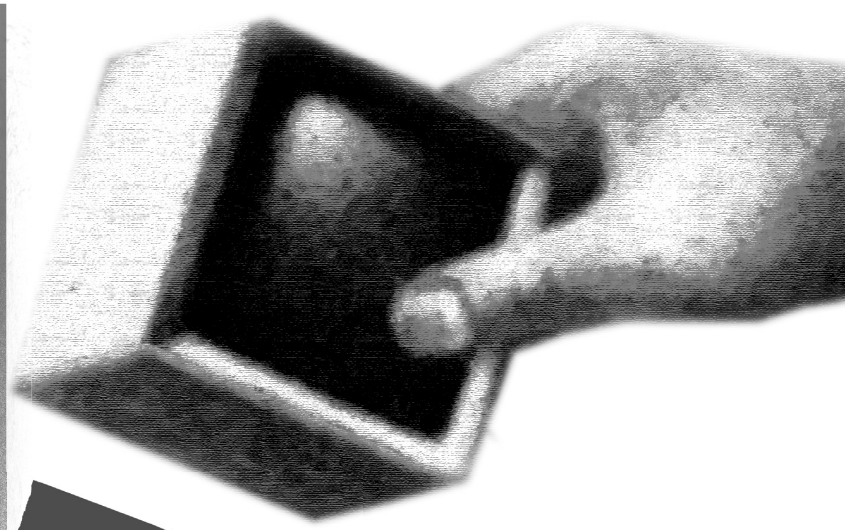
چکیده: با توجه به اهمیت روزافزون علوم و فناوری‌های نوین، و با وجود این‌که بسیاری از نهادهای علمی ـ دانشگاهی از اثرات بالقوه فناوری‌های نو باخبرند، با این حال هنوز اکثریت مردم و قشر فرهنگی جامعه، فناوری‌های نو و اهمیت آن‌را درک نکرده‌اند. تحقیق حاضر، نمونه‌ای از کار پژوهشگران در زمینه‌ی آموزش مفاهیم جدید است. یکی از حوزه‌های مهم در زمینه فناوری‌های نویـن، حوزه‌ی مربوط به «نانو فناوری» است که در این تحقیق به این حوزه از علوم، و به طور خاص به بررسی جنبه‌های مختلف مفهوم خودآرایی پرداخته شده است. محتوای حاضر برای دانش‌آموزان سال سـوم متوسطه، تولید و اجرا شـده است. نتایج حاصل از نمره‌های پیش آزمون و پس‌آزمون نشـان می‌دهد که این بسـته‌ی آموزشی، بسـته‌ی مناسـبی برای آموزش مفهوم خودآرایی به دانش آموزان است.



کلیدواژه‌ها: مفهوم خودآرایی، نانوفناوری.

آموزشی

مسعود قاسمی
دانشجوی کارشناسی ارشد آموزش فیزیک دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
gh.masood@gmail.com

مهدی نیک عمل
عضو هیئت علمی
دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
Mm_nikamal@yahoo.com

فاطمه احمدی
عضو هیئت علمی
دانشگاه تربیت دبیر شهید رجایی
fahmadi:@srttu.edu

آموزش مفهوم خودآرایی

۱ تاریخچه

اگـر به ۲۵۰۰ سـال قبل برگردیم که نخسـتین بار دموکریتوس، فیلسـوف یونانـی، واژه‌ی اتم را به کار برد، متوجه می‌شـویم که علم مواد ریز سابقه‌ای تاریخی داشـته اسـت. دموکریتوس عقیده داشت که «همه‌ی مـواد از ذره‌های کوچک و تجزیه ناپذیری با نام اتم سـاخته شده‌اند.» در سـال ۱۸۰۳ جان دالتون شـیمی‌دان انگلیسـی با آزمایش‌های زیادی نظریه‌ی اتمی را بر اسـاس چند اصل بیـان کرد و او نیز مانند یونانی‌ها کوچک‌ترین ذره‌ی ماده را اتم به معنی تجزیه یا تقسیم‌ناپذیر دانست. نقطه‌ی شروع و توسعه اولیه‌ی فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفـت که اولین متخصصان نانو فناوری شیشـه‌گران قرون وسـطایی بودند که از قالب‌هـای قدیمی برای شکل دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کردند. در آن زمان برای سـاخت شیشه‌های کلیسـاهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا اسـتفاده می‌شـد و با این کار شیشـه‌های رنگی بسیار جذابی به دست می‌آمد. البته

این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه‌کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می‌کند. رنگ به وجود آمده در شیشه‌ها به این علت بود که مواد با ابعاد نانو دارای همان ویژگی‌های مواد با ابعاد میکرو نیستند.

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن مقاله‌ای را درباره‌ی قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. مقاله فاینمن را می‌توان در چند بند اساسی خلاصه نمود [۱]:

۱. تولید ماشین‌ها (روبات‌ها) در مقیاس نانو (یک تا صد نانومتر) که این ماشین‌ها قادرند ماشین‌های دیگر و یا مواد مفید جدید را از طریق چیدمان اتم‌ها در کنار یکدیگر،از پایین به بالا، تولید کنند. به این نوع ماشین‌ها بعداً لقب **خودآرا** داده شد و این فعالیت را خودآرایی نام نهادند. مطابق این نظر، یک خودآرا، اجزای مولکولی را در تعامل با یکدیگر قرار داده و کنش شیمیایی مابین آن‌ها را کنترل می‌کند و در نهایت ساختار و یا ماشینی را به وجود می‌آورد که مورد توجه ماست.

