



آب؛ از خوشه تا توده

زهرا توحیدی نافع
دانشجوی دکترای شیمی آلی

اشاره

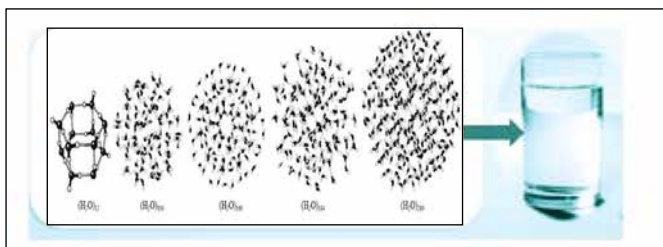
تالس، فیلسوف یونانی، حدود ۶۰۰ سال پیش از میلاد چنین ادعا کرد: آب ماده اصلی است و همه چیز از آن نشأت می‌گیرد. دویست سال بعد، ارسطو تصریح کرد افزون بر آتش، هوا و زمین، آب هم یکی از چهار عنصر اساسی است. امروزه آب به عنوان فراوان‌ترین مولکول روی کره زمین شناخته می‌شود و تقریباً ۷۰ درصد سیاره زمین را می‌پوشاند. آب عاملی مهم در فرایندهای زیستی است و حیات به شکلی که در کره زمین وجود دارد بدون آب غیر ممکن است. در نگاه اول آب ترکیبی ساده، شامل دو اتم هیدروژن و یک اتم اکسیژن به نظر می‌رسد. اما در مقایسه با ترکیبی مانند H_2S یا H_2Se که اتم هم گروهی آن یعنی گوگرد یا سلنیم به دو اتم هیدروژن متصل شده است، ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی نامتعارفی نشان می‌دهد. برای نمونه، هر دوی این ترکیب‌ها در دمای اتاق گاز هستند در حالی که مولکول آب که جرم مولکولی بسیار کمتری دارد، به شکل مایع است و نقطه جوش بسیار بالاتری (به ترتیب ۱۶۰ و ۱۳۹ درجه سلسیوس بیشتر) هم دارد. در توجیه این تفاوت چشم‌گیر، به وجود برهم‌کنش‌های دوقطبی-دوقطبی قوی بین مولکول‌های آب اشاره می‌شود که به علت استحکام بیشتری که در مقایسه با برهم‌کنش‌های مشابه دیگر دارند از آن به‌عنوان «پیوند هیدروژنی» یاد می‌شود. داستان ما به وجود این پیوندها مربوط است.

کلیدواژه‌ها: آب، خوشه‌های آب، پیوند هیدروژنی، تجمع‌های مولکولی

آب مولکول‌هایی اجتماعی دارد!

مولکول‌های آب با تشکیل پیوند هیدروژنی کنار یکدیگر قرار می‌گیرند و تجمع‌هایی با اندازه و شکل‌های گوناگون ایجاد می‌کنند. چگونگی قرار گرفتن مولکول‌ها در این تجمع‌ها توجه بسیاری از دانشمندان را به خود جلب کرده است. این پرسش مطرح است که آیا مولکول‌های آب زنجیروار و مانند ریسمانی بلند با یکدیگر پیوند دارند و در مجموع، توده آب را تشکیل می‌دهند یا مجموعه‌ای از

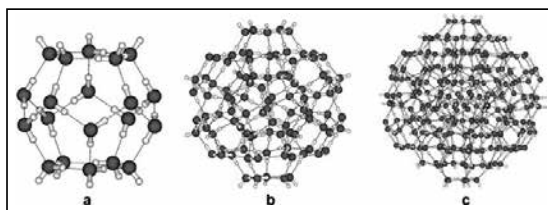
تجمع‌های غیرخطی به شکل‌ها و اندازه‌های گوناگون، توده آب را به وجود می‌آورند؟ بلور برف یکی از شگفتی‌های طبیعت است که نشان می‌دهد تنها از قرارگیری زنجیروار مولکول‌های آب در کنار یکدیگر توده آب به وجود نمی‌آید. بررسی‌ها نشان می‌دهد که به هنگام تشکیل بلور یخ، مولکول‌های آب با پیوندهای هیدروژنی، نخست یک تجمع شش ضلعی تشکیل می‌دهند و سپس با افزوده شدن مولکول‌های بعدی این شش ضلعی رشد می‌کند و بلورهای زیبایی یخ را ایجاد می‌کنند، شکل ۱.



