

ATOMUN İÇİNDE GEZINTİ

Ramazan KARAKALE

Atomların yarıçapı 10^{-8} cm, çekirdeklerin yarıçapı 10^{-13} cm mertebesinde. Demek bir atomun çekirdek yarıçapı, 1 metre olsa, atom yarıçapı 100 000 metre civarında olacak. Atom çekirdekleri, boyutça küçük, ama etkice çok büyüktür. Çünkü bu çekirdekler, atomların nabzını elinde tutmakla kalmıyor, yaşlı yüzyılımızın ana sorunlarının da odağında bulunuyor. Hiroşimalar, Nağazakiler, nükleer kazalar onun yarattığı dehşet tablolarıdır.

Günümüz insanı, yine onunla, nükleer savaş ka-busunun azabıyla korkutuluyor. Ama insanoğlu kendi soyuna karşı daha sevecenleşti. "Nasıl öldüreyim?" sorusu, yavaş yavaş "Daha güzel bir yaşamı birlikte nasıl kuralım?" sorusunun gerisine düşüyor.

Atomun kalbindeki korkunç enerji, insanoğluna parlak ufuklar açtı.

Nükleer patlamaların yıkım gücünü ve ateşini, okyanusları birleştiren kanallar açmak için, dağları oymak, mineralleri bizden saklayan kayaları doğramak için, su havzalarının yerini değiştirmek, yapma göller, güneşler ve iklimler üretmek için kullanmaya başladı bile. Atomun kalbinde saklanan güç, artan hızla, "evrenin gerçek efendisi" olan insanlığın denetimine giriyor ve yeni dünyaların kapılarını götürüyor insanlığı.

M.Curie, atomun kalbinden yayılan ışınların neden olduğu kan kanserinden öldü. Curie'nin yaratıcı beynini, sevecen kalbini durduran ışınlar, şimdi kanser tümörlerini bulmaya yarıyor.

Çekirdek gücünden doğan enerji maliyeti, daha şimdiden öteki enerji kaynaklarının maliyetiyle kıyaslanabilir durumdadır. Enerji üreten santrallerde, nükleer, materyal üreten uranyumun yanı sıra, bol bulunan toryumun da kullanılması, maliyeti giderek azaltmaktadır. Silâhlanmaya duyulan aşırı istek, bu alanda bilim adamı ve teknokrat sıkıntısı yaratsa da, nükleer güç, yüzyılımızın sonunda elektriğin ana kaynağı olacaktır.

Geliniz, atomun kalbini daha yakından tanıyalım.

Atom çekirdekleri, güçlü elektromanyetik alan kuşaklarıyla sarılıdır. Bu kuşağı, çekirdek çevresinde bitmez bir dansı sürdüren elektronlar oluşturur.

Atom çekirdekleri iki temel parçacıktan oluşur: Proton ve nötron. Bu iki parçacık "nükleonlar" diye de belirtilir. Proton, elektriğin birim pozitif yükünü taşır. Nötron ise elektrikçe yüksüzdür ve kütlece protondan biraz daha ağırcadır. Buna göre atom çekirdekleri, bir bütün olarak pozitif elektrik yüküldür. Bu yük, çevredeki elektronların zıt yükleriyle dengelenir.

Kimyasal değişmelerde atom çekirdekleri değişmez. Elementlerden bileşik oluşması ya da bir bile-



şiğin ayrışması, kimyasal değişmedir. Bu değişmelerde, yalnızca elektron alışverişi ya da ortak kullanımı olur. Çekirdek, kimyasal olaya katılmaz ama, atomların kimyasal davranışlarına yön verir. Nötral bir atomda çekirdekdeki proton sayısı ile çevresindeki elektron sayısı aynıdır. Atomdaki elektron sayısı, ister azalsın (pozitif iyonda), ister çoğalsın (negatif iyonda), proton sayısı değişmez. Bir elementin atomlarını bir başka element atomundan ayıran temel nicelik, proton sayısıdır. Bu sayıya **atom numarası** denir. Belirli bir elementin tüm atomların atom numarası aynıdır.

