

EVREN ve BİZ (III)

Doç.Dr.Osman DEMİRCAN

Parçacık fiziğindeki gelişmelerle sürekli yenilenen, genişleyen evren modelleri, son olarak S.Weinberg, A.Salam ve S.L.Glashow tarafından geliştirilen birleşik kuvvetleri kuramı ile de birleştirilerek en olası evren öyküsü, 10-20 milyar yıl geçmişi ve $\sim 10^{10.77}$ yıl geleceğine kadar detaylarıyla tahmin edilir duruma getirilmiştir. Bu yazıda, bugün öngörülen en olası evren öyküsü kısaca özetlenecektir.

Eğer evren bundan sonra da sürekli genişlerse, evreni oluşturan maddeye, gökadalara yıldızlara ne olacak? Çekimsel kuvvet nedeniyle, evrende hangi maddeler kümesi olursa olsun, kütle merkezine doğru bir çökme olacaktır. Bir yıldızda bu çekimsel kuvvet, ışınım gücüyle dengelenmiştir. Işınım gücü zayıfladığında, yıldız çekimsel güce teslim olur ve hızla çöker; eğer bu çökme, iç sıcaklığın artmasıyla başka bir nükleer reaksiyonu başlatamamışsa, yıldızın sonu gelmiştir. Çökme sırasında yıldızın dış katmanları da uzaya atılır. Çöken kütle 1.4 Güneş kütlelerinden küçükse, yıldız beyaz cüce yıldız olur. Güneş kadar bir yıldız, Dünya büyüklüğünde bir beyaz cüce yıldız oluşturur. Beyaz cüceler zamanla soğuyup sönmüşler, sonunda görünmez siyah cüce yıldız olurlar. Çöken kütle 1.4 Güneş kütlelerinden daha büyük olması halinde çökme daha şiddetli olur. Öyleki, atomlar bile ezilerek, yıldız sadece nötronlardan ibaret kalır; yani bu yolla nötron yıldızları oluşur. Çöken kütle üç Güneş kütlelerinden daha azsa çökme, nötron basıncıyla bir yerde durdurulur ve yıldız aşağı yukarı 10 km. yarıçaplı bir küre oluşturur. Bir çay kaşığı nötron yıldızı maddesi, yer üzerinde bir milyar ton gelir. Nötron yıldızları süpernova patlamasıyla oluşurlar. Süpernova patlaması sonunda kalan kütle üç Güneş kütlelerinden daha büyükse, nötron basıncı da çökmeye karşı koyamaz ve karadelik oluşur. Bu öyle bir şeydir ki, ondan hiçbir şey-ışık bile- dışarı çıkamaz. Karadelikler, çevrelerindeki hemen bütün maddeyi, hatta ışınım dalgalarını sömürüp, kendilerine çekerler. Bir karadeligin güneş kütleli kadar olan kısmı, sadece 3 km. yarıçaplı bir küre içine sığdırabilir.

Beyaz cüceler, nötron yıldızları ve karadelikler yıldızların sonlarıdır. Dünya, Ay gibi gezegen ve doğal uydular zaten ölü sayılır ve yapılarını çok uzun süre aynen koruyabilirler. Bunlarda küçük çekim gücü maddenin kendi basıncıyla dengelenebilir.

Devamlı yeni yıldızların oluşmasıyla gökadalardaki yıldızlar içindeki yıldızlararası madde zamanla azalır ve yok olur. Hesaplara göre 100 milyar yıl sonra tüm gökadalarda sadece ölü yıldızlar, gezegen ve doğal uydulardan oluşmuş olacaktır. Kapkaranlık olan evren

10-20 milyar yıldır genişleyen bir evrenin içinde bulunuyoruz. Fakat sürekli genişleyip genişlemeyeceğini bilmiyoruz. Belki sonsuza dek genişlemesine devam edecek, belki de yavaşlayıp, büzülmeğe başlayarak yeni bir dönemi başlatacak ve belki sonunda yine büyük patlama öncesi koşulları oluşturup, yeni bir büyük patlamaya yol açacak.

