

# Onbirinci Boyuta Doğru...

*Bütün madde ve kuvvetleri tek bir teoride birleştirerek açıklama uğraşı fizikçileri kendilerini kaybettikleri üst uzaya savurmuştu. Ama bazı süpersicim kuramcıları ansızın yolun ilerisinin aydınlandığını düşünüyor.*

Fizik'te bir "Son Teori" var mı? Bir gün atomaltı parçacıklardan, atomlara, süpernovalardan Büyük Patlama'ya (Big Bang) kadar herşeyi açıklayacak tam bir teori olacak mı? Einstein yaşamının son 30 yılını, efsane haline gelen birleşik alan teorisini bulmaya çalışmakla geçirdi. Onun meyvesini alamadığı bu yaklaşımı o zamandan beri faydasız bir uğraş olarak değerlendirdi.

1980'li yıllarda ilgi son teori'yi bulma yolunda başı çeken süpersicim teorisine yöneldi. Bu devrim yaratan teori fizikçilerin doğada bulunan elektron, kuark gibi atomaltı parçacıkların aslında parçacık değil, ama titreşen küçük sicimler olduklarını farketmelerıyla başlamıştı.

Süpersicim teorisi çığır açıcı bir olaydı. Üzerine binlerce makalenin yazıldığı, teorik fizğin en hızlı gelişen ve en heyecan verici alanı haline geldi. Ama 1990'ların başında bu gelişim duraklama yaşamaya başladı. Sicimler nereden geliyor? Ve süpersicim teorisinin sonuçlarında Evren'i açıklayacak yanıtlar var mı? Bu iki önemli soruya yanıt bulamayan araştırmacılar ümitsizliğe düştü. Ama bugünlerde Internet'te yine bir devrim gözleniyor. Birçok makale, New Mexico'da süpersicim makalelerinin arşivlendiği resmi ilan tahtası niteliğindeki Los Alamos Ulusal Laboratuvarı'na akıyor.

Bu hareketliliği ateşleyen, süpersicimler üzerine iki ana soruyu yanıtlaya-

cağı düşünülen "M-teorisi"nin bulunuşuydu. Kimi araştırmacılar peşin hükümlü davrandıklarını kabul ederek, yine de bunun yalnızca süpersicim teorisinde değil, teorik fizikte de son yirmi yılın en önemli gelişmesi olduğunu düşünüyorlar. M-teorisi, süpersicim teorisinin kurucularından olan Caltech'ten, John Schwarz'ın dediğine göre "ikinci bir süpersicim devrimini" başlattı. Princeton'dan Edward Witten ise üç saatlik nefes kesen bir sunuş yaptı. Bu yeni gelişimin sonuçları diğer disiplinleri de etkilemiş görünüyor. Fizik alanında yarattığı heyecan, matematik alanına da yansıyor. Araştırmacılar ise gelişmelerden etkilendiklerini kabul ediyorlar.

M-teorisi şaşırtıcı bir darbeye süpersicim teorisinin yanıtlamadığı iki soruyu çözmeye neredeyse olanak sağlıyor. Bu gücü ile pek çok teorik fizikçiyi hayrete düşürüyor. M-teorisi belki de sicim teorisinin adını değiştirebilir, çünkü M-



teorisininin pek çok özelliği henüz bilinmese de yalnızca sicimler üzerine olan bir teori gibi görünmüyor. Ortaya çeşitli tip zarlar (membrane) gibi bilinmeyen başka yaratıklar çıkacağı benziyor. Kimi araştırmacılar şimdiden "Eskiden sicimler teorisi olarak bilinen teori" başlığı altında dersler vermeye başlamış bile.