۲. یک خودآرا می‌تواند حامل تمام دستورها و اطلاعات لازم جهت ساختن همانند خود باشد که در این صورت به آن «خود همانند ساز» و یا «نانو تکرارکننده» می‌گویند.

از دیدگاه فاینمن، فناوری نانو در حقیقت فناوری ناظر بر ایجاد و کنترل این خودآراها است که خود آن‌ها قادرند انبوهی از نانوماشین‌ها و یا نانوروبات‌ها را تعبیه کنند و از طریق این انبوه‌سازی، یک فعالیت در مقیاس‌های مولکولی را ایجاد کنند.

این درک از مقوله‌ی نانوفناوری بسیار بنیادی است و با الهام از نانوفناوری موجود در دستگاه‌های زیستی طبیعی ارائه شده است که فناوری نانو را خلق دستگاه‌ها و مواد و دستکاری در نظم و عملکرد آن‌ها از پایین به بالا، یعنی در مقیاس‌های مولکولی و اتمی در نظر می‌گیرد.

۲
اهمیت کار در مقیاس نانومتر

مقیاس نانومتر از آن رو مورد توجه قرار گرفته است که اتم‌ها و مولکول‌ها ابعادی در حدود نانومتر دارند. خواص مواد در مقیاس نانو با ویژگی‌هایشان در مقیاس بزرگ‌تر فرق می‌کند. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب‌های شیمیایی حاصل می شود. بنابراین اگر بتوانیم نوع و چینش اتم‌های تشکیل‌دهنده مواد را تغییر دهیم، می‌توانیم مواد جدیدی با خواص از پیش تعیین شده تولید کنیم. این کار مهم‌ترین هدف در فناوری نانو است [۲].

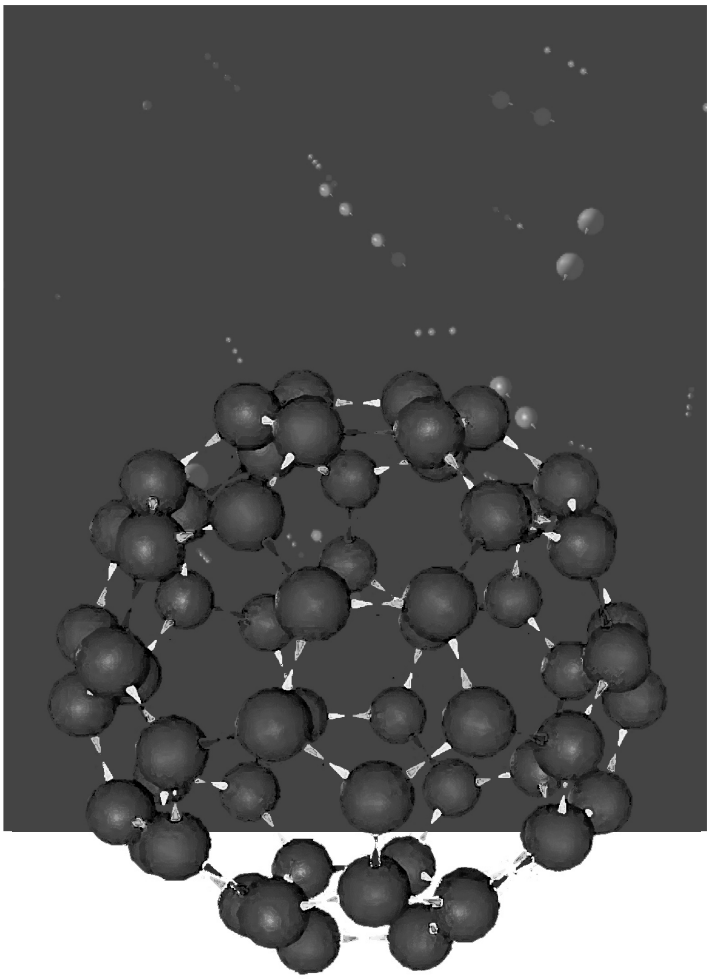
استفاده از این پتانسیل به محصولات و فناوری‌های جدید با کارآیی بالا می‌انجامد که پیش از این میسر نبود. نانو فناوری به ما اجازه می‌دهد تا اجزا و ترکیب‌ها را داخل سلول‌ها قرار داده و مواد جدیدی را با استفاده از روش‌های جدید خودآرایی بسازیم.

در یک تعریف جامع، مواد نانو مقیاس به موادی گفته می‌شود که یکی از ابعاد اضلاع آن‌ها از ۱۰۰ نانومتر کوچک‌تر باشد. یکی از ویژگی‌های مواد نانو مقیاس، افزایش نسبت سطح به حجم مواد است که این عامل می‌تواند باعث تغییرات و یا به وجود آمدن خواص ویژه‌ای مانند تأثیر در واکنش‌ها، مقاومت مکانیکی و مشخصه‌های ویژه‌ی الکتریکی در مواد نانو شود. با کاهش اندازه‌ی این مواد، تعداد بیشتری از اتم‌ها روی سطح قرار خواهند گرفت. برای مثال، اتم‌های موادی به اندازه ۳۰ نانومتر به میزان ۵٪، ۱۰ نانومتر به اندازه ۲۰٪ و ۳ نانومتر به میزان ۵۰٪ در سطح قرار دارند. در نتیجه مواد نانو با ذرات کوچک‌تر در مقایسه با مواد نانو با ذرات بزرگ‌تر سطح بیشتری در واحد جرم دارند. با توجه به ازدیاد سطح در این مواد، تماس ماده با سایر عناصر بیشتر شده و موجب افزایش واکنش با آن‌ها می‌شود. این عمل به تغییرهای مهمی در شرایط مکانیکی و الکترونیکی این مواد می‌انجامد. از محصولات موجود نانوفناوری می‌توان به لاستیک‌های مقاوم در برابر سایش که از ترکیب خاک رس با بس‌پار (پلیمر) به دست آمده‌اند، شیشه‌هایی که خود به خود تمیز می‌شوند، مواد دارویی که در مقیاس نانو ذرات درست شده‌اند و چاپگرهای عالی با استفاده از نانو ذرات با بهترین ویژگی‌های جوهر و رنگ‌دانه و... اشاره کرد.

