

Kuark Bilgilerini Görmek İçin Tıkla

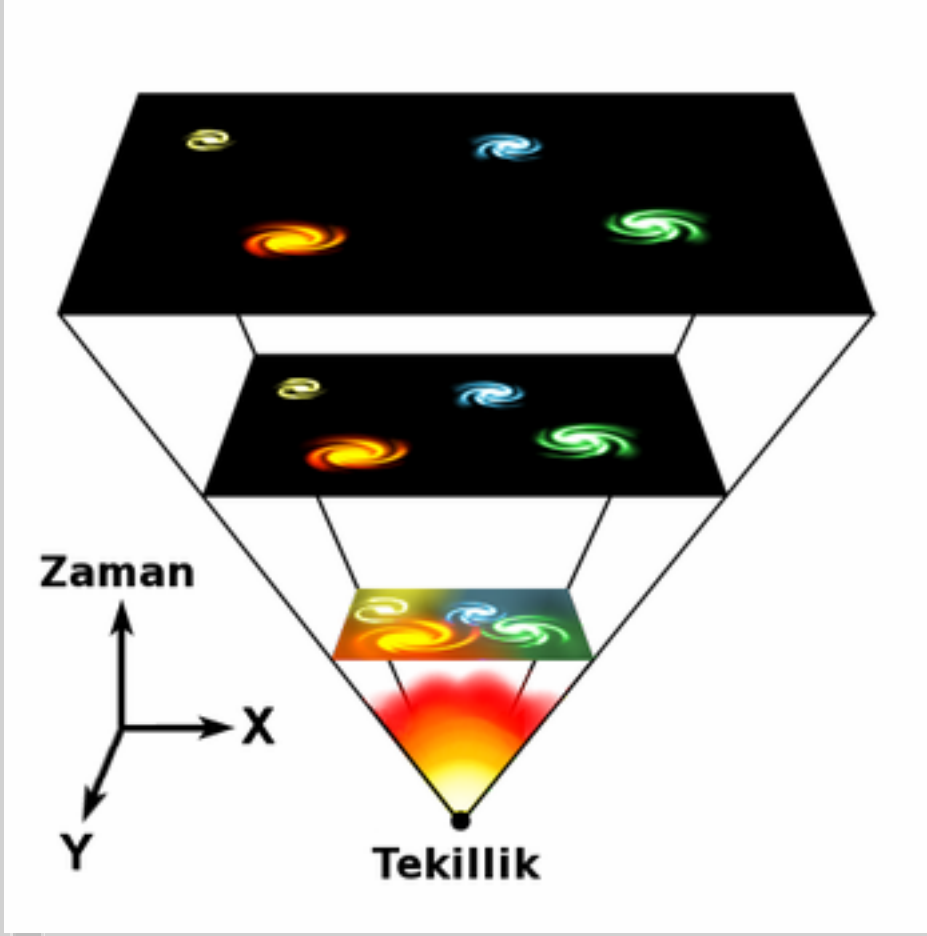
Evren ve Büyük Patlama ya da **Big Bang**, **evrenin** yaklaşık 13,7 milyar yıl önce aşırı yoğun ve sıcak bir noktadan meydana geldiğini savunan **evrenin evrimi kuramı** ve geniş şekilde kabul gören^[1] **kozmojik model**.^[2] İlk kez 1920'lerde Rus **kozolog** ve **matematikçi Alexander Friedmann** ve Belçikalı **fizikçi** papaz **Georges Lemaître**^[3] tarafından ortaya atılan, **evrenin bir başlangıcı olduğunu** varsayan bu teori, çeşitli **kanıtlarla desteklendiğinden bilim insanları** arasında, özellikle fizikçiler arasında geniş ölçüde^[4] kabul görmüştür.

Teorinin temel fikri, halen genişlemeye devam eden evrenin geçmişteki belirli bir zamanda sıcak ve yoğun bir başlangıç durumundan itibaren genişlemiş olduğudur. Georges Lemaître'in önceleri "ilk atom hipotezi" olarak adlandırdığı bu varsayım günümüzde "büyük patlama teorisi" adıyla yerleşmiş durumdadır. Modelin^[2] iskeleti **Einstein**'in **genel görelilik kuramına** dayanmakta olup, ilk Big Bang modeli Alexander Friedmann tarafından hazırlanmıştır. Model daha sonra **George Gamow** ve çalışma arkadaşları tarafından savunulmuş ve ilk nükleosentez olayı eklenmek suretiyle^[6] geliştirilerek sunulmuştur.^[1]

1929'da Edwin Hubble'ın uzak galaksilerdeki (galaksilerin ışığındaki) nispi **kırmızıya kaymayı** keşfinden sonra, bu gözlemi, çok uzak **galaksilerin** ve **galaksi kümelerinin** konumumuza oranla bir "görünür hız"a sahip olduklarını ortaya koyan bir kanıt olarak ele alındı. Bunlardan en yüksek "görünür hız"la hareket edenler en uzak olanlarıdır.^[6] **Galaksi kümeleri** arasındaki uzaklık gitgide artmakta olduğuna göre, bunların hepsinin geçmişte bir arada olmaları gerekmektedir. Big Bang modeline göre, **evren** genişlemeden önceki bu ilk durumundayken aşırı derecede yoğun ve sıcak bir halde bulunuyordu. Bu ilk hale benzer koşullarda üretilen "**parçacık hızlandırıcı**"larla yapılan deney sonuçları teoriyi doğrulamaktadır. Fakat bu hızlandırıcılar, şimdiye dek yalnızca laboratuvar ortamındaki yüksek enerji sistemlerinde denenebilmiştir. Evrenin genişlemesi olgusu bir yana bırakılırsa, Big Bang teorisinin, ilk genişleme anına ilişkin bir bulgu olmaksızın bu ilk hale herhangi bir kesin açıklama getirmesi mümkün değildir. Kozmozdaki hafif elementlerin günümüzde gözlemlendiğimiz bolluğu, Big Bang teorisince kabul edilen ilk nükleosentez^[7] sonuçlarına uygun olarak, evrenin ilk hızlı genişleme ve soğuma dakikalarındaki nükleer süreçlerde hafif **elementlerin** oluşmuş olduğu tahminleriyle örtüşmektedir. (Hidrojen ve helyumun evrendeki oranı, yapılan teorik hesaplamalara göre Big Bang'den arta kalması gereken hidrojen ve helyum oranıyla uyumdadır. Evrenin bir başlangıcı olmasaydı, evrendeki hidrojenin tümüyle yanarak helyuma dönüşmüş olması gerekirdi.) Bu ilk dakikalarda, soğuyan evren bazı **çekirdeklerin** oluşmasına imkân sağlamış olmalıydı. (Belirli miktarlarda **hidrojen**, **helyum** ve **lityum** oluşmuştu.)

Big Bang terimi ilk kez İngiliz fizikçi Fred Hoyle tarafından 1949'da, "Eşyanın Tabiatı" adlı bir radyo (BBC) programındaki konuşması sırasında kullanılmıştır.^[8] Hoyle, hafif elementlerin bazı ağır elementleri nasıl meydana getirebilecekleri konusunda katkıları olmuş bir bilim insanıdır.

Bilim insanlarının çoğu, **evrenin** başlangıcında, bir Big Bang olayının cereyan etmiş olduğuna ancak 1964/1965'te, evrenin sıcak ve yoğun döneminin kanıtı olarak kabul edilen "**kozmik mikrodalga arkaplan ışıması**"nın ya da Georges Lemaître'in kullandığı terimlerle « Big Bang'ın soluk ışıklı yankısı»nın keşfinden sonra ikna oldular.



Evrenin oluşumu ve genişlemesi. Big Bang modeline göre günümüzdeki evren 13,5 milyar yıldan biraz daha fazla zaman önce son derece yoğun ve sıcak bir halden ortaya çıkmış olup, günümüzde genişlemeye devam etmektedir. Galaksiler içeren uzayın kendisi genişlemektedir.

Konu başlıkları

[gizle]

- [1 Giriş](#)
- [2 Big Bang ve karşısındaki durağan hal teorisi](#)
- [3 Gözlemsel kanıtlar](#)
 - [3.1 Kozmik arkaplan](#)
 - [3.2 İlk nükleosentez](#)
 - [3.3 Galaksilerin evrimi](#)
 - [3.4 Büyük "kırmızıya kayma"da kozmik arkaplanın ısı ölçümü](#)
- [4 Big Bang'ın kronolojisi](#)
 - [4.1 Bugünkü evren \(+ 13,8 milyar yıl\)](#)
 - [4.2 Birleşme](#)
 - [4.3 İlk nükleosentez \(+ 3 dakika\)](#)
 - [4.4 Elektron-pozitron çiftlerinin yok olması](#)
 - [4.5 Nötrinoların ayrılması](#)
 - [4.6 Baryogenez](#)
 - [4.7 "Büyük birleşik" çağı](#)
 - [4.8 Kozmik şişme](#)
 - [4.9 Planck Çağı — Kuantum Kozmolojisi](#)
- [5 Kozmoloji standart modeli](#)
- [6 Özellikler, sonuçlar, meseleler ve çözümleri](#)
 - [6.1 Big Bang'ın getirdiği meseleler](#)
 - [6.1.1 Ufuk meselesi](#)

- [6.1.2 Evrenin düzlemselliği meselesi](#)
- [6.1.3 Tekkutuplular meselesi](#)
- [6.1.4 Yapıların oluşumu meselesi](#)
- [6.2 Önerilen çözümler](#)
 - [6.2.1 Ufuk meselesi hakkında](#)
 - [6.2.2 Düzlemsellik meselesi hakkında](#)
 - [6.2.3 Tek kutuplular meselesi hakkında](#)
 - [6.2.4 Büyük yapıların oluşumu hakkında](#)
- [6.3 Karanlık madde](#)
- [6.4 Karanlık enerji](#)
- [7 Kozmik şişmeyi kabul eden farklı kozmolojik modeller](#)
- [8 Big Bang nedir, ne değildir](#)
- [9 Felsefi sonuçları](#)
- [10 Bilim insanlarından gelen eleştiriler](#)
- [11 Güncel durum](#)
- [12 Büyük Patlama teorisine göre gelecek](#)
- [13 Büyük Patlama'nın ötesindeki spekülatif fizik](#)
- [14 Ayrıca bakınız](#)
 - [14.1 Dış bağlantılar](#)
 - [14.2 Kaynakça](#)
- [15 Notlar ve referanslar](#)

Giriş [\[değiştir\]](#)

Big Bang modeli temelde iki kabule dayanır: Albert Einstein'in [genel görelilik kuramı](#) ve kozmolojik prensip.^[9] Genel görelilik kuramı tüm cisimlerin çekimsel etkileşimini hatasız olarak açıklar. Albert Einstein tarafından 1915'te genel göreliliğin keşfi, evrenin aşamalı evrimi genel görelilikle tanımlandığından, evreni bir fiziksel sistem gibi bütünlüğü içinde tanımlamayı mümkün kılan modern kozmolojinin başlangıcı sayılır.

Einstein aynı zamanda [uzayı](#) bütünlüğü içinde tanımlamada, genel görelilikten doğan bir çözümü ("Einstein evreni") önermesiyle genel göreliliği bu yolda kullanan ilk kişi olmuştur. Bu model o dönemde Einstein'in gözüpük girişimiyle yeni bir kavramın doğmasını sağlamıştı: Kozmolojik prensip. Kozmolojik prensibe göre, insanoğlu evrende ayrıcalıklı bir konuma sahip değildir, evren homojen ve [izotropur](#). Yani insanın baktığı yer ve yön neresi olursa olsun evren uzay (mekân) bakımından homojendir; daha açık bir deyişle, evrenin genel görünümü gözlemcinin konumuna ve baktığı yöne bağlı değildir. Bu, o dönem için çok cüretkar bir hipotez sayılırdı; çünkü henüz, sonradan "Büyük Tartışma" adı verilen, [Samanyolu](#) dışında cisimler olup olmadığı tartışmasının sürdüğü o dönemde hiçbir inandırıcı gözlem, Samanyolu dışındaki cisimlerin varlığını doğrulama imkânını sağlayamıyordu. "Kozmolojik prensip" evrenin makro özelliklerini açıklamakla birlikte, evrenin sınırı olmadığını, bu nedenle Big Bang'ın boşlukta belirli bir noktada değil, aynı anda tüm boşluk boyunca gerçekleştiğini ima eder.^[1] Makro ölçekte evren homojen ve izotropur.^[10] Bu iki kabul, evrenin [Planck zamanından](#) sonraki tarihini hesaplamayı mümkün kılmıştır. Bilim insanları halen "Planck zamanı"ndan önce gerçekleşen çok önemli olayları saptamaya çalışmaktadır.^[1]

Einstein 1915 yılında ortaya attığı [genel görelilik](#) kuramıyla yaptığı hesaplamalarda evrenin durağan olamayacağı sonucunu çıkarmıştı. Fakat o dönemlerde genel kabul, evrenin statik olduğu yönündeydi; bu yüzden Einstein vardığı sonucu düzeltmek üzere denklemlerine "[kozmojik sabite](#)" etkenini ekledi. Böylece, Einstein kozmolojik prensibe üstü kapalı biçimde, günümüzde doğrulanma derecesi açıkça azalmış görünen bir başka hipotez ekledi; bu, evrenin statik olduğu, yani zamanla evrim geçirmediği hipoteziydi. Bu da kendisini, denklemlerine "[kozmojik sabite](#)" terimini eklemek suretiyle ilk çözümünü değiştirme yoluna götürdü. Fakat gelecekteki gelişmeler, yanlış olduğunu ortaya koyacaktı. Örneğin 1920'lerde Edwin Hubble günümüzde [galaksi](#) dediğimiz bazı "nebülöz"lerin galaksimiz dışında olduklarını, ayrıca onların galaksimizden uzaklaştıklarını ve uzaklaşma hızlarının galaksimize uzaklıklarıyla orantılı olduğunu (Hubble Yasası ya da [Hubble Sabiti](#)) keşfetti. Bu keşiften beri Einstein'ın "statik evren hipotezi"ni doğrulayacak hiçbir veriye rastlanmamıştır.

