

SUYUN ÖYKÜSÜ

Jean-Loup BERTAUX

Dünya'da bol bulunan, Güneş'te ise hiç bulunmayan ağır hidrojen (döteryum), suyun gezegenlerdeki ilk ortaya çıkışının değerli bir kanıtıdır. Döteryumun ölçümü, astrofizikçilere, "Sonlu Evren" ve "Genişleyen Evren" kuramları yandaşları arasındaki çekişmeyi kesin bir çözüme bağlama olanağı verecektir.

Venüs gezegeninde yaşam yoktur. Bu gezegen büyük bir fırındır: Sıcaklığı 450°C'dir ve gezegende bulunan su, karbon gazlarından oluşan kalın atmosfere dağılmış durumdaki ince bir buhar katmanıdır. Bu buharın tümü yoğunlaştırılırsa, Dünya okyanuslarındaki 3000 m'lik kalınlığa karşılık, yaklaşık bir metre kalınlığında bir sıvı su katmanı elde edilir. Acaba Venüs, oluştuğundan beri böyle kurak mıydı? Atmosferindeki döteryumun ölçümü, eskiden Venüs'te şimdikiğin yüz katı su bulunduğunun, belki okyanusların da var olduğunun, bu durumun da kuşkusuz daha iyi bir iklim sağladığının kanıtlarını vermektedir.

Döteryum, hidrojen gibidir, ancak daha ağırdır. Hidrojen (H) atomunda bir proton ve bir elektron bulunurken, izotopu olan döteryum (D) atomunda bir proton, bir nötron ve bir elektron bulunur. Öyleyse, döteryum iki kat ağırlıktadır (elektronun kütlesi, proton ya da nötron yanında önemsizdir), ancak hidrojenle aynı kimyasal özellikleri gösterir. Dolayısıyla, her H₂ hidrojen molekülünde ve su (H₂O) molekülündeki bir H atomunun yerine geçebilir. Böylece, okyanuslarımızda her üç bin H₂O molekülüne karşılık, HDO olarak yazılan ve bir döteryum atomu taşıyan bir su molekülü bulunur. Bu, adını nükleer konularda sıkça duyduğumuz ünlü ağır su molekülüdür.

Öyleyse, atom sayılan olarak, okyanuslarda, atmosferdeki su buharında ve su bulunan madenlerde 6000 H atomuna karşılık bir D atomu vardır. Atmosferin üst katmanlarındaki kimi H atomları yerçekiminden kurtularak, füzeler gibi, gezegenlerarası yörüngelere geçerler. 4,6 milyar yıllık varlığı boyunca, kaçan bu hidrojen atomları nedeniyle, Dünya'nın 3 m kalınlıktaki bir katmana eşdeğer miktarda su yitirdiği hesaplanmıştır; ancak, bu miktar, okyanuslarda bulunan suyun yanında önemsizdir.

Döteryum atomlarına gelince; onlar iki kat ağır olduklarından, hızları daha küçüktür ve dünyadan kaçamaz, atmosferde ve okyanuslarda kalırlar. Sonuç olarak, hidrojen azalır ve Dünya döteryumca zenginleşir; yani D/H oranı artar. Kuşkusuz bu artış yavaştır; çünkü, Dünya'dan kaçan hidrojen azdır.

Venüs üzerinde ise, Pioneer Venüs adlı uzay aracının kütle spektrometresi ile yapılan bir su buharı ölçümü çok şaşırtıcı bir sonuç vermiştir: Dünya'dakinin 100 katı bir zenginlik demek olan 60 hidrojen atomuna karşılık, bir döteryum atomu vardır. Başlangıçta Venüs ve Dünya'nın D/H oranlarının aynı olmasını gerektiren geçerli nedenler bulunduğuna göre, Venüs şimdiki zenginlik düzeyine, hidrojeninin büyük bölümünü kaçma yolu ile yitirip geride döteryum kalması sonucu ulaşmış olmalıdır.



Buzul oluşumlarının görüldüğü bu görüntü Viking 1'in Mars üzerinden 40. uçuşu sırasında alınan üç klişe yardımı ile oluşturulmuştur.

Başlangıçta, Venüs üzerinde şimdikiğin en az 100 katı su bulunuyordu; yani 100 metre kalınlıkta bir su katmanı vardı. Bunun bir alt sınır olduğu ve Venüs'te çok daha kalın okyanusların bulunabildiği gösterilmiştir. Fakat, Venüs'teki suyun başlangıçta sıvı durumda mı, yoksa Venüs'ün sıcaklığı çok yüksek olup da şimdiki gibi atmosferde dağıtılmış buhar durumunda mı olduğu bilinmemektedir.

