

Evren Buruşuk mu?

Evren küre biçiminde mi? Yoksa bir eyere mi benziyor? Hacmi sınırlı mı, sonsuz mu? Bu soruların yanıtlarını arayan gökbilimcilerin giderek daha olası gördükleri bir Evren modeli var: Buruşuk Evren. Evren buruşuk olsa bile Einstein'ın denklemleri geçerli.

EVREN acaba buruşuk bir kumaşa mı benziyor? Bu cümle, gökbilimde bir tez konusu olmaktan çok, Lewis Carroll'ın "Alice Harikalar Diyarında" adlı çocuk kitabında çok kullandığı saçma sözlerden birini andırıyor. Bu soruyu ciddi ciddi soranlar bilim adamları olmasa, biz de bunun bir saçmalık olduğunu düşünecektik.

Ama gerçek şudur: Dünyanın önde gelen gökbilimcileri, 17-19 Ekim 1997'de ABD, Cleveland'daki Case Western Reserve Üniversitesinde Evren'in buruşukluğu konusyla ilgili ilk kongrelerini yaptılar.

Astrofizikçiler arasında "düz ve sonsuz" ya da "küresel ve kapalı" bir Evren'e inananların sayısı giderek azalmaktadır. Acaba neden? Bu gün geçerli olan modele göre Evren hacim, kütle ve enerji bakımından sonsuzdur düşüncesi bilim adamlarını rahatsız eden şeydir. Çağdaş gökbilim, tahminlerinin büyük bir bölümünü gözden geçirmek zorunda kalınca, yeni araştırma yolları açabilmek için kendi temeline, yani geometriye eğilmiştir. Bu kendi köklerine eğilme sonucu olarak, ortaya bugünkü Evren modelindeki bazı boşlukları doldurabilen buruşuk Evren kavramı çıkmıştır. Buruşuk Evren kavramının geleceği var

gi-bi görül-mektedir. Bu nasıl bir sihirbazlıktır ki bir kumaşı Evren modeli haline getirebiliyor? Bir kumaş düğümlenebilir, burulabilir veya bir biçim verilecek şekilde gerilebilir; hatta istenirse bir silindir ya da simit (torus) biçimine konulabilir

Böylece bir düzlemden (kumaştan) yola çıkarak birçok topolojik (topoloji: Geometrideki sürekli biçim değiştirmeler ve yüzeyler kuramıyla matematik analiz arasındaki ilişkileri inceleyen matematik dalı) şekiller oluşturulabilir; bu şekillerden bazıları bir düzlemin genel

Uzayın üç çeşit eğriliğinden her birine çeşitli "topoloji"ler karşılıktır. Kendimizi iki boyutlu bir düzlemsel uzayın yaratığı gibi düşünürsek (sezgiyle algılanabilen tek uzay bir düzlemsel yüzey) bir düzlem (1) eğilip bükülerek bir silindir (2) ya da bir torus (3) (simit yüzeyi) biçimine getirilebilir. Bunlara ek olarak Möbius şeridi (4) ve Klein şişesi de (5) bu uzayın topolojik örnekleridir. Möbius şeridi bir kâğıt şeridin uçlarından birini 180° burup öteki uca yapıştırarak, Klein şişesi bir silindirin bir ucunu kendi içine daldırıp yüzeye açarak elde edilir; bu iki şeklin de tek bir yüzü vardır (normal yüzeylerin ise üst ve alt ya da iç ve dış gibi iki yüzü vardır). Düzlem hariç, diğer şekillerde bir gök cisminin çıkan bir ışın, gözlemciye varmak için sonsuz sayıda yollardan herhangi birini izleyebilir (her şekilde böyle iki ışın gösterilmiştir). Bu durumda gözlemci, sonsuz sayıda ışık kaynağı görmek gibi bir yanılsama içinde olacaktır (Resim 4'e bkz.)



