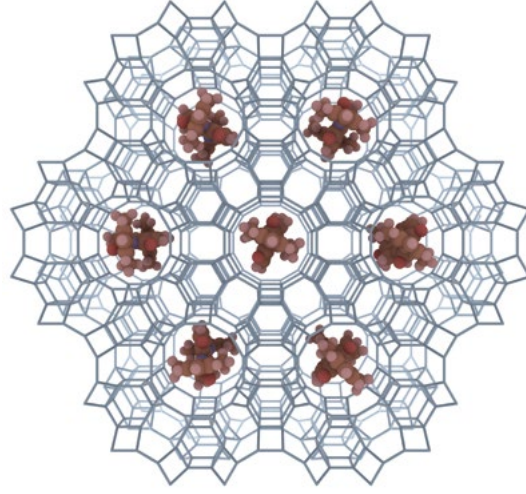


Boşluklu Sıvılar

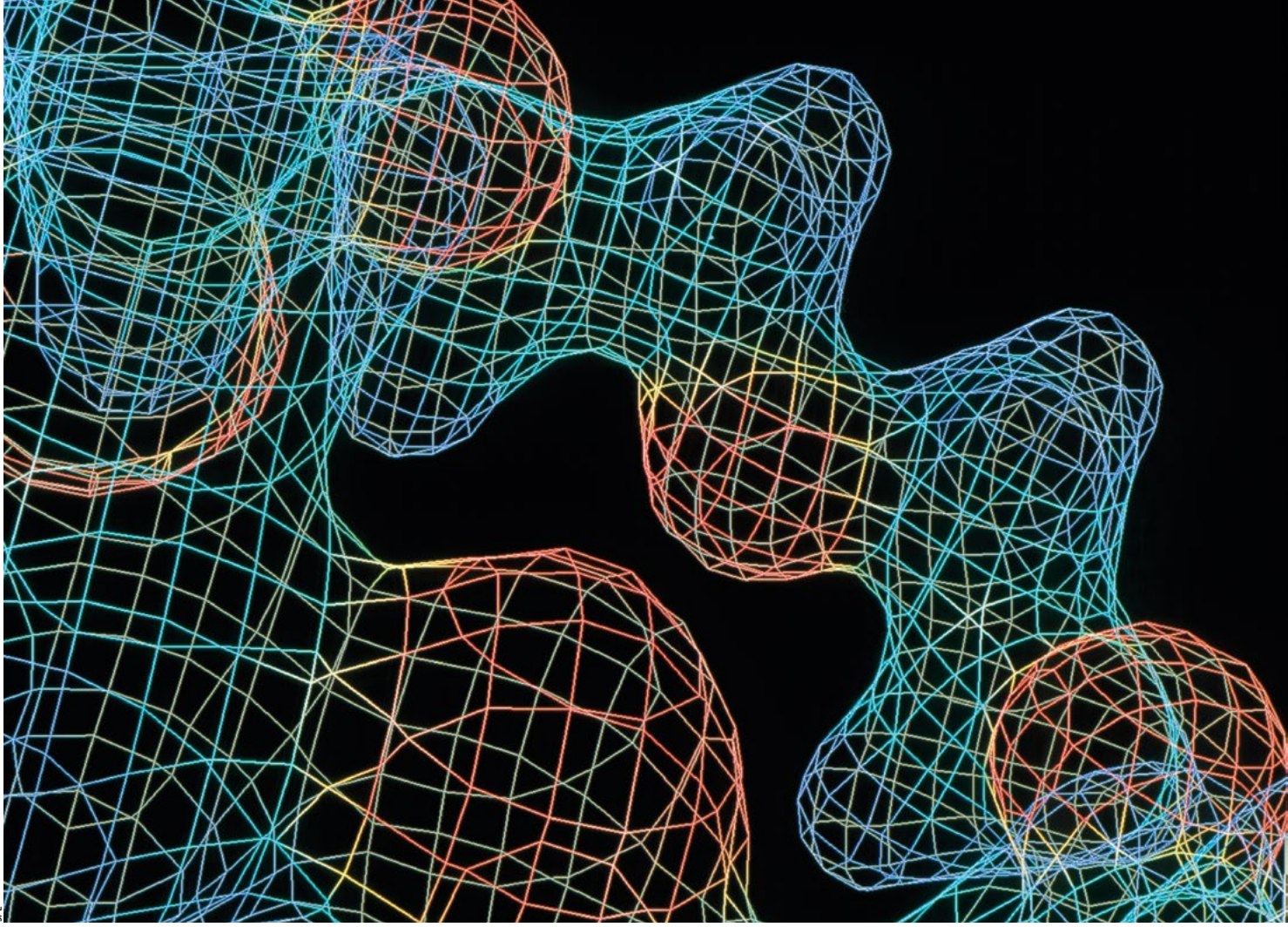


Uluslararası bir araştırma grubu, içerisinde kalıcı boşluklar bulunan bir sıvı malzeme geliştirdi. Sıvının içerdiği ve araştırmacılar tarafından özel olarak tasarlanan moleküller, yapıları sebebiyle içinde buldukları hacmin tamamını kaplayamıyor. Sıvı, içerisindeki kalıcı boşluklar sayesinde sıradan sıvılardan çok daha yüksek miktarda gaz soğurabiliyor.

Geliştirilen malzeme, gelecekte pek çok kimyasal sürecin daha verimli ve çevre dostu bir biçimde gerçekleştirilmesine imkân verebilir. Örneğin boşluklu sıvılar kullanılarak sanayi yan ürünü olan sera gazları depolanabilir ve böylece atmosfere karışmaları engellenebilir.

Z eolitler ve metal-organik kafes moleküller gibi, içerisinde kalıcı boşluklar bulunan katılardan pek çok kimyasal süreçte yararlanılıyor. Örneğin moleküllerin ayrıştırılmasında, katalizde ve hidrojen depolanmasında boşluklu katılar kullanılıyor. Bu malzemelerin sağlam yapısı, içerdikleri kalıcı boşlukların belirli bir şekle ve büyüklüğe sahip olmasına imkân veriyor. Ancak katı malzemeler, sanayide kullanılan pek