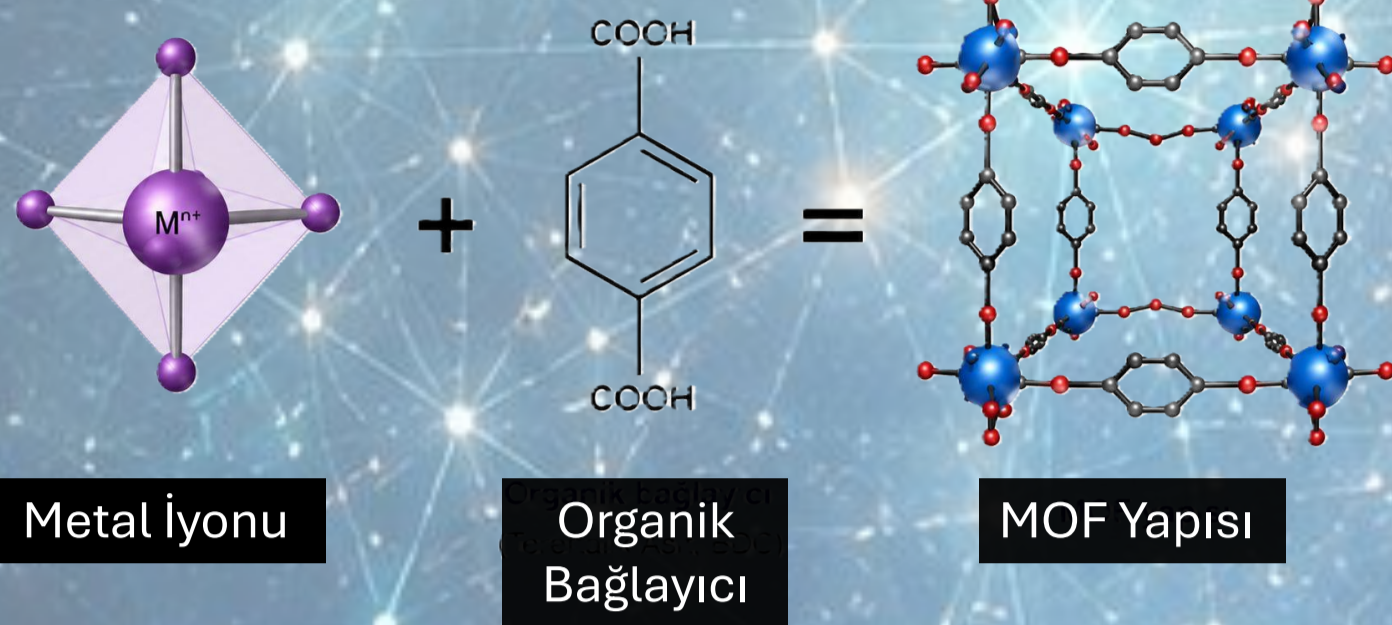
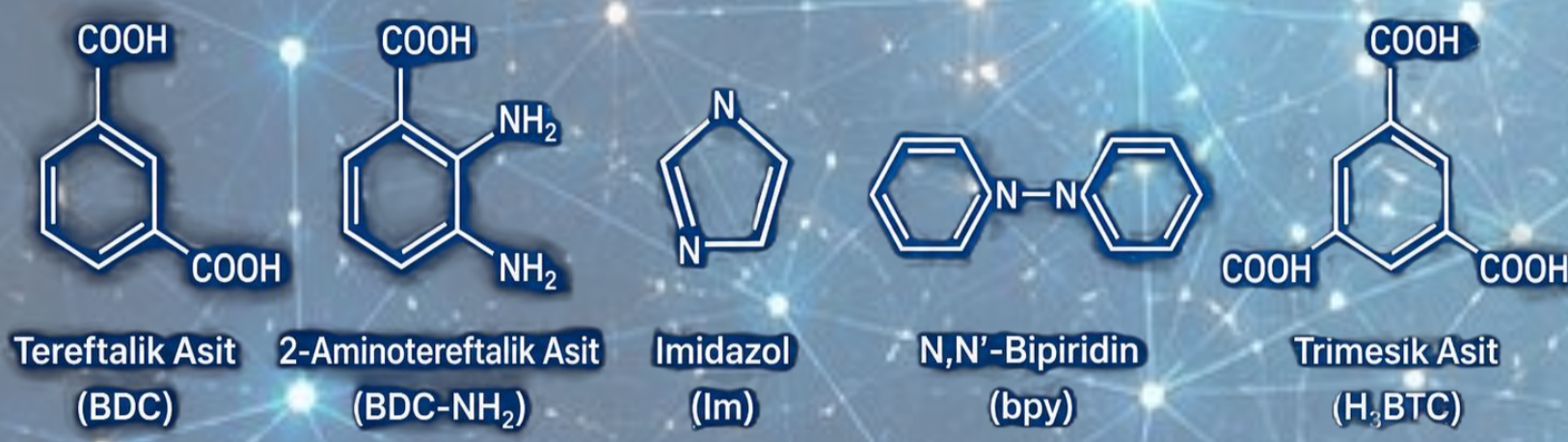


