

Konu: **Bilim**

Yazı: **90**

Korunum Yasaları ve Simetri

Doç. Dr. Haluk Berkmen



Emmy Noether

Emmy Noether (1882 – 1935) modern fiziğe katkılarıyla tanınmış önemli bir Alman matematikçidir. E. Noether 1915'te kendi adıyla anılan matematik teorem sayesinde, korunum yasalarıyla doğadaki simetrik durumlar arasındaki ilişkiyi kanıtlamayı başarmıştır. Yani, korunum yasaları doğadaki temel simetrilerin (bakışıklıkların) sonucudur ve biri olmadan diğerinin olamayacağını kabullenmek durumundayız.

Fizik sistemlerin davranışları **Langranjyen** adıyla bilinen bir matematik ifadeyle tanımlanabilir. Genelde bu fonksiyon $L = T - V$ şeklindedir. Burada T kinetik enerji ve V potansiyel enerji olmaktadır. Eğer hareket halinde bir parçacık söz konusu ise onun hareketi sadece kinetik enerji ile belirlidir. $V = 0$ ve $T = mv^2 / 2$ alınırsa, $v = dx/dt$ şeklinde tanımlanan hızdır. Şu halde $L = mv^2 / 2$ olur.

Hareket eden nesnenin yer koordinatlarına en basit olarak x veya daha genel olarak q dersek, Langranjyen fonksiyonu en genel şekliyle şu eşitliği sağlamalıdır:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial L}{\partial \dot{q}} \right) = \frac{\partial L}{\partial q}$$

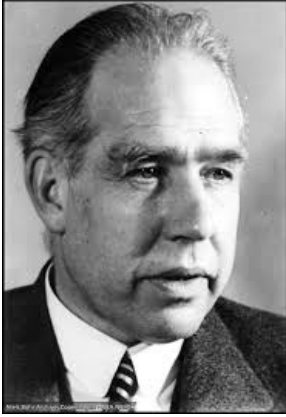
Bu eşitliği kanıtlamak biraz uzun süreceğinden doğrudan basit bir örneğe uygulayalım.

Üstteki örneğe göre $q = x$ ve $\dot{q} = dx/dt = v$ oluyor. δ ise kısmi türev demektir. Yani sadece v'ye göre türev. $\delta L / \delta v = mv$ ve $\delta L / \delta x = 0$ olur; zira L fonksiyonu x'e bağımlı değildir. Şu halde $d(mv)/dt = 0$ veya $ma = 0$ elde edilir. a ivmeyi belirtiyor ve $a = dv/dt$ dir.

Newton yasasına göre kuvvet $F = ma = 0$ olduğunda cisme etki eden net bir kuvvet yoktur ve hareket eden bir nesnenin doğrusal momentumu korunur. Yani, $mv = \text{sabit}$ olur.

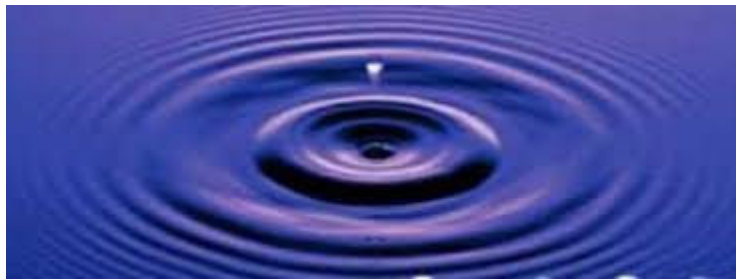
Bu basit örneği genelleştirecek olursak görürüz ki zamanda hareketi sabit olan nesnelerin toplam enerjileri de korunur. "Zamanda hareketi sabit" demek, zaman geçse de nesnenin hareketinde herhangi bir değişiklik olmamakta, yani nesne düzgün bir hareket yapmaktadır. Bu hareket düzgün doğrusal ise doğrusal (lineer) momentum, düzgün dönme hareketi ise açısal momentum korunur.

Örneğin, dünyamız ve tüm gezegenler güneş etrafında düzgün bir şekilde dönüyorlar. Yani gece-gündüz ve mevsimler biteviye tekrar ediyorlar ve bu biteviye tekrar eden hareketlere Noether teoremini uygularsak açısal momentumun korunduğu sonucunu elde ederiz. Veya tersinden ifade edersek: "açısal momentum korunduğu için dünyanın ve tüm gezegenlerin hareketlerinde düzgün bir tekrar bulunur". Bu durumu **73** sayılı **Kepler Yasaları** başlıklı yazımda açıkladım (1). "Düzgün tekrar" sözüyle düzgün doğrusal hareket kast edilmiyor. Hareket bir daire veya bir elips boyunca olsa da yörünge sabit kalmakta, bir süre sonra nesne eski yerine geri dönmektedir. Bu durumu hem tüm gezegenlerin hareketinde hem de elektronların atom çekirdeği etrafındaki hareketlerinde gözlüyoruz.



