



Süperiletkenlik Nedir?

Mahir E. Ocak

Süperiletkenlik sıcaklık belli bir değerin altına düştüğünde bir malzemenin direncinin tamamen sıfır olmasıdır. 1911 yılında Heike Kamerlingh Onnes tarafından

keşfedilmiştir. Katı cıvanın elektrik direnci üzerine çalışan Onnes, direncin 4,2 Kelvin'in altında sıfıra düştüğünü gözlemlemiştir. Sonraları kurşun, niyobyum nitrat gibi çok sayıda başka malzemenin de süperiletkenlik gösterdiği bulunmuştur. Süperiletkenlik kuantum mekaniği ile açıklanabilen bir olgudur, klasik mekanik ile açıklanamaz.

Altın, gümüş, bakır gibi sıradan bir iletkenin direnci sıcaklığı düştükçe azalır. Fakat sıcaklığın mutlak sıfıra yaklaştığı durumlarda bile direnç sıfıra düşmez. Metalin tamamen saf olmaması ve yapısındaki bozukluklar buna engel olur. Süper iletken malzemelerde ise sıcaklık belirli bir değerin altına düştüğünde malzeme süperiletken durumuna geçer. Bir elektrik akımı süperiletken malzemenin içinden hiçbir kaynaktan

güç almadan akmaya devam edebilir. Süperiletken malzemeleri süperiletkenlik göstermeye başladıkları kritik sıcaklığa kadar soğutmak için genellikle sıvı azot kullanılır. Bu yüzden kritik sıcaklığı azotun kaynama sıcaklığı olan 77 Kelvin'den düşük olan malzemelere düşük sıcaklık süperiletkenleri, yüksek olanlara ise yüksek sıcaklık süperiletkenleri denir.

Süperiletkenlerin tamamı Meisner etkisi olarak adlandırılan bir özellik gösterir. Meisner etkisi, süperiletken malzemelerin süperiletken durumdayken (sıcaklığı kritik sıcaklığın altındayken) manyetik alanı dışlamasıdır. Harici bir manyetik alanın şiddeti, süperiletken bir malzemenin içine girdikten çok kısa bir mesafe sonra sıfıra düşer. Çoğu süperiletken malzeme için bu mesafe 100 nm civarındadır.

Richter Ölçeği Nedir?

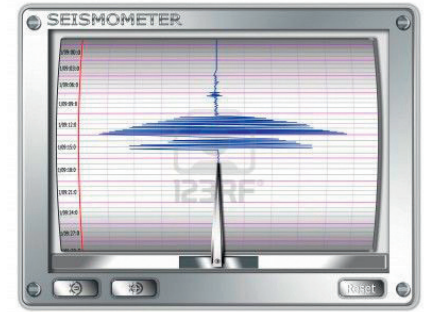
Mahir E. Ocak

Her yıl çok sayıda deprem oluyor. Bu depremlerin bir kısmı insanlar tarafından hissedilemeyecek kadar düşük şiddette olurken bazıları sebep oldukları tahribatlar ile felaketlere yol açıyor. Richter büyüklük ölçeği -ya da kısaca Richter ölçeği- depremlerin şiddetini ölçmekte kullanılan, adını en sık duyduğumuz ölçek. Peki Richter ölçeği tam olarak nedir ve bize depremler hakkında hangi bilgileri verir?

Richter ölçeği 1935 yılında Kaliforniya Teknoloji Enstitüsü'nde çalışan Charles Francis Richter ve Beno Gutenberg adlı iki araştırmacı tarafından geliştirilmiştir. Logaritmik bir ölçek olan Richter ölçeğine göre bir depremin şiddeti şu formülle hesaplanır:

$M_L = \log(A/A_0(\delta))$ Bu formülde M_L depremin şiddetini, A Wood-Anderson sismografinin maksimum sapmasını, $A_0(\delta)$ ise depremin merkezinin uzaklığına bağlı olarak değişen bir fonksiyonu ifade eder. Şiddet hesaplama formülü 10 tabanlı bir logaritma içerdiği için depremin şiddetinin Richter ölçeğine göre 1 birim artması gerçek şiddetinin on katına çıkması anlamına gelir. Ölçeğin geliştirildiği zamandaki teknolojilerle ancak 3 ve daha büyük şiddetteki depremler ölçülebilmeye rağmen, aslında ölçeğin alt sınırı yoktur. Hatta günümüzde var olan hassas sismograflarla Richter ölçeğine göre değeri negatif olan depremleri bile belirlemek mümkündür (Birden küçük sayıların logaritması negatiftir). Richter ölçeği ile büyüklüğü 8'den fazla olan depremlerin şiddeti ölçülemez.

Çok büyük depremlerin şiddetini ölçmek için başka yöntemler kullanılır. Fakat diğer yöntemlere göre yapılan ölçümlerden de kamuya açık yayın organlarında "Richter ölçeğine göre" şeklinde değinilmesi yaygındır.



Richter ölçeği sadece depremin büyüklüğü hakkında değil depremde salınan enerji hakkında da bilgi verir. Bir depremde salınan enerji, sallanma genliğinin 3/2'nci kuvveti ile orantılıdır. Dolayısıyla bir depremin şiddeti Richter ölçeğine göre bir birim arttığı zaman, depremde salınan enerji miktarı $10^{(3/2)}=31,6$ katına çıkar.





İnsanlar Kendi Kendilerini Neden Gıdıklayamaz?

Tuba Sarigül

Bir insan kendisine dokunulduğunda bu etkiye duygusal ve fiziksel olarak cevap verir. Vücudun bazı bölgeleri diğerlerine göre bu etkilere karşı daha hassastır. Gıdıklanma hissinin oluşması için derideki dokunma duyusunu algılayan sinirlerin hafifçe uyarılması gerekir. Bu his beynin iki farklı bölgesinde değerlendirilir. Somatosensori korteks dokunma duyusunun yorumlandığı bölgedir. Gıdıklanma hissine neden olan hareketin derideki sinirlerde oluşturduğu sinyaller, beynin olumlu duyguları yorumlayan bölümü olan anterior singulat korteksi etkinleştirir. Sarah-J. Blakemore ve arkadaşları *Nature Neuroscience* dergisinde yayımlanan

çalışmalarında, kendi kendini gıdıklama durumunda beynin bu iki bölgesinin harici bir dokunma hareketi sırasında olandan daha az etkin olduğunu gösterdi.

Ancak derimizdeki sinirler, dokunma hareketi sonucu oluşan sinyallerin harici kaynaklı mı olduğunu yoksa bizim tarafımızdan mı oluşturulduğunu algılayamaz. Beynin hareketle ilgili kısmı olan beyincik bu farkı algılayabilen bir sensör olarak görev yapar. Kendi kendimizi gıdıklamaya çalıştığımızda beyincik hareketin kaynağını belirler ve bu bilgi sayesinde beynin gıdıklamaya tepki veren diğer bölgeleri daha az etkin olur. Beynimizin bizim oluşturduğumuz harekete verdiği tepkiyi azaltmasının sebebinin, beklenmedik dış uyaranlara karşı duyarlılığımızı artırmak olduğu düşünülüyor.

Dünya'nın Manyetik Kutupları Neden Yer Değiştirir?

