

АЛЛОТРОПНЫЕ МОДИФИКАЦИИ УГЛЕРОДА

Махнач З.С.

*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
филиал «Минский радиотехнический колледж»,
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Бутрим Л.С. – преподаватель высшей категории дисциплин
естественно-математического цикла*

Аннотация. Теоретически узнали, что такое аллотропия и аллотропные модификации на примере углерода. Исследовали применение и сравнили основные свойства основных модификаций. Выполнили наглядные модели

Ключевые слова: аллотропия, углерод, применения, аллотропные модификации, алмаз, графит, графен, карбин, фуллерены

Введение. Аллотропия – явление существования химического элемента в виде двух или нескольких простых веществ.

Причины аллотропии могут быть нескольких типов. К наиболее вероятным из них ученые относят такие факторы, как:

1. Различное количество атомов, необходимых для образования одной молекулы.
2. Отличающийся порядок сопряжения атомов в одну молекулу.
3. Параллели между спинами электронов.
4. Разновидность кристаллической решетки.

5. Аллотропные видоизменения или модификации – простые вещества, образованные атомами одного и того же элемента.

Аллотропные видоизменения одного элемента могут отличаться либо составом молекул, т. е. содержать разное число атомов в молекуле, как например кислород O₂ и озон O₃, либо разной структурой кристаллов. Так, разные по структуре аллотропные видоизменения образует углерод (графит, алмаз, карбин, фуллерен, графен), сера (ромбическая и моноклинная), фосфор (белый, красный, чёрный).

Аллотропные модификации химического элемента отличаются своими физико-химическими свойствами. [2].

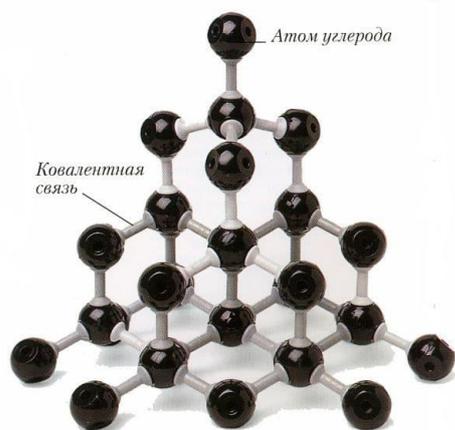
Основная часть. Углерод – вещество с самым большим числом аллотропических модификаций. На данный момент их известно всего 9. Основные из них – графит, алмаз, карбин. Они отличаются друг от друга физическими, химическими свойствами, строением кристаллической решётки. Наиболее твёрдая модификация – алмаз – используется для изготовления промышленных инструментов.

Алмаз имеет атомную кристаллическую решетку, в которой каждый атом соединен с четырьмя другими атомами углерода, которые расположены в углах тетраэдра (рисунок 1). В алмазе все валентные электроны атомов углерода находятся в состоянии sp³-гибридизации и участвуют в образовании ковалентных связей, поэтому алмаз не проводит электрический ток.

Конечно же, самое главное и самое важное применение алмаза – ювелирная промышленность. Самые качественные агрегаты самоцвета проходят тщательную проверку по многим показателям, и только при наивысшей оценке попадают на стол специалистов для обработки, шлифовки и огранки. Однако большая часть самоцветов считаются техническими за счёт низкого качества. Но и они нашли широкое применение. Благодаря им стали доступны покрытия с алмазным напылением, например, на пилы, сверла. [3].

Известно, что когда ион поступает в алмаз, то происходит вспышка света. Именно благодаря этому свойству, минерал используют в виде измерителя ядерного излучения. Кроме того, в ядерной энергетике минерал часто используют для изготовления различных высокоточных

приборов. Также алмаз нашел себе применение в медицине. Он используется для изготовления инструментов для внутрисполостных исследований. Алмазное напыление позволяет как можно точнее провести разрезы, и при этом инструмент сохраняет свою остроту [3].



СТРУКТУРА АЛМАЗА

Рисунок 1 – Кристаллическая решетка алмаза

Графит – минерал из класса самородных элементов, одна из аллотропных модификаций углерода.

Графит, как и алмаз, имеет атомную кристаллическую решётку, но её строение отличается от строения решётки алмаза. Он имеет слоистую структуру (рисунок 2). Атомы углерода в графите находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Внутри слоя каждый атом углерода за счёт трёх гибридных электронов образует три ковалентных связи с соседними атомами углерода, валентный угол связи равен 120° . Четвёртый, негибридный электрон каждого атома углерода принимает участие в образовании связей между отдельными углеродными слоями.

