

# İki Boyutlu Malzemeler

Dr. Mahir E. Ocak [ TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

İçinde bulunduğumuz uzay üç boyutludur.

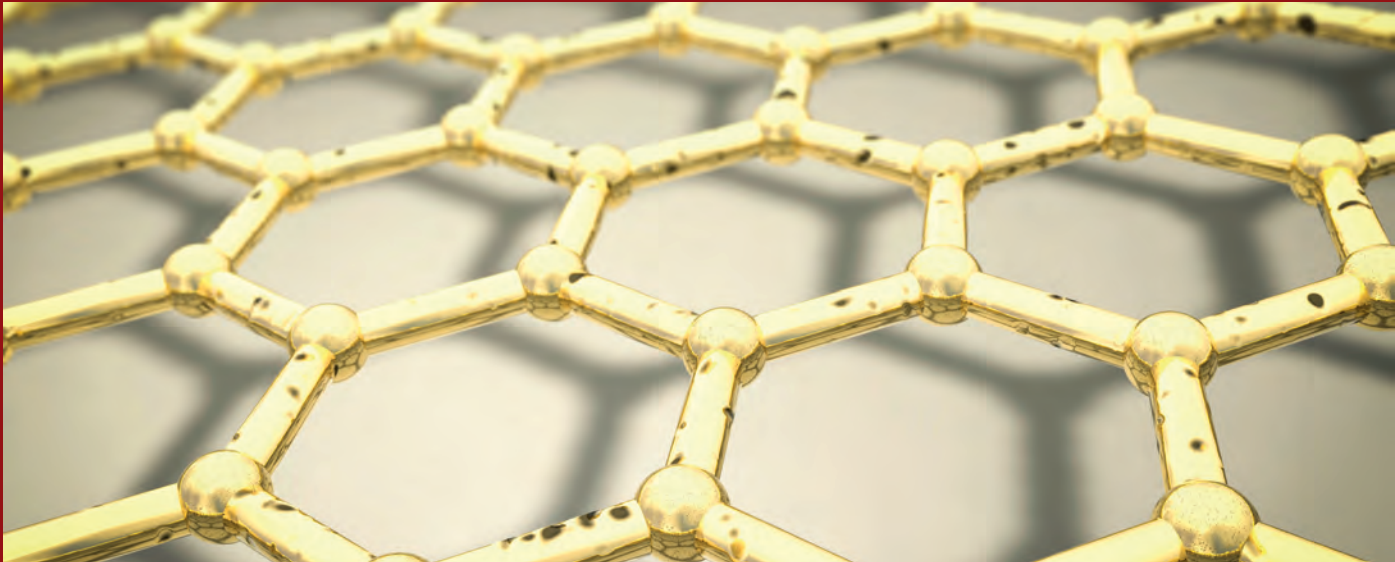
Atomların bir araya gelmesiyle oluşan katılar, sıvılar ve gazlar bu uzayda bir hacim kaplar. Günümüzün aktif araştırma alanlarından biriyse iki boyutlu ya da bir diğer adıyla tek katmanlı malzemeler.

**Bu malzemelerin yapısı kristalli katılarkine benzer. Ancak sıradan kristalli katılar gibi üç boyutlu değil, iki boyutludurlar.**

Kristalli katılarda atomlar uzayda bir hacim kaplayan üç boyutlu, düzenli bir yapı oluşturur. Malzeme çok katmanlıdır ve farklı katmanlar arasında güçlü ya da zayıf bağlar vardır. Örneğin karbon atomlarının bir araya gelmesiyle oluşan elmas ve grafit üç boyutlu kristalli

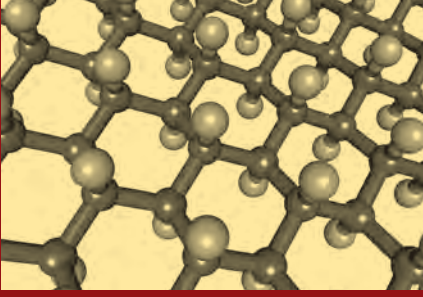
katıların örnekleridir. Hayli yumuşak bir yapısı olan grafitteki karbon atomları, katmanlar içinde birbirlerine altıgen oluşturacak biçiminde bağlanır. Malzemenin yumuşak olmasının sebebi farklı katmanlar arasındaki bağların zayıf olmasıdır.

## Grafenin yapısı





### Grafanın yapısı

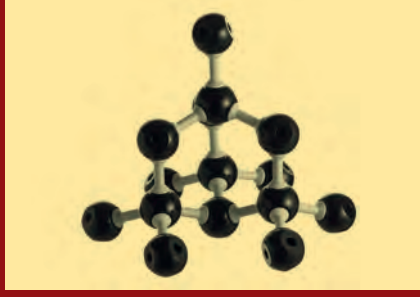


Doğadaki en sert malzemelerden biri olan elmastaysa bir katmandaki karbon atomları altındaki ve üstündeki katmanlarda yer alan en yakın dört komşusuyla güçlü bağlar kurar.

