

# Çağdaş Bilmeceler: Negatif Enerji, Negatif Çekim

Bazen başımıza gelen bir olay karşısında “imkânsız, olamaz böyle bir şey” dediğimiz olmuştur. Benzer cümleleri bilim insanları dile getirdiğinde bu ya yapılan çalışmaların boşa gittiği hissini ya da büyük bir keşfin ufukta olduğunu gösterir. Beklenenin dışına çıkan sonuçlar çoğu zaman bilim insanlarını ürkütmüş ama bir o kadar da heyecandırmış. Negatif enerji ve negatif çekim böylesi garipseme ve heyecana neden olan kavramlardan.

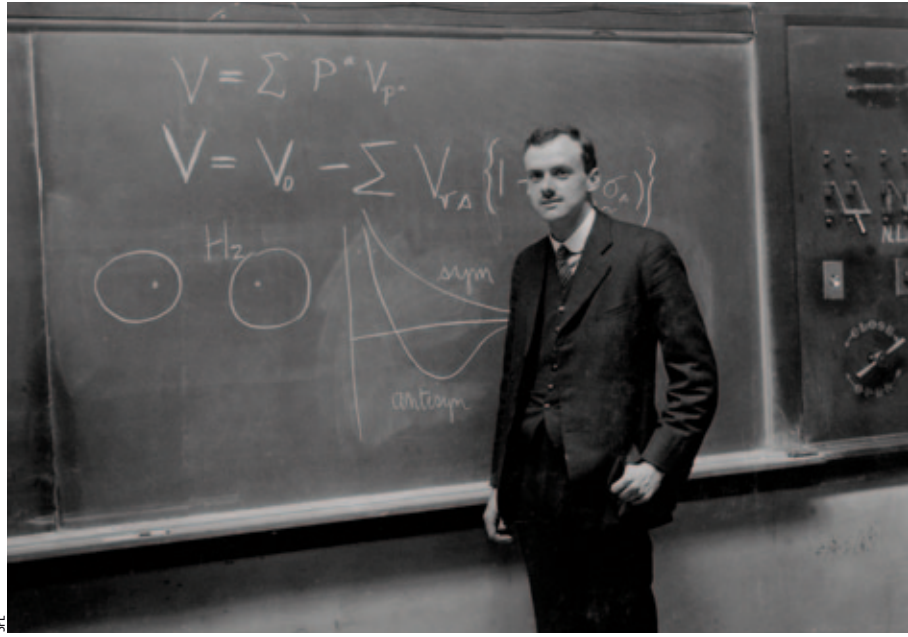
20. yüzyılın başları atom ve atom altı parçacıkların davranışlarını anlatan kuantum kuramı, ışık hızına yakın hızla giden cisimlerin mekaniğini anlatan özel görelilik kuramı ve çekim alanının geometrisini anlatan genel görelilik kuramının geliştirildiği bir dönem olması yönüyle bilim tarihinde en çok bahsedilen zaman dilimidir. O yıllar, yüzyıllardır süren “Işık parçacık mı yoksa dalga mı?” tartışması “hem parçacık hem dalgacık” ikilemiyle sonlanır. Elektromanyetikdalga olan ışık metal bir plaka üzerine düşürülünce parçacık özelliği gösterir. Sadece ışığın değil maddenin de ikili doğasının olduğu ortaya çıkar. Parçacıklar topluluğu olarak kabul edilen bir elektron demetinin birbirine çok yakın iki yarıktan geçirilince su veya ışık dalgasından beklenen davranışı sergiliyor olması elektronun dalga özelliği olduğuna dair ipuçları verir. Maddeye eşlik eden madde dalgasının uzay-zamanda ilerleyişini formüle döken Erwin Schrödinger kendi denklemini yorumlamakta aciz kalır.

Ne gariptir ki o dönemde sıkça yaşanan, ortaya konan kuantum mekaniği denklemlerinin çeşitli bi-

lim insanları tarafından farklı yorumlanmasıdır. Bunun en büyük nedeni ise bir yandan bir dizi deneyin alışlagelmiş dışında sonuçlar vermesi bir yandan da deney sonuçlarını kurama oturtma çabası süresince öne sürülen fikirlerin daha da olağan dışı olmasıdır. Örneğin Schrödinger’in denkleminin en orijinal ve kabul gören yorumunu yapan Niels Bohr denklemdaki dalga fonksiyonunun, aslında parçacığın belli bir konumda bulunma olasılığını gösteren, bir olasılık fonksiyonu olduğunu öne sürer. Böylece kuantumun determinist olmayan dünyası bir kez daha teyit edilir. Madde dalgası denklemini elektron için yazarken elektronun ışık hızına yakın hareketini de göz önünde bulunduran Dirac, olağan dışı bir sonuç bulur. Dirac enerji kütle ilişkisinin  $E = mc^2$  şeklinde değil de  $E^2 = m^2c^4$  olması gerektiğini fark eder. Bu denklemin karekökü ise  $E = mc^2$  ve  $E = -mc^2$  olmak üzere hem pozitif hem negatif enerji çözümleri vermektedir. Dirac, alışık olmadığımız bu negatif enerjinin nasıl yorumlanması gerektiği üzerine kafa yormaya başlar. Böyle bir elektronun evrenimizde bir karşılığının olup olmadığı merak konusudur.