Zaten Hubble'ın bu keşfinden daha önce Willem de Sitter, Georges Lemaître ve Alexandre Friedmann gibi birçok fizikçi bir "evren genişlemesi"ni tanımlayan başka "genel görelilik" çözümleri bulmuş bulunuyorlardı. Onların ortaya koymuş oldukları modeller ^[2] evrenin genişlemesi keşfedilir keşfedilmez derhal kabul edildiler. Böylece milyarlarca yıldır genişleme halinde olan bir evren tanımlanmıştı.

Big Bang ve karşısındaki durağan hal teorisi [\[değiştir\]](#)

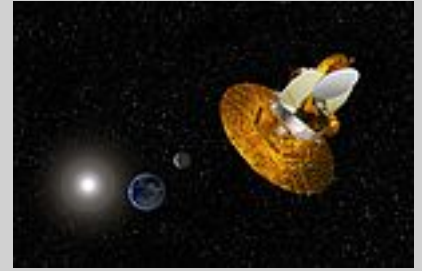
Evrenin genişlediğinin keşfi, evrenin statik olmadığını ortaya koymakla birlikte, "maddenin sakınımı yasası"nı gözünde bulunduran ve bulundurmayan birçok farklı görüşün ortaya atılmasına imkân vermişti. Bu görüşlerden başlangıçta maddenin yaratılışının sözkonusu olduğunu varsayan görüş, ilk zamanlar en popüler olanıydı. Bu başarıdaki sebeplerden biri, "durağan hal (sabit durum) teorisi" denilen bu modelde evrenin sonsuz kabul edilmesiydi. Fred Hoyle tarafından ortaya atılan "durağan hal teorisi"ne göre evrenin yaşı ile bir gök cisminin yaşı arasında bir çelişki olamazdı. ^[11]

Buna karşılık Big Bang hipotezinde evrenin, genişleme oranından ^[12] yola çıkılarak hesaplanabilecek belirli bir yaşı vardı. 1940'lı yıllarda evrenin genişleme oranı hakkındaki tahminler bir hayli abartılıydı, bu da evrenin yaşı hakkındaki tahminlerin gerçeğin bir hayli altında olarak yapılmasına neden olmuştu. Öyle ki, Dünya'nın yaşını belirleyen farklı tarihlendirme yöntemlerinin bildirdiği değerlere göre Dünya evrenden daha yaşlı kalıyordu. Bu, önceleri, Big Bang tipi modellerin çeşitli gözlemler karşısında içine düştüğü güçlüklerden yalnızca biriydi. Fakat bu tür güçlükler evrenin genişleme oranının kesin biçimde belirlenmesiyle tarihe karıştılar.

Gözlemsel kanıtlar [\[değiştir\]](#)



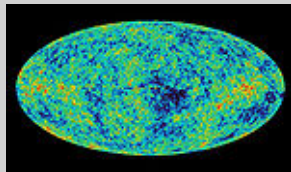
Sonradan iki kesin gözlemsel kanıt Big Bang modellerine tümüyle hak verdi: Evren tarihinin sıcak devrinin kalıntısı denilebilecek enerji ışınması (mikrodalga sahası) olan "[kozmik mikrodalga arkaplan ışınması](#)"ın keşfi ve hafif elementlerin salınmasının ölçülmesi, yani ilk sıcak evre sırasında oluşmuş [hidrojen](#), [helyum](#), [lityumun](#) farklı [izotoplarının](#) bırakılmasının ölçülmesi.



Büyük Patlama'nın bilim insanlarınca anlaşılabilmesi amacıyla veri toplayan WMAP uydusunun bir sanatçı tarafından tasviri

Bu iki gözlem, 20. yy.'ın ikici yarısının başlarında gerçekleşti ve Big Bang'ı kozmolojide, kesin biçimde, [gözlemlenebilir evreni](#) tanımlayan model olarak yerleştirdi. Bu modelin [kozmolojik](#) gözlemlerle hemem hemen mükemmel biçimde örtüşmesinin yanı sıra, modeli doğrulayan başka kanıtlar da ortaya koyulmaya başlandı: Galaktik kümelerin gözlemi ve "kozmik arkaplan soğuması"nın ölçülmesi (birkaç milyar yıl öncesiyle günümüzdeki ısı farkının ölçülebilmesi).

Kozmik arkaplan [\[değiştir\]](#)



Ana madde: [Kozmik mikrodalga arkaplan ışınması](#)



Kozmik mikrodalga arkaplan ışınması

Genişleme, doğal olarak bize evrenin geçmişte daha yoğun olduğunu bildirmektedir. Evrenin geçmişte daha sıcak olması olasılığından ilk kez

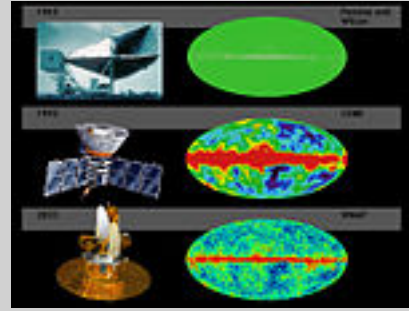
1934'te Georges Lemaître'in söz etmiş olduğu görülüyor; fakat bunun gerçek anlamda araştırılmasına ancak 1940'lı yıllardan itibaren başlanmıştır. Uzak [astrofiziksel](#) cisimlerin ışınmasındaki [kırmızıya kaymaya](#) benzer bir tarzda, evrenin genişleme olayıyla enerji kaybeden bir ışımaya dolu olması gerektiği konusundaki ilk düşünceler George Gamow'dan gelmiştir.

Gamow aslında, ilksel evrendeki güçlü yoğunlukların, atomlar arasında bir termik dengenin kurulmasına ve ardından bu atomlarca bırakılan bir ışımının varlığına imkân sağlamış olması gerektiğini anlamıştı. Gamow, 1940'lı yıllarda Lemaitre'in hesaplamalarını geliştirdi ve Big Bang'e bağlı olarak bir tez ortaya attı. Big Bang'dan arta kalan, belirli oranda bir ışımının var olması gerekiyordu. Ayrıca bu ışıma evrenin her yanında eşit olmalıydı. Bu ışımının evrenin yoğunluğu oranında bir yoğunlukta olması ve dolayısıyla, bu ışımının, yoğunluğu artık son derece azalmış olsa da halen mevcut olması gerekiyordu. Gamow, Ralph Alpher ve Robert C. Herman'la birlikte, evrenin yaşından, maddenin yoğunluğundan ve helyumun salınmasından yola çıkılarak bu ışımının günümüzdeki ısısının hesaplanabileceğini anlayan ilk kişi oldu.

Bu ışımaya günümüzde « fosil ışım » diyenler de bulunmakla birlikte, genellikle, « [kozmetik mikrodalga arkaplan \(ya da kozmolojik mikrodalga artalan\) ışımması](#) » denir. Bu ışıma, Gamow'un öngörülerine uygun olarak, düşük ısıdaki bir "karanlık cisim" ışımmasına (2,7 °K) denktir. Biraz rastlantı sonucu olan bu keşfi Arno Allan Penzias ve Robert Woodrow Wilson'a borçluyuz: 1960'larda [New Jersey](#)'deki Bell Laboratuvarı'ndan [Arno Penzias](#) ve [Robert Woodrow Wilson](#), [Samanyolu](#)'nun dış kısımlarından gelen belirsiz radyo dalgalarını ölçmeye çalışıyorlardı. Fakat bunun yerine gökyüzünün her tarafından gelen bir radyasyon saptadılar. Bu ışıma ya da ışımının bütün yönlerdeki parlaklığı aynı idi ve yaklaşık 3 °K sıcaklığında bir ortamdan geldiği anlaşılıyordu.^[13] 1978'de bu buluşları için [Nobel Fizik Ödülü](#) sahibi olan Penzias ve Wilson ilginçtir ki, ileride, Fred Hoyle gibi, Big Bang teorisine muhalif olan bilim insanları safına katılacaklardı.



1965'te keşfedilen "kozmetik arkaplan" Big Bang'in en açık kanıtlarından biridir. Bu keşiften sonra kozmetik arkaplan dalgaları COBE (1992) ve WMAP (2003) uzay uydularınca incelenmektedir.



Bir "kara cisim" ışımmasının varlığı Big Bang modeli çerçevesinde kolayca açıklanabilmektedir: Geçmişte evren sıcaktı ve yoğun bir ışımaya maruz kalıyordu. Geçmişin çok yüksek yoğunluktaki bu evreninde madde ve ışım arasında çok çeşitli etkileşimler olmaktadır. Bunun sonucunda ışım termalize olmuştur, yani [elektromanyetik tayfi](#) bir "kara cisim" in elektromanyetik tayfidir. Buna karşılık "durağan hal teorisi"nde böyle bir ışımının varlığı hemen hemen doğrulanamaz durumdadır (Az sayıdaki bazı savunucuları aksini belirtmekteyse de...)

Düşük ısıdaki ve az enerjetik bir ışımaya denk olmakla birlikte, kozmetik arkaplan, yani [kozmetik mikrodalga arkaplan ışımması](#) hiç de evrenin en büyük elektromanyetik enerji biçimi olarak görünmüyor: Enerjinin yaklaşık %96'sı sözkonusu ışımadaki [fotonlar](#) biçiminde mevcutken, kalan % 4'ü "görünür tayfi"taki ^[14] yıldızların ışımından ve galaksilerdeki soğuk gazdan kaynaklanmaktadır ([kıızılötesi](#) halde). Bu diğer iki kaynak kuşkusuz daha enerjetik, fakat daha az sayıda fotonlar yaymaktadır. "Durağan hal teorisi"nde "kozmetik arkaplan"ın varlığı mikroskobik demir parçacıklarının bırakılmasıyla oluştuğu varsayılan yıldızsal ışımının termalizasyonunun bir sonucu olduğu varsayılır. Fakat bu model, gözlemsel verilerle çelişki halindedir. (Ayrıca bu takdirde "kozmetik arkaplan" bir karanlık cisim olarak da açıklanamaz.)

Sonuç olarak denilebilir ki kozmetik arkaplanın keşfi, tarihsel olarak Big Bang'in kesinleştirici kanıtı olmuştur.

İlk nükleosentez [\[değiştir\]](#)

Güçlü nükleer gücün keşfinden ve bunun yıldızların enerji kaynağı olduğunun anlaşılmasından itibaren evrende çeşitli kimyasal elementlerin salınmasını açıklama meselesi ortaya çıktı. 1950'li yıllar civarında bu salınma -birbiriyle rekabet halindeki iki farklı görüşün önerdiği- iki farklı süreçle açıklanmaya çalışılıyordu:

- Yıldızsal nükleosentez
- Başlangıçtaki ilk nükleosentez

"Durağan hal teorisi" taraftarları zaman boyunca sürekli olarak hidrojenen üretilmiş olduğu ve bunun azar azar helyuma ve daha sonra da yıldızların kalbindeki en ağır elementlere dönüşmüş olduğu görüşündeydiler. Gerek helyumun gerekse ağır elementlerin bölünmesi zaman boyunca sürekliliğini koruyordu; çünkü helyumun oranı nükleosentez olgusuyla artarken, hidrojenin üretilmesi olgusuyla da oran olarak azalır gibi görünüyordu. Buna karşılık Big Bang taraftarları helyumdan [uranyuma](#) kadar tüm elementlerin başlangıçtaki evrenin sıcak evresi sırasında üretilmiş oldukları görüşündeydiler.

Güncel tez her iki hipoteze de dayanır. Buna göre, helyum ve lityum gerçekten başlangıçtaki ilk nükleosentez sırasında üretilmişlerdi. Bunun başlıca kanıtı, hafif denilen elementlerin (hidrojen, helyum, lityum) salınmasının uzak [kuasar](#)'lardaki incelenmesinden gelmektedir. Big Bang modeline göre bunların nispi salınmaları ilk nükleosentezden beri sürekliliğini koruyan tek bir [parametreye](#) sıkıca bağlıdır; bu da [fotonların](#) yoğunluğunun [baryonların](#) yoğunluğuyla ilişkisindedir. Diğer yöntemlerle de ölçülebilen bu tek parametreden hareketle helyumun (He) [izotoplarının](#) ve lityumun (Li) izotopunun salınması açıklanabilir. Aynı zamanda yakın galaksilerin içinde helyumun bölünmesinde bir artış gözlemlenmektedir ki, bu, yıldızlarca sentezlenen [elementler](#) yoluyla "yıldızlar-arası ortam"ın tedrici gelişiminin bir işareti olarak kabul edilebilir.

