

Konu: **Bilim**

Yazı: **76**

Enerji ve Entropi

Doç. Dr. Haluk Berkmen

Newton'un (1643-1727), doğayı açıklamak için ileri sürdüğü ilk yasa Etki-Tepki yasasıdır. Bu yasa der ki: "**Her etkiye karşı eşit ve ters yönde bir tepki oluşur**". Etki-tepki yasası doğanın en temel yasası olup varlığın varlığını sürdürmesi için gereklidir. Eğer hareket bir etki sonucu oluşmakta ise her nesne doğal olarak harekete karşı bir tepki verir. Yani, nesnelere harekete karşı direnç gösterirler. Etki-tepki yasası doğru yorumlanacak olursa, bu yasadaki "**Enerji**" ve "**Entropi**" yasaları da türetilir. Enerji, bir sistemin iş yapma yetisi ve Entropi o sistemin düzen ölçütü olarak düşünülmelidir.

Kapalı bir sistemde enerjinin korunduğunu hemen herkes duymuştur. Yani, içten veya dıştan bir etki gelmedikçe kapalı sistem iş yapamaz. Öncelikle "**kapalı sistem**" kavramının bir yaklaşım olduğunu, hiçbir sistemin tümüyle kapalı olamayacağını belirtmekte yarar var. Kapalı sistemi tanımlamak bize kalmış bir durumdur. Herhangi bir hacim, kısa bir süre için kapalı olarak tanımlanabilir. Şu halde kapalı sistem göreceli ve ideal bir kavramdır. Üstelik hem enerji hem de Entropi kavramları bir başlangıç ve bir de son durum tanımları gerektirdiklerinden, iki "durum" arasındaki bölge kapalı bir sistem olarak kabul edilir. Başlangıç ve son durumlar birer "**denge durumu**" olarak kabul edilirler. Çünkü başlangıç ve son durumları tanımlamak bizim elimizde olan bir karardır. Bu yaklaşıma göre herhangi bir canlı dahi belli bir süre için kapalı bir sistem olarak tanımlanabilir.

Her "**var olan**" nesne veya olay için şu noktaları hatırlatmakta fayda vardır:

1. Her var olan nesne birçok parçacıktan oluşmuştur. Tek parçacık kavramı geçerli olmayan bir tanımdır. **Elementer** (temel) parçacıklardan proton, nötron gibi parçacıkları dahi oluşturan alt-parçacıklar vardır.
2. Bu bakımdan doğada gördüğümüz her türlü olay veya nesne için istatistik mekanik kavramları geçerlidir. Zira çok parçacıklı sistemlerin davranışlarını istatistik olarak açıklayıp kavrayabiliyoruz.
3. Her "var olan" olay veya nesne bir gruplaşma veya yerel olarak yoğunlaşma olduğundan anlık kapalı bir sistem olarak tanımlanabilir.
4. Her gruplaşma veya yoğunlaşma bir denge durumu olduğuna göre etki-tepki yasasına göre her etki karşıt ve eşit bir **tepki** yaratacağından, tepki kuvvetinin görevi etkiye karşı koymak ve dengenin bozulmasına engel olmaktır.
5. Etki-tepki dengesi sürekli gibi görünse de, her an kendini yenileyen süresiz bir oluşumdur.

Kısa bir süre için kapalı bir sistem oluştuğunu düşünelim. Bu kısa sürenin t_1 başlangıç anında sistemin belli bir E_1 enerjisi ve S_1 Entropisi bulunsun. Sistemi "kapalı" olarak tanımladığımızdan belli bir V_1 hacmi içinde dıştan herhangi bir etki olmadığını kabul ediyoruz. Şu halde iç dinamiklerden dolayı sistemde bir değişim olduğunda, değişimin hem enerjii hem entropiyi hem de hacmi değiştirdiğini varsayalım.

