



Güneş'in Batmayacağı Gün

Şairler, kimi zaman şiirlerinde Güneş'in sonsuza değin doğacağından söz ederler. Oysa yıldızların belli bir ömrü vardır; hiçbir zaman sonsuza değin enerji yaymazlar. Daha hafif elementlerin birleşerek daha ağır elementler haline gelmesi sonucu yıldızlarda oluşan enerji, sonsuza değin üretilmeyecek. Yıldızların bileşimi zamanla değişime uğrayacak ve giderek daha fazla ısınacaklar. İşte aynı evrelerden Güneş de geçecek. Güneş'in ışık yayma gücü bir milyar yıl içinde yüzde on kadar artacak, hatta 6,5 milyar yıl sonra ikiye katlanacak. Bu da Dünya'daki yaşamın sona ermesi anlamına gelecek. Kurak ve verimsiz bir kaya parçası haline gelecek olan gezegenimizin atmosferi bile dağılacak ve uzaya karışacak.

DÜNYA'nın bundan sonra başına geleceklerse tam olarak bilinmiyor. Amerikalı şair Robert Frost'un 1923 yılında yazdığı "Ateş ve Buz" adlı şiirinde de söz ettiği gibi, yaygın kanı, Dünya'nın sonunun ya ateşte ya da buzda olacağı.

Yaklaşık 7 milyar yıl sonra, ölümüne adım adım yaklaşan Güneş, beyaz cüceye dönüşmeden önce iki kez kırmızı dev haline geldiğinde gezegenlerin durumu ne olacak peki? Güneş'e en yakın gezegen konumunda olan Merkür'ün elbette hiç şansı yok. Bu gezegen, Güneş'in Venüs'ün bugünkü yörüngesine ulaşacak kadar genişlediği ilk dev evresinde yutulacak. Küçük gezegen bir anda buhara

dönüşecek. Venüs ile Dünya'nın da yutulup yutulmayacağı ya da bu gezegenlerin Güneş'in ateşten soluğundan kıl payı kurtuyup kurtulamayacakları, yıldızımızın kütesinin büyük bir bölümünü uzaya ne zaman, nasıl ve ne kadar hızlı püskürteceğine bağlı olacak. Bu kütle kaybıysa, ölüme yaklaşan yıldızın büyüklüğü, kütesi, ışık yayma gücü ve bileşimine bağlı.

"Güneş boyutundaki yıldızların kırmızı dev konumunda kütlelerinin yaklaşık %40'ını kayb ettiklerini biliyoruz. Ne var ki, bu kütlelerin yavaş yavaş, yani milyonlarca yıl boyunca mı, yoksa ani sayılabilecek 10 000 ya da 100 000 yılda mı kaybedildiği bugüne kadar kesin olarak bilinmiyordu. Bu da önemli bir fark yara-

tıyor", diye yorum getiren Iowa Eyalet Üniversitesi'nden Lee Anne Willson 20 yıldan daha uzun bir zamandır George H. Bowen ile birlikte yaşlı yıldızların kütle kaybını araştırıyor.

Şurası kesin ki Güneş, kütesini görece erken bir zamanda yitirirse, Dünya ateşten bir sondan kurtulacak. Bu durumda yıldızın kütleçekim kuvveti azalacak ve gezegenlerin yörüngeleri de buna paralel olarak genişleyecek. Örneğin, yüzde 40'lık bir kütle kaybında Dünya'nın yörüngesi, bugünkü yarıçapının üçte ikisi kadar genişler, yani yörüngesinin yarıçapı 150 milyon kilometreden 250 milyon kilometreye çıkar. Bu genişlikteki bir yörünge de gezegenimizi kırmızı dev haline gelmiş Güneş'in tehlike-



Yaklaşık bir milyar yıl sonra her şey sona erecek: Dünya'nın atmosferi su oranını kaybedecek, hidrojen uzaya karışacak ve okyanuslar buharlaşmaya başlayacak.



Yaklaşık iki milyar yıl sonra, bir zamanlar denizlerin doldurduğu yerleri kurak tozdan göller kaplayacak. Artık suyun tamamı buharlaşmıştır.