çok teknolojiyle uyumsuz. Örneğin sirkülasyon sistemlerinde katı malzemeler kullanılmıyor. Bu bakımdan sıvı malzemeler, katılardan çok daha iyi. Ancak sıradan sıvılar akışkan bir yapıya sahip oldukları için kalıcı boşluklara sahip değiller. Moleküller arasında ufak boşluklar oluşsa bile bu boşluklar kısa süre içinde yok oluyor. Dr. Nicola Giri ve arkadaşlarının Prof. Stuart L. James önderliğinde geliştirdikleri sıvı malzemeye içerdiği kafes moleküller sebebiyle kalıcı boşluklara sahip.

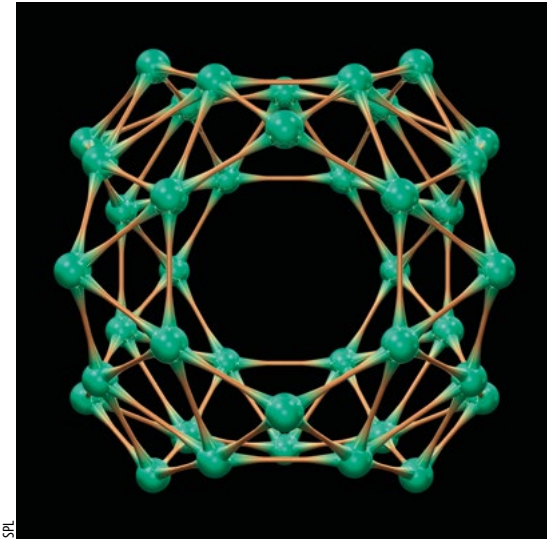
Organik kafes moleküllerin içinde bulunduğu çözücünün molekülleri çok büyük olduklarından, kafes moleküllerin içine girerek bu moleküllerin sebep olduğu boşlukları dolduramıyorlar. Dolayısıyla kafes moleküllerin içindeki hacim çeşitli maddeleri hapsedebilecek biçimde boş kalıyor. Böylece içerisinde sıradan sıvılardan yüzlerce kat daha fazla boşluk bulunan bir malzeme ortaya çıkıyor. İçerdiği yüksek miktardaki kalıcı boşluk, sıvının makro ölçekteki özelliklerini de etkiliyor. Örneğin çözücünün içine organik kafes moleküller eklenerek kalıcı boşluklar oluşturulduğunda metan gazının çözünürlüğü sekiz kat artıyor.



