

Ганина Е.В. Сравнительная характеристика аллотропных модификаций углерода // Академия педагогических идей «Новация». Серия: Студенческий научный вестник. – 2018. – №12 (декабрь). – АРТ 557-эл. – 0,2 п.л. - URL: <http://akademnova.ru/page/875550>

РУБРИКА: ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 54-174

Ганина Елена Владимировна

студентка 3 курса

Естественно-географический факультет

Научный руководитель: Пестова Н.Ю., доцент, к.х.н.

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный педагогический
университет им. И.Н.Ульянова»

г. Ульяновск, Российская Федерация

e-mail: elena.ganina.99@mail.ru

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АЛЛОТРОПНЫХ
МОДИФИКАЦИЙ УГЛЕРОДА**

Аннотация: В статье представлены характеристики аллотропных модификаций углерода: алмаза, графита, карбина, графена, фуллерена и лонсдейлита. Основные параметры веществ представлены в сравнительной таблице.

Ключевые слова: углерод, алмаз, графит, графен, карбин, фуллерен, лонсдейлит.

Ganina Elena Vladimirovna

3rd year student Faculty of natural geography

Supervisor: Pestova Natalia associate Professor, Ph. D.

FGBOU VPO « "Ulyanovsk state pedagogical University. I. N. Ulyanov»

Ulyanovsk , Russian Federation

e-mail: elena.ganina.99@mail.ru

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF ALLOTOPIC CARBON MODIFICATIONS

Abstract: the paper presents the characteristics of allotropic modifications of carbon: diamond, graphite, carbine, graphene, fullerene and lonsdeylite. The main parameters of substances are presented in the comparative table.

Key words: carbon, diamond, graphite, graphene, carbine, fullerene, lonsdeylite.

Углерод-химический элемент, который окружает нас повсюду. Он входит в состав растений и животных в виде соединений с азотом и водородом, обнаружен в атмосфере Солнца, планет, найден в каменных и железных метеоритах, содержится в земной коре. В атмосфере и гидросфере находится в виде диоксида углерода CO₂, в воздухе, в водах рек, морей и океанов. Около 21% углерода содержится в теле человека. Углерод — вещество с самым большим числом аллотропических модификаций (более 9 обнаруженных на данный момент). Аллотропы радикально отличаются по своим свойствам друг от друга. Они включают аморфные аллотропы и кристалл чешские аллотропы.

Алмазы — чаще всего прозрачные бесцветные минералы. Большинство окрашенных ювелирных алмазов — алмазы жёлтого и коричневого цвета. Для алмазов жёлтых оттенков характерен дефект структуры Н –3. В зависимости от концентрации дефектов возможны оттенки жёлтого цвета от еле уловимых до ясно видимых. В бесцветных алмазах они могут присутствовать, если присутствует голубая люминесценция. Важным оптическим свойством Н –3 центра является то, что голубой цвет люминесценции является дополнительным к жёлтому оттенку окраски. Это говорит о том, что при определённых условиях жёлтый оттенок люминесценция компенсируется голубым оттенком, и их влияние на глаз оценщика будет такой же, как от бесцветного (белого) излучения. В природе существуют уникальные алмазы различных оттенков: розовые, синие, зелёные, красные.

Минерал состоит из атомов углерода, равноудаленных друг от друга на расстояние 0,15 нанометров. Атомы образуют кубическую кристаллическую решетку, обеспечивающую алмазу самую высокую твердость по шкале Мооса — 10 единиц. Атомы углерода в алмазе находятся в состоянии sp^3 -гибридизации. Каждый атом углерода в структуре алмаза расположен в центре тетраэдра, вершинами которого служат четыре ближайших атома. Именно прочная связь атомов углерода объясняет высокую твёрдость алмаза.

Высокая твёрдость влияет на износостойкость алмаза на истирание. Для алмаза также характерны самый высокий модуль упругости и самый низкий коэффициент сжатия, также дисперсия, наиболее высокая теплопроводность среди твёрдых тел, дисперсия. Важнейшим свойством алмаза является -люминесценция. Под действием рентгеновских,

ультрафиолетовых, солнечных лучей, минерал начинает светиться различными цветами.