Bu gün geçerli olan Evren modellerine göre Evren'in hacmi, kütlesi ve enerjisi sonsuzdur. İki Fransız araştırmacı, Jean-Pierre Luminet ve Marc Lachièze-Rey değerleri sonlu olan buruşuk bir Evren modeli öneriyorlar.

yın eğriliği ya pozitif, ya sıfır ya da negatiftir. Bu üç durumun her biri için çok sayıda "topoloji" ortaya çıkar. Eğriliği sıfır olan üç boyutlu bir uzayda hipersilindir, hipertorus (Dört veya daha fazla boyutlu uzaylardaki geometrik cisimlerin isminin başına hiper-getirilir; hiperküp, hipersilindir vb.) bulunabilir. Eğriliği pozitif olan uzay topo-

da olası sonsuz yollardan birini izleyerek başladığı noktaya döner. Öyle ki torus göğüne bakan iki boyutlu canlı, bu yıldızın imgesini (bu imgelere "hayalet" diyeceğiz) sonsuz sayıda yerlerde sonsuz sayıda görür. Bu canlı, bir gökbilimci olmadıkça, Evren'in bir düzlem olduğu sonucuna varır. Oysa aslında içinde bulunduğu Evren torus biçimindedir. Bu tanımladığımız hayalet imgeler olayı, duvarları aynalardan oluşan bir odaya girdiğimizde imgemizin sonsuz kere tekrarlanmasına benzer.

Anlatılmak istenen şudur: Uzayın topolojisi tek bir kaynaktan çıkan (ve doğrusal olarak yayılan) ışınların tek bir noktada toplanmasına olanak tanıyorsa, yalnızca bir derinlik hissi doğar. Örneğin hipertorus biçimi bir uzayda yaşıyorsak, göreceğimiz yıldızların çoğu, sınırlı sayıdaki gerçek yıldızların hayalet imgeleridir.

Bir soru kalıyor; buruşuk Evren düşüncesi, topolojide uzmanlaşmış matematikçilerin yarattığı güzel bir hayalden öte bir şey midir? Fizik her şeyden önce yarattığı modellerin "uygulanabilir" oluşu üzerinde durur. Bu modeli doğrulayan, gözlemlere dayalı kuramsal ve uygulamalı kanıtlar var mıdır?

En önemli kanıt böyle bir modelden başka modellerin olası görülmemesidir "Buruşuk Evren" modeli bir yana bakılırsa, zorunlu olarak barındırdığı maddelerin miktarı ve hacmi sonsuz olan bir Evren karşımıza çıkar. Bugün bir tartışma konusu olan buruşuk Evren kavramını ortaya atan Fransız astrofizikçileri Jean Pierre Luminet ve Marc Lachièze-Rey şöyle diyorlar: "Fizikçiler denklemlerinde sonsuzu kullanmak zorunda kalınca zor duruma düşmektedir"ler.

Demek ki fizikçiler karar vermekte zorluk çekiyorlar. Modern gökbilimin gelişmeleri astrofizikçileri sonsuz değerlere götürmektedir; işte buruşuk Evren varsayımı bu engeli aşmayı amaçlıyor.

Gerçek şudur ki daha 1916'da

jilerin-den biri hiperküredir. Nihayet eğriliği negatif olan bir uzaya ait topolojiler de vardır; fakat bunların tanımlanması zordur.

