

?

Okulda bize öğretilen, ancak gerçekte olmayan merkezkaç diye bir kuvvet var. Dünyada da bir kütle çekim kuvveti var.

Merkezkaç kuvveti, bulunduğumuz paralele bağlı olarak değişir ve ekvatora yaklaştıkça bu savrulma kuvveti artar. Bu yüzden ekvator da çekim kuvveti daha az ve kutuplarda da savrulma kuvveti sıfır olduğu için, çekimin en fazla olması gerekir (Dünyamızı geoid değil tam küre kabul edersek). Kutup noktasında savrulma kuvveti sıfır olduğu için kutup ile ekvator da Dünya tam küre de olsa, bir baskül, bulunulan paralele göre aynı kütleleri farklı ağırlık değerleriyle gösterecektir. Ancak biz hesaplarken bunu dikkate katmıyoruz. Neden? Ayrıca biz bu kuvvetin varlığını uzaydan bir gözlemciye göre söyleriz. Ancak dünyadaki bir gözlemci dünyayı duruyor, evreni dönüyor gibi gözlemleyeceğinden dışarı doğru savrulma kuvvetinin olmadığını gözler. Bunlardan hangisi asıl doğrudur? Lütfen cevap verin.

**Özkan Gökdere**

Öncelikle, merkezkaç kuvvetini neden dikkate almadığımızı belirtelim. Dünya'nın uyguladığı kütleçekim kuvvetinden dolayı oluşan ivme kabaca  $9,8 \text{ m/s}^2$  kadar; buna karşın merkezkaç kuvveti nedeniyle bunda meydana gelen azalmaysa ekvator da  $0,03 \text{ m/s}^2$  kadar. Dolayısıyla merkezkaç etkisi yerçekimi ivmesini çok küçük bir oranda, en fazla binde 3 mertebesinde değiştiriyor. Örneğin ibrelili veya elektronik bir tartı kullanarak tarttığımız 1 kilogram domates, gerçek 1 kilogramdan en fazla 3 gram kadar fark eder. Yani pek önemli bir fark değil. Buna karşın yüksek hassaslıkta ölçümlerin kullandığı bazı bilimsel uygulamalarda bunlar önemli olabilir. Ama bu durumda merkezkaç etkisinin yanında yerçekimi kuvvetinde coğrafi farklılıklara neden olan başka etkenler de işin içine girer. Örneğin, Dünya'nın şeklinin küreden sapması, yüksekti, bulunduğu bölgede bulunan dağlar ve madenler yerçekimi ivmesinde küçük değişikliklere yol açıyor.

Gelelim merkezkaç kuvvetinin neden "gerçekte varolmadığı" konusuna. Merkezkaç kuvveti, yapılan bir hatayı (yanlış bir gözlem çerçevesi seçimi hatasını) düzeltmek için uydurulmuş bir kavram. Gözlem çerçevesi, çeşitli cisimlerin konumlarını, hızlarını ve ivmelerini ölçmek için kullandığımız belli bir sabit referans noktasına (ve eksenlere) verilen ad.

Örnek olarak saatte 50 km hızla giden bir otobüste olduğumuzu düşünelim. Otobüsteki cisimlerin yer ve hızlarını otobüsteki sabit bir noktaya göre belirlersek, otobüsü bir gözlem çerçevesi olarak seçmiş demektir. Buna göre otobüsteki her şey, otobüs dahil, yerinde duruyor olacaktır. Buna karşın, dışarıda, yer üzerinde sabit bir noktaya göre ölçüm alırsak, bu defa yer bir



gözlem çerçevesi olarak seçmiş demektir. Buna göre de, otobüs ve içindeki her şey saatte 50 km hızla yol alıyor olacaktır.

Bütün doğa yasalarının geçerli olduğu çerçevelere *eylemsiz gözlem çerçevesi* diyoruz. Tanım olarak Newton'un birinci hareket yasası olan eylemsizliğin geçerli olduğu (yani üzerine hiçbir kuvvet uygulanmayan cisimlerin, duruyorsa durmaya devam ettiği, hareket ediyorsa da aynı hızda ve aynı yönde hareketine devam ettiği) çerçeveler eylemsiz. Eğer gözlem çerçevesi bu koşulu sağlıyorsa, o zaman diğer hareket yasalarını (ve tüm diğer doğa yasalarını) bu çerçeveden yaptığımız gözlem sonuçlarına rahatlıkla uygulayabilirsiniz. Eğer çerçevesiz eylemsiz değilse, bazı yasaların yanlışmış gibi görüldüğüne şahit olursunuz.

