

ATMOSFERİN KISA TARİHİ

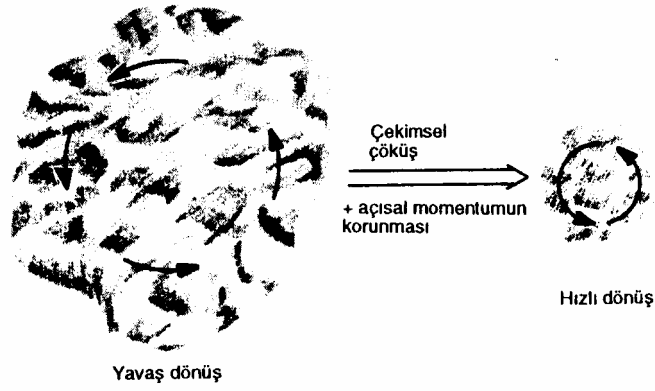
Doç.Dr. Kasım KOÇAK

1. GÜNEŞ SİSTEMİNİN OLUŞUMU

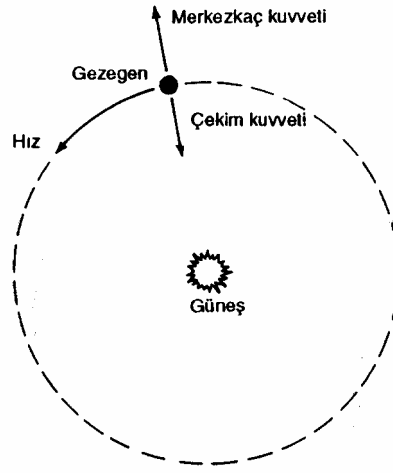
Güneş sistemi, yaklaşık 4.6 milyar yıl önce çoğunluğu hidrojen olmak üzere geniş bir gaz, toz ve buz bulutu halinde başladı. Kütleli Güneş'in kenden birkaç kat fazlaydı ve sıcaklığı da, atom ve moleküllerin gelişigüzel ısı devinimlerinin durduğu mutlak sıfırın yaklaşık on derece üzerinde, -263 °C civarındaydı. Bu gaz ve toz bulutunun değişik bölümleri, kütle çekim kuvvetiyle birbirlerine doğru çekildi ve bulut büzüldü. Kütleli çekim gücü, başlangıçta yani bulutun değişik kısımları birbirinden geniş çapta ayrıken çok güçlü değildi. Ancak bulut büzülürken kütleli çekim gücü de hızla arttı. Bu nedenle büzülme çöküntüye dönüşene kadar bulutun hacmi küçüldükçe, büzülme hızı da arttı. Açısal momentum, Güneş nebulası adını alan bu maddelerin tümünün daha sonra Güneşe dönüşecek merkezi bir yıldız olarak çökmesini önledi. İlk baştaki gaz ve toz bulutu Galaksi'deki diğer maddelere göre daha yavaş bir biçimde dönüyordu. Büzülme sırasında açısal momentum korundu. Açısal momentum $M = mvr$

eşitliği ile verilir. Bu eşitlikte m kütleli, v dönme hızını, r ise dönme eksenine olan uzaklığı gösterir. Açısal momentumun korunumu ilkesine göre (tıpkı bir buz patencisinin kollarını iki yana bitiştiğinde daha hızlı dönmesi gibi), yarıçapı küçüldükçe bulutun dönme hızı arttı, (Şekil 1). Artan dönme hızı Nebulayı oluşturan maddelerin hareketlerini etkileyecek bir başka kuvveti de ortaya çıkardı. Bu kuvvet arabada keskin bir virajı alırken hissettiğimiz merkezkaç kuvvetidir. Bir gezegen, gezegenle Güneş arasındaki kütle çekim kuvveti ve gezegenin Güneş çevresindeki dönüşünün neden olduğu merkezkaç kuvveti sayesinde yörüngede kalır (Şekil 2).

