

Kuarkların kendiliğinden macerasında Simetri ve simetri kırınımı

Bilim her zaman doğru olmayabilir, ancak nadiren yanlıştır, ve kural olarak doğru olma şansı bilimsel olmayan kuramlara göre çok daha fazladır. O nedenle de bilimi varsayım olarak doğru kabul etmek akılcı bir yaklaşımdır.

Bertrand Russell

Giriş

Evrim hemen her yerde karşımıza çıkmaktadır. Bugün artık evrim kavramına başvurmadan ne insanları, ne toplumları ve de maddi evrendeki herhangi bir olayı açıklayamayız. Canlı/cansız bütün varlıklarda olduğu gibi, insan yapısı aletlerde ve insan kültürlerinde de evrim vardır: bilgisayarların evrimi, makinelerin evrimi, sanatın evrimi gibi. 1920'lerden bu yana biliyoruz ki, aslında içinde yaşadığımız evren de evrimleşmektedir. Şüphesiz bu evrim, canlıların evrimindeki birikimli seçilimin birebir aynısı değildir. Ama yine de içinde var olduğumuz bu evren ne ilk başlangıcında şimdiki halindeydi, ne de ilerde değişmeden kalacak. Hem maddi evren, hem de ondan ortaya çıkan biz insanlar sürekli bir değişim içindeyiz. Bu yazıda, evrenin macerasını anlatmaya çalışırken, evrenin bir parçası olan biz insanların macerasını da anlatmış olacağız. Çünkü evrenin yapı taşlarını oluşturan kuarklar ve leptonlar, aynı zamanda bizlerin de yapı taşlarını oluşturmaktadır ve aynı fizik kurallarına bağlıdır. Erwin Schrödinger 1944'de yazdığı ve büyük ilgi uyandıran "What is Life" isimli kitabında, o günkü fizik bilgilerinin ışığında yaşamın gizini araştırmıştı. Aradan geçen 65 yıl içinde artık bu maceranın büyük kısmını biliyoruz. Evrenin başlangıç anından, atomların ortaya çıkışına, ilk yıldızlardan dünyamızın ortaya çıkışına ve dünyamızdaki canlı yaşamın başlangıcından günümüze kadar geçen evrimin hemen bütün adımlarını biliyoruz. Günümüzde bilim adamları bilincin hangi koşullarda ortaya çıktığını araştırmakta ve bu yönde büyük ilerlemeler kaydetmektedirler. İşte bütün bu evrim sürecindeki temel yapı taşlarının tarihini ve evrimin temel mekanizmalarını inceleyeceğiz.

Evrenin tarihini anlattığımız bu yazıda kaynağımız bilim olacağı için, bir kaç cümle ile bilimsel yöntemden ne anladığımızı vurgulamaya çalışalım. Şüphesiz, başlı başına bir veya birçok yazının içeriğini bir kaç cümle ile özetlemek olanaksızdır, ancak günümüzde bilim bazı çevreler tarafından o kadar yanlışa ele alınıyor ki, en azından bilimin ne olduğunu, ne olmadığını ile açıklamaya çalışalım. Her şeyden önce bilim "kültürel çalışmaların" nesnesi değildir. Yeni Gine yerlilerinin mitolojileri ile modern astronominin evrenin tarihi ile ilgili yazdıklarını eşdeğer tutan kültür çalışmalarının farkında olmadığı şey, bilimin bir öngörü gücü olduğudur. Bilim test edilebilir, yanlışlanmaya açık varsayımlar öne sürer, ve bu varsayımlar çeşitli deney ve gözlemlerle sürekli olarak sınanır. Bilimi dogmalardan ve mitolojik hikayelerden ayıran da bu özelliğidir. Bilimsel bulgular tarih boyunca her zaman dogmalarla çelişmiştir, ama farklı bilimsel disiplinler arasında sürekli bir uyum söz konusudur. Hem aynı bilim dalı içindeki gözlem ve deneylerin sonuçları, hem de farklı bilim dallarındaki gözlemlerle sürekli olarak sınanan bilimsel kuramlar, süreç içinde birbirlerinin eksiklerini ve yanlışları düzelterek gelişirler.

Modern Bilimde evrim kavramının ortaya çıkışı

Modern biyolojik evrim kavramı (Darwin-Wallace) bilim tarihinin en büyük başarılarından biridir. Yaşamın kökenini 1860' larda çok doğru bir şekilde tespit eden bu kuramın en büyük başarısı belki

de sabit bir evren anlayışına rağmen ortaya atılmıştır. O tarihlerde modern bilim oldukça yol almış, güneş merkezli bir evren sistemi gezegenlerin hareketlerini başarıyla betimlemişti ama yine de evrenin evrimi hakkında hemen hiç bir şey bilinmiyordu. Evren, sonsuz, sınırsız ve sabit varsayılıyordu. Böyle bir evrende sadece canlıların evrime uğraması, doğru olmasına rağmen, elbette sağduyuya aykırı bir görüştü. Yine de Darwin/Wallace kuramı çok doğru bir şekilde, dünyadaki bütün canlı yaşamın tek bir ortak atadan evrimleştiğini ileri sürmüştür. Aradan geçen 150 yıl içinde farklı bilim dallarındaki gelişmeler bu kuramı desteklemiş ve kuram bugünkü haliyle tartışmasız bir bilimsel gerçek haline gelmiştir. Biyolojik evrim kuramının hangi bilimsel ortamda ortaya atıldığını görmek için bilim tarihini kısa gözden geçirelim.

