



# *Электроматериаловедение*

*Классификация  
электротехнических материалов*

# Общие сведения о строении вещества

Основные элементарные частицы:

- **нейтроны**
- **электроны**
- **протоны**

Строение атома:

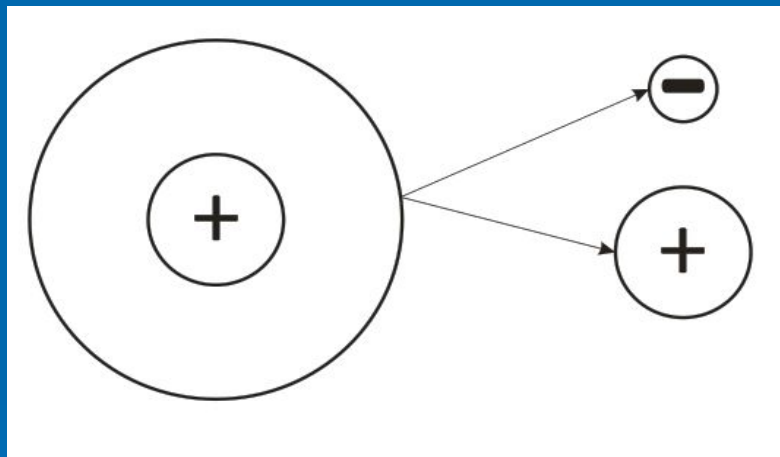
- **атомное ядро**: нейтроны, протоны
- **оболочка атома**: на разных энергетических уровнях (орбитах) находятся **электроны**.

Для перехода электрона с одного уровня на другой требуется энергия: тепло, свет, ультрафиолетовое и другие излучения, электрическое или магнитное поле.

# Состояние атома(молекулы)

- **нормальное (устойчивое):** электроны находятся на орбитах, ближайших к ядру (потенциальная энергия атома минимальна);
- **возбужденное:** переход одного или нескольких электронов на более удаленные от ядра орбиты.
- **ионизация атома(молекулы):** образование двух независимых (свободных) частиц – электрона и положительно заряженного иона.

При получении молекулой извне энергии, достаточной для выхода электрона из молекулы, происходит распад молекулы (*ионизация*).



При столкновении электрона с положительно заряженным ионом образуется молекула (*рекомбинация*).



**Энергия возбуждения ( $W_{\text{в}}$ )** – разница энергий электрона на удаленной и нормальной орбитах.

Время пребывания атома (молекулы) в возбужденном состоянии составляет примерно  **$10^{-10}$  с.** Возвращение атома в нормальное состояние происходит самопроизвольно и сопровождается излучением кванта энергии – **фотона**.

Энергия, которую необходимо сообщить атому (молекуле) для осуществления ионизации, называется **энергией ионизации ( $W_{\text{и}}$ )**  
Единицей измерения энергии возбуждения и ионизации является **электрон – вольт (эВ)**.

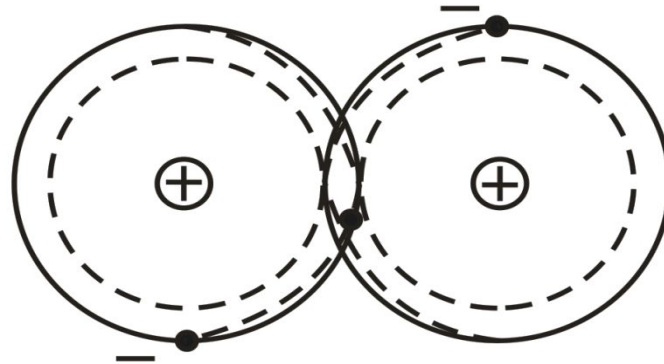
# Минимальные энергии возбуждения и ионизации некоторых газов

Газ	Минимальная энергия, эВ	
	возбуждения ( $W_B$ )	ионизации ( $W_{и}$ )
$N_2$	6,1	15,5
$N$	6,3	14,5
$O_2$	7,9	12,5
$O$	9,1	13,6
$O_2$	7,6	12,7
$He$	19,8	24,6

Одновременно с ионизацией атомов и молекул газа происходит процесс взаимной нейтрализации заряженных частиц – рекомбинация.

