بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه تربیت معلم
دانشکده شیمی

موضوع:

شبیه سازی رشد شبه بلورها با اتوماتای سلولی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد شیمی
گرایش شیمی فیزیک

استاد راهنما:
آقای دکتر مهرداد قائمی

نگارش:
پروانه جلالی

آذر ۸۹

تقدیم به

پدر ومادر عزیزتر از جانم

که دعای خیرشان پشت و پناه من بوده و کلامشان و نگاهشان به گامهایم استواری بخشید

پیشکش به

خواهر مهربانم که با محبت و صداقتش تنهایم نگذاشت

همیشه دوستشان خواهم داشت و از خداوند متعال زندگی با عزت و سربلندی برایشان آرزومندم

تشکر و قدردانی

در ابتدا برخود لازم می‌دانم مراتب تشکر و قدردانی خود را از استاد ارجمند جناب آقای دکتر قائمی اعلام دارم که با بهره‌مندی از راهنمایی‌های علمی ایشان، درک صحیح جوانب مختلف این پایان نامه امکان پذیر گشت و همکاری صمیمانه و رهنمودهای کارآمد ایشان در تمام طول پروژه بود که مسیر ادامه این تحقیق را همواره نمود و دلگرمی و پشتوانه محکمی برای اینجانب به شمار می‌آمد. امید است که در فرصتی دوباره، شرایط برای استفاده هرچه بیشتر از شخصیت علمی ایشان برای بنده فراهم گردد.

از جناب آقای دکتر اسلامپور و دکتر حریفی که داوری این پایان نامه را بر عهده داشتند بی نهایت سپاسگزارم و برایشان از خداوند متعال طول عمر و توفیق روز افزون خواستارم.

همچنین از زحمات بی دریغ همه اساتید گروه شیمی که چند سالی افتخار شاگردی ایشان را داشته ام تقدیر و سپاسگزاری می نمایم.

در پایان از دوستان خود آقای رضا بابادی، خانم ذبیحین پور، خانم احمدی و خانم جامی الاحمدی که بنده را صمیمانه مورد لطف خود قرار دادند نیز بسیار سپاسگزارم و موفقیت روزافزون برایشان خواستارم.

چکیده

شبیه سازی رشد شبه بلورها در یک شبکه z^3 با جابجایی s_0 مورد بررسی قرار گرفته است. شبه بلورها حد واسطی بین ساختارهای منظم و غیر قابل انعطاف بلورها و ساختارهای نامنظم هستند. همزاد شبکه z^3 یک شبکه دو بعدی کاگومه است. در این رساله با جابجا کردن اجزا شبکه کاگومه آن را به صورت سه شبکه مربعی تغییر شکل داده‌ایم. این الگوریتم برای حل عددی معادله دیفرانسیلی نفوذ بر روی شبکه بسیار مناسبتر است. نشان داده‌ایم تغییر شرایط اولیه باعث تغییر در چگونگی شکل گیری و رشد شبه بلور خواهد شد، هر چه تراکم فاز مایع در اطراف فاز جامد بیشتر باشد امکان تبدیل فاز مایع به فاز جامد بیشتر خواهد شد.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول : بلورها و شبه بلورها	
۱-۱) مقدمه	۲
۱-۲) تاریخچه	۳
۱-۳) بلور	۴
۱-۳-۱) ساختمان داخلی بلورها	۸
۱-۳-۲) انواع بلور	۱۰
بلورهای کووالانسی	۱۰
بلورهای یونی	۱۰
بلورهای مولکولی	۱۰
بلورهای فلزی	۱۱
بلور مایع	۱۱
ساختار بلور مایع	۱۱
۱-۴) تبلور	۱۲
تبلور در هنگام تبدیل حالت مایع به جامد	۱۲
انجماد مواد مذاب	۱۳
تبلور مواد محلول	۱۴
تبلور در هنگام تبدیل حالت بخار به جامد	۱۴
تبلور مواد جامد	۱۵
۱- ۵) تاثیر عوامل خارجی دررشد بلورها	۱۵
سرعت انجماد	۱۵
وجود مواد فرار	۱۵
تراکم محلول	۱۵
۱- ۶) دستگاه‌های بلور شناختی	۱۵
۱-۷) اجتماع بلورها	۱۶

