—0,001 Ом). Провода могут расплавиться, а сам источник выйти из строя.

Если цепь содержит несколько

последовательно соединенных элементов с ЭДС *ε1*, *ε*2, *ε*3 и т.д., *то полная ЭДС цепи равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.*

Если при обходе цепи переходят от отрицательного полюса источника к положительному, то ЭДС >0.

Билет № 13

**Взаимодействия между проводниками с током, т. е. взаимодействия между движущимися электрическими зарядами, называют магнитными. Силы, с которыми проводники с током действуют друг на друга, называют магнитными силами.**

**Магнитное поле.** Согласно теории близкодействия ток в одном из проводников не может *непосредственно* действовать на ток в другом проводнике.

В пространстве, окружающем неподвижные электрические заряды, возникает электрическое поле, *в пространстве, окружающем токи, возникает поле, называемое магнитным.*

Электрический ток в одном из проводников создает вокруг себя магнитное поле, которое действует на ток во втором проводнике. А поле, созданное электрическим током второго проводника, действует на первый.

**Магнитное поле представляет собой особую форму материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися электрически заряженными частицами.**

Свойства магнитного поля:

1. *Магнитное поле порождается электрическим током (движущимися зарядами)*.

2. *Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток (движущиеся заряды).*

*Подобно электрическому полю, магнитное поле существует реально, независимо от нас, от наших знаний о нем.*

**Магнитная индукция – способность магнитного поля оказывать силовое действие на проводник с током (векторная величина).** Измеряется в Тл.

За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле. Это направление совпадает с направлением положительной нормали к замкнутому контуру с током.

Направление вектора магнитной индукции устанавливают с *помощью правиле буравчика:*

если направление поступательного движения буравчика совпадает с направлением тока в проводнике, то направление вращения ручки буравчика совпадает с направлением вектора магнитной индукции.

**Линии магнитной** **индукции**.

*Линия, в любой точке которой вектор магнитной индукции направлен по касательной* **– линии магнитной индукции.** Однородное поле – параллельные линии, неоднородное поле – кривыми линиями. Чем больше линий, тем больше сила этого поля. *Поля с замкнутыми силовыми линиями* **называют вихревыми.** Магнитное поле - вихревое поле.

**Магнитный поток.** –величина равная произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь и на косинус угла между вектором и нормалью к поверхности.



**Сила Ампера** равна произведения вектора магнитной индукции на силу тока, длину участка проводника и на синус угла между магнитной индукцией и участком проводника.



*Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называю силой Лоренца.* Эту силу можно найти с помощью закона Ампера.

Модуль силы Лоренца равен отношению модуля силы F, действующей на участок проводника длиной 🛆l, к числу *N* заряженных частиц, упорядочение движущихся на этом участке проводника:



Направление с помощью правила левой руки: **Если левую руку расположить так, чтобы составляющая магнитной индукции *В,* перпендикулярная скорости заряда, входила в ладонь, а четыре пальца были направлены по движению положительного заряда (против движения отрицательного), то отогнутый на 90° большой палец покажет направление действующей на заряд силы Лоренца.**

*Так как сила Лоренца перпендикулярна скорости частицы, то. она не совершает работу.*

Силу Ампера применяют в громкоговарителях, динамиках.

Принцип работы: По катушке протекает переменный электрический ток с частотой, равной звуковой частоте от микрофона или с выхода радиоприемника. Под действием силы Ампера катушка колеблется вдоль оси громкоговорителя в такт с колебаниями тока. Эти колебания передаются диафрагме, и поверхность диафрагмы излучает звуковые волны.

Силу Лоренца *применяют в телевизорах, масс-спектограф.*

Принцип работы: Вакуумная камера прибора помещена в магнитное поле. Ускоренные электрическим полем заряженные частицы (электроны или ионы), описав дугу, попадают на фотопластинку, где оставляют след, позволяющий с большой точностью измерить радиус траектории*.* По этому радиусу определяется удельный заряд иона. Зная же заряд иона, легко определить его массу.

**Билет № 15**

**Экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах.** Экспериментальное доказательство того, что проводимость металлов обусловлена движением свободных электронов, было дано в опытах Л. И. Мандельштама и Н. Д. Папалекси .