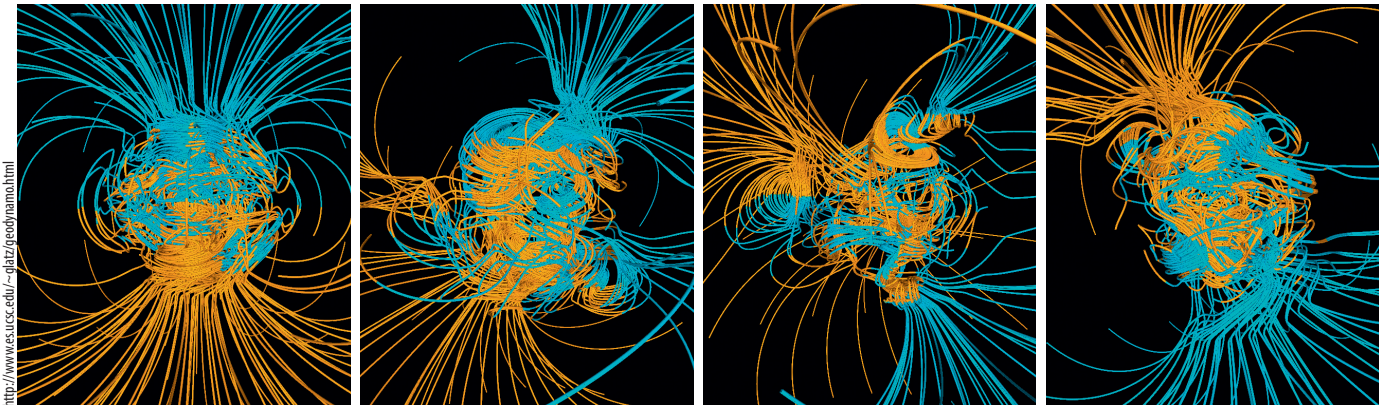
Tuba Sarigül

Kayaçlardaki manyetizma etkisine yönelik araştırmalar, Dünya'nın manyetik alanının en az üç milyar yıldır var olduğunu gösteriyor. Ayrıca oluşumları sırasında manyetik alanın yönünden etkilenen manyetize kayaçlardan ve lavların akış yönlerinden elde edilen veriler, geçmişte Dünya'nın manyetik kutuplarının pek çok kez yer değiştirdiğini ve bu olayın ortalama

300.000 yılda bir gerçekleştiğini gösteriyor. Ancak var olduğu bu uzun süre boyunca kesintisiz bir şekilde devam eden manyetik alanın nasıl meydana geldiği henüz anlaşılabilmemiş değil. Temel bileşeni demir olan katı iç çekirdeği çevreleyen sıvı dış çekirdekteki madde akışının, mıknatıslardakine benzer bir biçimde dinamo etkisine neden olduğu düşünülüyor.

Dünya zamanla soğudukça, sıvı haldeki alaşımın içindeki demir iç çekirdeğin yüzeyinde katılaşır.

Bu nedenle sıvı haldeki alaşımın bileşimi değişir. Ayrıca Dünya'nın kendi etrafındaki dönme hareketi nedeniyle sıvının sarmal şekilde hareket etmesi de manyetik alanın dengesizleşmesine neden olur. Dünya'nın manyetik kutuplarının yer değiştirmesinin, manyetik alanda süregelen bu dengesizliklerden kaynaklandığı düşünülüyor. Çekirdekteki sıvı hareketi devam ettikçe manyetik alanda sürekli bir değişim olmasına rağmen, süreç çok yavaş gerçekleşiyor.





Atom Saatleri Nedir, Nasıl Çalışır?

Tuba Sarıgül

Zamanı yüksek kesinlikte ölçebilmek sadece bilimsel amaçlar için değil GPS, cep telefonu ve internet gibi pek çok teknoloji için de hayli önemli. Örneğin GPS sistemlerinde zaman ölçümündeki 1 nanosaniyelik bir hata, konumda 30 santimetrelilik

bir kaymaya neden olabiliyor. Atom saatleri kullanmak zamanı ölçmenin şu ana kadar bilinen en kesin yolu.

Zaman ölçümlerinde sabit zaman aralıklarıyla tekrar eden (periyodik) bir olay temel alınır. Atom saatlerinden önce saniyenin tanımı genellikle astronomi olaylarına -Dünya'nın Güneş etrafındaki yörünge hareketi gibi- göre yapılıyordu.

1879'da William Thomson (Lord Kelvin) atomların titreşim frekanslarının uzaydaki konumlarından bağımsız olduğunu ve atom var olduğu sürece muhtemelen aynı kalacağını ortaya koyduğunda, atom saatlerinin de temellerini atmıştı. İlk uygulamalar ancak 60 yıl sonra, kuantum mekaniğindeki gelişmeler sayesinde gerçekleştirilebildi.

