

Makro evrenin gizemli kavramı

Entropi

Entropi bir sistemin düzensizliğinin bir ölçüsüdür. Bu tanım çerçevesinde bakarsak, yere yayılmış cam parçaları ve çay, ilk konumdaki dolu çay bardağından daha düzensiz olduğu için daha yüksek bir entropiye sahiptir. Bunu eldeki örnekten soyutlayarak genel bir ifade olarak verirsek düşük entropinin düzenli, yüksek entropinin ise daha az düzenli durumları betimlediğini söyleyebiliriz.

1. Giriş

Termodinamik oldukça genç bir bilim dalıdır. 19. yüzyılın ikinci yarısında, yani Newton'dan yaklaşık 200 yıl sonra geliştirilmeye başlanmış, Carnot, Clasius, Boltzman, Maxwell gibi birçok bilim adamının uğraşları sonucu temel yasaları (birinci ve ikinci yasalar) formüle edilmiştir.

Diğer doğa olaylarını anlatan fizik yasaları (örneğin hareket kanunları, ya da özellikle yüksek teknoloji ürünlerinin çok yoğun biçimde yaşamlarımıza girmesiyle, elektriksel süreçler) konusunda toplumda iyi kötü bazı kavramlar yerleşmiş olsa da, termodinamik bilimi ve özellikle kanunları konusunda, hemen hemen hiçbirşey bilinmez. Ancak ne ilginçtir ki, bu iki yasanın temel içeriklerini içinde barındıran bazı söylemler dünyadaki birçok kültürün günlük alışkanlıkları arasına girmiştir. Örneğin en karakteristik özdeyişlerden “ne ekersen onu biçersin” günlük yaşamda her gün defalarca testten geçmektedir. Bu özdeyiş özellikle termodinamiğin birinci yasasının temel ilkelerini içinde barındırmaktadır.

Bu yasa “evrenin toplam enerjisinin sabit olduğunu”, bir diğer deyişle “enerjinin yaratılması ve yok edilmesinin imkansız olduğunu” ifade etmektedir. An-

cak bir formdan başka bir forma dönüşebilir. Yani bu bir korunum yasasıdır.

Üzerinde durulması gereken tek şey termodinamiğin birinci yasası olsaydı, enerjinin tüketilmeksizin tekrar tekrar kullanılabilceğini düşünebilirdik; buna bir engel olmazdı. Ama fiziksel süreçlerin böyle işlemediğini biliyoruz.

Örneğin bir kömür parçası yandığında üretilen enerji yok olmaz; ama üretilen, ısı ve uzaya yayılan gazlara dönüşür. Süreç içinde toplam enerji sabit kalır da yani enerji kaybolmasa da aynı kömür parçasının tekrar yakılıp yeni bir enerji elde edemeyeceğimizi biliyoruz.



İşe dönüştürülemeyen enerji miktarının ölçüsüne 1865'te Alman fizikçi Clausius tarafından entropi adı verilmiştir.

Termodinamiğin birinci yasası evrende toplam enerjinin sabit olduğunu yani yaratılamayacağını, veya yok edilemeyeceğini, sadece şekil değiştireceğini ifade ederken, ikinci yasa enerjinin sadece bir yönde, yararlanılabilenden yararlanılamayana veya düzenliden düzensize değiştirilebileceğini ifade eder.

Bunun nedeni aynı türden bir işin yapılabilmesi için gerekli **kullanılabilir enerji-deki sürekli azalmadır**. Bu da termodinamiğin ikinci yasasının ifadelerinden biridir. Yani, birinci yasa evrende toplam enerjinin sabit olduğunu yani yaratılmayacağını veya yok edilemeyeceğini, sadece şekil değiştireceğini ifade ederken, ikinci yasa enerjinin sadece bir yönde, yararlanılabilenden yararlanılamayana veya düzenliden düzensize değiştirelebileceğini ifade eder.

Artık işe dönüştürülemeyen enerji miktarının ölçüsüne 1865'te Alman fizikçi Clausius tarafından entropi adı verilmiştir. Bu yeni terminoloji bağlamında kullanılabilir enerjideki (serbest enerji) azalma entropideki artışı ifade eder.

İkinci yasanın üzerine inşa edildiği fiziksel prensip daha önce Carnot tarafından görülmüştü: Buharlı motorun nasıl çalıştığını anlamaya çalışan Carnot, bunun sistemin bir parçasının çok soğuk, diğer parçasının çok sıcak olması nedeniyle gerçekleştiğini anlamıştı. Yani, enerjinin işe dönüştürülebilmesi için bir sistemin farklı kısımlarındaki enerji yoğunlukları arasında bir farklılık (ısı farkı) bulunması gerekiyordu ve enerji daha yüksek bir yoğunluk düzeyinden daha düşük bir düzeye aktığında iş üretilebiliyordu. Ancak bu süreç sonunda gelinen durumda bir kez daha iş üretebilmek için daha az enerji kalıyordu. Demek ki, kapalı bir sistem içinde enerji seviyeleri arasındaki fark dengelenmeye doğru evrilme eğilimindedir.