M-teorisi, süpersicim teorisinin nihai doğruluğunu kanıtlamıyor. Geçerli olup olmadığını anlamak birkaç yıl alabilir. Ama yine de yepyeni bir atılım olduğuna inanılıyor. Yüzyılın en akıllı insanların "Herşeyin Teori"sini yaratmada takılıp kaldıklarını hatırlayalım. Einstein, sorunu, "Doğa bize yalnızca aslanın kuyruğunu gösteriyor. Devâsâl boyutu yüzünden kendisi ortaya çıkmasa da, aslanın doğaya ait olduğundan şüphe duymuyorum" sözleriyle ortaya koyuyordu. Kütleçekimi, elektromanyetizma, şiddetli ve zayıf nükleer kuvvetler gibi dört temel kuvvetle açıklanabilen "kuyruk" doğanın görünen yüzüdür. Aslan ise bunların hepsini kısa bir denkleme birleştiren büyük teori.

Günümüzde, fizikçiler, ilk kuvvet olan kütleçekimini, uzay-zaman sürekliliğinin eğrilğine dayanan Einstein'ın genel görelilik teorisine açıklayabildiklerini düşünüyorlar. Bu, karadelik, kuasar ve Büyük Patlama'nın devâsâl dünyasını açıklayan eşsiz bir teoridir. Ama kütleçekimi, kuantum kuramıyla açıklanan di-





ger üç kuvvetle bağlanamamıştır. Uzay-zamanın düzgün sürekliliğine karşın kuantum kuramında enerji ya da kuantum paketlerinden oluşan ayrı bir dünya bulunur.

Madde ve bunların birbirlerine olan etkilerini en iyi açıklayan kuantum kuramı, kuark, lepton ve bozonlar gibi garip parçacıklara dayanan Standart Model'dir. Standart Model, bilimdeki en başarılı teorilerden biri olmasına karşın en çirkinlerinden biridir. Ortaya çıkan uygunsuzluk, teorisin işlemesi için, hiçbir fiziksel nedenle çıkarsanamayan 19 keyfi sabiti içermesindedir.

Bu iki büyük teoriyi birleştiren "Aslan"ı yakalamak, fizik için başta edilecek bir gelişim olur. Ama bu büyük av ilk çıkan ve aslanın bıraktığı izleri takip eden Einstein yolunu kaybetmiş ve ormanda kaybolmuştur.

## Delice Kopuş

Günümüzde ise fizikçiler süpersicim teorisine giden başka bir yol peşinde. Önceki sunuşların aksine, kendisine ileri sürülen tüm matematiksel meydan okumaları atlatan, geçmişten kopuk (kimilerinin delice dedikleri) bu radikal teori, 10 boyutlu uzay-zamanda titreşen küçük sicimlere dayanıyor. Üst boyutlara nasıl ulaşabileceğinin araştırılması, alt boyutların bütünleştirilmesine yar-

dimci olabilir. Romalıların nasıl savaştıklarını düşünelim. Radyo iletişimi ve casus uçaklardan yoksun olarak pek çok safta savaşmak oldukça karmaşık olmalıydı. Bu yüzden Romalılar hep "üst uzaya", yani üçüncü boyuta atlayarak hâkim bir tepeyi ele geçirirdi. Bu üstünlük noktasından iki-boyutlu savaş alanını birleşmiş tek bir bütün olarak gözlemleyebiliyorlardı.

Üst boyutlara atlamak doğa yasalarını basitleştirebilir. 1915'te Einstein zaman boyutuna atlayarak kütleçekimi kavramı algılayışımızı tamamen değiştirdi. 1919'da Alman matematikçi Theodor Kaluza beşinci bir uzay boyutu ekledi ve bununla uzay-zamanı, Maxwell'in elektromanyetizma denklemleriyle birleştirdi. Bu başarı, kuantum mekaniğinin yarattığı coşkunluk arasında unutulup gitmişti. Süpersicim teorisini yaratmak üzere fizikçiler bu fikre, 1980'lerde geri döndü.