Niels Bohr (1885 – 1962) atom modelini ileri sürerken elektronların çekirdek çevresinde dairesel yörüngeler izlediklerini ve elektronların açısal momentumlarının ancak belirli değerler alabileceklerini kabul etti. Yani, açısal momentum **kuantize** olmakta ve sabit kalarak korunmaktadır. Bu basit model daha sonra eliptik yörüngelere genelleştirilmiş ve atomun daha ince ayrıntıları açıklanabilmiştir.

Gezegenlerin güneş tarafından Newton tarafından ileri sürülen kuvvet yasası ile çekildiklerini biliyoruz. Einstein ise çekim kuvveti yerine uzayın büyük gök cisimleri tarafından büküldüğünü ve daha küçük gök cisimlerinin bu eğri uzayda eğime uyarak hareket ettiklerini ileri sürmüştür. Bu durumun çizimini kaynak 1'de gösterdim. Evet, uzayın bükümü ile çekim kuvveti açıklanıyor ama, dairesel yörüngeler nasıl açıklanabilir?.

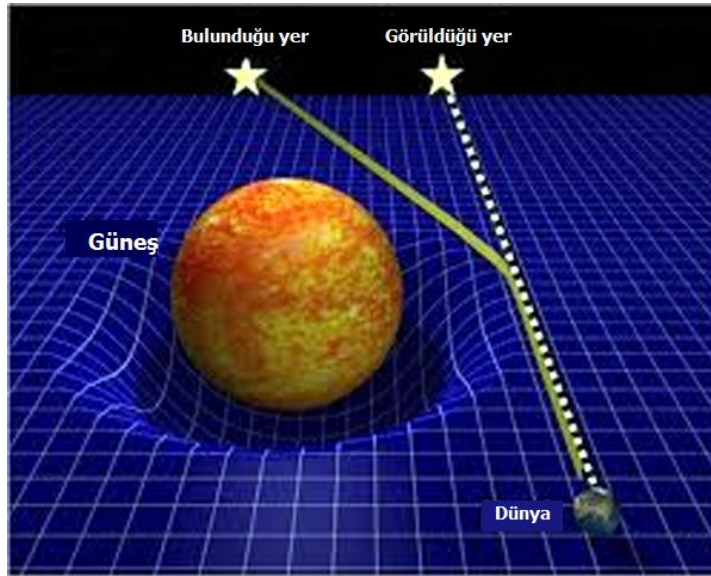


Yörüngelerin eğri uzaydaki hareketlerini açıklamak için üstteki resme bakınız. Ağır bir küre, örneğin demir bir bilye, suya bırakıldığında etrafına doğru dairesel dalgalar yayar. Yani, bilye suyun yüzeyini bükerek belirgin yörüngeler oluşturur. Güneş de evrenin enerji alanı içinde hareket eden yoğun bir gök cisimidir. Nasıl ki bilye iki boyutlu suyun yüzeyine daldığında yüzeyde dairesel halkalar oluşturmuşsa, güneş de 4-boyutlu uzay-zaman yapısı içinde hareket ederken 4-boyutlu halkalar oluşturur. Gezegenler de bu halkaların içinde güneşle birlikte ve güneşin etrafında dönerek hareket ederler. Gezegenlerin izlediği yörüngeler 4-boyutlu olduklarından biz halkaları göremiyoruz.

Güneşin enerjisi sabit sayılabilir. Gerçi çok yavaş da olsa enerjisinde bir azalma olmaktadır ama pratik olarak sabit kabul edelim. Bu sabit enerji sabit bir etki ve sabit bir kuvvet demektir. Sabit etki ise sabit halkalar veya sabit yörüngeler oluşturmaktadır. Dolayısıyla, gezegenler de sabit yörüngelerde hareket ederken enerjilerinde herhangi bir kayıp olmamaktadır. Zira, yukarıda belirttiğim gibi, uzayda sabit dögüsel hareketler hem açısai momentumun hem de toplam enerjinin korunmasını sağlar. Gezegenlerin enerjileri korunduğundan dolayı da hareketlerinde yavaşlama olmaz ve dögü biteviye sürer.

Gezegenlerin izlediğı yola (yörüngeye) eğri uzayda **geodezik** denir. Bir geodezik boyunca hareket, düz uzayda düz bir çizgi boyunca hareketin eşidir. Newton'un birinci yasasına göre, bir nesneye net bir kuvvet etki etmiyorsa o cisim ya sabit olarak yerinde kalır veya düzgün doğrusal ve sabit bir hızla hareket eder. Yukarıda Lagranjiyenin sağladığı denklem sıfıra eşit bir kuvvet ortaya çıkarttığından momentumun ve hızın sabit olması gerektiğini gösterdim. Sabit hızla hareket ise dairesel bir yörüngede belirgin bir geodezik boyunca harekete eşdeğer olmaktadır. İşte bu yüzden, uzayın ağır gök cisimleri tarafından bükülmesi sonucu gezegenlerin yörüngeleri ya dairesel veya eliptik şekiller almaktadır.

Güneşin uzayı büküşünü **87** sayılı **K-Madde mi Plazma mı?** Başlıklı yazımda gösterdim (2). Altta bu şekli yeniden aktarıyorum.



Kaynaklar:

(1) <http://www.halukberkmen.net/pdf/320.pdf>

(2) <http://www.halukberkmen.net/pdf/359.pdf>