Enerjinin, denge sağlanana dek, yüksek yoğunluklu bölgeden düşük yoğunluklu bölgeye geçme eğilimine B. Russel çok hoş bir üslupla "demokrasi eğilimi" adını vermektedir (Scientific Outlook, p.14, 1963).

Clausius termodinamiğin ikinci yasasını "entropi (elde edilemeyen enerji) her zaman bir maksimuma yönelir" şeklinde ifade etmiştir. Bu durum denge durumudur. Önemi gereği bir kez daha vurgularsak, denge durumu, entropinin, iş görebilmek için gerekli kullanılabilir/elde edilebilir serbest enerjinin bulunmadığı, bir maksimuma ulaştığı durumdur.



Enerjinin, denge sağlanana dek, yüksek yoğunluklu bölgeden düşük yoğunluklu bölgeye geçme eğilimine B. Russel çok hoş bir üslupla "demokrasi eğilimi" adını vermektedir.

Bu tarihsel girişten sonra termodinamik yasalarına, özellikle istatistiksel mekanik perspektifinden, düzen ve düzensizlik olguları bağlamında yakından bakalım.

2. Termodinamiğin Kanunları- Düzen ve Düzensizlik

Bir çay bardağını yere düşürdüğümüzde bardak kırılır; cam kırıkları ve çay yere yayılır. Bu düşme süreci tamamıyla Newton yasaları çerçevesinde gerçekleşmiştir. Zira cam bardak ve çaydaki atom ve moleküllerin her biri Newton yasaları gereği davranmışlardır.

Şimdi bu süreci zamanda geri çevirelim. Bu işi, örneğin bu süreci filme alıp, filmi tersten oynatarak yapabiliriz. Göreceğimiz şey döşemeye yayılmış cam parçalarının toparlanarak bardağı oluşturması ve çayın geriye akarak bu bardağın içine girmesi ve böylece oluşan bir bardak çayın yerden yükselerek tekrar düşmeden önceki ilk konumuna ulaşmasıdır.

Geçek hayatta böyle şeyler olamayacağına koşullanmış olan insanlar bunu olağan dışı bulacaklar ve hemen filmi tersten oynattığımızı anlayacaklardır. Ancak ne tuhaftır ki, tersten oynatılan bu süreçte olan biten de Newton yasalarına uygundur. Tamam da, "bardağın topar-

lanması ve yerden ilk konumuna yükselmesi için gerekli enerji nereden geliyor" diye bir soru da gelebilir akıllara. İlginçtir ki burada da sorun yok. Bunu görmek için düşme sürecini enerji perspektifinden inceleyelim: Yer çekimi kuvveti etkisi altında düşmesi sonucu bardak bir kinetik enerji kazanır. Bu kinetik enerji düşme sonucu "ısıya" dönüşür. Yani yere yayılmış olan cam parçalarındaki ve çaydaki (ve hatta yerdeki) atom ve moleküller çarpmadan öncekine göre daha hızlı titreşiyor ve çaydakiler daha hızlı bir şekilde rastgele hareket ediyor olacaklardır; daha ısınmış olmak mikro perspektiften bu anlama gelmektedir.

Enerjinin korunumu yasasına göre bu ısı enerjisi düşen çay dolu bardağın düşme anında kaybettiği potansiyel enerjiye (ya da kazandığı eşdeğer kinetik enerjiye) eşittir. Dolayısı ile yerdeki nesnelere üzerindeki bu küçük "artık ısı enerjisi" bardağı ve çayı toparlayarak birlikte düşmeden önceki konuma yükseltmek için yeterlidir. Buradaki önemli nokta ısı enerjisini "enerjinin korunumu ilkesi" çerçevesinde anlamak ve değerlendirmektir.

Isı enerjisi dikkate alındığında "enerjinin korunumu yasası" "**Termodinamiğin 1. Yasası**" olarak adlandırılır.

Bu yasa, bu genel yorumuyla Newton hareket yasaları ile uyumludur. Burada dikkatli bir dil kullanma gereği duyuyorum. Zira, klasik mekaniğin temeli olan Newton'un hareket yasalarını kullanarak, enerjinin korunumu ilkesini matematiksel olarak türetmek mümkün olsa da bu korunum ilkesi bu hareket kanunlarından daha geneldir. Konunun önemi gereği burada teknik bir parantez açmam ve bu genellikten ne kastettiğimi açıklamam gerekiyor. Daha önce dergimizin Mayıs 2008 tarihli 167. sayısında ayrıntılı anlattığım gibi, her korunum yasası doğadaki, dolayısı ile doğayı betimleyen fizik yasalarındaki (makroskopik perspektiften bakıyorsak Newton yasaları, mikroskopik perspektiften Kuantum yasaları vs), bir simetriye (=değişmezlik) karşılık gelir. **Enerjinin korunum yasası bu fizik yasalarının zaman içindeki ötelenmeler altında değişmezliği** ile ilişkilidir.