۱-۸) شبه بلور چیست ۱۷
۱-۹) خواص شبه بلورها ۲۰
مقاومت در برابر اکسیداسیون ۲۰
ضریب اصطکاک ۲۱
سطح ۲۱
کاربرد ناهمسانگردی ۲۱
خواص نیم رسانایی ۲۲
پدیده دو شکستی ۲۲
خواص ساختاری شبه بلورها ۲۲
سختی ۲۲
رنگ بلورها ۲۳
۱-۱۰) جامد آمورف ۲۳
۱-۱۱) شبیه سازی رشد شبه بلورها ۳۰

فصل دوم : اتوماسیون سلولی

۲-۱) مقدمه ۳۴
۲-۲) مفاهیم اولیه در اتوماسیون سلولی ۳۴
سل ۳۴
شبکه ۳۴
شبکه یک‌بعدی ۳۴
شبکه دوبعدی ۳۵
شبکه سه‌بعدی ۳۵
همسایگی ۳۶
همسایگی فون- نیومن ۳۶
شرایط مرزی ۳۷
شرایط مرزی دوره ای ۳۷
شرایط آغازی (اولیه) ۳۸
قواعد انتقال ۳۸

۲-۳)کاربرد CA ۳۸

فصل سوم : شبیه سازی رشد شبه بلورها

۳-۱) مقدمه ۴۰
۳-۲) شبیه سازی فرایند رشد شبه بلورها به وسیله اتوماتای سلولی ۴۱
سل ۴۱
شبکه ۴۱
شبکه کاگومه ۴۳
تبدیل یک شبکه کاگومه به یک شبکه مربعی ۴۳
ابعاد شبکه ۴۶
شرایط مرزی ۴۷
همسایگی ۴۷
شرایط اولیه(آغازین) ۴۸
قاعده انتقال ۴۸

فهرست اشکال و جداول

عنوان **صفحه**

فهرست اشکال

فصل اول : بلورها و شبه بلورها

شکل(۱-۱) الگوی پراش الکترونی در امتداد محور ۵ تایی یک شبه‌بلور ۳

شکل(۱-۲) یک سل ابتدایی با شکل دلخواه اما با حجم مشخص ۵

شکل(۱-۳) چهارده شبکه براوه در شبکه سه‌بعدی: سیستم مکعبی(c,b,a)، تتراگونال(e,d)، ۷
ارتورومبیک(i,h,g,f) ، رومبوهدرال (k,j)و مونوکلینیک و تری کلینیک(n,m,l).

شکل(۱-۴) اشکال مجاز در فضای دوبعدی ۱۹

شکل(۱-۵) اشکال غیر مجاز در فضای دوبعدی ۲۰

شکل(۱-۶) اشکال کریستالهای تناوبی ۲۵

شکل(۱-۷) تابع توزیع شعاعی برای *(a)* گاز ایده آل *(b)* *بلور* کامل ایده آل *(c)* یک سیستم ۲۷
بلوری پودری‌شکل *(d)* یک آلیاژ بی نظم.

شکل(۱-۸) نمونه‌هایی از توابع توزیع شعاعی برای (a) bcc (b) fcc (c) hcp (d) یک لایه از ۲۹
انباشتگی چگال از لایه‌های سخت در مقایسه با (e) که یک نمونه آزمایشگاهی برای آلیاژهای بی
نظم می‌باشد

شکل(۱-۹) شبکه z^5 با جابجایی s_2 ۳۱

شکل(۱-۱۰) الگوهایی از رشد شبه‌بلورها در یک شبکهz^5 به ازای مقادیر مختلف y،x ۳۲

فصل دوم : اتوماسیون سلولی

شکل(۲-۱) شبکه یک‌بعدی: هر کدام از حروف بیانگر یک سل است، در این شکل حالت سلها ۳۴
متفاوت است.

