



# Неметаллы. Аллотропия.

Куцапкина Людмила Васильевна  
учитель химии ГБОУ гимназии № 343  
Невского района Санкт-Петербурга

# Положение неметаллов в ПС Д.И. Менделеева.

- Неметаллы расположены в правом верхнем углу ПС (вдоль и над диагональю В-Ат).
- Всего 22 элемента- неметалла в Периодической системе
- Элементы-неметаллы располагаются только в главных подгруппах ПС.

# Особенности атомного строения

## элементов-неметаллов.

Для атомов-неметаллов характерно:

1. Небольшой атомный радиус ( в сравнении с радиусами атомов-металлов одного с ними периода).
2. Больше число электронов на внешнем уровне (4-8), исключения Н, He, В.
3. Происходит заполнение электронами только внешнего энергетического уровня.
4. Для элементов-неметаллов характерны высокие значения электроотрицательности.

# Характеристика простых веществ- неметаллов.

Для неметаллов - простых веществ более характерно различие свойствах (физических и химических), чем их общность. Разнообразие свойств неметаллов объясняется, тем, что неметаллы могут иметь два типа кристаллической решетки: молекулярную (все газы, белый фосфор, сера, йод) и атомную (бор, кристаллический кремний, алмаз, графит). Для сравнения – металлы имеют металлическую кристаллическую решетку.

# Физические свойства простых веществ – неметаллов.

- Для неметаллов (простых веществ) характерны все 3 агрегатных состояния при обычных условиях (сравнить – все металлы, кроме ртути, в обычных условиях твердые вещества)
- Твердые вещества: различные модификации серы, йод кристаллический, графит, фосфор, уголь активированный, кристаллический или аморфный кремний, бор (единственное жидкое при обычных условиях простое вещество – это бром).
- Газообразные вещества – неметаллы – это  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $F_2$ .

- Для неметаллов характерна разнообразная цветовая гамма: белый, черный, красный фосфор, красно-бурый бром, желтая сера, фиолетовый йод, черный графит, алмазы разного цвета, бесцветный – кислород, азот, водород (тогда как абсолютное большинство металлов имеют серебристо-белый цвет).
- Температуры плавления: от  $3800^{\circ}\text{C}$  (графит) до  $-210^{\circ}\text{C}$  (азот). Для сравнения – металлы: от  $3380^{\circ}\text{C}$  (вольфрам) до  $-38,9^{\circ}\text{C}$  (ртуть).
- Некоторые неметаллы электропроводны (графит, кремний), имеют металлический блеск (йод, графит, кремний). По этим признакам напоминают металлы, но все они – хрупкие вещества.

# Аллотропия.

- Среди неметаллов распространено явление аллотропии. Один элемент может образовывать несколько простых веществ.

## **Причины аллотропии:**

- Разные типы кристаллических решеток (белый фосфор  $P_4$  – молекулярная, красный фосфор  $P$  – атомная).
- Разная структура кристаллической решетки (алмаз – тетраэдрическая, графит – слоистая).
- Разный состав молекул аллотропных модификаций ( $O_2$  и  $O_3$ ).

## Кислород $O_2$ и озон $O_3$

Кислород- газ, без цвета, вкуса и запаха, плохо растворим в воде, в жидком состоянии светло-голубой, в твердом – синий.

Озон- светло-синий газ, темно-голубая жидкость, в твердом состоянии темно-фиолетовый, имеет сильный запах, в 10 раз лучше, чем кислород, растворим в воде.



# Сера

## Физические свойства:

Сера- твердое кристаллическое вещество желтого цвета.

В воде нерастворима, водой не смачивается (на поверхности воды плавает - «флотация»),  
 $t^{\circ}_{\text{кип}} = 445^{\circ}\text{C}$

3 НЕМЕТАЛЛЫ  
СЕРА. АЛЛОТРОПИЯ

**СЕРА В ПРИРОДЕ**

- Самородная сера
- Пирит  $\text{FeS}_2$
- Халькопирит  $\text{CuFeS}_2$
- Киноварь  $\text{HgS}$

**АЛЛОТРОПНЫЕ ВИДОИЗМЕНЕНИЯ СЕРЫ**

- Моноклинная сера
- Ромбическая сера
- Пластическая сера
- Пары серы ( $\text{S}_2$ )

95,6 °C

119 °C

445 °C

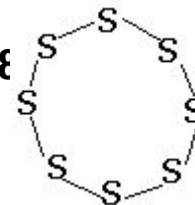
108°

108°

ХИМИЯ

## Ромбическая (a - сера) - $S_8$

$t_{\text{пл.}}^{\circ} = 113^{\circ}\text{C}$ ;  $\rho = 2,07 \text{ г/см}^3$ . Наиболее устойчивая модификация.