Etki-tepki yasası gereği etkiye eşit ve zıt yönde derhal bir "tepki" oluşacaktır. İkinci "an" olarak tanımladığımız son durumda, yani t_2 anında, enerji E_2 , Entropi S_2 ve hacim V_2 olur. Fakat tepki etkiye zıt olduğundan $E_2 = -E_1$ olacağından $E_2 + E_1 = 0$, dolayısıyla toplam enerjinin değişmediğini görmekteyiz. Enerji de görelî olduğundan toplam enerjiye bir sabit değer eklemek sonucu değiştirmez. Şu halde **$E_2 + E_1 = \text{Sabit}$** dersek **enerji korunumu** yasasını elde etmiş oluruz. Yani, kapalı sistemlerde enerji sabit kalır ve değişmez.

Entropi ise hacim ile ilgilidir. Çünkü Entropi tanımı sistemi oluşturan parçacıkların dağılımı ile ilgilidir. Tepki sonucu hacim büyürse yani $V_2 > V_1$ ise Entropi artar, $V_2 < V_1$ ise Entropi azalır. Zira hacim arttıkça dağılım da artacak ve sistemi oluşturan parçacıkların karmaşası da birlikte artacaktır. Hacim değişikliği etkiye karşı bir tepki olduğundan, Entropi değişimi de etki-tepki yasası gereği oluşmaktadır.

Kendi haline bırakılan **kapalı** bir sistem enerjii korumak için minimum enerji harcayacağı durumu seçerken, aynı zamanda maksimum Entropi durumunu da seçmiş olur. İki arasında fark yoktur. Şu halde her kapalı sistem enerjisini minimum değere indirmek isterken Entropisini de otomatik olarak maksimum yapmaya çalışır. Sistem denge durumuna ulaştığında ise sistemin entropisi sabit bir maksimum değer etrafında titreşecektir. Bunun da anlamı Entropi kavramının "acayip çekici" kavramı ile yakından ilişkili olduğudur. Çünkü hareket halinde olan bir sistemin daima bir "acayip çekici" veya bir "çatallaşma noktası" bulunur. Bu konuda **31** sayılı **Doğada Düzen ve Karmaşa** başlıklı yazıma bakınız (1).

Bu dediklerimi daha basit örneklerle anlatmaya gayret edeyim. Bir sofraya düşünün. Tabaklar, çatallar ve bıçaklar, bardaklar ve yiyecek kapları muntazam olarak masanın üzerine yerleştirilmiş olsun. Bu başlangıç durumunda her şey yerli yerinde ve düzenlidir. Masanın üzerindeki bu dağılım sistemimizin ilk durumu olsun. Tabaklar, bardaklar ve tüm masadaki nesnelere sistemi oluşturan parçacıklar olsun. İnsanlar sofraya oturup yemek yemeleriyle birlikte sistemde bir değişim oluşacak sistem bir dış etkiyle harekete geçecektir. Yemeğin sonundaki durum ise sistemin son durumu olsun. Yemeğin sonunda başlangıçtaki düzen tümüyle bozulmuştur. Yiyecek kapları boşalmış, tabaklar kirlenmiş, bardakların kimi boş kimi yarı dolu bırakılmıştır. Yani sistem düzenden düzensizliğe doğru bir değişim geçirmiştir. Fakat yiyecekler yok olmamışlardır. Sofraya oturmuş olan insanların midelerine gitmişlerdir. Yani sistemin başlangıçta kapladığı hacim artmıştır. Sistemi oluşturan parçalar başlangıçta sofranın üzerinde iken, son durumda ayrı ayrı midelere yayılmışlardır.

İnsanlar bu yiyecekleri mideye indirmek için enerji sarf etmişlerdir ama sarf ettiklerinden daha fazlasını da sistemlerine katmışlardır. Sisteme katmak demek, dar bir hacim içine (midelerine) sıkıştırmak demektir. Mideye giren yiyecekler sayesinde insanların enerjisi artmıştır. İnsanı da çok parçacıklı bir sistem olarak düşünürseniz yemek yemekle kendi Entropilerini yerel olarak azaltmışlardır. Dolayısıyla sistemin nesnelere başlangıçta sadece sofranın üzerinde iken, son durumda insanları da içeren daha büyük bir hacim içine yayılmışlardır.