شکل(۲-۲) شبکه مربعی ۳۵

شکل(۲-۳) شبکه مثلثی ۳۵

شکل(۲-۴) شبکه لانه زنبوری ۳۵

شکل(۲-۵) شبکه مکعبی سه‌بعدی ۳۶

شکل(۲-۶) همسایگی فون- نیومن ۳۶

شکل(۲-۷) شرایط مرزی دوره‌ای برای شبکه یک‌بعدی ۳۷

شکل(۲-۸) شرایط مرزی دوره‌ای برای شبکه دوبعدی، در این شکل در هر ردیف تحول سیستم با گذشت زمان از چپ به راست نمایش داده شده است. همانطور که ملاحظه می‌شود خروج موج از یک سمت شبکه، متقارن با ورود آن از سمت مقابل است. ۳۸

فصل سوم : شبیه سازی رشد شبه بلورها

شکل(۳-۱) شبکه لوزی شکل z^3 با جابجایی s_0 ۴۲

شکل(۳-۲) نمایی از شبکه لوزی شکل z^3 با جابجایی s_0 به منظور تبدیل شبکه به شبکه همزادش ۴۲

شکل(۳-۳) نمایی ازیک شبکه کاگومه دریک شبکه لوزی شکل ۴۳

شکل(۳-۴) نمایی ازیک شبکه کاگومه با سه سایت مختلف ۴۵

شکل(۳-۵) شبکه جابه‌جا شده کاگومه به یک ماتریس مربعی با حفظ همسایگی بین سل‌ها ۴۵

شکل(۳-۶) همسایگی تعریف شده برای سل‌های قرمز، سبز، مشکی(از سمت راست به چپ) ۴۸

شکل(۳-۷) تبدیل شبکه اولیه به شبکه‌ای با سایت‌های پذیرنده ۵۰

شکل(۳-۸) F : شبکه با مقادیر اولیه به ازای(x=0.1) ۵۰

شکل(۳-۹) تبدیل شبکه اولیه به شبکه‌ای با سایت‌های غیر پذیرنده ۵۱

شکل(۳-۱۰) S: شبکه با مقادیر ثانویه که هر سل از نصف مقدار سل مرکزی به علاوه‌ی نصف متوسط همسایه‌های آن سل بدست آمده است. ۵۱

شکل(۳-۱۱) مجموع مقادیر اولیه و ثانویه، مقدار نهایی را نتیجه می‌دهد.(F+S=U) ۵۲

شکل(۳-۱۲) الگوی رشد شبه بلورها در شبکه Z^3 به ازای مقادیر مختلف x و y ۵۵

شکل(۳-۱۳) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۵۰۰ ۵۶
شکل(۳-۱۴) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۱۰۰۰ ۵۶
شکل(۳-۱۵) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۲۰۰۰ ۵۷
شکل(۳-۱۶) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۳۰۰۰ ۵۷
شکل(۳-۱۷) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۵۰۰۰ ۵۸
شکل(۳-۱۸) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۸۰۰۰ ۵۸
شکل(۳-۱۹) الگوی رشد شبه بلور برای $y=0.4$ و $x=0.00$ در گام زمانی ۱۰۰۰۰ ۵۹

فهرست جداول

جدول(۱-۱) هفت سیستم کریستالی و چهارده شبکه براوه ۶

فصل۱

بلورها و شبه بلورها

۱-۱- مقدمه

برای سال‌های زیادی مواد چگال را مربوط به بلور[۱]های جامد می‌دانستند که قسمت زیادی از بلورهای جامد را به خود اختصاص می‌دادند. ساختارهای مواد چگال اساساً بوسیله‌ی آزمایش‌های پراش(اشعه ایکس، الکترون، نوترون) شناسایی می‌شود. بلورها یک تقارن جالبی دارند که دارای قوانین مدون و منظمی هستند که می‌توانند در تفسیر داده‌های آزمایشگاهی مفید باشند که این مفید بودن می‌تواند به اندازه‌ی داده‌های تئوری باشد.

علاقه به تحقیق در زمینه‌ی مواد غیر بلوری به طور خیلی زیادی در سال‌های گذشته پیشرفت داشته است.

مواد غیر بلوری در واقع دارای تقارن بسیار کمی هستند، این دسته از مواد ممکن است از مایعات تا جامدات آمورف را در بربگیرند. آنها ممکن است که نظم کمی داشته باشند و گاهی اوقات تعداد بسیار کمی از اتم‌ها در آنها دارای آرایش منظمی باشند. دلیل این مسئله این می تواند باشد که جای واقعی اتم‌ها در شبکه تغییر کرده و این تغییر به صورت دوره‌ای[۲] ادامه پیدا کرده در صورتیکه این تغییر دارای نسبت معقولی نیست. ساختارهای شبه دوره‌ای[۳]یا شبه بلوری[۴]، ساختارهای غیر بلوری[۵]هستند که دارای نظم نسبتاً زیادی هستند، اما ساختارهای سه بعدی متناوب و منظمی ندارند.