arasına bu cisimlerin çarpışmasından çıkan enerjiyle aydınlanacak ve 1000'lerce milyar yıl durum pek değişmeyecektir. Gökadalarda birçok ölü yıldız (milyarlarca yılda birikimi tane) gökada dışına fırlarken enerjileri azalan diğer yıldızlar birbirlerine yaklaşacak ve $\sim 10^{27}$ yılda bu yolla gökadalardaki yıldızların % 99'u boş uzaya fırlarken kalan birer milyar kadar ölü yıldız gökada merkezlerinde dev karadelikler oluşturacaktır. Daha sonra evrendeki bu dev galaktik karadelikler de benzer olaylarla birleşip uzaya tek dolaşan ölü yıldızları da yutarak 10-1.000 defa daha büyük kütleli süpergalaktik karadelikleri oluşturacaktır. Bütün bu zaman içinde evren genişlemesine devam edeceği için gittikçe soğuyacak.

Klasik fizik ve genel görecelik kuramlarına göre karadelikler varlıklarını sonsuza dek sürdürecektir ve hatta yukarıda belirttiğimiz gibi evren genişlediği halde zamanla kütleleri daha da artacaktır. Parçacık mekaniğine göre ise durum farklıdır: S.W. Hawking 1974'te göstermiştir ki karadelikler çok az da olsa ışınım ve nötrino yayırlar ve bu yolla kütle kaybederek birgün yok olurlar. Bunun için gerekli zaman çok uzundur.

Eğer süpergalaktik karadelikler oluşursa evrenin sürekli genişlediği de dikkate alınarak onların sıcaklığının 10-18 Kelvin derece alacağı bulunmuştur. Eğer o zaman kozmik arkaofon ışınımının sıcaklığı bundan büyük olursa karadelikler yaydıklarından daha fazla enerjiyi çevrelerinden alacaklardır. Fakat evrenin genişlemesiyle arkaofon ışınım sıcaklığı 10^{-18} Kelvin derecesinin altında düştüğünde karadelikler soğurdıklarından daha çok enerji yaymaya başlayacaklardır. Bu yolla kütle kaybeden ortalama bir galaktik karadeligin ömrünü $\sim 10^{90}$ yıl, bir süper galaktika karadeligindeki de $\sim 10^{100}$ yıl olacaktır. Böylece $\sim 10^{100}$ yıl sonra evrende kara delik diye bir şey kalmayacak, tek tük görülen ölü yıldızlar sıcaklığı mutlak sifıra yaklaşan evren içinde sövrülüp duracaklardır. Bu yıldızlar da F.J.Dyson'a göre $\sim 10^{10.27}$ yıl sonra çarpışma ve birleşmeler sonucu karadeliklere dönüşecek ve Hawking dolayısıyla çözümlenip yok olacaklardır. Böylece $\sim 10^{10.27}$ yıl sonra evrendeki tüm madde radyasyona dönüşmüş evren boş ve oldukça sönük bir ışık denizine dönüşmüş, yoğunluğu ve sıcaklığı sifıra yaklaşmış olacaktır.

Şimdi gelelim evren açık değilse neler olacağına: önce çekim gücü bir yerde genişlemeyi durduracak ve gökadalarda yavaş yavaş birbirlerine doğru yaklaşmaya başlayacaklardır. Bundan sonraki olaylar, öngörülen büyük patlamadan sonraki olaylara bir geri bakıştan başka bir şey değildir. Bu olaylar oluş sırasıyla şekilde gösterilmiştir.

1970'lerden bu yana Y.Zel'dovitch ve A.Starobinski'nin önerileri doğrultusunda E.Tryon, R.Brout, F.Eng-