На катушку наматывают проволоку, концы которой припаивают к двум металлическим дискам, изолированным друг от друга. К концам дисков при помощи скользящих контактов присоединяют гальванометр.

Катушку приводят в быстрое движение, а затем резко останавливают. После резкой остановки катушки свободные заряженные частицы некоторое время движутся относительно проводника по инерции, и, следовательно, в катушке возникнет электрический ток. Ток существует незначительное время, так как из-за сопротивления проводника заряженные частицы тормозятся и упорядоченное движение частиц, образующее ток, прекращается.

Направление тока говорит о том, что он создается движением отрицательно заряженных частиц.

Если пропустить ток от аккумулятора через стальную спираль, а затем начать нагревать ее в пламени горелки, то амперметр покажет уменьшение силы тока. Это означает, что с изменением температуры сопротивление проводника меняется.

Если при температуре, равной 0° С, сопротивление проводника равно *Ro,* а при температуре t оно равно R, то относительное изменение сопротивления, как показывает опыт, прямо пропорционально изменению температуры *t:*



Коэффициент пропорциональности α называют *температурным коэффициентом сопротивления. Он характеризует зависимость сопротивления вещества от температуры.* **Температурный коэффициент сопротивления численно равен относительному изменению сопротивления проводника при нагревании на 1 К.** Для всех металлических проводников α>0 и незначительно меняется с изменением температуры. У чистых металлов .



*У растворов электролитов сопротивление с ростом температуры не увеличивается, а уменьшается.* Зависимость удельного сопротивления от от температуры:



*В* 1911 г. голландский физик Камерлинг-Оннес открыл замечательное явление — *сверхпроводимость.* Он обнаружил, что при охлаждении ртути в жидком гелии ее сопротивление сначала меняется постепенно, а затем при температуре 4,1 К очень резко падает до нуля. Это явление было названо **сверхпроводимостью**.

Сверхпроводимость наблюдается при очень низких температурах — около 25 К.

Если в кольцевом проводнике, находящемся в сверхпроводящем состоянии, создать ток, а затем устранить источник электрического тока, то сила этого тока не меняется сколь угодно долго. В обычном же несверхпроводящем проводнике электрический ток в этом случае прекращается.

Сверхпроводники находят широкое применение. Так, сооружают мощные электромагниты со сверхпроводящей обмоткой, которые создают магнитное поле на протяжении длительных интервалов времени без затрат энергии. Ведь *выделения теплоты в сверхпроводящей обмотке не происходит.*

Однако получить сколь угодно сильное магнитное поле с помощью сверхпроводящего магнита нельзя. *Очень сильное магнитное поле разрушает сверхпроводящее состояние.* Такое поле может быть создано током в самом сверхпроводнике. Поэтому для каждого проводника в сверхпроводящем состоянии существует критическое значение силы тока, превзойти которое, не нарушая сверхпроводящего состояния, нельзя.

Билет №16

Жидкости, как и твердые тела, могут быть диэлектриками, проводниками и полупроводниками. К числу диэлектриков относится дистиллированная вода, к проводникам — растворы и расплавы электролитов: кислот, щелочей и солей. Жидкими полупроводниками являются расплавленный селен, расплавы сульфидов и др.

**Электролитическая диссоциация.**

При растворении электролитов под влиянием электрического поля полярных молекул воды происходит распад молекул электролитов на ионы. *Этот процесс называется электролитической диссоциацией.*

*Степень диссоциации,* т. е. доля молекул в растворенном веществе, распавшихся на ионы, зависит от температуры, концентрации раствора и диэлектрической проницаемости е растворителя. С увеличением температуры степень диссоциации возрастает и, следовательно, увеличивается концентрация положительно и отрицательно заряженных ионов.

Ионы разных знаков при встрече могут снова объединиться в нейтральные молекулы — *рекомбинировать.* При неизменных условиях в растворе устанавливается динамическое равновесие, при котором число молекул, распадающихся за секунду на ионы, равно числу пар ионов, которые за то же время вновь объединяются в нейтральные молекулы.