# Виды химических связей

**Ковалентная связь** возникает при обобществлении электронов двумя соседними атомами.

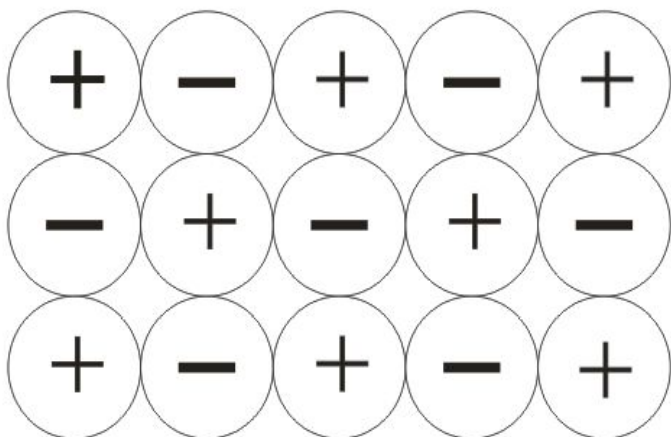


Молекулы, в которых центры одинаковых по величине положительных и отрицательных зарядов совпадают, являются **неполярными**.

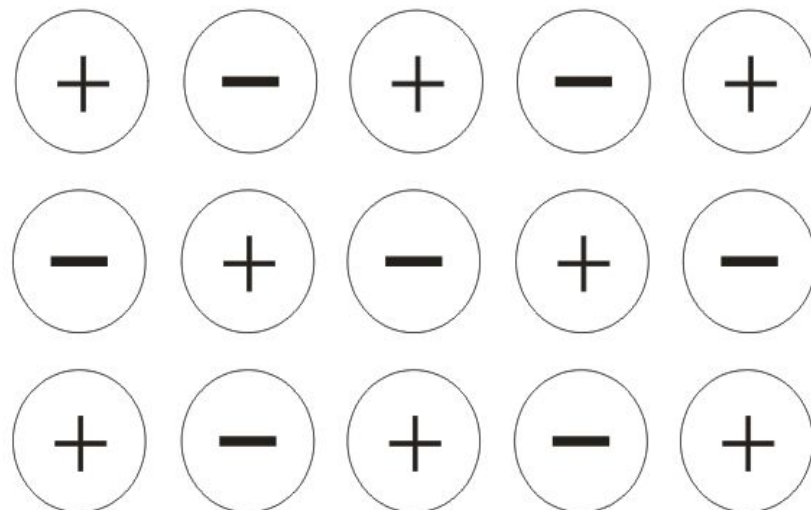
Если центры противоположенных по знаку зарядов не совпадают и находятся на некотором расстоянии друг от друга, то молекулы называются **полярными** или **диполями**.

**Ионная связь** определяется силами притяжения между положительными и отрицательными ионами.

**Твердые вещества ионной структуры** характеризуются повышенной **механической прочностью**, относительно **высокой температурой плавления**.