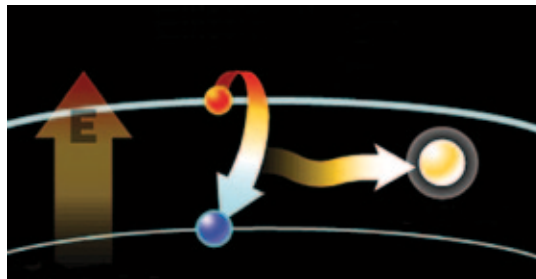
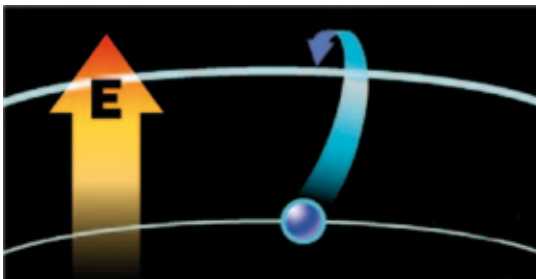
**N**egatif enerji çözümü ihmal mi edilmeliydi? Matematiksel olan bu çözümleri ihmal etmeyi gerektirecek bir sebep yoktu. Diğer yandan da negatif enerji seviyeleri gerçekten varsa daha düşük enerji seviyelerine gidip yerleşmesi gereken elektronlar neden böyle davranmıyordu. Atom çekirdeği etrafındaki yörüngelerde bulunan eksi yüklü elektron daha düşük enerjili alt yörüngelerde yer varsa gidip buralara yerleşiyordu. Bu durumda beklenen de elektronun negatif enerji seviyelerine inmesi idi. İnmiyor olması açıklanamıyordu. İnmesi ise daha büyük bir problem olurdu. Çünkü negatif enerjili bir elektron enerji kaybettiğinde yavaşlamaz hızlanır. Tabii bu enerji seviyeleri bir bir inerse gittikçe hızlanarak ışık hızı engelini takılır. Dirac bu problemlerin çözümüne vakumun (boş uzayın) kuramsal bir modelini sunarak ulaştı. Vakumu, bütün enerji seviyelerinin negatif enerjili elektronlarla doldurulmuş bir deniz olarak düşündü. Bütün hepsi dolu olduğu için bildiğimiz elektronlar bu seviyelere inemiyordu. Ancak ne zaman ki dışarıdan yeterli miktarda enerji alınır o zaman negatif enerjili elektron daha yüksek enerjili pozitif enerji seviyesine sıçırıyor ve bildiğimiz elektron oluyordu. Geride bıraktığı boşluk ise elektron ile aynı özelliklere sahip ancak zıt elektrik yüklü bir parçacık (karşı-elektron) olarak algılanabiliyordu. Benzer şekilde eğer Dirac denizinde boşluk varsa elektron bu boşluğa iniyor (elektron ve karşı-elektron birleşiyor) ve fazla enerji ışınım olarak dışarı veriliyordu.

Artı yüklü parçacıkları eksi yüklü parçacıkların yokluğu olarak algılama fikri elektrikte, katı hal fiziğinde sıkça kullanılmaktadır. Bir tel üzerinde sağa hareket eden eksi elektrik yükünün sola hareket eden pozitif elektrik yükü olarak da düşünülebileceğine alışkın olan bilim insanları için Dirac'ın vakum fikri sorun teşkil etmemelidir. Fakat bu model vakumun enerji yoğunluğunun sonsuz çıkması gibi problemler içerdiğinden çok da kabul görmedi. Neyse ki 1930'larda ortaya atılan kuantum alan kuramı karşı-parçacık problemini kökten çözdü ve bu parçacıkların gerçek fizik varlıklarının olduğunu ortaya çıkardı.