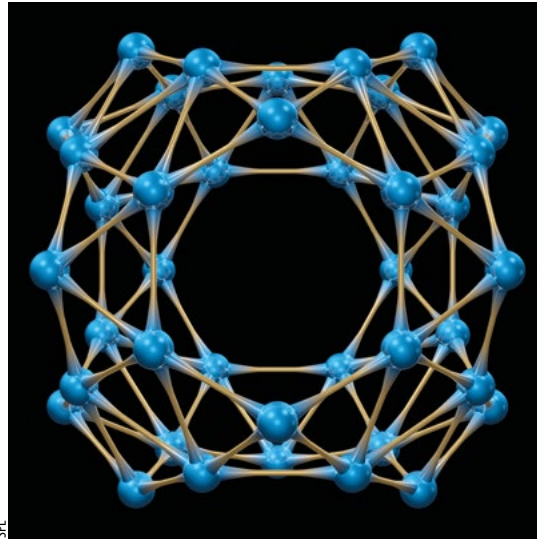
Bir tür taç-eter

Geliştirilen sıvının yüksek miktarda gaz çözebilmesinin temel nedeninin, çözücü moleküllerinin organik kafes moleküllerin içine girememesi olduğu söylenebilir. Kuramsal tahminler bir maddenin bir sıvı içerisindeki çözünürlüğünü o maddeyi içine alabilecek boş hacimler yaratmak için gerekli iş miktarı ile ilişkilendirilir. Boşlukları yaratmak için ne kadar çok enerji gerekiyorsa çözünürlük o kadar düşüktür. Araştırmacılar da gazların sıvı içerisindeki çözünürlüklerini artırmak için bu durumdan yararlanıyor. Çözününün içine organik kafes moleküller eklendiğinde ve çözücü molekülleri kafes moleküllerin içine giremeyecek kadar büyük olduğunda kalıcı boşluklar oluşuyor. Dolayısıyla çözünen maddeleri içine alabilecek hacimler hiçbir enerji harcanmadan elde ediliyor. Böylece organik kafes moleküllerin içine sığabilecek büyüklükte moleküllerin sıvı içerisindeki çözünürlükleri artıyor.

Araştırmacılar deneylerde çözücü olarak 15-taç-5 olarak adlandırılan bir taç-eter kullanmış. Oda sıcaklığında sıvı halde bulunan bu maddenin molekülleri büyük, moleküllerin yüzey eğimleri ise düşük. Dolayısıyla moleküllerin tamamının ya da bir kısmının çözücüye eklenen organik kafes moleküllerin içine girmesi mümkün değil. Kafes moleküllerin merkezinde 5 Angström (1 Angström = metrenin on milyarda biri) çapında boşluklar var ve bu boşluklara 4 Angström çapında dört ayrı "pencereden" girilebiliyor. Maddelerin 15-taç-5 içindeki çözünürlüğünü artırmak için kafes moleküllerin dış kısımlarına altı taç-eter molekülü eklenmiş ve sonuç olarak oda sıcaklığında yoğunluğu çok yüksek olan bir çözelti elde edilmiş. Öyle ki çözeltide her bir organik kafes moleküle karşılık on iki 15-taç-5 molekülü var. Çözeltinin derişimi bu kadar yüksek olmasına rağmen sıvının oda sıcaklığındaki akışkanlığı görece yüksek.