**Ионная проводимость.** Носителями заряда в водных растворах или расплавах электролитов являются положительно и отрицательно заряженные ионы.

Если сосуд с раствором электролита включить в электрическую цепь, то отрицательные ионы начнут двигаться к положительному электроду — аноду, а положительные — к отрицательному — катоду. В результате установится электрический ток. Поскольку *перенос заряда в водных растворах или расплавах электролитов осуществляется ионами, такую проводимость называют ионной.*

**Электролиз.** При ионной проводимости прохождение тока связано с переносом вещества. На электродах происходит выделение веществ, входящих в состав электролитов. На аноде отрицательно заряженные ионы отдают свои лишние электроны, а на катоде положительные ионы получают недостающие электроны. *Процесс выделения на электроде вещества, связанный с окислительно-восстановительными реакциями, называют электролизом.*

Очевидно, что масса выделившегося вещества равна произведению массы одного иона m0j на число ионов Nj, достигших электрода за время Δt: m= m0j Nj.Масса иона



где *М —* молярная (или атомная) масса вещества, а



Число ионов, достигших электрода, равно:

***Закона электролиза Фарадея.*** масса вещества выделившегося на электроде за .время Δt при прохождении электрического тока, пропорциональна силе тока и времени.



**Применения электролиза.**

Электролитическим путем покрывают поверхность одного металла тонким слоем другого *{никелирование, хромирование, омеднение* и т. п.). Это прочное покрытие защищает поверхность от коррозии.

В полиграфической промышленности такие копии (стереотипы) получают с матриц (оттиск набора на пластичном материале), для чего осаждают на матрицах толстый слои железа или другого материала. Это позволяет воспроизвести набор в нужном количестве экземпляров.

*При помощи электролиза осуществляют очистку металлов от примесей.* Так, полученную из руды неочищенную медь отливают в форме толстых листов, которые затем помещают в ванну в качестве анодов. При электролизе медь анода растворяется, примеси, содержащие ценные и редкие металлы, выпадают на дно, а на катоде оседает чистая медь.

Билет№17

Наиболее отчетливо полупроводники отличаются от проводников характером зависимости электропроводимости от температуры. Измерения показывают, что у ряда элементов (кремний, германий, селен и др.) удельное сопротивление с увеличением температуры не растет, как у металлов, а наоборот, чрезвычайно резко уменьшается. Такие вещества и называют *полупроводниками.*

**Дырочная проводимость.** При разрыве связи образуется вакантное место с недостающим электроном. Его называют *дыркой.* В дырке имеется избыточный положительный заряд по сравнению с остальными. Один из электронов, обеспечивающих связь

атомов, перескакивает на место образовавшейся дырки и восстанавливает здесь парноэлектронную связь, а там, откуда перескочил этот электрон, образуется новая дырка. Таким образом, дырка может перемещаться по всему кристаллу.

Полупроводники обладают не только электронной, но и дырочной проводимостью-

*собственной проводимостью полупроводников.*

Собственная проводимость полупроводников обычно невелика, так как мало число свободных электронов. Число свободных электронов составляет примерно о у десятимиллиардную часть от общего числа атомов.

Существенная особенность полупроводников состоит в том, что в них при наличии примесей наряду с собственной проводимостью возникает дополнительная — *примесная проводимость.* Изменяя концентрацию примеси, можно значительно изменять число носителей заряда того или иного знака. Благодаря этому можно создавать полупроводники с преимущественной концентрацией либо отрицательно, либо положительно заряженных носителей.

Применение:

**Полупроводниковый диод –** применяется для выпрямления электрического тока в радиосхемах. В p-n переходе носители заряда образуются при введении в кристалл акцепторной или донорской примеси. Здесь отпадает необходимость использования источника энергии для получения свободных носителей заряда. Экономия энергии получается значительной. Полупроводниковые выпрямители более миниатюрны, чем электронные лампы. Радиоустройства на полупроводниках намного компактнее. Полупроводниковые элементы используются на искусственных спутниках Земли, космических кораблях, электронно-вычислительных машинах. Полупроводниковые диоды изготовляют из германия, кремния, селена и др. веществ. Они обладают высокой надежностью и имеют большой срок службы, но ограничены интервалом температур от –70 до 125 градусов С.