Eski çağlardan beri insanlar gökyüzünü gözlemişler, bu gözlemlerini çeşitli disiplinler altında sistematik bir şekilde kullanmışlardır. Astronomi insanlık tarihindeki ilk bilimdir. **MÖ. 1600** yıllarında Babil' de yapılan gözlemler bin yıl sonra eski Yunan'da doğa filozofları tarafından kullanılmış, **M.Ö. 480** yıllarında **Thales** bu sayede güneş tutulmalarını hesaplayabilmiştir. **Aristarchus MÖ. 270** yıllarında güneş merkezli bir sistemin temellerini atarken, **Eratosthenes M.Ö. 220'**de dünyanın çevresini oldukça büyük bir doğrulukla ölçmüştür. Ancak çeşitli sebeplerden bu bilgiler devamlılık kazanamamış, dogmalara yenilmiş ve insanlık tarihi yaklaşık 2000 yıllık bir "din çağına" girmiştir. Aristo fiziğinin hakim olduğu bu çağda bilimsel gözlemler değil kutsal kitaplar referans alınmıştır. 16. yüzyılda başlayan aydınlanma çağı ile birlikte modern bilimsel yöntemlerin ortaya çıkışı yavaş ama istikrarlı bir şekilde dogmaların yıkılmasına yol açmış, 19. yy' in ortalarına kadar gelen süreç içinde bütün bilimsel disiplinler birbirleri ile uyumlu bir şekilde maddi bir evren anlayışı ortaya koymuşlardır. İşte tam da 19. yüzyılın son çeyreğinde **Wallace** ve **Darwin** tarafından ortaya atılan biyolojik evrim kuramı bütün bu sürecin meyvasıdır. Astronomide ve modern fizikteki gelişmeler olmasa biyolojik evrim kuramı kolay kolay ortaya çıkamazdı. Yine aynı şekilde, eğer biyolojik evrim kuramı bulunmasaydı günümüzde mutlaka bulunacaktı. Çünkü artık biz modern kozmoloji sayesinde, içinde yaşadığımız evrenin durağan değil, tersine sürekli bir evrim içinde olduğunu biliyoruz.

Evrenin tarihi o kadar eskidir ki, insan ömrü ile karşılaştırıldığında, ortalama insan yaşamı evrenin yaşına göre nefesimizi alıp verdiğimiz bir an kadardır. Bunu ancak büyük bir hassaslıkla yirminci yüzyılın sonlarında ölçebildik. Artık Evrenin yaşının **13.7 milyar yıl** olduğunu ve üzerinde yaşadığımız dünya gezegeninin ve güneş sistemimizin **5 milyar** yıl önce oluştuğunu biliyoruz. Oysa Darwin' in zamanında dönemin fizikçileri ve jeofizikçileri dünyanın yaşını **300 milyon yıl** olarak hesaplıyorlardı. Bu bile 1800' lerin başına göre çok ileri bir aşamaydı, çünkü kutsal kitaplara göre yaklaşık 5-6 bin yıl yaşında olması gereken dünyanın çok daha yaşlı olduğu bilim adamları tarafından ispat edilmeseydi, Darwin ve Wallace gibi biyologlar evrim kuramını ortaya atmaya çekinirlerdi şüphesiz.

Günümüzde astronomi ve kozmolojideki gelişmeler çok hızlı gerçekleşmektedir. Bugün kullandığımız kütle çekim kuramlarının temellerini atan **Einstein** zamanındaki bilgiler bile çok eskimiştir. Örneğin 1917'de tüm evren Samanyolu galaksisinden ibaret sanılıyordu. Günümüzde biz biliyoruz ki, içinde yaşadığımız galaksiye benzer milyarlarca başka galaksi vardır. Yine aynı şekilde, Einstein genel görelilik kuramını inşa ederken evreni durağan farz etmişti, çünkü o zamanlar öyle biliniyordu. Oysa hemen **1920'** lerde **evrenin genişlediği** keşfedildi. Son gözlemler ise evrenin **hızlanarak genişlediğini** göstermiştir.

Evrenin evrimi

İnsanlık, tarih boyunca "madde nelerden oluşur?" ve "bunları bir arada tutan şey nedir?" soruları etrafında doğayı anlamaya çalışmıştır. Sayısız deneyler ve deneylere öneri, öngörü ve

yorum getiren kuramsal çalışmalar göstermiştir ki madde çok az sayıda ve oldukça küçük yapı taşlarından oluşmaktadır. Diğer bir deyimle, hava, su, ateş ve toprak bir metrenin on milyarda biri büyüklüğündeki atomlardan; atomlar kendilerinden on bin kat küçük çekirdek ile bir milyar kat küçük elektronlardan; çekirdek ise kendinden on kat daha küçük nötron ve protonlardan oluşmaktadır. Atom çekirdeğindeki proton ve nötronlar ise temel parçacık olan kuarklardan meydana gelmektedir. Böylesi küçük varlıkların davranışları günlük hayatta gözlemlediğimiz cisimlerden farklıdır: konumları ne kadar yüksek hassasiyetle ölçülürse hızları o kadar az hassasiyetle bilinebilir (Heisenberg belirsizlik ilkesi); hem dalga hem parçacık özellikleri gösterirler; devinim esnasında belli bir yörünge izlemezler; verilen bir durumdan diğerine geçerken gözlenemeyen ara durumlar yaşarlar. Bu prensipler bütünü **kuantum mekaniği** olarak adlandırılır. Günümüzde içinde yaşadığımız evrenin ve onu oluşturan maddenin temel yapısını çok iyi biliyoruz. Bu konuda şimdiye kadar gelişmiş ve deneysel olarak ispatlanmış en iyi teori **Standart Model (SM)** adı verilen bir modeldir. Evrende, bilinen dört temel kuvvetten ikisini, Elektromanyetik ve Zayıf kuvveti, aynı kuram içinde birleştiren Standart Model, fizik biliminin 20. yy' daki en büyük başarılarından biri olmuştur. Glashow, Salam ve Weinberg tarafından 1960' larda ortaya atılan kuram, sonraki 30 yıl içinde gelişmiş, test edilmiş ve peş peşe gelen keşiflerle, sağlam bir model olarak günümüzde temel parçacıkları betimleyen ve deneysel olarak test edilebilen tek doğru model halini almıştır. Standart Model' de temel parçacıklar 10^{-18} - 10^{-19} m boyutlarında, maddenin noktasal (iç-yapısı olmayan), en temel yapı taşları olarak tanımlanır. Bunlar, madde parçacıkları (leptonlar ve kuarklar) ve tüm temel etkileşmelerin *kuvvet taşıyıcıları* olan ara etkileşim parçacıkları (bozonlar) olmak üzere ikiye ayrılırlar. Leptonlar, elektron birim yüküne sahip elektron, muon ve tau ile 0 elektrik yüküne sahip nötrinolarıdır (elektron, muon ve tau nötrinoları). Kuarklar ise kesirli elektrik yüküne sahip olup, *u*, *d*, *s*, *c*, *b* ve *t* kuarkları olarak adlandırılırlar. Her parçacığın zıt elektrik yüküne sahip bir de karşı-parçacığı vardır. Evrende gördüğümüz maddenin atomlarını, bu altı kuarktan sadece ikisi (atom çekirdeğindeki *u* ve *d* kuarkları) ile leptonlardan bir tanesi (elektron) meydana getirir. Diğer kuarklar ve leptonlar çok kısa süre içinde bozunarak daha hafif kuark ve leptonlara dönüşürler.