## Моноклинная (b - сера) -

$S_8$

темно-желтые иглы,

$\rho = 1,96 \text{ г/см}^3$ .

при температуре более  $96^{\circ}\text{C}$ ; при обычных условиях превращается в ромбическую.

## Пластическая

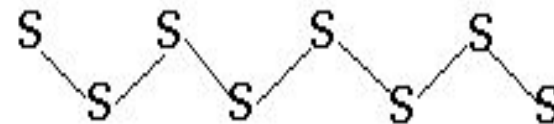
$S_n$

коричневая резиноподобная

(аморфная) масса. Неустойчива, при затвердевании превращается в ромбическую.

$t_{\text{пл.}}^{\circ} = 119$

Устойчивая



# Фосфор

Элементарный фосфор в обычных условиях представляет собой несколько устойчивых аллотропических модификаций; вопрос аллотропии фосфора сложен и до конца не решён. Обычно выделяют четыре модификации простого вещества — **белый, красный, чёрный** и **металлический** фосфор. Иногда их ещё называют главными аллотропными модификациями, подразумевая при этом, что все остальные являются разновидностью указанных четырёх. В обычных условиях существует только три аллотропических модификации фосфора, а в условиях сверхвысоких давлений — также металлическая форма. Все модификации различаются по цвету, плотности и другим физическим характеристикам; заметна тенденция к резкому убыванию химической активности при переходе от белого к металлическому фосфору и нарастанию металлических свойств.

# Биологическая роль соединений фосфора

Фосфор присутствует в живых клетках в виде орто- и пирофосфорной кислот, входит в состав нуклеотидов, нуклеиновых кислот, фосфопротеидов, фосфолипидов, коферментов, ферментов. Кости человека состоят из гидроксиапатита  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}(\text{OH})_2$ . В состав зубной эмали входит фторапатит. Основную роль в превращениях соединений фосфора в организме человека и животных играет печень. Обмен фосфорных соединений регулируется гормонами и витамином D. Суточная потребность человека в фосфоре 800—1500 мг. При недостатке фосфора в организме развиваются различные заболевания костей.

Белый, красный, чёрный и металлический  
фосфор



# Белый фосфор

Белый фосфор представляет собой белое вещество (из-за примесей может иметь желтоватый оттенок). По внешнему виду он очень похож на очищенный воск или парафин, легко режется ножом и деформируется от небольших усилий.

Белый фосфор имеет молекулярное строение; формула  $P_4$ .

Химически белый фосфор чрезвычайно активен, медленно окисляется кислородом воздуха уже при комнатной температуре и светится (бледно-зелёное свечение) ; ядовит.

Открыт гамбургским алхимиком Хеннигом Брандом в 1669 году

# Красный фосфор

Красный фосфор имеет формулу  $P_n$  и представляет собой полимер со сложной структурой.

Имеет оттенки от пурпурно-красного до фиолетового, а в литом состоянии - тёмно-фиолетовый с медным оттенком, имеет металлический блеск.

Химическая активность красного фосфора значительно ниже, чем у белого; ему присуща исключительно малая растворимость.

Ядовитость его в тысячи раз меньше, чем у белого.

Получен в 1847 году в Швеции австрийским химиком А. Шрёттером

# Чёрный фосфор

Чёрный фосфор представляет собой чёрное вещество с металлическим блеском, жирное на ощупь и весьма похожее на графит, и с полностью отсутствующей растворимостью в воде или органических растворителях.

Проводит электрический ток и имеет свойства полупроводника.