Atom saatlerinin temel çalışma ilkesi bir elementin bütün atomlarının özdeş olmasına ve elektronlarının bir enerji seviyesinden başka bir enerji seviyesine geçerken belirli bir frekansta enerji

Yapılan ilk atom saatinde amonyak molekülüne ait bir rezonans frekansı kullanılıyordu. Ancak amonyak molekülünün kullanıldığı atom saatlerinin hassasiyetinin düşük olması nedeniyle araştırmalar sezyum atomu (Cs) üzerinde yoğunlaştı. Nispeten ağır bir element olan sezyum -atom saatlerinde kullanılan diğer atomlara ya da moleküllere göre- daha uzun bir zaman aralığında gözlem yapmaya imkan verecek şekilde oda sıcaklığında daha yavaş hareket (130 m/s) eder ve rezonans frekansı daha yüksektir. Sezyum atom saatleri 1,4 milyon yılda sadece 1 saniye sapar ve yüksek kararlılıktadır. Saniye, 1967'de Uluslararası Birimler Sistemi (SI) tarafından sezyum atomunun belirli iki enerji seviyesi arasındaki geçişi sırasında soğurduğu ve yaydığı mikrodalga ışınının frekansı ($9.192.631.770 \text{ s}^{-1}$) olarak tanımlanmıştır. Günümüzde yaygın olarak sezyum ve rubidyumdan üretilen atom saatleri kullanılır.

Paslanmaz Çelik Neden Paslanmaz?

Mahir E. Ocak

Çelik, demirden ve başka elementlerden oluşan bir alaşımdır. Çeliğin içinde her zaman karbon, fosfor, silisyum ve az miktarda alüminyum bulunur. Bu elementler demirin kristal yapısında

meydana gelebilecek kaymaları engelleyerek malzemeye sertlik kazandırır. Nikel, krom, bor, titanyum, mangan, vanadyum gibi bazı elementler ise çeliği istenildiği gibi biçimlendirmek amacıyla farklı miktarlarda eklenir.

Demirin oksijenle tepkimesi sonucunda pas olarak adlandırılan madde oluşur. Normal çeliğin içinde bulunan demir zaman içinde havada bulunan oksijen ile tepkimeye girerek pas oluşturur. Yüzeyde oluşan pas aktiftir ve daha fazla pas oluşmasına sebep olur.

Paslanmaz çelik paslanmaya, lekelenmeye ve yıpranmaya karşı hayli dirençli bir çelik türüdür. Malzemeye bu özelliklerini oranı en az %10,5 olması gereken krom kazandırır.

Krom yeterli miktarda olduğunda yüzeyde oksitlenme sonucu krom oksit tabakası oluşur.

Gözle görülemeyecek kadar ince olan bu tabaka alaşımın ısıtılı görünmesine sebep olur. Bu tabaka suyun ve havanın malzemeye ulaşmasını engellediği için yıpranmanın içe doğru yayılmasını engeller. Ayrıca yüzeydeki krom oksit tabakası çizilmelerle bozulduğu takdirde kolaylıkla yeniden oluşabilir. Bu da paslanmaz çelikten yapılan malzemelerin uzun ömürlü olmasını sağlar. Paslanmaz çelik tamamen geri dönüştürülebilir bir malzemedir.





Kimyasal Çözülme Nedir?

Mahir E. Ocak

Kimyasal çözülme kayaların kimyasal süreçler sonunda aşınması, ayrışması, çözünmesidir. Kimyasal çözülme birkaç yolla gerçekleşebilir. Bu yolların bazıları karbonlaşma, oksitlenme, sulanma, çözünme ve hidrolizdir.

Sulanmada kayalar suyu soğurarak genişir. Oluşan stres sonucunda kayalar ufak parçalara ayrılır. Çözünmede ise kayanın bileşimindeki mineraller su içinde çözünür. Bu da kayaların aşınmasına sebep olur.

