

# ATMOSFERİN OLUŞUMU

Helmut E. LANDSBERG

Ş oğumuz, atmosferi, arzı çepce çevre saran ve değişik tipteki hava olaylarını yaratan bir örtü gibi düşünür. Aslında atmosfer, yüzyıllardan beri önemli gelişme ve değişimlere uğramış olup; bugün de bu değişimler yavaş da olsa devam etmektedir. Bilimsel açıdan bu sorun ele alındığı taktirde atmosferin geçirdiği evrimin izahı bilimsel tartışmalara yol açacaktır. Üstelik, atmosferin ne ilk safhası ve ne de son safhası ile hayatın bildiğimiz herhangi bir şekli arasında bir bağdaşma kuramayız.

Şimdilik bu tartışmaları bir tarafa bırakıp, her an nefes aldığımız havanın nelerden meydana geldiğini kısaca görelim :

Arz yüzeyi üzerindeki hava, oksijen ve azot gazlarıyla karbondioksit gazından, ayrıca argon, neon, kripton ve ksenon gibi seyrek gazlardan meydana gelmiş bir karışımdır. Bu karışım oranları bazı mahalli ve mevsimlik önemsiz değişimler hariç, hemen hemen sabit kalır. Atmosferin aşağı tabakalarında bulunan su buharı ve toz parçacıkları ise sabit almayıp, yerden yukarlara doğru çıktıkça azalır. Yerden 9 ila 14 km. yukarda su buharının hiç mevcut olmadığına dair kuvvetli deliller vardır (\*) Buna karşılık, hava karışımını meydana getiren gazların nisbi miktarlarında yüksellikle bir değişim görülmez. Örneğin tüm atmosferin % 99 u yerden 40 km. yukardaki bir tabakaya sıkışmış iken, (Atmosferin 900 km. ye kadar uzandığını tahmin ediyoruz) gazların bulunma oranlarında yerden 60-70 km. ye kadar önemli bir değişim görülmez.

Yerden 14-15 km. yukarıda fotokimyasal reaksiyonların başladığı görülür. Bunların en önemlisi de, güneşten gelen kısa dalgalı radyasyonların tesiri ile oksijenin 3 atomlu şekli olan ozonun teşekkül etmesidir. Ozon en fazla 20-22 km. yukarda, güneşten gelen mor ötesi ışınları yutan (Absorbsiyon) ve ancak bu ışınların bir kısmının dünyaya kadar inmesine izin veren bir tabakada bulunur. Eğer, bu tabaka birdenbire yok olsa, yer yüzündeki hayattan eser kalmaz.

60-70 km. yukardaki «hava»dan roketlerle alınan numunelerin incelenmesinden, bazı hafif gazların, ağır gazlara oranla daha fazla bulunduğunu anlıyoruz. Yüksek seviyelerdeki bu değişme-

nin, atmosferin üst tabakalarına doğru ne kadar uzandığı hakkında henüz kesin bir fikrimiz yok.

Atmosferin yukarı seviyelerinde, güneşten gelen radyasyonlar ve uzaydan gelen kozmik ışınların tesiriyle gazların atom ve molekülleri iyonize olurlar. Gecenin karanlık saatlerinde birçok fotokimyasal reaksiyonlar bu defa ters bir işleme uğrayarak parçacıklarda bazı fiziksel değişimler görülür. İşte bu iyonosferik olaylar, özellikle radyo dalgaları için çok önemlidir. (X) Ayrıca bu reaksiyonlar bizi atmosferin oluşumu ile ilgili bir sorunla karşı karşıya bırakır.

Acaba atmosfer uzaya niçin kaçamıyor? Gazların arzdan kaçıp kaçamaması başlıca iki faktörle ilgilidir. Birincisi gazın sıcaklığı ve yoğunluğu, diğeri ise gazın kütlesi ve arzın çekim kuvveti. Arzın çekim kuvvetinden kurtulmak için, herhangi bir cismin, dünyadan saniyede 11 km. ilk bir hızla fırlatılması gerekir. İşte bu hız kaçış hızı adını veriyoruz. Örneğin arzdaki kaçış hızı : 11 km/san. iken bu değer ay'da 2.3 km/san., Mars'ta 4.8 km/san., Venüs'te 10.2 km/san. ve dev gezegen olan Jupiter'de ise 61 km/san. ye ulaşır. Gezegenin kütlesi arttıkça, kaçış hızı değerlerinde de bir artış görülür. Diğer yandan hidrojen gazının (Atomlarının) arz atmosferi içindeki ortalama hızı 1.7 km/san. mertebesindedir. Azot ve oksijen gibi nisbeten ağır gazların ortalama hızı ise 0.4 km/san. olarak hesaplanmaktadır.