Galaksilerin evrimi [\[değiştir\]](#)



Hubble Uzay Teleskobu tarafından edinilen uzayın "Hubble ultra derin (Hubble Ultra Deep Field) resmi. Galaksileri evrenin daha genç, daha yoğun ve daha sıcak olduğu eski bir çağdaki haliyle göstermektedir. Fornax Takımyıldızı'nın küçük bir bölgesinden, Hubble Uzay Teleskobu ile 24 Eylül 2003'den 16 Ocak 2004'e kadar olan bir dönemde toplanan verilerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş resimdir.

Big Bang modeli, homojen olan evrenin geçmişte bugünküne nazaran daha da homojen bir yapıda olduğunu varsayar. Kanıtı, yayılan kozmik arkaplanın gözlemi yoluyla sağlanmıştır. Kozmik arkaplan ışınması olağanüstü bir izotropi [\[10\]](#) gösterir.



alan”

Bu durumda [astrofiziksel](#) yapılar (galaksiler, galaksi kümeleri) Big Bang'ın ilk döneminde mevcut değillerdi, sonradan yavaş yavaş oluşmuş olmalıydılar. Oluşumlarının kökenindeki süreç James Jeans'in 1902'deki çalışmalarından itibaren bilinmektedir; bu süreç [Jeans Kararsızlığı](#) adıyla bilinir.

Şu halde Big Bang modeline göre, günümüzde gözlemlediğimiz galaksiler sonradan oluşmuşlardı ve geçmişteki bu ilk galaksiler yakın çevremizde gözlemlediğimiz komşu galaksilere pek benzemiyorlardı. [Işık hızı](#) müthiş bir hız olmakla birlikte, belirli bir hız olduğundan, geçmişte evrenin neye benzediğini anlamak için uzaktaki gök cisimlerine bakmamız yeterlidir. (Örneğin gezegenimize bir milyar ışık yılı uzaklıktaki bir gök cismini gözlemlememiz, o cisimden Dünya'ya gelen ışığın kaynağından bir milyar yıl önce yola çıktığı gözönünde bulundurulursa, aynı zamanda, o cismin bir milyar yıl önceki durumunu görmemiz demektir.)

[Hubble Yasası](#)'na göre [kırmızıya kayma](#) özelliği gösteren uzak galaksilerin gözlemi gerçekten ilk galaksilerin sonrakilerden yeterince farklı olduklarını göstermektedir. O zamanlarda galaksiler arası etkileşimler daha fazlaydı; az sayıdaki dev galaksiler, galaksiler arasında birleşme olaylarından sonra

ortaya çıkmışlardır. Aynı şekilde, spiral, eliptik ve "[düzensiz galaksi](#)"lerin sınıfsal oluşumları da zaman boyunca değişimlerle ortaya çıkmıştır.

Uzak galaksilere ilişkin tüm bu gözlemler nispeten titiz çalışmalarla yapılmıştır; çünkü uzak galaksiler (uzaklıklarından dolayı) az ışıklı olduklarından, iyi gözlemlenebilmeleri hassas ve mükemmel gözlem araçlarını gerektirmektedir. 1990'da [Hubble Uzay Teleskobu](#)'nun ve ardından VLT^[15], Keck^[16] ve Subaru^[17] gibi büyük gözlemlerinin hizmete girmeleriyle büyük "[kırmızıya kayma](#)" galaksilerinin gözlemi, bizlere, "galaksilerin oluşumu ve evrimi modelleri"nin öngördüğü galaksi kümelerinin evrim fenomenlerini doğrulama olanağı vermektedir.

İlk jenerasyonda yer alan [yıldız](#) ve galaksilerin incelenmesi 21.yy.'ın başında [astronomik](#) araştırmanın temel konularından biri haline gelmiştir.

Büyük "kırmızıya kayma"da kozmik arkaplanın ısı ölçümü [değiştir](#)

2000 yılının Aralık ayında Raghunathan Srianand, Patrick Petitjean ve Cédric Ledoux 2,57 derecesinde [kırmızıya kaymada](#) bulunan PKS 1232+0815 arkaplan [kuasar](#)'ınca yayınlanan ışımının emildiğini gözlemledikleri bir "yıldızlararası bulut"taki "kozmetik arkaplan"ın ısını ölçmeyi başardılar.

[Tayf çizgilerinin](#) incelenmesi bulutun kimyasal bileşiminin anlaşılmasına imkân sağladığı gibi, bulutta mevcut çeşitli atom ya da [iyonların](#) farklı enerji düzeyleri arasındaki geçişlere denk düşen çizgilerin saptanması, ısının anlaşılmasına da imkân sağlayabilecekti. Bu bulutun ayırt etme gücü çok yüksek olan bir spektrometre (Very Large Telescope'un UVES spektrometresi) ile saptanan kimyasal özellikleri ilk kez "kozmetik arkaplan ışması"nın ısının ayırt edilebilmesine imkân sağladı. Srianand, Petitjean ve Ledoux kozmik arkaplan ışmasının ısının 6 ile 14 °K (Kelvin) arasında olduğunu saptadılar; yani, bulutun 2,33.771 derecesinde [kırmızıya kaymada](#) bulunduğu gözönüne alınırsa, Big Bang'ın öngördüğü 9,1 °K tahmini ile uyum halindeydi.

Keşifleri Britanya'nın bilimsel dergilerinden Nature'da yayımlandı.^[18]

Big Bang'ın kronolojisi [değiştir](#)

Big Bang'ın kronolojik aşamaları tersten, yani günümüzden geçmişe doğru şöyle açıklanır:

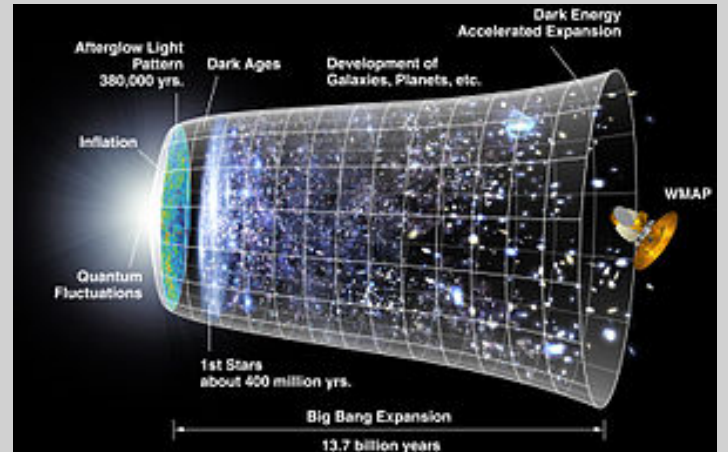
Bugünkü evren (+ 13,8 milyar yıl) [değiştir](#)

Evrenimiz, şimdiki zamanda geçmişteki haline kıyasla son derece az yoğun (şimdilerde evrende metre küp başına birkaç atom düşmektedir) ve soğuk (2,73 kelvin, yani-270 °C) haldedir. Her ne kadar çok sıcak bazı astrofiziksel cisimler (yıldızlar) mevcutsa da evrenin şimdilerde maruz kaldığı ışınım (ışınım) çok zayıftır denebilir. Bu olguda yıldızların evrendeki sıklığının düşük olmasının payı büyüktür, yani evrenin herhangi bir noktasındaki bir yıldız ile kendisine en yakın yıldız arasındaki uzaklık son derece büyüktür. Astronomik gözlem bize yıldızlar ve galaksilerin evren tarihinin çok erken bir döneminde, Big Bang'ın ilk döneminden daha bir milyar yıl geçmeden önce mevcut olduklarını öğretmektedir.

Big Bang'ın ilk döneminden günümüze kadar evrenin genişlemesinin grafik tarzındaki temsili. WMAP uydusu verileriyle 2006 yılında hazırlanmıştır.

Birleşme [değiştir](#)

Big Bang döneminden 300.000 yıl sonra, evren şimdiki haline kıyasla bin defa daha sıcak ve bir milyar misli daha yoğunken yıldızlar ve galaksiler henüz mevcut değildi. Bu büyük patlamadan 300,000 yıl sonraki, yani bundan aşağı yukarı 13,5 milyar yıl önceki evrenin ilk görülebilir halinin fotoğrafı



çekildi. 1992 yılında NASA'nın COBE uydusunun çektiği bu fotoğrafın astrofizikçilerin hesaplarına tam uyumlu olduğu gözüktü. İşte bu dönem, evrenin yoğunluğunun ışığın yayılabilmesine yeterli olacak düzeye düştüğü dönemdir. Daha öncesinde ışığın yayılabilmesine temel engel "serbest elektronlar"ın varlığıydı. Soğuması sırasında evrende bu "serbest elektronlar" atomları oluşturmak üzere [atom çekirdeklerinde](#) bir araya geldiler. Bu yüzden bu döneme "birleşme dönemi" denilir. Aynı zamanda ışığın yayılmaya başladığı dönem olduğundan, bu dönemden "madde ve ışımının ayrılma dönemi" olarak da söz edilir. İşte kozmik arkaplan ışması dediğimiz ışım, bu dönemden itibaren günümüze dek süregelebilmiş ışımaya ya da ışıklardır. NASA'nın WMAP uydusunun 2006 yılındaki verilerine göre Büyük Patlama'dan 380,000 yıl sonra evrenin daha net bir haritası çıkarıldı. Bu sonuçlara göre evrenin %12'sinin atomlardan, %15'inin fotonlardan, %10'unun nötronlardan ve %63'nün de karanlık maddeden oluştuğu belirlendi. Bu sonuçlar ışığında, Büyük Patlama'dan 380,000 yıl sonrasında evrenin %12'si atomlardan oluştuğuna göre ilk atomların oluşmaya başladığı ve dolayısıyla da serbest elektronların atom çekirdeği etrafına dizilmeleri yoluyla ışığın yayılabildiği zamanın başlangıcı Big Bang'den itibaren 300,000 yıl olmalıdır. 380,000 yıl ancak "birleşme döneminin" tamamlandığı zaman olarak düşünülebilir. Ayrıca COBE uydusunun 1992 yılı verileriyle Big Bang'den 300,000 yıl sonraki halinin bir haritası çıkarılabildiğine göre, ışığın evrende serbestçe yayılabildiği zamanın başlangıcının 300,000 yıl olarak kabulünü gerektirir. Bu da serbest dolaşan elektronların ilk olarak bu zamanda atom çekirdeği etrafına dizilmeye başladığının, diğer bir deyişle ilk atomların oluşmaya başladığının göstergesidir. Aksini kabul etmek, COBE uydusunun verilerinin geçersiz olduğunun kabulünü gerektirir. NASA kaynaklarında böyle bir durumdan bahsedilmez. Sonuç olarak, 380,000 yıl süresi 300,000 yılın yerini almış değildir, WMAP uydusunun evrenin daha net bir haritasını çıkarmak adına gözlemlediği zamandaki durumunu yansıtır. ^[19]

İlk nükleosentez (+ 3 dakika) [değiştir](#)

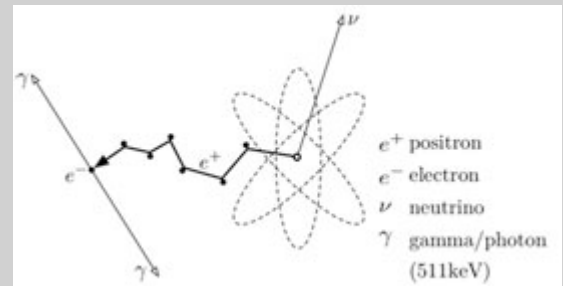
Big Bang'in ilk döneminden 300.000 yıl sonra evren bir "elektronlar ve atom çekirdekleri plazması"ndan oluşmaktaydı. (Bu sürenin 380,000 yıl olarak kabulü WMAP uydusunun 2006 yılı verileriyle tezat oluşturur. Zira, yukarıdaki paragrafta da belirtildiği gibi, NASA'nın açıkladığı sonuçlara göre evrenin Big Bang'dan 380,000 yıl sonrasında %12'sinin atomlara dönüştüğü belirlenmiştir.) ^[20] Isı yeterince yüksek olduğunda atom çekirdekleri mevcut olamazlar; bu durumda [proton](#), [nötron](#) ve [elektron](#) karışımından söz edilebilir. İlk evrende hüküm süren koşullarda ısı ancak 0,1 MeV'un ([Elektron Volt](#), yaklaşık bir milyar derece) altına indiğinde nükleonlar, atom çekirdekleri halinde kombine olabilirler. Bununla birlikte bu koşullarda lityumdan daha ağır atom çekirdeklerinin oluşması mümkün değildir. Dolayısıyla Big Bang başlangıcından yaklaşık bir saniye sonra başlayan ve yaklaşık üç dakika süren bu evrede oluşan atom çekirdekleri yalnızca hidrojen, helyum ve lityum çekirdekleridir. Dolayısıyla bu evre ya da dönem ilk nükleosentez olarak adlandırılır. Günümüzde, modern kozmoloji araştırmacıları, sonuçların gözlemi ve anlaşılması bakımından, ilk nükleosentez konusuna artık tamamlanmış bir konu gözüyle bakmaktadır.