Bu ilişki nedeni ile Termodinamiğin 1. Yasası (enerjinin korunumu ilkesi) da tıpkı Newton yasası gibi zaman içinde (zamanın tersine çevrilmesi işlemi altında) simetriktir. Bu nedenle, 1. Yasa da parçaların bir araya gelip bardağı oluşturması ve ilk konuma geri yükselmesi üstüne bir yasaklama getirmez.

Yaşadığımız makroskopik dünyada böyle olaylara tanık olmadığımızı göre, ve gene bu dünyadaki pek çok fiziksel süreci başarıyla açıklayan Newton yasaları ve Enerjinin Korunum İlkesi de bu süreçler üzerinde bir kısıt getirmediğine göre, o zaman bunların olmasını yasaklayan hangi fiziksel kanundur sorusu geliyor insanın aklına.

Bu soruyu yanıtlamaya başlamadan önce hemen bir saptama yapalım. Yukarıda sözünü ettiğimiz Newton yasaları yalın (matematiksel noktasal) nesnelere için formüle edilmiştir. Buna karşın ele aldığımız fiziksel süreçlerdeki (çay dolu bardak gibi) nesnelere makroskopik yapılarıdır (her santimetre küpünde 10^{23} atom/molekül bulunan). Makroskopik bir yapıya Newton yasalarını uygulayabilmek için bu yasaları uygulayabileceğimiz "noktasal" nesnelere hareketlerinin (konum ve hızlarını) tek tek ayrıntıyla izlenebilmesinin gerektiği ve bu denli yüksek sayıda bir topluluk için bunun ne anlama geldiğini aklımızdan çıkarmayalım.

İşte tam bu noktada ENTROPİ kavramını devreye sokmamız gerekiyor. Genel bir tanımla başlayalım: **Entropi bir sistemin düzensizliğinin bir ölçüsüdür.** Bu tanım çerçevesinde bakarsak, yere yayılmış cam parçaları ve çay, ilk konumdaki dolu çay bardağından daha düzensiz olduğu için daha yüksek bir entropiye sahiptir. Bunu elde ettiğimizden soyutlayarak genel bir ifade olarak verirken düşük entropinin düzenli, yüksek entropinin ise daha az düzenli durumları betimlediğini söyleyebiliriz.

Bu kavramlardan yola çıkarak şimdi **Termodinamiğin 2. Yasası'nı** şu şekilde ifade edebiliriz: **Yalıtılmış kapalı bir sistemin entropisi zamanla artar (veya tersinir sistemler için aynı kalır).**

3. Entropi Yasası

Yukarıda entropi için verdiğimiz "düzensizliğin bir ölçüsü" ifadesi pek kesinlik taşıyan bir ifade değil kuşkusuz. Ayrıca gene yukarıda bunun tersinmez sistemler için zamanla (sabit kalmayıp) arttığı da söylendi. Peki, tersinmezlik (ve tersinirlik) ne demek? Genel olarak tersinmezlik, sistemi oluşturan tüm öğelerin (parçacıkların) tek tek mekanik davranışlarının tüm ayrıntıları ile izlenmesi veya kontrol edilmesinin olanaksız olması anlamına gelir. Aksine, bu olanağa sahip olsaydı bu sistemler tersinir olurdu.

Çok iyi bilindiği gibi fiziksel enerji kavramı parçacıkların konumları, hızları, kütleleri ve kuvvetleri cinsinden kesin matematiksel ifadelerle anlatılabilir. O zaman doğal olarak akla şu geliyor: 2. Yasa içinde yer alan entropi kavramını da benzer şekilde matematiksel olarak kesinleştirmek olanaklı mıdır? Madem ki, entropi düzensizliğin bir ölçüsüdür, bu kesinleştirme işlemine önce düzensizlikle başlamamız gerekir.

Geçmiş ile gelecek arasındaki görünür farkın, dolayısı ile makroskopik sistemlerin tersinmezliğinin açıklaması için şöyle bir varsayım yapılabilir: Atomların hareketleri hakkındaki bazı yasalar zaman içinde tek bir yönde (geleceğe doğru) işler, her iki yönde simetrik olarak işlemez. Ancak böyle bir yasa ya da ilke