Hareket yasalarından, eylemsiz bir çerçeveye göre sabit hızla hareket eden tüm çerçevelerin (ve sadece bunların) eylemsiz olduğunu çıkarabiliyoruz. Örneğin eğer yer bir eylemsiz gözlem çerçevesiyse (ki değil, ama şimdilik öyle varsayalım), ve otobüs de sabit hızla hareket ediyorsa, o zaman otobüs de bir eylemsiz çerçevedir. Dolayısıyla siz, bütün konumları, hızları otobüse göre ölçerek, bir başka deyişle otobüsü duruyormuş gibi düşünerek, tüm doğa yasalarını uygulayabilirsiniz.

Şimdi, otobüsün ani bir frenle yavaşladığını varsayalım. Bu durumda otobüsteki herkesin birden ileri fırladığını biliyoruz. Burada aslında eylemsizliğin bir örneğini görüyoruz. İçerideki cisimler, üzerlerine herhangi bir kuvvet uygulan-



madığı için eylemsizlik nedeniyle (yere göre) 50 km/saat'lik hızla hareketlerine devam ediyorlar. Bu süre boyunca otobüs yavaşladığı için de, cisimler otobüse göre ileri fırlamış görünüyorlar.

Bu durumda otobüs eylemsiz bir gözlem çerçevesi olma niteliğini kaybediyor, çünkü duran cisimler hiç bir neden yokken hareketlenmeye başlıyorlar. Eğer, içindekilerin psikolojik olarak yaptığı gibi, otobüsü hâlâ bir gözlem çerçevesi olarak kullanmakta ısrar edersek o zaman otobüsteki cisimleri birden ileri iten sanal bir kuvvetin var olduğunu düşünmemiz gerekiyor. Bu sanal kuvvet tamamen düşüncemizin bir ürünü ve yaptığımız hatayı en azından kısmen düzeltmek için gerekli. Ne yazık ki, Newton'un 1. ve 2. hareket yasaları böyle bir sanal kuvvet yardımıyla kurtarılabilir, 3. yasa (etki-tepki yasası) geçerliliğini yitirir, çünkü bu sanal kuvveti uygulayan hiç bir şey yok. Bu anlamda sanal kuvvetler, parçacıklar arasında etkiyen doğanın dört temel kuvvetinden (kütleçekim, elektromanyetik, zayıf ve güçlü kuvvetler) oldukça farklı bir niteliğe sahip.

Benzer şekilde, otobüs hızlanırsa bu defa sanal kuvvet içeridekileri geriye doğru iter. Genel kural olarak sanal kuvvetin yönü, otobüsün ivmesinin tersi yöndedir. Otobüs yavaşlarken ve hızlanırken oluşan bu sanal kuvvetlere "ilerikaç" ve "gerikaç" gibi hoş isimler vermek iyi olurdu. Ama, çoğunlukla tarihsel alışkanlıklar nedeniyle, sadece otobüs bir virajı alırken oluşan sanal kuvvete "merkezkaç" diye bir ad takıyoruz.

Verdiğim örnekte, uzaydan bakan gözlemcinin çerçevesi eylemsiz, buna karşın yer referans alanın çerçevesi eylemsiz değil. Bu nedenle, uzaydan bakanın merkezkaç gibi uydurma kuvvetlere ihtiyacı yok. Bu gözlemci, doğa yasalarını doğrudan kullanarak, yerdeki tartının hangi ağırlık değerini gösterdiğini rahatlıkla bulabilir. Buna karşın, yerdeki gözlemci, yerli duruyor varsaymasının hatasını kısmen düzeltmek için sanal bir merkezkaç kuvvetinin varlığını varsaymak zorunda. Bu gözlemcinin, "yer duruyor, o halde merkezkaç yok" deme şansı yok, çünkü aksi halde aldığı ölçümlerin hareket yasalarına uymadığını göreceklerdir.