Elektron-pozitron çiftlerinin yok olması [değiştir](#)



Elektron-pozitron çiftlerinin yok olması

Isı 0,1 MeV ([Elektron Volt](#)) olduğunda başlayan ilk nükleosentezden az önce 0,5 MeV'u (beş milyar derece) aşan evren ısı elektronların kütle enerjisine ^[21] denk olmuştur. Bu ısının ötesinde [elektronlar](#) ile [fotonlar](#) arasındaki etkileşimler kendiliğinden elektron-pozitron çiftleri yaratabilirler. Bu çiftler, kendiliğinden yok olabilirlerse de ısı 0,5 MeV eşliğini geçtikçe durmaksızın yeniden yaratılırlar. Isı bu eşliğin altına indikçe bu çiftlerin hemen hemen tümü baryogenezden ^[22] doğan elektron fazlalıklarına yer vererek fotonlar halinde yok olurlar.



Nötrinoların ayrılması [değiştir](#)

Bu dönemden az önce, ısı elektron, foton ve [nötrinoların](#) çeşitli etkileşimleri için yeterli olan 1 MeV'un (on milyar derece) üzerindeydi. Bu ısıdan itibaren bu üç tür, "termik denge" ^[23] halindedir. Evren soğuduğunda elektronlar ve fotonların etkileşimlerini sürdürmelerine karşın nötrinoların etkileşimleri biter. Bu dönem de nötrinoların ayrılma dönemidir. Dolayısıyla bildiğimiz "kozmetik arkaplan ışması"nın

özelliklerine benzer özellikler gösteren bir "nötrinolar kozmik arkaplanı" mevcuttur. Dolaylı bir rol oynayan nötrinoların " kozmik arkaplanı"nın varlığı ilk nükleosentezin sonuçları yoluyla, dolaylı olarak doğrulanmıştır.^[24] Nötrinoların kozmik arkaplanının doğrudan saptanması şimdiki teknolojik imkânlarla son derece güç^[25] olmakla birlikte, varlıkları konusunda herhangi bir tartışma olmamıştır.

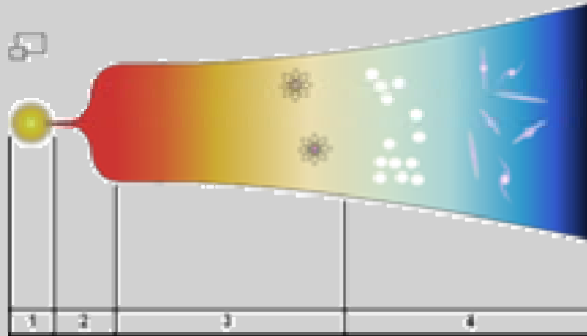
Baryogenez [\[değiştir\]](#)

[Atomaltı parçacıkları](#) ve etkileşimlerini konu alan, çeşitli parçacıkların ve temel etkileşimlerin ([temel kuvvetlerin](#)) "elementer antiteler"in (nötron, proton, elektron) yalnızca farklı görünüşleri olarak ele alındığı (örneğin elektromanyetizma ve zayıf nükleer güç, tek bir etkileşimin iki görünümü olarak tanımlanabilir) [parçacık fiziği](#), deneylerle desteklenen genel fikir üzerine kuruludur. Daha genel olarak belirtmek gerekirse, fizik yasalarının ve evrenin, yüksek ısılarda daha "simetrik" bir hal aldıkları varsayılır. Mesela geçmişte evrende madde ve [antimaddenin](#) nicel eş olarak mevcut oldukları kabul edilir. Günümüzdeki gözlemler [antimaddenin gözlemlenebilir evrenimizde](#) hemen hemen mevcut olmadığını göstermektedir.^[26] Bu durumda maddenin varlığı belirli bir zamanda maddenin antimaddeye oranla hafif bir fazlalığından oluşmuştur (maddenin antimaddeye baskın gelmesi).^[27] Evrenin sonraki evrimi sırasında madde ve antimadde, arkalarında oluşan en hafif madde fazlasını bırakarak eşit niceliklerle yok oldular. Bu olağan madde [baryon](#) denilen [parçacıklardan](#) oluştuğundan, sözkonusu madde fazlalığının oluştuğu evreye baryogenez adı verilir. Bu evre ya da süreç hakkında çok az şey bilinmektedir. Örneğin bu olay sırasında oluşan ısı derecelenmesi Big Bang modellerine göre değişmektedir (bu, farklı Big Bang modelleri arasındaki farklardan biridir). Baryogenezin meydana gelmesi için gerekli koşullara Rus fizikçi Andréi Sakharov'un 1967'deki çalışmalarından ötürü "Sakharov koşulları" adı verilmiştir.

"Büyük birleşik" çağı [\[değiştir\]](#)

Giderek artan sayıdaki belirtiler, zayıf ve güçlü elektromanyetik kuvvetlerin tek bir etkileşimin (kuvvetin) farklı görünüşlerinden ibaret oldukları fikrini vermektedir. Bu durum, artık genellikle, İngilizce'de kısaltma adıyla GUT olarak bilinen, "Büyük Birleşik Teori" (İng. *Grand unification theory* ya da *Grand Unified theory*) kapsamında bulunmaktadır. Bu etkileşim ya da kuvvetin 10^{16} GeV'un (10^{29} derece) üzerindeki ısılarda tezahür ettiği sanılmaktadır. Şu halde muhtemelen evren GUT teorisinin uygulanma alanı bulunduğu bir evre geçirmiş olmalıdır. Doğası halen bilinmemekle birlikte, bu evre, baryogenezin ve muhtemelen [karanlık maddenin](#) kökeninde yer almış olmalıydı.

Kozmik şişme [\[değiştir\]](#)



Evren çok kısa süren bir dönemde bir hayli büyüdü. Bir şişmenin neden olduğu bu fenomene "kozmetik şişme" adı verilir.

Big Bang teorisi kozmolojiye yeni meseleler getirmişti. Örneğin evrenin homojen ve izotrop olduğunu önermiş, fakat niçin böyle olması gerektiğini açıklamamıştı. Oysa teorisin sade versiyonunda, evrende homojenliğe yol açan Big

Bang'ın gerçekleşmesinde bir mekanizmadan ya da işleyişten söz edilmiyordu, böyle bir şey yoktu. Böylece şişme (ilk anı, hızlı genişleme) nedeni ya da gerekçesinin evrenin homojen ve izotrop olmasına yol açan bir süreç başlattığı varsayılıyordu.

"Kozmik şişme" kavramının mucidi, böyle bir süreci betimleyici bir senaryoyu ilk öneren kişi olan Alan Guth'tur.^[28] François Englert ve Alexei Starobinsky de aynı dönemde (1980) bu meselenin bazı sorunlu kısımları üzerinde çalışmalarda bulunmuş diğer isimler olarak bilinir. Guth daha sonra (1982'de), bazı çalışmalarda bulundu ki, bu çalışmalarında ortaya koyduğu sonuçlara göre, büyük astrofiziksel yapıların tohumlarını içeren kozmik şişme, evrenin homojen oluşunu açıklama imkânı sağlamakla kalmayıp, evrenin niçin homojenliğe aykırı bazı olgular içermesi gerektiğini de açıklama imkânı sağlıyordu.

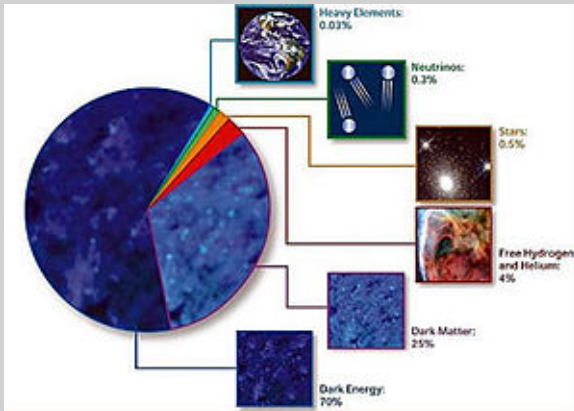
Şişmenin evren tarihinin, Büyük Birleşik Çağı'na ve Planck Çağı'na komşu olan, son derece sıcak (10^{14} ile 10^{19} GeV arasındaki, yani 10^{27} ile 10^{32} derece arasındaki ısılarda) ve erken bir dönemde yer almış olması gerekir. Gerek Big Bang teorisinin ortaya koyduğu meselelerin hemen hemen tümünün şişme süreciyle açıklanabilmesi, gerekse bu tür meselelerin açıklanabilmesinde diğer senaryoların daha karışık olmalarına rağmen sonuç vermede yetersiz görülmesi, şişme senaryosuna kozmolojide daha ön planda yer verilmesini sağladı. Kozmik arkaplanın anizotropilerinin [29] ayrıntılı gözlemlerinden itibaren, iyice emin olduğundan, şişme modellerinin kanıtlarla pekiştirilmesine gerek kalmadığı anlaşıldı. Şişme senaryosunun gözlemlerle uyum içinde olması onun konuyla ilgili tüm meselelerde baş role yerleştirilmesini sağlamış bulunmaktadır.

Şişme evresi evrenin belli bir zaman içinde son derece hızlı bir şekilde genişlemesidir. Genişleme dolayısıyla yoğunluğu azalan bu evren, çok homojen bir enerji türüyle dolu haldeydi. Bu enerji o zaman çok hızlı olarak etkileşimde bulunmaya ve ısınmaya koyulacak partiküllere dönüştü. Şişmeyi sona erdiren bu iki evreye parçacıkların patlayıcı yaratılışı bakımından "ısınma-öncesi evre" ve parçacıkların termalizasyonu bakımından "ısınma evresi" adı verilir. Şişmenin genel işleyişi iyice anlaşılmış olmakla birlikte, ısınma-öncesi ve ısınma evrelerindeki işleyiş tam anlaşılamamış olup, halen çeşitli araştırmalara konu olmaktadır.

Planck Çağı — Kuantum Kozmolojisi [değiştir]

Şişme evresinin ötesinde (öncesinde), daha genel olarak söylemek gerekirse, **Planck ısı** gibi sıcaklıklarda güncel fizik kuramlarının artık geçerli olmadığı bir sahaya girilir. Bu, **genel görelilik kuramında** bir düzeltmenin sözkonusu olacağı, **kuantum mekaniği** kavramlarının geçerli olduğu bir sahadır. Henüz ortaya konmamış olmakla birlikte, belki de halen gelişim halindeki **siçim kuramından** doğacak bir **kuantum kütleçekimi** kuramı, Planck Çağı denilen dönemdeki evrene ilişkin çeşitli spekülasyonlara yer verilmesini sağlayacaktır. Stephen Hawking gibi birçok yazar bu dönemlerdeki evreni tanımlayabilme denemelerine olanak sağlayacak çeşitli araştırma yolları önermişlerdir. Bu araştırma alanına günümüzde **kuantum kozmolojisi** adı verilmektedir.

Kozmoloji standart modeli [değiştir]



Evreni oluşturan unsurların en iyi Big-Bang modeli sayılan Λ CDM modeline göre oransal tablosu. NASA tarafından hazırlanmış bu tablonun gösterdiği gibi, evrenin %95'i karanlık madde ve karanlık enerji türlerinden oluşmuştur.

"Kozmoloji standart modeli" 20.yy.'ın ilk yarısında önerilen Big Bang görüşünün mantıksal bir sonucudur. Adı **parçacık fiziğinin** standart modelinin adından örnekseme yoluyla oluşturulmuş "kozmojoloji standart modeli" evren gözlemlerinin bütünlüğüyle uyuşan bir evren tanımı sunmaktadır.

Özellikle şu iki noktayı şart koşar:

- **Gözlemlenebilir evren**, yoğun ve sıcak bir evreden (Big Bang) doğmuştur. Bu evre sırasındaki bir işleyiş (mekanizma) erişebildiğimiz (gözlemleyebildiğimiz) bölgenin homojen olmasını, fakat aynı zamanda bazı istisnalar göstermesini sağlamıştır. Önerilen başka işleyişler olsa da, bu, muhtemelen şişme tipli bir işleyiştir.
- Güncel evren birçok madde türüyle doludur:
 - Her çeşit **elektromanyetik** ışınmayı temsil edici parçacıklar olan **fotonlar**.
 - Nötrinolar.
 - Atomları oluşturan **baryonik** madde.
 - **Karanlık madde** denilen, laboratuvar ortamında üretilmemişse de **parçacık fiziğinde** öngörülen, galaksilerin yapısından sorumlu olan, kendilerini oluşturan yıldızlar bütününden daha kütleli bir veya birkaç madde türü.

- o [Karanlık enerji](#) denilen, günümüzde gözlemlenen "evrenin genişlemesinin hızlanması"ndan sorumlu olan (ve muhtemelen kozmik şişme ile doğrudan ilgisi olmayan), alışılmamış özelliklere sahip bir enerji türü.

Artık astronomik gözlemlerin büyük bir kısmı bildiğimiz evreni tanımlarken bu vazgeçilmez temel taşlarından yararlanmaktadır. Kozmolojik araştırma esas olarak bu madde türlerini, özelliklerini ve ilksel evrenin hızlanmış genişleme senaryosunu tanımlamayı amaçlamıştır. "Kozmoloji standart modeli"nin üç temel taşı laboratuvar ortamında gözlemlenmemiş fiziksel fenomenlere başvurmayı gerekli kılmaktadır: Kozmik şişme, karanlık madde ve karanlık enerji. Bu temel taşları ya da bunlardan birini yok varsayan tatminkar hiçbir kozmolojik model yoktur.