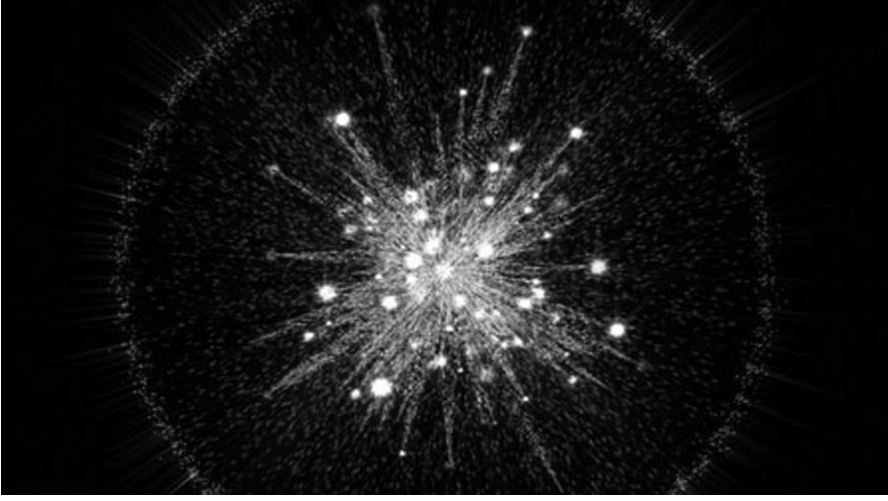
günümüze değin henüz keşfedilmiş değil. Bildiğimiz bütün fizik yasalarında (mikro evrene ilişkin geliştirilen tüm kuantum yasalarında) geçmiş ve gelecek bakımından bir asimetri yoktur. Burada gene önemli bir parantez açmak istiyorum. Madem ki dünyadaki (evrendeki) her şey atomlardan oluşmaktadır, makroskopik sistemlere ilişkin tüm fiziksel süreçleri açıklamaya da mikro evrendeki fizik kanunlarından başlamamız gerekir, ki biz de öyle yapıyoruz.

Yani yalın nesnelere içeren herhangi bir fiziksel sürece ilişkin bir film ileri ya da geri oynatıldığında biz bu filmi izleyerek hangisinin gerçek fiziksel süreç, hangisinin zamanda tersine çevrilmiş süreç olduğunu ayırtetme durumunda değiliz (Bu noktada herhangi bir parçacığın kamera ile gözlenmesi sürecinde bile göz önünde bulundurulması gereken Heisenberg belirsizlik ilkesine ilişkin incelikleri de bir tarafa bırakıyoruz).

Ancak makroskopik yapıların hareketlerinde durum farklıdır. Örneğin sürtünme tersinmezdir. Örnek olarak bir masa üzerindeki kalem kutusunun hareketini göz önüne alalım. Bir fiske ile harekete geçirilen kalem kutusu bir süre sonra durur. Zira buna kazandırdığımız başlangıç kinetik enerjisi (sürtünmesiz ideal durumda düzgün hareket enerjisi olarak yorumlayacağımız) kutu ve masadaki atomların geliş güzel ve düzensiz hareketlerinin enerjisine dönüşmüştür.



Dünyadaki (evrendeki) her şey atomlardan oluşmaktadır, makroskopik sistemlere ilişkin tüm fiziksel süreçleri açıklamaya da mikro evrendeki fizik kanunlarından başlamamız gerekir, ki biz de öyle yapıyoruz.



Başlangıçta, Büyük Patlama anında fıskıran enerji tüm uzaya düzgün bir şekilde yayılmıştır.

Madem ki, 2. Yasa çerçevesinde hep düzenden düzensizliğe gidiş var, o zaman şu çok önemli soruya yanıt bulunması gerekiyor: **Başlangıçtaki düzen nasıl oluşuyor?** Yani temel sorun düzenli bir durumla başlayıp düzenli bir duruma bitiremeyişimizde yatıyor. Yanıtlarını ancak profesyonel istatistik termodinamik kitaplarında bulabileceğimiz soruların sayısını artırabiliriz. Örneğin, kısım düzenli olan her hangi bir duruma bakarken de, neden bunun daha da düzenli bir durumdan evrilerek geldiği sonucunu çıkarırız?

Tüm bunlardan dünyaya (evrene) ilişkin bir çıkarsama yaparsak evrenin geçmişinin şimdiki durumdan daha düzenli olması gerektiği sonucuna (varsayımına) ulaşırız. Ancak evrene baktığımızda her şeyin oldukça iyi bir düzen içinde olduğu da görülüyor. 2. Yasa ile uyumlu olması için bunun daha da düzenli bir durumdan evrilerek gelmesi gerekir. Peki, gerçekte durum nedir? 2. Yasa "başlangıçta bütün evren tümüyle düzensiz rastgele hareketlerden ibaretti" söylemi ile nasıl uyumlaştırılabilir?

4. Evrenin oluşumu- Büyük Patlama Teorisi ve 2. Yasa

Dergimizin daha önceki bir sayısında (Eylül 2010; 195. sayı) evrenin 13.7 milyar yıl önce dev bir patlama sonucu nasıl oluştuğunun öyküsünü anlatmıştık. Günümüzde çok ileri teknoloji ürünü

olan optik ve radyo teleskopları ile görebildiğimiz kadarıyla, evren çok büyük ölçekte oldukça düzenli bir yapıya sahiptir. Bunun en önemli kanıtlarından biri, sıcaklığı 2.7 K olan arka fon ışımasıdır. Bu fon ışıması bir anlamda büyük patlamadan (BP) geriye kalan bir hayalettir. Gene görüldüğü kadarıyla evren her yönde düzgün bir şekilde genişlemeyi sürdürmektedir.