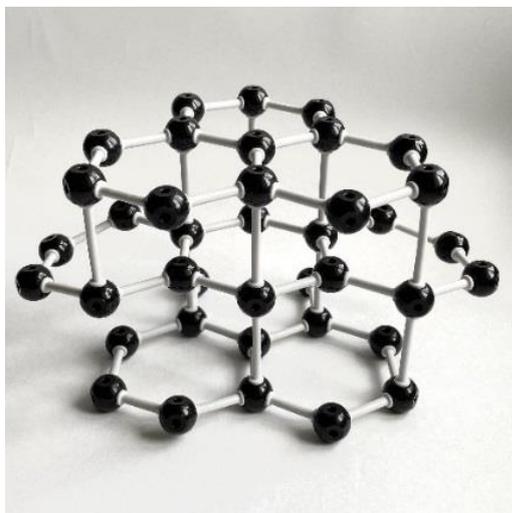


Рисунок 2 – Кристаллическая решетка графита

Связи между отдельными слоями по сравнению со связями внутри слоя гораздо менее прочны. Негибридные электроны подвижны и образуют единое электронное облако, как в кристаллической решётке металлов. Именно таким строением кристаллической решётки графита объясняются его характерные свойства: металлический блеск, электро- и теплопроводность, непрозрачность, способность легко расслаиваться на чешуйки. Свойства графита обуславливают его применение для изготовления электродов, твёрдых смазок, стержней для карандашей.

Слои кристаллической решётки могут по-разному располагаться относительно друг друга, образуя целый ряд политипов, с симметрией от гексагональной сингонии (дигексагонально-дипирамидальный), до тригональной (дитригонально-скаленоэдрический).

Как известно такой материал, как графит обладает большим количеством уникальных качеств. Именно они обуславливают сферы его применения. Благодаря тому, что данный материал обладает устойчивостью к высоким температурам, его применяют для производства футеровочных плит.

Применение графита используется и в сфере ядерной промышленности. Там он играет важную роль при замедлении нейтронов. Так же можно получать активные металлы с химической точки зрения путем электролиза. Данный метод использования элемента объясняется тем, что у графита достаточно хорошая электропроводность. Даже при производстве пластмассовых изделий графит используют для наполнения пластмассы.

Самым известным методом использования графита является производство стержней для обычных простых карандашей, к которым так привыкли люди.

Возможны взаимные превращения алмаза в графит и обратно графита в алмаз: при температуре 1800–1850°C без доступа воздуха алмаз превращается в графит, а процесс обратного превращения графита в алмаз происходит при температуре 3000°C и давлении 50 тыс. атм.

Фуллерен, бакибол, или букибол – молекулярное соединение, принадлежащее к классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёх координированных атомов углерода (рисунок 3). Уникальная структура фуллеренов обуславливает их уникальные физические и химические свойства. В соединении с другими веществами они позволяют получить материалы с принципиально новыми свойствами.

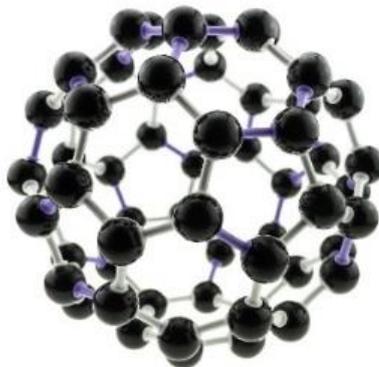


Рисунок 3 – Кристаллическая решетка фуллерена

Атом связи Фуллерен является новой аллотропной формой углерода. Молекулы фуллерена состоят из 60, 70 атомов, образующих сферу. Кристаллические фуллерены представляют собой полупроводники. Разнообразие физико-химических и структурных свойств соединений на основе фуллеренов позволяет говорить о химии фуллеренов как о новом перспективном направлении органической химии.

Атомы углерода расположены в вершинах правильных шести- и пятиугольников, из которых составлена поверхность сферы или эллипсоида. Самый симметричный и наиболее полно изученный представитель семейства фуллеренов фуллерен (C_{60}), в котором углеродные атомы образуют усечённый икосаэдр, состоящий из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников и напоминающий футбольный мяч.

Мы знаем, что атомы углерода соединяются друг с другом и могут соединяться вместе, образуя длинные полимерные цепи. Эти полимеры часто используются в таких продуктах, как пластиковые стаканчики и бутылки. Одно из самых странных свойств фуллеренов состо-

ит в том, что некоторые из них имеют электроны от удаленных атомов. Можно сказать, что эти электроны ведут себя так, как если бы они не осознавали, что являются частью углеродной структуры. Это означает, что при таком поведении можно легче добавлять другие атомы для создания сверхпроводников или изоляторов.

Карбин образует цепочечные полимеры, имеющие линейное строение (рисунок 4). Атомы углерода в карбине находятся в состоянии sp -гибридизации и связаны в цепи двойными или чередующимися тройными и одинарными связями. В ничтожном количестве карбин обнаружен в межзвёздной пыли и в составе метеоритов.