شاید بتوان گفت که اولین متخصصان نانو فناوری شیشه‌گران قرون وسطایی بودند که از قالب‌های قدیمی برای شکل دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کردند

۳
روش‌های ساخت در مقیاس نانو

طبیعت نانوفناوری، کار با ذرات



بسیار ریز است. ذراتی که نه می‌شود آن‌ها را دید و نه این‌که آن‌ها را لمس کرد. در دنیای پیرامون خود می‌توانیم اجسام را بتراشیم، حرارت دهیم، جوشکاری کنیم، سوراخ کنیم و خلاصه به هر صورت در آن‌ها تغییر ایجاد کنیم.

در دنیای نانو، برای این‌که در چیدمان مولکول‌ها و اتم‌ها تغییراتی ایجاد کنیم تا ماده‌ای با خواص فیزیکی و شیمیایی ویژه بسازیم، نمی‌توانیم مانند آنچه که در دنیای ماکروسکوپی انجام می‌دهیم عمل کنیم. برای ساخت مواد در مقیاس نانو از روش‌های ویژه بهره می‌گیرند:

یک خودآرا، اجزای مولکولی را در تعامل با یکدیگر قرار داده و کنش‌شیمیایی‌مابین آن‌ها را کنترل می‌کند و در نهایت ساختار و یا ماشینی را به وجود می‌آورد که مورد توجه ماست

۳-۱. روش ساخت پایین به بالا

در این روش، مواد با چیدن مولکول‌ها بر اساس اصول شیمی مولکولی ساخته می‌شوند. به بیان دیگر، مولکول‌ها به صورت تک تک کنار همدیگر چیده می‌شوند تا این‌که به ساختار بزرگ‌تر برسند. برای تصور بهتر این روش ساخت، دیواری آجری را در نظر بگیرید که از کنار هم چیدن تک تک آجرها پدید آمده است.

۳-۲. روش ساخت بالا به پایین

در این روش، اشیاء نانویی بدون کنترل اتمی در مقدارهای بزرگ‌تر ساخته می‌شوند به این طریق که در ساخت آن‌ها از تجهیزات پیشرفته این فناوری مانند میکروسکوپ‌های اتمی و تونل‌زنی روبشی جهت دستکاری و ایجاد پدیده‌ها و ویژگی‌های جدید در اجسام نانویی استفاده می‌شود.

یکی از روش‌های ساخت پایین به بالا، خودآرایی است که در آن اجزای ماده به صورت ظاهراً خود به خودی به طور پیوسته در کنار هم قرار می‌گیرند. فرایندهای خودآرایی در طبیعت و فناوری مرسوم هستند. این روش ساخت، تنها در مقیاس نانو کاربرد ندارد بلکه در مقیاس‌های بسیار بزرگ‌تر نیز به کار می‌رود. فرایند خودآرایی در شکل‌گیری شبکه‌های بلوری مواد تا شکل‌گیری ساختارهای بزرگ مقیاس مانند منظومه شمسی و... دخیل هستند [۳].

٤
خودآرایی چیست؟

خودآرایی شامل نظم خود به خودی و بدون مداخله بشر در ساخت الگوها و ساختارهاست. فرآیندهای خودآرایی در طبیعت و فناوری مرسوم هستند. فرض کنید که چند تکه آجر، لوله، سیم و چوب روی زمین ریخته شده‌اند و این قسمت‌ها به طور خود به خودی ترکیب می‌شوند و خانه‌ای را می‌سازند. ساخته شدن این خانه، کاملاً عجیب و خارق‌العاده خواهد

بود، اما این‌طور ساخته شدن در طبیعت، روشی است که سابقه‌ای بس طولانی دارد. طبیعت به شکل بسیار مناسبی ساختارها را پدید می آورد ولی به جای استفاده از تکه‌های آجر و ملات، از مولکول‌هایی مانند پروتئین برای ساخت قطعه‌ها استفاده می‌کند [۳].

مطالعه‌ی فرآیند خودآرایی علاوه بر این‌که از لحاظ علمی جذابیت دارد، دارای اهمیت‌های ویژه‌ای از لحاظ فناوری نیز هست:

اول، همیشه پیدایش نظم از یک سامانه‌ی بی‌نظم برای انسان جالب توجه و جذاب بوده است. فرض کنید یک پازل دستتان باشد و آن‌را به شدت تکان دهید و پس از به هم ریختن پازل ببینید که پازل خود به خود در حال درست شدن است. می‌بینید چه تصور عجیبی است؟! [۴]

دوم، در زندگی ما دارای اهمیت ویژه‌ای است. سلول‌های موجودات زنده خودآرایند و پی بردن به راز خلقت مستلزم فهمیدن خودآرایی است [۳].

سوم، خودآرایی یکی از مهم‌ترین روش‌های ساخت در مقیاس نانو است [۵].

چهارم، خودآرایی در ساخت بسیاری از سامانه‌های بزرگ‌تر شامل، مواد هوشمند، ساختارهای خود ترمیم، شبکه‌های رایانه‌ای و... کاربرد دارد [۵].