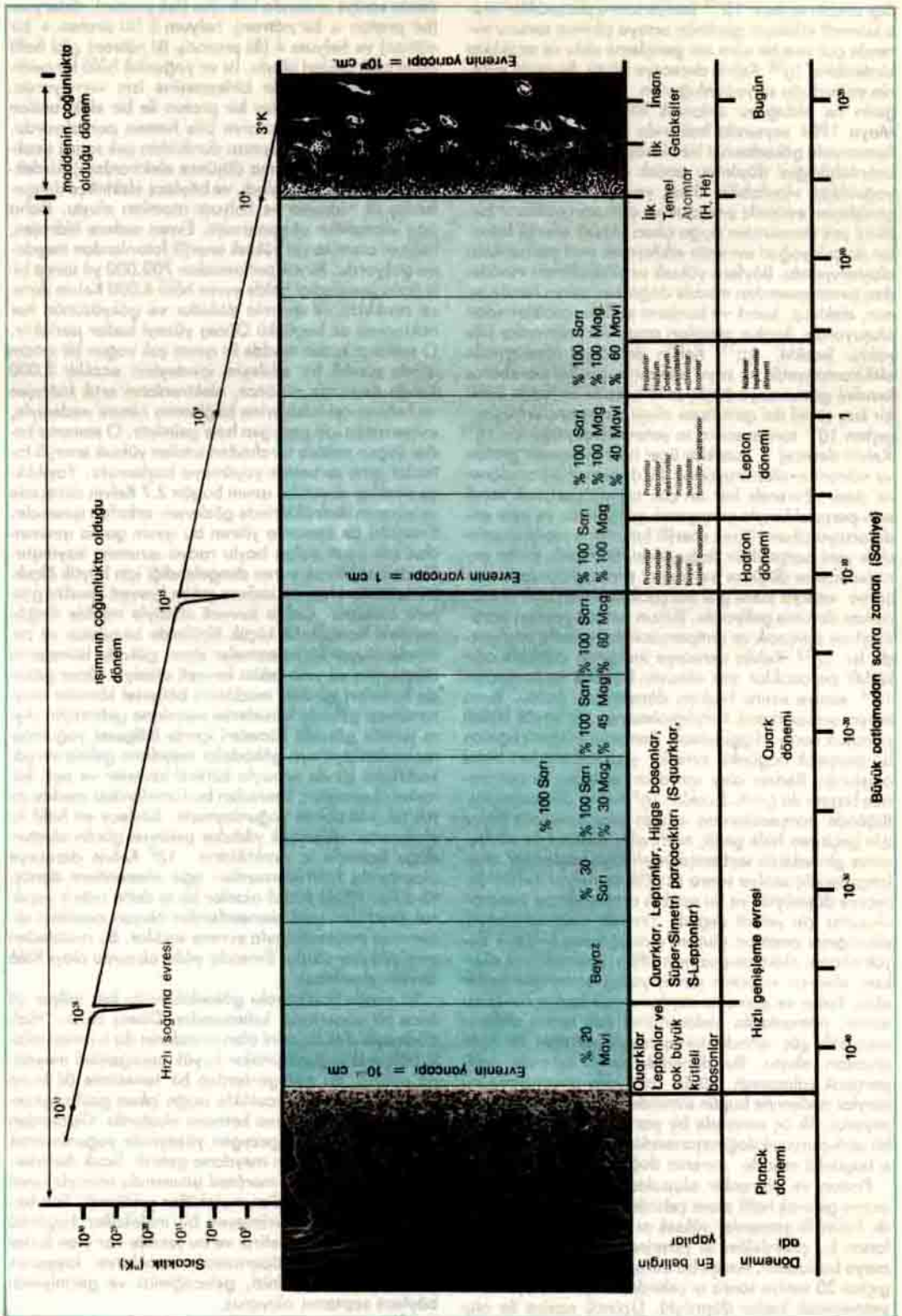
Cambridge Üniversitesinde çalışan İngiliz astrofizikçi Stephan Hawking 1971 yılında evrende çok sayıda mini karadeliklerin var olabileceğini ileri sürmüştü. Çünkü evrenin çok yoğun olduğu dönemde bu tür mini karadeliklerin oluşmuş olması gerekiyordu. Aynı düşünce aşında Hawking'den birkaç yıl önce Rus fizikçiler Ya. B. Zel'dovich ve I.D.Novikov tarafından ileri sürülmüş fakat Batıda pek duyulmamıştı. Stephan Hawking'in asıl önemli bulgusu karadeliklerin de parçacıklar halinde sürekli enerji yayımı sonucu bir bakıma buharlaşp yok olduklarıdır. Bu yok olma dönemi öyle uzundur ki büyük patlamadan hemen sonra oluşan mini karadeliklerden ancak Ay kütesinden çok daha küçük kütleyle sahibolanlar 16-20 milyar yılda yok olabilmişlerdir.