Nebulanın büzülmesi sırasında açısal momentumun korunması, nebulayı oluşturan maddelerin bir kısmının açısal hızlarının merkezkaç kuvvetin çekim kuvvetiyle dengelenecek kadar artmasına neden oldu. Bu durumdaki maddeler, Nebulanın merkezi çevresinde dönen en yakındaki dairesel yörüngelere yerleşerek, büzülen



Şekil 1

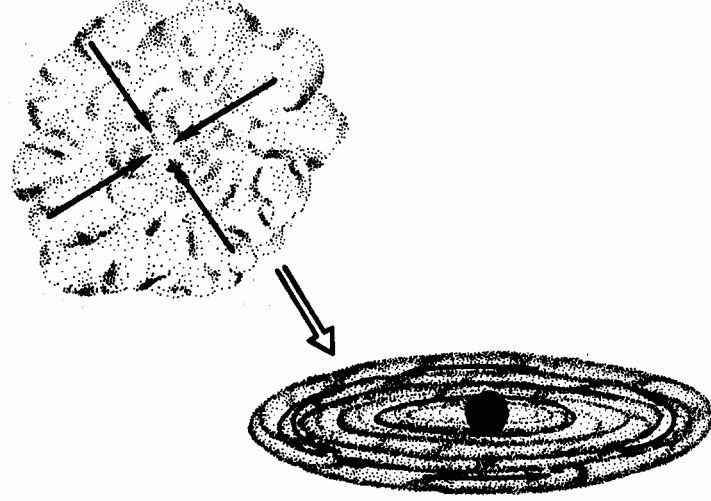


Şekil 2

bulutun gerisinde kaldılar. Bunun sonucunda başlangıçta dağınık olan bulut neredeyse bir bisiklet tekerleği gibi dönen ve merkezinde daha sonra Güneş'in atası haline gelecek yoğun bir gaz topu bulunduran bir diske dönüştü (Şekil 3).

Gezegenlerin hareketiyle ilgili 16. yy verileri ışığında Sir Isaac Newton, iki cisim arasında, bu cisimlerin kütlelerinin çarpımıyla doğru, aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılı bir çekim kuvveti (F) bulunduğunu sonucunu çıkardı.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



Şekil 3.

Bu formülde G evrensel çekim sabitini, m_1 ve m_2 aralarındaki mesafe r olan cisimlerin kütesini göstermektedir. Çekim kuvveti Galaksideki yıldızların uzaya yayılmalarını ve gezegenlerin Güneş'in çevresindeki yörüngelerinde kalmalarını sağlar. Çekim kuvveti aynı zamanda bizi ve denizleri dünya üzerinde tutar ve atmosferimizdeki gazları yere yakın düzeyde yoğunlaştırır.

Nebulanın hacmi küçülürken içerdiği gaz sıkışır. Sıkışma, gazın sıcaklığının yükselmesine neden olur. Bisiklet pompasının çalışırken ısınmasının nedeni de budur. Bunun tersi yani, sıcaklığın düşmesi gazın genişmesiyle meydana gelir. Subabı açılan bir lastikten çıkan bava bu nedenle soğuk olur. En çok basınca maruz kalan ve bu nedenle de en fazla ısınan maddeler Güneş'in atasının merkezindeki maddelerdi. Bu maddeler öylesine yüksek bir sıcaklığa ulaştı ki sıcaklığı ile orantılı olan dışa doğru basınç, Güneş'in atasındaki diğer maddelerin ağırlığını kaldıracak duruma geldi. Böylece gaz topunun çekimsel çöküşü, dışa doğru basınçla, içe doğru çekim kuvveti eşitlendiği zaman duraksamaya uğradı. Bununla birlikte, daha çok Nebula maddesi çekim kuvvetiyle içeri emildikçe, Güneş'in atasının merkezindeki gaz sıkışması devam etti. Bu nedenle basınç, Güneş'i oluşturan maddelerin üst tabakalarının artan ağırlığını kaldıracak şekilde artarken sıcaklık da yükseldi. Bir gazın molekülleri sıcaklık yükseldikçe daha hızlı hareket ederler. Bununla birlikte moleküller arasındaki çarpışmanın şiddeti de artar. Artan sıcaklığın Güneş'in atasında bulunan hidrojen gazı üzerindeki ilk etkisi, çarpışmalar sonucunda hidrojen moleküllerinin (H_2) ayrı ayrı hidrojen atomlarından oluşan bir gaz (H) üretmek üzere