Bir atomun çekirdeği, atomun kütesinin hemen tümünü (% 99,975'ini) barındırır. Başka deyişle, atomların kütesini proton ve nötron toplamı belirler. Bu nedenle proton ve nötron sayıları toplamına **kütle numarası** denir. Belirli bir element farklı kütleli atomlar barındırır, bunlara **izotop atomlar** denir. İzotop atomlarda atom numarası aynı olduğu için, kimyasal özellikleri de aynıdır. Ancak bunların kütlelerinin çekirdeksel kararlılığı aynı değildir.

İzotop atomlarda çekirdeksel kararlılık aynı değildir. Örneğin hidrojenin üç izotopu vardır, ^1_1H , ^2_1H , ^3_1H . Bunlardan ilk ikisi kararlıdır; üçüncüsü ise ışını yayararak bozunur (radyoaktifdir). Kararsız çekirdeklere radyoaktif çekirdekler denir. Bunlar α , β , γ ışınlarını yayarak ve/veya bölünerek kararlı çekirdeklere dönüşür.

Nasıl Bulundu?

Bilindiği gibi "atom" kavramı, "maddelerin artık bölünemeyen en küçük parçası" diye ortaya atıldı. 19. yüzyıl sonuna dek atom, "içi dolu, katı kürecikler" gibi düşünülebildi. Elektriğin tanecığının, elektronun bulunması (katot ışınları olarak), atomun elektrikli ve parçalı yapıda olduğunu gösterdi. J.J. Thomson, "üzümlü kek" e benzettiği ilk elektrikli ve parçalı atom modelini öneriyordu. Thomson, elektronların çok küçük kütleli olduğunu anlamıştı. Bu-

na göre, atomun kütlelerinin büyük bölümü pozitif yükten oluşmalıydı. Pozitif yük, düzgün biçimde atom gövdesini örmeli, elektronlar da bu gövde içinde serpilmeliydi.

1896'da Hehry Becquerel, ışık dünyasının yeni üyelerine rastladı. Becquerel, floresans ve fosforesans olaylarının nedenlerini araştırıyordu. Bu sırada kendini hayrete düşüren bir olguya karşılaştı: Uranyum içeren madenler, siyah kâğıda sarılaşır ya da karanlıkta bırakılırsa bile durmaksızın bazı ışınlar yayıyor; bu ışınlar fotoğraf filmine etkiyordu. Yeni ışınlar, bu yönleriyle dört ay önce Alman Fizikçi Wilhelm Rontgen'in bulduğu x-ışınlarına benziyordu. İlginç olan şeydi: Fosforluk, floresans ve x-ışınları maddeye dışardan bir enerji verildikten sonra görülen, kısa erimli olaylardı. Oysa uranyum filizinin ışınması **sürekli bir** ışımaydı. Becquerel, sonradan radyoaktiflik adını alacak olguyu bulmuştu. Buluş, bilim çevrelerinde heyecan verici yankılar yarattı.

Radyoaktifliğin bulunması, 19. yüzyılın fiziksel ve kimyasal inançlarından bir şok etkisi yaparken, bilim tarihindeki büyük atılımın da kilometre taşı oldu.

Pierre Curie ve ilk büyük kadın bilgin olan Polonyalı eşi Marie Curie, tehlikeli ve yorucu çalışmalar sonunda, uranyumdan çok daha güçlü kaynaklar buldu. Curie'ler **polonyum** ve **radyum** adı verilen iki elementi buldular.

En eski kimyacıların (simyacıların) düşü, bakırı altına, bir elementi başka bir elemente dönüştürmekti. Kimyagerlerin en büyüğü **Lavasier**, kütlelen korunumu yasasını bir bakıma bu soruya karşı bir yanıt gibi yükseltmiştir. Çünkü kütlelen korunumu yasası, elementlerin dönüşemez olduğu düşüncesini de içerir. Oysa şimdi, gerçeğin başka olduğu açıktır. En ufak bir uyarı bile yapılmadığı halde, bazı elementler, kendiliğinden başka elementlere dönüşüyordu. Radyoaktiflik, zamanın "enerji korunumu" düşüncesini de yıkıcı biçimde etkiliyordu. Neredeyse sonsuz küçüklükte olan maddelerden son derece büyük enerji doğmaktaydı. Bu enerji, zamanın yakıtlarından elde edilenlerle kıyaslanamayacak düzeylerdeydi.