**Транзисторы.** Заменяют электронные лампы во многих электрических цепях научной, промышленной и бытовой аппаратуры. Портативные радиоприемники, использующие такие приборы, в обиходе называют транзисторами. Преимущество : отсутствие накаленного катода, потребляющего значительную мощность и требующего времени для его разогрева. Транзисторы в десятки и сотни раз меньше по размерам и массе, чем электронные лампы. Работают при более низких напряжениях. Недостатки те же, что и у полупроводниковых диодов.

**Термисторы.** Один из самых простых полупроводниковых приборов. Выпускаются в виде стержней, трубок, дисков, шайб и бусинок размером от микрометров до нескольких сантиметров. Термисторы применяются для дистанционного измерения температуры, противопожарной сигнализации и т.д. Диапазон измеряемых температур большинства термисторов лежит от 170 до 570 К. Существуют термисторы для измерения очень высоких до1300 и очень низких 4-80 К температур.

**Фоторезисторы (фотосопротивления).** Электрическая проводимость полупроводников повышается не только при нагревании, но и при освещении. Данный эффект наблюдается и при неизменной температуре. Фоторезисторы - приборы, в которых используют фотоэлектрический эффект в полупроводниках. Миниатюрность и высокая чувствительность фоторезисторов позволяют использовать их в самых различных областях науки и техники для регистрации и измерения слабых световых потоков. С помощью фоторезисторов определяют качество поверхностей, контролируют размеры изделий и т.д.

Билет№18

Откачивая газ из сосуда, можно дойти до такой его концентрации, при которой молекулы успевают пролететь от одной стенки сосуда к другой, ни разу не испытав соударении друг с другом. Такое состояние газа в трубке называют *вакуумом.*

Проводимость межэлектронного промежутка в вакууме можно обеспечить только с помощью введения в трубку источника заряженных частиц.

**Термоэлектронная эмиссия.** Чаще всего действие такого источника заряженных частиц основано *на свойстве тел, нагретых до высокой температуры, испускать электроны. Этот процесс называется термоэлектронной эмиссией.* Его можно рассматривать как испарение электронов с поверхности металла. У многих твердых веществ термоэлектронная эмиссия начинается при температурах, при которых испарение самого вещества еще не происходит. Такие вещества и используются для изготовления катодов.

**Односторонняя проводимость.** Явление термоэлектронной эмиссии приводит к тому, что нагретый металлический электрод в отличие от холодного непрерывно испускает электроны. Электроны образуют вокруг электрода *электронное облако.* Электрод при этом заряжается положительно, и под влиянием электрического поля заряженного облака электроны из облака частично возвращаются на электрод.

В равновесном состоянии число электронов, покинувших электрод в секунду, равно числу электронов, возвратившихся на электрод за это время. Чем выше температура металла, тем выше плотность электронного облака.

Различие между горячим и холодным электродами, впаянными в сосуд, из которого откачан воздух, приводит к односторонней проводимости электрического тока между ними.

При подключении электродов к источнику тока между ними возникает электрическое поле. Если положительный полюс источника тока соединен с холодным электродом (анодом), а отрицательный — с нагретым (катодом), то напряженность электрического поля направлена к нагретому электроду. Под действием этого поля электроны частично покидают электронное облако и движутся к холодному электроду. Электрическая цепь замыкается, и в ней устанавливается электрический ток. При противоположном включении источника напряженность поля направлена от нагретого электрода к холодному. Электрическое поле отталкивает электроны облака назад к нагретому электроду. Цепь оказывается разомкнутой.

**Диод.** Односторонняя проводимость используется в электронных приборах с двумя электродами — *вакуумных диодах.*

Устройство современного вакуумного диода (электронной лампы) таково. Внутри баллона из стекла или металлокерамики, из которого откачан воздух до давления 10~6— 10~7 мм рт. ст., размещены два электрода (рис. 173, *а).* Один из них— катод — имеет вид вертикального металлического цилиндра, покрываемого обычно слоем оксидов щелочноземельных металлов, например бария, стронция, кальция. Такой катод называют оксидным.