Алмаз является самым дорогим драгоценным камнем, но в естественном виде не считается красивым, красоту минералку придаёт огранка. Огранённый алмаз называется бриллиантом. В настоящее время существует крупное промышленное производство синтетических алмазов, которое обеспечивает потребности в абразивных материалах. При нормальных условиях алмаз может существовать неограниченно долго. В вакууме или в инертном газе при повышенных температурах постепенно переходит в графит.

Графит - одна из аллотропных модификаций углерода. Структура графита слоистая. Слои почти плоские, состоят из шестиугольных слоёв атома углерода. Кристаллы пластинчатые, чешуйчатые. Темно-серый графит обладает металлическим блеском, хорошо проводит электрический ток, при влиянии высоких температур становится твёрдым и хрупким, отличается низкой твёрдостью. Хорошим примером является графитный карандаш, при написании расслаивается и оставляет на бумаге след.

Электрическая проводимость монокристаллов графита анизотропна, в направлении, параллельном базисной плоскости, близка к металлической, в перпендикулярном — в сотни раз меньше. Минимальное значение проводимости наблюдается в интервале 300—1300 К, причём положение минимума смещается в область низких температур для совершенных кристаллических структур. Наивысшую электрическую проводимость имеет рекристаллизованный графит.

Теплоёмкость графита в диапазоне температур 300÷3000К хорошо согласуется с дебаевской моделью. В высокотемпературной области после $T > 3500\text{K}$ наблюдается аномальное поведение теплоёмкости графита

аналогично алмазу: экспериментальные данные по теплоёмкости резко отклоняются вверх от нормальной (дебаевской) кривой и аппроксимируются экспоненциальной функцией. Пределы температуры плавления → 3845-3890 С, кипение начинается при 4200 С. Во время сжигания элемента выделяется 7832 ккал тепла.

Каждый атом углерода ковалентно связан с тремя другими окружающими его атомами углерода. Различают две модификации графита: α-графит (гексагональный R63/mmc) и β-графит (ромбоэдрический R(-3)m). Различаются упаковкой слоёв. У α-графита половина атомов каждого слоя располагается над и под центрами шестиугольника, а у β-графита каждый четвёртый слой повторяет первый. β-графит в чистом виде не наблюдается, так как является метастабильной фазой.

Карбин — аллотропная форма углерода на основе sp-гибридизации углеродных атомов. Состоит из углеродных фрагментов с тройной $-C\equiv C-$ $C\equiv C-$, или двойной кумулированной $=C=C=C=C=$ связью. Может быть линейным или образовывать циклические структуры.

Вещество представляет собой мелкокристаллический порошок чёрного цвета, обладает полупроводниковыми свойствами. Получен в искусственных условиях из длинных цепочек атомов углерода, уложенных параллельно друг другу. В молекуле карбина атомы углерода соединены в цепочки либо поочередно тройными и одинарными связями (полииновое строение), либо постоянно двойными связями (поликумуленовое строение). Карбин представляет особый интерес для химиков и нанотехнологов, поскольку он наиболее прочный и жесткий из всех известных материалов. Карбин может образовываться естественным путем и при ударном сжатии графита. Ученые смогли стабилизировать карбин при комнатной температуре.

Графен — это двумерная аллотропная форма углерода, в которой объединённые в гексагональную кристаллическую решётку атомы образуют слой толщиной в один атом. Вещество обладает очень высокой прочностью. Лист графена площадью в один квадратный метр способен удерживать предмет массой 4 килограмма. Вследствие двумерной структуры, графен является очень гибким материалом. Графен — это материал с очень высокой проводимостью электричества и тепла, что делает его идеальным для применения в различных электронных устройствах, уже были изготовлены экспериментальные солнечные батареи.