parçalanması oldu. Hidrojen atomu pozitif yüklü bir proton çevresinde salınım gösteren negatif yüklü elektrondan oluşur. Yüksek sıcaklıklar atomlar arasındaki çarpışmaların, elektronları protonlardan ayıracak kadar şiddetli olmasına yol açtı ve Güneş'in iç bölgesi proton ve elektronlardan oluşan bir gaza dönüştü. Aynı işaretli yükler birbirlerini iterler, bu nedenle çarpışmaların protonların birbirleriyle tepkimeye girmesine yol açacak denli şiddetlenmesinden önce son derece yüksek sıcaklıklara (yaklaşık 10 milyon K) gereksinim vardı. Sonuç olarak sıkışma Güneş'in atasının merkezinde böylesine yüksek bir sıcaklık oluşturdu ve protonlar, dört protonu helyum atomunun çekirdeğine dönüştüren bir nükleer tepkime içinde birleşmeye başladılar, (Şekil 4). Bu çekirdeğin kütlesi kendisini oluşturmak üzere tepkimeye giren dört protonun kütlesinden daha azdır. Einstein'ın ünlü denklemi

$$E = mc^2$$

eşitliği ile verilir. Bu denklemde E enerji, m kütle ve $c=3 \times 10^{10}$ cm/s'ye eşit olan ışık hızını göstermektedir. Buna göre kaybolan kütle enerjiye dönüşür. Kontrollü nükleer füzyon araştırmaları, bu nükleer tepkimenin oluşmasına yetecek sıcaklık derecelerini laboratuvarlarda elde etmenin ve sürdürmenin yollarını arıyor. Gerekli olan bu sıcaklık, Güneş'in atasında dev bir gaz kütesinin ağırlığıyla oluşan sıkıştırma sonucunda meydana geldi. Güneş'in bir yıldız olarak doğmasına, içindeki nükleer tepkime neden oldu. Güneş'i oluşturan maddelerin başında gelen protonların helyum çekirdekleri oluşturmak üzere tepkimeye girmesi Güneş'in sürekliliğini sağlamaktadır.

H_2	Moleküler hidrojen	
1_1H 1_1H	Atomik hidrojen	
2_1H	Döteryum	----- ↓
3_2He	Helyum - 3	Nükleer füzyon (proton - proton zinciri)
4_2He	Helyum - 4	----- ↑

Şekil 4

2. ATMOSFERİN GEÇİRMİŞ OLDUĞU EVRELER

Göktaşı parçalarından elde edilen fiziksel ve kimyasal kanıtlar, Yer dahil olmak üzere Güneş sisteminin yaklaşık 4.6 milyar yıl önce oluştuğunu göstermektedir. Bununla

birlikte Dünya üzerinde şimdiki kadar bulunan en eski kayalar yaklaşık 3.8 milyar yıl öncesine tarihlenmektedir. Bu nedenle Yer'in tarihinin ilk 0.8 milyar yılı hakkında doğrudan bir kayıt bulunmamaktadır. Dünya atmosferinin bugüne kadar geçirmiş olduğu evreler dört ana başlık altında incelenebilir.

2.1 Astronomik Atmosfer

Dünyamızın bundan 4.6 milyar yıl önceki ilk atmosferi evrende en bol bulunan hidrojen (H) ve helyumdan (He) oluşuyordu. Ayrıca bu elementlerin yanında metan (CH₄) ve amonyak (NH₃) gibi hidrojen bileşikleri de ilk atmosferin bileşiminde yer almaktaydı. Bugün pek çok bilim adamı ilk atmosferin dünyanın çok sıcak olan yüzeyinden uzaya kaçtığını tahmin etmektedir.

2.2 Jeolojik Atmosfer

Dünyanın ikinci ve daha yoğun atmosferi dünyanın iç kısımlarındaki erimiş kayalardan volkanik aktiviteler yoluyla yüzeye çıkan gazlar tarafından oluşturulmuştur. Volkanların o zamanlarda çıkardığı gazların bileşimi ile bugünkü bileşiminin aynı olduğu varsayılmaktadır. Bu gazlar %80 su buharı (H₂O), %10 karbondioksit (CO₂) ve yüzde bir kaç azottur (N).

Aradan geçen milyonlarca yıl içerisinde, dünyanın sıcak iç kısmından dışarıya doğru fişkıran gazlar, bulut oluşumuna izin verecek kadar zengin bir su buharı içeriğinin oluşmasını sağladı. Binlerce yıl yeryüzüne düşen yağmurlar akarsuları, gölleri ve okyanusları oluşturdu. Bu süreç boyunca önemli miktarda CO₂ okyanuslarda çözüldü. CO₂'nin diğer önemli bir kısmı da karbonatlı tortul kayalar (kireçtaşı, CaCO₃) içerisine hapsedildi. Su buharının önemli bir kısmının yoğunlaşması ve CO₂'nin azalması sonucu atmosfer azot bakımından daha zengin bir hale geldi. Sayısal modeller ikinci atmosferin başlangıçtaki ortalama sıcaklığının 85-110 °C arasında bir sıcaklıkta olduğunu göstermektedir.