با توجه به این موارد می‌توان گفت که خودآرایی در زمینه‌های بسیاری نظیر فیزیک، شیمی، زیست‌شناسی، زیست شیمی، و علم مواد پرکاربرد و مهم است. بنابراین می‌توان گفت که در هر حوزه، تعاریف مختلفی از خودآرایی وجود دارد. با برداشتی آزاد از همه‌ی تعریف‌ها می‌توان تعریف زیر را برای خودآرایی بیان نمود:

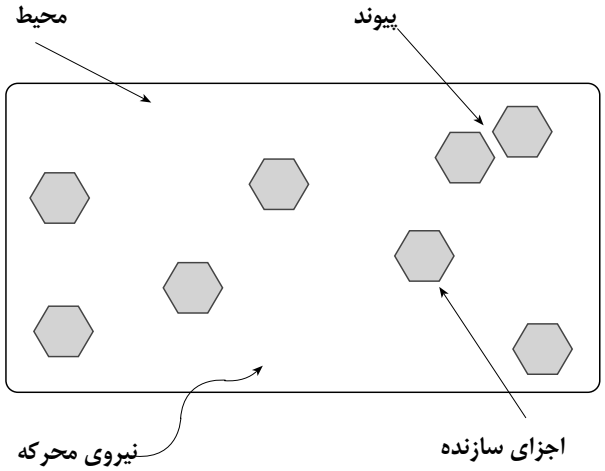
خودآرایی به تشکیل خود به خودی ساختارهای منظمی که از طریق فرایندهای تصادفی، ذرات را در کنار یکدیگر نگه می‌دارد، اشاره دارد، این فرایند برگشت پذیر است و آن را می‌توان به واسطه‌ی اجرای روش‌های صحیح و مناسب روی اجزاء سازنده، محیط زیست و نیروی محرک، کنترل کرد.

۵
ویژگی‌های سامانه‌ی خودآرا

با مطالعه‌ی سامانه‌های خودآرا، می‌توان به چهار ویژگی مهم آن‌ها پی برد.

۵-۱ ذرات سازنده‌ی سامانه

یک سامانه‌ی از گروه‌های مولکولی و یا بخش‌هایی از درشت ـ مولکول‌ها تشکیل شده است که هر دوی آن‌ها را می‌توان به عنوان ذرات سازنده‌ی سامانه‌ی خودآرا در نظر گرفت. این مولکول‌ها یا درشت ـ مولکول‌ها می‌توانند یکسان و یا متفاوت باشند و نوع تعامل و قرار گرفتن این ذرات در کنار یکدیگر به تشکیل حالتی با نظم کمتر (مثلاً تشکیل شیشه) یا حالت منظم‌تر (مانند بلور) می‌انجامد.



شکل ۱ چهار عامل مهم در خودآرایی

۵-۲ نیروهای پیوند

دومین عامل مؤثر در سامانه‌ی خودآرا، نیروهای پیوندی است که باعث نگه داشتن ذرات در کنار یکدیگر می‌شود. این عامل، شاید یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های یک سامانه‌ی خودآرا باشد. زیرا بدون قرار گرفتن ذرات در کنار یکدیگر خودآرایی اتفاق نمی‌افتد. خودآرایی زمانی حاصل می‌شود که مولکول‌ها به تعادلی در بین نیروهای جاذبه و دافعه مولکولی می‌رسند که این نیروها ضعیف و از نوع غیر کووالانسی (مثلاً نیروی مویینگی) هستند [۷].

۵-۳ محیط

برای تشکیل سامانه‌های خودآرا به محیط نیاز داریم. محیط نقش کلیدی در پیدایش یک سامانه‌ی خودآرا بازی می‌کند. مثلاً در تشکیل بلور که از رسوب محلول‌ها پدید می‌آید، این محلول برای سامانه‌ی بلوری نقش محیط را بازی می‌کند

با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد از جمله دمای ذوب، خواص مغناطیسی، و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب‌های شیمیایی حاصل می‌شود

و در اینجـا دو عامـل دما و غلظت محلول مربوط به محیط بر تشـکیل بلور تأثیر می‌گذارد [۸].

۵-٤ نیروهای محرک:

آخرین عامل مهم در خودآرایی، نیروهای محرک اسـت. این نیروها، سامانه را به سمتی پیش می‌برند که ذرات درون محیط را به صورت یک پیکربندی منظم در می‌آورند [۶].

در شکل ۱، سامانه را به صورت ذرات معلقی که در محیط به صورت تصادفی جای گرفته‌اند نشان داده‌ایم.

در حالتـی کـه ذرات در موقعیت‌های مشـخصی نسـبت به یکدیگر قـرار می‌گیرنـد، نیروهای پیوند بین آن‌ها اثر می‌کند و باعث نگه داشتن ذرات کنار یکدیگر می‌شود. اما، ممکن اسـت ایـن ذرات بعد از پیوند با یکدیگر به شکل منظمی در درون محیط قرار نگیرند، این‌جاست که نیروی محرک وارد عمل می‌شود و سـامانه را به سـمتی پیش می‌برد کـه ذرات در درون محیـط دارای پیکربندی منظمی شوند.

ایـن چهـار ویژگـی در همـه‌ی سـامانه‌های خودآرا ظاهر می‌شود، اما ممکن اسـت در بعضی مواقع مرز میان این چهار ویژگی شکسته شود و تمییز دادن این ویژگی‌ها از یکدیگر مشـکل باشد. در اینجا ذکر این نکته مهم است که:

وقتـی یک سـامانه‌ی خـودآرا تشکیل شد و هر دو نیروی پیوند و محرک باعث تغییر در ذرات شدند، دیگر قضاوت در مورد این‌که بگوییم عاملی که باعث نظم در سامانه شده اسـت، نیروی پیوند بـوده یا نیروی محـرک، سـخت اسـت و بنابراین نمی‌توان بعد از ایجاد نظم در سامانه، مرزبندی مشخصی بین این ویژگی‌ها انجام داد.