Hidroliz ise sudaki hidrojen atomlarının kayalardaki mineraller ile tepkimeye girmesi sonucunda oluşan aşınmadır. Saf su az miktarda da

olsa iyonlaşarak hidrojen ve hidroksil iyonları oluşturur. Oluşan hidrojen iyonları ile kayanın bileşimindeki mineraller arasında gerçekleşen tepkimeler sonucunda kaya aşınır.

Oksitlenme oksijenin kayadaki mineraller ile tepkimeye girmesi sonucu oluşur. En yaygın olan oksitlenme tepkimeleri demir iyonlarını içerenlerdir. Bu tepkimeler bazen paslanma olarak adlandırılrsa da metalik demirin paslanmasından farklıdır.

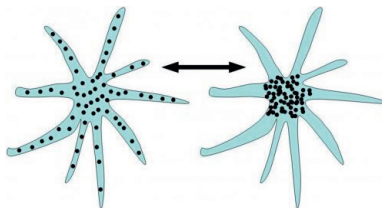
Bir diğer kimyasal çözülme şekli olan karbonlaşma ise yağmur sularıyla gelen karbonik asitin kayaları aşındırmasıdır. Havada bulunan karbondioksitin su ile tepkimeye girmesi sonucunda karbonik asit oluşur. Oluşan asit kayadaki mineraller ile tepkimeye girer. Soğuk su daha fazla karbondioksit çözdüğü için soğuk havalarda karbonlaşma daha fazla görülür. Özellikle buzul çağlarında karbonlaşma miktarı fazla idi.

Canlılarda Renk Değişirme Nasıl Gerçekleşiyor?

Tuba Sarıgül

Canlı organizmalarda renk değişirme ışığın deri hücrelerindeki pigmentler tarafından soğurulması ya da dokulardaki ve hücrelerdeki biyolojik nano yapılar tarafından yansıtılması ve saçılması yoluyla gerçekleşir. Bu tür canlılarda deride renk değişiminden sorumlu olan pigment yapılarının bulunduğu hücreler kromatoforlardır. Ancak renk değişirme süreci canlının türüne göre farklı mekanizmalarla gerçekleşir. Işık ya da sıcaklık değişimleri de renk değişimlerini tetikleyici etki yapabilir. Ancak canlılarda bu süreç genel olarak çevrelerinde gerçekleşen değişimlere tepki olarak ortaya çıkar.

Omurgalılarda renk değişiminden sorumlu yapılar, farklı renklerin oluşmasını sağlayacak şekilde ışığı yansıtan ve saçan kristaller ile renk molekülleri (pigment) içeren kromatofor hücreleridir. Farklı türleri olan bu hücrelerden melanofor renk değişirmede önemli bir etkiye sahiptir.



<http://phys.org/news/2013-05-chameleons-creatures-colour.html>

Melanofor hücrelerinin içindeki melanin pigmentlerinin hücre içindeki hareketi renk değişimine neden olur.



Ayrıca yıldıza benzeyen bir şekli olan bu hücreler, derinin yüzeyi boyunca genişleyebilen kolları sayesinde diğer renk veren hücreleri örtterek farklı tonların oluşmasını sağlar. Mürekkep balığı gibi kafadan bacaklılarda ise pigment keseleri içeren renk hücreleri kas lifleriyle çevrelenmiştir. Bu kaslar kasıldığında pigment keselerinin büyüklüğünde ve şeklinde meydana gelen değişimler sonucunda ani renk değişimleri gözlenir.

Jeotermal Enerji Santrallerinde Yapılan Sondajlar Depremleri Tetikler mi?

