



### Cam neden katı madde değildir? Mert Uçar

Bu soruyu hayatında en az bir defa kazara bir camkana çarpmış birine sormak lazım. Bu tecrübeyi yaşamış biri olarak, kendimi kesin kararı açıklamaya yetkili görüyorum: Cam katı bir maddedir.

Şaka bir yana, “cam katı mıdır yoksa sıvı mı?” sorusuna değişik insanlar değişik yanıtlar veriyor. Sıvı olarak düşünülmesinin temel nedeni camların üretim aşamasında “donma” olarak adlandırdığımız faz değişimini yaşamaması.

Öncelikle sıvı ve katı terimlerinin tanımlarını hatırlayalım. Sıvılar içine konduğu kabın şeklini alır. Katılırsa hangi kaba koyarsanız koyun şekillerini korurlar. Bu tanımlarda dikkatimizi çekmesi gereken nokta zamandan hiç bahsedilmemesi. Gliserin ve bal gibi yavaş akan sıvıları düşünün. Oldukça kıvamlı bir baldan bir miktarını bir kaba koyduğunuzda, balın kaba düzgün yayılması bir kaç saat alabilir. Peki, çok daha kıvamlı bir maddenin akarak kabın şeklini alması için daha uzun bir süre beklemek gerekiyorsa, örneğin milyonlarca yıl gibi, bu durumda o maddeyi nasıl sınıflandıracamız?

Çoğunuz balın soğuduğunda daha kıvamlı hale gelerek daha yavaş aktığını gözlemlemiştir. Camların da akışkanlıkları soğuduklarında azalır. Üretim aşamasında cama şekil verilirken bu özellik oldukça yararlıdır. Önce cam kolayca şekil verilebilecek kıvama gelinceye kadar ısıtılır, sonra da aldığı şekli koruması için soğutulur. Soğutma işlemi camın akışkanlığını önemli ölçüde azaltır, fakat tamamen durdurmaz.

İşte tam bu noktada cam ile diğer sıvılar birbirinden ayrılıyor. Örneğin, balı çok soğutursanız belli bir sıcaklıkta kristalleşmeye, yani katı faza geçmeye başlar. Bu, suyun donarak buz haline geçmesiyle aynı olay. Bir sıvı bu şekilde katılaştıktan sonra da, tüm moleküller katı içinde sabit konuma



geçtikleri için, akışkanlık tamamen durur. Buna karşın camlarda bu donma olayına hiç bir zaman rastlanmaz. Bu nedenle, üretim aşamasından oda sıcaklığına kadar soğutulan camların akışkanlığının oldukça azaldığı, ama hiç bir zaman sıfırlanmadığı iddia ediliyor. Yani bu yoruma göre, bir kaba konulan cam parçalarının milyonlarca yıl sonra, belki de çok daha uzun bir süre geçtikten sonra kaba düzgün yayılıp kabın şeklini alması beklenir. Bu tartışmanın pratikten çok, kuramsal boyutu olduğu sanırsam açık.

Peki cam neden donmaz? Donma olayının iki temel özelliği var. Birincisi hareketli moleküllerin artık hareket edemez duruma gelip yerlerinde sabit kalması, ikincisi de bu moleküllerin “kristal yapı” olarak adlandırdığımız düzen içinde yerlerini alması. Doğadaki hemen hemen her katı madde böyle bir kristal yapıya sahip. Donma, ortamda bulunan bir kristale diğer moleküllerin eklenmesi, böylece kristalin büyümesi sonucu gerçekleşiyor. Ama eğer sıvı molekülleri, üzerine düzgün eklenecekleri bir kristal çekirdeği bulamazlarsa donma gerçekleşmez. Bu olaya “aşırı soğuma” deniyor. Örneğin su -20°C'ye kadar aşırı soğutulabilir.