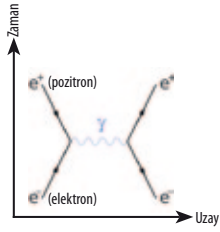
Carl D. Anderson ise 1932'de uzaydan gelen kozmik ışınların atmosferdeki atomlarla çarpışması sonucu ortaya çıkan parçacıkları sis odasında incelerken elektron ile aynı kütleye sahip ancak zıt yüklü (artı yüklü) olan bir parçacığın izine rastladı. Pozitron adını verdiği bu parçacık Dirac'ın öngördüğü karşı-elektrondur. Her ne kadar Dirac'ın vakum fikri kabul görmediyse de öngördüğü parçacığın gözlemi ertesi yıl ona Schrödinger ile paylaşacağı Nobel ödülünü getirdi. Nobel konuşmasını gözlenen her parçacığın karşıtı olması gerektiği hatta karşı-maddeden oluşan ayna görüntümüz olan bir evrenin bir yerlerde bulunabileceği ile bitirirken bir başka konuşmasında fizikteki en temel problemin vakumu anlamak olduğunu söylemişti. Ona göre vakumun basit bir yapısı olmalıydı ve en basiti anlayamazsak daha karmaşığını nasıl anlayacaktık? Ancak sonraki yıllarda vakumun pek de basit olmadığı görüldü: Kuantum alan kuramı atom altı dünyaya ait kavram ve davranışları başarılı bir şekilde açıklarken vakum hâlâ tam anlamamış kavramlarından biri olmaya devam etmektedir. Biz bu konuyu negatif çekim kuvvetinden bahsedeceğimiz kısma bırakıp karşı-maddeyle devam edelim.

Paul Dirac (1902-1984) 20. yüzyılın en etkili bilim insanlarından. Görelilik kuantum denklemi ile öngördüğü karşı elektron'un (1932) deneysel olarak da bulunması üzerine 1933 Nobel Fizik Ödülü'nü aldı.



Elektronun daha yüksek enerjili yörüngeye geçişi (Solda)

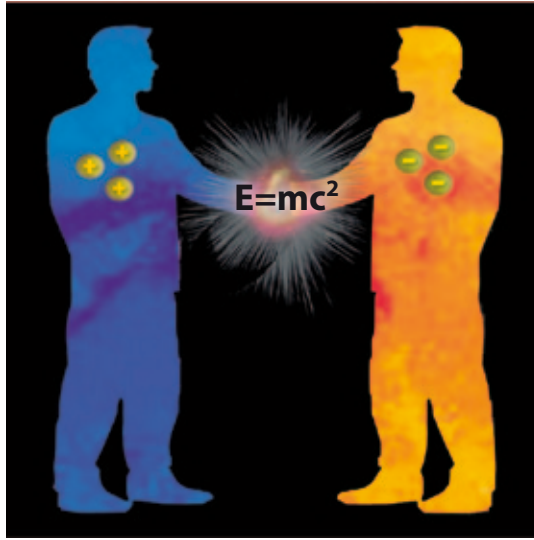
Elektronun daha düşük enerjili yörüngeye geçişi ve bu sırada yaydığı enerji (Sağda)



Zamanda ileri giden elektron(e<sup>-</sup>) ile zamanda geri giden pozitronun (e<sup>+</sup>) çarpışıp yok olarak ışımaya dönüştüğünü gösteren Feynman diyagramı.

Kuantum alan kuramının gelişiminde etkili simalardan biri olan Richard Feynman aynı zamanda Dirac denizi üzerine kafa yorarlardan. Feynman karşı-parçacıkları zamanda geriye giden parçacıklar olarak tanımlar. Stückelberg'le birbirlerinden bağımsız olarak geliştirdikleri kuramda Dirac denkleminin zaman simetrisini kullanarak zamanda ileri giden elektronun zamanda geri giden pozitronla aynı şey olduğunu söylerler. Bir bakıma kuantum denklemlerindeki enerji teriminin önündeki eksiliği zaman teriminin önüne alarak negatif enerji probleminden kurtulmuşlardır. Ancak bu sefer de negatif zaman problemi ortaya çıkar. Zamanda geriye gitme fikrine sıcak bakmayan fizikçilerin genel fikri bu yaklaşımının doğru olmadığı yönünde. Bu fizikçiler karşı-parçacıkların gelecekte geçmişe hareketlerinin kuantum kuramının temel yapısında olamayacağını belirtiyor, Feynman ve Stückelberg'un karşı-parçacık yorumunu fiziksel bulmuyorlar. Ne var ki aynı düşünceye dayanan ve parçacık fiziğinde sürekli kullanılan Feynman diyagramları kuantumun karışık denklemlerinin basite indirgenmiş grafik bir gösterimi. Grafiklerin zaman ve uzay eksenleri var. Halile zamanda geriye giden parçacık fikri tüm grafiklerde mevcut.