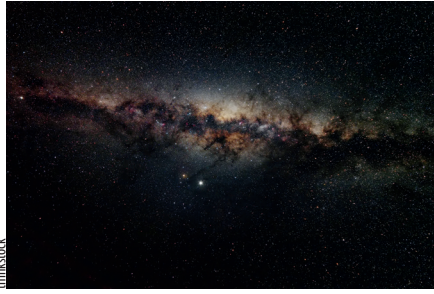
Tuba Sarıgül



thinkstock

Jeotermal kaynaklardan enerji elde edilirken kullanılan en yaygın yöntem, yeraltı sularının Dünya'nın merkezindeki yüksek sıcaklığın etkisiyle ısınması sonucu oluşan sıcak suyun ya da buharın sondaj yoluyla çıkarılmasıdır. Açılan sondaj kuyularında jeotermal kaynağın bulunduğu geçirgen tabakaya gelindiğinde, yüksek sıcaklıktaki su ya da buhar basıncının etkisiyle yüzeye çıkar. Jeotermal enerji santrallerinde genellikle rezervuarı beslemek amacıyla yeraltından çekilen buharın ya da sıcak suyun yerine rezervuara tekrar su gönderilir. Sondajın kendisi depreme neden olmasa da sondaj sırasında uygulanan bu işlem fay hatlarında çeşitli dengesizliklere sebep olabilir.

Emily Brodsky'nin başyazarı olduğu ve geçen ay *Science* dergisinde yayımlanan çalışmada, Güney Kaliforniya'daki Salton Denizi Jeotermal Enerji Santrali'nin bulunduğu bölgede jeotermal kaynaklardan enerji elde etme süreçleri ile sismik faaliyetler arasında kuvvetli bir ilişki olduğu belirlendi. Araştırmacılar bu bölgedeki depremlerin sıklığının, enerji üretimi sırasında yeraltından çekilen ve yeraltına verilen suyun hacmine bağlı olarak değiştiğini söylüyor. Ancak bu sürecin depremler üzerinde dolaylı bir tetikleyici etkisi olduğu düşünülse de doğrudan bir ilişkiden bahsetmek hatalı olabilir.



thinkstock

İçinde Bulunmamıza Rağmen Samanyolu Gökadası'nın Şekli Nasıl Biliyoruz?

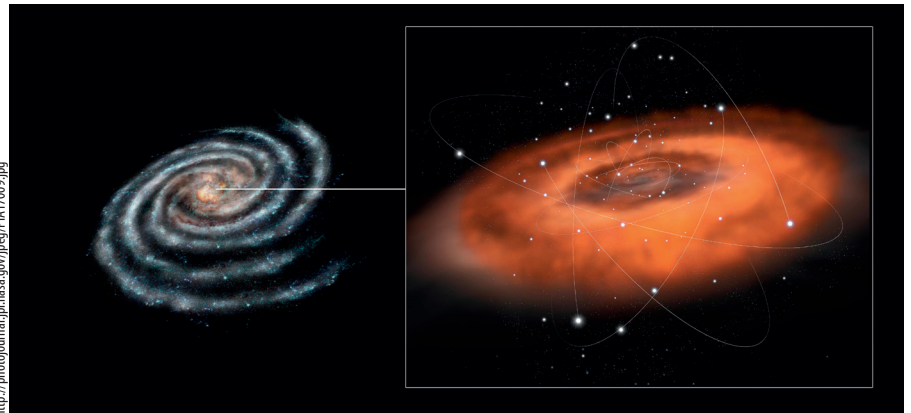
Tuba Sarıgül

Samanyolu Gökadası'nın çubuklu sarmal yapıda olduğu tahmin edilse de gerçek şeklinin nasıl olduğunu aslında bilmiyoruz. Gökadamızın dışardan nasıl görüldüğünü öğrenebilmek için ışık hızına yakın bir hızla hareket edebilen bir kamerayı gökadanın dışına göndermeyi başarsak bile, bu aracın yeterince uzağa ulaşması binlerce yıl sürerdi. Dünya'dan çekilen fotoğraflarından Samanyolu Gökadası'nın görünen kısmının bir şerit şeklinde olduğu ve yıldızların bu şerit boyunca yoğunlaştığı gözlemlendi. Buradan Samanyolu'nun disk şeklinde bir gökada olduğu anlaşıldı.

