

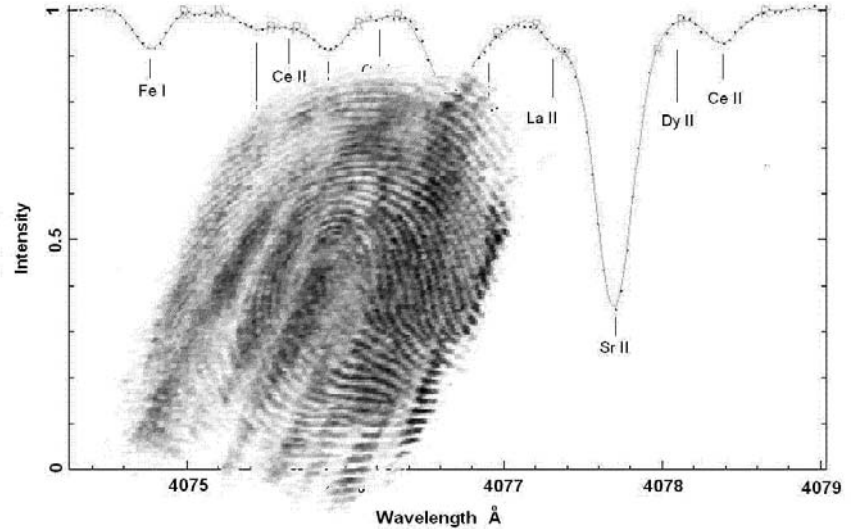
DÜNYA VE YILDIZLARDAKİ PARMAK İZLERİ “NADİR TOPRAK ELEMENTLERİ”

Bir süre önce gazetelerdeki bir haber dikkatinizi çekmiş olabilir. Seydişehir'deki Boksit minerallerinin “Nadir Toprak Elementleri” bakımından zengin olduğu bildirilmişti. Eskişehir ve Kırşehir yörelerinde de bol miktarda bulunduğu bilinen bu elementlerin özellikleri ve kullanım alanları, bir gökbilimci gözüyle araştırılmaya değer görünüyor. Çünkü yıldız fotosferlerindeki elementlerin kimyasal bollukları gökbilimin yöntemiyle incelenirken, nadir toprak elementlerinin de sözü geçer.

Yeryüzünde Nadir Toprak Elementleri!

Nadir Toprak Elementleri (Rare Earth Elements), elementlerin periyodik tablosunun alt kısmında iki satırda gösterilirler. Nadir toprakların Lantanitler ve Aktinitler olarak bilinen iki ailesi bulunuyor. Böyle isimlendirilmelerinin nedeni, atom numaraları 57-71 arasında olan lantanitlerin lantan ile başlaması, 89-103 atom numaralı serininse aktinyum ile başlaması. Bu iki element serisi, atomlarda dıştan 3. katmana elektronların dolması sonucu oluşur; 4f alt katmanına elektronlar dolarken Lantanitler, 5f alt katmanına elektron dolarken Aktinitler oluşur.

Jeokimyacılar arasında eski bir deyiş vardır: Nadir toprak elementleri ne “nadir” ne de “toprak”tır. Yerkabuğunun içerisinde bollukları lantanitlerinden daha düşük olan ve herkes tarafından da iyi bilinen birçok element var. Örneğin altın, gümüş ve platin böyleleri. Daha az bilinen selenyum (Se), rutenyum (Ru), rhodyum (Rh), palladyum (Pd) gibi elementler de na-

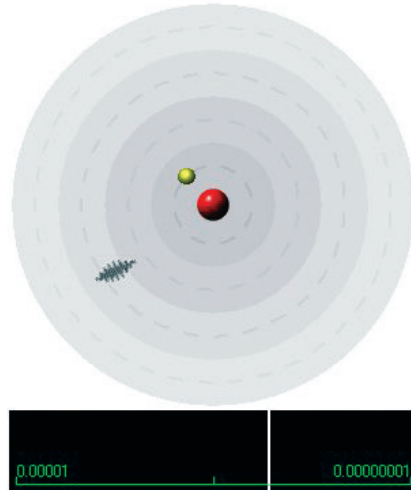


Şekil 1: Elementlerin elektromanyetik tayf üzerindeki parmak izleri.

dir toprak elementlerinden daha “nadir”.

Aktinitlerin tamamı radyoaktif, yani kararsız olur. Fakat uranyum (U) ve toryum'un (Th), yarılanma süreleri çok uzun olan izotopları var. Bu uzun yarılanma süreleri, yer kabuğunda hâlâ ölçülebilir miktarda oluşlarının nedeni.