Einstein denklemlerinde bir hata olabileceğini öngörüp evrenin genişlemesi gerektiğini 1922'de kuramsal olarak bulan **A. Friedmann'ın** çalışmalarından ve **G. Lemaitre** (1927) ile **E. Hubble'ın** (1929) gözlemlerinden beri biliyoruz ki galaksiler uzaklıklarına orantılı olarak kırmızıya kayıyorlar, diğer bir deyişle evrenimiz genişliyor. Genişlediğine göre bir başlangıç noktası var evrenimizin. Uzun yıllar boyunca yapılan sayısız gözlemler bu başlangıç noktasını 13.7 milyar yıl öncesi olarak belirlemiştir. Evrenimiz durağan değil, tersine dinamik bir evrendir ve ilerde göreceğimiz gibi

oldukça çalkantılı ve kaotik bir tarihi vardır. Günümüzde evren 10^{26} metre boyutlarındadır ve yaklaşık olarak 10^{11} galaksiye, 10^{21} yıldıza, 10^{78} atoma ve 10^{88} fotona sahiptir. Ama içinde yaşadığımız evren yaklaşık 13.7 milyar yıl önce **Büyük Patlama** ile başladığında her şey çok farklıydı. Başlangıçta evrende hiç madde yoktu. Öte yandan, evrende var olan ve her yerde karşımıza çıkan dört temel kuvvet, **kütle çekim kuvveti**, **elektro-manyetik kuvvet**, **zayıf** ve **güçlü kuvvetler**, ilk nano saniyelerde hep bir aradaydılar. Modern Kozmolojik Kurama göre noktasal bir tekillikten doğan evrende ilk saniyelerde o kadar büyük bir sıcaklık vardı ki, tüm maddeler ayırt edilemez bir "**kuark çorbası**" durumundaydı. Evrenin yaşı bir saniyenin milyarlarca kere milyar kadar küçük bir kesiti kadarken kütle çekim kuvveti diğer kuvvetlerden ayrıştı, maddenin temel yapı taşları olan kuarklar ve leptonlar oluştu. Bir sonraki aşamada aniden genişleyen (**şişme dönemi**) evren hızla soğumaya başladı ve ilk nano saniyelerin sonunda, bugün her yerde karşımıza çıkan diğer üç temel kuvvet (elektromanyetik, zayıf ve güçlü kuvvet) birbirlerinden ayrıştı. Bu süreç

kendiliğinden simetri kırılımı diyoruz. Simetrisinin kırılması olgusunu ilerde daha ayrıntılı göreceğiz ve bunun evrim mekanizması için önemine değineceğiz.

Ayrıca evrende bu ilk zamanlarda eşit miktarda **madde** ve **anti-madde** vardı. Evren hızla soğudukça madde ile anti-madde arasındaki simetri bozuldu. Elektronlar, pozitronlar, fotonlar, nötrinolar ve antinötrinolardan oluşan başlangıç anı çorbasının sıcaklığı yüz milyar kelvin derecesiyken, bu yüksek sıcaklıklarda parçacıkların karşılıklı etkileşimde bulunmaları sürekli bir yaratılış ve yok edilme süreci idi. Bu yüksek sıcaklıkta bir elektron ve pozitronun fotonlar şeklinde yok olması, fotonların bir elektron pozitron çifti yaratmak üzere çarpışması kadar olasıydı. Ancak bu başlangıç anı çorbasında, fotonların sayısının milyarda biri kadar küçük bir oranda **proton** ve **nötron** **kirliliği** vardı. Çorbadaki bu küçük öbekten tüm galaksiler ve yıldızlar ve nihayet gezegenimiz ortaya çıktı. İlk üç dakika geçtikten sonra, evrenin sıcaklığı küçük proton ve nötron kirliliğinin çekirdek halinde birleşmesine yetecek kadar düştü.

Başlangıçta evrende radyasyon (ışınım) hakimdi. Elektron, proton gibi maddenin temel yapı taşları yüksek sıcaklıklarda bir araya gelip atomu oluşturamıyorlardı. Radyasyon ve madde termal bir denge halindeydi. Evren yaklaşık 400 bin yıl yaşındayken, sıcaklığı 4000 kelvine kadar düştü (günümüzdeki sıcaklığın bin katı) ve protonlar hidrojen atomları oluşturmak üzere elektronlarla bağlandı. Bu dönemden kalan ve Penzias ile Wilson'un 1964' te keşfettikleri kozmik aralan mikrodalga ışınmasını (CMB) evrenin her yerinde görebiliyoruz. Kozmik Aralan Araştırmacısı (COBE) uydusunun bu fosil ışınım üzerinde belirlediği yoğunluk farkları Büyük Patlama kuramının en önemli kanıtlarından biridir. Daha sonra yapılan hassas gözlemler, aralan ışınımında bir derecenin 10.000'de biri ölçeğinde sıcaklık farkları belirlediler ve bunların madde yoğunluğundaki farklara karşılık geldiğini saptadılar. Bu salınımların büyüklüğü, evrenin başlangıcındaki **kuantum dalgalanmalarının**, şişme süreci sonucu şimdi gözlenen boyutlarına ulaşmış olabileceğini göstermektedir.