Curieler, Rutherford ve Soddy, radyoaktiflik denen olguyu çözümlədiler.

Radyoaktiflik, atomların dış uyarılma gerekmeden, kendiliğinden - sıcaklık, basınç, kimyasal yapı gibi dış etkilere bağlı olmaksızın - sürekli ışınlar yaymasıydı. Bu ışınlar, adeta yüksek tansiyonlu atomların kalp çarpıntılarıydı. Çünkü bir elementin her atomu değil, bazı atomları radyoaktiflik gösteriyordu.

Radyoaktif maddeler, olasılığın basit bir yasasına uyuyordu: Bir radyoaktif maddenin belirli bir zaman aralığında bozunacak çekirdek sayısı, başlangıçta var olan çekirdek sayısı ile orantılıdır. Bir radyoaktif maddenin mevcut miktarının yarısının (% 50'sinin) azaldığı süreye yarı ömür denir.

Radyoaktif ışınlar, üç tipti ve Yunan Alfabesinin ilk üç harfi ile simgelendi:

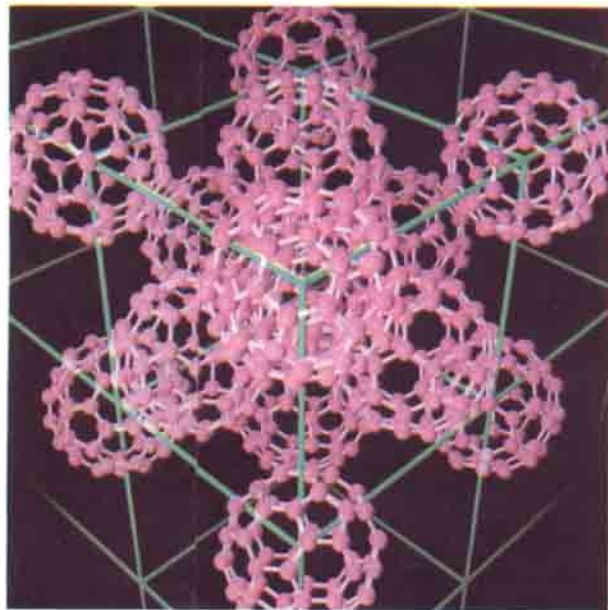
Alfa (α) Işınları: Uranyum, radyum, polonyum gibi ağır elementlerden yayılan, pozitif yüklü yüksek enerjili (saniyede 20 000 km) ışınlardı. Sonradan helyum çekirdekleri olduğu anlaşıldı.

Beta (β) Işınları: İlk kez katot ışınları olarak J.J. Thomson incelemişti. Ancak çekirdekten çıktığı anlaşılan bu ışınlar deşarj tüplerindeki katot ışınlarına göre çok hızlıydı.

Gamma (γ): X-ışınlarına benzeyen, ama çok daha kısa dalga boylu, enerjisi ve giriciliği çok yüksek ışınlardır.

Radyoaktif maddeler, α , β ve γ ışınlarını fırlatan topçu bataryaları gibiydi. Bu sırada bir atom, bir başkasına dönüşüyordu. Besbelli ki radyoaktiflik, atomdaki basit bir yırtılma değil, derin bir bölünmeydi. Bu ışınların kaynağının atom çekirdeği olduğu sonradan anlaşıldı. İlginçtir, insanı doğrudan atomun kalbine götüren yolu, ondan yayılan ışınlar aydınlattı.

"Pozitif ve negatif yük atomda nasıl dağılmıştır?" sorusuna J.J.Thomson'un verdiği bir yanıt vardı. Ama bu yanıt, yeterli değildi. Konuyu araştıran Ernest Rutherford ve ekibinden Geiger ve Marsden, çok ince metal levhaları, alfa tanecikleriyle bombardıman etti. Alfa tanecikleri, bombardıman bölgesindeki küçük bir odaktan, beklenmedik bir direnç gördü. Alfa taneciklerinin çoğu, bu odağa çarpmamak için ustaca yan çizip levhayı delip geçiyor ya da çeşitli doğrultularda saçılıyor; çok az bir kısmı ise, bir duvara çarpmışçasına 180° ye yakın açılarla geri sekiyordu. Rutherford bu sonuçları, "bir kâğıt parçasına çarpan 40 cm lik top mermilerinin saçılması" kadar şaşırtıcı buldu.