Ayrıca genç yıldızların etrafını çevreleyen gaz bulutlarındaki yüksüz ve iyonlaşmış hidrojenin yoğunluğunun ve yıldızların dairesel hareketlerinin ölçülmesi sonucu Samanyolu Gökadası'nın sarmal yapıda olduğu belirlendi.

Başlarda Samanyolu Gökadası'nı, yıldızlararası ortamda bulunan toz ve gaz bulutları nedeniyle, görünür ışığı kullanarak gözlemek mümkün olmamıştı. Bu nedenle radyo dalga boyunda yapılan gözlemlerde, gökadamızın dört ana koldan oluşan sarmal bir yapıda olduğu, merkezinin toz ve gaz bulutlarından oluştuğu belirlendi. Kızılötesi dalga boyunda gerçekleştirilen sonraki gözlemler ise

gökadanın merkezinden dışarı doğru genişleyen çubuksu bir yapının varlığını ortaya çıkardı. NASA Spitzer Uzay Teleskobu tarafından elde edilen kızılötesi görüntüler, Samanyolu Gökadası'nın merkezindeki bu çubuksu yapının iki ana kol (Scutum-Centaurus ve Perseus) ve bunlar arasında yer alan daha küçük iki kol (Norma ve Sagittarius) tarafından çevrelendiğini gösterdi. Ana kollar genç ve eski yıldızlardan oluşurken küçük kollar yıldız oluşum bölgelerini ve gaz bulutlarını barındırıyor. Bu tür veriler bir araya getirilerek Samanyolu Gökadası haritalanabiliyor.



<http://photojournal.jpl.nasa.gov/jpeg/PIA17003.jpg>

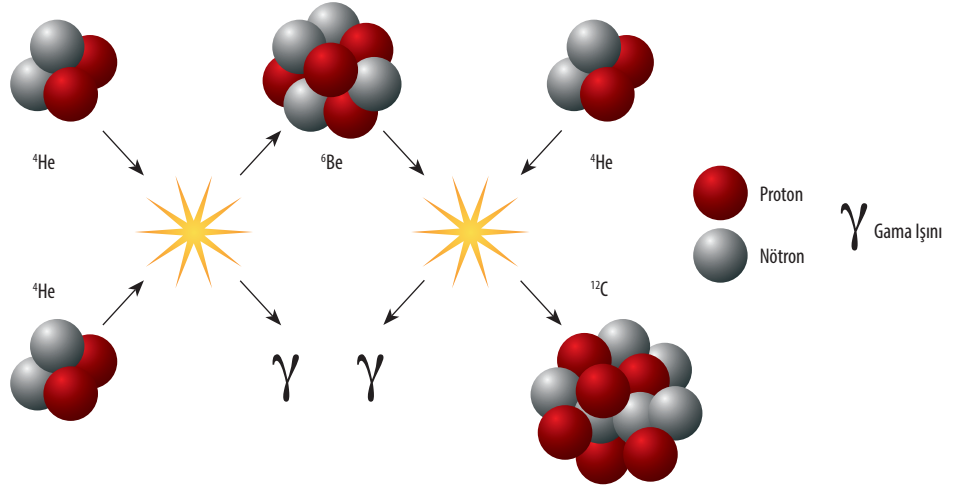
Evrendeki Karbonun Kaynağı Nedir?

Tuba Sarıgül

Karbon yaşayan organizmaların kimyası için hayli önemli bir element ve yeryüzünde bolca bulunmasa da diğer elementlerle oluşturduğu bileşikler doğanın her alanına yayılmış durumda. Örneğin karbonun doğada en yaygın bulunan izotopu olan karbon-12, su çıkarıldıktan sonra insan vücudunun yaklaşık % 60'ını oluşturuyor.