Maddenin karşı-madde ile karşılaşması



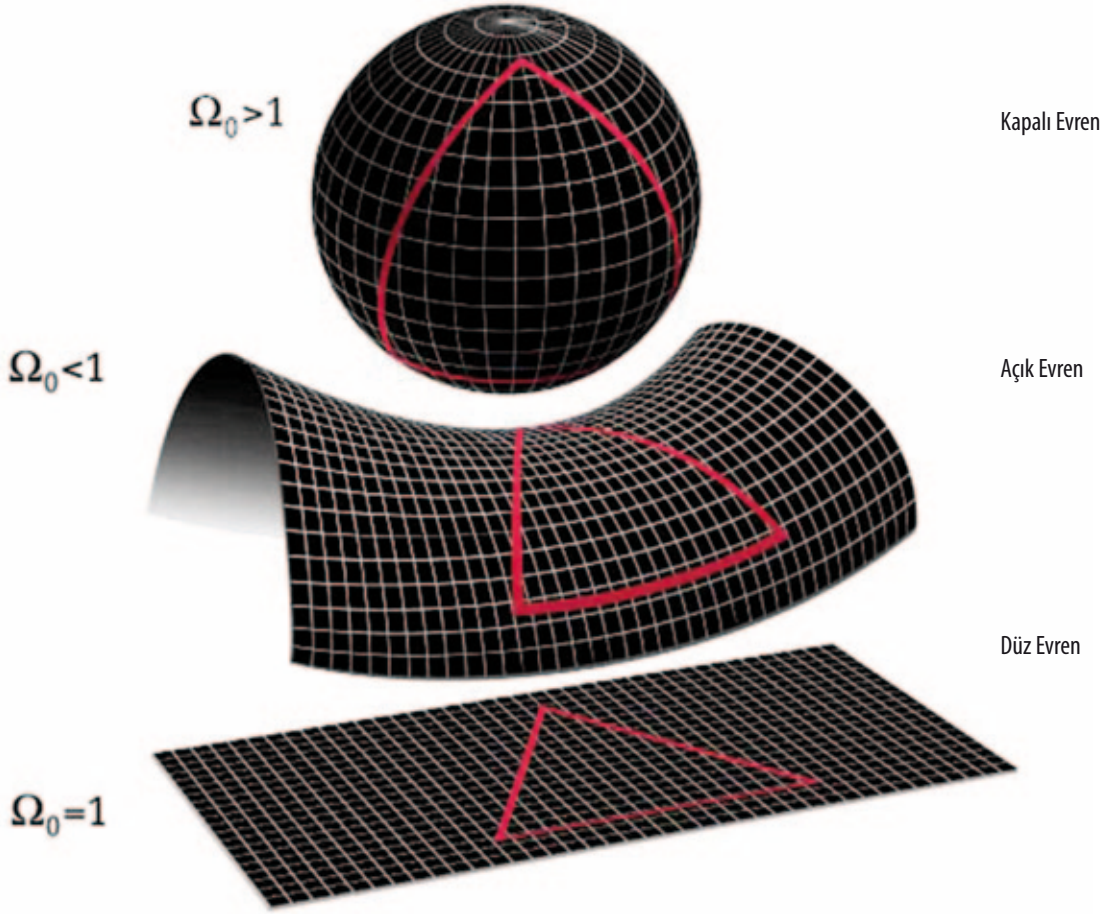
Elektron-pozitron yok oluşunu gösteren grafikte zamanda ileri giden elektron ile zamanda geri giden pozitronun çarpışıp enerjiye dönüşüyor. Gerçeği temsil ediyor mu? Kuantum mekaniği derslerinde sıkça kitabı okutulan R. Shankar'a göre Feynman diyagramları uygun bir resim ama fiziksel gerçekliğe karşılık gelmiyor. Bu tutum deneysel delil yetersizliğinden mi yoksa felsefi sebeplerden mi kaynaklanıyor tartışılır ama herkes fizik kanunlarında zaman simetrisi olduğunda hem fikir. Uzay boyutun-

dan bahsettiğimizde, örneğin, merdivenden aşağı inmek matematiksel olarak eksi yönde yukarı çıkmak ile aynıdır ama benzer açıklamayı zaman boyutu için yaparken daha çok düşünmek gerekiyor. Ne olursa olsun atomaltı parçacıklarla ilgili kuramın Dirac'tan günümüze kadar geçen sürede olgunlaştığı kesin. Anderson'un pozitronunu izleyen gözlemlerse kuramı onaylar nitelikte. Başlarda karşı-proton ve karşı-nötron ile devam eden kişisel gözlemlerin yerini sonraları Fermi, CERN gibi yüzlerce bilim insanının birlikte çalıştığı deneylerin aldığı laboratuvarları görüyoruz. Atom altı parçacıkları yüksek hızlarda çarpıştırarak ortaya çıkan enerjiden çıkan bir sürü yeni parçacığın bulunması ve karşı-parçacıkları ile birlikte ikiye katlanan parçacık sayısı ve tüm bu parçacıkları kurama oturtma çabası ile birlikte gelen yorumlar ise hiç bitmemiş.