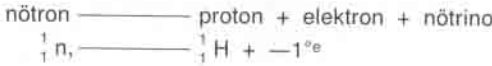


Deneyden atomlarda, pozitif yüklü, çok küçük hacimde, olağanüstü yoğun bir odak bulunduğu sonucunu çıkardı. Rutherford, buna **atom çekirdeği** adını verdi.

Alfa taneciklerinin, pozitif çekirdeğin itimiyle çizdiği yaylardan ve saçılan taneciklerin sayısından yararlanarak, çekirdeklerdeki pozitif yük sayısı (proton sayısı) hesaplanmıştır. Bu yük doğal olarak birim elektrik yükünün belirli katları biçiminde ortaya çıkmıştır. Pozitif yükün bir küçük hacimde nasıl olup dağılımından durduğu ve atom kütlelerinin çoğunu nasıl barındırdığı sorusu, çekirdeğin varlığı anlaşıldıktan 20 yıl sonra aydınlanmaya başladı. Rutherford'un öğrencisi olan Chadwick, 1932'de çekirdeğin ikinci temel parçacığını, **nötronu** buldu. Elektrikçe yüksüz olan bu parçacık, protondan biraz ağırca idi. Çekirdekte pozitif yüklü protonların aralarına yerleşerek, onlar arasındaki elektriksel itmeleri azaltıyordu.

Nötron, elektrikçe nötral olduğu için elektriksel alanlardan etkilenmez; ama manyetik alandan etkilenir. Bunun nedeni, adeta kendi eksenini çevresinde dönen (spin hareketi) nötronun bir mıknatıs gibi davranmasıdır.

Serbest nötron, kararsızdır. Her 11,7 dakikada bir nötron topluluğunun yarısı bozunur:



Boyutları

Atom yarıçaplarının 1.10^{-8} cm, çekirdek yarıçaplarının ise bunun yüz binde biri kadar 1.10^{-13} cm olduğunu biliyoruz. Demek, çekirdeği, yarıçapı 1 metre olacak kadar büyütsek, bu çekirdek ile en dıştaki elektron arasındaki uzaklık, 100 kilometre olurdu. Araştırmalar, çekirdek yarıçapının - dolayısıyla çekirdek hacminin - içerdiği nükleon sayısı arttıkça arttığını gösteriyor. Buna göre örneğin kütle numarası 238 olan uranyum çekirdeği, kütle numarası 235 olan uranyum çekirdeğinden biraz büyüktür.

Biçimi

Araştırmalar, bazı çekirdeklerin küresel, bazılarının da ovalleşmiş olduğunu gösteriyor. ${}^1_1\text{H}$, ${}^{208}_{82}\text{Pb}$ çekirdekleri küre biçimlidir. Bunlara komşu çekirdekler de küreseldir.

Yoğunluğu

Atom çekirdekleri, alıştığımız madde halinden olağanüstü farklı özelliklerdedir. Yoğunluk $= 1.10^{14}$ gr/cm³ $= 1.10^8$ ton/cm³. Kenarı 1 cm olan bir küp alalım. İçini atom çekirdeğiyle (çekirdek maddesiyle) dolduralım. Tartalım: Yüz milyen ton. Bu bir santimetre küplük maddeyi her biri bin ton alan, yüz milyon tren taşıyabilir! Bunca yoğun madde hali, yalnızca atomun derinliklerinde değil uzayda da var. 1967-68'de bulunan "pulsar"ların "nötron yıldızları" oldukları anlaşıldı. Bu yıldızlar 10 km çapında olduğu halde Güneş kadar kütle taşıyan, yoğunluğu 1.10^8 ton/cm³ olan yıldızlardır.