Özellikler, sonuçlar, meseleler ve çözümleri [\[değiştir\]](#)

Big Bang'ın getirdiği meseleler [\[değiştir\]](#)

Big Bang modelleri incelendiğinde bu tip bir modelin bazı sorunları da beraberinde getirmiş olduğu görülmektedir. Üzerinde değişiklikler yapılmadan önce, sade Big Bang modeli pek ikna edici bir model olarak görünmemektedir; çünkü alışılmış miktarlara kıyasla son derece büyük ve son derece küçük miktarlardaki birçok fiziksel niceliğin varsayılmasını gerekli kılmaktaydı. Bir başka deyişle, ayakta kalabilmesi için beklenmedik değerlere birçok [parametrenin](#) eklenmesini gerekli kılıyor görünmekteydi. Evren konusundaki bu tip bir "ince akort" (İng. fine-tuning)^[30] kozmolojiyle ilgili olan ya da olmayan tüm fizik modellerinde sorunlu olarak kabul edilir. Bu durumda Big Bang, birçok gözleme açıklama getirmesindeki başarısına rağmen, ortaya birçok sorun koyan, fakat kendisi bu sorunları halledemeyen, dolayısıyla, getirdiği çözümü pek çekici görünmeyen bir kavram durumuna düşmekteydi. Fakat Big Bang modellerine eklenen senaryolar, özellikle kozmik şişme senaryosu teoriye ilk zamanlarda yapılan olumsuz yorumları değiştirmeyi başarmıştır.

Ufuk meselesi [\[değiştir\]](#)

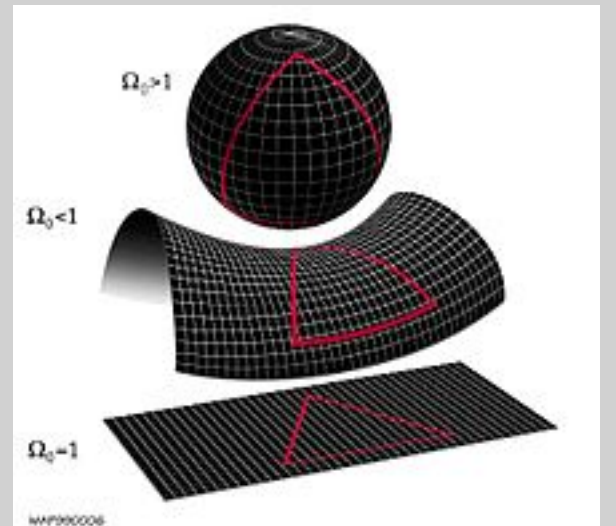
Estetik ve sadelik argümanları hariç tutulduğu takdirde, doğanın evrenin homojen ve izotrop^[10] olmasını tercih etmesinde makul bir neden yoktur. Ayrıca ilk Big Bang modelinde homojenlikten niçin - kozmik arkaplan ışınmasının anizotropilerinde^[29] görülen ve evrendeki büyük yapıların (galaksiler, galaksi kümeleri vs.) oluşumundan sorumlu olan bazı sapmalar olduğunu açıklayan tatminkar bir işleyiş de mevcut değildi. Bu, herhangi bir tatmin edici açıklama getirilememiş bir meseleydi ve uzun zaman boyunca soruna, yani evrenin niçin çağımızda gözlemlediğimiz hale (homojen ve izotrop hale) gelecek şekilde evrim geçirmiş olduğuna ilk koşullardan yola çıkan işleyiş açıklamalarıyla çözüm getirilmeye çalışıldı. Sorun şöyle de ifade edilebilir: Geçmişte birbirlerine yakın olmuşlarsa da, herhangi bir enformasyon alışverişine vakitleri olmamış, evrenin birbirinden son derece uzak iki bölgesinin esas olarak aynı özellikleri gösteriyor olması nasıl açıklanabilirdi? Bu mesele, günümüzde "ufuk meselesi" olarak adlandırılır.

Evrenin düzlemselliği meselesi [\[değiştir\]](#)



Genel göreliliğe göre evren "kapalı", "açık" ya da "düz"dür. Şemada evrenin biçimine ilişkin bu mümkün, farklı geometrik tipler görülmektedir: "Kapalı evren", "hiperbolik evren" ve "düz evren".

Evrenin evriminin incelenmesi ele alındığında karşılaşılan bir başka mesele muhtemelen "eğrilik yarıçapı" (bir kürenin ya da elipzoid bir cismin merkezinden yüzeye olan mesafe; sözkonusu cisim bir eğri yüzeyden ibaretse eğri yüzey küresel cisme tamamlanarak da yarıçap elde edilebilir) meselesidir. Genel görelilik şunu ortaya koymaktadır ki, eğer evrende maddenin dağılımı homojense, bu takdirde evrenin geometrisi yalnızca tek bir



[parametreye](#), "uzaysal eğrilik" ^[31] denilen parametreye bağlıdır. Sezgisel olarak, bu niceliğin, sözkonusu koşullarda artık geçerli olmayacak "öklid geometrisi"nin ötesindeki bir uzaklık skalasıyla ilgili olduğu söylenebilir. Örneğin köşeleri birkaç milyar ışık yılı uzaklığa yayılmış dev bir üçgenin içaçılarının toplamı 180 dereceye eşit olmayabilir. Doğrulanmamış olmakla birlikte, gözlemlenebilir evrenin mesafelerinden daha büyük mesafelerin sözkonusu olduğu durumlarda bu tür olgularla karşılaşılması gayet normaldir. ^[32]

Bununla birlikte, "eğrilik yarıçapı" denilen uzunluk skalasının [gözlemlenebilir evrenin](#) boyutuna kıyasla gittikçe küçük hale gelme eğiliminde olması durumunda, bir başka mesele ortaya çıkmaktadır. Bir başka deyişle, eğer "eğrilik yarıçapı" beş milyar yıl önce "gözlemlenebilir evren" in boyutundan daha büyük idiyse de günümüzde "gözlemlenebilir evren" in boyutundan daha küçük olması ve sözü edilen etki ya da sonuçlarının görünür hale gelmesi gerekiyordu. Bu akıl yürütmeye devam edilerek, eğriliğe bağlı etki ya da sonuçları halen görülür olmadığına göre, eğrilik yarıçapının nükleosentez döneminde gözlemlenebilir evrenin boyutundan son derece daha büyük olduğu söylenebilir. Eğrilik yarıçapının gözlemlenebilir evrenin yarıçapından halen büyük kalması olayına günümüzde düzlemsellik meselesi (İng. flatness problem) ^[33] adı verilmektedir.

Tekkutuplular meselesi [\[değiştir\]](#)

Parçacık fiziği evrenin genişlemesinden doğan soğuması sırasında yavaş yavaş yeni parçacıkların ortaya çıktıklarını öngörür.

Bunlardan bazıları ilksel evrende meydana geldiği sanılan, [hal değişimi](#) denilen olay sırasında ortaya çıkmış olmalıydılar. Bazılarına tekkutuplu ya da manyetik tekkutuplu ^[34] denilen bu [parçacıklar](#) istikrarlı olma özelliğine sahip olup, çok sayıda ve son derece ağır olmalıydılar ([protonun](#) 10^{15} misli olmaları tipik özelliklerinden biridir). Eğer böyle parçacıklar türemişlerse, bunların evrenin yoğunluğuna katkıları da olağan maddeninkine kıyasla hatırı sayılır derecede yüksek olmalıydı.

Oysa, evren, yoğunluğunun bir kısmını pek bilmediğimiz madde türlerine borçluysa da, evrende tekkutuplularınki gibi istisnai bir orana sahip parçacıklara kesinlikle yer yoktur. Parçacık fiziğinin öngörüyor olmasıyla birlikte, keşfedilemediklerinden gerçekten mevcut olup olmadıkları saptanamamış bu tür ağır parçacıklar meselesi tekkutuplular meselesi olarak adlandırılır.

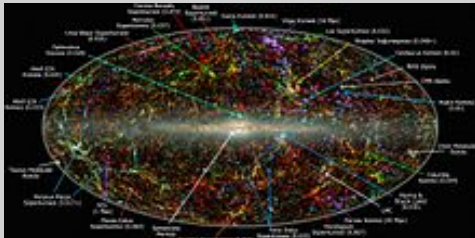
Yapıların oluşumu meselesi [\[değiştir\]](#)

Gözlemler, evrenin büyük ölçeklerde homojen olduğunu göstermekle birlikte, aynı zamanda, küçük ölçeklerde (gezegenler, yıldızlar, galaksiler vs.) homojenlikten sapmalar içerdiğini, yani homojen olmama özelliği de taşıdığını göstermektedir.

Günümüzde, belirli koşullar oluştuğunda maddenin dağılımındaki küçük bir homojen olmama halinin nasıl, çevresinden daha yoğun, önemli bir [astrofiziksel](#) cismi yaratana dek büyüyüp geliştiği bilinmekte, açıklanabilmektedir. Buna [Jeans Kararsızlığı](#) işleyişi adı verilmektedir. Bununla birlikte, böyle bir işleyişin meydana gelmesi için öncelikle küçük bir homojen olmayış mevcudiyetinin varsayılması gerekir ve ayrıca gözlemlenen astrofiziksel yapıların çeşitliliği göstermektedir ki başlatıcı etkide bulunan bu homojen olmayış hallerinin genişlik ve boyut olarak dağılımı "Harrison-Zel'dovich spectrumu" adıyla bilinen kesin bir yasaya tâbidir. İşte ilk Big Bang modelleri bu tür çalkantı ya da kararsızlıkları açıklamada yetersiz kalmaktaydı. Bu yüzden ilk Big Bang modelleri ortaya atıldığında yapıların oluşumu meselesi ortaya çıkmıştı.

Önerilen çözümler [\[değiştir\]](#)

Ufuk meselesi hakkında [\[değiştir\]](#)



Samanyolu'nun ötesindeki galaksilerin dağılımını gösteren panoramik görünüş.

Ufuk meselesi ile düzlemsellik meselesi köken olarak aynı mesele kapsamında ele alınabilir. Zaman ilerledikçe genişleme sürmekte ve gitgide daha çok madde içeren daha büyük bölgelere geçilmektedir. Zaman ilerledikçe sayıları görünür şekilde artan galaksilerin aynı özelliklere sahip olmaları şaşırtıcı bir husustur.

Bu meselenin bir çözümü, evren tarihinin erken döneminde evrenin hali hakkındaki belirli bir enformasyonun tüm evrene son derece hızla yayılmış olduğu fikrindedir. Böyle bir durumda evrenin birbirlerine son derece uzak bölgeleri birbirlerine benzer oluşumlar içine girmelerini sağlayacak enformasyon alışverişinde bulunmuş olabilirler. Bu çözümün karşısındaki engel, [özel görellik kuramıdır](#); özel görellik kuramı hiçbir şeyin ışıktan daha hızlı hareket edemeyeceğini şart koşmaktadır.

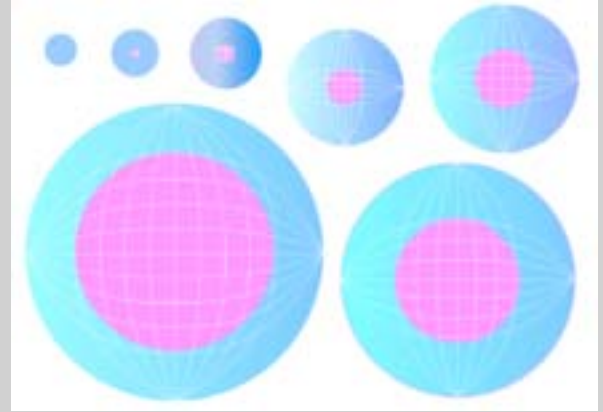
Bununla birlikte, evrenin genişlemesi çok hızlı olmuş olmasına rağmen, özel görellik sınırları bir şekilde aşılmış olabilir. Aslında, böyle bir durumda, gözlemlenebilir evrenin boyutu sabit kalırken, evrenin iki bölgesi arasındaki uzaklık üslü olarak artabilir. Yani başlangıçta çok küçük ve homojen olan bir bölge [gözlemlenebilir evren](#) bölgesine oranla son derece büyük bir boyuta erişme olanağına sahiptir. Sabit genişleme oranlı bu evre tamamlandığında evrenin bulunduğumuz homojen bölgesi gözlemlerimize ulaşan halinden son derece daha büyük olabilir.

Friedmann denklemleri, evrende tipik olmayan bir madde türünün varlığının kabulü şartıyla, bu tür senaryoların mümkün olabileceğini göstermektedir.

Düzlemsellik meselesi hakkında [değiştir](#)



Bir küresel biçimin eğriliğinin algılanması, üzerinde ölçme işleminin yapıldığı bölgenin rölatif boyutuna bağlıdır. Bu boyut arttığında eğri gitgide görünür hale gelir. Şemada küresel yüzey genişleme halindeki evreni, renkli (pembe) kısım ise rölatif boyutu zamanla artan gözlemlenebilir kısmı temsil etmektedir. (Dikkat ! Evren bir küre değildir, nitekim burada da bir yüzeyle temsil edilmiştir.)