Fizikçiler Sonsuzu Sevmezler

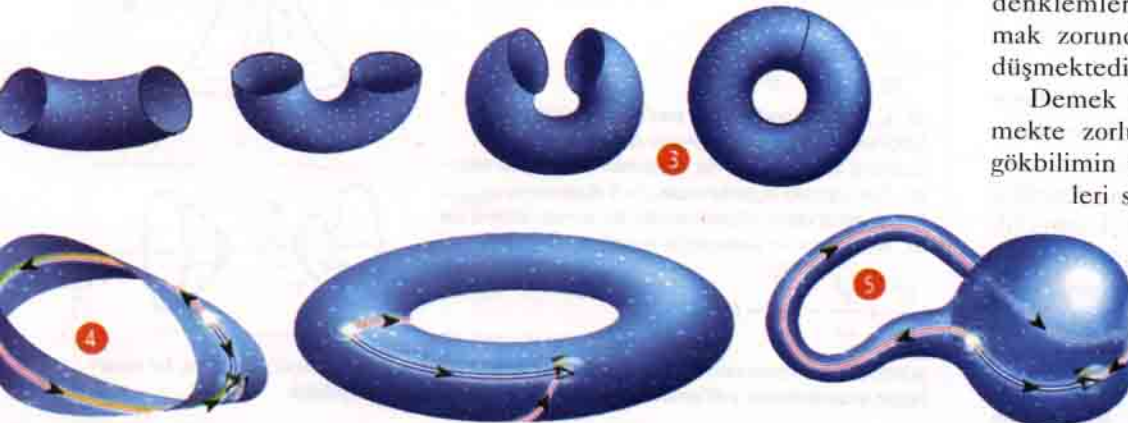
Ne olursa olsun, bu topolojilerden birinin içinde yaşıyoruz. Ama ne yazık ki, nasıl iki boyutlu bir ortamda yaşayan canlılar üç boyutlu bir torusu hayal edemezse, bunun gibi insan beyni de, matematiksel denklemler dışında, üç boyutlu bir yüzeyin topolojisini ve eğriliğini kavrayamaz.

İki boyutlu uzayla benzerliği sürdürelim. Torus biçimi bir Evren'de iki boyutlu canlı dümdüz giderse, torus etrafını dolaşarak bir süre sonra başladığı noktaya döner. Torusun üzerinde bulunan yıldızlardan herhangi birinin verdiği ışık

özelliklerini taşır. Örneğin, önce bir düzlem üzerine bir üçgen çizip sonra bu düzlemi silindire şekline getirirsek, üçgenin iç açıları toplamı daima 180° kalır. Bu gibi şekillerin eğriliği sıfırdır.

Buna karşılık bir kürenin eğriliği pozitifdir. Küre üzerindeki bir üçgenin iç açılarının toplamı 180° 'den fazladır. Kumaş bir eyer biçimindeyse eğrilik negatiftir ve böyle bir yüzey üzerindeki üçgenin iç açılarının toplamı 180° 'den azdır. Böylece basit bir kumaş ve bir parça hayal gücüyle üç tür eğrilik yaratabildik; bu eğrilikler yalnızca yüzeylerin değil, hacimlerin ve dolayısıyla Evren'in de özelliklerini belirler.

Kumaşla Evren arasındaki benzerlik bu noktada ortaya çıkar. Uza-

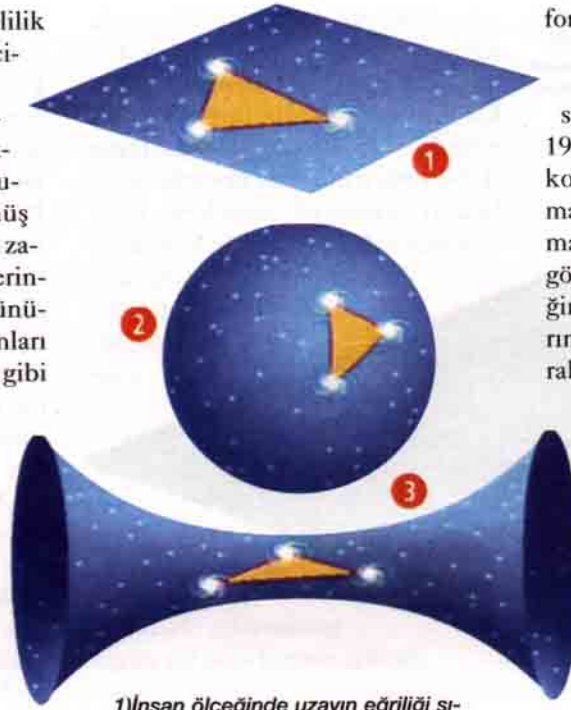


Einstein, kendisinin genel görelilik kuramına inanmayan gökbilimcilerle tartışıyordu; çünkü Einstein bu kuramla sezgisel kavramlar üzerinde kurulmuş gökbilimi, sağ duyardan çok uzak, kuramsal bir bilime dönüştürmüş oluyordu. Ondan önce uzay, zaman, madde ve enerji birbirlerinden bağımsız şeyler olarak düşünülürdü. O zamanlar bilim adamları uzayı, Dünya'dan gördükleri gibi sanıyorlardı: Bu her noktası birbirine benzeyen ve Euclides geometrisi kurallarına uyan bir uzay.