Başlangıçta, BP anında fıskıran enerji tüm uzaya düzgün bir şekilde yayılmıştır. Evren patlamadan çok çok kısa bir süre sonra son derece sıcak bir radyasyon ve temel parçacıklarının bir çorbasıydı. Zaman ilerledikçe, bu enerji hiçbir noktada asla yoğunlaşmadan uzayın her noktasını düzgün ve homojen bir biçimde doldurmuştur. Evren genişleyip soğudukça olan tüm bu gelişmeler büyük bir ayrıntı ve başarıyla hesaplanmıştır. İlk 10^{-4} saniyeden önce olan gelişmeleri bir yana bırakırsak bu hesaplamalar çok yüksek bir güvenilirliğe sahiptir. (Saniyenin bu onbinde bir noktasından yaklaşık 3 dakika sonrasına kadar olan biten büyük bir ayrıntıyla Weinberg'in kitabında anlatılmıştır.)

Bu hesaplamalara göre evren bu evrede her tarafına düzgün şekilde dağılmış foton (ışık), elektron ve protonlar, döteronlar, helyum çekirdekleri ve eser miktarda bazı hafif atom çekirdekleri ve nötrinolar gibi parçacıklardan oluşmuştur. Bu dağılımdaki özellikle elektron ve protonlar genişleme ve soğuma sürdük-

çe BP'den 377000 yıl sonra bir araya gelerek (daha sonra -BP'den 10^8 yıl sonra- yoğunlaşarak yıldızları oluşturacak olan) hidrojen ve helyum gazını oluşturdu.

Evrende madde ne kadar düzgün dağılmıştır? Bu sorunun yanıtına ulaşmak için, bıraktığımız yerden sürdürelim kronolojiyi. Yıldızlar bir araya gelerek galaksileri oluşturdu. Galaksiler de bir araya gelerek kümeleri, onlar da üst kümeleri oluşturdu, vb. Ancak tüm bu yapılanmalar evrenin gözlemlenmiş çok etkiliyici homojenliğini (düzgünlüğü-düzeni) etkileyebilecek yapılanmalar olmaktan çok uzaktır. Zamanda günümüzden ne kadar geriye gidersek gidelim, evrenin inceleme olanağını bulduğumuz her kesimi aynı şekilde düzgün görünmektedir. Bu bir anlamda 2. Yasa bağlamında ciddi sıkıntılara işaret etmektedir (Yaradılışçıların fazla derine inmeden bu argümana neden bu denli sıkı sıkıya sarıldıklarını anlamak çok zor olmasa gerek).

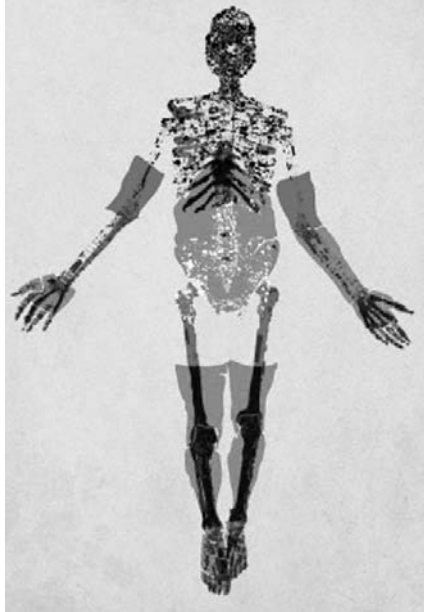
2. Yasa bağlamında tutarlılık için evrenin ilk oluşum evresinde düşük entropi durumunda olmasını bekleriz. BP Teorisi bunu açıklayabilir mi? Başlangıçta evren genişlemekte olan çok çok sıcak bir gaz olduğuna göre doğal olarak ilk akla gelen bunu bir ısıl denge durumu olarak yorumlamaktır. Ancak, ısıl denge bir maksimum entropi durumu olduğundan bu yorum bize ciddi sıkıntı yaratabilir. Böylece, ya evrenin oluşum modeli, ya da 2. Yasada bir sakatlık olduğunu düşünmeye itilebiliriz. Zira 2. Yasa gereğince evrenin entropisi başlangıç evresinde maksimum değil bir tür minimum değerinde olmalıydı. Bu ikilemden bir tür çıkış yolu şöyle olabilir: Başlangıçta, BP'den hemen sonra evren henüz çok küçükken bir ısıl denge durumunda olduğunu kabul edebiliriz. Gerçekten de çok küçük bir evrenin olabilecek en yüksek entropi durumunda olduğunu kabul etmek çok zor değil. Evrenin o evredeki büyüklüğü (Planck ölçeği: $R_{PI} = 10^{-33}$ cm) ile bugün ulaştığı büyüklüğü (10^{28} cm) karşılaştırırsak, 60 mertebelik bir farka ulaşırız ki, başlangıçtaki maksimum entropinin 180 mertebeye (10^{180} kez) genişlemiş bir hacim içinde çok küçük kalaca-

ğı ve minimum olarak yorumlanabileceği açıktır. Demek ki, evren genişledikçe kabul edilebilir maksimum entropi de evrenin hacmi ile birlikte artmıştır. Ancak gerçekte oluşan entropi, olabilecek maksimum entropinin gerisinde kalmıştır. Bu nedenle, entropi hep olabilecek en yüksek entropi düzeyine ulaşmak için artışını sürdürecektir. 2. Yasa ile uyum bu şekilde sağlanmış olur.