При нагревании поверхность ок-сидного катода выделяет гораздо больше электронов, чем поверхность катода из чистого металла. Внутри катода расположен изолированный проводник, нагреваемый переменным током. Нагретый катод испускает электроны, достигающие анода, если анод имеет более высокий потенциал, чем катод.

**Свойства электронных пучков и их применение.**

*При торможении быстрых электронов, попадающих на вещество, возникает рентгеновское излучение. Некоторые вещества* (стекло, суль фиды цинка и кадмия), *бомбардируемые\* электронами, светятся.* В настоящее. время среди материалов этого типа (люминофоров') применяются такие, у которых в световую энергию превращается до 25% энергии электронного пучка.

*Электронные пучки отклоняются электрическим полем.* Например, проходя между пластинами конденсатора, электроны отклоняются от отрицательно заряженной пластины к положительно заряженной (рис. 177).

*Электронный пучок отклоняется также в магнитном поле.* Пролетая над северным полюсом магнита, электроны отклоняются влево, а пролетая над южным, отклоняются вправо (рис. 178). Отклонение электронных потоков, идущих от Солнца, в магнитном поле Земли приводит к тому, что свечение газов верхних слоев атмосферы (полярные сияния) наблюдается только у полюсов.

Возможность управления электронным пучком с помощью электрического или магнитного полей и свечение покрытого люминофором экрана под действием пучка применяют в электронно-лучевой трубке.

**Электронно-лучевая трубка.** Электронно-лучевая трубка — основной элемент телевизора и осциллографа\*— прибора для исследования быстропеременных процессов в электрических цепях (рис. 179).

Устройство электронно-лучевой трубки показано на рисунке 180 Трубка представляет собой вакуумный баллон, одна из стенок которого служит экраном. В узком конце трубки помещен источник быстрых электронов — *электронная пушка* (рис. 181). Она состоит из катода, управляющего электрода и анода (чаще несколько анодов располагаются друг за» другом). Электроны испускаются нагретым оксидным слоем с торца цилиндрического катода С, окруженного теплозащитным экраном //. Далее они проходят через отверстие в цилиндрическом управляющем электроде *В* (он регулирует число электронов в пучке). Каждый анод ai и Л 2 состоит из дисков с небольшими отверстиями. Эти диски вставлены в металлические цилиндры. Между первым анодом и катодом создается разность потенциалов в сотни и даже тысячи вольт. Сильное электрическое поле ускоряет электроны, и они приобретают большую скорость. Форма, расположение и потенциалы анодов выбраны так, чтобы наряду с ускорением электронов осуществлялась и фокусировка электронного пучка, т. е. уменьшение площади поперечного сечения пучка на экране почти до точки.

На пути к экрану пучок последовательно проходит между двумя парами управляющих пластин, подобных пластинам плоского конденсатора (см. рис. 180). Если электрического поля между пластинами нет, то пучок не отклоняется и светящаяся точка располагается в центре экрана. При сообщении разности потенциалов вертикально расположенным пластинам пучок смещается в горизонтальном направлении, а при сообщении разности потенциалов горизонтальным пластинам он смещается в вертикальном направлении.

Одновременное использование двух пар пластин позволяет перемещать светящуюся точку по экрану в любом направлении. Так как масса электронов очень мала, то они почти мгновенно реагируют на изменение разности потенциалов управляющих пластин.

В электронно-лучевой трубке, применяемой в телевизоре (так называемом кинескопе), управление пучком, созданным электронной пушкой, осуществляется с помощью магнитного поля. Это поле создают катушки, надетые на горловину трубки (рис. 182).

**Билет №19**

**Электрический разряд в газе.**

Возьмем электрометр с присоединенными, к нему дисками плоского конденсатора и зарядим его. При комнатной температуре, если воздух достаточно сухой, конденсатор заметно не разряжается. Это показывает, что электрический ток, вызываемый разностью потенциалов в воздухе между дисками, очень мал. Следовательно, электрическая проводимость воздуха при комнатной температуре мала и его можно считать диэлектриком.

Теперь нагреем воздух между дисками горящей спичкой. Заметим, что стрелка электрометра быстро приближается к нулю, значит, конденсатор разряжается. Следовательно, нагретый газ является проводником и в нем устанавливается электрический ток.