▲ شکل ۳ مدلی فرضی در مورد تشکیل بلور برف از خوشه‌های آب

تمامی این پرسش‌ها در مورد چگونگی تشکیل برف، دانشمندان را به بررسی خوشه‌های آب سوق داده است. بنا به این بررسی‌ها، هر خوشه رفتاری متفاوت با خوشه دیگر، یا حتی متفاوت با توده آب دارد. برای نمونه، خوشه مکعبی شکل آب - که از هشت مولکول آب ایجاد می‌شود - گشتاور دوقطبی ندارد و برخلاف آب مایع، غیرقطبی است! این خوشه همراه نوعی خوشه آب که از چهار مولکول آب تشکیل می‌شود، جزء خوشه‌های پایدار و غیرقطبی آب هستند. در واقع، خوشه‌های چهارتایی^۱ و هشتتایی^۲ تنها خوشه‌هایی هستند که در دمای پایین در حلال‌های غیرقطبی تشکیل می‌شوند.

خوشه‌های آب بزرگ‌تر، از به هم پیوستن خوشه‌های پایدار و کوچک‌تر به وجود می‌آیند که در نهایت توده آب را تشکیل می‌دهند، شکل ۴.



▲ شکل ۴ نمایی از به هم پیوستن خوشه‌های آب به یکدیگر و تشکیل توده آب

بررسی‌ها در مورد خوشه‌های آب همچنان ادامه دارد، زیرا با پی بردن به ویژگی خوشه‌های آب به راحتی می‌توان به ویژگی‌های غیر عادی آن نیز پی برد.

* بی‌نوشت‌ها

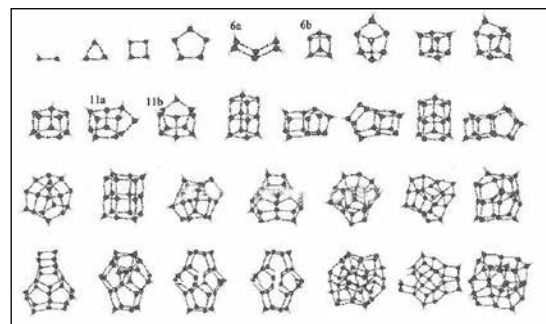
1. tetramer
2. octamer

دما، رطوبت و فشار هوا در چگونگی تشکیل بلور برف و شکل نهایی آن بسیار مؤثر است. تا به امروز بیش از ۱۲۰ شکل مختلف برای دانه‌های برف گزارش شده است. به راستی چرا و چگونه این عوامل بر شکل و رشد بلور یخ اثر می‌گذارند؟ بنا بر پژوهش‌ها، ساده‌ترین سامانه آب، خوشه‌های آب هستند که از اتصال مولکول‌های آب با کمک پیوند هیدروژنی ایجاد می‌شوند. این خوشه‌ها در شکل‌ها و اندازه‌های متفاوت شناسایی شده‌اند و هر یک از آن‌ها ویژگی‌های ساختاری و پایداری خاص خود را دارد، شکل ۲.



▲ شکل ۱ نمایی از برخی بلورهای شناخته شده برف

▲ شکل ۲ شماری از خوشه‌های کوچک شناخته شده



خوشه‌های آب در چند دهه گذشته بسیار مورد توجه شیمی‌دانان و فیزیک‌دانان بوده‌اند. بررسی تجربی خوشه‌های آب در فاز گازی، نیازمند تجهیزات ویژه و شرایط دشوار است، با این حال دانشمندان توانسته‌اند خوشه‌های آب را شناسایی کنند. همچنین مطالعات نظری بی‌شماری نیز در این زمینه انجام گرفته است. در این مطالعات چهره بندی و پایداری نسبی خوشه‌ها به دقت مورد بررسی قرار گرفته است. داده‌های حاصل از مطالعات تجربی و نظری نشان می‌دهند خوشه‌های آب در دماهای پایین تشکیل می‌شوند و با تغییر دما، ساختار و چهره بندی خوشه‌ها تغییر می‌کند. حال سؤال اینجاست که آیا می‌توان گفت هنگام تشکیل بلور برف این