1. MOF NEDİR?

Metal iyonu veya metal kümeleri (düğüm) ile organik bağlayıcıların (ligandlar) koordinasyon bağlarıyla birleşmesi sonucu oluşan gözenekli, kristalin yapı malzemelerdir. Yüksek yüzey alanı, ayarlanabilir gözenek boyutu ve çok yönlü fonksiyonelliği sayesinde pek çok alanda üstün performans gösterir.



3. ORGANİK BAĞLAYICILAR



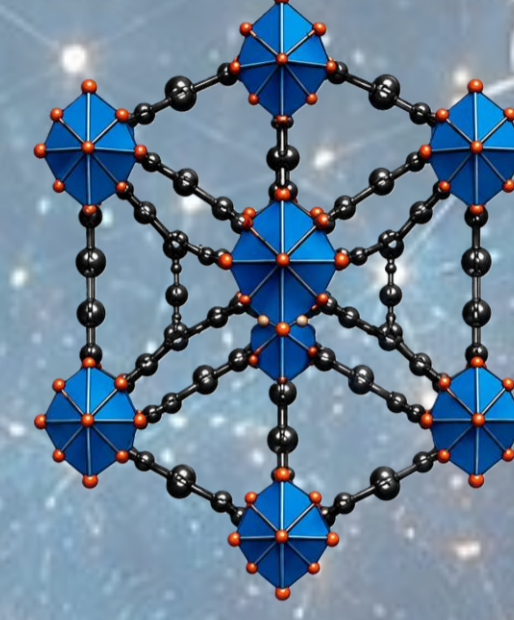
2. MOF'LERİN YAPISI

Metal Malzemeler:

Geçiş metalleri yaygın olarak kullanılır.

Koordinasyon Bağları:

Kararlı ve düzenli yapılar oluşturur.



Organik Bağlayıcılar:

Fumarat, imidazol, pirazin, bipiridin gibi ligandlar kullanılır.

Gözenekli Yapı:

Yüksek yüzey alanı ve ayarlanabilir gözenek boyutu sağlar.

4. SENTEZ YÖNTEMLERİ

- Solvotermal Sentez: En yaygın yöntemdir. Yüksek sıcaklık ve basınç altında çözeltilerin içinde sentezlenir.
- Mikrodalga Destekli Sentez: Hızlı ve enerji tasarruflu bir yöntemdir.
- Sano-Kimyasal Sentez: Kısa sürede homojen karışım ve küçük boyutlu kristaller elde edilir.
- Mekano-Kimyasal Sentez: Çözücüsüz, çevre dostu yöntemdir.
- Elektro-kimyasal Sentez: Elektrokimyasal akım kullanılarak MOF kaplamaları elde edilir.