Bir sonraki dönemde bu **hidrojen atomları** milyonlarca yıl boyunca birleşerek yıldızları oluşturdular. Yıldızlar yandıkça hidrojen atomları kaynaştı ve daha ağır atomları meydana getirdiler. Yeni elementler yıldızların kalbinde yaratıldı. Milyarlarca yıl sonra, şimdi içinde yaşadığımız güneş sisteminin ortasında bulunan çok büyük bir yıldız patladı ve içindeki elementler uzaya savruldu. Sonraki milyonlarca yıl boyunca uzayda dönen bu elementler birleşerek ortada güneşi, etrafında gezegenleri ve dünyamızı yarattı. Daha sonra da dünyada yaşam başladı ve evrimleşerek günümüzdeki insana kadar geldik, evren hakkında sorular sormaya başladık.

Yaşamın başlangıcına kadar kendiliğinden gelişen bütün bu süreçte, biyolojik evrim kuramına benzer bir şekilde, **maddenin evrimleşmesi** söz konusudur. Ama bu sadece bir benzetmedir. Şüphesiz, biyolojik evrimde birikimli seçim gibi bir çok farklı faktör rol oynamaktadır. Ancak ilerde de göreceğimiz gibi, maddenin evrimi ile canlılığın evrimindeki ortak nokta **simetrisinin kırılmasıdır**. Tamamen simetrik bir evrende yaşamın gelişmesi mümkün olmadığı gibi, atomların ortaya çıkması, yıldızların, galaksilerin oluşması da imkansızdır. Atom altı parçacıkların birbirlerini yok etmeden var olabilmeleri için madde/karşı madde simetrisinin kırılması ve maddenin hakim olması gereklidir. Bu süreç de zamanın başlangıcında, evrenin ilk nano saniyelerinde meydana gelmiştir.

Evrenin tarihindeki karanlık noktalar

20. yüzyıldaki Evren kuramları sürükleyici bir dedektif romanına benzer. Hızla yetkinleşen gözlem araçları ve güçlü kuramsal çalışmalar sayesinde son yüzyılda evrenimiz hakkında çok şey öğrendik. Bu öğrenme süreci aynı zamanda kuramların, öngörülerin birbirleriyle çarpışması ve sağlam kanıtları olanların hayatta kalması demektir. Süreç içinde kuramda bir çok sorunsal ortaya çıktı ve bir çoğu çözüldü. Bunlardan en önemlilerinden birisi şişme (enflasyon) kuramıdır. Kozmik

ardalan mikrodalga ışınımının evrenin her yerinden görülüyor olması aslında Büyük Patlama kuramı için bir engeldi. Çünkü bu gözlem evrenin her tarafının aynı yoğunlukta olmasını gerektiriyordu ki bu kolay açıklanır bir durum değildi. İşte bu fenomen şisme kuramı ile açıklandı ve başarıyla ölçüldü. 1979'da Alan Guth tarafından ortaya atılan kurama göre evren, ilk 10⁻³⁵ saniyelerde fotonların evrenin her tarafına eşit şekilde dağılabildiği çok küçük bir boyuttan, çok küçük bir zaman dilimi içinde bir portakal büyüklüğüne genişledi (enflasyon dönemi). Böylelikle evrenin her noktasının nasıl aynı termal kontağı sağlamış olduğu açıklığa kavuştu.

Henüz çözülmemiş olan bir diğer kozmolojik problem ise Karanlık Maddenin kaynağıdır. Gözlemlenebilir evrende yapılan ölçümler, galaksilerin hesaplanabilen maddeden daha fazla bir maddenin çekim etkisi yüzünden çok hızlı döndüklerini ortaya çıkarmıştır. Kaynağını bilmediğimiz bu maddeye **Karanlık Madde** adını vermekteyiz.

Öte yandan, yine son yıllarda yapılan ölçümler göstermiştir ki, itici bir **Karanlık Enerji** sayesinde evren hızlanarak genişlemektedir. Evrenin enerji yoğunluğunun, kaynağını bilemediğimiz ama ölçebildiğimiz bu karanlık madde (%23) ve karanlık enerjinin (%73) dışında kalıp da tanımlayabildiğimiz kısmı %4 kadardır. Bütün bu kozmolojik verileri tutarlılık içinde açıklayabilen çeşitli fizik modelleri vardır, ancak bunlar henüz test edilmemişlerdir. Günümüzde parçacık fiziğinin ve kozmolojik araştırmaların temel uğraş alanlarından biri de karanlık madde ve karanlık enerji kaynaklarını belirleyebilmek ve tutarlı bir kuramsal model çerçevesinde bunların birbirlerine oranlarını hesaplamaktır. Karanlık madde ile karanlık enerjinin birbirlerine oranları aynı zamanda evrenin gelecekteki tarihi hakkında da bilgi vermektedir. Eğer karanlık enerji baskın olursa evren "büyük parçalanma" ile son bulacak, eğer karanlık madde daha yüksek oranda çıkarsa evren kendi içine çökecek, son olarak bunların oranı birbirlerini dengeleyecek şekilde çıkarsa evren "düz evren" olarak adlandırılan bir süreçte, günümüzdeki gibi hızlanmaya devam edecektir.

Canlıların evrimi

Canlı cansız arasındaki ayrım çok incedir. Virüslerin bile canlı mı cansız mı olduğunu tartışmaktayız hala. Eğer canlılığı kendini üretmekle tanımlarsak virüsler, üremek için başka bir hücreye ihtiyaç duyması yüzünden bu tanımlamanın dışında kalmaktadır. Ancak yine de canlı yapılar ile cansız yapıların en belirgin ayırt edici özellikleri kendilerini, şu ya da bu şekilde, kopyalamalarıdır. Konumuz açısından canlılığın tanımını "kendini tekrarlayabilen moleküler yapı" olarak yapmamız yeterli olacaktır.

