



Normal koşullarda maddeler soğuduklarında yoğunlukları artar ve dibe çökerler. Isındıklarında yoğunlukları azalır. Fakat suda bir kuralsızlık var. Suyun en yoğun hali 4 °C'dir. Bu sıcaklığın altında veya üstünde yoğunluğu daha azdır. Oysa maddeler soğudukça yoğunlukları artıyordu. Bunun nedeni nedir?

Nehrin Kahraman / İSTANBUL

Isıyı atom ve moleküllerin mikroskobik hareketlerinin taşıdığı enerji, sıcaklığı da bu hareketin bir ölçüsü olarak düşünmek yerinde olur. Bir maddenin ısıtılması, atomların hareketinin, dolayısıyla sıcaklığın artmasıyla sonuçlanır. Bir katı ya da sıvıyı ısıttığımızda, artan mikroskobik hareket moleküllerin komşularıyla daha sık çarpışmalarına, bu da dolaylı olarak moleküller arası uzaklığın hafifçe artmasına neden olur. Böylece maddenin kapsadığı hacim artar, bir başka deyişle yoğunluk düşer.

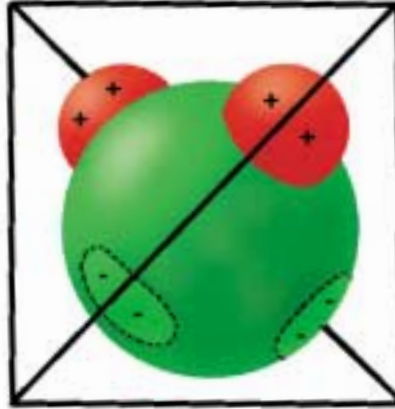
Katıların erimesinde de benzer bir durum söz konusu. Katıda, moleküller belli konumları işgal ederler ve bu konumlar etrafında sınırlı titreşim hareketi yaparlar. Katı madde ısıtılıp sıvı hale geçince, moleküller birbirleri etrafında uygun yollar bulup madde içinde değişik yerlere rahatlıkla gidebilirler. Bu ancak moleküllerin hareket edebilmek için diğer moleküller arasında yeterli boşluk bulmasıyla mümkün olabilir. Eğer böyle boşluklar yoksa erime gerçekleşmez. Bu nedenle, erime sırasında da maddenin hacmi bir miktar artar.

Hemen hemen bütün maddeler yukarıdaki kurala uyarlar. Peki su neden bu kurala aykırı? Temel fark su molekülünün yapısından kaynaklanıyor. Su molekülünün merkezinde bir oksijenin, iki köşesinde de hidrojen atomlarının bulunduğu bir düzgün dört yüzlüye (tetrahedron) benzetebiliriz. Moleküldeki H-O-H açısı, düzgün dört yüzlü için geçerli olan 109 dereceye yakın.

Molekülde hidrojenler, elektronlarını oksijenle paylaşarak kovalent bir bağ oluştururlar. Bunun sonucunda molekülün hidrojenli kısımları artı elektrik yüküne sahip olurlar. Hidrojenlerin bağlanması nedeniyle oksijenin bağ yapımına katkıda bulunmayan elektronları dört yüzünün boş olan köşelerine bakan özel konumlara kayarlar. Elektronların kuantum doğasının bir sonucu olan bu yerleşme sonucu bu bölgeler eksi yüklü hale geliyor. Sonuçta su molekülünü biraz basitleştirip, dört köşesinden ikisi artı, diğer ikisi eksi yüklü olan bir düzgün dört yüzlü olarak düşünebiliriz.

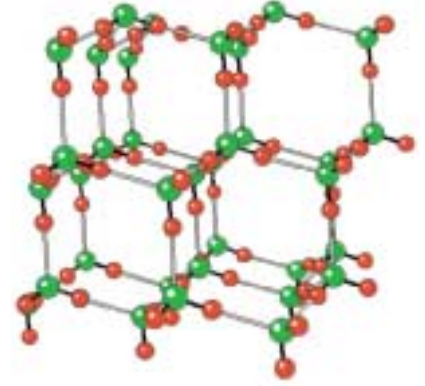
Suyun bu polar (kutupsal) yapısı, iki farklı molekül arasında bir etkileşim olduğu anlamına geliyor. Oksijenin eksi yüklü bölgeleri, diğer moleküldeki artı yüklü hidrojenleri çekerler. Eğer bu etkileşim moleküller arasında kalıcı bir bağ oluşturuyorsa, buna "hidrojen bağı" deniyor. Hidrojen bağı kovalent bağa göre oldukça zayıf olmasına karşın, bu bağlar buzun erime ısısının ve suyun ısı sığasının diğer maddelere göre daha yüksek olmasından sorumlu. Yani bize göre oldukça güçlü bir bağ.

