

Uzay Laboratuvarı: ISS

Dr. Tuba Sarıgöl [TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi

Uluslararası Uzay İstasyonu (ISS), Dünya dışında inşa edilen insan yapımı en büyük nesne. Dünya'nın yüzeyinden ortalama 400 km yukarıda hareket eden ISS'deki faaliyetler ABD, Rusya, Avrupa, Japonya ve Kanada uzay ajanslarının iş birliği ile yürütülüyor.

ISS'te farklı alanlarda bilimsel deneylerin yapılmasına imkân sağlayan deney modülleri ve ekipmanları bulunuyor. Peki, Dünya'nın etrafındaki yörüngede dolanan bir uzay aracında deneyler yapılmasına neden ihtiyaç duyuldu?

Yeryüzündeki bütün canlılar ve nesnelere Dünya'nın kütle çekimi tarafından Dünya'nın merkezine doğru çekiliyor. Bu etkinin bilimsel araştırmalar üzerindeki rolünü ortadan kaldırmak isteyen araştırmacılar, kütle çekiminin etkilerinin en aza indirildiği ortamlarda -ağırlıksız ortam olarak isimlendirilir- deneyler yapıyor.



Ağırlıksız Ortam Nedir?

Dr. Mahir E. Ocak

İlk olarak ağırlıksız ortam ifadesi ile kastedilenin tam olarak ne olduğuna odaklanalım. Kütlenizi ölçmek için bir baskülün üzerine çıktığınızı düşünün. Yer çekimi sizi Dünya'nın merkezine doğru çeker. Baskül ise sizin yerin merkezine doğru ivmelenmenizi engeller. Siz baskülün üzerine ağırlığınız kadar kuvvet uygularsınız. Baskül de sizin vücudunuza eşit ama zıt yönlü bir kuvvet uygular. Baskülün sizin kütlenizi ölçmesini sağlayan, basküle etki eden ağırlığınızdır. Şimdi de baskülün üzerine bir ağırlık koyduğunuz ve boşlukta serbest düşmeye bıraktığınızı düşünün. Baskülün üzerinde herhangi bir değer okuyamazsınız. Çünkü ağırlık ve baskül, kütle çekimi etkisinde yerin merkezine doğru ivmelenirken birbirlerine kuvvet uygulamaz.



Genel görelilik kuramında “sadece” kütle çekimi etkisinde yapılan hareketler “serbest hareket” olarak adlandırılır. Serbest hareket eden nesnelere, kütle çekimi etkisiyle ivmeleniyor olsalar bile, üzerlerinde herhangi bir kuvvet hissetmez. Ağırlıksız ortam deneyleri ile kastedilen, nesnelere kütle çekimi altında serbestçe hareket edebildiği, kütle çekimi etkisindeki hareketlerinin başka nesnelere tarafından engellenmediği koşullar altında yapılan deneylerdir.

İdeal bir ağırlıksız ortam oluşturmak zordur. Ancak çeşitli ortamlarda ideale yakın koşullara yaklaşılabiliyor. Örneğin NASA Lewis Araştırma Merkezinde iki ayrı “serbest düşme” tesisi var. Deney ekipmanları, bu tesislerde, bir hava sürtünmesi kalkanının içinde çeşitli yüksekliklerden serbest bırakılıyor. İçinde buldukları kalkanla temas hâlinde olmadıkları için görece serbest bir biçimde hareket ediyorlar. Deney ekipmanları kulelerin altında yer alan hava yastıkları tarafından durdurulmadan önce, 132 metre yüksekliğindeki tesiste 5,2 saniye boyunca, 24 metre yüksekliğindeki tesiste de 2,3 saniye boyunca düşüyor. Yeryüzünde nesnelere en uzun süre ağırlıksız ortamda kalmasına izin veren tesis ise Japonya'da bulunuyor. Eski bir kömür madeninde bulunan 490 metre yüksekliğindeki kuyuda deney ekipmanları yaklaşık 10 saniye boyunca serbest düşüyor.

Uçaklarla da ağırlıksız ortam deneyleri yapılıyor. Parabolik rota takip eden uçaklarla yeryüzünün yaklaşık 10 kilometre yukarılarında 15-25 saniye ağırlıksız ortam deneyimlenebiliyor. Benzer biçimde parabolik hareket yapan sondaj roketleriyle de ağırlıksız ortam deneyleri yapılabiliyor. Uçaklara kıyasla çok daha yükseklere ulaşabilen bu roketler, yeniden atmosfere girip hava sürtünmesini hissetmeye başlamadan önce birkaç dakika boyunca serbest düşüyor.