Süpersicim teorisinde, doğada görülen atomaltı parçacıklar, tıpkı bir keman telinin farklı şekillerde titreşip farklı müziksel notalar çıkarması gibi, farklı rezonanslarda titreşen süpersicimlerden başka bir şey değil (Bu sicimlerin boyutu  $10^{-35}$  metre mertebesinde).

Benzer şekilde, fizik yasaları; örneğin yüklü parçacıklar arasındaki kuvvetler, bu sicimlerin armonileri; Evren ise bir titreşen sicimler (yaylı sazlar) senfonisidir. Sicimler 10 boyutlu uzay-zamanda devindiklerinde tam genel görelilik teorisinin öngördüğü şekilde, kendilerini çevreleyen uzay-zamanı eğiltiyorlar. Sicimler, bu şekilde kuantum kuramının parçacıklarını ve genel göreliliği basit fakat zarif bir şekilde birleştiriyor. Daha da iyisi, kütleçekimi uygunsuz bir ekleme şeklinde de kalmıyor. Bilim adamları, geleneksel kuantum alan teorisinden farklı olarak, sicim teorisinin yerçekimini "gerektirdiğini" söyleyerek bu noktanın bilimdeki en önemli sezgilerden birisi olduğunu vurguluyorlar.

Ama, tabii ki bütün bunlar 10 boyutta gerçekleşiyor. Fizikçiler, bize daha tanıdık gelen 4 boyutlu Evreni yeniden yapılandırarak şöyle açıklamaya çalışıyorlar; Büyük Patlama sırasında 10 uzay boyutunun 6'sı yoğunlaşmış kıvrılarak küçük bir topa dönüştü, geri kalan 4'ü ise patlayıp genişleyerek bizim algıladığımız Evren ortaya çıktı. Son 10 yıldır fi-

zikçiler, 6 boyutun yoğunlaşma farklılıklarından oluşan kataloglamayı önlerine hedef aldılar. İşleri oldukça zordu çünkü matematikçiler bu yüksek boyutlu evrenlerin topoloji ve özelliklerini henüz hesaplamamıştı. Fizikçiler bu yolu aydınlatmak ve matematikte yepyeni alanlar bulmak zorundaydılar. Bu çabalar, milyonlarca yoğunlaşmayı açığa çıkararak kuark, elektron vb.'ni elde etmek için çeşitli seçenekler ortaya koydu. Daha önce belirtildiği gibi, fizikçilerin karşılaştığı en güç sorunlardan biri sicimlerin nereden geldiğine ilişkin olandır. Kuantum kuramı ve genel göreliliği birleştiren farklı beş sicim teorisinin bulunması ise işleri daha da zorlaştırıyor. Birbirleriyle yarışan her teori diğerleriyle kimi farklılıklar gösteriyor. I tip sicim teorisi adıyla anılan iki tür sicime dayanıyor: İki uçlu bir tel gibi açık olan "açık sicimler" ve iki ucu birbirine bağlanarak bir halka oluşturan "kapalı sicimler". Geri kalan dört tipte ise yalnızca kapalı sicimler bulunuyor. II B tipi gibi bazıları yalnızca tek yönde dönen sol elli parçacıklar üretirken II A tipi gibi diğerleri hem sol elli hem sağ elli parçacıklar içeriyor.