٦
تفاوت خودآرایی با پدیده‌ی «تشکیل‌شدن»

در طبیعت، پدیده‌های بسـیاری وجود دارد که در آن‌ها به طور بالقوه از خودآرایی اسـتفاده شـده است. اکنون ممکن است که این پرسش‌ها مطرح شود:

آیـا در تشـکیل هر سـامانه‌ی منظـم در طبیعـت خودآرایی اتفاق افتاده اسـت؟ آیا تفاوتی میان فرایند **خودآرایـی** و پدیده **تشکیل‌شـدن** وجود دارد؟

در تعریفـی کـه گروهـی از دانشمندان[۲] از خودآرایی ارائه دادند، فرایندهـای خودآرایی را به صورت فرایندهایـی معرفی کردنـد که در نهایت «سامانه‌ی منظم و کارآ» پدید می‌آید و به سامانه‌های دارای ساختار بی‌نظـم، این مفهـوم نسـبت داده نمی‌شود [۹].

در خودآرایـی بـرای این‌کـه ساختار منظم به وجود آید می‌بایست تجمع مولکولی برگشت‌پذیر باشد. برگشـت‌پذیری به این معنا اسـت که اجزا می‌توانند جـای خود را در سـاختار ایجاد شـده‌ی اولیه تغییر داده و تنظیـم کنند. (به همین خاطر مقاومت پیوندهای میان اجزا باید در حدود نیروهایی باشد که می‌خواهد آن‌ها را از هم جدا کند.)

بنابرایـن بـه سـاختارهایی که در آن‌هـا، مولکول‌هـا بـه صورت برگشت‌ناپذیر در کنار یکدیگر تجمع می‌کننـد و یک توده را به وجود می آورنـد نمی‌توان خودآرایی نسـبت داد.

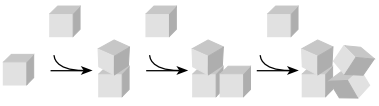
آیا تبلور خودآرایی است؟

بلورها از ذراتی که به شـکل و در فاصله‌ی معینـی از یکدیگر قرار دارند، تشـکیل شده‌اند. در حقیقت، یک بلور جامدی اسـت کـه در آن اتم‌ها یا مولکول‌ها در آرایشی منظم و متناوب مرتب شده‌اند [۹].

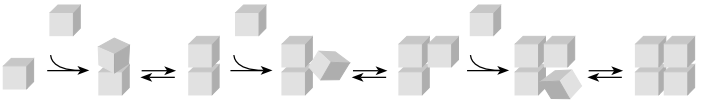
شـکل ۲، دو فرایند را نشان می دهد که در طی آن یک بار مولکول‌ها به طور برگشت‌ناپذیر با یکدیگر ترکیب می شوند و در نهایت به تولید شیشه می‌انجامـد و تصویر بعـدی مربوط

خودآرایی به تشکیل خود به خودی ساختارهای منظمی که از طریق فرایندهای تصادفی، ذرات را در کنار یکدیگر نگه می‌دارد، اشاره دارد

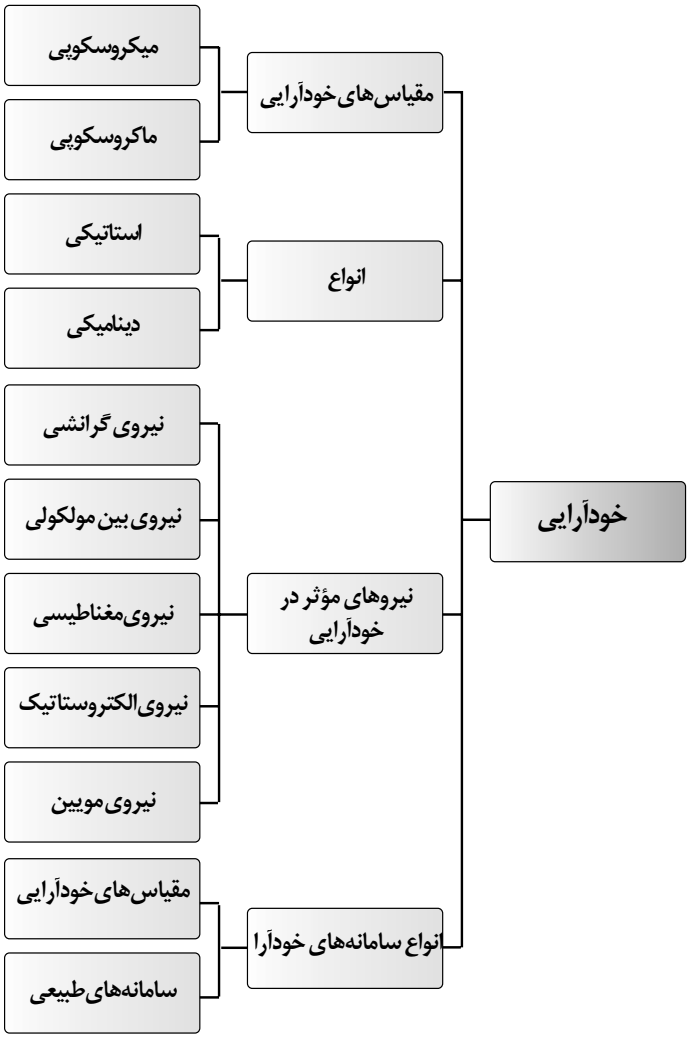
برگشت‌ناپذیری و تولید شیشه



برگشت‌ناپذیری و تولید بلور



شکل ۲ اثر برگشت‌پذیری در تولید بلور(برگرفته از وب گاه www.nanoclub.ir)



نمودار ۱ جنبه‌های مختلف خودآرایی

به ترکیب مولکول‌ها به صورت برگشت‌پذیر است که به تشکیل ساختار منظم بلور انجامیده است.