Уникальные электронные свойства графена проявляются и в оптике. В частности, графен позволяет глазом «увидеть» постоянную тонкой структуры α , сравнивая интенсивность света, прошедшего через закрытую графеном апертуру и прошедшего свободно. Существует такое понятие как двуслойный графен. Это двумерная аллотропная модификация углерода, которая состоит из двух слоев графена. Если В-подрешётка второго слоя расположена над подрешёткой А первого, то слои расположены на расстоянии около 0,335 нм, благодаря чему электроны из одного слоя графена могут туннелировать в другой. Меняя концентрацию в отдельном слое, можно создать электрическое поле между слоями, приводящее к формированию запрещённой зоны.

Сложность создания запрещённой зоны в графене говорит о том, что вещество стало ближе к тому, чтобы сравниться с кремнием в технологии. В двойном слое графена электроны ведут себя как жидкий кристалл.

Фуллерен - это длинный ряд атомных кластеров C_n ($n > 20$), представляющих собой выпуклые замкнутые многогранники. Они построены из атомов углерода и имеют пятиугольные или шестиугольные грани (есть редкие исключения).

Наиболее изученным, распространенным и самым симметричным представителем семейства фуллеренов является фуллерен (C_{60}), в нем углеродные атомы образуют усеченный икосаэдр, который состоит из 20 шестиугольников и 12 пятиугольников и напоминает футбольный мяч.

Следующим по распространенности является фуллерен C_{70} . Он отличается от фуллерена C_{60} вставкой пояса из 10 атомов углерода в экваториальную область C_{60} , в результате чего молекула C_{70} становится вытянутой и напоминает формой мяч для игры в регби.

Первые фуллерены были выделены из конденсированных паров графита, получаемых при лазерном облучении твердых графитовых образцов. Фактически, это были следы вещества. В 1990 году В. Кретчмером, Лэмбом, Д. Хаффманом и др., был разработан метод получения граммовых количеств фуллеренов путем сжигания графитовых электродов в электрической дуге в атмосфере гелия при низких давлениях. В процессе эрозии анода на стенках камеры оседала сажа, которая содержала небольшое количество фуллеренов. Сажу растворяют в бензоле или толуоле и из полученного раствора выделяют в чистом виде граммовые количества молекул C_{60} и C_{70} в соотношении 3:1 и примерно 2 % более тяжелых фуллеренов. Вследствие этого удалось подобрать оптимальные параметры испарения электродов (давление, состав атмосферы, ток, диаметр электродов), при которых лучше всего достигается наибольший выход фуллеренов, составляющий в среднем 3-12 % материала анода, что определяет высокую стоимость фуллеренов.

Конденсированные системы, состоящие из молекул фуллеренов, называются фуллеритами. Наиболее изученной системой такого рода является кристалл C_{60} , менее — система кристаллического C_{70} . Атомы углерода в молекуле фуллерена связаны σ - и π -связями, в то время как

химической связи между отдельными молекулами фуллеренов в кристалле нет. Молекулы удерживаются в кристалле силами Ван-дер-Ваальса, определяя таким образом макроскопические свойства твёрдого C_{60} .

При комнатных температурах кристалл C_{60} имеет гранцентрированную кубическую решётку с постоянной a , но при понижении температуры происходит фазовый переход первого рода и кристалл C_{60} меняет свою структуру на простую кубическую. При температуре $T > T_{кр}$ молекулы C_{60} хаотично вращаются вокруг своего центра равновесия, а при её снижении до критической две оси вращения замораживаются. Полное замораживание вращений происходит при 165 К, кристаллы данного типа имеют объёмноцентрированную решётку с небольшой примесью гексагональной фазы.

Лонсдейлит — гексагональная полиморфная модификация алмаза. Это вещество было названо «гексагональным алмазом», так как состоит из измененного графита. В природных условиях его очень редко можно обнаружить в метеоритных кратерах, но там его твёрдость даже уступает твёрдости карбонадо, это происходит из-за примесей, присутствующих в естественных образцах лонсдейлита. Получить максимальную твердость лонсдейлита можно, избавив его от примесей, в лабораторных условиях, в присутствии огромного давления.