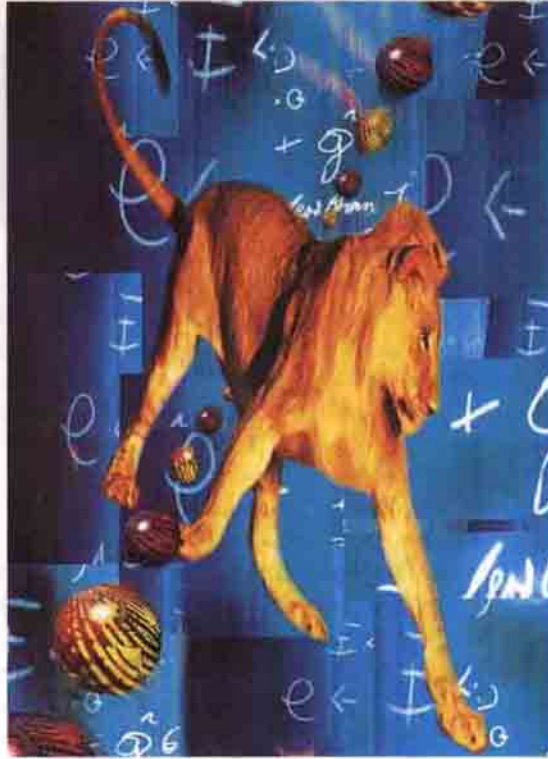
Bugün heyecan yaratan bulgu, 11 boyutlu esrarengiz M-teorisinin varlığı kabul edilirse bunun, yarışan beş teorisin arasında aynı şeyin farklı biçimleri olduğunu gösterilebileceğinden kaynaklanıyor. Üçüncü boyuttan savaş alanını inceleyen Romalı general gibi, günümüzde fizikçiler 11. boyutun tepesinden aşağıya bakıp; aynı şeyin farklı görünümlerini temsil eden beş süpersicim teorisinin, birleşerek basit tutarlı bir yapı oluşturduğunu görüyorlar.

## Aslanın Ardından

Bu gelişimin ilk adımları, Cambridge Üniversitesi'nden Paul Townsend ve Princeton'dan Edward Witten'in iki yıl önce 10 boyuttaki II A tipi sicim teorisinin, bir boyutu kıvrılmış olarak 11 boyuttaki M-teorisine denkliğini göstermesiyle atıldı. O günden beri beş teorisin hepsinin denk olduğu gösterildi. İşte sonunda fizikçiler süpersicimlerin nereden ortaya çıktıklarını biliyorlar: 11. boyuttaki M-teorisinden. M-teorisi, sicimlerle birlikte, farklı boyutlardaki zarların (membra-

ne) bir arada var olduğunu öngörüyor. Örneğin sıfır boyutlu noktasal bir parçacık, sıfır zar (zero-brane) olarak tanımlanabilir. Sicim, bir-boyutlu uzantılı nesne, 1-zar; sabun köpüğü gibi normal iki-boyutlu bir zar 2-zar ve... p'yi nesnenin boyutunu ifade etmek için kullanırsak genelde p-zar. Bu p-zarlar titreştiği ya da kalp gibi attığı zaman, daha önceki süpersicim formülasyonunda gözden kaçan yeni rezonanslar ya da parçacıklar oluşturuyor. M-teorisinin adını Witten koymuş; "M", belki zar (membrane), ya da "tüm sicimlerin anası" (mother), belki de bilinmeyen (mystery) geliyor. Seçim size kalmış.

Bunların tümünün nasıl birbiriyle



uyuştuğunu görmek için, Einstein'ın aslanı ardından yola düşen üç kör hayal edelim. Yakınlarından geçtiğini duyarak, onu kovalıyor ve üstüne atlıyorlar. Kuyruğu yakalamış olan onu tek boyutlu bir yapı olarak hissedip "Bir sicim, Aslan bir sicim" diye iddia ediyor. Aslanın kulağını yakalamış olan ikinci adam, iki boyutlu bir yüzey hissedip "hayır hayır aslında aslan iki-boyutlu bir nesne" diye bağıyor. Üçüncü kör adamsa, aslanın bacağına yapışmış ve üç boyutlu bir katılığı hissediyor, "ikiniz de yanılıyorsunuz, Aslan üç-boyutlu" diyor. Aslında hiçbirini yanılmıyor. Tıpkı kuyruk, kulak ve bacağın aslanın farklı yerleri olduğu gibi, sicim ve çeşitli p-boyutlu nesnelere M-teorisi-

nin farklı limitleri olarak görünüyor. Townsend buna "p-zarlar demokrasisi" adını veriyor.