Biyolojik yapı, biyomer denilen polimerlerden oluşur ve moleküler çeşitlilik için özellikle birden çok bağ oluşturabilen karbon ve silisyum gibi ana elementlere ihtiyaç vardır. Dört milyar yıl önceki koşullarda büyük bir olasılıkla ilk olarak 16, daha sonra 20 amino asitle, sitozin (S), guanin (G), adenin (A) ve urasil (U) adı verilen bazların sentezlenmesini gerçekleştirmiştir. S, G, A, U bazları bir araya geldiklerinde, zincir halindeki RNA'yı (ribonükleik asit) meydana getirirler. Modern evrim kuramına göre yaşam RNA ile başlamış, daha sonraki bir aşamada urasil, dönüşme ya da eklenme yoluyla yerini timine (T) bırakmış ve böylelikle daha kararlı bir molekül olan DNA ortaya çıkmıştır. Maddenin ondan sonraki serüveni artık biyolojik evrimin konusuna girmektedir. Ama burada altını çizmek istediğimiz bir kavram tekrar karşımıza çıkmaktadır: **Simetrisinin kırılımı**. Evrim, adı üstünde bir değişim içermektedir. Biyolojik evrimdeki "birikimli seçilim" mekanizması evrimin temel motorudur. Çift sarmal DNA'nın alfabesinde meydana gelen herhangi bir değişim, eğer şartlara uygun bir değişimse, "doğal seçilim" sayesinde gelecek nesillere aktarılır ve bu iş birikimli olarak devam eder. Ancak bir seçilim olması için ortada seçilecek birden fazla şık olması gerekir. Bu da **kopyalamanın** bir yerde ters gittiği anlamına gelir. Eğer DNA kendini eksiksiz olarak

kopyalayabilseydi evrim olmazdı. Kendisinin aynısını üreten simetrik bir dünya evrimleşemeyen dünyadır. Evrim için bu simetrinin, herhangi bir nedenle kırılması gerekir. Fizik yasalarında da hayati bir önem taşıyan simetri kavramı evrim mekanizmasında anahtar olgu durumundadır.

Düzen ve düzensizlik

Termodinamiğin iki temel yasasından biri **enerjinin korunumu** diğeri ise düzensizliğin (**entropi**) artışıdır. Bu iki temel yasa tam olarak bilinmeden evrende yıldızların, gezegenlerin ve canlı yaşamın nasıl ortaya çıktığı iyi anlaşılabilir. Evrenin toplam enerjisi hep aynı kalsa da, entropisi artmaktadır. Entropi korunmaz ve bu yüzden de "yenilenebilir enerji kaynağı" diye bir şey yoktur. Atomların birleşip düzenli yapılar (moleküller) oluşturmaları için dışardan bir enerji gerekir. Enerji entropiyi düşürür ve bu sayede yıldızlar, galaksiler, gezegenler oluşabilir. Madde bir kere ortaya çıktıktan sonra ise, milyarlarca gezegen içinde bir gezegende DNA'nın ortaya çıkması yalnızca bir istatistik sorundur.

Güneş sistemimizdeki kusursuz saat gibi işleyen yörüngesel hareket, güneşimizi oluşturan süpernova patlamalarından kalan dönme enerjisinin sonucudur. Bu ilk enerji sayesinde ortada güneşimiz ve etrafında gezegenler düşük entropili düzenli yapılar olarak varlık kazanmışlardır. Canlı yaşam için de aynı olay söz konusudur. Düzensizlik sürekli arttığı için, entropiyi düşürme amacıyla enerjiyi düşük entropi biçiminde alırız (gıda, oksijen), ve yüksek entropi biçiminde (ısı,karbondioksit) harcarız. Kendimizi canlı tutabilmek için entropi içeriğimizi düşük tutmamız gerekir. Yüksek entropi biçiminde çıkan enerjiyi atarız. Entropinin bedenimizde artmasına izin vermeyerek düzenimizi sürdürürüz.

Evren düzenden düzensizliğe doğru gitmektedir ve etrafımızda gördüğümüz bu düzenlilik hali aslında geçici bir durumdur. Güneşimizin enerjisi bir süre sonra (yaklaşık 5 milyar yıl) entropiyi düşük tutmaya yetmeyecek ve güneş sistemi içindekilerle birlikte dağılıp gidecektir.

Simetri

Yukarıdaki paragraflarda sık sık karşımıza çıkan simetri kavramına biraz daha yakından bakalım. Alman matematikçi Hermann Weyl **simetri** için çok güzel bir tanım vermiştir: "Eğer bir nesne üzerinde bir şey yaptıktan sonra da nesne ilk hâlinde görünüyorsa, eğer nesnede bunu yapmaya imkân veren bir şey varsa, o nesneye simetriktir denir." İşte fizik kanunları da bu anlamda simetriktir. Fizikte **korunum kanunları** denince, fiziksel bir değişim geçiren kapalı bir sistemde ölçülebilen bazı niceliklerin sabit kalacağını ifade eden yasalar anlaşılır. Örneğin *enerjinin korunumu yasası*, kapalı bir sistemdeki her türden toplam enerji miktarının sabit kaldığını ifade eder (termodinamiğin I. Yasası). Bir diğer korunum yasası, bir cismin kütlesiyle hızının çarpımı olan momentumun korunumu yasasıdır. Bütün korunum yasaları bir simetriye işaret eder. Birbirleri ile etkileşen, ama Evren'in kalan bölümünden yalıtılmış olan bir parçacıklar topluluğu verildiğinde, bu topluluğu yöneten fizik yasalarının sağladığı her simetriye korunan bir büyüklük karşılık gelir[Noether]. Korunan büyüklüğün değeri zamanla değişmez. Mekanda öteleme momentumun korunumuna, zamanda öteleme enerjinin korunumuna karşılık gelir.