Yine bu tür deneylerde cevabı bulunmaya çalışılan kozmik bir soru da Büyük Patlama sırasında eşit miktarda üretilen parçacık karşı-parçacık çiftlerinden nasıl olup da parçacık ağırlıklı bir evrenin ortaya çıktığı. Dirac'ın öngördüğü karşı-maddeden yapılmış gökadalara gelince, bildiğimiz kadarıyla şimdiye kadar hiçbir astronomik gözlem bu tip gökadalara tespit edemedi. Bu yılın Temmuz ayında Kennedy Uzay İstasyonu'ndan fırlatılacak NASA'nın AMS (Alfa Manyetik Spektrometresi) dedektörü bizden çok uzaklardaki süpernova patlamalarından gelen kozmik ışınları inceleyerek karşı-parçacıkları bulmayı hedefliyor. Carl Anderson'dan beri atmosferdeki atomlarla çarpışmalarda karşı-parçacıkların oluşabileceğini biliyoruz. Ama atmosfersiz bir ortamda benzer parçacıkların saptanması evrenimizde karşı-maddeden oluşmuş gök cisimlerinin varlığı demek olacak. CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısı'nda 14 trilyon elektron Volt (eV) enerjide çarpışmalar hedefleniyor. Kozmik bir ışık demetinin enerjisinin ise 100 milyon trilyon eV dahi olabileceği göz önünde bulundurulursa AMS'nin verilerinin büyük bir heyecanla beklendiğini tahmin edebiliriz.

Aslında fizikçiler kuantum mekaniğinden çok önce negatif enerji kavramına tanık olmuşlardı: Çekim alanının enerji yoğunluğu hesaplandığında eksi bir sonuç verdiği biliniyordu. Bu aşinalığa rağmen Dirac denkleminin negatif enerji çözümlerinin ilk başta yadırganma nedeninin, sonuca getirilen yorumlar olduğu söylenebilir. Bir de negatifliğin önüne geldiği enerjinin sadece büyüklükten ibaret bir nicelik olması. Büyüklüğünün yanında yönünü de belirtmemiz gereken kuvvet gibi fiziksel büyüklüklerin önündeki eksi işareti bu kadar yadırganmaz. Çünkü bu durumlarda artı-eksilik, kuvvetin

## Evren Modelleri



yönü ile alakalıdır. Örneğin, yerden kaldırdığımız bir taşın etki eden kuvvetleri ifade eden bir denklem yazarsanız bir tarafta uyguladığımız kuvvet bir tarafta da yer çekimi yer alacaksa bu iki kuvvetin yönünün birbirine zıt olduğunu ifade etmek için eşitliğin bir tarafına eksi işareti koymak durumundayız. Tek bir kuvvetin ifadesi olan bir eşitlikteki artı eksi işareti ise kuvvetin itici ya da çekici olduğunu belirtir. Haliyle kütle çekiminden bahsediyorsak eksi işareti kullanmamız adettendir. Yine de bazen işlem yapmanın keyifliliğine tabi olan bu küçük işaretin iptaline tanık olmak mümkün.

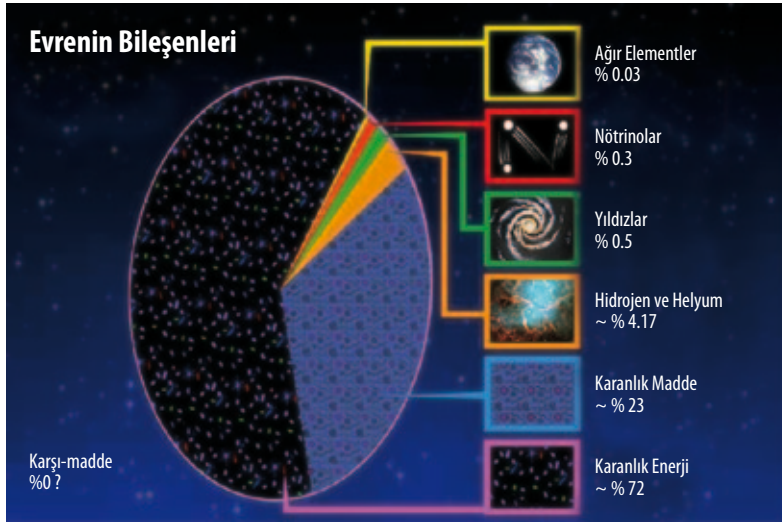
Standard Büyük Patlama kuramını değişikliğe tabi tutarak Şişme kuramını öne süren 2009 Newton Ödülü sahibi Alan Guth iki mucizeden bahseder. Bu mucizelerden biri çekim alanının negatif enerjisidir. Artı elektrik yüklü iki cismin etrafındaki elektromanyetik enerji yoğunluğunu hesaplırsak pozitif bir sonuç buluruz. Ancak benzer işlemi iki kütle arasındaki çekim kuvveti için yaparsak negatif sonuç elde ederiz. Anlaşıldığı üzere Guth'un "mucize" tabiriyle anlatmak istediği bilimsel açıklaması olmayan değil de beklenenin dışında bir şey olması. Çe-