Düzlemsellik meselesi de aynı tarzda çözülebilir. Meselenin özü şudur: "Eğrilik yarıçapı", gözlemlenebilir evrenin boyutundan daha az hızla büyümektedir. Oysa eğer genişlemeye hükmeden yasa, olağan maddeyle dolu bir evrenin genişlemesine hükmeden yasadaki farklıysa bu artık doğru olamaz. Tipik olmayan özelliklere sahip (örneğin basıncı negatif olan) bir madde türünün mevcudiyeti varsayıldığında, "eğrilik yarıçapı" gözlemlenebilir evrenin boyutundan daha hızlı büyüyecektir. Eğer böyle bir genişleme evresi geçmişte olmuş ve yeterince uzun bir zaman sürmüşse eğrilik yarıçapının ölçülebilir olmaması hiç de şaşırtıcı değildir.

Tek kutuplular meselesi hakkında [değiştir](#)

Manyetik tekkutuplular meselesi hızlanmış bir genişleme evresi ile çözülebilir. Bu, evrendeki tüm olağan maddenin yoğunluğunu azaltıcı eğilimdedir. Ancak bu durumda yeni bir mesele ortaya çıkar: Hızlanmış genişleme evresi, ardında tümseksiz, çukursuz bir uzaysal düzlem halinde, homojen, fakat maddesiz bir evren bırakır.

1980'li yılların başlarında Alan Guth tarafından önerilen "kozmetik şişme" senaryosu bu sorunların tümünü gideren bir çözüm olmuştur. Bu çözümde, hızlanmış genişleme evresine neden olan, gerekli tüm özelliklere sahip, "tipik olmayan madde" türüdür.^[35] Çözümde, hızlanmış genişlemenin sonucunda kararsız (değişken) hale gelen bu genişleme evresinden sorumlu olan "sayıl alan" (İng. scalar field)^[36] "ısıtma öncesi" ve "ısıtma" denilen karmaşık süreçler sırasında, aşama aşama "standart model"^[37] parçacıkları halinde parçalanır.

Kozmik şişme ile ilgili sunulan ilk modeller çeşitli teknik sorunlar taşımış olsa da, önerilen sonraki modeller bu teknik sorunlardan arındırılarak, makul bir duruma gelecek şekilde geliştirilmiştir. Tekkutuplular, düzlemsellik ve ufuk meselelerinin kozmik şişme çözümüne alternatif bir çözümü Weyl curvature hipoteziyle ^[38] sunulmuştur. ^[39]

Büyük yapıların oluşumu hakkında [değiştir](#)

Kozmik şişmede, maddenin her türüne ilişkin [kuantum](#) çalkantıları ya da dalgalanmaları vardır (Heisenberg'in [belirsizlik ilkesinin](#) sonucu olarak). Şişmenin beklenmedik sonuçlarından biri, başlangıçta [kuantum](#) tabiatlı bu çalkantıların "hızlanmış genişleme evresi" sırasında olağan klasik yoğunluklar haline gelmek üzere evrim geçirmeleridir. Bu çalkantıların "kozmojik karışıklıklar teorisi" kapsamında gerçekleştirilen tayf hesaplamaları, sözkonusu çalkantıların "Harrison-Zeldovitch tayfi" ^[40] baskılarını izlediklerini ortaya koymuştur.

Böylece kozmik şişme, evrendeki homojenlikten küçük kaçışların ya da sapmaların ortaya çıkışını açıklayabilmemize olanak sağlamaktadır. İlk kozmik şişme modelinin beklenmedik başarısı, ardından daha geliştirilmiş bir halinin hazırlanmasına öncülük etti: Bu modele göre, kozmik şişme evresi sırasında yaratılan küçük homojen olmama hallerinin ayrıntıları, güncel evrenimizdeki homojen olmama hallerinin ilk nedenleri olabilirler. [COBE](#) ve WMAP uydularınca gözlemlenen "kozmetik arkaplan dalgalanmaları"na ilişkin verilerin incelenmesi yoluyla yapılan gözlemler ile bu tahminler arasındaki uyum ilginç düzeydedir. SDSS (Sloan Digital Sky Survey) ^[41] ekibi tarafından hazırlanan "galaksiler kataloğu" adlı çalışma sonuçlarında da görülen bu uyum, 20. yy. kozmolojisinin büyük başarılarından birini gözler önüne sermektedir.

Karanlık madde [değiştir](#)

Ana madde: [Karanlık madde](#)



Hubble Uzay Teleskobu ile Abell 1689 içerisinde gözlenen güçlü kütleçekimsel mercekleme, karanlık maddenin varlığını gösterir - Mercekleme eğrilerini görmek için resmi büyütünüz

1970'li ve 1980'li yıllarda yapılan çeşitli gözlemler, galaksilerin içindeki ve galaksiler arasındaki kütleçekimsel güçlerin görünürdeki (zahiri) etkisini açıklayabilecek yeterince gözle görülür madde olmadığını kanıtlamıştır. Bu saptama, doğal olarak, evrendeki maddenin azami % 90'ının ışık yaymayan ya da normal [baryonik](#) madde ile etkileşime girmeyen bir madde türünden (karanlık madde) oluştuğu sonucuna varılmasını sağlamıştır. Karanlık madde kısaca, ışın yaymayan ya da [elektromanyetik](#) ışınları doğrudan algılanabilecek şekilde yeterince yansıtamayan bir madde türüdür. Karanlık maddenin varlığı başlangıçta tartışmalı bir mesele olmuşsa da, sonradan çeşitli gözlemler, özellikle şu gözlemler varlığını iyice ortaya koymuş durumdadır: [Kozmik mikrodalga arkaplan ışımasındaki](#) anizotropiler^[29], [galaksi kümelerindeki](#) hız kayıpları, yapıların dağılımlarının geniş skalası ve galaksi kümelerindeki [X ışınları](#) ölçümleri.^[42] Hiçbir karanlık madde parçacığı laboratuvar ortamında üretilmemiş olmakla birlikte, karanlık maddenin varlığının kanıtı özellikle diğer maddeler üzerindeki [kütleçekimsel](#) etkisinde bulunmaktadır. Şimdiye dek, karanlık madde parçacıkları olabilecek pek çok [parçacık](#) bilim çevrelerine aday olarak sunulmuş ve karanlık madde parçacıklarını ortaya çıkarmak ya da keşfetmek üzere birçok proje başlatılmıştır.^[43]



Karanlık enerji [değiştir](#)

la tipi [süpernovalardaki](#) "kırmızıya kayma"-"görünür [kadir](#)" ilişkisinin ölçümleri evrenin genişlemesinin evrenin şimdiki yaşının yarısına gelmesinden itibaren hızlanmış olduğunu göstermiştir. Bu hızlanmayı açıklamada, "genel görelilik" evrendeki enerjinin bir kısmının büyük negatif basınca sahip bir unsurdan oluşmuş olmasını zorunlu kılmaktaydı ki, bu unsura ya da enerjiye günümüzde "karanlık enerji" adı verilmektedir. Karanlık enerjinin varlığı başka yollarla da anlaşılmaktadır.

Negatif basınç bir tür vakum enerjisi özelliği gösterir. Fakat karanlık enerjinin gerçek doğası Big Bang'ın büyük sırlarından birinin kalıntısıdır denilebilir. Kimilerine göre kozmolojik bir cevher ya da bir sabitedir. 2008'deki WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) uydusu ekibinin "[kozmetik mikrodalga arkaplan ışınması](#)"nın verileriyle ve diğer kaynakların verileriyle birleştirilen sonuçları günümüzdeki evrenin % 72'sinin karanlık enerjiden, % 23'ünün karanlık maddeden, % 4.6'sının düzenli (olağan) maddeden ve % 1'den az bir kısmının nötrinolardan oluştuğunu göstermiştir ^[44] Maddedeki enerji yoğunluğunun evrenin genişlemesiyle azalmasına karşın karanlık enerjinin yoğunluğu sabit kalmaktadır. Sonuç olarak, madde geçmişte evrenin tüm enerjisinin önemli bir kısmını oluşturmuşsa da ve halen hatırı sayılır bir kısmını oluşturuyorsa da, uzak bir gelecekte evrene katkısı iyice düşecek ve karanlık enerji daha da baskın duruma gelecektir.

Halihazırdaki en iyi Big Bang modeli olan Λ CDM modelinde ^[45] karanlık enerji [genel görelilik kuramındaki](#) bir [kozmojik sabitenin](#) varlığıyla açıklanmaktadır. Bununla birlikte karanlık enerjiyi güzelce açıklayan sabitenin boyutu, [kuantum kütleçekimine](#) ilişkin fikirler üzerine kurulu tahminlere gelindiğinde, şaşırtıcı ölçüde küçük gösterilmektedir. Kozmolojik sabite ile diğer karanlık enerji açıklamaları arasındaki tefrik, halihazırda bir araştırma alanıdır, devam eden araştırmalara konu teşkil eden aktif bir çalşıma sahasıdır.

Kozmik şişmeyi kabul eden farklı kozmolojik modeller [\[değiştir\]](#)



Sicim kuramına dayalı bazı modellere göre, *braneler* üzerine yerleşik evrenler çok boyutlu bir "süper-evren"de yüzmektedir.

Big Bang'ın evren tarihinin ilk ya da başlangıç anına dayalı olduğu inancı yanlış bir inanıştır. Big Bang yalnızca evrenin yoğun ve sıcak bir dönemden geçmiş olduğunu gösterir. Bu yoğun ve sıcak evreyi çok farklı tarzda betimleyen çeşitli kozmolojik modeller vardır.

Sunulan ilk modellerden birinde [Georges Lemaître](#) maddenin yoğunluğunun nükleer madde yoğunluğunda (10^{15} g/cm³) olduğu bir ilk hali varsayıyordu. Lemaître, haklı olarak, böyle yoğunluklardaki maddenin davranışını kesin olarak bilme iddiasında bulunmanın güç olduğunu düşünüyor ve genişlemeyi başlatan şeyin bu kararsız (değişken) dev atomik çekirdeğin parçalanması olduğunu varsayıyordu. Lemaître daha önce, 1931'de, evren tarihinin ilk anlarını tanımlamada daima [kuantum mekaniğine](#) başvurmak gerektiğine ^[46] ve uzay (mekân) ile zaman kavramlarının alışılmış niteliklerini muhtemelen kaybetmiş halde olacağına dikkat çekiyordu. ^[47]

Günümüzde klasik Big Bang modellerinin yetersiz kaldığı noktaları tamamlayan, kozmik şişme ve Big Bang'ı farklı bir bakış açısıyla ele alan farklı modeller oluşturulmuştur. Bazı kozmik şişme modelleri sonsuz (ebedi) bir evren varsayarlar, pre-Big Bang gibi bazı modeller ilk halin pek yoğun olmadığını, buna karşılık ardından bir geri sıçrama evresi geçirdiğini varsayarlar, [sicim kuramına](#) dayalı bazı modeller ise "gözlemlenebilir evren" in dört boyutluluğun da ötesindeki bir uzaya dalmış halde olduğunu varsayarlar. ^[48] Bu sonuncu modellere göre, Big Bang ve genişleme hareketi iki *brane* ^[49] arasındaki çarpışmadan kaynaklanmaktadır. ^[50] Bazı modeller de evrenin hareketini tekrarlanan bir nabız atışına (genişleme ve büzülme) benzetirler.

Sonuç olarak tekrar etmek gerekir ki, gözlemlediğimiz evren Big Bang'dan doğmuştur. Big Bang teorisine göre, günümüzde tanıdığımız elementer [parçacıklar](#) sözkonusu yoğun ve sıcak dönemde oluşmuşlar ve sonraki süreçlerde evrende gözlemlediğimiz tüm yapılar oluşmuştur.

Big Bang nedir, ne değildir [\[değiştir\]](#)

Big Bang herhangi "bir yer"de olmuş bir patlama değildir. Yani Big Bang ya da Büyük Patlama, adının böyle olmasına karşın, konuya aşina olmayan kimilerinin adını ilk duyduğunda hayal ettiği gibi, günümüzdeki galaksileri oluşturan maddeyi dışarı fırlatıp atan, herhangi bir noktada meydana gelmiş bir patlama değildir. Big Bang'ın ilk döneminde evrende (en azından gözlemlenebilir evren bölgesinde) hüküm süren koşullar her yerde aynıydı. Buna karşılık maddi unsurların evrenin genişlemesi olgusuyla

birbirlerinden hızla uzaklaştıkları doğrudur. Büyük Patlama terimi de işte bu genişleme hareketinin şiddetine gönderme yapmak üzere tercih edilmiş bir terimdir, özel bir yerdeki patlamayı kastetmemektedir. Big Bang'ın anladığımız anlamda bir merkezi ya da özel bir yönü yoktur. Evrenin geçmişte nasıl olduğunu ancak evrenin uzak bölgelerini gözlemleyerek anlayabilmekteyiz, evrende ne kadar uzak bir bölgeyi gözlemleyebilirsek, evren tarihinde de o kadar uzak bir geçmişe gidebilmiş oluruz. Fakat günümüzde görebildiğimiz şey doğrudan doğruya Big Bang'ın ilk döneminin kendisi değil, evren tarihindeki bu sıcak aşamanın ışıklı yansıması diyebileceğimiz "kozmetik arkaplan ışması"dır. Bu ışma esas olarak tekbiçimli olup her yönde gözlemlenebilmektedir ki, bu, Big Bang'ın gözlemlene olanağı bulduğumuz bölgelerde son derece homojen bir tarzda meydana geldiğini göstermektedir. Bakışlarımızı asla Big-Bang'ın ilk haline kadar götüremeyecek olmamızın nedeni, ilksel evrenin, yüksek yoğunluğundan dolayı, donuk ışmalı oluşudur; tıpkı Güneş'in merkezini doğrudan göremeyecek oluşumuz, ancak onun yüzeyini gözlemleyebiliyor oluşumuz gibi...