Bu süreç sonunda entropi bir maksimuma ulaşır ve evrenin ısı ölümü mü gerçekleşir, yoksa başka senaryolar da mümkün müdür? Bu sorular pek çok yerde hala tartışılan araştırma konularıdır. R. Penrose anıtsal eseri "İmparatorun Yeni Usu" adlı eserinden başlayarak bu konuyu tartışmayı daha yenilerde yazdığı diğer eserlerinde de sürdürmüştür. (Özellikle son eserinde R. Penrose yukarıda tartıştığımız, 2. Yasa ile BP Teorisinin uyumu konusu üzerinde yoğunlaşmıştır). Hemen vurgulayalım ki, yukarıda son paragrafta sunulan argüman bu konuda üretilmiş son yanıt değildir; daha inceltilmiş ve gelişkin yanıtlar bu dergi için hedeflediğimiz düzeyin çok üstüne çıkacağı için konuyu burada kesmeyi uygun gördük. Büyük Patlama Teorisinin 2. Kanun ile uyum konusu, farklı bir okuyucu kitlesini hedefleyen çok popüler kitaplarda da tartışılmış ve özellikle "evrenin başlangıcındaki düzen" gibi Penrose'u üç anıtsal kitabını sürekli meşgul eden konu, yüzeysel argümanlarla bir anlamda geçiştirilmiştir (Rifkin).

5. Entropi ve yaşam

Yanıtlanması gereken en önemli sorulardan biri şudur: Evrendeki düşük entropilerin kaynağı nedir? Bu soruyu yukarıda ayrıntısıyla ele aldığımız çay bardağı örneği için yanıtlamaya çalışma ödevini okuyucuya bırakıp yaşam konusuna girelim ve aynı soruyu soralım. İnsan olarak (düzenli bir organizma olarak) kendimizdeki düşük entropiyi nasıl açıklıyoruz? Enerjiyi yediğimiz yiyeceklerden ve soluduğumuz oksijenden sağlarız. Ancak bu enerji çoğunlukla ısı şeklinde vücudumuzu terk eder. Enerji korunduğuna göre vücudlarımızdaki enerji, büyüme durduktan sonraki evrede eriş-



İnsan olarak (düzenli bir organizma olarak) kendimizdeki düşük entropiyi nasıl açıklıyoruz?

kin yaşamımız boyunca yaklaşık olarak sabit kalır. (Kuşkusuz, büyüme evresinde ve kilo aldığımızda mevcut enerji stokumuza yeni enerji ekleriz.)

O halde erişkin evresinde sahip olduğumuz enerji stokuna yeni bir enerji eklememize gerek yok mudur? Başka türlü soralım soruyu: Büyüme evresinden sonraki erişkin çağımızda canlı varlığımızı nasıl sürdürebiliyoruz? Bunun için gerçekten ek enerjiye ihtiyaç yok mudur? Vardır kuşkusuz: Isı formunda sürekli kaybettiğimiz enerjiyi karşılayacak ek enerjiyi almamız gerekir ki, bunun için yemek yeriz.

Isı, enerjinin en düzensiz, yani en yüksek entropiye sahip şeklidir. Ek enerjiyi, yiyecek ve oksijen olarak, düşük entropi durumunda alırız ve ısı, karbon dioksit olarak yüksek entropi formunda harcarız.

Bir kez daha hatırlayalım. Termodinamik kanunlarına göre, enerji korunur, fakat entropi korunmaz, sürekli artar. Dolayısı ile kendimizi canlı tutabilmek için entropiyi düşük tutmak zorundayız. İşte tam bu amaçla, düşük entropiye sahip yiyecek ve oksijen bileşkesiyle beslenir, bunları vücudumuzda yakar, çıkan ısıyı (yüksek enerjiye sahip enerjiyi) di-

şarı atarız. Bu şekilde entropinin vücudumuzda artmasına engel olur ve düzenimizi (=yaşamımızı) sürdürebiliriz. Düşük entropi kaynağımızın izini sürelim.

Yiyeceklerimiz arasında önemli bir yer tutan eti ele alalım (vejetaryenlerden özür dileyerek). Bu yiyeceğin kaynağı olan hayvancıkların da biz insanlar gibi düşük entropi yapısını oluşturmak ve sürdürmek için düşük bir entropi kaynağına ihtiyacı vardır. Hem biz insanlar ve hem de ara basamakta bize besin hizmeti gören düşük entropili hayvancıklar için yaygın bir besin kaynağı da bitkilerdir. Bitkilerin foto sentez mekanizmaları entropiyi azaltan çok önemli bir mekanizmadır. Bitkiler havadaki karbon dioksiti alıp, oksijeni ayırdıktan sonra karbonu kendi yapılanmasında kullanmak üzere özümlemeler, insan ve hayvanlar olarak karbonu ve oksijeni vücudlarımızda tekrar birleştirerek entropiyi azaltma sürecini sürdürürüz.

