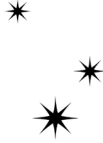


Neil deGrasse Tyson

Acelesi Olanlar İçin Astrofizik



Çeviren
Uğur Gülsün



* Kitap boyunca yer alan dipnotlar aksi belirtilmedikçe yazara aittir.

*Kalın kitaplara zaman ayıramayan,
ama evreni tanımaya can atanlara*

İçindekiler

	Giriş.....	9
1	Gelmiş Geçmiş En Büyük Hikâye.....	13
2	Göklerde Olduğu Gibi Dünya'da da.....	25
3	Işık Olsun.....	35
4	Galaksiler Arasında.....	45
5	Karanlık Madde.....	55
6	Karanlık Enerji.....	71
7	Masadaki Evren.....	87
8	Yuvarlaklık Üzerine.....	101
9	Görünmez Işık.....	111
10	Gezegenler Arasında.....	125
11	Bir Ötegezegen Olarak Dünya.....	135
12	Kozmik Yaklaşım Üzerine Düşünceler	147
	Teşekkür.....	159
	Dizin.....	160

Giriş

Son yıllarda, manşetlik bir kozmik keşif haberi gelmeden bir hafta bile geçmiyor. Evren, medya patronlarının daha çok ilgisini çekiyor olabilir ancak haberlerde görülen bu artış, muhtemelen halkın bilime duyduğu açlığın adanıklılı artmasından kaynaklanıyor. Bilimden esinlenen ya da bilimden beslenen popüler televizyon programlarından, önemli oyuncuların rol aldığı, ünlü yapımcı ve yönetmenler tarafından beyaz perdeye taşınan bilimkurgu filmlerinin başarısına kadar buna kanıtlar bulmak mümkün. Son zamanlarda, önemli biliminsanlarını konu alan biyografik filmler başlı başına bir tür haline geldi. Ayrıca dünya çapında bilim festivalleri, bilimkurgu kongreleri ve televizyon yapımı bilim belgeselleri de büyük ilgi görüyor.

Tüm zamanların en çok hasılat yapan filmi, hikâyesini uzak bir yıldızın yörüngesindeki bir gezegende kuran ünlü bir yönetmene ait. Ve filmde bir astrobiyoloğu can-

landıran ünlü bir aktris yer alıyor. Bu ağda çoğu bilim dalı revaçta olsa da, astrofizik alanı ısrarla zirveyi zorluyor. Sanırım nedenini biliyorum. Bir zamanlar hepimiz gece gökyüzüne bakmış ve şunları merak etmişizdir: Tüm bunlar ne anlama geliyor? Her şey nasıl işliyor? Ve benim evrendeki yerim ne?

Evreni dersler, ders kitapları veya belgeseller aracılığıyla tanımak için yeterince zamanınız yoksa ama yine de bu alana zet niteliğinde fakat anlamlı bir giriş yapmak istiyorsanız, size *Acelesi Olanlar İçin Astrofizik*'i öneriyorum. Bu ince kitapta, modern evren anlayışımızı oluşturan tüm önemli fikir ve keşiflere dair temel bir yetkinlik kazanacaksınız. Eğer başarılı olduysam, uzmanlık alanımda kültürel olarak bilgi sahibi olacaksınız ve daha fazlasını isteyeceksiniz.

Evren size mantıklı gelmek zorunda değildir.

—NDT

1

Gelmiş Geçmiş En Büyük Hikâye

Dünya, düzgün bir şekilde hareket etmeye başladıktan sonra uzun yıllar boyunca varlığını sürdürmüştür. Diğer her şey bundan sonra gelmiştir.

Lucretius, y. MÖ 50

Başlangıçta, yaklaşık on dört milyar yıl önce, bilinen evrenin tüm uzayı, tüm maddesi ve tüm enerjisi, bu cümlenin sonundaki noktanın trilyonda birinden daha küçük bir hacme sığıyordu.

Ortam çok sıcaktı, evreni birlikte tanımlayan temel doğa güçleri birleşikti. Nasıl ortaya çıktığı hâlâ bilinmese de, bu nokta büyüklüğündeki evren bugün büyük patlama dediğimiz olayla aniden ve hızla genişledi.