Su katılaştığında, molekülleri oldukları yerde tutmaya çalışan kuvvet bu hidrojen bağlarından kaynaklanıyor. Buzun en sık rastlanan kristal yapısı şekilde gösteriliyor. Bu yapıda su moleküllerinin sadece 4 yakın komşusu var. Yakın komşu iki oksijen atomu arasında sadece bir hidrojen atomu bulunuyor. Bu hidrojen atomu oksijenlerden biriyle normal kovalent bağ yapıyor, diğeriyle de hidrojen bağı. Bu yapının en önemli sonucu, ağ örgüsünde büyük boşluklar ortaya çıkması. Buzun olağan dışı davranışından işte bu boşluklar sorumlu.



Buz ısıtılıp moleküler hareket arttığında, su molekülleri yerlerinde dönmeye çalışarak hidrojen bağlarının gittikçe zayıflamasına neden olurlar. Bununla beraber, moleküller ortada bulunan boşluktan daha fazla yararlanma imkanına kavuşurlar. Bu nedenle diğer katılarda olduğu gibi moleküllerin birbirlerine çarparak kendilerine fazla yer açmaları yerine var olan boşlukları kullanmaları söz konusu. Moleküller boşlukları daha fazla kullanmaya başladıklarında, ortaya molekül başına düşen hacmin gerekenden fazla olduğu bir durum çıkıyor. Bu nedenle, ısınan buz genişliyor.

Aynı şekilde buzun erimesiyle beraber bütün su molekülleri serbestçe hareket ederek var olan bu boşlukları büyük oran-



da doldurmaya başlıyorlar. Erime, yapının tamamen çökmesine yol açıyor. Bu da hacmin büyük oranda azalmasına, yani yoğunluğun artmasına neden oluyor.

Fakat olay burada bitmiyor. Sıvı hale geçen suyu ısıtmaya devam ettiğimizde 4 °C'ye kadar hacim küçülmeye devam eder. Madde sıvılaştığına göre artık diğer sıvılar gibi davranması gerekmez mi?

Burada biraz daha değişik bir olay söz konusu. Normalde, örneğin 1 °C sıcaklığa sahip bir maddede, maddenin her noktası aynı sıcaklığa sahipmiş gibi düşünürüz. Gerçekten madde içindeki değişik bölgelerin sıcaklıklarında küçük oynamalar olur. Kısa bir süre mikroskobik ölçekte bir bölge biraz ısınır ya da biraz soğur. Mikroskobik hareket sonucu her maddede doğal olarak var olan bu oynamalar, donma noktasına yakın bir sıvının kısmen katı maddenin özelliklerine sahip olmasına neden olur. Böyle bir durumda sıvıyı, birbirinden bağımsız hareket eden moleküller yerine, bir grup olarak hareket eden, sık sık ortaya çıkan molekül öbekleri şeklinde algılamak yerinde olur.

Su için bu tip küçük buz öbeklerinin ortaya çıkması, sıvı maddenin gerekenden daha fazla hacme sahip olması anlamına geliyor. Suyun sıcaklığı artırıldığında, sıcaklık oynamalarının devam etmesine karşın, donma noktasından uzaklaştığı için öbekler daha az ortaya çıkar. Bu nedenle sadece küçük bir sıcaklık aralığında (0-4 °C arasında) suyun katı formu olan buza benzer bir davranış gösteriyor.

Kısacası, su ve buzun bir sıcaklık aralığında ısınmayla yoğunluğunun artması tamamen su molekülünün polar yapısının sonucu. Aynı polar yapı, suyu bizim için vazgeçilmez kılan temel özellik. Ancak bu sayede bir çok madde suda çözünebiliyor ve ancak bu sayede kanımızdaki su taşıyıcı bir sıvı olarak görev yapabiliyor.