kimdeki negatifliğin yorumu Dirac'ın negatif enerji çözümleri kadar karışık değil. İki artı elektrik yüklü cisim bir araya getirmek istiyorsak bunlar birbirini iteceğinden üzerlerine kuvvet uygulamamız gerekiyor. Yani enerji vermek gerekiyor. İki kütle bir araya gelirken ise enerji açığa çıkıyor. Öyle ise evrendeki tüm kütleleri bir araya getirdiğimizi düşünüp Büyük Patlama'nın olduğu zamana geri gidersek mütahş bir enerji ile karşı karşıya kalıyoruz.

1920'lerde Rus evren bilimci Alexander Friedmann'ın hesapları üzerine gündeme gelen Büyük Patlama ve evrenin genişlemesi fikirleri sırasında genel görelilik kuramı üzerine çalışan Einstein durağan bir evren modelinden yanaydı. Evrendeki mevcut kütle çekimi nedeniyle çöken bir evren modeli kendisine gerçekçi görünmediği için bu çöküşü önleyici itici bir çekim sağlayan kozmolojik sabiti öne sürdü. Ancak evrenin genişlemesi 1929'da Edwin Hubble'ın gözlemleri ile kanıtlanınca kozmolojik sabit tamamen terk edildi.

Büyük ölçekte evrene bakıldığında madde eşit olarak dağılmıştı. Genel görelilik kuramı homojen (her noktada aynı) ve izotropik (her yönde aynı) bir

uzay için üç farklı geometrik evren modeli sunuyor. Evrendeki mevcut kütle, uzayı eğerek geometriyi değiştiriyordu. Toplam kütle yoğunluğunun (birim hacimdeki madde miktarı) kritik kütle yoğunluğuna bölümü olarak tanımlanan omega ( $\Omega$ ) katsayısının bire eşit, birden büyük veya küçük değerler almasına göre evren bir çarşaf gibi düz, küre yüzeyi gibi kapalı veya bir at eyeri gibi açık olabiliyordu. Kapalı evren modelinde evren çekim etkisi ile çökerken, açık evren modelinde sabit veya gittikçe artan bir hızla sonsuza dek genişliyordu. Evren düz ise yine sonsuza dek bir genişleme söz konusuydu ama azalan bir hızla.



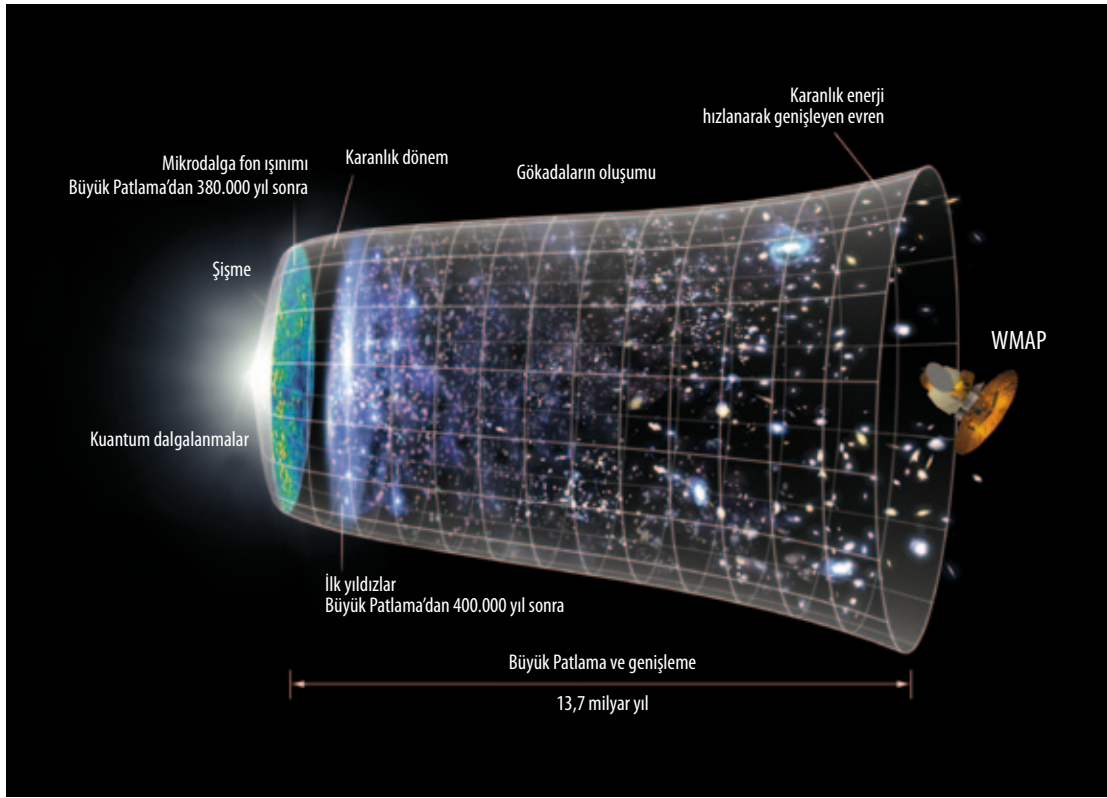
Bilim tarihindeki büyük sıçrayışların bir kısmının matematik denklemlerinin fizik dünyada karşılığını bulduğu anlara denk gelmesi dikkat çekici. Negatif enerjinin karşıt maddenin varlığına işaret etmesi gibi. Matematiksel sonuçları yorumlamanın ise matematiği bilmenin yanında entellektüel bir çaba gerektirdiği kesin. Negatif çekiminin karanlık enerji olgusunu literatüre sokması bunun en garip örneklerinden.