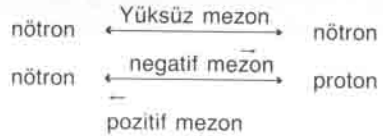
Çekirdeksele Alanı

Proton ve nötronlar, nasıl olup da, atom çekirdeğinin o küçük boyutunu paylaşıyorlar? Onlar portakal sandığındaki portakallar gibi mi?

Nükleonları bir arada tutan kuvvete çekirdeksele kuvvetler ya da çekirdeksele alan deniyor. Bu alanın niteliği hakkındaki ilk öngörü, Japon fizikçi Yukawa'nındır (1935). Yukawa, proton ve nötronların, mezon (Yunanca "aracı") denen parçacıkların alışverişiyile bir arada tutulduğunu söyledi. Her elementin bir atomu, her alanın bir kuantumu vardır. Kütlesele çekim alanının kuantumu gravitonlar, elektromanyetik alanın kuantumu fotonlar, çekirdeksele alanın kuantumu da mezonlardır.

Çalışmalar, Yukawa'nın öngörüsünü doğruladı. Anderson ve Neddermeyer, 1936'da mezonları, kozmik ışınlarda gözlediler. Daha sonra nükleer patlamalarda da mezonlar gözlemlendi. Günümüzde mezonlara benzer 200'e yakın atomaltı parçacık saptanmış durumda.

Mezonlar, pozitif yükte, negatif yükte ve yüksüz olabilen parçacıklardır. Bir mezon, bir elektrona göre 280 kat kadar ağırdır.



Çekirdeksele alanın bazı özellikleri vardır.

Çekirdeksele alan, ancak çok küçük uzaklıklarda (1.10^{-13} cm) etkilidir. Birbirinden, örneğin 1.10^{-5} cm uzaklıktaki nükleonların çekirdeksele alan gücüne göre etkilişimi sıfırdır.

Çekirdeksele alan, çekirdek boyutu içinde, nükleonları yükünden bağımsız olarak tutabilmektedir. Yani bir çekirdek potası içindeki bir proton ya da bir nötron yaklaşık aynı güçte çekirdeğe bağlıdır. Nükleonların birarada bulunmaları uzaklığın yanı sıra nükleonların spinlerine de bağlıdır. Aynı yükteki iki parçacık (örneğin iki proton) spinleri zıt ise birbirini çeker. Spin etkisi, iki mıknatısın etkileşimine benzer. Mıknatısların etkileşimi, mıknatıs eksenlerinin doğrultusuna ve yan yana getirilen kutupların işaretine bağlıdır.

Çekirdeksele alanların gücü, o çekirdeği nükleonlarına parçalamak için gerekli enerjiyle belirtilir. Bir çekirdeği tümüyle protonları ve nötronlarına ayırarak için gereken bu enerjiye **bağlanma enerjisi** denir. Bağlanma enerjisi ne kadar büyükse, o çekirdek o derece kararlıdır. Bağlanma enerjisi, kütle numarası 50-60 dolayındaki çekirdeklerde en yüksektir. Bunun zirvesi demirin bir izotopu olan ${}^{56}_{26}\text{Fe}$ 'dir.

Çekirdek Modelleri

Nükleonların çekirdekteki istiflenme biçimi konusunda iki model ortaya atılmıştır: Sıvı damlası (Bohr, 1936) ve tabaka modeli (M.G.Mayer, 1950).

Sıvı damlası modeli: Bir sıvı damlası modeli mil-yarlarca molekül barındırır. Moleküller sürekli hareket halindedirler. Çekirdekle sıvı damlası arasındaki benzerlik nasıl kuruluyor? Bir kere değişik elementlere ait çekirdek yoğunlukları hemen hemen aynıdır (1.10^{14} gr/cm³). Bu durum, çekirdeklerdeki proton ve nötronların bir sıvı damlasındaki moleküller gibi davrandığını akla getirir. Ağır çekirdeklerdeki radyoaktiflik sıvı damlasındaki moleküllerdeki gibi davrandığını akla getirir. Ağır çekirdeklerdeki radyoaktiflik de bu modeli destekler durumdadır. Bir sıvı damlasında dıştaki moleküller (yüzey molekülleri), içtekilere göre doymamış kuvvetlerle çekilirler. Yüzey büyüdükçe, sıvıyı terkeden molekül sayısı da büyür. Modele göre, ağır çekirdeklerdeki yüzey büyümesi radyoaktifliğe yol açar. Bunların yanı sıra, bir çekirdeğin bölünmesi ya da iki çekirdeğin kaynaşması, sıvı damlalarının davranışlarına benzetilerek somutlanıyor.