Felsefi sonuçları [\[değiştir\]](#)

Big Bang'ın önerdiği ya da en azından sade modelinde önerdiği çözüm, şaşılacak derecede [yaratılışçı](#) bir görünüm taşıyordu. Her şeyden önce, sonuç, evrenin bir başlangıcı olduğu anlamına geliyordu. Bilim çevreleri hariç tutulursa bu, birçok zihnin emin olduğu bir konunun doğrulanması gibi görünüyordu. O zamana dek felsefe ve [teoloji](#) kapsamına mahsus kalmış bir sahada ilk kez bilimin de söz hakkı doğmuş gibiydi. Bu nokta Papa XII. Pius tarafından özellikle ifade edilmiştir. Fakat dikkat çekmek gerekir ki, Big Bang'ın önerdiği kronoloji, Yaratılış'ın sonsuz olduğuna inanan [Newton](#), [Einstein](#) gibi çekim teorilerinin büyük mimarlarının kanaatlerinin aksi bir görünümdeydi. Lemaître Papa'nın ifade ettiği farklı bir bakış açısının mimarıydı. Buna karşılık, elle tutulur kanıtlara dayanılmasa da, Lemaître'e Big Bang modelini hazırlamasında dinî kanaatlerinin yardımcı olduğunu ileri sürenler olmuştur.^[51] Kozmoloji ve genel olarak bilim, dinî (ya da felsefi) alanın kapsamında kalan konuları desteklemeye veya çürütmeye gönüllü değildir.

Bununla birlikte Big Bang teorisi yaratılışçıların lehine görünen sonuçlara varmış bulunuyordu. Örneğin ABD'li astrofizikçi Hugh Ross konuya ilişkin şu açıklamada bulunmuştur:

"Zaman, olayların meydana geldiği boyut olduğuna göre, eğer madde, Big Bang'la ortaya çıkmışsa, o halde evreni ortaya çıkaran sebebin evrendeki zaman ve mekândan tümüyle bağımsız olması gerekir. Bu da bize Yaratıcı'nın evrendeki tüm boyutların üzerinde olduğunu göstermektedir."^[52]

Bilim insanlarından gelen eleştiriler [\[değiştir\]](#)

Big Bang teorisini reddeden ve teorinin eleştirilecek çok yanı olduğunu düşünenlerden biri "durağan hal teorisi"nin mimarlarından Fred Hoyle'dür. Teoriye bilim dünyasından karşı duranlar arasından şu isimler örnek olarak verilebilir:

- Hannes Alfvén (1908-1995): Plazma fiziğindeki çalışmalarından ötürü 1970'te Nobel Fizik Ödülü sahibi olmuştur. Big Bang'ı tümüyle reddetmiştir. Kendi teorisi olan "plazma evren" teorisini savunur.
- Edward Arthur Milne (1896–1950): Newton'cu kozmolojiden hareket ederek, genişlemenin statik bir evrendeki galaksiler hareketinden başka bir şey olmadığını savunmuştur.
- Arno Allan Penzias ve Robert Woodrow Wilson: 1968'de kozmolojik termik ışımayı keşiflerinden ötürü 1978'de Nobel Fizik Ödülü sahibi olmuşlardır. Keşfettikleri sonradan « kozmik mikrodalga arkaplan ışması» olarak adlandırılmıştır.

Yadsınamaz başarılarına karşın Big Bang'a günümüzde de, bilim dünyasının bir kısmı muhalefet etmektedir. Bu muhalefet cephesinde bazı astronomlar da vardır. Bu muhaliflere örnek olarak, maddenin yaratılışını esas alan yeni bir "durağan hal" versiyonu^[53] geliştirmiş olan Geoffrey Burbidge, Fred Hoyle ve Jayant Narlikar belirtilebilir.^[54] Big Bang'a son zamanlarda yeniden getirilen bir eleştiri de, Abell 1835 IR1916 ve HUDF-JD2 galaksileri gibi bazı uzak kozmik cisimlerin yaşı ile daha genç kalan evrenin yaşı arasındaki uyumsuzluk konusundadır. Fakat çoğu zaman bu tür sorunlar kötü yaş tahminlerinden ileri gelmektedir.

Güncel durum [\[değiştir\]](#)

Big Bang teorisi esasen iki temel fikir üzerine kuruludur: Fiziksel yasaların evrenselliği ve kozmolojik prensip. Kozmolojik prensip daha önce değinildiği gibi, evrenin makro ölçeklerde homojen ve izotrop olduğunu varsayar. Bu fikirler önceleri birer hipotez konumundaydılar, fakat günümüzde gözlemlerle desteklenmektedirler.

Gözlemsel kozmoloji alanındaki gözlemsel gelişmeler Big Bang'a kesin bir destek sağlamaktadır, en azından bu alanda çalışan araştırmacılar arasında bu görüş ortaktır.^[56] Big Bang'ın karşısındaki temel teori olan "durağan hal teorisi" de kozmik arkaplan ışımaya ilişkin gözlemleri, hafif elementlerin salınmasını ve galaksilerin evrimini açıklamakta yetersiz kalışı nedeniyle günümüzde tümüyle marjinal bir duruma gelmiş bulunmaktadır.

Big Bang aslında, halen gözlemlerin bir yanlışını çıkaramadığı genel göreliliğin bir sonucudur.^[56] Dolayısıyla kimilerine göre Big Bang'ı reddetmek genel göreliliği reddetmek demektir.

Buna karşılık birçok dönem veya fenomenin halen pek fazla bilinmediği bir gerçektir. Örneğin, [antimaddeye](#) kıyasla hafif bir madde fazlasının sözkonusu olduğu baryogenez dönemi ve kozmik şişme evresinin sonuna ilişkin ayrıntılar, özellikle ısınma-öncesi ve ısınma evreleri... Geliştirilecek yanları olan Big Bang modelleri halen gelişim içinde olmakla birlikte, artık Big Bang'ın genel kavramını tartışmak yeterince güçleşmiş bulunmaktadır.

Büyük Patlama teorisine göre gelecek [değiştir](#)



Bir evrenin bir bölgesinin Büyük Çöküş'e maruz kalışının temsili resmi

Karanlık enerjinin varlığının anlaşılmasından önce, kozmologlar evrenin geleceği hakkında iki senaryo geliştirmişlerdi. Evrenin "kütle yoğunluğu" "kritik yoğunluk"tan (İng. critical density)^[57] büyük olduğu takdirde evren maksimum boyutuna ulaştıktan sonra çöküş sürecine girecekti. Daha yoğun ve daha sıcak olacak ve bu süreci "Büyük Çöküş" (İng. Big Crunch)^[58] denilen, başlangıçtaki haline benzer bir halle tamamlayacaktı.^[59] Bu senaryoya alternatif olarak, evrendeki yoğunluk "kritik yoğunluğa" eşit veya bunun

altında olduğu takdirde genişleme yavaşlayacak, fakat asla durmayacaktı. Yıldızlararası gazlardaki yıldız oluşumu tüm galaksilerde duracak, yıldızlar [ak kücelere](#), [nötron yıldızlarına](#) ve [kara deliklere](#) dönüşeceklerdi. Bunlar arasındaki çarpışmalar da yavaş yavaş kütle birikimlerinin oluşmasını, yani daha büyük kütleli cisimlerin oluşmasını ve giderek büyük kara delikler haline gelmeleri sonucunu doğuracaktı. Evrenin ortalama sıcaklığı [sonuşmaz](#) olarak "mutlak sıfır"a yaklaşacaktı (evrenin ısısal ölümü) Ayrıca [proton](#) kararsız kaldığı takdirde [baryonik](#) madde ardında yalnızca ışımaya ve kara delikler bırakarak yok olacaktı. Sonunda kara delikler de "Hawking radyasyonu" yayarak buharlaşacaklardı (yok olacaklardı). Böylece evrenin entropisi hiçbir organize enerji türünün kendisini kurtaramayacağı "evrenin ısısal ölümü"^[60] denilen bir noktaya tırmanacaktı.

Modern "hızlı genişleme" gözlemleri şunu göstermektedir ki, bugünkü "görülür evren" yavaş yavaş "olay ufku"muzun ötesine kayacak ve temas olanaklarımızın dışına çıkacaktır. Sonraki durum ya da nihai sonuç bilinmemektedir. En gelişmiş Big Bang modeli olan Λ CDM modeli, karanlık enerjiyi bir "kozmojik sabite" biçimi olarak kabul eder. Bu teori ya da model yalnızca galaksiler gibi sınırlı çekimsel sistemlerin birlikte kalabileceklerini varsayar ki, ısısal ölümden onlar da kaçamayacaklardır. Karanlık enerjiye ilişkin, "fantom enerji teorileri" denilen başka açıklamalar ise sonunda galaksi kümelerinin, yıldızların, gezegenlerin, atomların vb.'nin ebedi genişlemeyle ayrılacaklarını ileri sürmektedir.^[61] Buna Big Rip^[62] adı verilmektedir.

Büyük Patlama'nın ötesindeki spekülatif fizik [\[değiştir\]](#)



Evrenin çok sayıda uzay boyutu içerdiğini varsayan sicim kuramında ve süper sicim kuramında sözü edilen, birçok büzülmüş uzay boyutunun ifade edilmeye çalışıldığı, bir Calabi-Yau uzayı örneği



Big Bang modeli kozmolojide yerleşmiş olmakla birlikte, gelecek konusunu yanıtlamada daha yeterli olması gerektiği anlaşılmaktadır. Evrenin en erken dönemi hakkında da pek az şey bilinmektedir. Penrose-Hawking tekilliği teoremleri kozmik zamanın başlangıcında bir tekilliğin varlığını zorunlu kılmaktadır. Fakat bu teoremler, genel göreliliğin hep geçerli olduğunu varsayarlar; oysa evrenin [Planck ısısına](#) ulaşmasından önceki dönemde genel göreliliğin geçerli olmaması gerekir ve "tekillik"ten ancak bir [kuantum kütleçekimi](#) davranışı kaçınılabilir.^[63] Prensipten olarak, evrenin "[gözlemlenebilir evren](#)"in ötesinde de parçaları olabilir. Bu, "kozmetik şişme" olduysa gayet mümkündür; çünkü üslü (matematiksel üslerle ifade edilebilecek) bir genişleme, uzayın büyük bölgelerini "gözlem ufku"muzun ötesine itmiş olabilir.

Denenmemiş hipotezleri gerektiren bazı öneriler şunlardır:

- Hartle-Hawking sınırsız halini içeren modeller: Bunlarda uzay-zaman bütünü sınırlıdır; buradaki Big Bang, zamanın sınırını bir tekilliğe ihtiyaç duymaksızın temsil eder.^[64]
- *Brane* kozmolojisi modelleri:^[65] Bunlarda kozmik şişme, [sicim kuramındaki](#) brane'lerin ^[66] hareketinden kaynaklanır. Bunlar, "Pre- Big Bang modeli", Big Bang'ın iki *brane* arasındaki çarpışmanın sonucu olarak kabul edildiği "ekpirotik model" ve ekpirotik modelde belirtilen çarpışmaların periyodik olarak tekrarlandığını varsayan "döngüsel model"dir (İng. cyclic model).^{[67][68][69]}
- Kaotik şişme teorisi: Kaotik şişme teorisinde kozmik şişme olayları rastlantısal bir [kuantum kütleçekimi](#) dahilinde her yerde başlar, ayrı Big Bang'ları olan ayrı evrenler oluşur.^{[70][71]}

Son iki kategoride yer alan modeller Big Bang'ı evrenin bir başlangıcı olarak değil, çok daha büyük, çok daha eski ve çok tabakalı (ya da çok boyutlu) varsayılan evrendeki tali bir olgudan ibaret olarak görürler.

Ayrıca bakınız [\[değiştir\]](#)

- [Özel görelilik kuramı](#)
- [Genel görelilik kuramı](#)
- [Kozmoloji](#)
- [Kozmik mikrodalga arkaplan ışınması](#)
- [Evrenin genişlemesi](#)
- [Büyük Çöküş](#)
- [Sicim Kuramı](#)
- [Kuantum](#)
- [Büyük Patlama Kronolojisi](#)

Dış bağlantılar [\[değiştir\]](#)

- [WMAP Big Bang Cosmology](#)
- [Big Bang](#)
- [big bang theory](#)
- [Creation of a Cosmology](#)
- [Cosmology at the Open Directory Project](#)
- Dossier Sagascience du Centre national de la recherche scientifique : *[Big bang](#)
- [Vidéo-conférence](#) sur le thème : « Le Big Bang » (intervention de Marc Lachièze-Rey)
- [Ned Wright's Cosmology Tutorial](#), initiation à la cosmologie, sur le site professionnel d'Edward L. Wright. Il existe un lien vers une version française.