Bir tür kafes molekülü



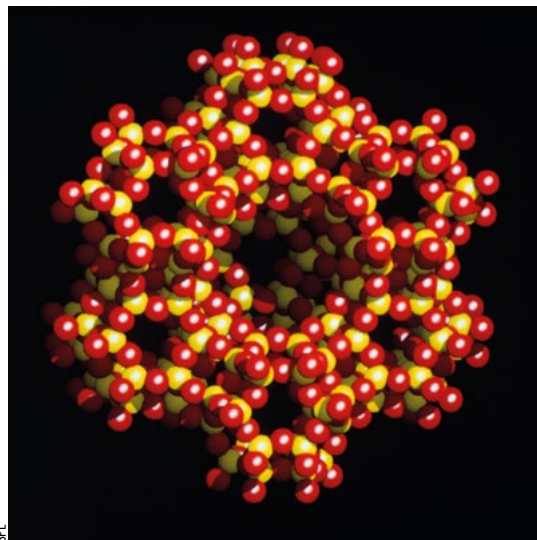
Bir tür kafes molekülü

Araştırmacılar deneyler sonucunda elde ettikleri çözünürlük verilerinin organik kafes moleküllerinin içindeki kalıcı boşluklardan kaynaklandığından emin olmak için çeşitli kuramsal hesaplar ve başka deneyler de yapmış. Moleküler dinamik benzetimler (klasik mekanik yasaları kullanılarak yapılan hesaplar) organik kafes moleküllerinin içindeki boşlukların beklendiği gibi çözücü molekülleri tarafından doldurulamayacağını gösteriyor. Ayrıca deneyler de kafes moleküllerinin içinin boş olduğunu doğruluyor. Hem kuramsal hesaplar hem de deneysel veriler, boşluklu sıvının, çapı 5 Angström'den küçük moleküllerin çözünürlüğünü, özellikle 70°C'nin altındaki sıcaklıklarda, büyük ölçüde artıracığına işaret ediyor.

Metanın geliştirilen sıvı içerisindeki çözünürlüğüyle ilgili moleküler dinamik hesapları, metan moleküllerinin büyük çoğunluğunun moleküller arasındaki geçici boşluklarda değil organik kafes moleküller içindeki kalıcı boşluklarda kendine yer bulacağını gösteriyor. Benzetimlere göre 350 Kelvin sıcaklık ve 1 atmosfer basınç altında çözeltiye eklenen metan moleküllerinin %70'i kafes moleküllerinin içine giriyor, yani moleküllerin merkezine 2,5 Angström'den daha kısa mesafede yer alıyor. Dolayısıyla, moleküler dinamik benzetimler, sıvı içerisinde kalıcı boşluklar oluşturarak görece yüksek miktarda metanı çözmenin mümkün olduğunu gösteriyor. Deneyler de bu durumu destekliyor. Araştırmacıların *Nature*'da yayımladığı makaleye göre metanın çözünürlüğü sekiz kat artıyor. Ayrıca azot (N₂), karbondioksit (CO₂) ve ksenon (Xe) gazları ile yapılan deneylerde de benzer sonuçlar elde ediliyor.

Özet olarak, kuramsal ve deneysel çalışmalar, içerisinde kalıcı boşluklar olan sıvılar elde etmenin mümkün olduğunu ve çeşitli maddelerin bu sıvıların içindeki çözünürlüğünün arttığını gösteriyor. Her ne kadar boşluklu sıvıların gaz soğurma kapasitesi boşluklu katılarla karşılaştırılabilecek düzeyde olmasa da bu malzemeler sanayide kullanılan pek çok teknolojiyle daha uyumlu. Ayrıca gelecekte gazların sıvılar içindeki çözünürlüğünden yararlanılan çeşitli alanlarda -örneğin gazların ayrıştırılmasında- kalıcı boşluklu sıvılar kullanılabilir.

Bir tür zeolit

**Kaynak**

- Giri, N., ve ark., "Liquids with permanent porosity", *Nature*, Cilt 527, s. 216, 2015.