باید توجه داشته باشیم که پدیده‌ی تبلور، نوعی خودآرایی در مقیاس ماکروسکوپی است.

۷ بررسی جنبه‌های مختلف خودآرایی

فرآیندهای خودآرایی را می‌توان از جنبه‌های مختلفی مورد بررسی قرار داد. نمودار درختی روبه‌رو، جنبه‌های مختلف مفهوم خودآرایی را نشان می‌دهد.

در ادامه، در مورد هر یک از این موارد بحث خواهیم کرد.

۷-۱ خودآرایی در سامانه‌های طبیعی و مصنوعی

در حوزه‌ی خودآرایی سامانه‌های طبیعی، فرایندهایی بررسی می شود که به طور طبیعی در طبیعت اتفاق می افتد و نیاز به مداخله‌ی مستقیم بشر ندارد. در مطالعه‌ی سامانه‌های طبیعی خودآرا، این سامانه‌ها را به دو دسته‌ی زیستی و غیر زیستی تقسیم می‌کنیم. سامانه‌های زیستی همان‌طور که از اسم آن پیداست سامانه‌هایی است که در آن، خودآرایی در محیط موجود زنده اتفاق می‌افتد. در سامانه‌های غیر زیستی نیز، برای تشکیل فرایندهای خودآرایی نیاز به محیط زنده نیست. ساده‌ترین نمونه‌های خودآرایی در سامانه‌های غیر زیستی، تشکیل توده‌ی حباب‌ها و فرایند تبلور است. حباب‌هایی که در حمام یا آشپزخانه از کف صابون تشکیل می‌شوند و اغلب به صورت خوشه‌ای (مجموعه‌ای از حباب‌های کوچک و بزرگ) دیده می‌شوند، نمونه‌ای از خودآرایی است. تشکیل پروتئین نیز یک نمونه از خودآرایی زیستی نانومتری است. در حوزه‌ی خودآرایی سامانه‌های مصنوعی، فرایندهایی بررسی می‌شود که معمولاً در طبیعت اتفاق نمی‌افتد و آن را می‌توان در محیط آزمایشگاه مشاهده کرد [۶].

به ساختارهایی که در آن‌ها، مولکول‌ها به صورت برگشت‌ناپذیر در کنار یکدیگر تجمع می‌کنند و یک توده را به وجود می‌آورند نمی‌توان خودآرایی نسبت داد

۷-۲ نیروهای مؤثر در خودآرایی

یکی از عوامل مؤثر در تشکیل سامانه‌های خودآرا نیروهایی است که باعث نگه داشتن اجزای (ذرات) در کنار یکدیگر می‌شود. در این بخش چند نیرویی را که باعث خودآرایی در مقیاس‌های مختلف می‌شوند معرفی می‌شوند:

۷-۲-۱ خودآرایی به‌وسیله‌ی نیروی مویین

آرایش توسط نیروهای مویین، با

نیروهای مؤثر در خودآرایی عبارتند از: نیروی گرانشی، نیروی بین‌مولکولی، نیروی مغناطیسی، نیروی مویین و نیروی الکتروستاتیک

بر هم کنش بین ذرات و همچنین نیروی بین ذرات و محیط آن‌ها در ارتباط است. منشاء این جاذبه، نیرویی به نام «کشش سطحی» است. ذرات محیط دارای آب گریزی و آب‌دوستی هستند و محیط آن‌ها آب است و اگر محیط آن‌ها را به روغن یا الکل تغییر دهیم، آرایش متوقف می شود.

یکی از نمونه‌های جالبی که در آن تأثیر نیروی مویین در خودآرایی دخیل است، تجمع حباب‌ها بر سطح آب و تشکیل توده‌ی حباب‌هاست [۵].

۷-۲-۲ خودآرایی به وسیله‌ی نیروی الکتروستاتیک

نوع دیگری از برهم کنش ذرات ـ ذرات و ذرات ـ محیط وجود دارند که به خودآرایی می‌انجامد. اگر شانه‌ی بارداری را به مقداری خرده کاغذ نزدیک کنیم، کاغذها به علت نیرویی که بین آن‌ها و همچنین بین شانه و کاغذها به وجود می‌آید به شکل منظمی در می‌آیند و تشکیل زنجیره‌هایی کاغذی را در زیر شانه می‌دهند. در این حالت منشاء خودآرایی را نیروهای الکتروستاتیک می‌دانیم [۹].

۷-۲-۳ خودآرایی به وسیله‌ی نیروی مغناطیسی

یکی دیگر از نیروهایی که به خودآرایی ذرات می‌انجامد نیروی مغناطیسی است. اگر تعدادی آهنربا را به طور تصادفی درون ظرفی قرار دهیم، یک تکان کوچک در ظرف آهنرباها کافی است که آهنرباها به هم بچسبند و به شکل منظم‌تری درآیند. در اینجا با وجود این‌که آهنرباها به هم چسبیده‌اند و تشکیل یک زنجیره داده‌اند، اما هنوز در سامانه بی‌نظمی وجود دارد. یعنی این‌که اگر این آزمایش را دوباره انجام دهیم ترتیب قرار گرفتن آهنرباها به هم می‌خورد و به شکل اولیه‌ی خود بازنمی‌گردند. با وجود این، هنوز هم می‌گوییم خودآرایی اتفاق افتاده است[۴].