Tabaka modeli: Bu modele göre çekirdekteki protonlar ve nötronlar, elektronlarda görüldüğü gibi, belirli enerji düzeyleri seçerek dizilidir. Modeli destekleyen en önemli gerçek, hem proton hem de nötron sayısı çift olan çekirdeklerin kararlı olması. Proton ya da nötron sayısı 2,8, 20,28, 50,82 olan çekirdeklerde özel bir kararlılık gözleniyor. Hatta bu sayılar "sihirli sayılar" diye de anılıyor.

Bunlar hem çok sağlam hem de doğada bolca bulunan izotoplardır.

Araştırmalar, "sihirli sayılar"ın protonlar için 114'e nötronlar için 184'e tirmanabileceğini gösteriyor.

Son zamanlarda, kimi bilim adamları, bu iki modelin tutarlı yanlarının birleşebildiği bir modeli geliştirmeye çalışıyor. Bu yeni model, "Birleşik model" diye anılıyor.

Nasıl Bölünüyor? Nasıl Kaynaşıyor?

Dergimizin okurları Mr. Tompkins'in serüvenleri dizisini anımsayacak. Onun yazarı George Gamow Rutherford'un da çalışma arkadaşı olan, seçkin bir bilim adamıdır.

Gamow şöyle yazıyor:

"Birinci Dünya Savaşı sırasında İngiliz Amiralligi, kendisinden savaşa yönelik çalışmalar isteyince Rutherford, Almanya'yı ezmekten çok daha önemli işleri olduğunu söyleyerek bu isteği reddetti: Bir atomun çekirdeğini ezmeye çalışıyordu. Bu gerekçe, gerçekten yerindeydi..."

Çekirdek dönüşümüne ait ilk buluşu Rutherford yaptı.

Rutherford, 1919'da, azot atomu çekirdeğini, polonyumdan çıkan alfa tanecikleriyle bombardıman ederek parçaladığını açıkladı.



İnsan yapısı ilk radyoaktif elementi, 1934'te Fransa'da Irene ve Frederic Joliot-Curie elde etti. On-

lar, alüminyum, magnezyum gibi hafif elementleri alfa tanecikleriyle bombardıman edince, alüminyumdan radyoaktif fosfor, magnezyumdan radyoaktif silisyum oluştuğunu gördüler. Genç Joliot-Curie çifti, ilk radyoaktif çekirdeği yaratmakla kalmadı; sadece uranyum gibi ağır elementlerin radyoaktif olmadığını, her elementin nötron bombardımanıyla radyoaktif özellikler kazanabileceğini kanıtladı. Aynı yıllarda (1938) İtalya'da Fermi de çekirdek dönüşümü için nötronu kullanmıştı. Nötron bombardımanı ile doğadaki çekirdeklerden daha ağır çekirdekler elde ettiğini açıklamıştı. 1938'e dek gerçekleştirilen çekirdek dönüşümleri, küçük parçacıkların çekirdeğe sokulması ya da çekirdekten çıkması ile sınırlıydı. Çıkarılan en büyük tanecik, alfa taneciği idi.

1938'de Alman kimyacılar Otto Hahn ve Franz Strassman, uranyumu yavaş nötronla bombardıman edince çok daha başka bir durumu gözlediler. Bu sırada, uranyumun yarısı kadar olan baryum çekirdekleri oluşuyordu. Bu deney aslında uranyum çekirdeğinin bölündüğünü gösteriyordu; ama Hahn ve Strassmann buna inanamadılar. Durumu onlarla birlikte çalışan Avusturyalı kadın fizikçi Lise Meitner ile yeğeni Frisch çözümledi. Çekirdek bölünmesine ille-yeni adını onlar verdi. Bu bilgilerin dehşetli sonuçları görünüyordu.