2.3 Biyolojik Atmosfer

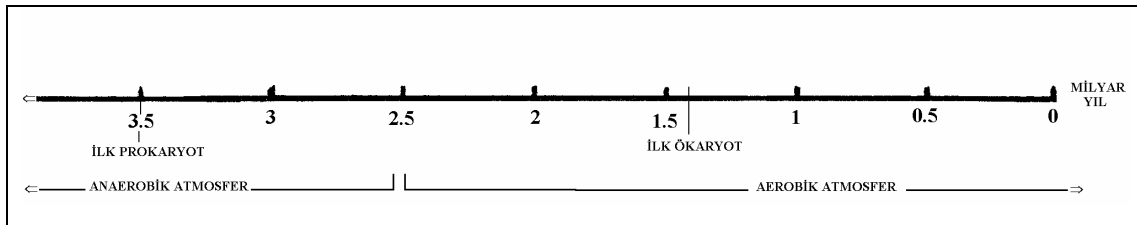
Yeryüzünde canlı yaşamının ne zaman başladığı, bunun anaerobik mi, aerobik mi olduğu vb sorular atmosferin evriminde son derece önemlidir. Bilimsel bulgular biyolojik dönem öncesinde Dünya atmosferinde serbest oksijenin olmadığını ortaya koymaktadır. Yaşamın temel organik yapı taşlarının kimyasal sentezi hakkındaki laboratuvar çalışmaları, bu yapıların oksijenin varlığında oluşamayacaklarını göstermektedir. İlkel atmosferlerin oluşumuyla ilgili kuramsal çalışmalarda, oksijenin o kuşullarda bulunmaması gerektiği ortaya çıkmaktadır. Yaşamın ilk oluşumlarına benzedikleri düşünülen günümüzün en basit mikropları üzerinde yapılan çalışmalar ise oksijen içeren bir atmosferde bu mikropların yaşayamayacaklarına işaret etmektedir.

Günümüz atmosferinde azottan sonra en bol bulunan oksijenin (O_2) bugünkü düzeyine ulaşması oldukça yavaş gelişen bir sürecin sonunda gerçekleşmiştir. Bu süreçte subuharı güneşten gelen yüksek enerjili ışınlar tarafından hidrojen ve oksijene ayrılmıştır (fotodissosiyasyon). Bunlardan oksijen dünya atmosferinde kalırken, daha hafif bir gaz olan hidrojen uzaya kaçmıştır (H 'nin günümüz atmosferindeki hacimsel oranı % 0.0006 kadardır).

Bundan 2-3 milyar yıl önce, mevcut O_2 oldukça düşük bir düzeyde olmasına karşın, bazı ilkel bitkilerin gelişimi için yeterli olmuş olmalıdır. Belki de ilk bitkiler tamamen oksijensiz (anaerobik) bir ortamda gelişmişlerdir.

Çevremizde gördüğümüz organizmalar, hayvanlar, bitkiler ve mantarlar, organizmanın bütünlüğü içinde farklı işlevler görmek üzere özelleşmiş hücrelerden oluşur. Çok hücreli organizmalarda bulunan bu hücrelere ökaryot hücreler adı verilir. Ökaryot hücrenin genetik malzemesi bir çekirdek içindedir. Bu hücrelerde organel adını alan, zarlarla çevrili, özelleşmiş iç organlar bulunur. Genellikle her organel türünün ayrı bir biyokimyasal işlevi vardır. Bakterilerde bulunan prokaryot hücre, ökaryot hücrenin tersine, ondan belirgin şekilde daha küçüktür. Bu hücre çekirdeksiz olup az sayıda organel içerir. Genetik malzemesi bir zarla çevrili değildir ve hücre protoplazması içine dağılmış durumdadır. Biyokimyasal işlevlerin çoğu hücre çeperinin iç zarında gerçekleşir. Basit yapısı, prokaryot hücrenin ökaryot hücreye gö-