İki boyutlu malzemelerde de düzenli bir yapı vardır. Ancak bu malzemelerde atomlar tek bir katmanın içinde yer alır. Aralarında güçlü ya da zayıf bağlar olan farklı katmanlar yoktur. Örneğin karbon atomlarından oluşan grafen gibi.

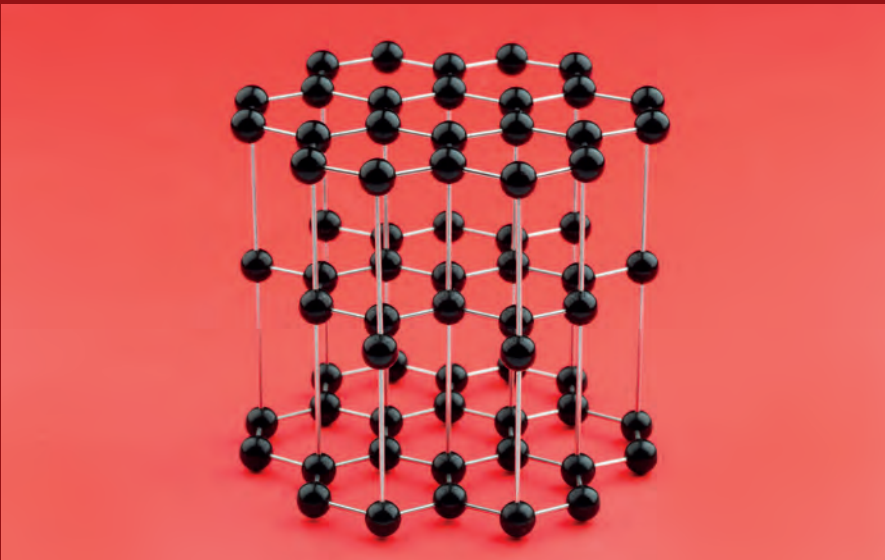
Bugüne kadar kuramsal yöntemlerle 700 civarında tek katmanlı malzemenin kararlı olduğu tahmin edildi. Bu malzemelerin bir kısmı da sentezlen-

### Elmasın yapısı



di. Tek katmanlı malzemelerin laboratuvar ortamında elde edilen ilk örneği grafendi. Andre Geim ve Konstantin Novoselov, 2004 yılında yapışkan bir bant kullanarak grafitten bir katman koparmış ve daha sonra bu katmanı bir silisyum plakanın üzerine aktarmışlardı. Geim ve Novoselov grafen üzerinde yaptıkları çığır açıcı çalışmalar sebebiyle 2010 yılında Nobel Fizik Ödülü'yle onurlandırıldılar. Laboratuvar ortamında elde edilmiş tek katmanlı malzemelerin diğer örnekleri arasında bor atomlarından oluşan borofen, germanyum atomlarından oluşan germanen ve bizmut atomlarından oluşan bizmuten sayılabilir. İki boyutlu bileşikler de vardır.

### Grafitin yapısı



Örneğin n çok büyük bir sayı olmak üzere,  $(CH)_n$  kimyasal formülüne sahip grafan, karbon ve hidrojen atomlarından oluşan bir bileşiktir.

Günümüzde iki boyutlu malzemelerden büyük ölçekte yararlanıldığı söylenemez. Ancak pek çok iki boyutlu malzeme üzerine araştırmalar yapılıyor ve sanayi ile teknolojiye büyük bir potansiyele sahip oldukları düşünülüyor. Örneğin üzerine en çok çalışma yapılan iki boyutlu malzeme olan grafen, aynı ağırlıktaki pek çok çelikten yüzlerce kat daha güçlüdür. Ayrıca bilinen en yüksek termal ve elektriksel iletkenliğe sahip malzeme de grafendir. Taşıyabildiği akım yoğunluğu bakırın taşıyabildiğinin bir milyon katı kadardır.

Kalay atomlarından oluşan stanen, kuramsal olarak kararlı olduğu tahmin edilmiş ancak henüz sentezlenmemiş tek katmanlı malzemelerden biridir. Stanenin topolojik yalıtkan olarak sınıflandırılan (gövdeleri yalıtkan, kenarları iletken olan) malzemelerin bir örneği olduğu düşünülüyor. Ayrıca stanen tahminlere göre  $NO_x$ ,  $CO_x$  gibi hava kirliliğine neden olan maddeleri yakalayıp ayrıştırabilecek kapasiteye de sahip.

Grafen ve stanen dışındaki diğer birçok tek katmanlı malzemenin de yarı iletken cihazlardan güneş gözelerine ve su arıtıcılara kadar pek çok teknolojiye yararlı olacağı düşünülüyor. Bugün için iki boyutlu malzemelerin kullanım alanlarını sınırlandıran en önemli etkenlerden biri, üç boyutlu malzemelerle birlikte kullanılmasının zorluğu. ■