lert, E.Gunzing, D.Atkatz ve H.Pagels gibi araştırmacıların yaptığı çalışmalar sonucunda anlıyoruz ki evren yoktan var olmuştur. Kararsız olan boşluktaki çalkantılar farklı bölgelerde enerji değişimleri yaratmıştır. Bu çalkantılardan birisi belli bir kritik enerjiyi üretince parçacık oluşumu başladı (biliyoruz ki Einstein kuramına göre enerji madde arasındaki dönüşümler belli koşullar altında her zaman mümkündür). Olay hızlandı ve boşluğun bu bölgesi hızla genişlemeye başladı. Yukarıda açıkladığımız $\sim 10^{10}$ yıl sonra evrenin sonu için öngörülen karanlık boşluğa benzeyen bir yokluk denizinden bölgesel çalkantıların ürettiği enerjiyle yeni bir evren böylece doğmuştur. Önce Leptokuarklarla anti-leptokuarklar oluşmuş, oluşan parçacık sayısı artıkaç parçacık oluşumu ve yoğunluk hızla artmış leptokuarklar kuarklara ve lepton (elektron ve muon gibi düşük kütleli parçacıklar)lara ayrılmış. Aynı şekilde anti-kuarklar ve anti-leptonlar oluşmuş. Böylece hızla genişlemeye başlayan madde evreninde dört tekel güç (zayıf etkileşim, kuvvetli etkileşim, elektromanyetik ve çekim güçleri) birleşmiş durumdaydı; daha doğrusu birbirinden ayır edilemiyordu. Evrende en etkin güç (hatta tek güç) çekimdi. Planck dönemi dediğimiz bu dönemde parçacıklarla birlikte anti-parçacıklar da oluşmuştu.

Eğer bir parçacık onun anti-parçacığıyla bir araya getirilirse birbirlerini yok ederler ve çok büyük bir enerji açığa çıkar. Parçacık mekaniğinin kanunları madde ve anti-madde için tamamen simetriktrir. Bununla beraber biliyoruz ki yakın çevremizde, en azından güneş sistemi içinde madde anti-madde ilişkisinden doğan

büyük patlamalar gözlenmediğinden yakın çevremizde hiç anti-madde (ya da hiç madde) yoktur diyebiliriz. Laboratuvarda anti-madde yapmak oldukça zordur. Öncelikle böyle bir parçacığın her çeşit madde parçacığından oldukça uzakta oluşturulması gerekir; aksi halde çok büyük bir patlamayla karşı karşıya kalırız. Bu zorluğa karşın 1930'da C.D.Anderson anti-elektron (pozitron) üretebilmiştir. Daha sonra anti-proton üretiminde de başarı sağlanmıştır. Birbirlerini yok etmeleri dışında, madde ve anti-maddenin tüm fiziksel özellikleri aynıdır. Örneğin anti-proton ve anti elektronlardan oluşan iki hidrojen atomu bir oksijen atomuyla birleşirse anti-su oluşur ve anti-su da adı su gibi 0°C 'de donar ve 100°C 'de kaynar. Aradaki farkı içtiğimiz zaman anlarız.

Evrende bütün parçacık ve anti-parçacıkların oluştuğu ilk dönemde bu parçacıkların birbirini yok etmesi sonucu o zamana kadar kapkaranlık olan evren çok yüksek enerjili ışınımla doldu. İlk genişlemenin başla-