۷-۲-۴ خودآرایی به وسیله‌ی نیروی بین مولکولی

برای این‌که خودآرایی رخ دهد، ذرات تشکیل‌دهنده باید بتوانند نسبت به یکدیگر حرکت کنند. در حالت پایا، پیوندهای میان اجزا باید در حدود نیروهایی باشد که می‌خواهد آن‌ها را از هم جدا کند، یعنی در این حالت بین وضعیت‌های جاذبه و دافعه تعادل وجود دارد.

خودآرایی مولکولی شامل پیوندهای غیرکووالانسی و کووالانسی ضعیف می‌شود (از قبیل پیوندهای واندروالس، پیوندهای کئوردینانس و هیدروژنی و...) نمونه‌های جدید زیادی با ماهیت مولکولی متفاوت وجود دارند مانند مولکول‌های آلی، پروتئین‌ها، بپتیدها و DNA و غیره [۱۰].

شکل ۳ نحوه‌ی تشکیل یک ساختار خودآرای تک‌لایه را که منشاء آن نیروهای بین مولکولی‌اند نشان می‌دهد.

۷-۲-۵ خودآرایی به وسیله‌ی نیروی گرانشی

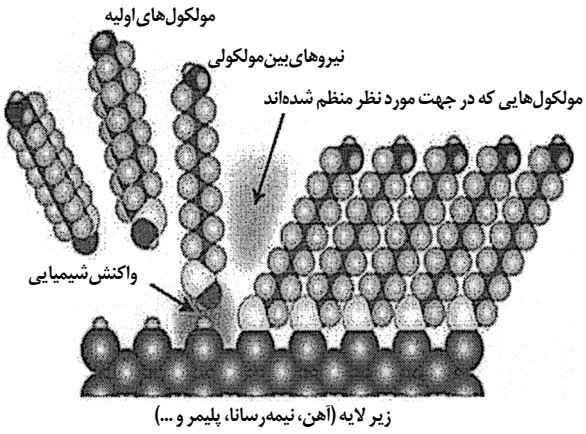
در خودآرایی با مقیاس بزرگ‌تر (مقیاس ماکروسکوپی)، نیروهای بین ذرات می‌توانند از نوع نیروهای گرانشی باشند. همان‌طور که قبلاً نیز بیان شد، منظومه‌ی شمسی یک نمونه‌ی خودآرا در مقیاس نجومی است. واضح است که در سامانه‌های دیگر مانند: سامانه‌ی تغییر فصل، پدیده‌ی شب و روز و ... نیز خودآرایی دخیل است که منشاء همه‌ی آن‌ها را نیروهای گرانشی می‌دانیم.

۷-۳ خودآرایی‌های دینامیکی و استاتیکی

در طبقه‌بندی پدیده‌هایی که خودآرا خوانده می شوند، دو نوع مهم خودآرایی به صورت زیر است: خودآرایی استاتیکی، خودآرایی دینامیکی.

۷-۳-۱ خودآرایی استاتیکی

این نوع خودآرایی در سامانه‌هایی اتفاق می‌افتد که دارای تعادل پایا و یا موضعی‌اند. یعنی سامانه‌هایی که در آن انرژی تلف نمی‌شود. در این نوع خودآرایی، بعد از تزریق انرژی به سامانه و تبدیل آن به سامانه‌ی خودآرا، برای نگه‌داشتن آن به



شکل ۳ نحوه‌ی تشکیل ساختار خودآرای تک لایه
(برگرفته از وب گاه www.nanoclub.ir)

هیچ‌گونه انرژی نیاز نیست [۱۱].

نمونه‌ای از خودآرایی استاتیکی، شامل تشکیل بلور و کانی‌ها و تشکیل توده‌ی حباب‌هاست.

هیچ یک از این سامانه‌ها، آن‌قدر که باید و شاید، فعال نیستند. آن‌ها به تولید و ساخت نمی‌پردازند، گردش نمی‌کنند، و تحرکی نیز ندارند.

۷-۳-۲ خودآرایی دینامیکی

سامانه‌های خودآرای دینامیک را به عنوان زیر مجموعه‌ای از سامانه‌های خودآرایی که به سمت و سوی ساختارهای غیرتعادلی پایدار گرایش دارند، طبقه بندی می‌کنیم. چنین ساختارهایی تا هنگامی منظم باقی می‌مانند که سامانه به صورت مداوم انرژی مصرف کند [۱۱].

خودآرایی دینامیکی در سامانه‌های زیستی مانند تشکیل پروتئین‌ها و DNA رخ می‌دهد.

در این نمونه‌ها، برای این‌که خودآرایی اتفاق بیافتد باید به سامانه انرژی داده شود.

۷-٤ خودآرایی در همه‌ی مقیاس‌ها

خودآرایی روش ساختی است که در آن اجزای مختلف (به صورت تک تک یا توده‌ای) به صورت خود به خودی ساختار به هم پیوسته منظمی را تشکیل می دهند، اما این روش ساخت تنها در مقیاس نانو کاربرد ندارد بلکه در مقیاس‌های بزرگ‌تر نیز به کار می‌رود. در این‌جا خودآرایی را در مقیاس‌های ماکروسکوپی (مقیاس‌های بزرگ‌تر از mm) و میکروسکوپی (مقیاس‌های nm,mm,A) مورد ارزیابی قرار می‌دهیم [۳].