Ağır çekirdeklerde nötron sayısı proton sayısından çoktur. Bunlar bölününce nötronlar ısı ve ışık biçiminde açığa çıkar. Açığa çıkan nötronlar yeni bölünmelere yol açar. Böylece zincirleme, çıg gibi büyüyen bir tepkime sağanağı oluşur. Çekirdek bölünmesi iki yerde olabilir: Nükleer reaktörlerde, atom bombasında.

Eğer yavaşlatılarak, denetlenilebilirse, enerji üreten, insanlığa sayısız yararları olan **atom pili** (nükleer santral), denetlenmezse korkunç bir patlamaya yol açan ve yıkım üreten **atom bombası**.

²³⁵U, yavaş nötronlarla kolayca bölünür.

²³⁸U, ancak hızlı (yüksek enerjili) nötronlarla bölünmeye uğrar yavaş nötronlarla uranyumdan daha ağır çekirdekler oluşur.

Yalnızca 1 gr uranyumun bölünmesiyle açığa çıkan ısı, 200 bin ton suyu kaynatabilir, 20 ton TNT'nin yıkım gücündedir. Günümüzde atom çekirdekleri çeşitli yollarla parçalanabiliyor: Hızlandırılmış protonlar ya da nötronlarla çekirdeğin dövülmesi, yüksek sıcaklıkta çekirdeklerin çarpıştırılması.

Çekirdek Kaynaşmaları (Termonükleer Füzyon)

Atom çekirdekleri, düşük sıcaklıklarda çarpışmazlar. Onlar aynı cins elektrik yükleri nedeniyle usta manevralarla birbirlerine yol verirlir. Sıcaklık milyonlarca dereceye yükseltilirse, iki çekirdek iki yağ damlasının kaynaşması gibi birbirine girer. Bu girişim, büyük bir patlamaya gerçekleşir. Değişik doğrultularda değişik enerji kuantumları yayılır. Hidrojen çekirdekleri, 10 milyon derece dolayında kaynaşarak helyuma dönüşür. Bu sırada çok büyük bir enerji açığa çıkar.

Güneş ve başka yıldızlar, atom çekirdeklerinin pişirildiği dev fırınlar gibidir. Sıcaklığın 10-50 milyon olduğu yıldızlarda hidrojenler helyuma dönüşür. 100-250 milyon derecelerde helyum çekirdekleri, karbon (^{12}C), oksijen (^{16}O) ve neon (^{20}Ne) çekirdeklerini oluşturur. Sıcaklığın 1 milyar derece olduğu yıldızlarda, küçük çekirdekler kaynaşarak kalsiyum (^{40}Ca) verir. 4 milyar derecede ise demir grubunun kararlı çekirdekleri (Va, Cr, Mn, Fe, Co ve Ni) boldur.

Hidrojen bombası, hidrojen çekirdeklerinin yüksek sıcaklıkta kaynaşıp helyuma dönüşmesine dayanır. Yüksek sıcaklık, atom bombasınınca sağlanır.

Güneşimiz ve diğer yıldızlar "yakıt" olarak hidrojeni kullanıyor. Termonükleer tepkimelerin kontrolü olarak gerçekleştirilmesi henüz başarmadı. Ancak insanoğlu er geç bunu da başaracak ve mutluluğu için kullanmayı öğrenecektir.

İnsanoğlu yavaş yavaş yanan atom bombaları, yani üretici santraller yapabilmıştır. Acaba yavaş yavaş yanan hidrojen bombalarını da yapabilecek miyiz?

Termonükleer enerji sorunu, çekirdek ve yıldızlar hakkındaki bilgilerimizi birbirine bağlamaktadır. Termonükleer fırını ya da yapma güneşi kurmaktan ne kadar uzakta olduğumuzu bilmiyoruz. Çünkü bu sorun, başlangıçta sanıldığından daha zorlu koşullar dayatıyor.

Sorun, hidrojen çekirdeklerini çok yüksek sıcaklıklarda, yüz milyonlarca derecede tutabilmek sorunudur. Bu sıcaklıkta madde **plazma** halinde bulunur: Çekirdekler, iyonlar, elektronlar karışımıdır plazma. Plazmayı saklayacak hiçbir katı ya da maden yoktur, o anda buharlaşır. Ama plazmanın doğası gereği, içindeki parçacıklar manyetik alanlar tarafından etkilenir. Belki de ilerde dev mıknatıslardan yapılmış bir şisede (manyetik şişelerde) yavaş yanan "hidrojen kandilleri" üretilebilir. İnsanoğlu bunu başarsa enerji sorunu kökten çözülmüş olacak.