dığı andan sadece 10^{35} saniye sonra parçacıklar arası kuvvetli etkileşim gücünün ortaya çıkması sonucu evrende çok kısa bir süre ani genişleme oldu ve sıcaklıkta birdenbire 10^{28} Kelvin dereceye düştü. Bu anda evrenin yoğunluğu su yoğunluğunun 10^{75} katıydı. Bu değer in ne olduğunu anlamak istiyorsanız dergimizin Mayıs 1984 sayısında hakkında bilgi verdiğimiz tüm Samanyolu gökadasının bir hidrojen atomu içerisinde sıklıkla bulunduğunu düşünün; ancak o zaman yukarıdaki yoğunluğa ulaşılabilir. Biraz yavaşlasada yine hızla genişleyen evrende parçacık ve anti-parçacıkların birbirini yok etmesinden açığa çıkan yüksek enerjili fotonlar da çok yoğun evrende etkileşerek yeni parçacıkları oluşturuyordu. Böylece yüksek sıcaklık altında maddeden ışınım ışınımdan madde doğarken evren henüz ışı- nım, elektron, kuark ve bunların anti parçacıklarından oluşuyordu. Birakin atomları protonlar, nötronlar bile yoktu. Sıcaklık 10^{15} Kelvin dereceye düşüğünde elektromanyetik ve zayıf etkileşme güçleri beraberce kendini göstermeye başlıyor ki o anda evrende ikinci bir kısa süreli ani genişleme oluşuyor ve ancak başlan- gıçtan 10^{-6} saniye sonra ısı yeterince düştüğü için 10^{13} Kelvin derece) kuarklar üçer üçer birleşerek proton ve nötronları oluşturuyorlar. Bu döneme hadron dönemi denir. Evrende her an çok sayıda parçacık kendi kendi anti-parçacıklarıyla çarpışarak yok oluyor ve aynı anda ortaya çıkan yüksek enerjili fotonların maddeleşme- siyle yeni parçacıklar doğuyordu. Bu arada evren genişledikçe ısı düşüyor ve bunun sonucu fotonların çarpışma enerjisi eskisi gibi parçacık anti-parçacık oluştu- ramaz duruma geliyordu. Bunun sonucu yenileri üretil- meyinca parçacık ve antiparçacık sayısı hızla azalıyor- du ısı 10^{12} Kelvin dereceye indiğinde özellikle ağır kütleli parçacıklar yok olmuştu. Böylece başlangıçtan 10^{-4} saniye sonra hadron dönemi son buldu. Buna karşın anti-parçacık karşılığı olmayan bir büyük kütleli parçacık vardı: Higgs boson. Zamanla miktarı çoğalan bu parçacık bugünkü evrenin yapıtaşlarından birini oluşturdu. Benzer olay sonradan elektron ve pozitron- un başına da geldi. Sıcaklık 10^9 Kelvin dereceye düş- tüğünde parçacıklardan oluşan plazma nötrinolar için geçirgen hale geldi, nötrinolar plazmayla etkileş- meye girmeksizin serbestçe yayılmaya başladılar. Başlan- gıçtan üç saniye sonra sıcaklık üç milyar Kelvin dere- cece düşmüştü ve bu sıcaklık artık elektron pozitron oluşumu için yeterli değildi. Yine de elektron oluşum olasılığının pozitron oluşum olasılığından birazcık bü- yük olması, elektron-pozitron çiftleri zamanla yok olur- ken, elektron sayısının yavaş yavaş artmasına neden oldu. Kalan ve zamanla sayıları artan hadronlar (pro- tonlar, nötronlar)la elektronların çok sonra elektro- manyetik güç altında birleşmesiyle evrenin ilk hafif atomları oluştu. Bu dönemde artık evrende anti- parçacık kalmamıştı. Büyük olasılıkla anlattığımız bu olaylar nedeniyle bugün evrende anti madde gözleye- miyoruz. İlk üç saniyede bir parçacık doğma şansının bir anti-parçacık doğma şansından birazcık fazla olma- sı bugünkü madde evrenin doğmasını sağlamıştır.

Proton ve nötronlar oluştuktan bir süre sonra bir araya gelerek hafif atom çekirdeklerini oluşturuyorlar- dı. Fakat ilk zamanlar yüksek ısı altında hemen parça- lanan bu çekirdekler ısı yeterince düşüncce kararlı ol- mayla başladılar. Ancak bu durum çok sürmedi başlan- gıçtan 30 saniye sonra ısı çekirdek füzyonu oluşmasına yetmeyecek kadar düşmüştü. Üçüncü saniye ile otu-