بلور از ریشه‌ی تبلور گرفته شده است. یونانی‌ها اعتقاد داشتند که اگر آب مدتی در دماهای بسیار پایین نگه‌داشته شود، به حالتی در می‌آید که در دماهای بالا پایدار است.

---

۱ -crystal
۲ -Periodic
۳ -Quasi periodic
٤ -Quasi crystal
٥ -Non-crystalline

فلاسفه قدیم نیز منشأ بلورهای یک سنگ را بلورهای یخ می‌دانستند که بر اثر تحمل سرمای بسیار شدید در طولانی مدت، طوری سخت و مقاوم شده که می‌تواند حرارتهای بالاتر از صفر را هم تحمل نماید.

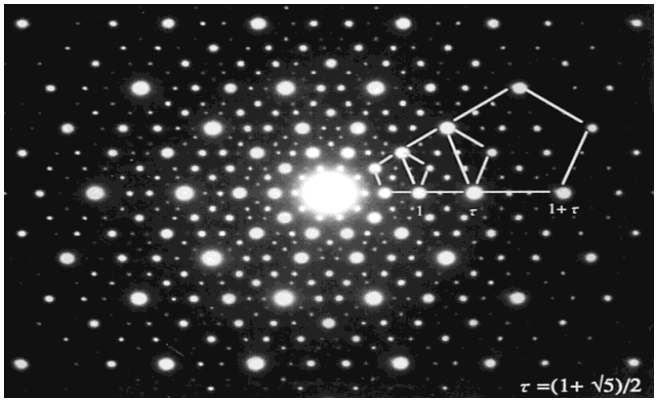
۱-۲- تاریخچه

قبل از سال ۱۹۸۲ دو نوع بلور غیر متناوب وجود داشته که بلور های مدوله شده و مرکب نامیده می-شدند. در سال ۱۹۸۲ نوع جدیدی از مواد کشف شدند که از نظم بالایی برخوردار بودند اما آنها فاقد انتقالات متناوب جامدات بلوری بودند و این مواد جدید شبه بلور نامیده شدند.

یک خصوصیت بارز شبه بلورها تقارن نقطه‌ای آنها است که بیانگر وجود محورهای تقارن ۵، ۸، ۱۰ و ۱۲تایی است که دربلورهای مدوله شده و بلورهای مرکب هرگز مشاهده نمی‌شود، دو مثال متداول از شبه‌بلورها، $Al_{70}Pd_{21}Mn_9$ و $Al_{62}Cu_{26}Fe_{12}$ می‌باشد.

جهان به واسطه مشاهده‌ی تقارن ۵ تایی در الگوی پراش الکترونی برای آلیاژ مختلط آلومینیم-منگنز شگفت زده شد.آلیاژهای فلزی با مرتبه های تقارنی بالاتر که شامل آلومینیم می‌باشند نیز شبه بلور هستند. [۲و۱]

شکل(۱-۱) یک الگوی پراش الکترونی در امتداد محور ۵ تایی یک شبه بلور را نشان می‌دهد.



شکل(۱-۱) الگوی پراش الکترونی در امتداد محور ۵ تایی یک شبه بلور

در سال ۱۹۹۰ اولین اثبات تجربی توسط شی بویا[۱] به صورت آزمایشگاهی روی تغییر شکل دادن شبه بلورها در دمای بالا انجام شد. نتایج بدست آمده نشان داد که شبه بلورها چه دهدرال[۲] و چه ایکوزاهدرال[۳] به صورت عمومی در دمای بالا تر از $0.8T_m$ که T_m دمای ذوب آنها است تغییر شکل می‌دهند.[۳]

به دلیل گسترش روز افزون وسایل الکترونیکی و توجه بیش از حد به ساختن ریز تراشه‌های کامپیوتری با ابعاد بسیار کم، توجه فوق العاده به سمت بلور شناسی و مطالعه ساختارهای بلوری بیشتر شده و دانشمندان مختلف در سطح جهان مطالعات وسیعی را در این زمینه انجام می‌دهند که از آن جمله می‌توان به فعالیتهای انجمن نانوتکنولوژی اشاره کرد. همچنین بیشتر قطعات الکترونیکی مانند دیود، ترانزیستور و ... از بلورها ساخته می‌شود.