Алмаз и лонсдейлит имеют одинаковые валентные углы, равные $109^{\circ}28'16''$, длины связей у них равны 0,1545 нм, а координационное число — 4. Элементарная ячейка алмаза содержит 8 атомов углерода, а лонсдейлита — 4. Решётки веществ отличаются способом упаковки. Для лонсдейлита характерна двухслойная упаковка типа (...*ABAB*...), где каждый последующий тетраэдрический слой повернут на 60° по отношению к предыдущему. Для алмаза — трёхслойная типа

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

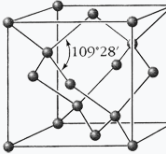
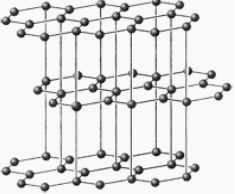
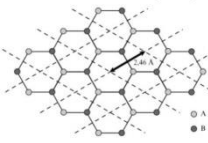
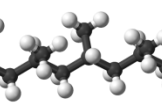

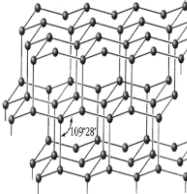
(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

(...ABCABC...), где все слои построены из одинаковых координационных тетраэдров.

Сравнительная характеристика веществ представлена в таблице 1.

	Алмаз	Графит	Графен	Карбин	Фуллерен	Лонсдейлит
Формула						
Цвет	Бесцветный, жёлтый, коричневый, синий, голубой, зелёный, красный, розовый, чёрный	Серый, чёрный, стальной	чёрный	чёрный	Желто-оранжевый	коричневато-жёлтый
Блеск	Алмазный	металлический	металлический	металлический	Металлический, Стекланный	алмазный
Прозрачность	Прозрачный	Непрозрачный	Непрозрачный	непрозрачный	Непрозрачный	прозрачный
Плотность	3,47-3,55	2,09—2,23 г/см ³ г/см ³		1,9÷2 г/см ³	1,65	3,2-3,51

Всероссийское СМИ



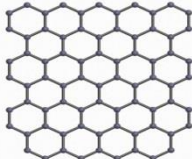

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Сингония	Кубическая	Гексагональная, тригональная	Гексагональная	Гексагональная, цепочка	выпуклые замкнутые многогранники	гексагональная
Теплопроводность	900-2300	100 до 354,1 Вт/(м*К)	5000 Вт/(м*К)			
Т плавления	3700-4000	3845-3890 С	>4000		500-600°С	
Гибридизация	Sp ³ (в ячейке 8 ат. С)	Sp ²	Sp ²	Sp	Sp ²	Sp ³ (в ячейке 4 ат. С)
Структура						
Прочность	2,5·10 ⁷ — 6,5·10 ⁷ Н·м/кг	чешуйчатые	4,7·10 ⁷ — 5,5·10 ⁷ Н·м/к	— 6,0·10 ⁷ — 7,5·10 ⁷ Н·м/кг	4,3·10 ⁷ — 5,0·10 ⁷ Н·м/к	

Список использованной литературы:

1. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. Учебное пособие для вузов. - М.: Химия, 1981.
2. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. Учеб. для вузов. - 4-е изд., испр. - М.: Высш. шк., изд. центр «Академия», 2001. - 743.
3. Эддисон У. Аллотропия химических элементов. М., 1966.С. 33-37.
4. Глинка Н.Л. Общая химия. Учебное пособие для вузов. - М.: Химия 1988.

5. Петров М.М., Михилев Л.А., Кукушкин Ю.Н. Неорганическая химия. Учеб. пособие для вузов. - 3-е изд., перераб. 1981.
6. Николаев Л.А. Общая и неорганическая химия. М.: Просвещение, 1974.
7. Сладков А.М., Кудрявцев Ю.П. Алмаз, графит, карбин - аллотропные формы углерода // Природа. 1969.№5. С.37-44.

Дата поступления в редакцию: 01.12.2018 г.

Опубликовано: 08.12.2018 г.

*© Академия педагогических идей «Новация». Серия «Студенческий научный вестник»,
электронный журнал, 2018*

© Ганина Е.В., 2018