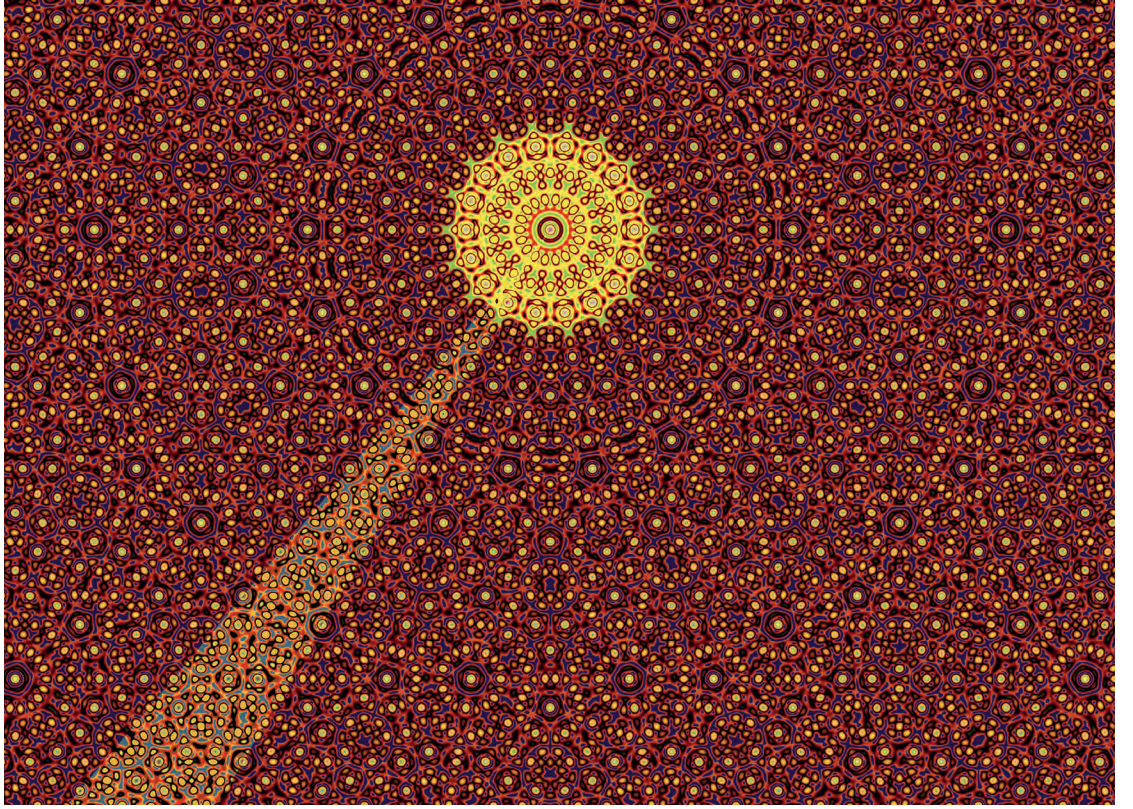


Doğal Kristalimsiler

Kristalimsi malzemeler, sıradan kristaller için mümkün olmayan dönme simetrilerine sahip malzemelerdir. Geçmişte laboratuvar ortamında üretilebilen bu katıların doğal süreçler sonucunda oluşmasının imkânsız olduğu düşünülürdü. Ancak 2000'li yılların sonlarına doğru bir meteoritin içinde kristalimsi yapılar bulunmasından sonra bilim insanlarının düşüncesi değişti. Laboratuvar ortamında yapılan son çalışmalar, Asteroit Kuşağı'nda meydana gelebilecek çeşitli çarpışmalar sonucunda kristalimsi katıların oluşabileceğini gösteriyor.