Herhangi bir teorisin geçerliliği verilere uygun olmasını gerektirir. Süpersicim teorisi ne kadar eşsiz ve güzel olsa da, fiziksel evreni açıklayıp açıklayamamasına göre kabul ya da reddedilecek. Önünde iki seçenek bulunuyor; ya savunucularının iddia ettiği gibi Herşeyin Teorisi, ya da hiçbir şeyin teorisi olacak. Bu yüzden teorik fizikçiler ikinci bir soruyu yanıtlamalılar: Kuark ve atomaltı parçacıklar gibi garip bir koleksiyonu bulan evrenimiz, süpersicim teorisinin çözümleri arasında mı? İşte bu noktada sıkıcı bir soruna dönüşüyor, çünkü fizikçiler teorisin 4 boyutlu çözümlerini hepsini bulmuş değiller. Çözüm için gereken matematik herkesin harcı olmayan çok zor bir canavara dönüşmüş durumda. Genel olarak iki tip çözüm bulunuyor. Fizikçilerin her dalında, kuramcılar çözemedikleri bir denklemlerle karşılaştıklarında yaklaşık çözümlere ulaştırarak, kabul edilmiş yollar buluyor. Şimdilik "pertürbasyon" denilen bu ilk sınıf çözümler bulunmuş durumda. Süpersicim teorisinde, bu tür milyonlarca pertürbasyon çözümleri kataloglanmış bulunuyor. Her biri 10 boyutun 6'sının nasıl kıvrılıp sıkıştığı üzerine farklı yollar sunuyor. Bazıları Standart Model'deki kuark, lepton ve bozonların yapısını üretmeye yaklaşırsa da, hiçbirisi bunları kesin olarak veremiyor.

Bu yüzden pek çok kişi, Standart Model'in "pertürbasyonsuz" ikinci sınıf çözümler arasında bulunabileceğini düşünüyor. Ama bu tür çözümler, fizikçilerin genelde en zor çözümleri olarak karşımıza çıkıyor. Bazı fizikçiler daha basit olan 4 boyutlu pertürbasyonsuz çözümlerin bile hiçbirinin bilinmediğinden hareket ederek, 10 boyutlu pertürbasyonsuz çözümlerin bulunması konusunda hiç ümitli değiller.

Peki M-teorisi bu alt edilemeyen sorunun çözümünde nasıl yardımcı oluyor? Yanıt şaşırtıcı bir araçta, ikilik (düalite) kavramında yatıyor. Basitçe anlatılacak olursa M-teorisin'in pertürbasyon ve pertürbasyonsuz bölgeleri arasında bir ikilik ya da basit matematik bağlantılar bulunuyor. Bu ise "yasaklanmış bölgeye" bir göz atmamıza olanak sağlıyor.

İkilikğin nasıl işlediğini görmek için, örneğin Maxwell'in elektrik ve manyetizma teorisine bakalım. Fizikçiler uzun zamandır Maxwell'in denklemlerindeki **E** elektrik alanıyla **B** manyetik alanının ve **e** elektrik yükü ile **g** manyetik yüklerinin yerleri karşılıklı olarak değiştirildiğinde, denklemlerin aynı kalacağını biliyorlar.  $E \leftrightarrow B$  ve  $e \leftrightarrow g$  gibi ikili bir aktarım yapıldığında Maxwell denklemlerinde hiçbir şey değişmiyor.

## Saklı Teoriler

Bundan öteye, Maxwell'in teorisinde **e**'nin **g** ile çarpımı bir sabiti verir; dolayısıyla küçük **e**, büyük **g**'ye karşılık gelir,  $g^2$ 'ye dayanan ve kesin olarak çözülemeyen bir matematik denklemi düşünelim. Başvurulan standart matematiksel yol,  $g^2 + g^4 + g^6 + \dots$ 'den oluşan bir seri açılımıyla, yaklaşık sonuca ulaşılmasıdır. **g** 1'den küçük olduğu sürece, seri açılımındaki her terim bir öncekinden daha küçük olacak ve seri toplamı tek bir değere yaklaşacaktır.