Yeşil bitkiler foto sentezi, yani entropiyi azaltma sürecini güneş ışığından yararlanarak gerçekleştirir. Güneş ışığı enerjisi dünyaya göreceli olarak düşük entropili formda, yani "görünür ışığın" fotonlarıyla taşır. Dünya ve üzerindeki canlılar bu enerjiyi depolayıp saklayamaz, bir süre sonra tümünü (ışınım şeklinde) uzaya geri gönderir. Ancak geri gönderilen bu enerji yüksek entropili formda, yani ısı (kızıl ötesi ışınlar) formundadır: Özetlersek, yaygın izlenimin (inancın?) aksine, dünya, üzerindeki canlılarla birlikte güneşten enerji almaz. Yapılan şey enerjiyi düşük entropi formunda almak ve yeniden ancak bu kez yüksek entropi formunda uzaya geri püskürtmektir. Özetle, güneş bizim temel düşük entropi kaynağımızdır.

Peki, güneşin bu özelliği nereden gelmektedir? Bunun nedeni güneşin uzayda sıcak bir nokta olmasıdır. Yani gök, sıcaklık bakımından bir dengesizliğe sahiptir. Şöyle ki, güneşin yer aldığı küçük bir bölge (galaksi içindeki çok büyük bir ölçekteki) diğer tüm bölgelerden daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bu da yeterince güçlü bir düşük entropi kaynağı oluşturur. Şöyle ki, dünya bu sıcak noktadan enerjiyi düşük entropi formun-

da alır ve uzayın soğuk bölgelerine yüksek entropi formunda geri gönderir.

Teknik Not: Görünür ışıkla kızıl ötesi ışık arasındaki temel fark, ilkinin diğerinden daha yüksek frekansa, yani fotonlarının daha yüksek enerjiye sahip olmasıdır. Bu durumda dünyaya güneşten gelen enerjinin tekrar uzaya geri salınmasını dengeleyebilmesi için, enerjinin korunumu ilkesi çerçevesinde, salınan fotonların sayısının gelenlerin sayısından daha yüksek olması gerekir. Böylece dünyadan uzaya geri püskürtülen enerji güneşten dünyaya gelen enerjiye göre daha yüksek sayıda serbestlik derecesi üzerine yayılmış olmalı, dolayısı ile daha yüksek entropiye sahip olmalıdır.

6. Entropi ve tarih

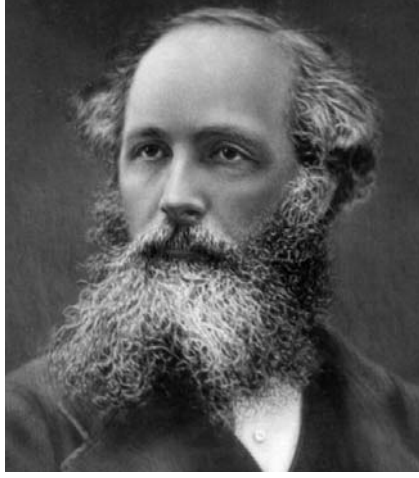
Antik Helen için tarih sürekli bir bozulma süreciydi. Romalı Horace da benzer görüşteydi: Horace, termodinamiğin ikinci yasasını bilmiyordu kuşkusuz. Ancak onun "zaman dünyanın değerini düşürür" ifadesi bu yasanın içeriğini çok veciz bir şekilde özetlemektedir.

Helen mitolojisinde tarih, her biri bir önce gelenden daha bozulmuş beş evre olarak betimlenir. Hesiod (MÖ 8.yy) bu evreleri Altın, Gümüş, Pirinç, Kahramanlar ve Demir Çağları olarak betimler. (Kozmolojik evrimin- yıldız oluşumunun da demirde son bulması çok ilginç bir rastlantı olmalı.)

Altın Çağ bolluk dönemidir ve Pandora'nın hayatın kötülüklerini içeren sandığın kapağını açmasıyla ani bir sona ulaşır. Bu olayı takiben her çağ bir öncekinden daha sert ve zorlu geçmiştir. En son çağ demir çağıdır ve bütün kötülükler bu dönemin ürünüdür.

Hesiod bu dönem için şunları söylüyor: "Haklı kişi, iyi insan, ya da yeminine sadık kişi ödül bulmayacak; fakat haksızlık yapan ve kibirli/küstah kişiden daha fazla onur duyacak. Hak kol gücünde olacak ve artık gerçek olmayacak."