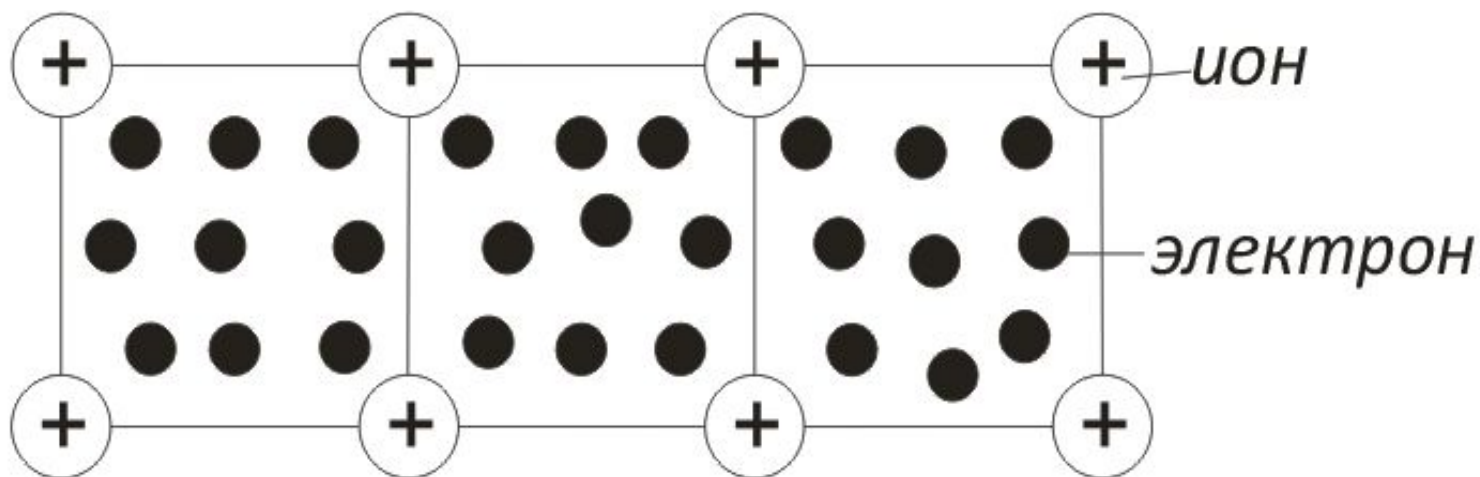
*с плотной упаковкой ионов*



*с неплотной упаковкой ионов*



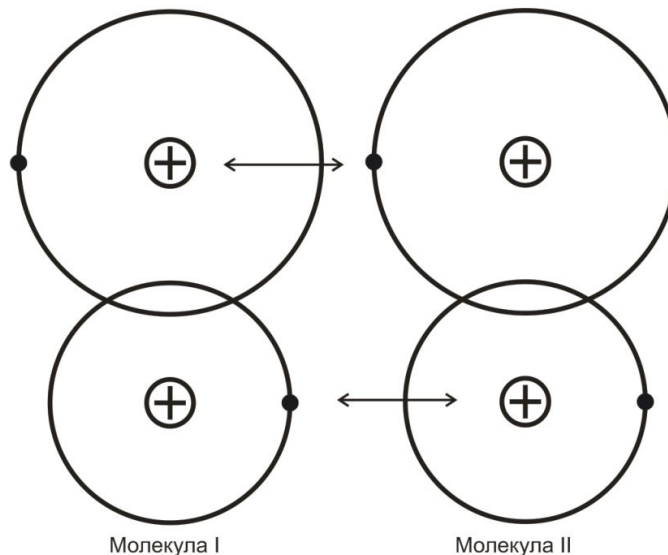
**Металлическая связь** приводит к образованию твердых кристаллических тел, в узлах решетки которых расположены **положительно заряженные ионы**, а в междоузлиях – большое число **свободных электронов**.



Наличие **свободных электронов** обуславливает **высокую электропроводность и теплопроводность** металлов.

**Молекулярная связь** (связь Ван-дер-Ваальса) образуется между молекулами с **ковалентными внутримолекулярными связями**.

Межмолекулярное притяжение обуславливается согласованным движением валентных электронов соседних молекул.



В любой момент времени электроны **максимально удалены друг от друга** и **максимально приближены к положительным зарядам**.

# Структура материалов

Микроструктура – характер упорядоченности элементарных частиц: атомов, ионов, молекул.

Кристаллическая структура – упорядоченное расположение элементарных частиц.

Аморфная структура - хаотичное расположение элементарных частиц.

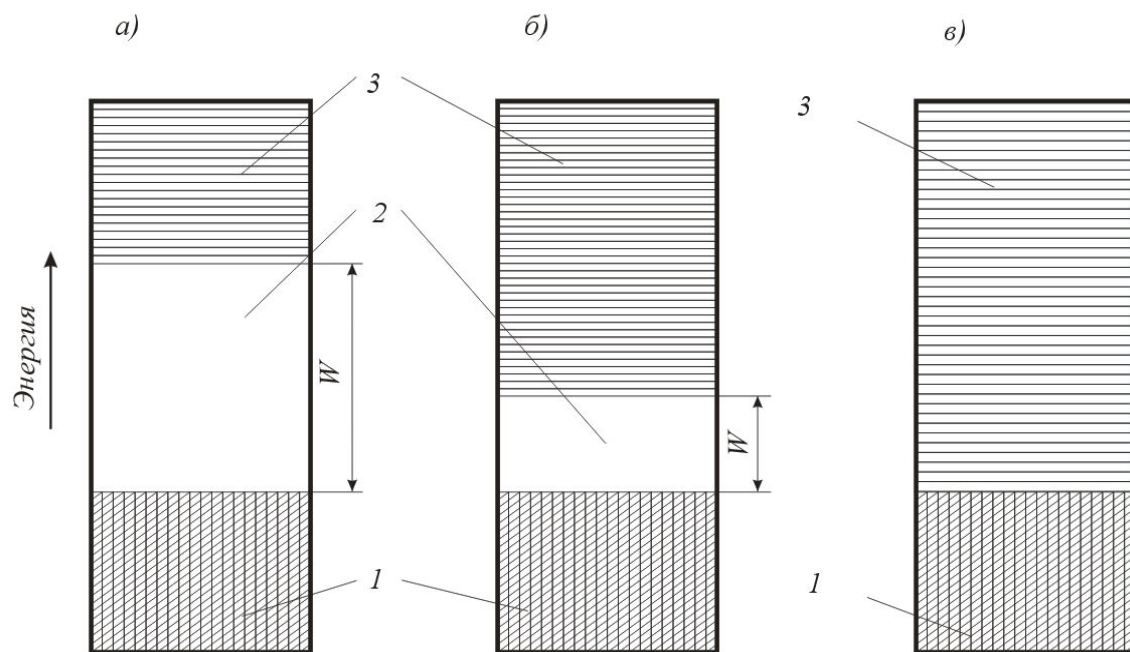
Макроструктура – характер формирования отдельных областей в материалах, которые имеют специфические свойства:

- *доменная структура;*
- *пористая структура;*
- *слоистая структура;*
- *волокнистая структура.*

# Классификация электротехнических материалов по электрическим свойствам

По способности проводить электрический ток все материалы делятся на:

- **проводники;**
- **полупроводники,**
- **диэлектрики.**



- 1 - Заполненная электронами зона;  
2 - запрещенная зона;  
3 - зона свободных энергетических уровней

**Диэлектрики** - это материалы, у которых запрещенная зона настолько велика, что электронной электропроводности в обычных условиях не наблюдается.

**Полупроводники** - это материалы с узкой запрещенной зоной, которая может быть преодолена за счет внешних энергетических воздействий.

**Проводники** – это материалы, у которых заполненная электронами зона вплотную прилегает к зоне свободных энергетических уровней или даже перекрывается ею.

Наименование материала	$\rho$ , Ом/м	Число порядков
проводники	$10^{-8} \div 10^{-5}$	3
полупроводники	$10^{-6} \div 10^{+8}$	14
диэлектрики	$10^{+7} \div 10^{+22}$	15

# Классификация материалов по магнитным свойствам

## Слабوماгнитные

## Сильномагнитные

### диамагнетики

### парамагнетики

### ферромагнетики

### ферриты

$$\mu_r < 1$$

$$\mu_r > 1$$

$$\mu_r \gg 1, \mu_r = f(H)$$

- водород,

кислород,

железо,

сплавы

- инертные газы,

алюминий,

никель,

хрома и

- медь,

платина,

кобальт

марганца

- цинк ,

щелочные

и их сплавы

- серебро,

металлы,

- золото.

соли железа

# Классификация диэлектриков

## По назначению:

### ▣ **изоляционные материалы:**

диэлектрики с  $\rho > 10^{12}$  Ом м при  $t = 20^{\circ}\text{C}$ ;

### ▣ **для заполнения конденсаторов:**

чем больше диэлектрическая проницаемость ( $\epsilon$ ), тем больше емкость конденсатора ( $C$ ) при тех же самых размерах;

### ▣ **активные диэлектрики** для изготовления:

- миниатюрных радиоконденсаторов;
- варикондов (переменная емкость, зависит от величины приложенного напряжения);
- терморезисторов (позисторов), сопротивление которых зависит от температуры. Позисторы используются как датчики температуры.

### по агрегатному состоянию:

- газы;
- жидкие диэлектрики;
- твердые диэлектрики;
- твердеющие (лаки, компаунды)

### по химическому составу:

- неорганические;
- органические

### по строению (структуре):

- молекулярной структуры(все газы, все жидкие диэлектрики, некоторые твердые диэлектрики);
- **неполярные**: все газы, трансформаторное масло, полиэтилен, фторопласт-4 и другие;
- **полярные**: хлорированные дифенилы, целлюлоза, поливинилхлорид и другие.



- ▣ **ионной структуры** (твердые диэлектрики):
  - с **плотной** упаковкой ионов: кварц, слюда, корунд, рутил, каменная соль и другие;
  - с **неплотной** упаковкой ионов: неорганические стекла, фарфор, микалекс и другие.
- ▣ **доменной структуры** (сегнетоэлектрики): сегнетова соль, титанат бария и другие.

## Названия некоторых материалов

<b>по химическому составу</b>	<b>фирменное или торговое</b>
хлорированный дифенил	совол (Россия) делор(Чехия) аскарел(США)
шестифтористая сера	элегаз (электрический газ)
политетрафторэтилен	фторлон-4(Россия) тефлон(все остальные страны)
полиметилметакрилат	оргстекло

Сокращение названий синтетических изоляционных материалов:

- **Эскапон** (синтетический каучук Пономарева, созданный им в 1939г.)
- **Лавсан** (лаборатория высокомолекулярных соединений академии наук)