Onlar için iki paralel doğru birbirlerini sonsuza kadar kesmezdi ve bir üçgenin içaçılarının toplamı daima 180° idi vb. Yine onlar için zaman, Evren'in her noktasında aynı hızla akan ve hiçbir fiziksel olayın yavaşlatamayacağı ya da hızlandıramayacağı bir olguydu. Eski fizik, madde (taş) ve enerjinin (ışık) iki ayrı şey olduğunu, etkileşimler bile bunların ayrı kalacaklarını düşünüyordu. Yine eski fiziğe göre uzay ve zaman katı bir çerçeve oluşturuyor, maddeyle enerji de bu çerçeveye dokunmadan, onun içinde bulunuyorlardı. Einstein bütün bu "gerçek"leri sildi süpürdü.

Astrofizikçilerin Korkusu

Elbette ki üç boyutlu uzay, Dünya üzerinde Euclides geometrisine uymaktadır; fakat evrensel ölçülerde almırsa uzayda eğrilikler vardır. Uzayda üç açının toplamı mutlaka 180° yapmaz. Ayrıca Euclides geometrisindeki paralel "doğru"ların Euclides dışı geometride, yerini alan, "jeodezik"ler (Jeodezik: bir yüzey üzerinde iki noktayı birleştiren en kısa yol) bir noktada kesişebilir. Meridyenlerin kutuplarda kesişmesi gibi). Einstein'ın zaman kavramı da fiziği altüst etti. Özel görelilik kuramında birbirlerine göre hareket eden iki yerin (referans sisteminin) her birinde zaman farklı bir hızla akar. Genel görelilik kuramında Einstein, zamanın kesinlikle uzaya bağlı olduğunu gösterdi; daha sonra



- 1) İnsan ölçeğinde uzayın eğriliği sıfırdır; bir üçgenin iç açıları toplamı 180°'dir (sonsuz düzlem).
- 2) Evrensel ölçekte Evren'in eğriliği pozitifse, bir üçgenin iç açıları toplamı 180°'den fazladır (sonlu küre).
- 3) Evren'in eğriliği negatifse, bir üçgenin iç açıları toplamı 180°'den azdır (sonsuz hiperboloid).

gözlemlerle doğrulandığı üzere, uzayın belli bir noktasında zamanın hızı uzayın o noktasındaki eğrilikine bağlıdır. Madde ve enerji arasındaki bağlantı da Einstein'ın ünlü formülüyle açıklanabilir: $E=mc^2$ (m =kütle, c =ışık hızı, 300 000 km/saniye ve E =enerji), fizik denklemlerinde bu

formüle göre madde yerine enerji konulabilir.

Bilim adamları bütün bu kuramsal kavramlarla dopdolu olarak, 1920'lerde Evren modelleri aramaya koyuldular. Einstein denklemleri madde-enerjiyle dolu bir uzay-zaman içinde geçerlidir. Bu bağlamda, gökbilim için genel görelilik, trafiğin düzenlenmesi için trafik kurallarının kullanılması gibidir. Trafik kuralları, trafik işaretlerine ve komşu taşıtların hareketlerine göre sürücünün davranışlarını belirler. Kent trafiğinin düzenlenmesi ise daha genel bir bakış açısı gerektirir. Yalnızca trafik kurallarının bilinmesi kent trafiğini düzenlemeye yetmez; çünkü herkes için aynı olan bu kurallara dayanılarak trafiği düzenlemek sırasında, taşıtların sayısına, türüne vb. göre bilimsel olarak sonsuz model bulunabilir.

Benzer olarak genel görelilik kavramı da gökbilimciler önünde sonsuz sayıda model içeren bir sayfa açar. İşte gökbilimcilerin yüzünü "buruşturan" şey budur...