Şekil 2: Atom ve tayf çizgisi.

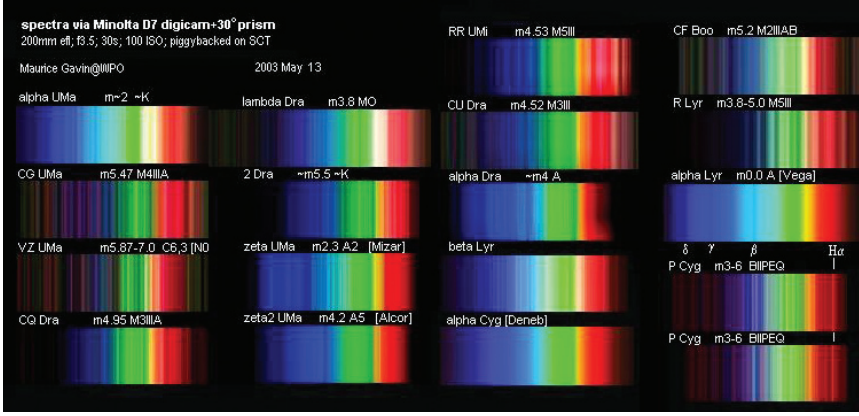


Buradan diyebiliriz ki, nadir toprak elementleri “nadir” değil ya da en azından kesinlikle “en nadir” değil.

Öte yandan bu elementler “toprak” da değildir. Ancak, elementler böyle anı gelmişler. Antik dünyanın kimyagerleri olan simyacılar, bilmedikleri pek çok maddeye “toprak” demişler. Bu maddelerin daha sonraları “oksit” sınıfından bileşikler olduğu anlaşıldı. Buradan, onların dediği maddelerin lantanit ve aktinit oksitleri olduğunu anlıyoruz. Yer kabuğundaki lantanit oksitlerinin, demir ve titanyum oksitlerinden daha nadir olduğu kesin.

Ancak, jeokimyacılar şimdilerde bazı kayalarda lantanitlerin diğerlerinden daha çok bulunduğunu göstermiş bulunuyorlar. Bu bilimadamları özel kayalarda lantanitlerin neden bol bulunduğunu ve hatta bu elementlerin bağlı bolluklarının sebebini de açıklayabiliyorlar.

Lantanitlerin kayalardaki dağılımını iki ana faktör etkiliyor. Bunlardan ilki lantanit iyonunun boyutu ki, bu,



Şekil 4. α UMa, CG UMa, CQ Dra ve λ Dra gibi bazı yıldızların tayflarına ait örnekler.

nın gelişmesine de katkıda bulunan bu türden astrofizik çalışmalarında, yıldızdan gelen ışık bir yarıktan geçirildikten sonra basit anlamda bir prizmadan geçirilirse, karşısındaki ekranda tıpkı gökkuşağında olduğu gibi renkler dizilir. Bu renkli şeride tayf, tayfı elde etmeye yarayan ve teleskoplara bağlı çalışan aletlere tayfçekerler deniyor. Güneş ve diğer yıldızların tayfları, bu tayfçekerler yardımıyla elde ediliyor. Katı, sıvı ve gaz maddeler özellikle yüksek sıcaklıklara ısıtıldıkları zaman, yan yana pek çok dalgaboyundan oluşan sürekli tayflar elde edilir. Düşük basınç altındaki gazların verdikleri tayf kesikli çizgiler halinde çizgi tayfı şeklinde görülür. Her elementin elektromanyetik tayf üzerindeki parmak izleri farklı; yani her element için dalgaboyları farklı olur. Güneş sırf hidrojen oluşsaydı sürekli enerji dağılımında sadece hidrojen elementine ait tayf çizgileri görülecekti. Oysa Güneş'te başka elementler de var. Işığı bize kadar ulaşabilen yıldızın yüzey katmanlarında hangi elementlerin bulunduğu ve bu elementlerin bollukları "Kimyasal Bolluk Analizleri" ile tespit edebiliyor. Böylece yıldız tayfındaki çizgi profillerinin tek tek incelenmesiyle başlayan bir astrofizik çalışması, detaylı kimyasal bolluk analizlerine kadar uzanabilmekte. Yıldız astrofiziğinin önemli bir yararı da, yıldız evriminin anlaşılmasına katkı yapması ve gökadamızın kimyasal geçmişinin anlaşılabilmesine imkan sağlaması. Ancak ayrıntılı ve doğru sonuçlar,

i) Duyarlılığı yüksek olan gözlemsel verilerin,

ii) Gerçeğe uygun fiziksel modellerin kullanıldığı çalışmalardan elde edilebiliyor.