5. MOF'LERİN GÜNLÜK HAYATTA UYGULAMA ALANLARI

1. Su Arıtma ve Arıtılmış Su Elde Etme

Ağır metal iyonlarını yüksek seçicilikle tutar. Pestisit, ilaç kalıntıları ve organik boyaları sudan uzaklaştırır. İçme suyu arıtımı, evsel atık su ve endüstriyel atık su arıtımında kullanılır. Tuz giderimi membranlarında performansı artırır. Geri dönüştürülebilir ve uzun ömürlü filtre malzemeleri oluşturur.

2. Enerji Üretimi ve Depolama

Hidrojen depolama, batarya ve süperkapasitörlerde yüksek kapasite ve verim sağlar. Lityum-iyon, sodyum-iyon ve akış pillerinde elektrot malzemesi olarak kullanılır. Güneş pillerivle yakıt hücrelerinde verimliliği artırır. Enerji dönüşümü ve depolama sistemlerinin verimliliğini artırır.

3. Gaz Depolama ve Ayırma

CO₂, CH₄, H₂ ve N₂ gibi gazların depolanması ve ayrılması için idealdir. Doğal gaz arıtma, biyogaz yükseltme ve endüstriyel gaz ayırma süreçlerinde kullanılır. Karbon yakalama ve sera gazı azaltımında önemli bir malzemedir. Endüstriyel gaz ayırma (O₂/N₂, C₂H₄/CO₂ vb.) süreçlerinde kullanılır.

4. İlaç Taşıma ve Sağlık

İlaç moleküllerini kontrollü şekilde taşıyarak hedefe yönelik tedavi imkânı sağlar. Kanser tedavisinde ilaçların sadece hedef hücrelere ulaşmasına yardımcı olur. Antibakteriyel ve antifungal özellikli MOF'ler enfeksiyonların önlenmesinde etkilidir. Görüntüleme ve tanı amaçlı uygulamalarda kontrast madde olarak kullanılabilir.

5. Gıda Güvenliği ve Ambalajlama

Gıdaların raf ömrünü uzatmak için nem, oksijen ve etilen gazını kontrol eder. Gıda ambalajlarında koku ve tat koruyucu özellik sağlar. Akıllı ambalaj teknolojilerinde bozulma göstergesi olarak kullanılabilir. Gıda katkı maddelerinin kontrollü salınımında kullanılır.

6. Koku, Nem Kontrolü ve Ev Yaşamı

Kokuları ve fazla nemi adsorbe ederek daha konforlu yaşam alanları sağlar. Evlerde nem alıcı cihazlarda, küf oluşumunu önlemede kullanılır. Kedi kumu, buzdolabı içi koku gidericiler ve dolap içi nem kontrol ürünlerinde yer alır. Evcil hayvan ortamlarında amonyak ve diğer zararlı gazların gideriminde etkilidir.

6. ÖNEMLİ MOF ÖRNEKLERİ



UiO-66 (Zr)

MIL-101 (Cr)

ZIF-8 (Zn)

HKUST-1 (Cu)