- [Présentation de l'ouvrage « L'invention du big bang »](#) par son auteur Jean-Pierre Luminet

Kaynakça [\[değiştir\]](#)

- Kolb, Edward; Michael Turner (1988). The Early Universe. Addison-Wesley. [ISBN 0-201-11604-9](#).
- Peacock, John (1999). Cosmological Physics. Cambridge University Press. [ISBN 0-521-42270-1](#).
- Barrow, John D. (1994). The Origin of the Universe: To the Edge of Space and Time. Phoenix. pp. 150.
- Alpher, R. A.; R. Herman (August 1988). Reflections on early work on 'big bang' cosmology. Physics Today. pp. 24–34.
- Mather, John C.; John Boslough (1996). The very first light: the true inside story of the scientific journey back to the dawn of the universe. New York: BasicBooks. pp. 300. [ISBN 0-465-01575-1](#).
- Singh, Simon (2004). Big Bang: The most important scientific discovery of all time and why you need to know about it. Fourth Estate.
- Stephen W. Hawking, Une brève histoire du temps, J'ai lu, 2000, [ISBN 2-290-30711-4](#)
- Stephen W. Hawking, L'univers dans une coquille de noix, Odile Jacob, coll. « Sciences », 2002, [ISBN 2-7381-1035-5](#)
- Stephen W. Hawking et G. F. R. Ellis, The large scale structure of space-time, Cambridge University Press, coll. « Cambridge Monographs on Mathematical Physics », 1975, 400 pages ([ISBN 0-521-09906-4](#))
- Andrei D. Linde, Particle Physics and Inflationary Cosmology, Harwood, Chur, 1990, 384 pages ([ISBN 3-7186-0490-6](#)). Version disponible en ligne sur le site arXiv.org [1]
- Edward W. Kolb & Michael S. Turner, The Early Universe, Perseus Books Group, 1993 ([ISBN 0-201-62674-8](#))
- Philip James Edwin Peebles, Principles of Physical Cosmology, Princeton University Press, 1993, 736 pages ([ISBN 0-691-01933-9](#))
- John A. Peacock, Cosmological Physics, Cambridge University Press, coll. « Cambridge Astrophysics Series », 1998, 702 pages ([ISBN 0-521-42270-1](#))
- Andrew R. Liddle & David H. Lyth, Cosmological Inflation and Large-Scale Structure, Cambridge University Press, 2000, 414 pages ([ISBN 0-521-57598-2](#))
- Scott Dodelson, Modern Cosmology, Academic Press, 2003, 464 pages ([ISBN 0-12-219141-2](#))
- Andrew Liddle, An Introduction to Modern Cosmology, John Wiley & Sons, 2003, 188 pages ([ISBN 0-470-84835-9](#))
- Viatcheslav Mukhanov, Physical Foundations of Cosmology, Cambridge University Press, 2005, 442 pages ([ISBN 0-521-56398-4](#))

Notlar ve referanslar [\[değiştir\]](#)

1. ^{[a](#) [b](#) [c](#) [d](#)} "Big-bang model." *Encyclopædia Britannica. Ultimate Reference Suite. Chicago: Encyclopædia Britannica, 2011.*
2. ^{[a](#) [b](#) [c](#)} [Scientific modelling](#)
3. ^{[^](#)} Lemaître, G. (1927). "Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant rendant compte de la vitesse radiale des nébuleuses extragalactiques". *Annals of the Scientific Society of Brussels* 47A: 41. (French) (Translated in: "[A Homogeneous Universe of Constant Mass and Growing Radius Accounting for the Radial Velocity of Extragalactic Nebulae](#)". *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* 91: 483–490. 1931. [Expansion of the universe,Lemaître](#)) Lemaître, G. (1931). "The Evolution of the Universe: Discussion". *Nature* 128: 699–701. doi: [10.1038/128704a0](#).
4. ^{[^](#)} [E. Britannica/big-bang-model](#)
5. ^{[^](#)} Alpher, R.A.; Bethe, H.; Gamow, G. (1948). "[The Origin of Chemical Elements](#)". *Physical Review* 73: 803. doi: [10.1103/PhysRev.73.803](#) [Gamow](#)
6. ^{[^](#)} Hubble, Edwin (1929). "[A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae](#)". *PNAS* 15: 168–173. doi:0.1073/pnas.15.3.168 (inactive 2008-10-14). http://antwrp.gsfc.nasa.gov/debate/1996/hub_1929.html.

7. [^ Nucleosynthesis](#)
8. [^ BBC News - 'Big bang' astronomer dies](#)
9. [^ Foundations of the Big Bang Model, Cosmological principle](#)
10. [^ ^{a b c d} Isotrope](#)
11. [^](#) Hoyle, F. (1948). "[A New Model for the Expanding Universe](#)". Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 108: 372. [Hoyle](#)
12. [^ Friedmann equations](#)
13. [^](#) Penzias, A.A.; Wilson, R.W. (1965). "[A Measurement of Excess Antenna Temperature at 4080 Mc/s](#)". Astrophysical Journal 142: 419. doi: [10.1086/148307](#). [Penzias/Wilson](#)
14. [^](#) Elektromanyetik tayfın, gözle görülebilen, dalga boyu 400 nm (mor) ila 750 nm (portakal rengi) arasında değişen kısmı
15. [^ Very Large Telescope](#)
16. [^ Keck Observatory](#)
17. [^ Subaru Telescope](#)
18. [^](#) Raghunathan Srikanand, Patrick Petitjean & Cédric Ledoux, *The microwave background temperature at the redshift of 2.33771*, *Nature*, **408**, 931 (2000), astro-ph/0012222 [Voir en ligne](#).
19. [^](#) After 300,000 years, nuclei began to capture electrons and form the first atoms. This cosmic microwave map reveals what the Universe was like after 380,000 years. The red and yellow areas are slightly warmer than the blue and green ones and are a sign that matter was clumping. <http://www.infoplease.com/dk/science/encyclopedia/big-bang.html> (6) When the cosmic microwave background radiation was emitted during atom formation 300,000 years after the Big Bang, its temperature was several thousand degrees and the light was in the visible part of the electromagnetic spectrum. As the Universe expanded, it cooled and the visible light first became infrared radiation then microwaves. The temperature of the Universe now is a frigid 2.725 degrees about absolute zero. (7) During the period in which atoms were forming and earlier, the Universe was opaque in the sense that light could not travel any appreciable distance. It was as though the Universe was "in a fog." At 380,000 years, recombination was essentially completed: Each proton had paired up with an electron to form a hydrogen atom. Light was liberated. The Universe cleared and the cosmic background radiation has traveled undisturbed ever since. When WMAP makes its measurements, it captures some of the radiation that has been traveling uninterrupted for almost 14 billion years. <http://www.jupiterscientific.org/sciinfo/ncupdate.html> After most leptons and anti-leptons are annihilated at the end of the lepton epoch the energy of the universe is dominated by photons. These photons are still interacting frequently with charged protons, electrons and (eventually) nuclei, and continue to do so for the next 300,000 years. http://www.wikinfo.org/index.php/Timeline_of_the_Universe <http://map.gsfc.nasa.gov/media/080998/index.html>
20. [^](#) <http://map.gsfc.nasa.gov/media/080998/index.html>
21. [^](#) [Énergie de masse](#)
22. [^](#) [Baryogenesis](#)
23. [^](#) [équilibre thermique](#)
24. [^](#) La présence de ces neutrinos influe sur le taux d'expansion de l'univers (voir équations de Friedmann), et par suite sur la vitesse à laquelle l'univers se refroidit, et donc sur la durée de la nucléosynthèse, qui elle-même détermine en partie l'abondance des éléments qui sont synthétisés pendant celle-ci.
25. [^](#) Voir par exemple ([İngilizce](#)) Leo Stodolsky, *Some neutrino events of the 21st century*, in *Neutrino astrophysics*, comptes rendus du quatrième atelier SFB-375, château de Ringberg, Allemagne, 20-24 octobre [1997](#), page 178-181, astro-ph/9801320 [Voir en ligne](#).
26. [^](#) Si tel n'était pas le cas, un très fort rayonnement gamma serait émis du voisinage des régions où matière et antimatière coexisteraient. Un tel rayonnement n'est pas observé.
27. [^](#) Kolb and Turner (1988), chapter 6
28. [^](#) Guth, A.H. (1998). *The Inflationary Universe: Quest for a New Theory of Cosmic Origins*. Vintage Books. [ISBN 978-0-09-995950-2](#).
29. [^](#) [^{a b c} Anisotropy](#)
30. [^](#) [Fine-tuning](#)
31. [^](#) [Courbure spatiale](#)
32. [^](#) Örneğin Planck uzunluğu adıyla bilinen, en küçük uzunluğa yaklaşıldıkça uzay-zamanın tümsek ve çukurlukları artar ve iki nokta arasındaki uzaklık” kavramının hiç bir anlamı kalmaz.
33. [^](#) [Flatness problem](#)

34. [^ Magnetic monopole](#)
35. [^](#) Bu çözümde "scalar field" terimi yerine, aynı anlamda "inflation" (şişme, şişkinleşme) terimi kullanılmıştır. [İlgili bilimsel makaleler](#)
36. [^ Scalar field](#)
37. [^ Modèle standard](#)
38. [^ Weyl curvature hypothesis](#)
39. [^](#) Penrose, R. (1979). "Singularities and Time-Asymmetry". Hawking, S.W. (ed); Israel, W. (ed) *General Relativity: An Einstein Centenary Survey*: 581–638, Cambridge University Press.
[^](#) Penrose, R. (1989). "Difficulties with Inflationary Cosmology". Fergus, E.J. (ed) *Proceedings of the 14th Texas Symposium on Relativistic Astrophysics*: 249-264, New York Academy of Sciences. doi: [10.1111/j.1749-6632.1989.tb50513.x](https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.1989.tb50513.x), [2](#)
40. [^ Spectre de Harrison-Zel'dovich](#)
41. [^ Sloan Digital Sky Survey](#)
42. [^](#) Keel, B. "[Dark Matter](#)". Retrieved on 2007-05-28.
43. [^](#) Yao, W.M., et al. (2006). "Review of Particle Physics". *Journal of Physics G* **33**: 1–1232. doi: [10.1088/0954-3899/33/1/001](https://doi.org/10.1088/0954-3899/33/1/001). [Chapter 22: Dark matterPDF](#) (152 KB).
44. [^ Five-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe \(WMAP\) Observations: Data Processing, Sky Maps, and Basic Results](#)" (PDF). [The Astrophysical Journal](#).
45. [^ Lambda-CDM model](#)
46. [^](#) Lemaître böylece "kuantum kozmolojisi"nin temellerini de atmış bulunuyordu
47. [^](#) Lemaître, G. (1931). "The Evolution of the Universe: Discussion". *Nature* **128**: 699–701. doi: [10.1038/128704a0](https://doi.org/10.1038/128704a0).
48. [^ Braneworld](#)
49. [^ Brane](#)
50. [^ Ekpyrotic](#)
51. [^](#) Voir par exemple [Georges Lemaître: el padre del big-bang](#).
52. [^](#) Hugh Ross, *The Creator and the Cosmos: How Greatest Scientific Discoveries of The Century Reveal God*, Colorado: NavPress, revised edition, 1995, s. 76
53. [^ Théorie de l'état quasi-stationnaire](#)
54. [^](#) Voir la [liste](#) des publications sur le sujet.
55. [^](#) Voir par exemple l'ensemble des articles de cosmologie basés sur les résultats de COBE [1](#), WMAP [23](#), ou SDSS [4567](#)
56. [^](#) Pioneer anomalisi hariç tutulursa
57. [^ Critical density](#)
58. [^ Big Crunch](#)
59. [^](#) Kolb and Turner (1988), chapter 3
60. [^ Big Freeze](#)
61. [^](#) Caldwell, R.R; Kamionkowski, M.; Weinberg, N.N. (2003). "Phantom Energy and Cosmic Doomsday". *Physical Review Letters* **91**: 071301. doi:[10.1103/PhysRevLett.91.071301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.91.071301). arXiv:[arXiv:arXiv](https://arxiv.org/abs/astro-ph/0309357).
62. [^ Big Rip](#)
63. [^](#) Hawking, S.W. (1973). *The Large Scale Structure of Space-Time*. Cambridge (UK): [Cambridge University Press](#). ISBN 0-521-09906-4.
64. [^ Hartle, J.H.; Hawking, S.W. \(1983\). "Wave Function of the Universe". *Physical Review D* **28**: 2960. doi:10.1088/1126-6708/2005/09/063](#).
65. [^](#) Langlois, D. (2002). *Brane Cosmology: An Introduction*. arXiv:[hep-th/0209261](https://arxiv.org/abs/hep-th/0209261).
66. [^](#) Linde, A. (2002). *Inflationary Theory versus Ekpyrotic/Cyclic Scenario*. arXiv:[hep-th/0205259](https://arxiv.org/abs/hep-th/0205259).
67. [^](#) Than, K. (2006). "[Recycled Universe: Theory Could Solve Cosmic Mystery](#)". [Space.com](#).
68. [^](#) Kennedy, B.K. (2007). "[Retrieved on 3 July 2007 What Happened Before the Big Bang?](#)". [Retrieved on 2007-07-03](#).
69. [^](#) Linde, A. (1986). "Eternal Chaotic Inflation". *Modern Physics Letters A***1**: 81.
70. [^](#) Linde, A. (1986). "Eternally Existing Self-Reproducing Chaotic Inflationary Universe". *Physics Letters B***175**: 395–400.
71. [^](#) Kragh, H. (1996). *Cosmology and Controversy*. Princeton (NJ): [Princeton University Press](#). ISBN 0-691-02623-8.