Ama eğer **g** 1'den büyükse, sonuç büyüdükçe büyüyecek ve başvuru yolu başarısız olacak. İşte burada ikilik için içine girer. Eğer **g** 1'den büyükse, o zaman **e**, 1'den küçük olacaktır. **e** üzerinde yapılacak pertürbasyon çözümlemede  $e^2 + e^4 + e^6 + \dots$  serisi kullanılarak bir çözüm bulunabilir. Bu ise, **e** değerleri için pertürbasyon çözümünü kullanarak, **g**'nin pertürbasyonsuz bölgesindeki çözümünü elde etme olanağını sağlar. Maxwell teorisindeki ikilik aslında önemsiz. Ama M-teorisinde başka bir ikilik buluyoruz:  $g \leftrightarrow 1/g$ . Bu bağlantı daha basit gözükse de çok önemlidir. Bununla ilk karşılaşan bilim adamları epey şaşırmış. Büyük bir **g** değeri için tanımlanan, günümüz matematiğiyle tanımlanması neredeyse imkânsız olan sicim teorisinin, pertürbasyon teorisini kullanarak kolaylıkla ifade edilen küçük değerli bir başka sicim teorisine denk olduğu gösterilebilir.

Böylece, iki ayrı sicim teorisi birbirleriyle ikilik oluşturabilirler. Pertürbasyonsuz bölgesinde sicim teorisinin aslında başka bir sicim teorisi bulunuyor. İşte beş sicim teorisinin denkliği bu yolla kanıtlanıyor.

Bunlarla birlikte farklı boyut ve tipteki sicim teorilerini birbirine bağlayan, karmaşık ikilikler ağına neden olan **S**, **T** ve **U** adlı üç farklı tipli ikilik bulundu. Fizikçiler inanılmaz bir hızla 10, 8 ve 6 boyuttaki hemen hemen bütün çözümler ve ikilikleri ortaya çıkardılar.

M teorisinden önce bu boyutlardaki pertürbasyonsuz çözümlere ulaşmak olanaksız kabul edilirdi. Aslında sorun şimdi çok basit. Örneğin A ve B teorisinin 10 boyutta birbirine ikilik oluşturduğunu kabul edelim. Eğer iki teoriyi de aynı şekilde yoğunlaştırırsak A' ve B' diye iki teori elde ederiz. Ama şimdi yeni bir şey biliyoruz: A', B' ile ikilik oluşturur. A' nün pertürbasyonsuz davranışı B'

12 boyutlu bir teorisinin pusuya yatmış beklemekte olabileceğini açıklayarak fizikçileri sarsmıştı.

Daha önemlisi, dört boyutlu ikiliklerin hepsini haritalamış olmaktan uzağır. Eğer her şey umulduğu gibi devam ederse, bu dört boyutlu evrenlerden birinin Standart Model'i içerdiğini ve bilinen evreni açıkladığını bulabiliriz. Ama bu çözümlerden milyonlarca bulunuyor ve peşinde olduğumuz çözümü bulmak bir çok yıl alabilir.

Peki o zaman son teori kaç boyutlu olacak? 10, 11, 12? Schwarz'a göre bunlardan hiçbiri olmayabilir. O gerçek teorisin herhangi sabit bir boyutta olmayabileceğini ve 11 boyutun yalnızca çözüme giriştiğimiz zaman karşımıza çıktığını düşünüyor. Townsend de aynı görüşü paylaşarak "Boyut kavramı yalnızca yarı klasik söylemde ortaya çıkan bir tahmindir." diyor.