Lawrance Berkeley Laboratuvarları'nda Süpernova Kozmoloji Projesi ilk defa olarak, 1998 yılında, evrenin sadece genişlemediği genişleme hızının da arttığını ortaya çıkardı. Bu yönüyle gözlemler açık evren modelinden yana olsa da ölçülen omega değeri şaşırtıcı şekilde bire yakın çıkıyor ve evrenin düz olduğunu gösteriyordu. Daha sonraki yıllarda BOOMERANG (Balloon Observations Of Millimetric Extragalactic Radiation and Geophysics) teleskobu ve WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) uzay aracının verileriyle de doğrulanan düz evren modelini gittikçe ivmelenen genişleme hızıyla birlikte açıklamak için bilim insanları karanlık enerjinin varlığını öngördüler. Karanlık enerji itici bir çekim kuvvetine neden olan, evrenin yaklaşık % 73'ünü oluşturan ama gözlenemeyen bir olgu idi. Evrende gözlenebilen madde miktarı evrene düz bir Öklid geometrisi sağlayacak kadardı ve maddenin çekim etkisi ile evreni küçültecek yönde kuvvet uyguluyordu. Karanlık enerji ise itici bir kuvvet uygulayarak evreni genişletiyordu. Evrendeki kütle, çekime neden oluyordu. Ancak genel göre-

lilikte basıncın da benzer bir çekim etkisi vardı. Pozitif enerji yoğunluğu olan ama negatif basınçlı bir şeyler itici çekimi sağlayabilirdi. Alan Guth'un mucize tabirini kullandığı diğer olgu işte bu itici çekim kuvveti idi. Bildik enerji pozitif, bildik çekim kuvveti ise çekici! Ama negatif enerji, negatif çekim ezber bozuyordu. Ama ezber bozmayı gerektirmeyen enerjinin korunumu ilkesi doğruluğunu her zaman muhafaza ediyordu. Evrenin enerjisi hassas dengeli bir terazi gibiydi: Karanlık enerjinin pozitif enerjisi çekimin negatif enerjisi tarafından dengeleniyor ve evrenin toplam enerjisi sabit kalıyordu. Enerji pozitif veya negatif olabiliyor ama toplam enerji hep korunuyordu.

Hendrik Casimir ve Dirk Polder tarafından deneysel olarak da gösterilen vakumun basıncı ve çekim etkisi olduğu kuantum kuramından biliniyordu. Bu yüzden vakum enerjisi karanlık enerji adaylarından biri. Vakumun pozitif enerji yoğunluğu evrenin genişlemesini azaltırken negatif basınç hızlandırmaktadır. Denklemlerde basıncın etkisi daha fazla olduğu için sonuçta evren genişlemektedir. Einstein'ın yıllardır ihmal edilen kozmolojik sabiti, uzayı homojen bir şekilde dolduran ve zamanla değişmeyen durağan bir enerji yoğunluğunu temsil etmesi yönüyle vakum enerjisi tartışmalarıyla tekrar gündeme geldi. Karanlık enerji, genel görelilikte kozmolojik sabit tarafından temsil edilen vakum enerjisi ise evrenin yapısında olan bir şeydi. Fakat Büyük Patlama sırasında ortaya çıkmış bir çeşit parçacık da olabilir. Parçacık fizikçileri Büyük Patlama sıralarında çok yüksek enerjilerde radyoaktif element gibi kararlı ve bozunan, negatif basınca sahip parçacıklar oluşabileceğini söylüyor.