re daha ilkel olduğunu göstermektedir. Fosil kayıtları da bu düşünceyi desteklemektedir. Kayaçlarda bulunan ve görünüşe göre prokaryot olan mikropların fosilleri 3.5 milyar yıl yaşındadır. Oysa şimdiye kadar bulunan ve deneysel olarak büyüklüklerine göre tanımlanan en eski ökaryotlar, sadece 1 milyar 400 milyon yaşındadır. Bilindiği gibi, ökaryot hücrelerden oluşan bütün organizmalar zorunlu olarak aerobiktir (havacıl); yani yalnızca serbest oksijen bakımından zengin ortamlarda yaşayabilirler. Prokaryotlar ise bunun tersine oksijene tam bir tepki çeşitliliği gösterirler. Bazıları zorunlu anaerobiktir (havasız yaşar). Oksijene maruz kaldıklarında ölürlür. Diğerleri de zorunlu aerobiktir. Bazıları çevrelerinde bir miktar oksijene gerek duyabilir ya da bunu tolere edebilirse de bu miktar, günümüzde havada bulunan oksijen kadar çok değildir. Maruz kaldıkları oksijen miktarından etkilenmeyen prokaryotlar da vardır. Kimi prokaryotlar oksijensiz bir ortamda evrilmiş ve bu ortama uyum sağlamışken, ökaryotlar aerobik koşullarda ortaya çıkmış ve evrilmişlerdir. Ökaryot hücrenin ortaya çıktığı sırada, Yer üzerinde bol miktarda oksijen olması gerekir. 3.5 milyar yıldan önce yani yaşamın başladığı sıralarda ise oksijen yoktu. Bu tarihler arasında bir yerde atmosfer aerobik hale geldi, (Şekil 5).



Şekil 5.

Atmosferin bugünkü O₂ düzeyine ulaşması bitki gelişiminin bir sonucudur. Bilindiği gibi bitkiler fotosentez esnasında CO₂ ve suyu kullanarak kendi besinlerini yaparken çevreye de O₂ verirler. Bu nedenle bitki gelişiminden sonra atmosferik oksijen miktarı hızla artarak bundan bir kaç yüz milyon yıl önce bugünkü düzeyine ulaşmıştır.

Bilimsel çalışmalar başka hiçbir gezegende aerobik atmosfer bulunmadığını göstermektedir. Yaşam diğer özelliklerinin yanında bu yönüyle de dünyayı benzersiz kılmaktadır.

2.4 Sosyo-ekonomik Atmosfer

Endüstri devrimiyle birlikte gündeme gelen hava kirliliği, atmosferin doğal bileşiminde önemli değişikliklere neden olmuştur. Fosil kökenli (petrol, kömür vb.) yakıtların endüstride ve konutlarda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamasıyla CO₂ ve subuharı gibi önemli sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonları artmıştır.

Bu yüzyılın başlarında 290 ppm olan CO₂ konsantrasyonu, 1987 yılında 345 ppm'e çıkmıştır. Bilim adamları bu miktarın izleyen 100 yıl içerisinde 600 ppm'e çıkacağını tahmin etmektedir. Pek çok karmaşık fiziksel ve kimyasal atmosferik süreçleri dikkate alan matematik modeller kullanılarak yapılan öngörüler, CO₂ konsantrasyonunun ikiye katlanmasının, yüzey hava sıcaklığında 2-4 °C 'lık bir sıcaklık artışına neden olacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca otomobillerin atmosfere bıraktığı gazlar, soğutma ve kozmetik endüstrisinde kullanılan CFC (kloroflorokarbon) vb gazlar da atmosferin doğal bileşimini bozmaktadır. Günümüz atmosferinin %78'i azot, %21'i oksijen, %0.93'ü argon ve geri kalanı da çeşitli eser gazlardan oluşmaktadır.

Konuyla ilgili daha ayrıntılı bilgi için:

1. Yerin Tarihi, J.C.G. Walker (Çev:E. Uluhan), Nar Yayınları, 1996.
2. The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans, H.D. Holland, Princeton Uni. Press, 1984.
3. Origin of the Solar System, R. Jastrow, A.G.W. Cameron, New York: Charles's Sons, 1977
4. Handbook of Atmospheric Science, C.N. Hewitt, A.V. Jackson, Blackwell Publishing, 2003.
5. Universe: An Evolutionary Approach to Astronomy, E. Chaisson, New Jersey, 1988.