Впервые чёрный фосфор был получен в 1914 году американским физиком П. У. Бриджменом

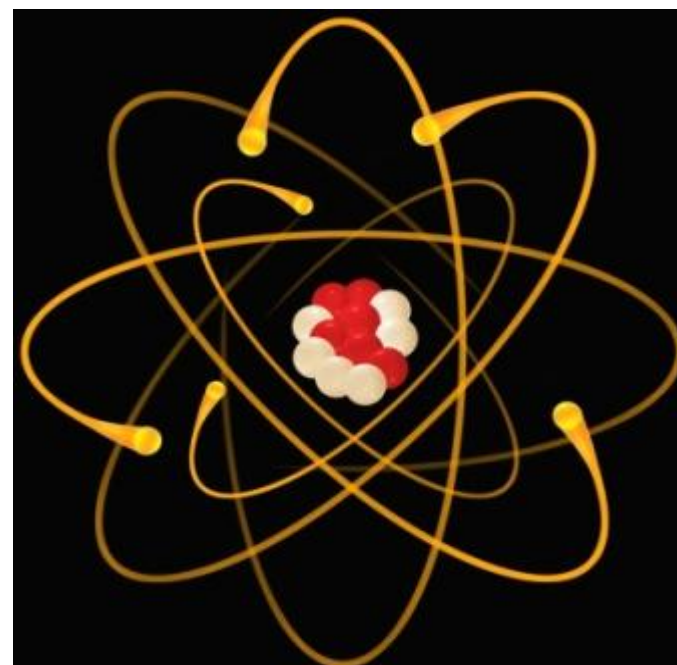


# Металлический фосфор

- При  $8,3 \cdot 10^{10}$  Па чёрный фосфор переходит в новую, ещё более плотную и инертную металлическую фазу с плотностью  $3,56 \text{ г/см}^3$ , а при дальнейшем повышении давления до  $1,25 \cdot 10^{11}$  Па — ещё более уплотняется и приобретает кубическую кристаллическую решётку, при этом его плотность возрастает до  $3,83 \text{ г/см}^3$ . Металлический фосфор очень хорошо проводит электрический ток.

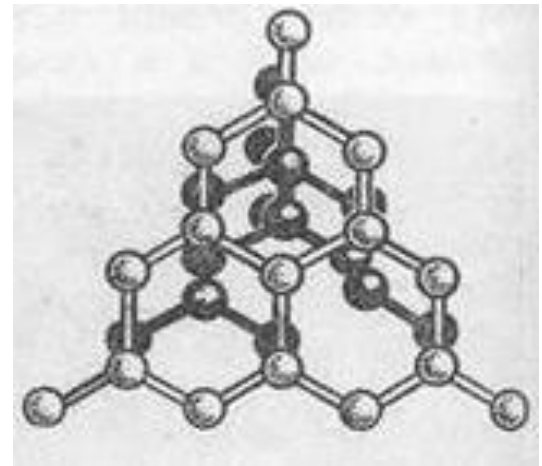
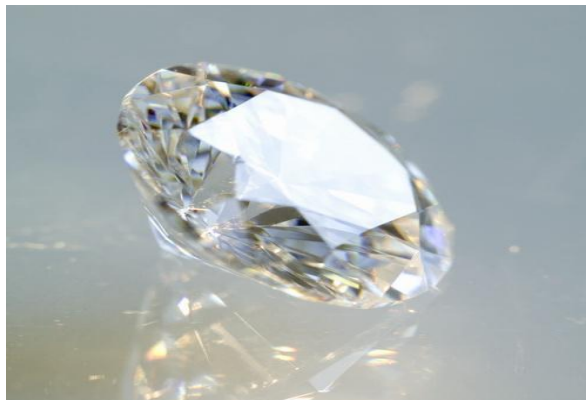
# Свободный углерод

- В свободном виде углерод встречается в нескольких аллотропных модификациях – алмаз, графит, карбин, крайне редко фуллерены. В лабораториях также были синтезированы многие другие модификации: новые фуллерены, нанотрубки, наночастицы и др.