Yaklaşık yedi milyar yıl sonra, Güneş kırmızı dev olarak gökyüzünde ışık saçacak. Yayıdığı ölüm ateşinden dolayı Dünya bir kor gibi yanacak.

sinden korumaya yeter. 1993 yılında, Güneş'in gelecekteki gelişimini çok kesin olarak hesaplayan ve Pasadena'daki California Teknoloji Enstitüsü'nde araştırmalarını yürüten I. Juliana Sackmann ile çalışma arkadaşları, bu varsayımı geliştirmişlerdi. Bilim çevrelerinde başarılı bulunan modellerine göre Güneş, kırmızı dev durumundayken önce kütlelerinin üçte birini çok yavaş bir biçimde yitirecek; bu da Venüs'le Dünya'nın yörüngelerinin bir miktar genişlemelerine yol açacak.

Araştırmacılar, elde ettikleri sonuçları şöyle dile getirmişlerdi: "Güneş, en fazla genişlediği zaman yarıçapı bugünkünün 213 katına çıkacak, bu haliyle Dünya'nın yörüngesine yaklaşacak. Ancak Güneş'in sürekli kütle kaybı nedeniyle gezegenler ondan yeterince uzaklaşmış olacaklar. Böylece Venüs bile yok olmayacak." Ancak, başka parametreler göz önüne alındığında Venüs ile Dünya'nın yanmaktan kurtulamayacaklarını kabul ettiler.

Willson ile Bowen'in yeni hesapları da sonun ateşli olacağını haber veriyor. Kırmızı devlerle ilgili gözlemler ve kütle kaybıyla ilgili bilgisayar modelleri, kütlelenin büyük bir kısmının geç bir evrede ve bir anda uzaya karışacağını gösteriyor.

"Yaklaşık yedi milyar yıl sonra, Güneş, önce Merkür'ü sonra da Venüs'ü yutacak kadar parlak ve büyük olacak. Bu, yalnızca birkaç milyon yıl sürecek olan ilk kırmızı dev evresinin sonunda meydana gelecek", diyor Lee Anne Willson. Araştırmacının öngörülerine göre, "100 milyon yıl daha geçince Güneş, kısa bir süre için önemli ölçüde genişleyecek ve Dünya'yı da tehdit edecek. Güneş, yeterince kütle yitirmeden önce, Dünya'nın kurtulabilmesi için onun yörüngesinin dışına taşacak şekilde genişleyecek. Bü-

yük olasılıkla Güneş, Dünya'yı yutmadan önce, onu birkaç yüzyıl boyunca saracak, daha sonra geri çekilecek ve Dünya'yı tekrar bırakacak."

Dünya'nın sonu gelmeden önce Ay yok olacak. Gelgit olaylarının bozulmasından dolayı Ay'ın yörüngesi enerji kaybetmiş olacak. Bu nedenle hem dönme hızı yavaşlayacak, hem de Dünya'dan giderek uzaklaşacak. Dünya'nın da kendi çevresindeki dönme hızı yavaşlayacak, günler giderek uzayacak. Yedi milyar yıl sonra, her iki gökismi de senkronize bir biçimde dönmeye başlayacak ve her zaman aynı yüzlerini gösterecekler: O tarihlerdeki bir gün, şimdiki 47 güne eşit olacak. Ancak Dünya ile Ay kırmızı devin dışına düştükleri anda, Ay, seyrelmiş yeşil gazın etkisiyle Dünya'ya oranla daha güçlü bir biçimde durdurulacak (tutulacak). Bu durumdan dolayı yörüngesi tekrar küçülecek. Ay, en sonunda Dünya'ya o kadar yaklaşacak ki onun kütle çekim alanınca parçalanacak. Bu parçalar, kozmik bombalar biçiminde Dünya üzerine düşecek ve sıcaklığı giderek artan yüzeyinde dev kraterlerin oluşmasına yol açacak.

O andan sonra artık çok fazla zaman kalmayacak. Güneş'in atmosferindeki sürtünme Dünya'nın enerjisini alacak. Böylece Dünya'nın yörüngesi, sarmal biçiminde, Güneş'e giderek daha fazla yaklaşacak. Önce yerkabuğunun kayalardan oluşmuş bölümü buharlaşacak, sonra da manto tabakası çözülmeye başlayacak. Birkaç on yıl sonra da evrendeki tek mavi gezegen yanmış olacak. Gezegnimizden geriye pek bir şey kalmayacak. Güneş'te, Dünya'nın bir zamanlar varlığına ilişkin çok küçük bir değişim oluşacak. Güneş'in dış zarfındaki metal (hidrojen ve helyum dışındaki tüm elementler) yaklaşık yüzde 0,01 kadar artmış olacak.