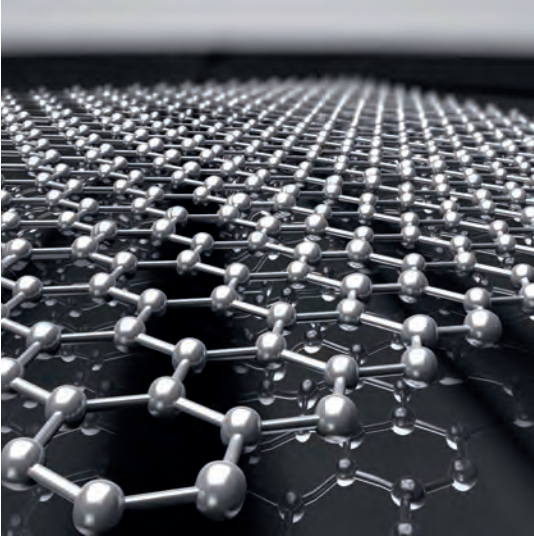
Kristalimsi katılar, sıradan kristaller için mümkün olmayan dönme simetrilerine sahiptir. Ancak kristalimsi katılardaki atomların dağılımı düzensizdir.

Kristalli katıların atom ölçeğindeki yapısı hem düzenlidir hem de periyodiktir. Belirli geometrik yapıya sahip üç boyutlu birimler, her yönde defalarca kendilerini tekrar eder. Bu durum kristalli katıların çeşitli dönme simetrilerine sahip olduğu anlamına gelir. Örneğin dördü dönme simetrisine sahip bir kristalde özdeş atomlar bir karenin köşelerinde bulunur. Bu yapı, karenin merkezinden geçen ve kare düzlemine dik bir eksen etrafında $360/4=90$ derece döndürülürse görünümü değişmez. Altılı simetriye sahip bir kristaldeyse özdeş atomlar bir eşkenar altıgenin köşelerinde bulunur.

Bu yapı, altıgenin merkezinden geçen ve altıgen düzlemine dik bir eksen etrafında $360/6=60$ derece döndürülürse görünümü değişmez. Bu kareleri ve altıgenleri art arda ekleyerek hem periyodik hem de düzenli kristal yapı malzemeler elde etmek mümkündür.

Bir kristalin sahip olabileceği dört ayrı dönme simetrisi vardır: ikili, üçlü, dördü ve altılı. Diğer simetrisel malzemeler mümkün değildir. Örneğin beşli dönme simetrisine sahip bir kristal olamaz. Çünkü eşkenar beşgenleri art arda ekleyerek düzenli ve periyodik bir yapı elde etmek mümkün değildir.

1984 yılına kadar sadece kristalli katıların düzenli yapıya sahip olduğu biliniyordu. Ancak o yıl Princeton Üniversitesi'nde çalışan fizikçi Paul Steinhard katıların belirli koşullar altında ikili, üçlü, dörtlü ve altılı simetriden başka simetrilere de sahip olabileceğini öne sürdü. Aynı yıl İsrail Teknoloji Enstitüsü'nden Dan Shechtman beşli simetriye ve kristal benzeri yapıya sahip bir malzeme üretmeyi başardığını açıkladı. Bu tür malzemeler günümüzde kristalimsi katılar olarak adlandırılıyor.



Kristalimsi yapının kristal yapıdan temel farkı periyodik olarak kendini tekrar eden birimlerden oluşmamasıdır. Örneğin beşli simetriye sahip kristalimsi bir malzemeyi belirli bir eksen etrafında $360/5=72$ derece çevirirseniz yine aynı şekilde görünür. Ancak böyle bir malzeme, art arda eklenmiş eşkenar beşgenlerin köşelerinde bulunan özdeş atomlardan oluşmaz. Kristalimsi yapı büyüdükçe atomların dizilişi değişir.