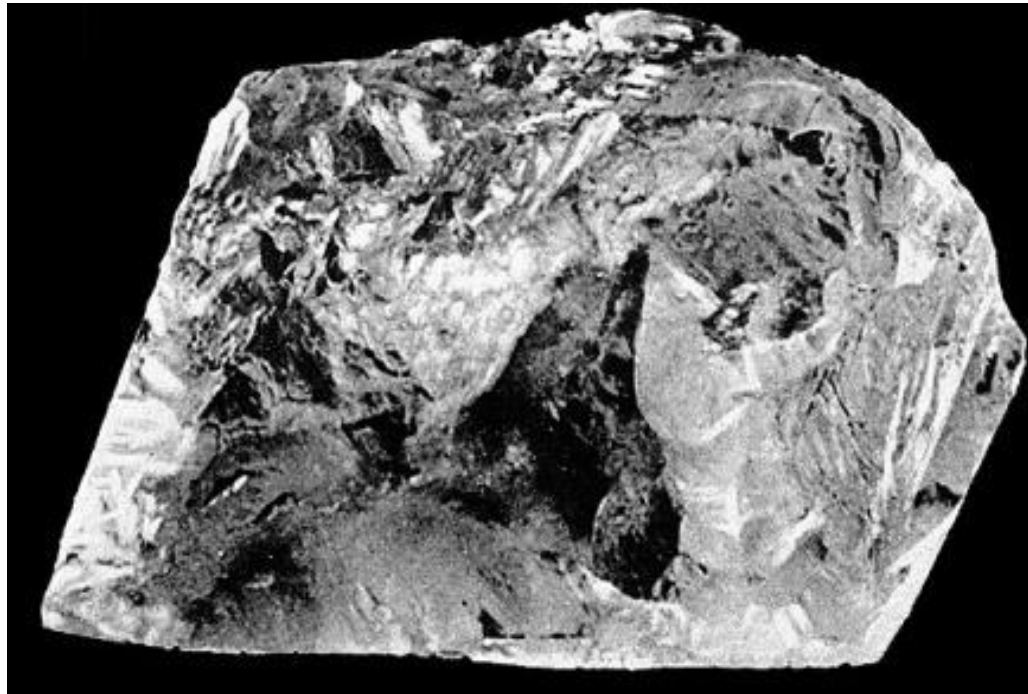


# Алмаз

- Бесцветное, прозрачное, сильно преломляющее свет вещество. Алмаз тверже всех найденных в природе веществ, но при этом довольно хрупок. Он настолько тверд, что оставляет царапины на большинстве материалов.
- Плотность алмаза –  $3,5 \text{ г/см}^3$ ,  $t_{\text{плав}}=3730\text{С}$ ,  $t_{\text{кип}}=4830\text{С}$ . Алмаз можно получить из графита при  $p > 50$  тыс. атм. и  $t_0 = 1200\text{С}$  В алмазе каждый 4-х валентный атом углерода связан с другим атомом углерода ковалентной связью и количество таких связанных в каркас атомов чрезвычайно велико.