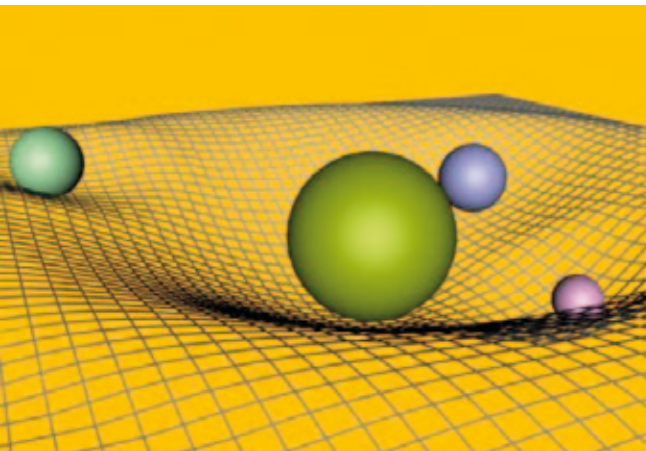
Karanlık enerjinin doğası anlaşılmış değil ve cevabı beklenen bilmecelerden. Ancak bu bilmece başka bir bilmecenin cevabı ile yakından ilintili: Modern fizikte bir türlü barışmayan iki kuramı, genel görelilik ve kuantum alan kuramını, birlikte açıklayabilecek bir kuramla ilintili. Çekimi konu alan genel görelilik ve kuantum kuramı vakuma farklı açılardan baktıkları için problem çözülüyor. Genel görelilikte boş uzaydaki enerji yoğunluğu uzay-zamanın eğriliğinden ölçülüyor ve WMAP'ın gözlemlerine göre uzayda her metre küpe  $10^{-10}$  joule gibi çok düşük bir enerji karşılık geliyor. Kuantum kuramında ise bir grup kuantum alanının en düşük enerji durumunu toplamak gerekiyor. Bu kuramda boş uzayda sanal parçacıkların sürekli dalgalanması ve parçacık karşı-parçacık çiftlerinin yaratılma yok olma döngüleri söz konusu. Bunlar hesaba katılınca vakumun enerji yoğunluğu değeri çok yüksek çıkıyor.



Kuantumdaki doğru ölçüm için uzay-zamanın eğimini de işin içine katmak gerekiyor. Atom altı dünyada parçacık kütleleri çok küçük olduğu için uzay-zamanda neden oldukları eğimin ihmal edilebileceğine hükmedilmiş. Dirac kütle çekimini kuantum denklemlerine katmayı daha 1930'lar da denemiş. Ancak çekimin etkisiyle evrenin çapının Dünya'nın uydusu olan Ay'a bile ulaşmadığını görünce pes etmiş. Şimdilerde tüm parçacıkları ve bunların nükleer, elektromanyetik ve zayıf etkileşimlerini anlatan Standard Model'e göre her taraf Higgs alanı ile dolu. Maddeyi oluşturan tüm parçacıklar bu alan ile etkileşimleri sonucu kütle kazanı-

yor. Bunun ötesinde tüm kuvvet alanlarının (elektromanyetik, nükleer vs.) kendilerine özgü parçacıkları var. Genel göreliliğe havale edilen çekim alanını kuantuma dahil edeceksek çekim alanın parçacığından da bahsetmek durumundayız. Kuramsal olarak öngörülen ve graviton denen bu parçacığın da tüm vakumu dolduran Higgs alanı ile etkileşimi söz konusu. Bu etkileşim klasik kuramda bahsettiğimiz kozmolojik sabite denk geliyor. Astronomlar makroskopik ölçekte kozmolojik sabitin parametrelerini araştırırken CERN'deki CMS, ATLAS deneylerindeki fizikçiler de mikro ölçekte Higgs'i yakalama peşindeler.

Kim bilir belki bir gün deney sonuçları bir yerde örtüşür ve kuantum çekiminin yanında vakumu da anlar hale geliriz. Belki de Dirac'ın her şeyden önce vakumu anlamalıyız sözü tersine işler, birçok şeyi anlar hale gelebilir de vakumu yine anlayamayız. Belki de negatif enerji, negatif çekim gibi kafa karıştıran kavramlara yenileri eklenir.



Çarşaf gibi düz olan uzay-zamanın kütle etkisiyle yamulması

#### Kaynaklar

Kragh H., "Fizikte Güzellik Arayışı Paul Dirac", *Bilim Teknik Dergisi*, 434:84, 2004  
<http://livefromcern.web.cern.ch/livefromcern/antimatter/>

[http://www.iop.org/activity/awards/International%20Award/newton09/page\\_37514.html](http://www.iop.org/activity/awards/International%20Award/newton09/page_37514.html)