MARS'TAKİ SU

Mars gezegeninin yüzeyinde, bir zamanlar sıvı suyun bulunduğunu gösteren akarsu yatakları vardır. Bu su, uzaya mı kaçmıştır, yoksa donmuş olarak yeraltı derinliklerinde mi kapalı kalmıştır? Mars üzerinde birçok kutup buzulu vardır; ancak, tüm buz eritilse bile, tüm yüzeyini kaplayacak 10 m kalınlıkta önemsiz bir sıvı su katmanı elde edilir. Yüzeyden kaçma mı, yeraltına kapanma mı olduğunu kesin olarak belirlemek için, D/H oranını ölçmek yeterlidir. Ancak ölçüm yapmak pek kolay değildir. Kararlaştırılan hiçbir uzay programında, Mars üzerine yerleştirilecek bir kütle yoktur. Başka bir ölçüm yöntemi, Mars'ın atmosferinin üst bölümünü gözlemlemek ve buradaki hidrojen miktarını, yayınladığı Lyman-alfa denen morötesi ışınımıyla ölçmektir.

Döteryum atomları da bir Lyman-alfa ışınımı yayınlıyorlar; ancak bu ışınım, tam aynı dalgaboyuna yerleşmediğinden, hidrojeninkinden ayırilebilir: 1215,66 angström yerine 1215,33 angström. Aradaki fark çok küçüktür ve ortaya çıkarılması çok ince spektroskopik olanakları gerektirir.

Space Telescope (Uzay Teleskobu) adlı araç ile, D/H oranı Dünya'daki kadar küçük olmadıkça, bu ölçüm kolayca yapılabilir; oysa uzay mekiği 1988'den önce yörüngeye yerleştirilemeyecektir. Ayrıca 10 km yükseklikten ölçülen D/H ora-

ninin, Mars'ın yüzeyi için belirleyici olacağına ne kadar güvenilebilir?

GÜNEŞ SİSTEMİMİZDEKİ SUYUN KAYNAĞI

Dünya ve Jüpiter arasındaki küçük gezegenlerin parçalanmasından gelen göktaşlarında, Dünya'daki 1/6000 oranına çok yakın D/H oranları ölçülmüştür. Oyleyse bu değer, bazı gezegenleri (Merkür, Venüs, Dünya, Mars) ve küçük gezegenleri oluşturan katı maddelerin belirteci olabilir. Bununla birlikte, yıldızlararası uzay ve buradaki hidrojen gazı incelendiği zaman, 60.000'de bir döteryum atomu bulunur; yani D/H oranı, on kat küçüktür. Bu durum, Güneş sistemimizin bir yıldızlararası bulutun yoğunlaşması ile oluştuğu düşünüldüğünde, akla aykırı gelir.

Görünürdeki bu aykırılığın açıklanması, kimyasal oranlama olayına dayanır. Örneğin, hidrojen ve oksijenden yola çıkarak, su oluşturan kimyasal tepkime:



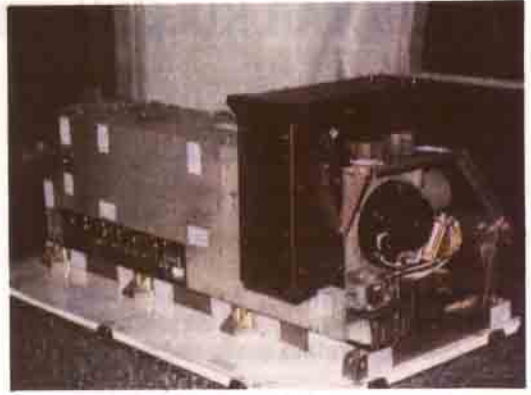
olarak yazılabilir; buna göre, "an" bir H₂ molekülünden ya da döteryumlanmış bir HD molekülünden yola çıkılır. HD ile oluşan tepkime, H₂ ile oluşandan daha kolay olur; kolaylık, sıcaklık düştükçe de artar. Dolayısıyla, üretilen sudaki D/H oranı, başlangıç hidrojen gazındaki orandan büyük olacaktır. Böylece, gezegen öncesi bulut suda yoğunlaşan suyun, başlangıçtaki hidrojen gazına göre, döteryumca daha zengin olacağı anlaşılır.