امروزه بلورها به شکل منشور در انواع سیستم‌های نوری از جمله اسپکترومترها، فتومترها، دوربینهای نجومی، لیزرها و تداخل سنجها و... بکار برده می‌شوند. در اجسام جامد تشکیل بلور، نقش مهمی را بازی می‌کند، مثلاً تشکیل بلور که در اثر فعل و انفعالات شیمیایی یا نارسائی‌های حرارتی درشیشه ایجاد می‌گردد، باعث از بین رفتن شفافیت شیشه خواهد شد.

۱-۳- بلور

به مواد معدنی جامدی که اجزای سازنده‌ی آنها (ملکول، اتم یا یون) در سه جهت فضایی به صورت منظم کنار هم قرار گرفته باشند یا دارای نظم بلورشناسی باشند، بُلور می‌گویند. تکرار این آرایش منظم در سه جهت فضایی سبب بزرگتر شدن بلور می‌شود. در کل ۱۴شبکه بلورین وجود دارد که

---

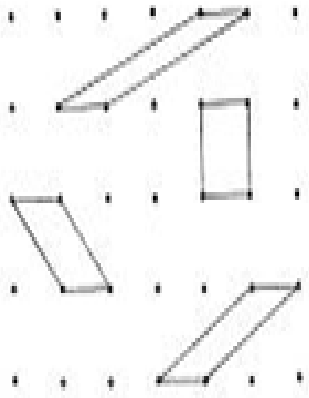
[۱] -Shibuya
[۲] -Dehedral
[۳] -Icosahedral

ترکیبات به طور کلی در این شبکه ها متبلور می‌شوند. بلورها دارای انتقالات دوره‌ای به همراه تقارن چرخشی۲،۳،۴و ۶ تایی می‌باشند. [۵و۴]

شبکه‌ی بلوری یک تقارن انتقالی[۱] کاملی را به نمایش می‌گذارد، در یک شبکه همه نقاط هم ارزهستند و هر نقطه نسبت به مبدأ انتخابی، یک موقعیت برداری[۲] دارد.

$$r = n_1 a + n_2 b + n_3 c \qquad (۱-۱)$$

n یک عدد صحیح است و c،b،a بردارهای اساسی واحدهای تقارنی هستند. حجم هر نقطه از شبکه منحصر به فرد است در صورتیکه یک انتخاب از بین بردارهای c،b،a باشد(شکل۱-۲).این حجم، سل ابتدایی[۳] نامیده می‌شود. [۶]



شکل(۱-۲) یک سل ابتدایی با شکل دلخواه اما با حجم مشخص

۱ -Translational symmetry
۲ -Position vector
۳ -Primitive cell

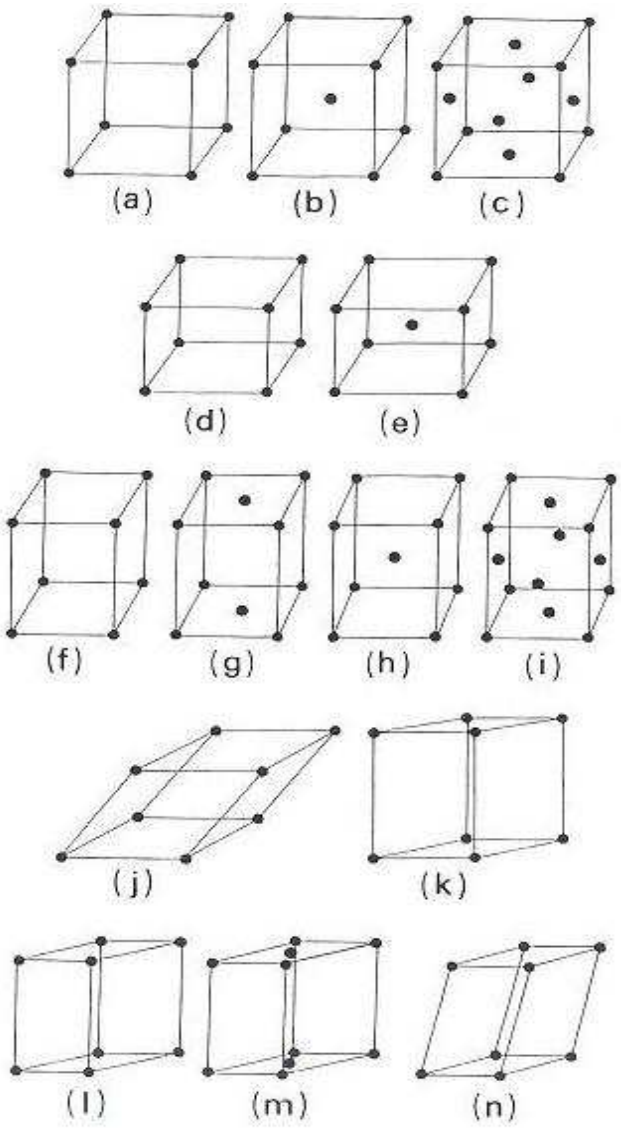
این مسئله اینطور به اثبات می‌رسد که فقط *چهارده* حالت تناوبی برای نقاط یکسان در یک فضای سه بعدی وجود دارد.این *چهارده* شکل شبکه های براوه[۱] نامیده می‌شوند.(شکل۱-۳ و جدول۱-۱).