Sorun şudur: Görelilik kurallarına uyan her model geçerlidir. Evren bir hipertorus mu? Olabilir. Bir eyer gibi mi? Bu da olabilir. Evren sonsuz mu? Belki. Olasılıkların sınırını yalnız gözlemler çizebilir. Bu olasılıklar arasında buruşuk bir Evren, önde gelen bir yerdedir. Ne-

Hiperboloid: İkinci dereceden, kapalı olmayan merkezi yüzey. İki tipi vardır: Bir yapraklı ve iki yapraklı. Bir yapraklının formülü

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 1$$

iki yapraklının formülü

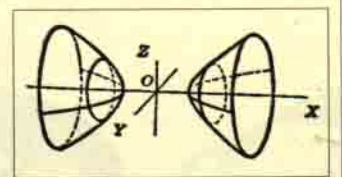
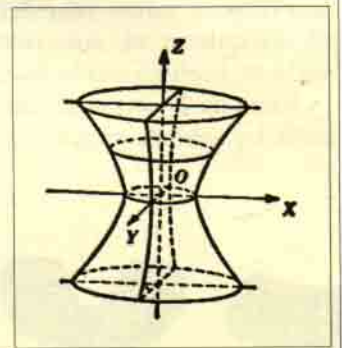
$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

dir. a , b ve c hiperboloidin yan eksenleridir. Hiperboloidin OZ ekseninden geçen düzlemlerle kesiti hiperbol, OZ eksenine dik düzlemlerle kesitiyse elipsdir. Tek yapraklı hiperboloidin $Z=0$ düzlemiyle kesiti boğaz elipsi denir. Hiperboloidin üç simetri eksenidir. Hiperboloidin asimptotik konisinin denklemleri

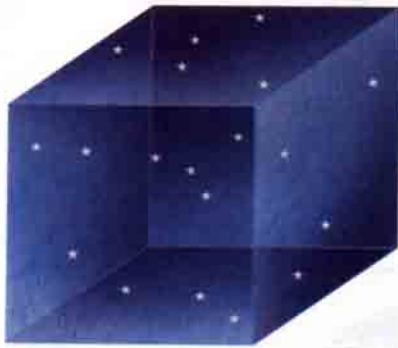
$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} - \frac{z^2}{c^2} = 0$$

dir. $a=b=c$ ise hiperboloid dü-

gündür. Yan eksenlerinden ikisi eşit olan hiperboloidde dönel hiperboloid denir; bu, bir hiperbolün eksenlerinden biri etrafında döndürülmesiyle elde edilen şekildir.



den acaba? Kuşku yok ki Evren'imiz, sonsuz sayıda olasılıklar arasında yalnızca birine uyacak biçimdedir. Bu nedenle başından beri bilim adamları bu soruna tek bir çözüm bulabilmek üzere, kısıtlayıcı varsayımları ileri sürdüler. İşin basitleştirmek üzere "gökbilimsel kural"ı kabul ettiler; bu kural şuydu: Maddenin uzayda dağılışı türdeş (homojen) Bu kural çelişki gibi görülebilir; çünkü uzaydaki madde yıldızlar, gökadalara, gökada grupları vb. gibi yığılmalar gösterir. Fakat evrensel ölçekte bu "pıhtı"lar, türdeş bir madde oluşturabilir, tıpkı bir fotoğrafı yapan taneçikler gibi. Ayrıca her yön eşdeğerlidir; tercih edilen bir eksen yoktur. Uzay belli bir yönde daha genişlemiş ya da daha büzölmüş değildir; buna izotropi denmektedir. Nisan 1997'de bazı ABD'li araştırmacılar Evren'de bir eksen bulunduğunu ileri sürerek bu kozmoloji ilkesini ihlal ettiler; sonradan ölçmelerinin ve hesaplarının yanlış olduğu ileri sürüldü. Evren insanın elini kolunu bağlayan bir düzenlilik göstermektedir.