Acaba dev gezegenler için durum nasıldır? Bunlarda, kırmızı ötesi ışınım incelemeleri ile, "normal" CH₄ metan molekülleri arasında, döteryumlanmış CH₃ metan molekülleri saptanmıştır. Jüpiter, Satürn ve Uranüs için D/H oranı 1/30000 basamağındadır. Bu, yıldızlararası gazdaki oran ile Dünya'daki oran arasında bir değerdir. Bu gezegenlerin merkezlerinde, buzdan ve kayalardan oluşmuş birer katı kütle bulunmalı, buradaki D/H oranı, Dünya'dakine yakın bir değerde olmalıdır. Ayrıca, bu gezegenlerin, yıldızlararası ortamda hidrojen ve helyumdan oluşmuş kalın bir örtü ile kuşatılmış olmaları gerekir. Döteryumca fakir olan bu örtü, merkezdeki kütlelerin gaz haline geçmesi ile, döteryumca zenginleşebilir.

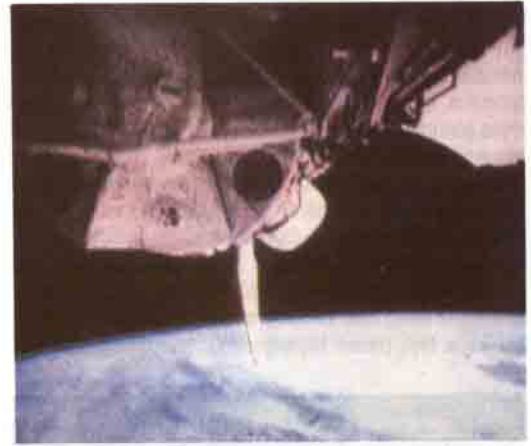
Bu şematik anlatım sürdürülürse, gaz örtüleri Jüpiter ve Satürn'ünkine göre daha kalın ve döteryumca daha zengin olan Uranüs ve Neptün'ün katı kütlelerinin daha büyük olması gerektiği düşünülebilir. Uranüs için ölçülen oranın 1/20.000-1/50.000 basamağında olması pek kesin bir sonuç değildir, Neptün için ise, oran henüz bilinmemektedir. Kuşkusuz, döteryumun dev gezegenlerdeki davranışını topluca daha iyi anlayabilmek için, Voyager sondasının 1989'daki Neptün'e yapacağı yolculuğu beklemek gerekecektir.

Satürn'ün iri uydusu Titan'a gelince; belki de bu uydunun, bulutlarının oluşturduğu sürekli örtü altında gizlenmiş bir metan okyanusu vardır. Burada, dünyadakine eşdeğer ya da biraz daha büyük bir D/H oranı bulunur. Burada da, metan, su ve amonyağın buz olarak yoğunlaşması sırasında kimyasal oranlanmanın çok önemli bir rolü olmalıdır.

Halley kuyruklu yıldızı, geçen yıl, su buharından oluşmuş atmosferindeki D/H oranını ölçme olanağını vermiştir. Kuyruklu yıldızın atmosferinin ortasından geçen Giotto uzay sondasına yerleştirilmiş olan kütle Spektrometresi ile D/H oranı nın 1/10.000 dolayında olduğu kestirilebilmiştir ki bu da, Dün-



Yersel döteryumun ölçümü, Spacelab 1 (aşağıda) uzay aracına yerleştirilen yukarıdaki aygıt kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



ya'dakine oldukça yakın bir değerdir. Buradan, kuyruklu yıldızların çarpmaları ile, bazı gezegenlere (Venüs, Mars, vb.) kendi sularından aktardıkları sonucu çıkarılabilir.

Son olarak da döteryumca en yoksul olan Güneş'i göz önüne alalım: % 90 hidrojenen oluşmasına karşın, henüz en küçük bir döteryum izi bile ortaya çıkarılmamıştır. Fakat, astrofizikçiler bunun nedenini açıklayabiliyorlar: Hidrojenin harcandığı ve helyuma dönüştürüldüğü termonükleer çekirdek-birleştirimi tepkimeleri zincirinde, bir helyum atomu üretmek için iki döteryum çekirdeği yeterli olduğundan, döteryum seçilen bir kaynak oluşturmaktadır. Güneş, öncelikle döteryumunu bitirmektedir. Durum, bütün yıldızlarda aynıdır. Dolayısıyla, Evren'deki döteryum miktarı sürekli olarak azalmaktadır, ayrıca, yıldızlarda öbür öğelerin (elementlerin) bolca üretilmelerine karşın, hiç döteryum üretilmemektedir.

Şimdi var olan döteryum atomlarının yaşı, Evren'inkine eşittir: İlk başlarda, korkunç Big Bank patlaması sırasında üretilmişlerdir. Kurama göre, o zaman üretilmiş olan miktar, Evren'in sonlu mu sonsuz mu olduğuna bağlıdır. İşte bu nedenle, astrofizikçiler, ilk döteryum miktarını duyarlı olarak belirlemek istemektedirler.

Science et Avenir'den çev.: Dr.Hanaslı GÜR