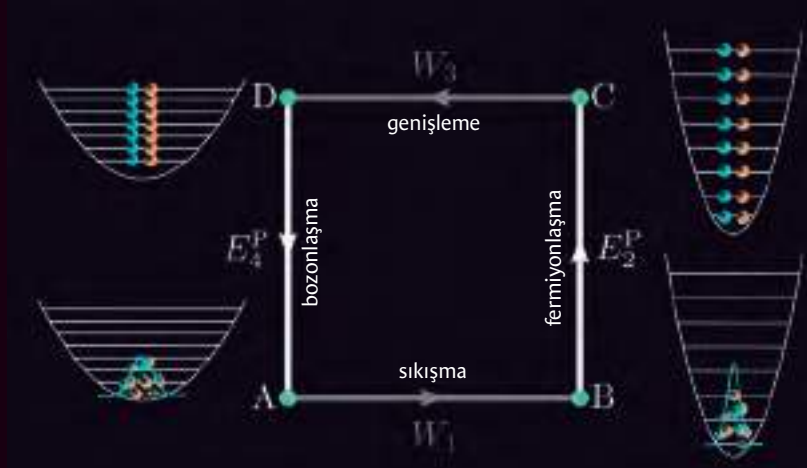


Kuantum Pauli Motoru

Fosil yakıtlarla çalışan araba motoru gibi pistonlu motorlar, ısı motorlarının bir örneğidir. Bu motorların çalışması dört aşamada gerçekleşir. İlk aşamada pistonun kapanmasıyla yakıt sıkıştırılır. İkinci aşamada yakıt ateşlenir ve yakıtta depolanmış kimyasal enerji açığa çıkar. Üçüncü aşamada piston açılır. Dördüncü aşamada sisteme yeniden yakıt yüklenir ve başlangıç durumuna geri dönülerek döngü tamamlanır. Kaiserslautern-Landau Üniversitesinden (RPTU) Jennifer Koch ve arkadaşları tarafından geliştirilen yeni kuantum motor da pistonlu motorlar gibi dört zamanlı. Ancak bu motorun işleyişinde ısı enerjisi rol oynamıyor. Sıkışma ve genişleme aşamaları arasındaki iki aşamada sistemin kuantum istatistiksel özellikleri değişiyor: sıkışmadan sonra bozonik parçacıklar fermiyonik parçacıklara, genişlemeden sonraysa fermiyonik parçacıklar bozonik parçacıklara dönüşüyor.

Bir sistemdeki parçacıkların kuantum istatistiksel özelliklerinin değiştirilmesine imkân veren ilk yöntem 2000'lerin başlarında geliştirilmişti. Kuantum Pauli motorunda da çok düşük sıcaklıklara soğutulmuş fermiyonik atomların manyetik alan aracılığıyla bozonik moleküller oluşturmaya zorlandığı



Kuantum Pauli motorunun çalışması dört zamanlı ısı motorlarına benziyor. Ancak bu motorda ısı açığa çıkmıyor. Motor, gücünü fermiyonların ve bozonların kuantum istatistiksel özellikleri arasındaki farktan alıyor.

bu yöntem kullanılıyor. Motoru çalışmaya hazır hâle getirmek için başlangıçta fermiyonik lityum-6 atomları aşırı düşük sıcaklıklara soğutulmuş bir optik, diğeri manyetik iki kapanla bir hacmin içine hapsediliyor. Daha sonra harici manyetik alan ayarlanarak iki atomlu bozonik moleküller oluşması sağlanıyor.

Motor, özetle şöyle çalışıyor: İlk aşamada gaz bulutu sıkıştırılıyor. İkinci aşamada bozonik moleküllerin fermiyonik atomlara parçalanması sağlanıyor. Üçüncü aşamada gaz bulutu genişliyor. Son aşamada ise yeniden bozonik moleküller oluşması sağlanarak döngü tamamlanıyor.

Deneysel motorun verimliliğinin %25 civarında olduğunu gösteriyor. Bu değer, sıkışma sırasındaki enerji değişimi ile genişleme sırasındaki enerji artışına bakılarak hesaplanıyor. Deneysel sırada atom bulutunu

soğutmak ve kapanın içinde tutmak için harcanan enerji ise hesaplara dâhil edilmiyor. Ayrıca, şimdilik atom bulutu her zaman için kapana hapsedildiğinden, motor esasen çevresi üzerinde iş yapmıyor. Dolayısıyla hesaplanan değer, hâlihazırda elde edilen değil, bir yolu bulunması hâlinde elde edilebilecek verime karşılık geliyor.

Kuantum Pauli motorundan şu an için pratik mekanik iş elde edilmese de kuantum termodinamiğin yakın gelecekte kuantum bilgisayarlar ve kuantum sensörler gibi teknolojilerin önemli bir bileşeni olması bekleniyor. Geliştirilen motorun işleyişini sıradan ısı motorlarına benzese de süreçte ısı enerjisi rol almıyor. Motorun işlemlerini sağlayan ana etkenin parçacıkların kuantum istatistiksel özellikleri olması, kuantum mekaniğinin günlük hayattan aşına olmadığımız sıra dışı özellikleri sayesinde verimli motorlar geliştirilebileceğini gösteriyor. ■

Kaynaklar

- Koch, J. ve ark., "A quantum engine in the BEC-BCS crossover", *Nature*, Cilt 621, p. 723, 2023.
- Genkina, D., "No-heat quantum engine makes its debut", *Physics World*, <https://physicsworld.com/a/no-heat-quantum-engine-makes-its-debut/>, 4 Ekim 2023.