Geçtiğimiz otuz yılda araştırmacılar kristalimsi katıların nasıl üretilebileceğiyle ilgili çok sayıda çalışma yaptı ve 100'ün üzerinde farklı türde kristalimsi malzeme elde etmeyi başardı. Ancak 2000'lerin sonlarına gelindiğinde hâlâ hiçbir doğal kristalimsi malzeme keşfedilememişti. Bu durum kristalimsi malzemelerin doğada kendiliğinden oluşmasının imkânsız olduğunu düşündürüyordu. Zaten laboratuvar ortamında üretilen kristalimsi malzemelerin büyük çoğunluğu tam olarak kararlı değildi. Bu malzemelerin içindeki atomların daha kararlı bir biçimde yeniden düzenlenmesi, dolayısıyla malzemenin kolaylıkla daha kararlı malzemelere dönüşmesi mümkündü. Ancak 2000'li yılların sonlarına doğru Paul Steinhard ve Floransa Üniversitesi'nde çalışan Luca Bindi doğal kristalimsi malzemelerin bilinen ilk örneğini keşfetti.

Rusya'daki Koryak Dağları'ndan toplanan bir meteoritin parçalarının birinin içinde kristalimsi yapılar bulundu. Khatyrka meteoriti olarak adlandırılan bu taştaki alüminyum, bakır ve demir atomları içeren mineral beşli simetriye sahipti. 2015 yılında yine aynı meteoritin başka bir parçasında ikinci bir kristalimsi yapı daha keşfedilince, doğal kristalimsi malzemelerin oluşmasının imkânsız olmadığı ancak bu malzemelerin çok nadir bulunduğu anlaşıldı.

Khatyrka meteoriti mikro ölçekte incelendiğinde Dünya'ya düşmeden önce yaşanmış büyük bir çarpışmanın izleri görülüyordu. Böyle çarpışmalar özellikle Asteroit Kuşağı içinde çok sık yaşanır ve yüksek miktarda enerji yayılır. Bu bulgudan yola çıkan Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü jeoloji profesörü Paul Asimow ve çalışma arkadaşları, iki göktaşının çarpışması sırasında yayılan yüksek miktarda enerjinin hızlı bir sıkışma, ısınma, genişleme, soğuma döngüsüne sebep olarak kristalimsi yapıların oluşumunu tetiklediği hipotezini ortaya attılar.

Asimow ve arkadaşları düşüncelerini sınamak için laboratuvar ortamında deneyler yaptı. İçinde Khatyrka meteoritinde bulunan mineraller olan çelik kutular saniyede 1 kilometre hızla çarpıştırıldıktan sonra minerallerde meydana gelen değişimler incelendi. Sonuçta birkaç bölgede mikro büyüklükte kristalimsi yapılar oluştuğu görüldü. Bu deneysel veriler Asteroit Kuşağı'ndakine benzer büyük çarpışmaların sonucunda doğal kristalimsilerin oluşabileceği düşüncesini destekliyor. Ancak bu sonuçların elde edilmesinde çarpışmalarda kullanılan minerallerin bileşiminin Khatyrka meteoritinde bulunan minerallerle aynı olmasının önemli olduğunu belirtelim. Şu an için kristalimsi yapının çarpışma sırasında hangi aşamada oluştuğu bilinmiyor. Araştırmacılar, gelecekte farklı bileşimlerde minerallerle deneyler yaparak doğal kristalimsilerin oluşması için gerekli koşullar hakkında bilgi edinmeyi planlıyor. Ayrıca bu deneyler sonucunda bugüne kadar bilinmeyen yeni kristalimsi maddelerin de keşfedileceği düşünülüyor.

Grafen altılı simetriye sahiptir. Karbon atomları eşkenar altıgenlerin köşelerinde bulunur (solda).



Beşli simetriye sahip bir kristalimsi yapı örneği

Çizim: Erhan Balıkcı

Kaynaklar

- Asimow, P.D., "Shock synthesis of quasicrystals with implications for their origin in asteroid collisions", *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1600321113>, 2016.
- Perkins, R., "Natural quasicrystals may be the result of collisions between objects in the asteroid belt", <http://phys.org/news/2016-06-natural-quasicrystals-result-collisions-asteroid.html>, 2016.