Куллинан  
(алмаз)-  
621,35 грамма,  
размеры:  
100x65x50 мм



**Бриллианты: Куллинан-1, Куллинан-2, Куллинан-3 и 4**



# Графит

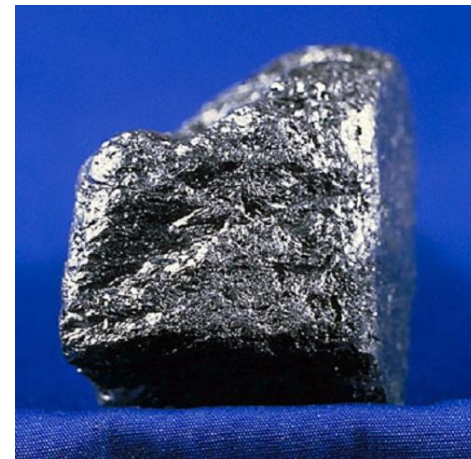
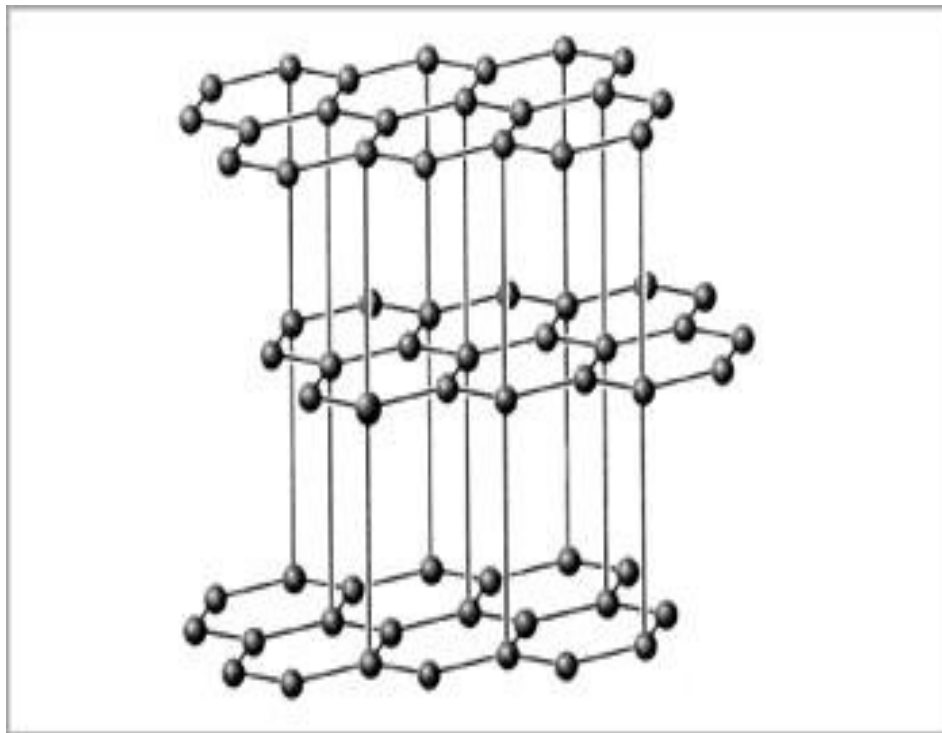
Графит – устойчивая при нормальных условиях аллотропная модификация углерода, имеет серо-черный цвет и металлический блеск, кажется жирным на ощупь, очень мягок и оставляет черные следы на бумаге.

Атомы углерода в графите расположены отдельными слоями, образованными из плоских шестиугольников. Каждый атом углерода на плоскости окружен тремя соседними, расположенными вокруг него в виде правильного треугольника.

Графит характеризуется меньшей плотностью и твердостью, а также графит может расщепляться на тонкие чешуйки. Чешуйки легко прилипают к бумаге – вот почему из графита делают грифели карандашей.

В пределах шестиугольников возникает склонность к металлизации, что объясняет хорошую тепло- и электропроводность графита, а также его металлический блеск.

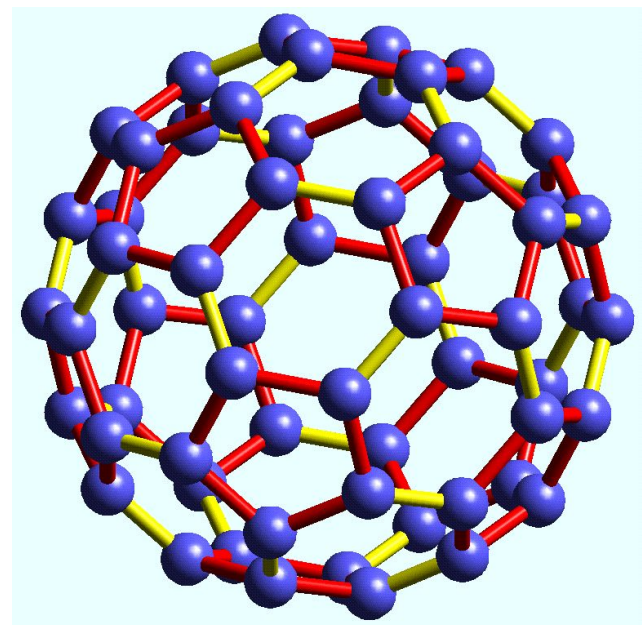
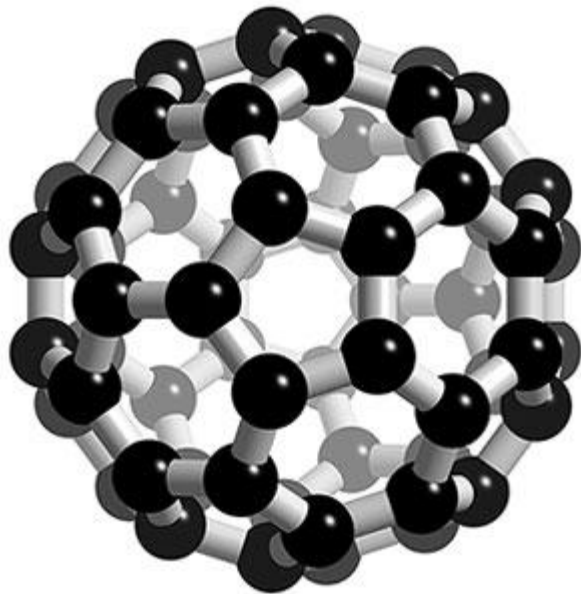
# Графит