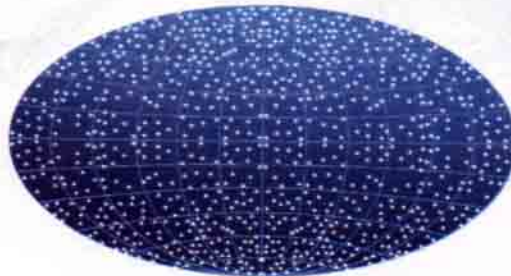


Hacmi sınırlı, buruşuk bir Evren'de hayalet imgelerin çokluğu, sonsuzluk algılanması gibi bir yanılsamaya neden olur. Buruşuk bir Evren'de (burada küple simgelenmiştir) sınırlı sayıda yıldız olduğu halde (1), gözlemci sayılamayacak kadar çok yıldız gördüğünü zanneder (2).



Gerçek Evren'de hayalet imgeler bilinmemektedir. Resimde Hubble teleskopuyla resimleri çekilmiş bir gökada (daire) ve onun hayaletleri (oklar) görülüyor. Bu, "kütleçekimsel mercekleme" etkisi sonucudur. Kütleleri çok büyük olan gök cisimleri (sarı yuvarlaklar) uzayı eğerbir; bu eğilme birçok yerde ışığın yolundan sapmasına yol açar; hayalet imgeleri yaratan, bu ışık sapmalarıdır.

Bilim dünyası sessiz sedasız bir başka kuralı kabul etti: Evren olası bütün topolojiler-hiperküre, hipertorus vb. arasında en basitini seçmiştir "Basitlik" kuralı modern gökbilimin gelişmesinde önemli bir rol oynadı; fakat bu görüş bugün bir fren etkisi yapmaktadır. Bu kural olası Evren biçimlerini üçe indirger. Eğer eğrilik pozitifse, Evren hacmi sınırlı bir hiperküredir; eğrilik sıfır hacmi sonsuz bir hiper düzlemdir; eğrilik negatifse hacmi sonsuz olan üç boyutlu bir eyerdir (hiper-



bolik Evren). Açıkça görülüyor ki yalnız ilk olasılık sonsuz kavramından bağımsızdır; bu nedenle sonlu hiperküre olasılığı kozmologların yıllarca en sevdiği varsayım olmuştur. Ama ne yazık ki hesaplar Evren'in eğriliğinin negatif olduğunu göstermektedir. Çünkü uzayın eğriliğini içerdığı "madde-enerji" yoğunluğu belirlenir. 10^{-29} gram/cm³ kritik yoğunluktur; bu yoğunluğun altındaki bir uzayın eğriliği negatif olmak zorundadır. Bu nedenle bugüne kadar varlığı kanıtlanmamış olan bir "karanlık madde"yi (Uzayda yeterince ışık vermediği için ya da başka nedenlerle görülemeyen madde.) yok sayarsak, enerji madde yoğunluğu 10^{-29} gr/cm³ 'ün altında olmalıdır. Gökbilimciler on yıllardır bu karanlık maddeyi arıyorlar. Fakat Evren'de kritik yoğunluğu aşacak kadar madde bulunduğu konusundaki kuşku giderek artıyor. Astrofizikçilerin korktukları şey başlarına geliyor: Evren, hacmi sonsuz olan bir hiperboloiddir.

İşte burada buruşuk Evren varsayımı durumu kurtarıyor. Bu varsayım, basitlik kuramını bir yana atarak Evren için, eğriliği negatif olmasına karşın hacmi sonlu olan birçok model öneriyor. Henüz çok yeni olduğundan bu varsayımın geliştirilmesi ve deneylerle doğrulanması gerekiyor. Deneysel kanıtın bulunabilmesi içinse, önce ünlü hayalet imgelerini ortaya koymak üzere Dünya'dan görülebilen yıldız ve gökadalara sınıflandırmak gerekli. Astrofizikçiler bu işi kolaylaştırmak için istatistiksel yöntemler buldular.

Ne yazık ki yıldızlara boğulmuş bir gökte hayalet imgeler aramak, tıklım tıklım dolu bir plajda bir çocuğun ikiz kardeşini bulmak kadar zor bir iştir. Evren'in "kuşmaçları"na çok iş düşüyor.

İkonikoff, R., *Science et Vie*, Kasım 1997
Çeviri: Selçuk Alsan