Cam da aşırı soğutulmuş bir sıvı. Örneğin, kum, kireç ve karbonat eriyiğinden elde edilen camın normal donma sıcaklığı 800°C kadar, fakat karışım 500°C'ye kadar sıvı özelliğini kaybet-

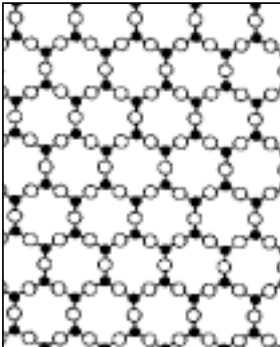
meden aşırı soğutulabiliyor. Bunun da temel nedeni eriyik içinde büyüme çekirdeği niteliğinde kristallerin oluşmaması, daha doğrusu bu tip çekirdeklerin oluşmasının ve büyümesinin uzun zaman alması. Yani, karışım uzun bir süre bu sıcaklıklarda bekletiliyor olsa, eninde sonunda kristalleşip katı faza geçer. Camlara işte bu sıcaklık aralığında şekil veriliyor.

Peki, bu tip aşırı soğutulan sıvıyı daha da soğutursanız ne olur. Su örneği için cevap basit. Suyun içinde herhangi bir yerde yeterli büyüklükte bir kristal oluştuğu anda, kristal çok hızlı bir şekilde büyür ve su bir saniye içinde tamamen buza dönüşür. Camlarda bu olmadı için, daha da soğutulduklarında, moleküllerin komşularıyla kalıcı bağlar kurup sabit konumlara yerleştikleri gözlemleniyor. Fakat, moleküllerin yerleştikleri konumlar kristallerdeki gibi düzenli değil, tamamen rasgele. Bu yapılara amorf diyoruz. Oda sıcaklığındaki camlar, molekülleri hareket etmeyen, fakat düzenli de durmayan bir yapıya sahip.

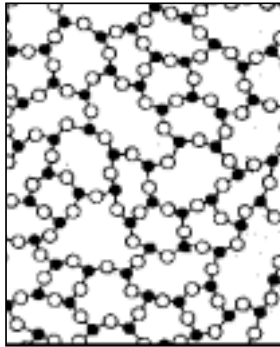
Moleküller yerlerinde sabit olduğu için camın akması gibi bir şey söz konusu olamaz ve bu nedenle oda sıcaklığındaki camlar da katılar gibi davranırlar. Örneğin, pencere camının ortasına bastırıldığında cam elastik olarak eğilir. Elinizi geri çektiğinizde tekrar eski halini alır. Böyle bir davranışa hiç bir sıvıda rastlanmaz; bu tamamen katılara özgü bir şey. Benim yaşadığım tecrübenin de açıklaması aynı.

Bu nedenle, bir çok bilim adamı camları “amorf katılar” olarak tanımlıyor. Peki bu son söz, bir kaba konan cam parçalarının, milyonlarca yıl sonra kaba düzgün yayılmasını engelliyor mu? Pek değil. Doğadaki katıların çoğunluğunun kristal yapıda olması, kristal yapının çok daha kararlı olduğunu gösteriyor. Bu anlamda, camın molekülleri de bağlarını bozup yeni bağlar kurarak bu daha kararlı kristal yapıya geçme eğilimindedir. Bu çok yavaş işleyen bir mekanizma; ama ne kadar yavaş olsa da, moleküller arası bağlar yeniden kurulurken, makroskopik maddenin şeklini değiştirmesi ve kaba düzgün yayılma eğilimi göstermesi mümkün. Ama, yukarıda da belirttiğimiz gibi, bu, pratikte ölçülemeyecek kadar küçük bir hareket olacaktır.

Son olarak, uzun yıllar önce yapılmış camların, “sıvı akışından dolayı” şekil değiştirdiği ve akma belirtileri gösterdiği gibi şeyler duyarsanız inanmayın. Uzmanlar, bu camlarda görülen düzensizliklerin daha çok geçmişteki cam üretim tekniklerinin yetersizliğinden kaynaklandığını, yukarıda anlattığımız konuyla ilgisi olmadığını düşünüyorlar.



Kristal yapı



Camların amorf yapısı