Her bir molekülün atmosfer içindeki hızı ve yönü, bu molekülün diğer moleküllerle yapacağı çarpışma olasılığına bağlıdır. Başka bir deyişle, eğer bir gaz molekülü, diğer moleküllerle ne kadar sık çarpışırsa molekülün hızında ve yönünde de o kadar değişiklik beklenecektir. Molekülün hızında görülecek bu değişim, aslında gazın sıcaklığına ve yoğunluğuna bağlıdır. Meselâ gazın sıcaklığı arttıkça, gaz moleküllerinin hızı da artacaktır. İşte bu noktada karşımıza istatistikî bir

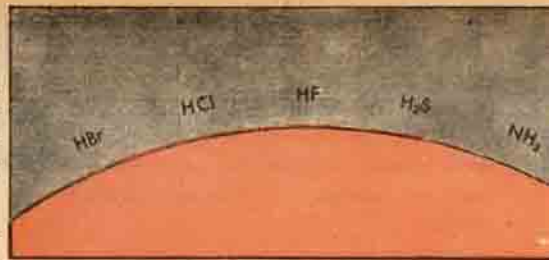
(\*) Çevirenin Notu: Son yıllarda roketlerle yapılan incelemeler, bu seviyeler arasında su buharının az da olsa mevcudiyetini ortaya çıkarmıştır.

(X) Çevirenin Notu: Bilindiği gibi bilhassa uzun dalga boylu radyo dalgaları, atmosferin üst tabakalarına çarparak buradan tekrar yere yansıtılırlar.

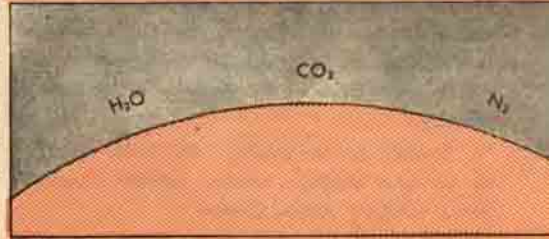
problem çıkar, şöyle ki: Yukarlarda, atmosferin uzaya sınır teşkil ettiği tabakalardaki gaz moleküllerinin, birbirleriyle çarpışma ihtimali ne olmalıdır ki, moleküller, arz atmosferini terk ederek uzaya kaçınsınlar.

Üst atmosferde, verilen bir sıcaklık derecesinde, gazların uzaya kaçıp kurtulmaları için gereken zamanı hesaplayabiliriz. Arzdan aşağı yukarı 300 km. yukardaki sıcaklığın, yaklaşıklikle 1300 °C olduğunu tahmin ediyoruz. Bu sıcaklıktaki hidrojen gazının uzaya kaçması için gereken zaman da 4000 yıl kadar oluyor. Diğer yandan azot ve oksijen gibi ağır gazların uzaya kaçması için gerekli zaman pek uzun.. 10<sup>46</sup> yıl ilâ 10<sup>51</sup> yıl arasında.. Arzın yaşını da 3 milyar yıl olarak (3 x 10<sup>9</sup>) tahmin ettiğimize göre, oksijen ve hidrojenin kaçıp kurtulması için vakit henüz çok erken. Ancak ortaya helyum için bir sorun çıkıyor: Helyum arz yüzeyi üzerinde radyoaktif ışınlarla husule geliyor ve atmosferde birikip kalmıyor. Şu halde bu gazın hiç değilse bir kısmının devamlı olarak atmosferden kaçtığı sonucuna varıyoruz. Öte yandan 1300 °C sıcaklıkta helyum atomlarının tamamının arzdan kaçıp kurtulması için 4 x 10<sup>13</sup> yıl gibi uzun bir zaman gerekecektir ki, bu müddet, arzın yaşından 10.000 defa daha fazladır. Princeton Üniversitesinden Lyman Spitzer'ın kanısına göre, üst atmosferdeki sıcaklık, 2320 °C kadar yükselirse —ki bu sıcaklık artışı tamamen güneşten gelecek ışınlarla bağlı olacaktır— helyum atomları, arz atmosferini tamamen terkedeceklerdir.