**Процесс протекания электрического тока через газ называют газовым разрядом.**

**Ионизация газов.** Мы видели, что при комнатной температуре воздух очень плохой проводник. При

нагревании проводимость воздуха возрастает. Увеличение проводимости воздуха можно вызвать .и иными способами, например действием излучений: ультрафиолетового, рентгеновского, радиоактивного и др.

*При обычных условиях газы почти полностью состоят из нейтральных атомов или молекул* и, следовательно, *являются диэлектриками.* Вследствие нагревания или воздействия излучением часть атомов *ионизуется —* распадается на положительно заряженные ионы и электроны. В газе могут образовываться и отрицательные ионы, которые появляются благодаря присоединению электронов к нейтральным атомам.

Ионизация газов при нагревании объясняется тем, что по мере нагревания молекулы движутся быстрее. При этом некоторые молекулы начинают двигаться так быстро, что *часть из них при столкновениях распадается, превращаясь в ионы.* Чем выше температура, тем больше образуется ионов.

**Проводимость газов.** Механизм проводимости газов похож на механизм проводимости растворов и расплавов электролитов. Разница состоит в том, что *отрицательный заряд переносится* в основном не отрицательными ионами, как в водных растворах или расплавах электролитов, а электронами.

**Несамостоятельный разряд.** Для исследования разряда в газе при различных давлениях удобно использовать стеклянную трубку с двумя электродами.

Пусть с помощью какого-либо ионизатора в газе образуется в секунду определенное число пар заряженных частиц: положительных ионов и электронов.

При небольшой разности потенциалов между электродами трубки положительно заряженные ионы перемещаются к отрицательному электроду, а электроны и отрицательно заряженные ионы — к положительному электроду. В результате *в трубке возникает электрический ток, т. е. происходит газовый разряд.*

Не все образующиеся ионы достигают электродов; часть их воссоединяется с электронами, образуя нейтральные молекулы газа. По мере увеличения разности потенциалов между электродами трубки доля заряженных частиц, достигающих электродов, увеличивается. Возрастает и сила тока в цепи. Наконец, наступает момент, при котором все заряженные частицы, образующиеся в газе за секунду, достигают за это время электродов. При этом дальнейшего роста тока не происходит. Ток, как говорят, достигает *насыщения. Если действие ионизатора прекратить, то прекратится и разряд,* так как других источников ионов нет. По этой причине *разряд называют несамостоятельным разрядом.*

**Самостоятельный разряд.**

Опыт показывает, что в газах при увеличении разности потенциалов между электродами, начиная с некоторого значения, сила тока снова возрастает. Это означает, что в газе появляются дополнительные ионы сверх тех, которые образуются за счет действия ионизатора. Сила тока может возрасти в сотни и тысячи

раз, а число ионов, возникающих в процессе разряда, может стать таким большим, что внешний ионизатор будет уже не нужен для- поддержания разряда. *Если убрать внешний ионизатор, то разряд не прекратится.* Так как разряд не нуждается для своего поддержания во внешнем ионизаторе, *его называют самостоятельным разрядом.*

**Тлеющий разряд.** При низких в трубке наблюдается *тлеющий разряд.* Для возбуждения тлеющего разряда достаточно напряжения между электродами в несколько сотен вольт. При тлеющем разряде почти вся трубка, за исключением небольшого участка возле катода, заполнена однородным свечением, называемым положительным столбом.

Тлеющий разряд используют в трубках для реклам. Положительный столб в аргоне имеет синевато-зеленоватый цвет.

**Электрическая дуга.** При соприкосновении двух угольных стержней

в месте их контакта из-за большого сопротивления выделяется большое количество теплоты. Температура повышается настолько, что начинается термоэлектронная эмиссия. Вследствие этого при раздвижении угольных электродов между ними начинается разряд. Между углями возникает столб ярко светящегося газа—*электрическая дуга* (рис. 193). Проводимость газа в этом случае значительна и при атмосферном давлении, так как число электронов, испускаемых отрицательным электродом, очень велико.