Einstein'ın 1916'da ortaya koyduğu genel görelilik teorisini, bize madde ve enerjinin varlığının onu çevreleyen uzay ve zaman örgüsünü eğip büktüğü modern kütleçe-

kim anlayışını kazandırmıştır. 1920'lerde kuantum mekaniği keşfedilecek ve moleküller, atomlar ve atomaltı parçacıklar gibi küçük olan her şeye modern bir açıklama getirecektir. Ancak bu iki doğa yaklaşımı biçimsel olarak birbiriyle uyumsuz olduğu için fizikçiler küçüklerin teorisi ile büyüklerin teorisini tek bir tutarlı kuantum kütleçekim teorisi altında harmanlama yarışına girmişlerdir. Henüz bitiş çizgisine ulaşamamış olsak da, yüksek engellerin tam olarak nerede olduğunu biliyoruz. Bunlardan biri erken evrenin "Planck dönemi" sırasındadır. Bu, başlangıçta $t = 0$ 'dan $t = 10^{-43}$ saniyeye (saniyenin on milyon kere trilyon kere trilyonda biri) kadar olan ve evrenin 10^{-35} metre (metrenin yüz milyar kere trilyon kere trilyonda biri) genişliğe ulaşmasından önceki zaman aralığıdır. Bu hayal edilemeyecek kadar küçük niceliklere adını veren Alman fizikçi Max Planck, 1900 yılında kuantize enerji fikrini ortaya atmış ve genellikle kuantum mekaniğinin babası olarak kabul edilmiştir.

Kütleçekim ve kuantum mekaniği arasındaki çatışma günümüzdeki evren için kullanışlı bir sorun teşkil etmemektedir. Astrofizikçiler genel görelilik ve kuantum mekaniği ilkelerini ve araçlarını çok farklı problem sınıflarında kullanmaktadır. Ancak başlangıçta, Planck döneminde, büyük olanlar küçüktü ve bu ikisi arasında bir tür baskın nikâh kıyılmış olabileceğinden şüpheleniyoruz. Ne yazık ki, bu tören sırasında karşılıklı edilen yeminler bizim için hâlâ muammadır ve bu yüzden (bilinen) hiçbir fizik yasası evrenin o zamanki davranışını kesin olarak açıklayamaz.

Yine de Planck döneminin sonunda kütleçekimin doğanın hâlâ birleşik olan diğer kuvvetlerinden sıyrılarak mevcut kuramlarımızın gayet güzel tanımladığı, bağımsız bir kimliğe kavuştuğunu tahmin ediyoruz. 10^{-35} saniyelik evren zaman geçtikçe genişlemeye devam etti, tüm yoğun enerjisini seyreltti ve birleşik kuvvetlerden geriye kalan “elektrozayıf” ve “güçlü nükleer” kuvvetler olarak ikiye ayrıldı. Daha sonra elektrozayıf kuvvet, elektromanyetik ve “zayıf nükleer” kuvvetlere bölünerek, bildiğimiz ve sevdiğimiz dört farklı kuvveti ortaya çıkardı: radyoaktif bozunmayı kontrol eden zayıf kuvvet, atom çekirdeğini bir arada tutan güçlü kuvvet, molekülleri bağlayan elektromanyetik kuvvet ve toptan maddeyi bağlayan kütleçekim kuvveti.

*

Başlangıçtan beri saniyenin trilyonda biri kadar zaman geçmişti.

*

Tüm bunlar olurken, atomaltı parçacıklar halindeki madde ile fotonlar (parçacık oldukları kadar dalga da olan kütle-siz ışık enerjisi taşıyıcıları) halindeki enerjinin karşılıklı etkileşimi aralıksız devam ediyordu. Evren, bu fotonların enerjilerini kendiliğinden madde-antimadde parçacık çiftlerine ve hemen ardından yeniden bozularak fotonlara dönüştürmesine yetecek kadar sıcaktı. Evet, antimadde gerçektir ve onu bilimkurgu yazarları değil, biz keşfettik. Bu dönüşümler enerjinizin ne kadar madde ve maddenizin ne kadar enerji içerdiğini gösteren iki yönlü bir reçete olan Einstein'ın o meşhur $E = mc^2$ denkleminde tamamen

öngörülmüştü. c^2 ışık hızının karesidir ve kütle ile çarpıldığında bize bu işlemde aslında ne kadar enerji elde ettiğinizi gösteren devasa bir sayıdır.

Güçlü ve elektrozayıf kuvvetlerin ayrılması sırasında, öncesinde ve sonrasında evren; kuarklar, leptonlar ve onların antimadde kardeşleri ile etkileşimlerini sağlayan parçacıklar olan bozonlardan oluşan kaynayan bir çorbaydı. Bu parçacık ailelerinden hiçbirinin daha küçük ya da daha temel bir şeye bölünemeyeceği düşünülse de, her birinin birkaç çeşidi vardır. Sıradan foton, bozon ailesinin bir üyesidir. Fizikçi olmayanlara en tanıdık gelecek olan leptonlar elektronlar ve belki de nötrinolardır; en tanıdık gelecek kuarklar ise... şey, aslında tanıdık kuark yoktur. Kuarkların altı alttürünün, her birine, diğerlerinden ayırmak dışında hiçbir gerçek filolojik, felsefi ya da pedagojik amacı olmayan soyut birer isim verilmiştir: *yukarı* ve *aşağı*, *garip* ve *tılsımlı*, *üst* ve *alt*.

Bu arada bozonlar isimlerini Hint biliminsanı Satyendra Nath Bose'dan alır. "Lepton" kelimesi Yunanca "hafif" ya da "küçük" anlamına gelen *leptos* kelimesinden türemiştir. "Kuark" ise edebi ve çok daha yaratıcı bir kökene sahiptir. 1964'te nötron ve protonların iç bileşenleri olarak kuarkların varlığını öne süren ve o zamanlar kuark ailesinin yalnızca üç üyesi olduğunu düşünen fizikçi Murray Gell-Mann, bu ismi James Joyce'un *Finnegan'ın Vahı* eserindeki anlaşılması zor bir satırdan almıştır: "Muster Mark için üç kuark!" Kuarkların sahip olduğu bir özellik vardır: Hepsinin isimleri basittir – oysa kimyagerler, biyologlar ve özellikle jeo-

loglar kendi ellerindekileri isimlendirirken bunu başaramamışlardır.

Kuarklar ilginç yaratıklardır. Her biri +1 elektrik yüküne sahip protonların ve -1 yüke sahip elektronların aksine, kuarklar üçte bir oranında kesirli yüklere sahiptir. Ve bir kuarkı asla tek başına yakalayamazsınız; her zaman yakınındaki diğer kuarklara tutunmuş olur. Aslında, iki (ya da daha fazla) kuarkı bir arada tutan kuvvet, onları ayırmaya çalıştığınızda, sanki bir tür çekirdek altı lastik bantla bağlanmışlar gibi daha da güçlenir. Kuarkları yeterince ayırdığınızda, lastik bant kopar, depolanan enerji $E = mc^2$ 'ye uyarak her iki uçta yeni bir kuark yaratır ve siz başladığınız yere dönersiniz.

Kuark-lepton döneminde evren, bağlı olmayan kuarklar arasındaki ortalama ayrıklığın bağlı kuarklar arasındaki ayrıklığa denk olacağı kadar yoğundu. Bu koşullar altında, bitişik kuarklar arasındaki bağlılık kesin olarak belirlenemiyordu. Birbirlerine toplu olarak bağlı olmalarına rağmen kendi aralarında serbestçe hareket ediyorlardı. Bir tür kuark kazanı olan bu madde halinin keşfi ilk kez 2002 yılında New York, Long Island'daki Brookhaven Ulusal Laboratuvarları'ndaki bir fizikçi ekibi tarafından yapıldı.

Güçlü teorik kanıtlar, evrenin çok erken dönemlerinde, belki de kuvvet bölünmelerinden biri sırasında, evrenin madde parçacıklarının antimadde parçacıklarından sayıca azıcık fazla oluşu (bir milyar bire karşı bir milyar) dikkate değer bir asimetriye sahip olduğunu gösteriyor. Kuarkların ve antikuarkların, elektronların ve antielekt-

ronların (daha çok pozitronlar olarak bilinirler), nötrinoların ve antinötrinoların sürekli yaratılması, yok edilmesi ve yeniden yaratılması arasında bu küçük sayı farkı hiç kimse tarafından fark edilmeyecekti. Dışarıda kalan tek parçanın diğerleri gibi birlikte yok olacağı birini bulmak için bir sürü olanağı vardı.

Fakat çok uzun sürmedi. Evren genişlemeye ve soğumaya devam ettikçe, güneş sistemimizin boyutundan daha büyük hale geldi ve sıcaklık hızla bir trilyon derece Kelvin'in altına düştü.



Başlangıçtan beri saniyenin milyonda biri kadar zaman geçmişti.



Bu sıcak evren artık kuarkları pişirecek kadar sıcak ya da yoğun değildi ve bu yüzden hepsi dans partnerlerini kaparak hadronlar (Yunanca *hadros*, “kalın” anlamına gelir) adı verilen kalıcı yeni bir ağır parçacık ailesini yarattı. Kuarktan hadrona geçiş çok geçmeden proton ve nötronların yanı sıra kuark türlerinin çeşitli kombinasyonlarından oluşan daha az tanıdık diğer ağır parçacıkların ortaya çıkmasıyla sonuçlandı. İsviçre’de (yani Dünya’da) Avrupa parçacık fiziği camiası* bu koşulları yeniden yaratmak amacıyla hadron demetlerini çarpıştıran büyük bir hızlandırıcı kullanıyor. Dünyanın bu en büyük makinesine doğal olarak Büyük Hadron Çarpıştırıcısı adı verildi.

Kuark-lepton çorbasında görülen hafif madde-anti-

* Avrupa Nükleer Araştırma Merkezi, kısaca CERN adıyla bilinir.

madde asimetrisi şimdi hadronlara geçmişti ama bunun olağanüstü sonuçları oldu.

Evren soğumaya devam ettikçe, temel parçacıkların kendiliğinden oluşması için elverişli enerji miktarı azaldı. Hadron çağında, ortamdaki fotonlar artık kuark-antikuark çiftleri üretmek için $E = mc^2$ 'ye başvuramıyordu. Sadece bu da değil, kalan tüm yok oluşlardan ortaya çıkan fotonlar, sürekli genişleyen evrene enerji kaybederek hadron-antihadron çiftleri yaratmak için gereken eşğin altına düştü. Ardında bir milyar foton bırakan her bir milyar yok oluş için tek bir hadron varlığını sürdürüyordu. Bu yalnızlar, galaksileri, yıldızları, gezegenleri ve pe-tunyaları yaratmak için nihai madde kaynağı olmak gibi büyük bir eğlencenin tadına varacaklardı.

Madde ve antimadde arasındaki milyarda birlik den-gesizlik olmasaydı, evrendeki tüm kütle kendi kendini yok eder, geriye fotonlardan başka *hiçbir şeyin olmadığı* –yani tam bir “ışık olsun” senaryosu– bir evren kalırdı.

*

Bu noktaya kadar daha bir saniye geçmişti.

*

Evren bugün güneşin en yakın komşu yıldızlara olan uzaklığı kadar, yani birkaç ışık yılı* genişliğe ulaştı. Bir milyar derecede hâlâ oldukça sıcaktı ve pozitron karşılıklarıyla birlikte varlık alanına girip çıkan elektronları pişirebiliyordu. Ancak sürekli genişleyen ve sürekli soğuyan evrende günleri (aslında saniyeleri) sayılıydı. Kuarklar ve

* Bir ışık yılı, ışığın bir Dünya yılında kat ettiği yaklaşık on trilyon kilometrelik mesafedir.

hadronlar için geçerli olan Şey elektronlar için de geçerli hale gelmiŐti: Sonunda sadece milyarda bir elektron hayatta kaldı. Geri kalanlar, foton denizinde antimadde arkadaŐları olan pozitronlarla birbirlerini gturdüler.

Tam bu sırada, her protona karŐılık bir elektron “donarak” varlık alanına ıktı. Evren soğumaya devam ettikçe –yüz milyon derecenin altına düŐerken– protonlar diğer protonlarla ve nötronlarla birleŐerek atom çekirdeklerini oluŐturdu ve bu çekirdeklerin yüzde 90’ının hidrojen, yüzde 10’unun helyum ve eser miktarda döteryum (“ağır” hidrojen), trityum (daha da ağır hidrojen) ve lityumdan oluŐtuđu bir evren ortaya ıktı.

*

Başlangıçtan bu yana artık iki dakika geçmişti.

*

Gelecek 380 bin yıl boyunca parçacık orbamızda pek bir deđiŐiklik olmayacaktı. Bu binlerce yıl boyunca sıcaklık, elektronların fotonlar arasında serbestçe dolaŐmasına, birbirleriyle etkileŐime girerken onları sağa sola savurmasına yetecek kadar yüksek kalacaktı.

Ancak bu özgürlük, evrenin sıcaklığı 3.000 Kelvin derecenin (Güneş’in yüzey sıcaklığının yaklaşık yarısı) altına düŐtüđünde ve tüm serbest elektronlar çekirdeklerle birleŐtiđinde aniden sona erdi. Bu evlilik ardında her yerde görülebilen bir ışık demeti bıraktı, yani tüm maddenin o anda nerede olduğuna dair gökyüzünü sonsuza kadar damgalayan bir kayıt bıraktı ve ilkel evrendeki parçacık ve atomların oluŐumunu tamamladı.