Geçen yüzyılın ortalarından bu yana yapılan çalışmalar göstermiştir ki **elektrik** ve **zayıf** kuvvetler elektronun büyüklüğü civarındaki mesafelerde birleşip tek bir kuvvet yasasına, elektro-zayıf kuvvete, dönüşmektedirler. Bu birleşme, sistemlerin enerjileri arttıkça değişimsizliklerinin (simetritlerinin) de artmasından kaynaklanmaktadır. Bu olay bir kare masanın gözümüzün algı sınırından daha hızlı döndürüldüğünde, yuvarlak masa gibi görünmesine benzetilebilir. Gerçekten de bir kare masa sadece kesikli dönmeler altında değişimsiz kalırken yuvarlak masa küçük veya büyük her dönme altında değişmeden kalır. Bugün fiziğin en önemli sorunlarından biri kare masayı

yuvarlak masaya tamamlayacak olan parçaların, yani yeni parçacıkların kuramsal olarak öngörülüp deneysel olarak gözlenmesidir.

Kuramsal açıdan eksik parçaların bulunmasında temel kılavuz elektro-zayıf kuvvet ile **çekim** kuvveti arasındaki **hiyerarşik** bağıntıdır. Şöyle ki kuantum etkileri altında elektro-zayıf kuvvet kararlı davranmayıp kentilyon kere kentilyon kez küçülerek çekim kuvveti ile benzer büyüklüğe ulaşmaktadır. Dolayısıyla, eksik parçalar tamamlanırken birincil olarak gözlemlerle çatışan bu kararsızlık önlenmelidir. Bunu başaran kuramsal yapılar genel olarak küçük mesafelerde ek uzay boyutlarının varlığını öngörürler. Bu kuramlara göre, içinde yaşadığımız dört boyutlu **uzay-zaman**, yerini çok boyut içeren daha genel bir uzay-zamana bırakır.

İşte bu **simetrisinin kırınım mekanizmasını** tam olarak açıklayabilmek, evrenin başlangıç koşullarına da bir açıklama getirebilmemizi sağlayacaktır.

Yüzyılın deneyi: LHC (Büyük Hadron Çarpıştırıcısı)

Fransa-İsviçre sınırında, yerin 100 metre altından geçen 27 kilometre uzunluğundaki tünele inşa edilen LHC (Büyük Hadron Çarpıştırıcısı) 10 Eylül 2008 tarihinde çalışmaya başladı. Hızlandırıcının üzerindeki her biri birkaç katlı apartman büyüklüğündeki 4 detektör de, yıllar süren hazırlıklardan sonra veri toplamaya başladılar. CERN (Avrupa Nükleer Araştırma Konseyi) laboratuvarında yer alan bu deneyler **CMS, ATLAS, LHCb** ve **ALICE** olarak isimlendirilmişlerdir. Protonların 14 TeV (Tera elektron volt ya da trilyon elektron volt) merkezi enerjisinde çarpışacakları bu deneyler, araştırmacılara evrenin ilk zamanlarını anlama imkanı vereceklerdir. LHC hızlandırıcısında herbiri 7 TeV enerjiye sahip olan ve 27 kilometrelik dairesel tünel içinde ışık hızına çok yakın hızlarda yol alan protonlar kafa kafaya çarpışarak 14 TeV' luk merkezi enerji meydana getirecek ve böylelikle atom altı dünyasının şimdiye kadar göremediğimiz bölgelerini inceleme olanağı sağlayacaklardır. Bu bölgedeki enerji yoğunluğu, evrenin başlangıcındaki Big Bang (Büyük Patlama) koşullarına yakın olduğundan dolayı, basında LHC deneyleri "Big Bang" deneyleri adıyla da adlandırılmaktadır. Ancak mutlak anlamda üretilen enerji bir kibrit ateşi kadar bile değildir.

Bu deneylerin temel amacını, Parçacık Fiziğinde varılan son nokta olan **Standart Model** adını verdiğimiz teorinin yanıtlayamadığı sorulara yanıt bulmak diye özetleyebiliriz. Standart Model bize maddenin yapı taşlarının nasıl davrandığını ve birbirleriyle nasıl etkileştiklerini açıklamakta ama bunların nedenleri hakkında bilgi vermemektedir. LHC deneyleri ile, bunların **nedenlerini** öğrenmeyi hedeflemekteyiz.

Yaklaşık yüzyıldır devam eden maddenin yapı taşlarını araştırma aşamasında geldiğimiz son nokta **Standart Model'** dir. Her ne kadar bir çok deneyle desteklenen bu model, içinde yaşadığımız evrende neler olduğunu bize çok güzel bir şekilde açıklasa da, ortada yanıtlanmamış bazı sorular bulunmaktadır. Standart Model için gerekli olan bir parçacık (ki buna **Higgs** parçacığı diyoruz) henüz keşfedilmemiştir. Standart Modele göre, maddenin yapı taşları olan temel parçacıklar altı **lepton**, altı **kuark** ve bunlar arasındaki **temel etkileşmeleri** gerçekleştiren **aracı parçacıklardır**. Bu modele göre, parçacıkların kütlelerinin nerden geldiklerini açıklayabilmek için **Higgs alanı** adı verdiğimiz ve henüz keşfedilmemiş bir temel-etkileşim alanına ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla Higgs parçacığının var olup olmadığı sorusunun yanıtlanması Standart Model açısından son derece önemlidir. CMS deneyi ve diğer LHC deneyleri, öncelikle Higgs parçacığını aramak ve böyle bir parçacık varsa bunun kütlelerini ve diğer özelliklerini ölçmeyi amaçlamaktadır. Öte yandan, LHC deneylerinin diğer amaçlarından birisi de SM'in ötesinde bir model olan Süpersimetri modelini sınamaktır.