Kulağa çok aşına geliyor değil mi? Yaşadığımız dönem Hesiod'un yukarıda betimlediği Demir Çağı olmasın; özellikle de ülkemiz için. Kim bilir daha ne ka-



Formüle edildiği dönemden başlayarak entropi yasasını aşmak için çok ciddi bilim adamları tarafından da sayısız girişimlerde bulunulmuştur. Bunların en ünlüsü 19.yy'ın sonlarında Maxwell tarafından yapılandır ve bu daha sonra yepyeni bir araştırma alanının yolunu açmıştır.

dar zaman kötüler değerli insanları karalayarak, iftiralar atacak ve ezecek?

Tarihin çevrimsel bir bozulma süreci olduğu fikri antik Helen'de toplumsal yapının ne şekilde düzenlenmesi gerektiği konusundaki fikirleri de doğal olarak etkiledi. Örneğin Platon ve Aristoteles, değişim bozulma olduğuna göre, iyi toplum düzeninin, en az değişime uğrayan düzen olduğuna inanıyorlardı. Yani, ideal durum bozulma sürecini olabildiğince yavaşlatan dönemdi. Amaçları bir sonraki nesle olabildiğince "değişimden korunmuş" bir dünyayı miras bırakmaktı.

Ortaçağ boyunca Batı Avrupa'ya egemen olan Hıristiyan tarih görüşü, dünyadaki yaşamı, ahiret yaşamına bağlılık için bir mola yeri olarak değerlendiriyordu. Ancak Antik Helen'deki döngüsel model terk edilse de tarihi bir bozulma süreci olarak değerlendirmeyi sürdürdü. Fukuyama'nın daha sonra geri çektiği "tarihin sonu" tezi bu bozulma sürecinin son noktasını mı oluşturuyordu?

7. Sonsöz

Yukarıdaki tartışmalardan anlaşılıyor ki, entropi yasasının, bilimin kapsama alanına girişi ancak 150 yıl kadar çok kısa bir süre önce gerçekleşmiş olsa da, ünlü fizikçi A. Eddington'un "doğanın en

üstün yasası" betimlemesini haklı çıkaracak derinliğe sahip bir yasadır. Bu felsefi (belki de metafiziksel demek daha doğru olurdu) derinliğine koşut olarak sürekli bir sorgulamanın (özellikle devri daim makineler bağlamında) da hedefi olmaktan kurtulamamıştır. Formüle edildiği dönemden başlayarak entropi yasasını aşmak için çok ciddi bilim adamları tarafından da sayısız girişimlerde bulunulmuştur. Bunların en ünlüsü 19.yy'nin sonlarında Maxwell tarafından yapılandır ve bu daha sonra yepyeni bir araştırma alanının yolunu açmıştır. Bu konu üzerinde yapılan ve günümüze kadar uzanan çalışmalar sonucunda artık iyice anlaşılmuştur ki "karşılıksız hiç birşey, hatta gözlem bile yapamayız." Gözlem sonucunda bir bozulma olduğu veya teknik bir deyişle, üzerinde gözlem yaptığımız nesnenin durumunu değiştirdiğimiz - bozduğumuz gerçeği Kuantum Mekaniği'nin en simgesel özelliklerinden biridir: Heisenberg Belirsizlik İlkesi. Maxwell ile başlayan 2. Yasayı aşma girişimlerinin öyküsü bu sayıda yer alan Dr. S. Turgut'un makalesinde ayrıntılı bir biçimde anlatılmaktadır.

Kaynakça

- N. K. Pak, "Mikro Evrenin Standard Modeli ve Süpersimetri", Bilim ve Ütopya, Sayı 167, Mayıs 2008, s:22-31.
- N. K. Pak, "Antimadde", Bilim ve Ütopya, Sayı 202, Nisan 2011, s:7-15.
- N. K. Pak, D. A. Demir, "Büyük Patlama ve Evrenin Genişlemesi", Bilim ve Ütopya, Sayı 195, Eylül 2010, s:16-21
- N. K. Pak, "Evrenin Oluşumu", Bilim ve Ütopya, Sayı 195, Eylül 2010, s:12-15
- R. Feynman, "Fizik Yasaları Üzerine", TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Dizisi:12, 1995.
- R. Penrose, "Kralın Yeni Usu", TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Dizisi: 95, 1998.
- S. Weinberg, "İlk Üç Dakika", TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Dizisi:11, 1995.
- R. Penrose, "The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe", Alfred A. Knopf, 2005.
- R. Penrose, "Cycles of Time: An Extra Ordinary New View of the Universe", Vintage Books, 2011.
- E. Schrodinger, "What is Life", MacMillan, NY, 1947.
- J. B. Bury, "The Idea of Progress", Dover, 1955.
- J. Rifkin, T. Howard, "Entropi: Dünyaya Yeni Bir Bakış", İz Yayıncılık, İstanbul, 2003.
- B. Russel, "Scientific Outlook", George Allen&Unwin Ltd., London, 1931.
- F. Fukuyama, "Tarihin Sonu ve Son İnsan", Gün Yayıncılık, İstanbul, 1999.