Demek oluyor ki, 'canlı varlık' denilen sistemlerde Entropi azalırken yerel olarak düzen artar. Ancak bunu sağlamak için canlı varlık mutlaka bir başka sistemin Entropisini arttırmak zorundadır. Yani bir yerde düzen oluşurken bir diğer yerde düzensizlik oluşur. Eğer bir hacim içinde Entropiyi azaltırsak daha geniş bir hacimde Entropi artar. Bunun tersi de doğrudur. Sabit bir bölge veya sabit bir hacim içinde Entropiyi arttıran bir etken varsa, farklı ve genelde bitişik bir bölgede veya hacimde Entropi yerel olarak azalır. Asıl zorluk bu ilişkiyi doğru yorumlayabilmektir.

Örnek olarak gazların adyabatik genişlemesini göz önüne alalım. "**Adyabatik**" kavramı ile "çok kısa bir süre içinde" demek istiyoruz. Eğer hava birkaç saat içinde yükselirse. Yani, bulutlu bir günde bulutlar çok kısa sürede dağılırsa hava soğur. Kısa süre içinde bulutların yükselmesi sonucu gökteki yoğunluk kısa süre içinde azalmıştır. Bulutların bulunduğu ilk hacim bizim sistemimiz olsun. Bu hacim içinde yoğun olarak bulunan su buharı molekülleri, bulutlar dağıldığında daha geniş bir hacim içinde yer alarak havanın Entropisini arttırmışlardır.

Fakat havanın Entropisi arttığında etki-tepki yasası gereği başka bir sistemin yerel olarak Entropisi azalmalıdır. Bu nasıl olabilir? Şöyle olur: Geniş hacim içindeki her bir noktayı oluşturan gaz (hava) molekülleri daha yavaş titreşmeye başlarlar. Yani birbirlerine daha az çarpırlar ve daha az ısı ortaya çıkar. Böylece geniş hacim içine dağılıp genişlemiş olan hava eskisine nazaran daha soğuk olur ve havanın sıcaklığı azalır. Genişleyerek Entropisini arttırmış olan hava kütesinde gaz molekülleri daha az ve nadir çarpışacaklarından yerel olarak daha az dış etki altında kalacaklar ve dolayısıyla titreşimleri azalacağından, yerel olarak Entropi de azalmış olacaktır.

Hacmi oluşturan moleküllere sistemin düğüm noktaları olarak bakarsak, düğümler daha yavaş titreşeceklerinden yerel olarak düzen de artmış olacaktır. Düğümlerle ilgili **25** sayılı **Örgü Alan Modeli** yazımda bir sistemi oluşturan alt parçacıkların birer düğüm olarak düşünülebileceğinden söz ettim (2). "Alan" kavramı ise, genelde yaygın ve bütünsel **Enerji Alanı** olarak düşünülebilir.

Evren bu türden yaygın ve bütünsel bir enerji alanıdır. Evrenin içindeki tüm var olanlar –en büyükten en küçüğe kadar- bu alanı veya Enerji ağını oluşturan düğümlerdir. Yerel olarak Enerjinin azalması demek genelde Entropinin artması anlamını taşıdığından evrenimiz de genişlemekte, gittikçe daha geniş ve büyük bir hacim kaplamaktadır. Evren neyin içinde genişlemektedir? Sorusunu ise **15** sayılı (kendi modelim olan) **Takyon Evren Modeli** başlıklı yazımda irdeledim (3). Bu modele göre evren şimdilik genişlese dahi ileride yeniden daralacak ve bu döngü biteviye devam edecektir. Ayrıca **54** sayılı **Entropi ve Evren** başlıklı yazıma bakmanızı da öneririm (4).

Kaynaklar:

- (1) <http://www.halukberkmen.net/pdf/198.pdf>
- (2) <http://www.halukberkmen.net/pdf/77.pdf>
- (3) <http://www.halukberkmen.net/pdf/63.pdf>
- (4) <http://www.halukberkmen.net/pdf/253.pdf>