Çekirdek Dönüşümünden Nasıl Yararlanıyoruz?

İzotopların nötron bombardımanından etkilenmesi de önemli bir ayırt edici özelliktir. Her elementin, hatta izotopların nötron soğurma yeteneği farklıdır. Bundan yararlanarak örneğin 1.10^{-10} gr Çu, Na ve W'ı içeren maddeler saptanabilmıştır.

Atom pilleri, kontrollü çekirdek dönüşümleri ile elektrik enerjisi üreten araçlardır. Bunlar, ayrıca doğada bulunmayan elementlerin üretildiği atölyelerdir. 1940 yılında başlamak üzere günümüze kadar 16 yeni ve yapay element bulunmuştur.

Uranyum ilerisi elementler ^{93}Np , ^{94}Pu , ^{95}Am , ^{96}Cm , ^{97}Bk , ^{98}Cf , ^{99}Es , ^{100}Fm , ^{101}Md , ^{102}No , ^{103}Lw , ^{104}Ku , ^{105}Ha Radyoaktif izotoplar, endüstri, ziraat, biyoloji tıp, metalurji, kimya ve mühendislik araştırmalarında çok değerli izciler" olarak kullanılıyor. İzicilerin kullanımı şu kimya ilkesine dayanır: "Bir ele-

ment radyoaktif olsun ya da olmasın tüm izotopları aynı kimyasal özellikleri gösterir, aynı ortamda aynı yolu izler."

Birkaç örnek analım:

Vücuda giren arsenik, en çok saçlarda toplanır. İnsan saçında çok az miktarda sodyum, altın, bakır gibi elementler bulunur. Ancak bunların miktarları insandan insana değişir. İngiliz bilim adamları Napolyon'un saçında arseniğe rastladılar. Bunun üzerine Napolyon'un arsenikle öldürüldüğü düşüncesi kuvvetlenmiştir. İsveç Kralı XIV. Eric için de aynı şeyler söylenmektedir.

Afyonun hangi bölgede yetiştiğini, meteoritlerde ve kayalarda hangi elementlerin bulunduğunu radyoaktif izciler kolayca gösterir.

^{32}P , beta yayıcıdır; 14,3 günde bir yarılanır. Bindiği gibi fosfor, bitkiler için gerekli bir besindir. Bitkinin fosforu nasıl, hangi yolla, hangi zamanda aldığını incelemek için toprağa ya da gübreye ^{32}P katılır. Geiger-Müller sayıcısı ile onun yolu izlenir. İlaçta kan damarlarındaki tıkanıklıklar bulunur.

^{24}Na , beta yayıcıdır. ^{24}Na kullanılarak elde edilen NaCl (tuz) çözeltisi yoluyla, damar tıkanıklıklarının yeri bulunur. Bunun için tuz çözeltisi damardan verilip Geiger-Müller sayacı ile vücuttaki akış mekanizması incelenir.

^{131}I gamma yayıcıdır; yarı ömrü 8 gün iyot tiroid bezinde ve beyinde yığılır. Bu izotop vücuda verilerek, beyin ve tiroid bezindeki hastalıklar, tümörler ortaya çıkarılabilir.

^{60}Co beta ve gamma yayıcıdır; yarı ömrü 5,3 yıl olan çok kullanılan bir radyoizotoptur ve x-ışınları gibi kanser (tümör) tedavisinde kullanılmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Chemistry Central Science 1.e May-Brown (1989 basımı).
2. Chemistry: Science of Change Ostoby-Nachtrieb-Freeman Free instructor's Copy (1990 basımı).
3. Chemistry: Gillespie-Humphreys-Baird-Robinson (1985).
4. General Chemistry. Principles and Modern Applications Third Edition Ralph H. Petrucci.
5. Üniversite Kimyası. Bruce Mahan Hacettepe Üniv. Yay.