LHC deneylerinde araştırılan fizik problemlerini özetlersek:

- Standart Model içinde dışarıdan ithal ettiğimiz birçok parametre var. Bu parametrelerin orijini hakkında birçok sorumuz var. Bu sorulara yanıt aranmaktadır.
- Kuarklar teoriye elle koyulmuşlardır: SM temel olarak Elektrozayıf etkileşimleri açıklayan Kuantum Elektromagnetik Dinamiği kuramı üzerine kurulmuştur, fakat kuark alanları SM'e elle koyulmuştur. Kuark alanlarının kendiliğinden çıkan modeller LHC'de sınanacaktır.
- Elektrozayıf Simetri Kırılması hala anlaşılabilmiş değil: Tüm madde ve kütleyle sahip kuvvet taşıyıcı alanlar kendiliğinden gerçekleşen Elektrozayıf simetri kırılması ile kütle kazanmaktadırlar. Fakat bu mekanizma tam olarak anlaşılabilmiş değil.
- Güçlü Nükleer Kuvvette Yük-ayna simetrisinin (CP) Kırılması Anlaşılabilmiş değildir. Bu nedenle evrende neden karşı-maddeden meydana gelmiş atomların olmadığını cevabı tam olarak verilmiş değildir. Günümüzde Zayıf Nükleer Kuvvetin CP simetrisi altında tam olmadığı deneyler ile ispatlanmıştır. Fakat Güçlü Nükleer Kuvvetin de CP simetrisi altında tam olmadığına dair deneysel kanıtlar bulunmuştur.
- Çeşni karışımı ve ailelerin sayısı keyfi: SM de üç tane aile vardır ve bu aileler kendi aralarında bir karışıma sahiplerdir. Fakat neden üç aile olması gerektiği hala belirlenememiştir. Etrafımızdaki uzayın tamamına yakını en hafif aileden oluştuğuna göre diğer ağır iki aileye neden ihtiyaç bulunmaktadır?
- Kütle spektrumunun kaynağı belirsiz: SM içinde birçok alan vardır, bu alanların kuantumları olan parçacıklar Higgs alanı olan etkileşmelerinin mertebesine göre kütle kazanırlar. Fakat bu kütle spektrumunun kaynağı hala belirsizdir.
- Kuark ve Lepton alanları birer temel alan ya da daha temel alanlardan oluşup oluşmadıkları SM içinde bir cevabı yoktur.
- Genel Görelilik kuramı SM içinde yer almamaktadır

Standart modeldeki soruların bir kısmını çözmek için ortaya atılan en basit teori, bütün parçacıkların kütesiz oluşudur! Evreni alanlar doldurmuştur, parçacıklar Higgs alanı denilen bu alanla etkileşime girerken kütle kazanmaktadır. Ama ne varki Higgs parçacığı henüz saptanamamıştır.

İşte bütün bu sorulara yanıt aramak için yıllar önce LHC projesi ortaya atılmış ve LHC deneylerinin yapımına başlanmıştır. 2008 yılı içinde deneylerin kuruluş aşaması tamamlanmış ve LHC hızlandırıcısı çalışmaya başlamıştır. Bir yıldır ara verilen hızlandırıcıda ilk çarpışmalar da 2009 yılı sonunda gerçekleşecektir. **CMS, ATLAS** gibi LHC deneylerinden sonuç almak içinse daha bir kaç yıl daha beklemek gerekecektir. Eğer şanslıysak ve teorik modellemeler doğruysa, bir kaç yıl içinde çok önemli bilgilere ulaşacağız. LHC deneyleri her şeye rağmen daha 15-20 yıl devam edecektir.

Parçacık Çarpıştırıcılarında amaç nedir?

Deniz suyunun ısısı bir litre kaynamış suya oranla kat kat daha fazladır. Çünkü ısı bir enerji ölçüsüdür ve deniz suyunun muazzam miktardaki kütesinin içerdiği enerji bir litre kaynamış suyun enerjisinden milyarlarca kez daha büyüktür. Böyle olduğu halde başımızdan aşağı bir litre kaynamış su döktüğümüzde haşlanırsak da denize girdiğimizde hiçbir şey hissetmeyiz. Hatta deniz suyunun sıcaklığı düşükse üşürüz. Bunun nedeni denizin ısısının dağılmış durumda olmasıdır. Oysa bir litre kaynamış suyun ısısı (yani enerjisi) küçük bir alanda yoğunlaşmıştır. Öyleyse önemli olan enerji miktarı değil, **enerjinin yoğunlaşma derecesidir.**

Peki, enerji çok daha fazla yoğunlaştığında ne olur? Hemen herkes Einstein' ın ünlü formülünü bilir: $E=mc^2$. Bu basit formülün içerdiği anlam aslında çok büyüktür. Sözle ifade edersek söyle söylememiz gerekir: **Enerji eşittir kütle**. Öyleyse enerji yeteri derecede yoğunlaştığında maddeye dönüşür. Bunu söyle de ortaya koyabiliriz: bir maddenin enerjisini yeterli oranda arttırdığımızda o maddenin kütlesi enerjiye dönüşür. Küçük bir kıvılcım yaklaşık 1000 C derece sıcaklığa sahiptir. Aslında enerjisi çok küçüktür, ama yoğunlaşmış durumda olduğundan bizim görebileceğimiz düzeyde ışık üretir. Bu küçük kıvılcımın enerjisini çok küçük bir hacimde yoğunlaştırırsak onu kütleyle dönüştürürüz. Einstein' ın Özel Görelilik teorisinin bir sonucu olan bu durum deneylerle ispatlanmıştır. Parçacık hızlandırıcılarında yapılan deneylerde iki parçacık (örneğin iki proton) ışık hızına yakın hızlarda hızlandırıldıktan sonra çarpıştırılır ve yoğunlaşan enerjiden yeni parçacıklar elde edilir. Çarpışmadan sonraki madde miktarı, çarpışma öncesinden kat kat daha fazladır. Rakamlarla ifade edersek, **25 milyon kilowatt-saat enerji bir gram maddeye eşittir**. Büyük bir şehrin yaklaşık bir günlük enerji tüketiminin tamamını maddeye dönüştürürsek bir gramlık bir kütle elde ederiz.