Tayfsal analizler; aynı zamanda kozmoloji, radyoloji, tıp, nükleer alanlarda ve yaygın olarak da gıda maddelerinin kontrolü gibi alanlarda da kullanılıyor.

Yıldızlarda Nadir Toprak Elementleri

Yıldız atmosferlerindeki "nadir toprak elementleri" de tıpkı diğer elementlerin belirlenmesinde olduğu gibi benzer yöntemle, yaydıkları ışınlar incelenerek araştırılmakta. Özellikle manyetik kimyasal özel yıldızlar (Ap stars), nadir toprak elementleri çalışmak için doğal birer laboratuvar. Çoğunda lantandan (La) gadolinyuma (Gd) kadar olan elementler bolca bulunur, bazılarında disprosyum (Dy) ve holmiyum (Ho) gibi ağır lantanitler de yakalanmış bulunuyor. Güneş'ininkinden çok daha bol miktarda bulunan nadir toprak elementleri, Ap yıldızlarının en tipik özelliği. Geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar; La, Ce, Nd ve Sm gibi nadir toprak elementlerin birinci iyonlaşma durumuna ait çizgileri ile sınırlıydı. Oysa 1900'lü yılların başlarında Ap türü yıldızların tayflarında ikinci iyonlaşma durumuna ait (REE3) çizgilerin varlığı bilinmesine karşın (örneğin α^2 CVn yıldızı), atomik verilerin yetersizliği nedeniyle bu çizgilere ilişkin yapılan çalışmalar ileriye götürülemedi.

Ne yazık ki, bugün yıldız fotosferlerindeki (ışık küre) lantanit bollukları iyi anlaşılacak değil. Genel resme bakıldığında daha hafif olan lantanitlerin, ağır olanlara göre daha bol oldukları görülüyor. Bu durum, Dünya yüzeyindeki bağlı bolluklarla ilişkilendirilebilir. Fakat oradaki dağılım farklı sebeplerden ortaya çıkmış olabilir.

İlginçtir ki " β CrB" ve "HR 7575" gibi özel yıldızlarda Nd ve Sm elementleri hiç gözlenememiş bulunuyor. Bir yıldızda, her yıldızda görünen bazı tayf hatlarının gözlenemeyişini açıklamak için henüz erken. Belli ki bu konuda difüzyon teorisi denen ve element dağılımlarını tahminde kullanılan bilimsel yaklaşım şimdilik yetersiz.

Aslında bu yıldızlarda nadir toprak element bolluklarının doğru olarak ölçülebilmesi o kadar da kolay değil. Ayrıca lantanitlerin, yıldızların manyetik olan (Ap-stars) ve manyetik özellikli olmayan (Am-stars, HgMn-stars) türlerinin neden büyük bağlı bolluk farklılıkları gösterdiğini de henüz bilmiyoruz.

HD 101065, nadir toprak elementlerin hem birinci hem de ikinci iyonlaşma durumuna ait tayf çizgilerinin bolca bulunduğu ünlü bir yıldız. Bu yıldız, atomun kuantum modeli ile ilgili yeni teorik çalışmaların deneysel doğrulanması için sanki bir laboratuvar görevi üstlenmiş görünüyor. Tayfsal analizler, bu yıldızın atmosferinin Uranyum ve Toryum bakımından zengin olduğunu ortaya koydu. Böylece, bir yandan kimyacıların geliştirdiği atom modelleri astrofiziğin kullanımına sunulurken, bir yandan da, yıldızlardan elde edilen özel tayflar, atom modellerinin gelişmesine yardımcı oluyor.

Bugün, ülkemizde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG; Bakırlitepe-Antalya)'ndeki 1,5 metrelik teleskopla yıldızların tayfsal gözlemlerine başlanmış bulunuyor. Bugüne kadar uluslararası ortak bilimsel çalışmalar sonunda Kanada'daki Dominion Astrofizik Gözlemevi (DAO; Kanada) gibi bazı gözlemlerinden temin edilen tayfsal verilerle üniversitemizde yapılan kimyasal bolluk analiz çalışmaları, artık kendi gözlemlerimizle devam edecek. Bu sayede hem yıldız astrofiziği çalışmalarında kendi gözlemsel verilerimiz birçok bilinmeyene ışık tutacak, hem de genç gökbilimcilere yeni araştırma alanları açılmış olacak.

Yrd. Doç. Dr. Kutluay Yüce
Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi,
Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü
kyuce@astro1.science.ankara.edu.tr

Teşekkür: Charles R. Cowley (Michigan Üniversitesi, Astronomi Bölümü, USA)