Если увеличивать силу тока при тлеющем разряде, то температура катода за счет бомбардировки ионами увеличится настолько, что начнется дуговой разряд. Таким образом, для возникновения дугового разряда не обязательно предварительное сближение электродов.

Дуговой разряд — мощный источник света, его используют в прожекторах.

**Другие типы самостоятельного разряда.** При атмосферном давлении вблизи заостренных участков проводника, несущего большой электрический заряд, наблюдается газовый разряд, светящаяся область которого напоминает корону. Этот разряд, называемый *коронным,* вызывается высокой (около 3\*106 В/м) напряженностью электрического поля вблизи заряженного острия.

При очень низких температурах все вещества находятся в твердом состоянии. Нагревание вызывает переход вещества из твердого состояния в жидкое. Дальнейшее повышение температуры приводит к превращению жидкости в газ.

При достаточно больших температурах начинается ионизация газа за счет столкновений быстро движущихся атомов или молекул. Вещество переходит в новое состояние,

называемое *плазмой. Плазма—это частично или полностью ионизованный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов практически совпадают.*

**Свойства плазмы.**

1. Из-за большой подвижности заряженные частицы плазмы легко перемещаются под действием электрических и магнитных полей.
2. Между частицами плазмы действуют кулоновские силы, сравнительно медленно убывающие с расстоянием.
3. Каждая частица взаимодействует сразу с большим количеством окружающих частиц. Частицы плазмы могут участвовать в упорядоченных движениях.
4. Проводимость плазмы увеличивается по мере роста степени ионизации. При высокой температуре проводимость плазмы приближается к сверхпроводникам.

**Билет №20**

**1 Магнитная проницаемость.** Постоянные магниты могут быть изготовлены лишь из немногих веществ, но все вещества, помещенные в магнитное поле, намагничиваются, т. е. сами создают магнитное поле. Благодаря этому вектор магнитной индукции В *в* однородной среде отличается от вектора *Во* в той же точке пространства в вакууме.

*Отношение* *характеризующее магнитные свойства среды, получило название магнитной*



*проницаемости среды.*



В однородной среде магнитная индукция равна: где μ *—* магнитная проницаемость данной среды.

**Магнитные свойства любого тела определяются замкнутыми электрическими токами внутри него.**

Парамагнетиками называются вещества, которые создают слабое магнитное поле, по направлению совпадающее с внешним полем. Магнитная проницаемость наиболее сильных парамагнетиков мало отличается от единицы: 1,00036- у платины и 1,00034- у жидкого кислорода. Диамагнетиками называются вещества, которые создают поле, ослабляющее внешнее магнитное поле. Диамагнитными свойствами обладают серебро, свинец, кварц. Магнитная проницаемость диамагнетиков отличается от единицы не более чем на десятитысячные доли.

**Ферромагнетики и их применение.** Вставляя железный или стальной сердечник в катушку, можно во много раз усилить создаваемое ею магнитное поле, не увеличивая силу тока в катушке. Это экономит электроэнергию. Сердечники трансформаторов, генераторов, электродвигателей и т. д. изготовляют из ферромагнетиков.

При выключении внешнего магнитного поля ферромагнетик остается намагниченным, т. е. создает магнитное поле в окружающем пространстве. Упорядоченная ориентация элементарных токов не исчезает при выключении внешнего магнитного поля. *Благодаря этому существуют постоянные магниты.*

Постоянные магниты находят широкое применение в электроизмерительных приборах, громкоговорителях и телефонах, звукозаписывающих аппаратах, магнитных компасах и т. д.

Большое применение получили ферриты — ферромагнитные материалы, не проводящие электрического тока. Они представляют собой химические соединения оксидов железа с оксидами других веществ. Первый из известных людям ферромагнитных материалов—магнитный железняк — является ферритом.

**I Температура Кюри.** При температуре, большей некоторой определенной для данного ферромагнетика, ферромагнитные свойства его исчезают. Эту температуру называют *температурой Кюри.* Если сильно нагреть намагниченный гвоздь, то он потеряет способность притягивать к себе железные предметы. Температура Кюри для железа 753 °С, для никеля 365 °С, а для кобальта 1000°С. Существуют ферромагнитные сплавы, у которых температура Кюри меньше 100°С.