

Konu: **Bilim**
Yazı: **33**

EKSİ SAYI ve EKSİ ENERJİ

Doç. Dr. Haluk Berkmen

Eksi sayılar 1700'lü yıllara kadar kabul edilmekte güçlük çekilmiş, hatta birçok düşünür tarafından fiziksel anlamları olabileceği görüşü ret edilmiştir. Ünlü Fransız düşünürü ve analitik geometrinin kurucusu olan René Descartes (1596-1650) "eğer sıfır hiçliği, yokluğu tanımlıyorsa, nasıl olur da eksi sayılar hiçlikten az olan bir şeyi tanımlayabilir?" diye şikâyet etmiştir.

Bu soruya İsviçreli matematikçi Leonhard Euler (1707-1783) şu şekilde yanıt vermiştir: "Eksi bir sayı borç para olarak düşünülebilir. Bir borcu ödemek demek cebimizden bir miktar paranın çıkması demektir. İşte bu fiziksel çıkış işleminin ifadesi eksi sayı olarak ifade edilebilir. Bir alacağınızı helal edip almaktan vazgeçerseniz, bir hediye yapmış olursunuz ki bu da cebinizden borca eşit bir miktarın çıkmış olduğunu gösterir".

Fizik âlemde var olan her nesnenin pozitif enerjisi olması gerekir. Fakat 1928 yılında İngiliz fizikçi Paul Dirac (1902-1984) ilk olarak eksi enerjili maddenin var olabileceğini ileri sürdü. Bir parçacığın enerji denkleminin $E^2 = p^2 \cdot c^2 + m^2 \cdot c^4$ karekökünü alırsak iki çözüm oluşur. Bunlar:

$$E_1 = +[p^2 \cdot c^2 + m^2 \cdot c^4]^{1/2} \text{ ve } E_2 = -[p^2 \cdot c^2 + m^2 \cdot c^4]^{1/2} \text{ şeklindedir.}$$

Dirac, Kuantum mekaniğinin dalga denklemi olan Schrödinger denkleminin operatörlerini ve Werner Heisenberg'in (1901-1976) matris yaklaşımını kullanarak elektronun zıt yüküne sahip eksi enerjili **Pozitron** adlı parçacığın varlığını öngördü. Böylece ilk anti madde veya anti-parçacık kuramsal olarak bulunmuş oldu. 1932 yılında Carl Anderson (1905-1991) Pozitronun varlığını deneysel olarak laboratuvarında kanıtladı. Dirac 1933'te ve Anderson 1936'da Nobel Fizik Ödülüne layık görüldüler.

Böylece anti-madde oluşturmanın yolu açılmış oldu. Pozitrondan sonra anti-proton bulundu ve hemen hemen bilinen tüm parçacıkların anti eşleri olduğu saptanmış oldu. Yüksüz olan nötronun dahi anti-nötron denen karşıtı vardır. Fakat ilginç tarafı madde ile anti-madde karşılaştığında birbirlerini yok ederler ve toplam enerjilerine eşdeğer olan ışığa dönüşürler. Yani bir bakıma $A - A = A + (-A) = 0$ denkleminin uygun olarak yok olurlar. Fakat enerji korunumu yasasına göre hiçbir var olan tümüyle yok olamayacağına göre madde enerjisi ışık enerjisine dönüşür. Böylece Louis de Broglie (1892-1987) tarafından ileri sürülmüş olan maddenin dalgadan ibaret olduğu görüşü onaylanmış oldu. Broglie'nin denklemi şöyle oluşur:

$$E = m \cdot c^2 = h \cdot f = h \cdot c / \lambda = p \cdot c \text{ olduğundan } c\text{'leri kısaltarak } \mathbf{p = h / \lambda} \text{ elde edilir.}$$

Yani, her nesnenin hem madde olduğunu belirten bir p momentumu hem de dalga olduğunu belirten bir λ dalgası vardır ki bu ikisi ters orantılıdır. Yani parçacığın momentumu (etkileme gücü) ne kadar fazla ise dalga boyu o kadar küçüktür.