Ağırlıksız ortam deneyleri için özel olarak kurulmuş, Dünya'nın etrafında dolanan uzay laboratuvarları var. ABD, Rusya, Kanada, Japonya ve Avrupa uzay ajanslarının iş birliğiyle kurulan Uluslararası Uzay İstasyonu'nda ve Çin'e ait Tiangong Uzay İstasyonu'nda çok uzun süreler boyunca devam eden ağırlıksız ortam deneyleri yapılabiliyor.

Tüm bu tesislerin, araçların ve laboratuvarların aslında Dünya'nın güçlü kütle çekiminin etkisi altında olduğunu bir kez daha söyleyelim. Yeryüzündeki yer çekimi ivmesi yaklaşık olarak $9,8 \text{ m/s}^2$ 'dir. Yaklaşık 400 kilometre irtifada dolanan uzay istasyonlarında bile bu değer sadece $8,7 \text{ m/s}^2$ 'ye düşer. Bu ortamların ne ölçüde ağırlıksız olduğu ne ölçüde serbestçe düşebildikleriyle orantılıdır. Örneğin parabolik hareket eden uçaklardaki deney ekipmanlarının maruz kaldığı kuvvet yeryüzünde hissettikleri yer çekimi kuvvetinin yüzde biri kadardır. Atmosferin dışına çıkan sondaj roketlerinde bu değer yüz binde bir kadar düşer. Uzay laboratuvarlarında maruz kalınan kuvvetse neredeyse sıfırdır.

Uluslararası Uzay İstasyonu'nda Deney Yapmanın Avantajları

Ağırlıksız ortam, birçok bilimsel süreci etkiliyor. Örneğin uzayda kemik yoğunluğu azalıyor. Bu durumun nedeninin ağırlıksız ortam koşullarında kemiklere etki eden yükün azalması nedeni ile kemik yapımından sorumlu osteoblast hücrelerin oluşumunun yavaşlaması olduğu düşünülüyor. Bitkilerin büyüme süreçleri de kütle çekiminden etkileniyor. ISS'de gerçekleştirilen deneyler, ağırlıksız ortam koşullarında bitkilerin kök ve gövdelerinin büyüme yönünün düzensizleştiğini gösteriyor.

Ağırlıksız ortamda fiziksel ve kimyasal süreçlerin işleyişinde de değişiklikler oluyor. Örneğin yüzey gerilimi, adezyon ve kohezyon kuvvetleri akışkanların hareketinde belirleyici hâle geliyor. Ayrıca yeryüzünde ısının yayılma yollarından biri olan konveksiyon, ağırlıksız ortamda gerçekleşmiyor.

Dünya üzerinde farklı yoğunluklara sahip maddeler yoğunluk farkına göre ayrışmalarına rağmen, ağırlıksız ortamda homojen bir şekilde karışabiliyor. Örneğin su-yağ karışımı yeryüzünde birbirinden

ayrı heterojen bir karışım oluştururken, ISS'te homojen şekilde karışabiliyor.

Ağırlıksız ortamın fiziksel süreçler üzerindeki kendine özgü bu etkileri sayesinde üstün işlevsel özelliklere sahip malzemeler geliştirilebiliyor. Örneğin havacılık ve uzay alanında kritik bir malzeme olan tek kristal malzemeler ağırlıksız ortam koşullarında başarıyla üretiliyor.

Ayrıca ISS'de yapılan deneyler ile canlıların, elektronik cihazların, malzemelerin uzaydaki ağırlıksız ortam koşullarına, yüksek enerjili radyasyona ve sıcaklık değişimlerine karşı verdiği tepkiler belirlenebiliyor.

Uluslararası Uzay İstasyonu'ndaki Deney Modülleri ve Ekipmanları

ISS'de beş ana kategoride bilimsel araştırmalar yürütülüyor: fizik, yaşam bilimleri, uzaktan algılama, teknoloji, eğitim.

ISS'deki bilimsel araştırmaların yapıldığı modüllerde ekipmanların kolayca yerleştirilebilmeleri ve değiştirilebilmeleri amacıyla standart ölçülerdeki üniteler kullanılıyor. Bu üniteler uluslararası standartta yük rafı (ISPR) olarak isimlendiriliyor.

Kibo

ISS'deki bilimsel deneylerin gerçekleştirildiği modüllerinden biri olan Kibo, Japonya tarafından kuruldu. ISS'nin en büyük modülü olan Kibo dört ana bileşenden oluşuyor. PM modülü, astronotların deneyleri gerçekleştirdiği ortamdır ve içindeki basınç, sıcaklık ve nem koşulları Dünya'dakine benzerdir. Doğrudan dış uzay koşullarına maruz kalan EF modülünde açık uzay koşullarının uzun dönemli etkilerine yönelik deneyler yapılabiliyor. Lojistik modülde deney ekipmanları, örnekler ve diğer destek ekipmanları depolanıyor. Kibo modülünde deneylerin gerçekleştirilmesinde kullanılan ekipmanların yanı sıra robotik bir kol da bulunuyor. Robotik kol, küp uydular gibi küçük boyutlu uyduların yörüngeye yerleştirilmesinin yanı sıra deney ekipmanlarının taşınmasında kullanılıyor.

