چند شکلی ، آلوتروپی یا پلی‌مرفی

هر گاه برای یک ترکیب خاص چند شکل بلوری وجود داشته باشد، به آنها چند شکلی ماده مورد نظر می‌گویند. هر شکل بلوری از تکرار یک نوع سلول اولیه حاصل می شود. بنابر این هر ماده بلوری که برای آن چند شکلی گزارش شده است ، برای آن چند نوع سلول اولیه نیز تعریف شده است. باید توجه داشت در یک شرایط خاص دما یا فشار تنها یک نوع سلول اولیه سازنده بلور خواهد بود. برای مثال چند شکلی‌ها برای عناصر (Fe, C,....) و ترکیبات (اکسید سیلیسیم SiO_2 ، کاربید سیلیسیم SiC،.....) مشاهده می‌شود. علاوه بر کلمه چند شکلی ، کلمه آلوتروپی برای عناصر و پلی‌مرفی برای ترکیبات استفاده می‌شود.
چند شکلی‌های یک ماده چگالی و خواص متفاوت دارند. با تغییر دما یا فشار می‌توان به آلوتروپی‌های یک ماده رسید.
آلوتروپی های آهن عبارتند از
۱- آهن آلفا $(\alpha - iron)$: Bcc ، $T \le 910^\circ C$
۲- آهن گاما $(\gamma - iron)$: Fcc ، $910 - 1400\ ^\circ C$
۳- آهن دلتا $(\delta - iron)$: Bcc ، $1400 - 1539\ ^\circ C$ (دمای ذوب آهن $1539^\circ C$).

* نکته: باید توجه داشت آهن آلفا و دلتا با وجود آن که هر دو Bcc هستند اما ثابت های شبکه ای متفاوت، چگالی و خواص متفاوت دارند.
*نکته: آلوتروپی‌های آهن با تغییر دما به یکدیگر برگشت‌پذیر هستند.

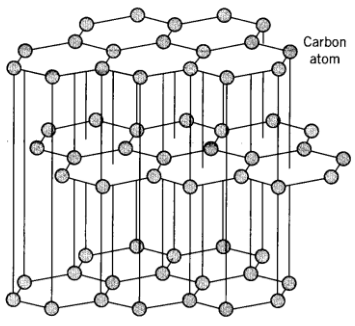
*نکته: برای بعضی از بلورها ، آلوتروپی‌ها با تغییر دما به یکدیگر برگشت‌پذیر نیستند.

آلوتروپی های کربن عبارتند از
۱- گرافیت، ۲- الماس، ۳- فولرن یا C60، ۴- نانو لوله کربنی

گرافیت (Graphite)

گرافیت پایدارترین آلوتروپی کربن است. این ماده ساختار لایه‌ای دارد. سلول اولیه آن هگزاگونال است ، به نحوی که یک قاعده آن در یک لایه و قاعده دیگر در لایه مجاور قرار می گیرد. در هر لایه اتم کربن با سه اتم مجاور پیوند کووالانسی دارد و با این سه اتم چهار کمبود الکترون خود را مرتفع می کند. پس عدد همسایگی ۳ است. یکی از پیوندها به صورت دوتایی و دو تا تک پیوند است. انرژی پیوند در یک لایه بسیار زیاد و در حد الماس است. بعلاوه بین لایه‌ها پیوند ضعیف واندروالس است. شکسته شدن راحت نوک مداد بخاطر شکسته شدن پیوند واندروالس بین لایه های گرافیت است.

*گرافیت هادی خوب حرارتی و الکتریکی است و در دمای بالا از پایداری شیمیایی خوبی برخوردار است.