Güneş uzun bir süreç sonunda kütlelerinin %40-50'sini kaybederse ya da ani kütle kaybı %20'yi aşmayacak olursa, o zaman belki Dünya yok olmaktan kurtulabilir. Bunu da gözardı etmeyen bilim adamları bu nedenle Dünya'nın nihai kaderi konusunda kesin bir şey söylemiyorlar.

Willson'a göre en büyük belirsizlik, Güneş'in "helyum parlaması" sırasındaki davranışdır. Helyum parlaması şöyle oluyor. Güneş'in merkezindeki hidrojen yakıtı, nükleer tepkimeler sonunda tümüyle helyuma dönüşünce, merkezde tepkimeler duruyor. Ancak, merkezi çevreleyen ince bir katmanda hidrojen yanmaya devam ediyor. Isınan merkezdeki helyum çekirdekleri bu kez yeniden birleşerek karbon ve oksijene dönüşmeye başlıyor. Artan sıcaklık nedeniyle yıldızın "zarf" denen dış katmanları şişiyor. İşte kütle kaybının ne kadar olacağı bu patlamaların ne şekilde gerçekleşeceğine bağlı.

Yıldızların gelişim modelleri üzerinde yıllardır yapılan oldukça başarılı araştırmalardan sonra bile, Dünya'nın kadere ilişkin en temel soru yanıtlanamıyor. "Dünya'ya neler olacağını gerçekten bilmiyoruz" diye yanıt veriyor Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden Fred Rasio. Bu nedenle, başka varsayımlarında dikkate almak gerekiyor.

Dünya'nın, bu ateş saldırısını şekilsiz bir kalıntı olarak atlatması, bazı kuramlarca pek de olası görünmüyor. Kırmızı devin büyüyen alevleri yalnızca Dünya'nın atmosferini, yerkabuğunu ve mantoyu buharlaştırsa dahi, geriye nikel ve demirden oluşan çekirdek kalır. Çekirdek de zamanla soğur ve koyu bir metal kütle halinde beyaz cüce durumundaki Güneş'in çevresinde döner.

Bu tür bir senaryonun gerçekleşebileceğini Ejderha takımı yıldızında, bize

Güneş'in Geleceği

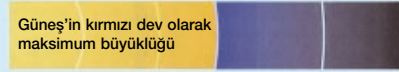
Güneş'imiz pek de göze çarpmayan, orta büyüklükteki bir yıldız olduğu için daha henüz yarı ömrünü bile tamamlamış değil. Buna karşın, çekirdeğindeki hidrojenin yarısı helyuma dönüşmüştür – bir zamanlar oranı %70,6 olan bu yanıcı maddenin oranı %36,3'e düşmüştür. Her saniye, 15 milyon derece sıcaklığındaki Güneş merkezinde yaklaşık 600 ton hidrojen helyuma dönüşüyor. Bu işlem sırasında, yaklaşık 4,3 ton madde ışınım olarak serbest bırakılır. Merkezdeki ateşin basıncı, çevredeki kütlelerin kütleçekim gücünü iter. Sürekli meydana gelen bu mücadele, Güneş'in merkezini – ki yalnızca burada çekirdek birleşmesi süreçleri meydana gelir – zamanla dışa doğru genişlemesine yol açar.

Güneş ve Gezegenlerin Yörüngeleri

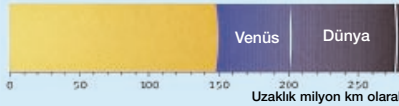
Bugün



7 milyar yıl sonra - 1. olasılık: Yok olma



7 milyar yıl sonra - 2. olasılık: Kurtulma



Kanada'daki Toronto Üniversitesi araştırmacılarından Arnold Boothroyd, Güneş'in geleceğiyle ilgili şu öngöründe bulunuyor: "Güneş'in 4,6 milyar yıl önce oluştuğunda bugünkünün yalnızca %70'i kadar olan ışık yayma gücü, önümüzdeki 6,5 milyar yıl içinde sürekli artacak." Boothroyd, Pasadena'daki California Teknoloji Enstitüsü'nden I. Juliana Sackmann ve Kathleen E. Kraemer ile birlikte Güneş'in bundan sonraki gelişimini detaylı olarak hesapladı.