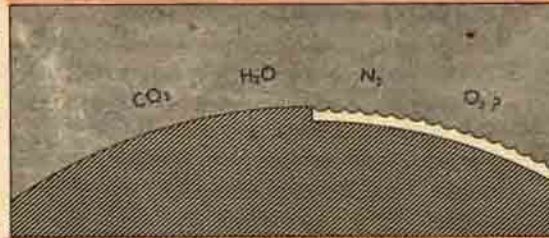
Yukardaki hesaplamalardan çıkarabileceğimiz sonuç şu olabilir: Arz atmosferi halen içinde mevcut gazları uzun bir süre boyunca muhafaza etmiştir. Bununla beraber bu sonuç bizi, bundan sonra şu veya bu şekilde atmosferde herhangi bir değişiklik olmayacak gibi bir fikre de götürmez. Şimdi ilginç bir probleme eğilelim: Acaba atmosferi husule getiren gazlar ve bu gazların bulunma oranları çok eskiden beri hep aynı miydi? Bu sorunun cevabı, şimdiki atmosferde bulunan seyrek gazların incelenmesi ile ortaya çıkar. Seyrek gazlar genellikle «ağır» gazlar oldukları için herhangi bir gezegen atmosferinin ilk safhalarında mevcut olmalıdır. Arz atmosferinin ilk oluşum devrelerinde de bu seyrek gazlar her halde pek bol olarak bulunuyorlardı. Aslında arz atmosferinde miktar olarak pek az bulunan bu gazlar, evrenin «bilinen» herhangi bir yerinde çok daha az miktarda da mevcut olabilir. Buna karşı-



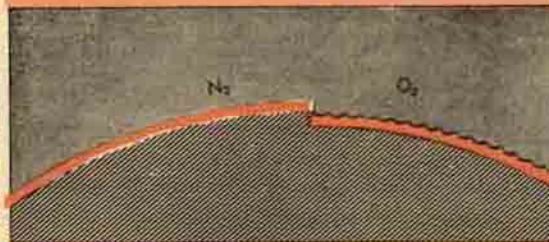
**Atmosfer I, Dünyamızı bugünkünden çok daha sıcak olduğu zamanlarda sarmıştı. Amonyak (NH<sub>3</sub>) ve su elementlerin bileşiklerinin bulunduğu sanılmaktadır; brom (Br), Chlor (Cl), fluor (F) ve kükürt (S).**



**Atmosfer II, Dünya biraz soğuyunca Atmosfer I'in yerini aldı. Onu oluşturan esas bileşimlerin karbondioksit (CO<sub>2</sub>), su (H<sub>2</sub>O) ve azot (N) olduğu muhtemeldir. Bu karışım halen volkanlardan çıkan gaza benzemektedir.**



**Atmosfer III, Dünyanın, suyun buhar haline gelip yoğunlaşarak okyanusları meydana getirecek kadar soğuması üzerine Atmosfer II'nin yerini almıştır. Atmosfer IV, Bugünkü havadır. Atmosfer**



**II ve III'ün karbondioksidi fotosentetik bitkiler de (yeşil) ve karbonatlı kayalarda tespit edilmiştir. Bitkiler aynı şekilde oksijenin geri verilmesinden sorumludur.**

lık; oksijen, azot, karbondioksit ve su buharı gibi gazlar arz atmosferinde, diğer gezegenlere nazaran pek bol olarak bulunurlar. Elementlerin evren içindeki bulunma oranları, spektroskopik analiz ve göktaşlarının kimyasal incelenmesiyle bulunur.

Bu noktada arzın ilk devirlerini düşünürsek, arz sıcaklığının şimdikinden çok daha sıcak olması gerektiği sonucuna varırız. Aşağı yukarı 80000 °C derecedeki sıcaklıkta, bir çok gazların arzı terkedeceği muhakkaktır. Geokimyasal nedenlerle arzın bu ilk devirlerinde chlorine, fluorine, bromine, iodyne, amonyak ve sülfür gibi gazların mevcut olabileceğine inanıyoruz. Bu sıcaklıkta ve bu gaz şartlarında, hayatın hiç bir belirtisine rastlayamayız. Fakat arz atmosferinin bu şartlarını uzun zaman devam ettirmediği de bir gerçektir. Atmosfer-I, jeolojik zamanla devam ettikçe çarçabuk kaybolacak ve yerini başka özellikteki bir atmosfere bırakacaktır. (Bk. Şekil - Atmosfer-I ve Atmosfer-II)

İkinci safhada arzdeki kayaların erimeleri sırasında çıkan gazların atmosfere geçmiş olabileceği de söylenebilir. Özellikle oksijen, su buharı ve azot gibi gazların mevcudiyetini ve bunların Atmosfer-II'nin hiç değilse % 90 ını teşkil ettiğini tahmin ediyoruz. Bu sırada yer yüzü sıcaklığının da bir kaç yüz derece olduğu düşünülebilir. Yukardaki tahminlerimizi hali hazırdaki volkanik faaliyetlerin incelenmesinden çıkartıyoruz. Örneğin Hawaii adalarındaki volkanik faaliyetlerden çıkan gazların birim hacimdeki oranları şöyle: Su buharı % 68, karbondioksit % 13, azot % 8 geri kalan gazlar ise sülfür dumanları.. Eğer atmosfer-II'nin terkibi aynen bu şekilde ise, oksijenin var olmadığını hayretle görüyoruz.