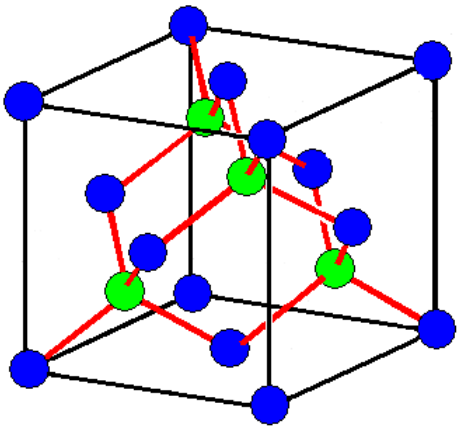


الماس (Diamond)

نام سلول اولیه الماس ، مکعب الماسی است. این سلول اولیه یک نوع fcc است که علاوه بر آن که موقعیت های fcc (یعنی گوشه ها و وسط تمام وجوه) اشغال شده است ، ۴ اتم نیز در فضای درونی مکعب قرار دارند. هر اتم درونی روی یک قطر مکعب قرار می گیرد. پس تعداد اتم ها به ازای یک سلول اولیه مکعب الماسی برابر ۸ اتم است. شکل زیر یک مکعب الماسی را نشان می دهد. اتم های به رنگ سبز همان اتم های درونی هستند.
در الماس هر اتم کربن با ۴ اتم دیگر پیوند کووالانسی دارد. بنابر این عدد همسایگی ۴ است. الماس بالاترین انرژی پیوند را دارد و به همین دلیل الماس سخت‌ترین ماده طبیعی است و دمای ذوب بیش از $3550\ ^\circ C$ دارد.

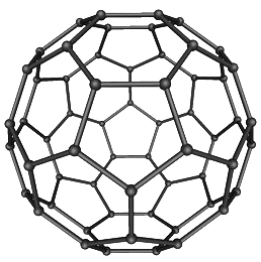
* الماس عایق الکتریکی خوب و هادی حرارتی خوبی است. الماس آبی رنگ رفتار نیمه هادی دارد. رنگ آبی الماس به خاطر ناخالصی بور است.

الماس نسبت به گرافیت پایداری کمتری دارد. در دمای محیط امکان تبدیل الماس به گرافیت وجود ندارد اما در $1500\ ^\circ C$ الماس سریعا" به گرافیت تبدیل می‌شود.
در دمای محیط و فشار 8000 atm می‌توان گرافیت را به الماس تبدیل کرد.



فولرن (Fullerene)

فولرن‌ها، مولکول‌های کروی و تو خالی کربن هستند و به شکل توپ فوتبال می‌باشند. فولرن‌ها به انواع C60، C70، C72، C84 و C100 تقسیم بندی می شوند.
متداول‌ترین فولرن ، C60 یا باکی بال (Buckyball) است. در هر مولکول C60 ، ۶۰ اتم کربن وجود دارد. مطابق شکل، این مولکول به صورت توپ فوتبال با وجوه ۵ ضلعی و ۶ ضلعی است. عدد همسایگی طبق شکل ۳ است.
فولرن‌ها عایق الکتریکی هستند، اما با افزودن مقادیر مناسب ناخالصی،
هادی و نیمه هادی خوبی خواهند شد.



نانولوله کربنی (Nano carbon tube)

نانولوله کربنی مانند یک لایه گرافیت است که به شکل لوله در آمده باشد. قطر این لوله در حد نانو است (100 nm یا کمتر) اما طول آن هزاران بار بزرگتر از قطر آن است. نانو لوله‌ها می‌تواند تک دیواره یا چند دیواره باشد. عدد همسایگی بر اساس شکل ۳ است.

خواص نانو لوله‌ها: ،اندازه کوچک، چگالی کم، سختی بالا و استحکام بالا است. برای مثال اگر یک نانو لوله کربنی چند دیواره را با یک نانو لوله آلومینیم مقایسه کنیم ملاحظه می شود، استحکام کششی دیواره خارجی نانولوله کربنی تقریبا ۱۰۰ برابر نانو لوله آلومینیمی است.

کاربرد نانولوله: تقویت کننده کامپوزیت‌ها، استفاده در نمایشگرها مانند **LCD** ،صنایع الکترونیک.