واحد حجم در یک شبکه همیشه برابر سلول ابتدایی نیست، اغلب از یک واحد بزرگتر در یک حجم بزرگتر به نام سل واحد کریستالوگرافی استفاده می‌شود که به اختصار سل واحد[۲] گفته می‌شود. در کل یک سل واحد، تقارن را در یک وضعیت مشخص آشکار می‌سازد. [۶]

جدول(۱-۱) هفت سیستم کریستالی و چهارده شبکه براوه

System	Conventional unit cell*	Bravias lattice
Triclinic	$a \neq b \neq c$	P(primitive)
	$\alpha \neq \beta \neq \gamma$	
Monoclinic	$a \neq b \neq c$	P
	$\alpha = \beta = 90° \neq \gamma$	C (base-centred)
		P
Orthorhombic	$a \neq b \neq c$	C
	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	I (body-centred)
		F(Face-centred)
Tetragonal	$a = b \neq c$	P
	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	I
Cubic	$a = b = c$	P
	$\alpha = \beta = \gamma = 90°$	I
		F
Trigonal	$a = b = c$	R (rhombohedral primitive)
	$120° > \alpha = \beta = \gamma \neq 90°$	
Hexagonal	$a = b \neq c$	P
	$\alpha = \beta = 90°, \gamma = 120°$	

۱ -Bravais lattices
۲ -Unit cell



شکل(۱–۳) چهارده شبکه براوه در شبکه سه بعدی: سیستم مکعبی(a, b, c)، تتراگونال(d, e)، ارتورومبیک(f, g, h,i) ، رومبوهدرال(j, k) و مونوکلینیک و تری کلینیک(l, m,n). [۶]

هر چهارده شبکه‌ی براوه بوسیله‌ی تقارن‌های مجاز سه بعدی در آرایش‌های تناوبی مشخص می‌شوند. بنابراین یک گروه از اتم‌ها می‌توانند با هر حالت دلخواه در کنار هم جمع شوند. این مسئله امکان نظم گرفتن ساختارها را با موقعیت‌های برداری مشخص می‌سازد.

$$r = n_1 a + n_2 b + n_3 c + R_j \qquad (۲-۱)$$

که R_j موقعیت برداری در طول یک سل واحد نسبت به نقاط شبکه (n_1, n_2, n_3) می‌باشد.گروهی از اتم‌ها که در هر شبکه دور هم جمع می‌شوند را یک پایه[۱] می‌گویند.

یک ساختار بلوری به وسیله‌ی شبکه‌ی براوه و پایه‌ی خود متمایز می‌گردد. از نظر هندسی تشخیص پایه باعث بدست آمدن عناصر تقارن[۲] مثل چرخش و انعکاس می‌شود که این عناصر تقـــارن متعلق به گروه نقطه‌ای[۳] می‌باشند. هر عمل یک گروه نقطه‌ای یا ترکیب چند عمل گروه نقطه‌ای آرایش اتم‌ها را به حالت اول برمی‌گرداند. در کل حدود دویست و سی الگوی تقارن مختلف برای ساختارهای تناوبی سه بعدی وجود دارد که بعضی از آنها با ترکیب عملیات‌های انتقالی بدست می‌آیند، این ترکیب‌ها گروه فضایی[۴] نامیـــده می‌شوند. هر ترکیب یا ساختار بلوری هر چقدر هم که پیچیده باشد متعلق به یکی از این دویست و سی گروه فضایی می‌باشد[۶].