Bu sonuç bizi şu soruya götürecektir: Şu halde oksijen nereden ve nasıl atmosfere gelmiştir? Bilindiği gibi, oksijen şimdiki atmosferde en fazla bulunan elementlerden ikincisi. Üstelik hayat için de çok önemli. Oksijenin oluşumu için başlıca 3 hipotez var. Birincisi, Atmosfer-II nin ilk devirlerindeki yüksek sıcaklıkta, su buharının hidrojen ve oksijene dönüşümü ile ilgili.. Ancak, bu hipotez, birçok itirazlarla karşılaşılıyor. İkinci hipotez, üst atmosferdeki su buharının fotokimyasal reaksiyonlarla oksijene dönüşmesi prensibine dayanır. Fakat bu hipotezin de eksik yönlerinden biri, üst atmosferde havadaki bütün oksijeni meydana getirebilecek kadar کافی derece su buharının mevcut olmamasıdır. Bununla be-

raber, bir kaç milyar sene boyunca, oksijen bu tarzda elde edilebilir. Hiç değilse oksijenin bir kısmı bu yolla temin edilebilir. Üçüncü ve bir hayli tutunan hipotez de, oksijenin bitkilerin fotosentez dediğimiz karbondioksit alıp oksijen vermeleri özelliğine dayanır.

Demek oluyor ki, üçüncü hipotez, arzın o devrelerinde bitki hayatının var olması esasına dayanıyor. Atmosfer-II nin uzun zaman devam etmediğini ve yerini Atmosfer-III e bıraktığını biliyoruz. Başlangıçta, Atmosfer-III, Atmosfer-II den pek farklı değildir. Farklılık, Atmosfer-III'ün daha az sıcak ve daha değişik orandaki gaz miktarlarına sahip olmasında aranabilir. Öyle ki, % 74 oranında karbondioksit, % 15 oranında su buharı ve % 10 oranında da azot mevcuttu atmosfer-III'te... İşte bu sırada sıcaklığın 70°C dereceye kadar düştüğü tahmin ediliyor ki, bu ortamda bitki hayatından söz edilebilir artık... Bu noktada ortaya atılan bütün fikir ve düşünceleri incelemek yersiz, ancak şu kadarı ifade edilebilir ki, yaşayan bir takım hücreler, oksijensiz bir atmosferde de hayatlarını devam ettirebilirler.

Belki de 2 milyar yıl gibi uzun bir zaman geçti, atmosfer-III'ün şimdiki atmosfere dönüşmesi için... Denilebilir ki Atmosfer-IV, geçen bir milyar yıl boyunca dengeli durumunu korumuştur? Bir yandan yaratılan ve diğer yandan harcanmakta olan çeşitli gazlar arasında mevcut denge de pek bozulacağı benzemiyor.

Bu mükemmel dengeye bir misal verelim. Argon şimdiki atmosferin yaklaşık % 1'ini teşkil eder ve en fazla bulunan elementlerin üçüncüsüdür. Pekli, bu argon nereden çıkmış ta atmosferimize girmiştir? Bu sorunun cevabı, radyoaktiviteye dayanır. Argon'un büyük bir kısmı, atmosferde (Argon 40) izotopu olarak bulunuyor. Bu arada az miktarda da (Argon 36) mevcut. Argon 40, Potasyum 40'ın radyoaktif çürümesinden meydana geliyor. Demek oluyor ki, atmosferimiz arzın yaratıldığı andan itibaren uzun bir gelişme ve değişme evrimi göstermiş ve nihayet bu günkü dördüncü safhasına erişmiştir. Pekli, bundan sonra ne olacak? Yeni gelişmeler atmosferimiz için söz konusu olabilir mi? Bu sorunun cevabını arayan bilimciler, arz atmosferinin geçirdiği bu safhaları diğer gezegenlerin atmosferinde aramaya koyuldular. Örneğin Venüs, Jüpiter, Satürn gibi gezegenlerin atmosferleri incelendiğinde, görüldü ki, bu dünyaların atmosferleri henüz arz atmosferinin geçirmiş olduğu ilk devirlere sahiptir. Mars atmosferinin ise arz atmosferine biraz daha benze-