Güneş'in merkezindeki çekirdek füzyonu sona erdiğinde ölüm-kalım savaşı başlar. Neredeyse hidrojenin tamamı helyuma dönüşmüştür, çekirdek büzülür. Güneşi saran örtüdeyse henüz yeterli hidrojen vardır – bu hidrojen ısınır ve genişlemeye başlar. Sonunda, belki de yaklaşık

7,5 milyar yıl sonra Güneş, birkaç milyon yıl boyunca kırmızı dev haline gelene değin genişler. Bu sırada, çapı kısa süre içinde 160 kat büyür. Örtüsü görece ince ve serin (3000°C) olduğu için kırmızısı parlak.

Güneş'in merkezinde sıcaklık artar. 100 milyon dereceye ulaştığında bir başka kritik aşamadan geçer: İşte şimdi helyum karbona dönüşecek biçimde füzyona girebilir. Helyumun yanması olağanüstü bir enerji patlamasıyla başlar. Buna helyum parlaması (helium flash) denir.

Bundan sonra Güneş, geçici olarak dev evresinden çekilir. Belki de 100 milyon yıl boyunca, bugünkünün on katı büyüklüğünde ve 40-50 kat parlaklığında olacak. Enerjisini iki kaynaktan elde edecektir: çekirdekteki helyumun yanmasından ve kabuğu çevresindeki hidrojenin yanmasından.

Ne var ki helyum stoğu da azalacak. Güneş'in merkezi karbon ve oksijenle dolunca buradaki termonükleer tepkimeler söner. Güneş, helyum yanmasının gerçekleştiği kabuğun dışı doğru yer değiştirmesinden dolayı yeniden genişler kırmızı deve dönüşür. Enerji üretiminin oranı sıcaklığa bağlı olarak değişir; dahası, Güneş kararsız hale gelir.

Helyum kabuğunda birkaç parlamaya meydana gelir. Bu parlamalar, Güneş'in ışık yayma gücünün kısa sürede %50 değişebileceği parlamalardır. Bu sırada Güneş bugünkünün 5200 katı kadar parlaklığa ulaşabilir. Bunlar, Güneş'in görkemli kalabilmek için son çabalarıdır. Özü tehlike altındadır.

Bu süreçte Güneş rüzgârının gücü hızla artar. Yalnızca yaklaşık 1000 yıl içinde kırmızı dev, örtüsünün büyük bir bölümünü uzaya püskürtür. Geriye sıcak çekirdek kalır. Bu çekirdek, Güneş'ten daha küçük kütleli yıldızlarda, karbonun yanmaya başladığı sıcaklık olan 800 milyon derece kadar ulaşabilecek kadar büzüşmez. Bu durumda çekirdek füzyon tepkimeleri karbon aşamasında durur.

75 000 yıl içinde Güneş, artık soğumaya başladığı için giderek daha zayıf ışık saçan beyaz cüceye dönüşür. Kütleleri artık yalnızca günümüzdeki Güneş'in kütlelerinin yarısı kadardır. Çapı yaklaşık 80 000 kilometre, yoğunluğu santimetreküpde iki milyon ton kadardır. Artık yaklaşık 12,4 milyar yıl yaşına varmış olan Güneş'imizin öyküsü de böylece sona erer.

65 ışık yılı uzaklıkta olan GD356 adlı beyaz cüce gösteriyor. Bu yıldızın ışığı, şu ana kadar açıklanamayan nedenlerden dolayı kutuplanmış – yalnızca bir düzlemde salınıyor. Avustralya'daki Ulusal Üniversite'den Jianke Li, Lilia Ferrario ve Dayal Wickramasinghe, kısa bir süre önce, kutuplanmış ışınımın hidrojen atomlarınca yıldızın kutuplarından yayımlandığını öne sürdüler. Bilim adamları bu hidrojen atomlarının elektrik akımlarınca uyarıldıklarını tahmin ediyorlar. Bu atomlar, yıldızın güçlü manyetik alanınca, beyaz cücenin çevresinde dönen metalik bir gezegen kalıntısına indüklenmiş olabilirler. Elektrik akımları, iyonlaşmış gazlar yoluyla cüce yıldız

çevresinde şu ya da bu metal çekirdek arasında akıyor olabilir. Manyetik alan da, ışınımın kutuplanmasına yol açıyor olabilir.