Kibo modülü



Fotoğrafta Kibo modülünde astronotların bilimsel deneyleri gerçekleştirdiği bölüm olan PM modülünün içi görülüyor.



JAXA

Destiny

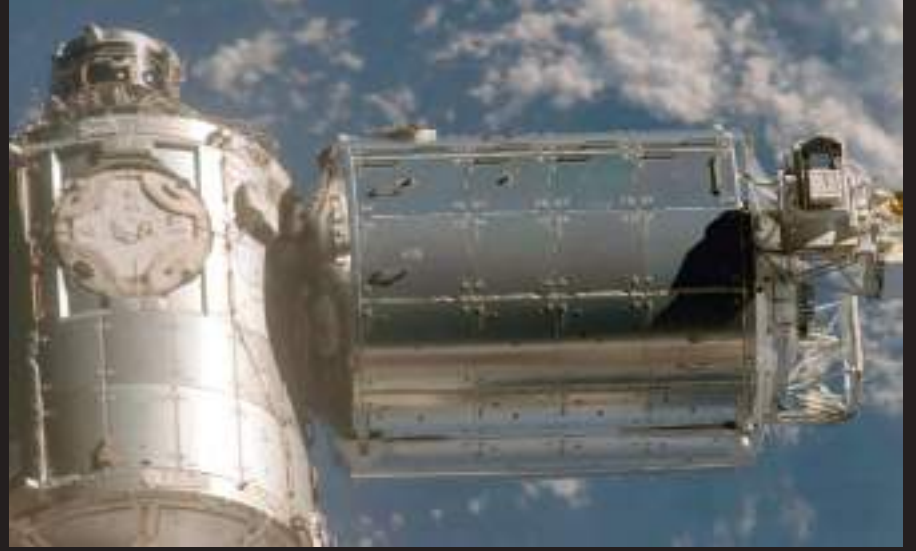
ABD tarafından 2001’de kurulan Destiny, ISS’nin ilk bilimsel laboratuvar modülü. Destiny modülünün çapı 4,2 m, uzunluğu ise 8,5 metre. Destiny modülünde bir gözlem penceresi bulunuyor.

Ayrıca bilimsel deneyler sırasında astronotların örneklerle güvenli bir şekilde çalışabilmesini sağlayan kapalı deney kabini yer alıyor. Ağırlıksız Ortam Bilimsel Deney Kabini (MSG) adı verilen bu ekipmanda malzeme bilimi, biyoteknoloji, akışkanlar dinamiği, kristal büyütme alanlarında araştırmalar yapılıyor.



NASA

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) astronotu Samantha Cristoforetti ağırlıksız ortam deney kabiniinde deney yapıyor.



ESA

Columbus

ISS’deki üçüncü deney modülü olan Columbus, ESA tarafından inşa edildi. 4,5 m çapındaki ve 6,9 m uzunluğu laboratuvar 2008 yılında uzaya gönderilerek ISS’ye kuruldu. Columbus modülünde mikroorganizma, hücre ve doku örnekleri üzerine çalışmaların yürütüldüğü Biolab; ağırlıksız ortamın insan fizyolojisi üzerindeki etkilerinin incelendiği Avrupa Fizyoloji Modülü ve akışkanların ağırlıksız ortamdaki özelliklerinin incelendiği Akışkan Bilimi Laboratuvarı yer alıyor. Ayrıca Columbus’un doğrudan dış uzay koşullarına maruz kalan iki bileşeni bulunuyor.

Nauka

Rusya’ya ait deney modülü olan Nauka ise 2021 yılında fırlatılarak ISS’ye kuruldu. 13 metre uzunluğundaki modülün kütlesi ise yaklaşık 20 ton. Nauka modülünün üzerinde ESA’ya ait bir robotik kol bulunuyor. ■



NASA

Kaynaklar

<https://www.nasa.gov/reference/international-space-station/>
<https://humans-in-space.jaxa.jp/en/kibo/>
<https://www.nasa.gov/international-space-station/destiny-laboratory-module/>
<https://www.eoportal.org/satellite-missions/iss-mlm-nauka#mlm-multi-purpose-laboratory-module-nauka-of-the-russian-segment-on-the-iss>
https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Columbus/Columbus_laboratory
<https://www.eoportal.org/satellite-missions/iss-mlm-nauka>
<https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/agirlıksız-ortam-nasil-olusturuluyor>