zuncu saniye arasında hidrojen (tek proton), deteryum (bir proton + bir nötron), helyum 3 (iki proton + bir nötron) ve helyum 4 (iki proton+ iki nötron) gibi hafif atom çekirdekleri oluştu. Isı ve yoğunluk hâlâ bu çekir- deklerin elektronlarla birleşmesine izin vermiyordu. Yüksek enerjili fotonlar bir proton ile bir elektrondan oluşan hidrojen atomlarını bile hemen parçalıyordu. Atom çekirdekleri oluşması durduktan çok sonra sıcak- lık 10.000 °K'nin altına düşüncce elektronlar çekirdek- lere bağlanmaya başladı, ve böylece elektrikle denge- lenmiş ilk hidrojen ve helyum atomları oluştu. Daha ağır elementler oluşamamıştı. Evren sadece hidrojen, helyum atomlarıyla yüksek enerjili fotonlardan meydana geliyordu. Büyük patlamadan 700.000 yıl sonra bile hızla genişlediği halde evren hâlâ 4.000 Kelvin dere- ce sıcaklıkta ve ışımla doludur ve gökyüzünün her noktası en az bugünkü Güneş yüzeyi kadar parlaktır. O zamana kadar madde ile ışınım çok yoğun bir ortam içinde sürekli bir etkileşim içindeyken sıcaklık 3.000 Kelvin dereceye düşüncce, elektronların artık hidrojen ve helyum çekirdeklerine bağlanması nedeniyle, evren ışınım için geçirgen hale gelmiştir. O zamana ka- dar yoğun madde tarafından tutulan yüksek enerjili foto- nlar artık serbestçe yayılmaya başlamıştır. Yayıldık- ç sıcaklığı düşen bu ışınım bugün 2.7 Kelvin derecede ve evrenin derinliklerinde gözlenen arka fon ışınımdır. Enerjisini de zamanla yitiren bu ışınım gama ışınımdan çok uzun dalga boylu radyo ışınına kaymıştır. Elektriksel olarak evren dengelendiği için büyük ölçek- lerde hemen hemen sadece çekim kuvveti kendini gös- terir olmuştur. Çekim kuvveti etkisiyle madde dağılı- mındaki homojenlik küçük ölçülerde bozulmuş ve zama- na oluşan kümelenmeler süper gökada kümelerini oluşturmuş ve yine çekim kuvveti etkisiyle süper göka- da kümeleri içindeki maddenin bölgesel kümeler oluş- turulması gökada kümelerini meydana getirmiştir. Aynı şekilde gökada kümeleri içinde bölgesel yoğunlaş- malarından ayrı ayrı gökadalar meydana gelmiş ve gö- kadaların içinde sırasıyla küresel kümeler ve açık kü- meler oluşmuştur. Sonradan bu kümelereki madde de tek tek yıldızlarda yoğunlaşmıştır. Böylece en hafif iki elementten oluşan ilk yıldızlar çekimsel gücün oluştu- duğu basınçla iç sıcaklıkların 10^7 Kelvin dereceye ulaştığında hafif elementleri ağır elementlere dönü- şürdüler. Büyük kütleli olanlar bu işi daha çabuk yapı- larak ürettikleri yeni elementlerden oluşan maddeyi sü- pernova patlamalarıyla evrene yaktılar. Bu maddeden yeni yıldızlar oluştu. Evrende yıldız oluşumu olayı hâlâ devam etmektedir.

Bu arada Samanyolu gökadalarında beş milyar yıl önce bir süpernova kalıntısından Güneş oluştu. Hızlı dönmeyle disk biçimini alan maddenin dış kısımlarında- ki bölgesel yoğunlaşmalar büyük gezegenleri meydana getirdi. Bu gezegenlerden bir tanesinde (ki buna Dünya diyoruz) iç sıcaklık açığa çıkan gazlar geze- gen etrafında bir hava katmanı oluşturdu. Gazlardan bir tanesi soğuyan gezegen yüzeyinde yoğunlaşarak denizleri, okyanusları meydana getirdi. Sıcak denizler- de Güneş'ten gelen morötesi ışınımın da etkisiyle kendi kendini kopya edebilen moleküller şekillendi. Son bir- kaç milyar yıldır evrimleşen bu meloküller bugünkü canlıları meydana getirdi ve bu şekilde var olan bizler damarlarında bir süpernovanın artıklarını taşıyarak evren içindeki yerimizi, geleceğimizi ve geçmişimizi böylece saptamış oluyoruz.