Dünya, ne kadar zarar görmüş olsa da, Güneş'in devleştiği evreleri atlarsa, beyaz cüce'nin çevresinde uzun süre dolaşabilir – ancak sonsuza değin değil. Zaman geçtikçe yıldızın kalıntısı soğuyacak. En sonunda yalnızca hafifçe kızılötesi ışınım yayan siyah bir cüce haline gelecek. Ancak bu kara kozmik kütle ile hâlâ Dünya'ya mezar olabilir. Çünkü Albert Einstein'ın genel görelilik kuramına göre, bir cismin çevresinde dönen her cisim kütleçekim dalgaları yayar. Cisim böylelikle hareket enerjisi kaybına

uğrar ve yörüngesi, ölümün ağır sarmalı haline gelir. Kısaca Dünya, Güneş'in sonunu atlatsa ve yörüngesi de bir dış etkiyle bozulmasa bile, yine de en sonunda Güneş'in kalıntısına düşecek. Bu yaklaşık 100 milyar yıl sonra olabilecek.

Ne var ki böylesine olağanüstü uzunlukta zaman aralıklarında hiç beklenmedik şeyler de olabilir. Dünya'dan arta kalan kütle, belki de yakınından geçen bir yıldız tarafından ölmüş Güneş'inden uzaklaştırılacak ve uzayın derinliklerine fırlatılacak. O zaman Dünya, atomlar bozunup kara delikler yok olana kadar ve karanlık evren tümüyle soğuk ölüme terk edilene kadar boşlukta salınacak.

Bu kozmik fırlatma eylemi, Güneş kırmızı dev haline gelmeden çok önce, Dünya'yı yıldızının kavurucu kollarından kurtarmak için doğanın tezgâhladığı bir kaçış da olabilir. Gelgelelim, dev Güneş'in kızgınlığından kurtulma olasılığı pek düşük: Önümüzdeki iki milyar yıl için bu kaçışın gerçekleşmesi olasılığı 100 000'de bir. Çünkü yıldızlar, Samanyolu'nun sarmal kollarına öylesine seyreker yerleşmişler ki, bu tür karşılaşmaların meydana gelmesi çok düşük bir olasılık.

Gökbilimciler, Dünya'nın yörüngesinin doğrudan bozulma olasılığınca 2,2 milyonda bir olarak hesaplamışlar. Ancak dış gezegenler, daha büyük bir tehlike altındalar. Bu da Dünya'yı etkileyebilir: Bir başka yıldızla karşılaşma sonucunda, Jüpiter'in Dünya'ya yaklaşip onu ya uzaya fırlatması ya da Güneş'e doğru itmesi olasılığı 100 000'de bir olarak düşünülüyor. Dünya'nın yörüngesindeki küçük değişimler bile büyük sıcaklık değişimleri gibi korkunç sonuçlara yol açabilir. Ayrıca, asteroidler ve kuyruklu yıldızlar Dünya'ya çarpabilir.

Dünya, doğrudan bir komşu yıldız tarafından Güneş Sistemi'nden uzaklaştırılırsa, gelgit güçleri nedeniyle önce denizlerde dev dalgalar oluşur. Yıldızların çoğu, ışık yayma güçleri az olan kırmızı cüceler oldukları için, Dünya'nın bu kozmik buluşma sonucunda alev alması düşük bir olasılık. Dünya bunun yerine, şair Robert Frost'un da konu ettiği gibi, bir buz kütlelerine dönüşecek. Birkaç yıl sonra da Güneş Sistemi'nden fırlayıp yalnızlığa doğru, sonsuz bir karanlıkla kaplı buz gibi bir geleceğe yol alacak.

Vaas, R., Feurige Apokalypse, Bild Der Wissenschaft, Kasım 2000
Çeviri: Ayşegül Yılmaz Günenç