NU-1000

Yüksek kararlılık CO₂ yakalama ve taşıma

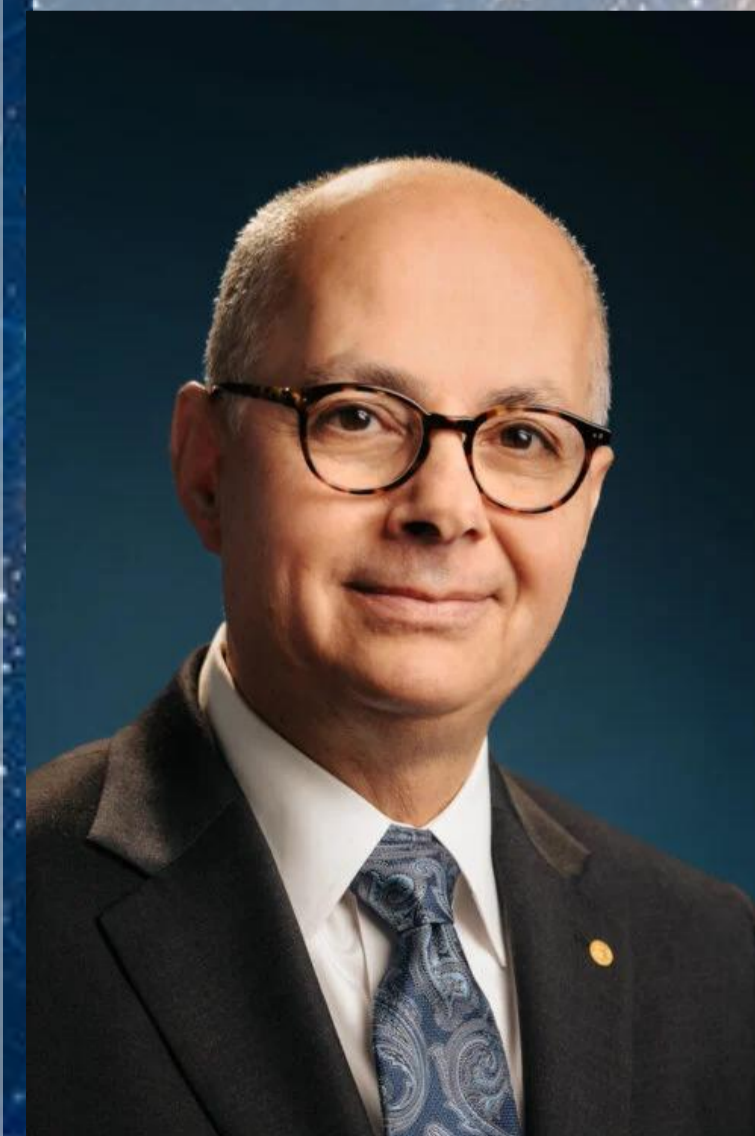
Çok yüksek yüzey alanı, su arıtma ve kataliz

Gaz ayırma ve hidrojen depolama

Kataliz ve gaz depolama sensör uygulamaları

Ultra yüksek yüzey alanı, kimyasal depolama

7. OMAR M. YAGHI VE MOF



MOF'ların milyonlarca gözenek içeren yapısını kullanarak havadan nemden içilebilir su elde edilmesini sağlayan sistemler geliştirmiştir. Gece boyunca havadaki su buharı MOF gözeneklerinde tutulur, gündüz güneşin verdiği hafif ısıyla su serbest bırakılır, yoğunlaştırılır ve sıvı su olarak toplanır. Herhangi bir su kaynağına ihtiyaç duymadan, yalnızca havadaki nem ve güneş ışığı kullanılarak su üretilebilmektedir. Bu teknoloji kurak bölgelerde yaşayan insanlar için büyük bir umut olarak görülmektedir. 2025 Nobel Kimya Ödülü'nü, MOF alanındaki öncü çalışmaları nedeniyle Susumu Kitagawa ve Richard Robson ile birlikte paylaşmıştır.

8. KAYNAKÇA

- Furukawa, H., Cordova, K. E., O'Keeffe, M., & Yaghi, O. M. (2013). The chemistry and applications of metal-organic frameworks. *Science*, 341(6149), 1230444.
- Li, J.-R., Kuppler, R. J., & Zhou, H.-C. (2009). Selective gas adsorption in metal-organic frameworks. *Chemical Society Reviews*, 38(5), 1477-1504.
- Horcajada, P., Chalati, T., Serre, C., et al. (2010). Porous metal-organic framework nanoscale carriers as a potential platform for drug delivery and imaging. *Nature Materials*, 9, 172-178.
- Kreno, L. E., Leong, K., Farha, O. K., Allendorf, M. D., & Van Duyne, R. P. (2012). Metal-organic framework materials as chemical sensors. *Chemical Reviews*, 112(2), 1105-1125.
- Yaghi, O. M., O'Keeffe, M., Ockwig, N. W., Chae, H. K., Eddaoudi, M., & Kim, J. (2003). Reticular synthesis and the design of new materials. *Nature*, 423(6941), 705-714.
- Kitagawa, S., Kitaura, R., & Noro, S.-I. (2004). Functional porous coordination polymers. *Angewandte Chemie International Edition*, 43(18), 2334-2375.