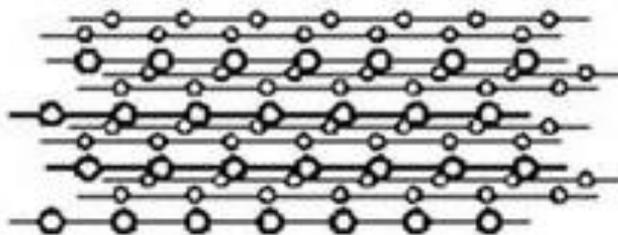


Рисунок 4 – Кристаллическая решетка карбина

Карбин обладает полупроводниковыми свойствами, причём под воздействием света его проводимость сильно увеличивается. На этом свойстве основано первое практическое применение – в фотоэлементах.

Интересно, что установленные на каждый конец цепи молекулы делают его пригодным для хранения энергии.

Графен представляет собой слой атомов углерода толщиной в один атом (монослой). Атомы углерода в графене находятся в состоянии sp^2 -гибридизации. Графен может быть свёрнут в цилиндр, образуя углеродные нанотрубки (рисунок 5) [1].

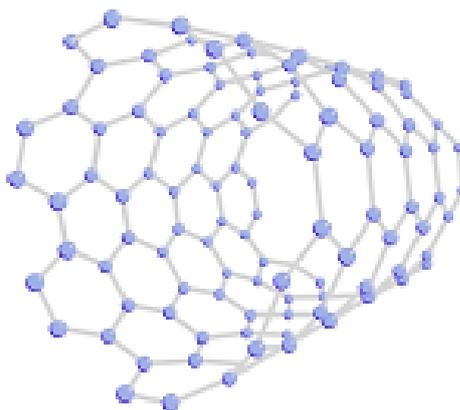


Рисунок 5 – Углеродная нанотрубка

Его возможно использовать для создания имплантов для мозга, может применяться в системе охлаждения для спутников. Графен можно превратить в сверхпроводник; полезен он и в быту: например, в качестве краски для волос.

Взяв основные аллотропные модификации углерода, мы можем сравнить их свойства и строение решетки, что нам укажет на разнообразие возможностей, которые нам дает этот элемент (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика свойств и строения решетки основных аллотропных модификаций углерода

Модификация	Строение решетки	Свойства
Графит	Тригональное	Относительно мягкий жирный минерал, обладающий электропроводностью. Имеет серый цвет, металлический блеск. Плотность – 2, 23 г/см ³ . Не плавится. Реагирует со щелочными металлами, солями, кислородом.
Карбин	Линейное	Мелкокристаллический порошок с небольшой плотностью. Полупроводник
Алмаз	Тетраэдрическое	Прозрачный минерал, обладающий наибольшей твердостью. Обладает теплопроводностью, является полупроводником. Имеет большой показатель преломления. Плавится при температуре 3700°С

Заключение. Углерод – уникальный химический элемент, который дает нам возможность создания аллотропных модификаций, которые мы используем в промышленности, медицине и т.д. Каждое полученное вещество имеет свои свойства и свою характеристику, которые человек может использовать в необходимой отрасли.

Будущее покажет, как будут использоваться эти и другие уникальные углеродные структуры. В мире обилие этого элемента, поэтому развитие технологий не должно угрожать стабильности ресурсов или природной среде. Существует даже большая вероятность того, что аллотропные модификации углерода помогут лучше управлять энергией и улучшить многие промышленные процессы [4].

Список литературы

1. Ю. Ерин Элементы [Электронный ресурс] /Подтверждено существование новой аллотропной формы углерода – Минск, 2009 – Режим доступа: https://elementy.ru/novosti_nauki - Дата доступа: 19.06.2009
2. Эддисон У. Аллотропия химических элементов. — Минск: Букенис, 2007. — 208 с.
3. Интернет портал драгоценных камней [Электронный ресурс]/Применение алмазов – Минск, 2019 – Режим доступа: <https://kamenis.com> - Дата доступа: 01.07.2019
4. Портал продуктов группы PCC [Электронный ресурс] / Какие есть аллотропные модификации углерода? – РФ, 2022 – Режим доступа: <https://www.products.pcc.eu/ru> - Дата доступа: 16.02.2022

UDC 54-174

ALLOTROPIC MODIFICATIONS OF CARBON

Makhnach Z.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus (style T-institution)

Butrim L.S. - teacher of the highest category of disciplines of the natural and mathematical cycle

Annotation. Theoretically, they learned what allotropy and allotropic modifications are using carbon as an example. Investigated the application and compared the main properties of the main modifications. Created visual models.

Keywords: allotropy, carbon, applications, allotropic modifications, diamond, graphite, graphene, carbene, fullerenes.