۱-۳-۱- ساختمان داخلی بلورها

اتم‌ها در تشکیل بلورها نسبت به هم در فواصل منظم در شرایطی که نیروهای جاذبه و دافعه بین آنها برآیند صفرداشته باشند قرار می‌گیرند. کوچکترین جزء سازنده‌ی بلورها که شکل هندسی مشخصی دارند سل‌های واحد می‌باشد. یک ساختار بلوری به وسیله‌ی تکرارهای متناوب و دوره‌ای از یک سل واحد بدست می‌آیند. بنابراین نظم دربلورها متناوب است. [۷]

ابعاد این اشکال هندسی حدود چند آنگسترم است که با کنار هم قرار گرفتن سل‌های واحد، بلورهای قابل رویت ساخته می‌شود. در نتیجه سل واحد در سه جهت بطور نامحدود معمولاً تکرار می‌شود که می‌توانند سه جهت متعامد و یا سه جهت با زوایای مختلف نسبت به هم باشند. فواصل نیز می‌توانند در سه جهت سه مقدار مختلف داشته باشند که هرکدام در یک جهت تکرارمی‌شوند. این فواصل و

---

۱ -Basis
۲ -Symmetry elements
۳ -Point group
۴ -Space group

زوایا[۱] را ثابت‌های شبکه می‌نامند. ساختار بلور نرمال به وسیله‌ی یکی از دویست و سی گروه فضایی که تقارن انتقالی، چرخشی عناصر حاضر در ساختار را توصیف می‌کند مشخص می‌شود. [۸]

نظم بیرونی بلورها، بر اثر نظم درونی آنهاست. اتم‌های داخل آنها همیشه به شکل الگوهای مشخصی که شبکه نام دارند در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند، خواص یک بلور به شبکه آن بستگی دارد بدلیل همین نظم، سطح‌های خارجی بلورها صاف و هموار هستند. این سطحهای صاف با یکدیگر زاویه‌هایی می‌سازند که اندازه‌های آنها در بلورهای یک ماده همواره ثابت است. یکی از راههای تشخیص بلورها از یکدیگر اندازه‌گیری زاویه بین سطح‌های آنهاست. بلورها به شکلهای مکعب، منشور، هرم و چند وجهی های مختلف هستند و معمولاً سطح‌ها و زاویه‌های هر شکلی از آنها مشابه و قرینه یکدیگرند. [۵]

بلورهایی که در سایز اتمی تکرار پذیر هستند بلورهای متناوب نامیده می‌شوند و دیگر بلورها، بلورهای غیر متناوب هستند. اتحادیه‌ی بین المللی بلورشناسی، بلور را جامدی با دیاگرام پراش گسسته تعریف کرده‌اند که می‌توانند ساختارهای متناوب یا غیر متناوبی را به خود اختصاص دهند.[۹]

اجسام متبلور به خاطر داشتن شکل مخصوص، سختی، مقاومت محدود درمقابل حرارت و نقطه ذوب از مایعات و گازها متمایز می‌شوند. بعضی از مواد متبلور مانند پارافین نرم هستند و اجسامی مانند شیشه و پلاستیک هرچند که جامدند، ولی متبلور نمی‌باشند.

در بلورها پراکندگی و فاصله اجزا، دارای نظم هندسی ویژه‌ای است که معمولاً در تمام جهت‌ها یکسان نیست.

برخلاف بلورها در جامدهای بی شکل یا غیر بلورین، پراکندگی و فاصله اجزای سازنده آنها در همه‌ی جهت‌ها یکسان است از اینرو بعضی از خواص فیزیکی جامدهای غیر بلورین مانند رسانایی گرمایی، انتشار نور و رسانایی الکتریکی نیز در همه جهت‌ها یکسان است به این جامدهای غیر بلورین

---

۱ Gama،Beta،Alpha c،b، a