Öyleyse neden enerjinin maddeye dönüşmesi olgusunu gündelik hayatta görmüyoruz? Örneğin neden iki elmayı çarpıştırdığımızda yeni elmalar, portakallar ya da değişik maddeler elde etmiyoruz? Aslında bu teorik olarak olanaksız değildir. Gündelik hayatta enerjinin maddeye ya da maddenin enerjiye dönüşmesini gözlemleyemememizin başlıca üç nedeni vardır:

Normal koşullarda enerji maddeye dönüşecek kadar yoğunlaşmış değildir. Madde elde etmek için, günlük hayatta karşılaştığımız enerjiyi milyarlarca kez yoğunlaştırmak gerekir.

Enerjinin maddeye dönüşmesi sonucu ortaya çıkan parçacıklar bizim göremeyeceğimiz kadar küçüktürler. Çevremizdeki parçacıklar (*elektronlar, protonlar, muonlar*) sürekli olarak çarpışmakta ve daha fazla miktarda parçacık ortaya çıkmaktadır (aynı zamanda yok olmaktadır) ,ama biz bunları kendi gözümüzle göremeyiz. Bunları ancak parçacık dedektörleriyle saptayabiliriz.

Ayrıca bunlar birleşip görünebilir maddeler meydana getirebilecek kadar uzun yaşamamaktadırlar. Yaşam süreleri saniyenin milyar kere milyarda birinden azdır. Bunların çoğu tekrar enerjiye dönüşür ve bu enerji yeni parçacıkların ortaya çıkmasına yarar. Bu zincirleme dönüşüm kararlı parçacıkların meydana gelmesine kadar sürer. Bizim dünyamızı oluşturan her şey bu kararlı parçacıkların (*elektron, proton, nötron*) çeşitli kombinasyonlarından meydana gelir. Oysa yüksek enerjilerde yüzlerce farklı parçacık ortaya çıkar. İçinde yaşadığımız evrende madde adını verdiğimiz her şeyi (vücudumuz, gezegenimiz, güneş, yıldızlar, ...) oluşturan bu üç parçacık (esas olarak proton ve nötron) yaklaşık 13.7 milyar yıl önce, evrenin başlangıcında ortaya çıkmışlardır. Şimdilik bu parçacıkları meydana getiren (Big Bang'deki) o muazzam enerjinin kaynağını bilmiyoruz.

Sonuç

Evren modellerinde kullanılan parametreler ve yapılan gözlemlerle ölçülen evrensel sabitler bize evrenimizin ne kadar hassas bir denge halinde olduğunu göstermektedir. Öyle ki, bu parametreler biraz farklı olsaydı evrenimiz var olmayacaktı. Örneğin evrendeki tüm maddenin yoğunluğunu gösteren bir parametre biraz daha güçlü olsa evren kendi üstüne çöker; biraz daha zayıf olsa hiçbir yıldız ve galaksi oluşmazdı. 1998'de keşfedilen ve evrenin genişlemesinden sorumlu kozmik bir itici güç olarak değerlendirilen başka bir parametre biraz daha güçlü olsaydı, yıldızlar, galaksiler ve dolayısıyla yaşam ortaya çıkamazdı. Öte yandan evrenin başlangıç koşullarındaki simetri kırılımı olmasaydı evrende madde de var olamazdı. Aynı şekilde canlıların evriminde de doğal seçim için **simetrisinin kırılması**, diğer bir deyişle kopyalamanın hatalı olması gerekmektedir. Tamamen simetrik bir evrende evrim gerçekleşemez.

Bütün bu evrim mekanizmaları farklı bilim alanlarında araştırılmakta ve kuarkların kendiliğinden

macerasında geldiğimiz noktadan geriye bakarak kendi tarihimizi yazmaktayız. Karşılaştığımız engeller bilimsel ilerlemenin önündeki engeller değil, bilimsel çabanın gerektirdiği, açıklanması gerekli sorulardır. Tüm bilimsel modeller gibi modern fizik de bütünü açıklamaktan uzaktır. Her bilimsel modelin açıkları vardır. Bilimsel faaliyet bu açıkları kapatma sürecidir. Ama bu sorulara yanıt aranırken her zaman gözlem verileri ile uyum içinde olmak şartı vardır. Böylelikle bütün bilimsel disiplinler birbirleriyle uzlaşma içinde evrenin tarihini araştırmakta, ve metafiği 13.7 milyar yıldan önceye, evrenin başlangıcından öncesine atmaktadır.

Kerem Cankoçak (CERN, Cenevre, Eylül 2009)

Kaynakça

- [1] Bertrand Russell, My Philosophical Development, Routledge, 1995
 - [2] Erwin Schrödinger, What is Life?, Cambridge Un., 1967
 - [3] Stephen W. Hawking, Roger Penrose, Uzay ve Zamanın Doğası, Sarmal Yayınevi
 - [4] R. Penrose, "Kralın Yeni Usu", TÜBİTAK yay., 1989
 - [5] Gerard't Hooft, Maddenin Son Yapıtaşları, TÜBİTAK yay., 2000
 - [6] Edward Kolb, Michael Turner, "The Early Universe", Westview Press, 1990
 - [7] Scott Dodelson, "Modern Cosmology", Elsevier, 2003.
 - [8] R.P. Kirshner, "the Extravagant Universe", Princeton, 2002
 - [9] R. Gürdilek, "Evren kuramları" Bilim ve Teknik, Mayıs 2007
 - [10] Teerikorpi, "The evolving Universe and the Origin of Life", Springer, 2009
 - [11] Noether's Δ Noether E (1918). "[Invariante Variationsprobleme](http://arxiv.org/abs/physics/0503066v1)". *Nachr. D. König. Gesellsch. D. Wiss. Zu Göttingen, Math-phys. Klasse* 1918: 235–257. <http://arxiv.org/abs/physics/0503066v1>.
-

.