۷-٤-۱ خودآرایی در مقیاس ماکروسکوپی

از خودآرایی ذرات بلور تا خودآرایی‌هایی که در مقیاس نجومی ایجاد می‌شود، همگی را می‌توان در این حوزه قرار داد [۱۲]. تشکیل بلور، تشکیل توده حباب‌ها، نمونه‌هایی خودآرایی در این مقیاس‌اند. همه‌ی انواع نیروهایی که در قسمت ۷-۲ بیان شد را می‌توان به عنوان منشأ خودآرایی در این مقیاس در نظر گرفت.

۷-٤-۲ خودآرایی در مقیاس‌های میکروسکوپی

مقیاس‌های میکروسکوپی شامل مقیاس‌های میکرونی و اتمی است. منظور از مقیاس‌های اتمی، مقیاس‌هایی در گستره‌ی نانومتر تا آنگستروم که ابعاد مولکول‌ها و اتم‌ها را شامل می‌شود. حیطه‌ی تخصصی فناوری نانو، ساختارها و سامانه‌هایی است که در ابعاد فضایی ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار دارند و فعالیت‌های این ساختارها در بازه‌های زمانی فمتو ثانیه (یک میلیونیم نانو ثانیه) به وقوع می‌پیوندد. این ساختارها، نظیر مولکول‌ها و ماشین‌های مولکولی فعال در سلول‌ها، یا خود به تنهایی می‌توانند مفید باشند و مورد استفاده قرار گیرند و یا به عنوان جزئی از ساختارهای بزرگ‌تر، مانند سلول‌ها، که خود در بر گیرنده‌ی انواع نانو ساختارها هستند، فعالیت می‌کنند. پرسشی که بلافاصله مطرح می‌گردد آن است که اگر از مقیاس نانو می‌توان چنین بهره‌برداری نمود که با اتکا بر ساختارهای شکل‌یافته در این اندازه بتوان فناوری کاملاً جدیدی را به وجود آورد، چه مانعی بر سر راه ما قرار دارد که از مقیاس نانو باز هم کوچک‌تر برویم و مثلاً فناوری کوچک‌تری، یعنی پیکو فناوری، یا فناوری در مقیاس یک هزارم نانومتر، را مطرح نکنیم؟

کوچک‌سازی در ماورای مقیاس نانو ما را با مشکلی اساسی روبه‌رو خواهد کرد، زیرا اگر سنگ بنای نانوفناوری را تک اتم‌ها تشکیل می‌دهند که کوچک‌ترین آن‌ها، یعنی اتم هیدروژن، یک دهم نانومتر قطر دارد، سنگ بنای پیکو فناوری را ذراتی تشکیل خواهند داد که لزوماً می بایست در مقیاس‌های کوچک‌تر از اتم قرار داشته باشند، مانند الکترون‌ها، نوترون‌ها و پروتون‌ها. در این‌جا مشکل آن است که انرژی‌های لازم جهت ایجاد چنین ذراتی به طور طبیعی در سیاره ما یافت نمی‌شوند و باید با صرف انرژی‌های بسیار بالا چنین ذراتی را خلق کنیم. بنابراین، از این دیدگاه، فناوری نانو نقطه‌ی پایانی کوچک‌سازی است و مقیاس نانو اساسی‌ترین سطح سازماندهی و تشکیل ماده‌ی فیزیکی، ماده‌ی زیستی و ماده‌ی هوشمند است زیرا در این مقیاس است که از هم‌پوشانی اتم‌ها، مولکول‌ها (نانو ساختارها) و از هم‌پوشانی مولکول‌ها، سلول‌ها و در نهایت با تعامل و همپوشانی سلول‌ها، بافت‌ها شکل می‌گیرند.

منشاء نیروهایی که خودآرایی در این مقیاس ممکن می‌سازد، اغلب از نوع نیروهای بین مولکولی است. تشکیل پروتئین‌ها و DNA نمونه‌ای از خودآرایی در مقیاس نانو است.

منابع

۱. رفیعی تبار، هاشم؛ فناوری نانو و کاربردهای آن در پزشکی و داروسازی؛ مجله پژوهشی دانشکده پزشکی؛ سال ۲۹، شماره۲، صفحات ۱۱۱ تا ۱۱۵؛ تابستان ۸۴ .

۲. خلخالی، سید مرتضی و دانای طوسی، مریم؛ علم برای همه‌ی آمریکایی‌ها، پروژه ۲۰۶۱؛ مؤسسه پژوهشی برنامه‌ریزی درسی و نوآوری‌های آموزشی؛ تهران(۱۳۸۳).

3. G.M. Whitesides and B.Grzybowski, Self -Assembly at All Scales, Science, 295(2002), pp. 2418 - 2421.

۴. سایت باشگاه نانو: www.nanoclub.ir

۵. پروژه k-12 تایوان. ... www.nano.edu.tw

6.A.Pelesko, John; Self -Assembly: The Science of Things That Put Themselves Together; Taylor &Francis Group (2007)

۷. آموزش نانوتکنولوژی انگلستان www.britishcouncil.org

8. www.nano.org.uk

9.Wolfe,Daniel B., Aaron Snead, Chengde Mao, Ned B.Bowden, George M. Whitesides. "Mesoscale Self -Assembly:Capillary Interactions When Positive and Negative Menisci Have Similar Amplitudes." Langmuir (2003) 19:2206 -2214.

10.www.nanoform.org

11. Julyan H.E Cartwright and Antonio G Checa; The dynamics of nacre self -assembly, 2007

12.Mila Boncheva, Derek A. Bruzewicz, and George M: Millimeter-scale self -assembly and its applications, Department of Chemistry and Chemical Biology, Harvard University, 2003