# Фуллерены

- Фуллерены – класс химических соединений, молекулы которых состоят только из углерода, число атомов которого четно, от 32 и более 500, они представляют по структуре выпуклые многогранники, построенные из правильных пяти- и шестиугольников.
- Третья форма чистого углерода является молекулярной. Это означает, что минимальным элементом ее структуры является не атом, а молекула углерода, представляющая собой замкнутую поверхность, которая имеет форму сферы.
- В фуллерене плоская сетка шестиугольников (графитовая сетка) свернута и сшита в замкнутую сферу. При этом часть шестиугольников преобразуется в пятиугольники. Образуется структура – усеченный икосаэдр. Каждая вершина этой фигуры имеет трех ближайших соседей. Каждый шестиугольник граничит с тремя шестиугольниками и тремя пятиугольниками, а каждый пятиугольник граничит только с шестиугольниками.

**Фуллерены** могут найти **применение** в качестве присадок для ракетных топлив, смазочного материала, для создания фотоприемников и оптоэлектронных устройств, катализаторов роста, алмазных и алмазоподобных пленок, сверхпроводящих материалов, а также в качестве красителей для копировальных машин. Фуллерены применяются для синтеза металлов и сплавов с новыми свойствами.

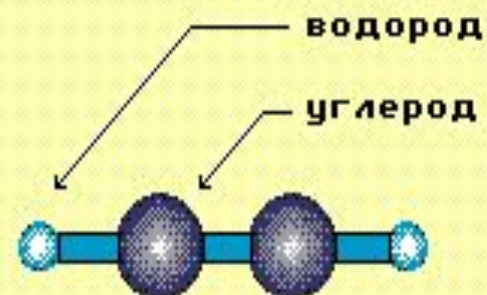
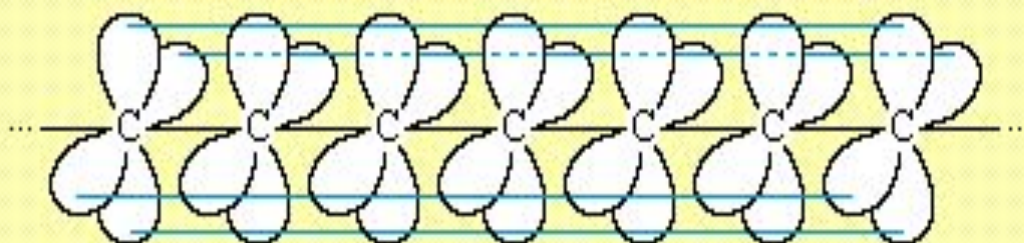




# Карбин

**Карбин** конденсируется в виде белого углеродного осадка на поверхности при облучении пирографита лазерным пучком света. Кристаллическая форма карбина состоит из параллельно ориентированных цепочек углеродных атомов с sp-гибридизацией валентных электронов в виде прямолинейных макромолекул полиинового (  $-C=C-C=C-C\dots$  ) или кумуленового (  $=C=C=C=C\dots$  ) типов.

# Строение карбина



Ацетилен

Кристаллы карбина состоят из линейных цепочек атомов углерода в  $sp$ -гибридизованном состоянии.

Карбин можно рассматривать как полимер ацетилена:

