

Büyük Patlama'nın Çınlaması

Âvâzeyi bu âleme dâvûd gibi sal
Bâki kalan bu kubbede bir hoş sadâ imiş

Bâki

Evrenin ötesinde ne var? Büyük Patlamadan önce ne vardı?
Karanlık madde ne, karanlık enerji ne? Çağımızın en zor soruları belki de bunlar.

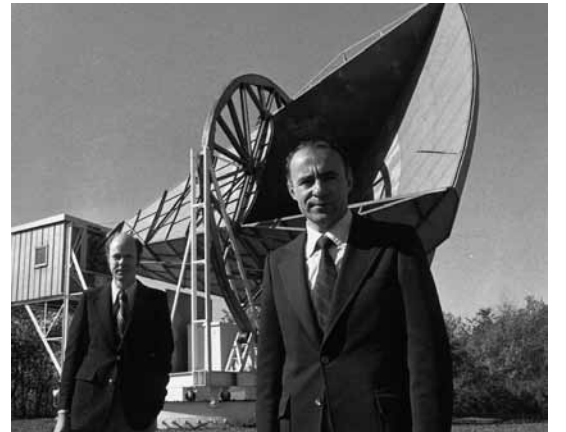
Beş duyumuzla algıladığımız dünyanın ötesinde bilim yoluyla keşfedilebilecek bir maddenin olması ihtimali belki bize korkunç gelebilir. Ama zaten bu yolda epey aşama kaydetmiş değil miyiz? Görmediğimiz, hissetmediğimiz radyo dalgaları sayesinde radyo dinleyip mikro dalga boylarını kullanan cep telefonları sayesinde dostlarımızla iletişim halindeyiz.

Sorun şimdi bilimin bize duyularımızın ötesinde, yaptığımız alıcıların da göremediği bir madde olduğunu söylemesi. Yapabildiğimiz alıcılar gözümüzün göremediği ışık dalga boylarını algılayabiliyor, elimizin duyarlı olmadığı titreşimleri ölçebiliyor. Aslında duyularımız ve yapabildiğimiz tüm alıcılar ışık ve yüklü parçacıkların (çoğunlukla elektron ve protonların) etkileşmesine dayanıyor. Elektromanyetik kuvvet, yani ışıkla artı ve eksi yüklü parçacıkların etkileşimleri olmasa, duymayacağız, görmeyeceğiz, koku ve tat almayacağız. Hislerimizi sınırlayan, evreni algılamamızı kısıtlayan hep o. İnsanın bildiği, gördüğü kadardır; aynıısı burada da geçerli.

Karanlık madde ise elektromanyetik kuvvetle etkileşmeyen bir madde. Yani ışıkla etkileşmiyor. Şu anda içimizden akıp geçiyor. Biz onun için bir elek gibiyiz. Biz onu “görmüyorsak”, o da bizi “görmüyor”. Karanlık madde, adı üstünde, bir madde yani kütlesi var. Kütlesi olan her parçacık gibi o da yerçekimi kanunuyla hareket ediyor ve işte karanlık maddenin izini evrende yerçekimiyle bıraktığı etkiden dolayı biliyoruz.

Peki nereden biliyoruz? Nereden çıktı bu karanlık madde ve ondan da daha gizemli olan karanlık enerji?

Hikâyeyi anlatmanın iki yolu var aslında: Biri Einstein'ın gözünden. Diğeri ise 1963 yılında ABD'de New Jersey'deki Bell Laboratuvarları'nda çalışan iki fizikçinin gözünden. İsimleri Robert Woodrow Wilson ve Arno Penzias. Telefonu icat eden Graham Bell'e 1880 yılında Fransız hükümetinin verdiği 50 bin franklık ödülün sonucu olarak kurulmuş olan Volta Laboratuvarı sonraları Bell Laboratuvarları ismini almış ve 1956'da transistörün bulunuşuna da ev sahipliği yapmıştı. Wilson ve Penzias uzaydan gelen radyo dalgaları üzerinde ölçümler yapmaktaydı ve var olan en iyi radyo alıcısını yapmak gibi zor bir görev üstlenmişlerdi.



Bell Laboratuvarları'nda çalışan iki fizikçi Robert Woodrow Wilson ve Arno Penzias, kozmik mikrodalga arkaplan ışımasını keşfettikleri teleskoplarıyla birlikte

Yanda görülen kulağa benzer büyük radyo teleskopunu kullanıp sıvı helyum kullanarak soğuttukları yükselteçler kullanarak 21,1cm'lik dalga boylarında ölçüm yapacaklardı. 21,1cm'lik dalga boyu hidrojen atomundaki elektronun iki enerji seviyesindeki özel bir geçişe karşılık geldiği için, amaçları Samanyolu Gökadası'ndaki hidrojen miktarını ve böylelikle gökadanın bulunduğu diski iyi ölçmektir. Aynı zamanda Samanyolu diskinin dışındaki gökadalarda da aynı hidrojen geçişini gözlemleyebilmek istiyorlardı. Fakat ne kadar uğraşırlarsa uğraşınsınlar, beklemedikleri bir cızırtı ile karşılaştılar. Bu cızırtı antendeki fazladan bir sıcaklığa karşılık geliyordu. Antende hep 3 Kelvinlik (-270°C) sıcaklık ölçüyorlardı. Uzun zaman bu cızırtının ne olduğunu araştırdılar, tüm ekipmanlarını tekrar tekrar denetlediler. Teleskop kulağının en içine güvercinlerin yuva yapmış ve Wilson'ın deyimiyle "etrafı, şehirde yaşayan herkesin tanıdığı o özel beyaz maddenin kaplamış" olduğunu buldular. Ardından güvercinleri çıkarıp temizlik yaptılar. Cızırtı yine de yok olmadı. Bu probleme anten sıcaklığı problemi ismini verip, başka ölçümlere yöneldiler. 1965 yılının ilkbaharında başka ölçümleri bitirdikten sonra cihazı baştan aşağıya söküp tekrar kurdular, kontrol edip tekrar sıcaklık ölçümü yaptılar ancak cızırtı yine oradaydı.

Problemlerle karşılaşmalarının üzerinden bir yıldan fazla geçmiş ve fazladan sıcaklığın Dünya'daki bir kaynaktan gelmediğinden emin olmuşlardı. Aradan bir yıldan daha uzun bir süre geçtiğine göre, sorunun Dünya'nın Güneş'in etrafındaki konumuyla alakalı olamayacağını da kanıtlamış oluyorlardı. O dönemde MIT'den Bernard Burke ile başka ölçümleri hakkında konuşurlarken, Burke laf arasında Princeton Üniversitesi'nden Peebles ve Dicke'nin evrendeki ışımlar üzerinde çalıştığından bahsetti. Peebles o aralar, sonsuza kadar sürekli olarak bir genişleyip bir çöken evren modeli üzerinde çalışıyordu ve henüz basılmadığı halde Burke'ye verdiği makalesinde evrenin genişlemenin başlangıcında çok sıcak ve çok yoğun olmasının gerektiğini yazıyordu. Bunu da, bir önceki fazdan arta kalan ağır elementlerin yok edilmesi için bu fazın gerekli olduğunu söyleyerek açıklıyordu. Burada vurucu nokta, Peebles'in bu çok sıcak ve çok yoğun ortamdan arta kalan bir siyah cisim ışıması olması gerektiğini ve bu çönlüme sıcaklığının 10K'den fazla olması gerektiğini hesaplamış olmasıydı. Hatta Dicke, Roll ve Wilkinson bir ekip oluşturmuş ve bu ışıma sıcaklığını ölçmek için çalışmaya başlamışlardı bile.



Bilim ve Teknik: Hocam, 1978'de Nobel konuşmasının sonlarına doğru Robert Wilson sizin sonuçlarınızdan şöyle bahsediyor: "Güneş'in kozmik arkaplan ışımasındaki hareketi Smoot ve ekibinin ölçümlerine göre saniyede 390 ± 60 kilometre hızda ve 10,8 saat sağ açıklık, 5 derece dik açıklıkta". Kozmik mikrodalga arkaplan ışımasına göre Güneş sisteminin hızını hesapladığınızda neler hissettiniz? Hikâyenin devamının böyle olacağını tahmin edebilir miydiniz? O günkü beklentileriniz nelerdi?

George Smoot: Güneş sisteminin hareketi aslında gökadamızın daha büyük hızını keşfetmemize neden oldu (çünkü Güneş gökadamızın zıddı yöne hareket ediyordu), benim için (ve Türkiye dahil tüm insanlık için) çok heyecanlı bir zamandı. Güneşimizin gökadamızın etrafında 250km/sn'lik bir hızla döndüğünü bulmayı bekliyorduk (yani ışık hızıyla kıyaslandığında binde birlik bir etki). Ancak, bunun beklediğimiz ters yönde olması çok şaşırtıcıydı. İlginç olan ise, tüm veri alımı bitinceye kadar yönün ters olduğuna dikkat etmemiş olmamdı. Bütün verileri bir gök haritası üzerinde işaretliyordum. Tahminim bir şeyler bulacağımızdı, fakat dikkatli bir şekilde haritada ne çıkacağını düşünmemiştim. U2 uçuşundan bilgi geldikçe kaydediyordum. U2 uçağı Türkiye'den İsveç'e, vurulmamak için yüksek irtifada ve Sovyetler Birliği'nin üzerinden yüksek çözünürlükte fotoğraf çekmek için stabil bir şekilde uçuyordu. Uçağın yüksekten ve stabil bir şekilde, yönü-

nü ve irtifasını bildiğimiz bir şekilde uçması bizim uzay ölçümlerimiz için çok önemliydi: Kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının çerçevesiyle bizim çerçevemiz arasındaki hız farkını iyi biliyorduk. Uçuşlarımız çoğunlukla geceleyin erkendi, böylece uçuş ekibi ve biz eve çok geç olmadan dönebiliyorduk. Uçuşlara başladık ve arada bir devam ettik: Dünya'nın Güneş'in etrafında dönmesinden (mevsimlerden) istifade edip göğün başka bir yerini ölçebilmek için zaman ayırdık. İlk dört uçuştan sonra gördüm ki, çift kutuplu bir şekil var ve en büyük farklılık o gece saat 8'de olmuş. O zaman iki ay geriye gitmemize karşılık gelen gece saat 11-12 sularında özel bir uçuş ayarladım. O uçuşta da aynı farkı görünce anladım ki, bu gerçek bir sinyal ve sadece farklı bir mevsime bağlı değil. Sonra ölçümleri göğün farklı yerlerine bakarak tekrarladık ve doğruladık. İki uçuşumuz daha kalmıştı. Ben sonuçlardan gayet memnundum ve güvenliydim, ancak diğer fizikçi dostlarımı yeni bir sonuç elde ettiğimize ikna etmem ve bir makale yazmam gerekiyordu. İşte ancak o noktada astronomi tahminleriyle verilerin doğruluğu sonucu karşılaştırdığımda, ikisinin zıt yönlerde olduğunu görünce şaşırdım. (Aslında bu, dikkatli olup, beklentilerinin varacağı sonuçları etkilememesi için önemli.)

Aslında bu çok da zor olmadı çünkü iki farklı koordinat sisteminden dolayı, aradaki bağlantı hesabını son ana kadar yapmamıştım. Sonuç gökadamızın kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının içinde çok hızlı

Dicke ve ekibi Bell Laboratuvarları'nda Penzias ve Wilson'ı ziyarete geldi. İki ekip anlaşır (Princeton ekibi kuram konusunda, Bell Laboratuvarı ekibi ise ölçümleri hakkında) birer makaleyi aynı anda astrofizik konusunda en önemli dergiye yolladı. Makaleler yan yana basıldı. Her ne kadar biz şimdi 1978'de Fizik dalında Nobel Ödülü'ne layık görülen bu buluşu Büyük Patlama'nın çınlamasının keşfi olarak bilsek de, bakın Wilson o gün için ne diyor: "Haleti ruhiyemiz, bir süre daha ancak ihtiyatlı bir iyimserlik olarak tanımlanabilirdi".

Kozmik mikrodalga arkaplan ışıması ismini alan bu çınlama, birçok grup tarafından doğrulanacak ve daha iyi ölçülecekti. Evren hakkında bildiklerimizin çoğunun bu ışımadan öğrenileceğini tahmin edebilir miydik? O zamanki düşünce ve beklentileri hakkında kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının anizotropisini (yani yönbağımlılığını) ölçtüğü için 2006 yılında Nobel Ödülü'ne layık görülen Prof. Dr. George Smoot ile konuştuk. Bu söyleşiyi yazımızın son sayfasında bulabilirsiniz. Kendisinden Türkiye'yi yakın zamanda ziyaret edeceğine dair söz de aldık.

1967 yılında Rees ve Sciama kozmik mikrodalga arkaplan ışımasındaki yönbağımlılığının yahut yönbağımsızlığının bizlere evrenin başlangıcındaki koşullar hakkında bilgi vereceğini yazarlar. Bir anda birçok bilim insanı bu yönbağımlılığını ölçmek için çalışmaya başlar. Peki nedir anizotropi yahut yönbağımlılığı? Soru basit aslında: Evrendeki bu ışıma tekdüze, mo-

noton bir ışıma mıydı yoksa gökyüzündeki sıcaklık dağılımı küçük açisal değişiklikler gösterebilir miydi, yahut kutupsal bir düzene (mesela çift kutuplu bir düzene) sahip olabilir miydi? Kozmik mikrodalga arkaplan ışımasını her taraftan gelen bir ses gibi düşünelim, bu ses her yönde aynı frekansta mıydı, yoksa farklı yerlerde küçük farklılıklar duyabilir miydik? Bu ses tüm evrende yankılanmakta olsa, onun bulunduğu çerçeve içinde bir hızımız var mıydı? Bize doğru hızla gelen bir arabanın sesi ilk önce nasıl incedir ama yanımızdan geçtikten sonra kalınlaşır. Bu gözlem ilk olarak 1842 yılında ses dalgaları için Christian Doppler tarafından açıklanmış olsa da, elektromanyetik dalgalar dahil birçok dalga çeşidi için de geçerlidir. Nedeni yaklaşan arabadan yayılan dalga hızıyla arabanın hızının toplanmasından dolayı dalga gözlemciye yüksek frekanslı görünürken, uzaklaşan arabanın hızının çıkarılmasından dolayı da dalganın gözlemciye daha düşük frekanslı görünmesidir. Eğer kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının çerçevesine göre bizim bir hızımız varsa, o zaman gittiğimiz yöndeki ışımayı daha sıcak, yönümüzün tersindeki ışımayı daha soğuk olarak görecektik. Bu bir çift kutuplu görüntünün ortaya çıkması anlamına gelirdi. Gerçekten de öyle oldu ve Güneş sisteminin kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının içinde saniyede 380 km ilerlediği ortaya çıktı. Güneş'in Samanyolu'nun etrafında saniyede yaklaşık 300 km hızla ilerlediği bilindiği için, sonuç ilk bakışta şaşırtıcı

yani 600 km/sn hızla ilerlemesi demektir, bu son derece şaşırtıcı ve heyecan vericiydi. (Sonraki konuşmalarımızdan anlaşıldı ki, bu zaten fizikçilerin kabul edebileceği bir durummuş ama astronomların konuyu kabul etmesi çok uzun zaman aldı.) Mutlu ve gelecekte bulacaklarımızdan ümitliydim. Evrenin döndüğünü ve eşit olmayan bir şekilde genişlediğini tahmin ediyorduk. Fakat bundan sonraki adım tahminimizden daha zor oldu, ama çok daha ilginç ve aydınlatıcı da oldu.

BT: Planck cihazından beklentileriniz neler? Sürpriz bekliyor musunuz? Bekliyorsanız, sizce en büyük sürpriz ne olur?

GS: Planck cihazının yapımında üç hedefim vardı. Henüz ilk sonuçlar açıklandığı halde, ilk ikisi konusunda büyük ilerleme kaydetmiş durumdayız. Bunlar

(1) Yeni kuşak Avrupa araştırmacılarını en öne taşıyacak, Avrupa bazlı bir kozmoloji "amiral gemisinin" olması ve Avrupa'daki hükümetlerin ve ulusal bilim kuruluşlarının kozmolojiyi desteklemesini sağlamak. (Bu çok iyi gitti.)

(2) Alanımızda yüksek standartları tutturana, uzun süreli çalışacak fakat belli bir süre içerisinde tasarlanan ve

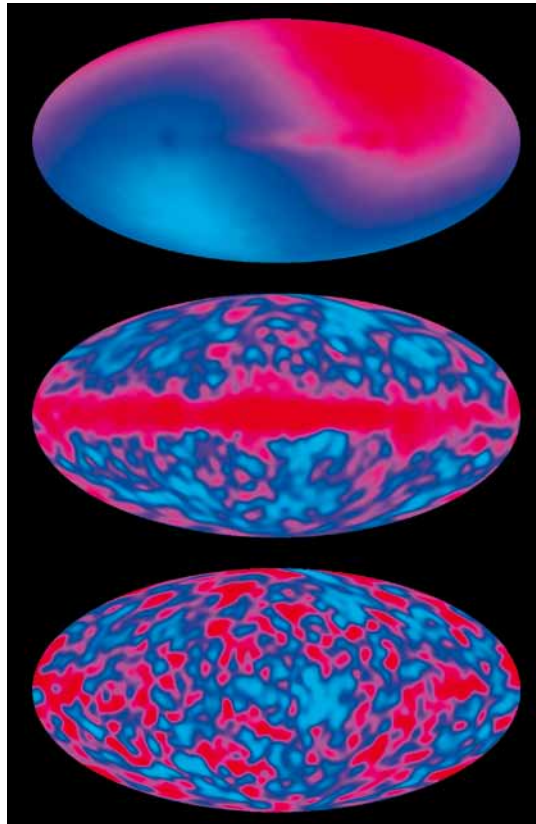
inşa edilebilen bir kozmoloji projesiyle, günümüzün koşullarında yapılabilen ölçümleri mümkün olan en iyi seviyeye getirmek. Bunun büyük kısmını başardık, ama yine de dikkatli olmamız lazım. Alanımızda çok az sayıda büyük deney var.

(3) Göğün yüksek kalitede haritasını çıkarmak ve bununla önemli astrofizik ve kozmoloji ölçümleri yapmak. Özellikle şu andaki kozmolojide farz ettiğimiz anlayışımızı test etmek. Karanlık enerji ve karanlık maddeyi anlamamız Planck cihazından aldığımız verilere dayanacak. Şimdilik Planck'tan sadece ilk yıl haritasına, gökada ve gökada kümelerinin kataloglarına ve 9 farklı dalga boyu bandında ölçtüğümüz kaynakların listesine sahibiz. İlk yılda elde ettiklerimize bakarsak, önümüzdeki yıllarda üçüncü hedefimizi tutturacağımızı düşünüyorum. Bazı ek isteklerimiz de var: Mesele evrenin en erken evrelerinden (şişme döneminden) gelen yerçekimi dalgalarını ve başka kalıntıları görmeyi ümit ediyoruz. Bunlar için detaylı analize ve Planck cihazının daha uzun süre veri toplamasına ihtiyacımız var. En büyük sürpriz, en büyük güvenilirlikle tahmin edilemeyendir. Belki de hiçbir sürpriz çıkmayacak.

söyleşi | Prof. Dr. George Smoot

değildi. Ancak, hızın yönü farklıydı. Hatta gökadamızın hızına tam zitti. Bu da Samanyolu'nun, civardaki yakın gökadalara birlikte kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının içinde saniyede yaklaşık 600 km'lik bir hızla ilerlediği anlamına geliyordu.

İşte 1978'de Penzias ve Wilson Nobel Ödülü'nü aldıklarında bilinenler ancak bu kadardı. Şimdi ise evrenin yaşının 13,8 milyar yıl olduğunu, evrenin ancak % 4'ünün baryonik adını verdiğimiz (çoğu proton, nötron ve elektrondan oluşan) madde olduğunu, gerisinin karanlık madde ve karanlık enerji olduğunu öğrendik bu ışımadan. Peki nasıl? Işımanın çok ince detaylarını ölçerek. Kozmik mikrodalga arkaplan ışıması 2,725 Kelvinlik sıcaklıkta bir kara cisim ışıması. Bu da 1,9 mm dalga boyuna karşılık gelen 160,2 GHz'de maksimuma ulaşması demek. Ancak Güneş sisteminin hızının yarattığı Doppler etkisi çıkarılınca, ortalama sıcaklıktan ancak istatistiksel olarak 18 mikro Kelvinlik karekök ortalama farkı olan bir dağılım ortaya çıkıyor. Yani gökyüzüne baktığımızda kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının herhangi bir yeri, başka bir yerinden ancak 100.000'de 1 farklı olabiliyor. Başka bir deyişle, kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının yönbağımlılığı çok az. Bu bi-



1992 yılında COBE tarafından yayınlanan kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının gök haritasının aşamaları. Kırmızı renk, ışıma sıcaklığının fazla, mavi renk ise ışıma sıcaklığının düşük olduğu yerleri belirtiyor. Üstteki harita, gökadamızın ışıma içindeki hareketinden dolayı ortaya çıkan çift kutuplu sıcaklık değişikliğini gösteriyor. Ortadaki harita, bu çift kutup çıkarıldıktan sonra geriye kalan ışımayı gösteriyor. Samanyolu gökadamızın düzlemi gökte sıcak bir kuşak olarak haritada göze çarpıyor. Aşağıdaki harita ise galaksimizin etkisi çıkarıldıktan sonra ortaya çıkan kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının gök haritası. Işımanın yönbağımlılığındaki farkların ancak 100.000'de 1 olması COBE'nin ardından WMAP cihazının daha da hassas şekilde tasarlanmasına yol açtı.

BT: Planck'tan sonra ne gelecek? Bundan sonraki büyük kozmolojik ölçüm ne olacak?

GS: Şu anda yerleri ve spektralarıyla 50 milyon gökadayı ve bir milyondan fazla kuasarı tarayacağımız bir araştırma projesi üzerinde çalışıyorum. Bu sadece daha önce yapılmamış bir ölçekte evrenin haritasını çıkarmak demek değil, aynı zamanda baryon akustik salınımların evrende bıraktıkları büyük (1200 milyon ışık yılı) ölçekteki küresel izleri gökadalardan dağılımında görmemiz demek. Bu olgu, evrenin büyümesinin ivmesini ölçmemize yarayacak, çok doğrusal ve anlaşılır bir cetvel. Aldığımız veriler çok zengin olacak ve birçok araştırmaya yol açacak. Umarım gelecekte ve ümit ederim ki uzayda, sıradan madde ve karanlık maddenin yarattığı yerçekimi mercekleşmesini ölçecek bir deney yapılır. Ondan sonraki ümidim ise uzaya kozmik mikrodalga arkaplan ışımalarının polarizasyonunu ölçecek ve bir de yerçekimi dalgalarını ölçecek bir cihaz yollamak. Şu anda elimizde kısıtlı bir bütçe ve bu bütçenin yetmeyeceği kadar ilginç proje var. Ümidim o ki, ekonomileri geliştikçe Çin ve Hindistan ve bir gün Türkiye de bu projelere katılır.

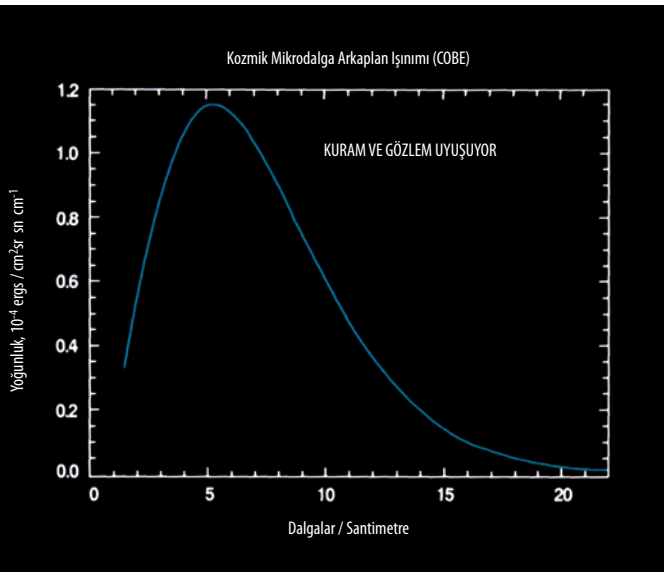
BT: Nobel konuşmasında, kozmik mikrodalga arkaplan ışımalarının buluşunun ilk doğrulanmasından sonra Robert Wilson: "Haleti ruhiyemiz ancak ihtiyatlı bir iyimserlik olarak tanımlanabilirdi" diyor. Hangi noktada buluşlarından emin olduklarından bahsetmiyor.

Tahminimce okuyucularımız iyi bir kutlama yaptıklarını düşünmek isterdi.

SM: Bir deneyci yahut gözlemci olarak, bir bilim insanı her zaman ihtiyatlı ve tutucu olmalı. Cevabın ne olmasını istediğini değil, verinin ne dediğini dinlemeli. Makaleyi bastıktan sonra bile insanın acaba onaylanacak mı diye nefesini tutarak beklemesi, bırakılması zor bir alışkanlık. U2 ve COBE sonuçlarından sonra gayet emindim, çünkü dikkatlice sağlamasını yapmıştık. Onun için sonuçlarımızın ilanından sonra küçük bir kutlama yaptık. Ama gerçek büyük kutlama ancak Nobel Ödülü'nü alınca oldu. O zaman bütün ekip, sonuçlarımızın geçerliliğinin kanıtlandığını ve yaptığımız çalışmanın değerli bulunduğunu hissetti.

BT: Size sorulmasını istediğiniz bir soru alalım ve de cevabını.

GS: Soru "Başka ne gibi yeni buluşlar olacak?" olsun. Cevabı bilsem söylerdim, ama umarım ki yeni keşifleri ilk yapanlar yanımda çalışan doktora sonrası araştırmacılar, öğrencilerim ve ben oluruz. Bazı tahminler yapabiliriz, ama hatırlamamız gereken şey şu: Borsa dokuz kriz olacağını öngördü, ama dört kriz oldu. Yani öngördükleri dokuz krizden beşi gerçekleşmedi. Eğer kriz gelmeden önce çözmek için uğraşmanız ve çalışmanız gerekiyorsa bu iyi bir şey değil tabii ki, ama eğer amacınız sadece bundan sonraki dört büyük keşfi (bunu dokuz olarak da tahmin etmiş olsanız bile) yapmaksa, muhteşem sayılabilir. Onun



1992 yılında COBE tarafından ölçülen siyah cisim ışımaları, Büyük Patlama kuramının en büyük destekçilerinden

lim insanları için çok şaşırtıcı. Çünkü evrene baktığımızda büyük gökada kümeleri ve aralarında büyük boşluklar görüyoruz. Gökada kümeleri bazen bir duvar gibi yapılar oluşturabiliyor, bazen de örümcek ağları gibi örgülü yapılar. Eğer evrenin başlangıcı bu kadar tekdüzeysse, evrendeki bu büyük yapılar nasıl oluştu?

Bilim insanları şimdi evrenin en başlangıcında çok hızlı bir şekilde büyüdüğünü düşünüyor. 1965 yılında Zeldovich'in ve 1980 yılında Alan Guth'un öne sürdüğü fikir evrenin ilk salısının milyarda birinden de kısa bir zaman biriminde ışık hızından da hızlı büyümüş olduğu fikri. Fizikçileri ışık hızından daha hızlı büyümek fikri çok rahatsız etse de, elimizde "şişme kuramı" adı verilen bu kuramdan başka pek bir fikir yok. Anlayışımız bu ilk andan sonra, evrenin genişlemesinin yavaşladığı üzerine. İşte evreni en başında ışık hızından bile hızlı genişleten ve hâlâ genişlemesinin nedeni olan bu enerjiye, fizikçiler gerçekten ne olduğu üzerinde çok fazla fikirleri olmadığı için "karanlık enerji" demişler. Karanlık enerji halen evrendeki enerjinin % 73'ünü oluşturuyor. (Eklemeliyim ki, hepimizin sınırlarını de bozuyor.)

Büyük Patlama kuramının en büyük ipuçlarından biri kozmik mikrodalga arkaplan ışımaları. Ancak çoğunlukla Büyük Patlama'nın ilk saniyelerinden geldiği söylenerek bir yanlış yapılıyor. Halbuki Büyük Patlama'nın ilk saniyelerinde evrendeki bütün protonlar, elektronlar oluşurken, evren hâla bir plazma halinde olduğu için fotonlar (yani ışık) serbest halde dolaşmıyordu. İlk on dakika içinde hafif elementler (helyum ve litium) oluştu. Bir atom çekirdeğine bağlı olmayan bir nötronun yaşam süresi ancak 10 dakika olduğu için bu süreyi ve ilk elementlerin oluşma sürecini iyi anlayabiliyoruz. Büyük Patlama

için benim sadece 9 çok iyi doktora sonrası araştırmacıya ve öğrencilere ihtiyacım var. Her biri farklı bir tahmin yürüttüğümüz konuda, hızlı çalıştıkları sürece, eminim ki bu dört yeni buluşu onlar yapacak. Diğer beşinin de ilginç ve heyecan verici bir şeyler bulacağını ümit ediyorum. Başka araştırmacılar, büyük ilerlemeler kaydetmek ve büyük buluşlar yapmak için şanslarını nasıl artıracakları konusunda çalışabilir, ümit verici alanlara yönelebilirler. Ancak bu aslında diğerlerinin bakmadığı veya önemi olmadığını düşündüğü konularda çalışmak demektir.



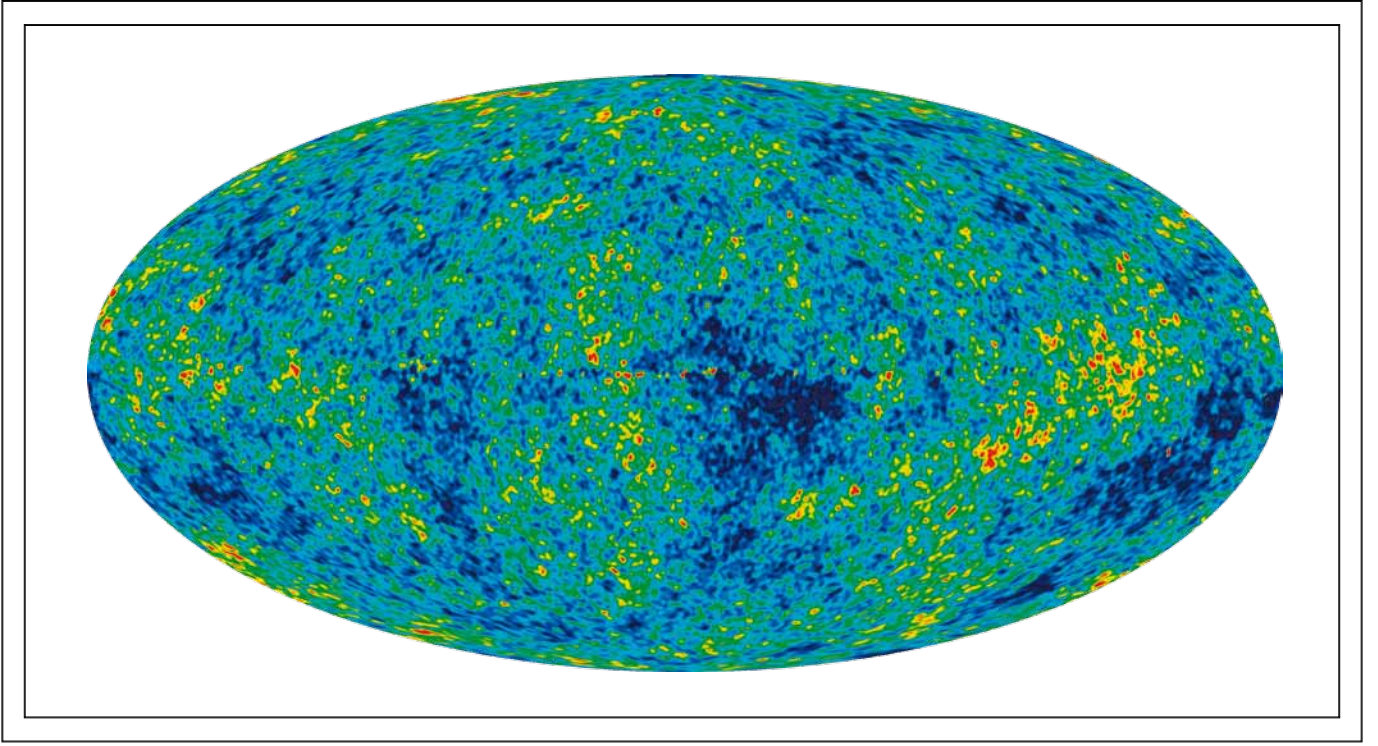
söyleşi | Prof. Dr. George Smoot

Nükleosentezi ismi verilen hesaplamalar, şu anda evrende bulunan hafif elementlerin oranlarını şaşılacak bir doğrulukla öngörüyor ve ölçümlerle örtüşüyor. Büyük Patlama'nın ikinci en büyük kanıtı ise bu hesaplamalarla ölçümlerin uyuşması. Elementlerin oluşumundan sonra evrendeki plazma hali, yani atom çekirdekleriyle elektronların bağımsız şekilde dolaşması, uzun bir süre devam ediyor. Evren gittikçe soğuyor ve ancak 380 bin yıllık bir büyümenin sonucunda bir elektronun bir atom çekirdeğine bağlanmasına izin verecek sıcaklığa kadar soğuyor. Elektronların atom çekirdeğine bağlanmasıyla birlikte, evrenin plazma hali son buluyor, geriye nötr bir gaz kaldığından, ışık nihayet maddeyle etkileşmeden kaçabiliyor. İşte bizim Büyük Patlama'nın çınlanması diye bahsettiğimiz, kozmik mikrodalga arkaplan ışıması 13,4 milyar yıl öncesinden günümüze kadar evrenin içinde akseden bir ışık. Bir insan hayatı olarak düşünsük, evren henüz yeni doğmuş bir bebekmiş bu ışımayı saldıığında.

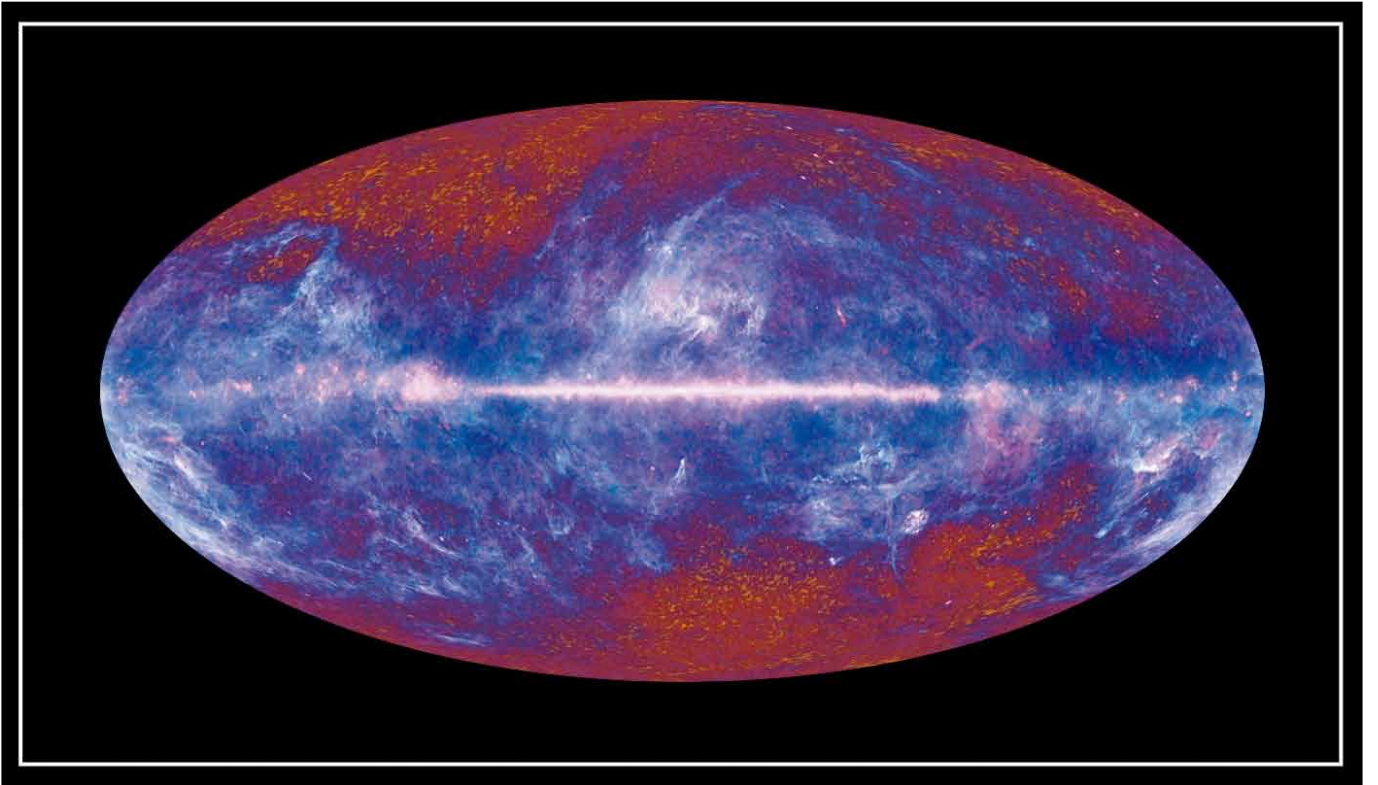
İlk kez 1989 yılında uzaya yollanan COBE (*Cosmic microwave Background Explorer*) cihazı ışımadaki kozmolojik yönbağımlılığını, evren 380 bin yıllık iken sonradan evrende gördüğümüz bü-

yük yapıları oluşturacak sıcaklık farklarını ölçmeyi başardı. Projenin liderliğini üstlenmiş olan NASA Goddard'da çalışan Dr. John Mather ve Berkeley Kaliforniya Üniversitesi'nden Prof. Dr. George Smoot, evrendeki ışımanın kara cisim ışıması olduğunu kanıtladıkları ve kozmik ışımanın yönbağımlılığını keşfettikleri için 2006 yılında Nobel Ödülü'ne layık görüldüler. Yazının içinde Prof. Dr. George Smoot ile yaptığımız kısa söyleşiyi bulacaksınız.

1992 yılında COBE ilk sonuçlarını yandaki mavili ve pembeli fotoğrafla açıkladığında bu fotoğraf dünyanın çoğu bilim dergisinin kapağı oldu. Gök yüzünün 10 derecelik açı çözünürlüğünde, kozmik mikrodalga arkaplan ışımasının ortalama frekansındaki haritasıydı bu. Üstteki fotoğraf Dünya'nın hızından kaynaklanan çift kutuplu sıcaklık değişikliğini gösterirken, bu çift kutup çıkarıldıktan sonra ortaya Samanyolu'ndaki gazın etkisiyle oluşan bir ışıma ve kozmik mikrodalga arkaplan ışıması kalıyordu. Samanyolu'nun ve ona yakın diğer 10 gökada kümesinin etkisi, farklı frekanslarda bilgi toplanmasıyla bu fotoğraftan çıkarılabiliyor ve geriye sadece evrendeki ilk ışımanın yankısı kalıyordu.



2010'nun Ocak ayında WMAP'in yayınladığı yedi yıllık ölçümleri sonucu ortaya çıkan detaylı kozmik mikrodalga arkaplan ışıması gök haritası. Kırmızı renk, ışıma sıcaklığının fazla, mavi renk ise ışıma sıcaklığının düşük olduğu yerleri belirtiyor. Haritada ışımaların soğuk ve sıcak olduğu yerlerin karakteristik bir boyutu olduğu göze çarpıyor.



2010'nun Haziran ayında Planck cihazının ilk gök haritasını tamamlamış olması dolayısıyla yayınladığı gök haritası. Beyaz, ışıma sıcaklığının fazla, turuncu ise ışıma sıcaklığının düşük olduğu yerleri belirtiyor. Henüz gökadamızın ve yakın olan diğer gökadalarn etkileri çıkarılmamış durumda.

COBE uzayda 4 yıl kaldı. 1992 ve 1994 yıllarında ölçümlerini açıkladı. Artık kozmoloji de diğer bilimler gibi hassa ölçümlerin yapılabildiği bir bilim dalı olarak kabul edildi. COBE'nin üçüncü ve son haritasında evreni oluşturan ilk ışımada, ilk büyük yapıların oluşmasına neden olan ufak farklılıkları görmemiz NASA'ya ve bilim dünyasına ümit verdi. 2001 yılında NASA, Charles Bennett'in liderliğinde WMAP (Wilkinson Mikrodalga Yönbağımlılığı Ölçeri) cihazını uzaya yolladı. Bir açısız derecenin beşte biri çözünürlüğe sahip olan, Dünya'dan 1,5 milyon kilometre uzaktaki (Güneş ve Dünya sisteminin düşük potansiyelli olması dolayısıyla sabit noktası sayılan) ikinci Lagrange noktasından evrenin ölçümünü yapan WMAP, fizik kitaplarının yeni baştan yazılmasına neden olacaktı.

WMAP'in en önemli sonucu, evrende yerçekimiyle etkileşen maddenin, evreni büyüten karanlık enerjiyle dengeli olmasından ötürü kozmik mikrodalga arkaplan ışınmasında ortaya çıkan akustik salınımları ölçmek oldu. Bu salınımlar gökte 1 derecelik bir karakteristik büyüklüğe sahip ve evrendeki madde ve karanlık enerjinin oranını ölçmemize yarıyor. WMAP ve yeryüzünden daha küçük açı bağımlılıklarını ölçebilen Acbar, Boomerang, CBI ve VSA deneylerinin ortak analizi sonucunda, karşımıza ancak % 4'ü bizim bildiğimiz madde gibi olan bir evren ortaya çıkıyor. Evrendeki enerjinin % 23'ü karanlık madde ve geri kalan enerji ise evreni halen büyüten % 73'lük karanlık enerji. Ür-kütücü olan evrenin enerjisinin % 96'sını henüz anlamamış olmamız... WMAP sonuçları evrenin yaşını iyi hesaplamamızı da sağlıyor: $13,75 \pm 0,11$ milyar yıl.

WMAP'in açtığı yolda daha da ilerlemek için, ESA (Avrupa Uzay Dairesi) Mayıs 2009'da uzaya Planck cihazını yolladı. Planck cihazı da ikinci Lagrange noktasındaki yörüngesine yerleştirildi ve veri almaya devam etmekte. 11 Ocak 2011'de, Planck ekibi ilk fizik sonuçlarını açıkladı. WMAP'ten 3 kat daha iyi açısız çözünürlüğe ve 10 kat daha yüksek sıcaklık hassasiyetine sahip olan Planck cihazı, işe ilk olarak Samanyolu'nun ve diğer gökada kümelerinin kozmik mikrodalga arkaplan ışınmasına olan katkısını ölçmekle başladı. Gökte 199 gökada kümesinin izini ölçen Planck cihazının ölçtüğü kümelerden 30'u yeni keşifler. Bu büyük yapıların en büyüğü 10 milyon ışık yılı büyüklüğündeki bir süper gökada kümesi. Evrende örümcek ağını andıran madde dağılımının attığı "düğümler" olarak görülen bu gökada kümeleri, evrendeki büyük yapıların bebekliklerinden bugüne nasıl geliştikleri konusuna ışık tutuyor. Planck cihazının iki yıl içinde kozmolojik sonuçları açıklaması bekleniyor.



O güne kadar WMAP ve diğerlerinin ölçümlerinden bildiğimiz $13,75 \pm 0,11$ milyar yıllık evrenimiz ancak iki yıl daha yaşlanmış olacak ne de olsa!

Belki böyle bir yazıyı bitirmek zor: Neler olacağını ancak gelecek gösterecek. Ancak gelecek hakkındaki en önemli tahminimizi söylemekte yarar var. Tahminimiz, karanlık enerji miktarı şu anda tahmin bile edemeyeceğimiz bir nedenle bir gün azalmazsa, evrenin hep büyüyeceği yönünde. Gelin biraz bilimsel kâhinlik yapalım: Yaklaşık bir milyar yıl sonra Güneş'in yakıtının çoğunu harcama-sı ve Güneş'in genişlemesi nedeniyle, Dünya'nın sıcaklığı artacak ve tüm su buharlaşacak. 3 ila 5 milyar yıl içinde Samanyolu Gökadası ve ona en yakın gökada olan Andromeda Gökadası çarpışacak ve iki gökada birleşecek. Yine aynı zaman ölçeğinde (yaklaşık 5 milyar yıl) içinde Güneş sönmeye yüz tutacak, genişleyecek ve Dünya'yı yutacak. Yaklaşık 100 milyar yıl sonra ise, evrenin büyümesinden dolayı, gökadamızın dışında kalan gökadalardan gelen ışık bile gökadamıza ulaşamayacak. Büyük Patlama'nın yankısı ise teknik olarak imkânsız görünen bir sıcaklığa düşmüş olacak, bundan 100 milyar yıl sonra gelişen bir medeniyet, bu yankıyı hiç bir zaman keşfedemeyecek, başka gökadalardan varlığından hiçbir zaman haberdar olamayacak. Bir gökada, tek başına, evrende yalnız olduğuna inanacak. Yanılacak... Evren yapılışının izini silmiş olacak çünkü. Bizi de yanılttığı oluyor mudur acaba? Kim bilir hangi sınırların izini silmiş olabilir?

Kaynaklar

ESA Planck websitesi: <http://sci.esa.int/science-e/www/area/index.cfm?fareaid=17>

NASA WMAP websitesi: <http://wmap.gsfc.nasa.gov/>

NASA COBE websitesi: <http://lambda.gsfc.nasa.gov/product/cobe/>

Nobel Ödülleri websitesi: http://nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1978/wilson-lecture.html



Doç. Dr. Melahat Bilge Demirköz, İstanbul Amerikan Robert Lisesi'ni bitirdikten sonra, burslu olarak gittiği MIT'de fizik bölümünü müzik ve matematik bölümlerinden sertifika olarak 2001 yılında bitirdi. MIT'de yaptığı lisans ve yüksek lisans araştırmalarında AMS projesinde görev aldı. Doktorasını Dorothy Hodgkin bursunu alarak Oxford Üniversitesi'nde ATLAS projesinde üç yılda tamamladı. 2006 yılında Research Fellow unvanıyla CERN'ün elemanı olarak kabul edildi. CERN'deki görevine Cambridge Üniversitesi'nden sonra Barcelona Üniversitesi adına devam etmektedir.