Bu durumu gündelik tecrübemize dayanarak şöyle bir metaforla (mecazla) anlatabilirim. Duvara bir çivi saplamak istersek çekiçle küt olan düz tarafına vurarak sivri ucundan saplarız, küt olan ucundan saplayamayız. Neden? Çünkü biliriz ki sivri ucu kolay saplanır ama küt olan düz ucu saplanmaz. İşte ince olan sivri uç küçük dalga boyuna ve saplanış yönü de momentumuna eşdeğer düşünülebilir. Çok kısa dalgalı FM radyo istasyonlarının yayını net bir şekilde duyulur. Uzun dalga yayını yapanların sesi ise parazitli gelir. Sebebi gene kısa dalga boyunun daha etkin oluşu ve daha belirgin bilgi (momentum) taşımasıdır.

Madde enerjidir ama hem artı enerjili hem de eksi enerjili anti-madde bulunmaktadır. Peki, ama nasıl oluyor da bizim evrenimizde sadece artı enerjili madde var? Eğer başlangıçta evrenin oluşumunda eşit miktarda madde ve anti-madde oluşmuşsa sadece ışık kalmalıydı, hiç maddi bir evrenin oluşmaması gerekirdi. Bu soruna iki türlü yanıt verebilirim.

1. **Evrenin bir başlangıcı yoktur.** Evren için bir başlangıç noktası veya zamanı tanımlanamaz. Şu halde "başlangıçta eşit miktarda madde ve anti-madde vardı" görüşü ileri sürülemez. Bu konuda daha ayrıntılı bilgi için **Takyon Evren Modeli** başlıklı **15 sayılı** yazıma bakınız.
2. **Evren başlangıçta Fizik ve Metafizik âlemlere ayrılmıştır.** Fizik âlemde sadece ışıktan yavaş hareket eden parçacıklar ve Metafizik (Fizik ötesi) âlemde sadece ışıktan hızlı hareket eden parçacıklar bulunmaktadır. Bunun için de **13 sayılı Işıktan Hızlı Parçacıklar** yazıma bakınız. Ayrıca İngilizce bilim bölümünde **5 sayılı The Coupled Universes** başlıklı yazımda iki ayrı fakat birbirini etkileyen evrenden söz ettim.

Demek ki, enerjisi eksi olan bir evren var olabilir. Bu eksi enerjili evrendeki parçacıklar ışıktan hızlı hareket ettiklerinden bize göre gelecekte geçmişe doğru hareket edebilirler. Nitekim Richard Feynman (1918-1988) anti-parçacıkların zamanda geriye doğru gittiklerini ileri sürmüştür (1). Bu görüşü kullanarak Yoichiro Nambu 1950 yılında "**parçacıkların yok oluşları sadece zamanda ters yönde hareket etmelerinden dolayıdır**" demiştir (2).

Evrende temel bir simetri (bakışıklık) olduğuna göre bu simetrimin aniden kırılması sonucu artı ve eksi yüklü fakat eşit kütleli parçacıklar oluşmuştur. Kütlenin eşit oluşu eşit enerji-momentum yapısına işaret eder. Fakat yükün zıt oluşu zıt yönde zaman akışına eşdeğerdir. Yani, yükün işaretini ters çevirirseniz zamanı da ters çevirmeniz gerekir.

Yukarıda örneğini verdiğim borç para almanın eksi sayıya eşdeğer olması gibi, artı enerjili bir parçacığın oluşumu evrenden borç enerji almaya benzetilebilir. Fizik âlemde her madde oluşumu Metafizik âlemden borç alınmış enerji gibidir. Buradaki var olan artı enerjiye karşılık orada (metafizik âlemde) eksi enerji borç olarak hesabınıza yazılır, yani eşdeğer miktarda eksi enerjili parçacık oluşturulur. Bunlar karşılaştıklarında borç alınmış olan enerji ışık olarak geri verilir ve böylece alınmış olan borç ödenerek kapanmış olur.

(1) Feynman, Richard (1949). **The Theory of Positrons**. *Physical Review* **76**, sayfa 749

(2) Nambu, Yoichiro (1950). **The Use of the Proper Time in Quantum Electrodynamics**. *Progress in Theoretical Physics*.