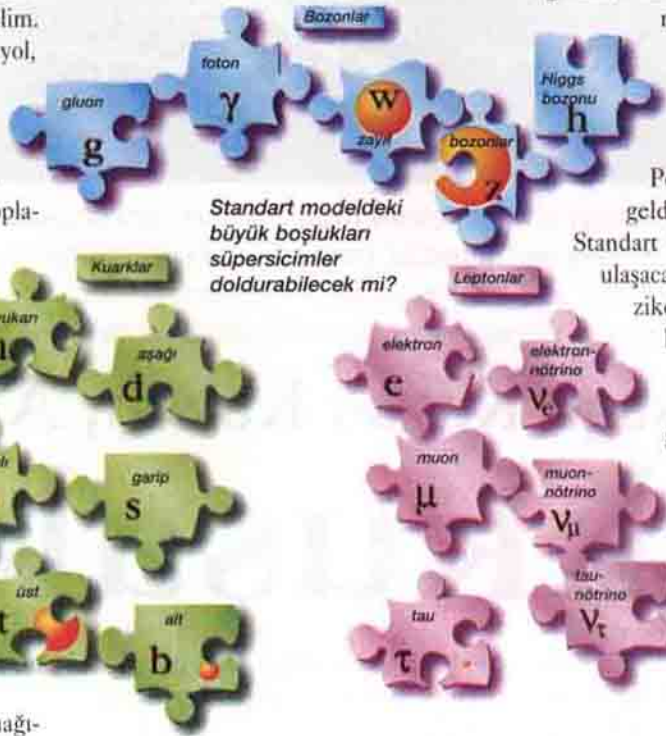
Peki bu, teorisin sonunun geldiğini mi gösteriyor. Bir gün Standart Model'e ilk ilkelerden mi ulaşacağız. Bu alanda çalışan fizikçiler bu soruya hâlâ kuşku-

lu bakıyorlar. Townsend şimdiki bilgimizi, kuantum mekaniğinin aydınlığa çıkmasından önceki Bohr atomu üzerindeki eski kuantum devrine benzetiyor. "Önümüzde güzel resimler ve kimi kurallar var ama tamamlanmış bir teorisimizin bulunmadığı çok açık" diyor.

Witten da doğru yolda olduğumuzu düşünüyor. Ama yine de, teoriyi çözüme kavuşturmak için şimdiki gibi bir kaç "devrime" daha gereksindiğimizi söylüyor. "Sanırım gelecekte birkaç süpersicim devrimi bizi bekliyor. Her on yılda bir, bir süpersicim devrimi daha yaparsak oldukça iyi bir noktaya ulaşırız." diyor. Vafa "Tünelin sonundaki ışığın bu olduğunu umuyorum ama tünelin ne kadar uzun olduğunu kim bilebilir ki" diye ekliyor.

Bazı bilim adamları aslında bu konuda oldukça iyimserler. İlk kez aslanın dış hatları ve yüceliğinin görüldüğünü düşünüyorlar. Belki bir gün Aslanın kükkrediğini de duyacağız.

Kaku, M. "Into the Eleventh Dimension". *New Scientist*, Ocak 1997  
Çeviri: Özgür Tek



den elde ediliyor. Bu oluşumu ayrıntılı bir şekilde incelediğimizde, 6 boyuta kadar inen olası farklı evrenleri anlayabiliyoruz. M-teorisi daha önceleri çözümsüz olarak görülen pek çok problem sınıfını çözüyor. Hattâ bize, kara deliklerdeki kuantum etkisi üzerine değerli ayrıntılar veriyor.

Ama havada kalan pek çok şey var. Örneğin M-teorisi kesin olarak nedir? Geldiğimiz noktaya kadar teorisin bazı kesimlerini (düşük enerji kısmı) biliyoruz. Fakat hâlâ M-teorisini tam olarak betimleyerek ortaya koyacak bir açıklama beklemekteyiz. Geçen yıl Harvard'dan Cumrun Vafa, "F-teorisi" (F-badan geliyor (father)) diye adlandırdığı