Sahip oldukları hidrojenin çoğunun helyuma dönüşmesi sonucu ömürlerinin sonuna gelen yıldızların merkezleri içe doğru çökerken sıcaklıkları ve yoğunlukları artmaya başlar (Tekin, B., "Güneş'in Yanması", *Bilim ve Teknik*, Sayı 548, s. 24-25, 2013). Yıldızların merkezindeki sıcaklık 15 milyon Kelvin'i aştığında, iki helyum çekirdeği (${}^4\text{He}^{2+}$ yani α parçacığı) içerdikleri pozitif yüklü protonlar nedeniyle oluşan elektriksel itme kuvvetini yenmelerine yetecek enerjiye ulaşır. Bu helyum çekirdekleri uygun bir enerji ile çarpıştıklarında birleşerek berilyum çekirdeği (${}^8\text{Be}$) oluşturur. Ancak son derece kararsız olan berilyum çekirdeğinin yarı ömrü 10^{-17} saniyedir ve bozunduğunda tekrar iki helyum çekirdeğine dönüşür. Var oldukları bu kısa sürede berilyum çekirdekleri başka bir helyum çekirdeğiyle çarpıştığında, uyarılmış bir karbon-12 atomu oluşabilir. Üçlü alfa süreci adı verilen bu tepkime, yıldızın merkezinin sıcaklığı 100 milyon Kelvin'i aştığında gerçekleşmeye başlar.

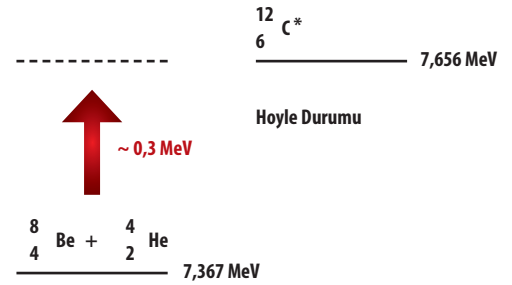
Karbon-12'nin yıldızlardaki oluşum sürecini açıklamak amacıyla üç helyum çekirdeğinin eşzamanlı olarak birbirleriyle çarpışıp yıldızın merkezinde doğrudan oluştuğunu öne süren bazı kuramlar ortaya atılmış olsa da, bu mekanizmalar evrendeki karbon miktarını açıklamak için yeterli değil. 1952'de ABD'li araştırmacılar



Öpik ve Salpeter, karbon-12'nin oluşumunu açıklayan iki basamaklı bir mekanizma öne sürdü. Bu mekanizmanın birinci basamağında iki helyum çekirdeği berilyum çekirdeğini oluşturmak üzere çarpışıyor, ikinci basamağında ise berilyum çekirdeği başka bir helyum çekirdeği ile çarpışarak karbon çekirdeğini oluşturuyor. Ancak berilyum-helyum çarpışmasında maksimum etkileşme, karbon-12'nin temel haline karşılık gelen enerji seviyesinde gerçekleşmiyor. Bu nedenle evrende gözlenen karbon-12 miktarını açıklamak için farklı bir mekanizma önerilmesi gerekiyordu.

İngiliz astronom Fred Hoyle berilyum-helyum çekirdeklerinin birbirlerini en fazla karbon-12'nin uyarılmış bir haline karşılık gelen enerjide "gördüğünü" öneren bir kuram ortaya attı. Helyum-berilyum çarpışmasında etkileşme ihtimalleri enerjiye bağlı. Karbon-12'nin uyarılmış halinin enerjisinde, berilyum-helyum çarpışması ihtimali maksimum oluyor. Tabii bunu belirleyen de temel kuvvetler. Burada ilginç olan nokta şu: Bu çarpışma ihtimali başka bir enerjide maksimum değer alsaydı karbon-12 oluşamazdı. Çarpışma ihtimalinin maksimum olduğu karbon-12'nin yüksek enerjili bu haline "Hoyle durumu" adı verilir. Hoyle durumundaki

karbon-12 çekirdeği kararsızdır ve gama ışınları yaparak kararlı bir çekirdek olan temel haldeki karbon-12 çekirdeğine dönüşür.



Evgeny Epelbaum ve arkadaşları *Physical Review Letters* dergisinde yayımlanan çalışmalarında Hoyle durumunun varlığını kuramsal olarak ispatladı.