

RADYASYON FİZİĞİ 1

Prof. Dr. Kıvanç Kamburođlu

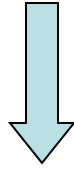
- Herbirimiz kısa bir süre yaşarız ve bu kısa süre içerisinde tüm evrenin ancak çok küçük bir bölümünü keşfedebiliriz

Evrenle ilgili olarak en anlaşılamayan şey
onun anlaşılabilir olmasıdır

Albert Einstein

Evren kavranabilir çünkü;

- Bilimsel kurallar tarafından yönetilir



Davranışı modellenenebilir

İyi bir model

- 1- Mükemmel olmalı
- 2- Rastlantısal öğeler içermemeli
- 3- Var olan tüm gözlemleri açıklamalı
- 4- Gelecek gözlemlerle ilgili detaylı tahminler ortaya koymalı

Madde

Kütlesi olan ve uzayda yer kaplayan
herhangi bir şey

Katı

Sıvı

Gaz

Atom

- Maddenin kimyasal yöntemler ile bölünemeyen en temel ünitesi (subatomik partiküllerin varlığı bilinmektedir)
- Bohr modeline göre kolayca anlaşılabilen klasik atom yapısı minyatür solar sistemi andıran ortada nötron ve protonlardan oluşan çekirdek ile bunların etrafında dönen elektronlardır

Modern Bakış

Standart Model (Temel partiküller)

Kuantum Mekanik Modeli (Elektronların atom içerisindeki düzeni)

Standard Model

- 12 tip temel madde partikülleri ve bunların antipartikülleri vardır (iç yapıları yok ve bölünemezler)
- 6 adet quarks ve 6 adet lepton
- Antipartikülleri (quarks ve leptonlarla aynı fakat onlara göre zıt şarjlı)

- Kuarklar diđer kuarklarla birlikte bulunurken leptonlar her zaman yalnız olarak bulunurlar
- Nötron ve protonlar kuarklardan oluşur
- Stabil leptonlar elektron ve nötronlardır

Evrendeki görünür tüm stabil maddelerin içeriği

üst kuarks (up quarks)

alt kuarks (down quarks)

elektron

- Antimadde partikülleri ise seyrekler ve çok dengesizdirler (madde ile etkileştiklerinde madde ile birlikte saf enerjiye dönüşürler)

- Evrenin %24'ü madde, %76'sı ise kara enerjidir
- Maddenin ancak %5'i atom ve nötron formundadır
- Maddenin geri kalan %95'i ve kara enerjinin doğası henüz bilinmemektedir

Standard model, madde partiküllerinden başka ayrıca *güç taşıyıcı partikülleri* de açıklar

Bunlar madde partikülleri arasındaki etkileşimleri düzenlerler, böylece manyetizim, ışık, ve elektrostatik çekme-itme ile madde (quarks ve leptonlar) etkileşimi ortaya çıkar

Fotonlar elektromanyetik gücü

W ve Z bozonları zayıf nükleer gücü (beta bozunması ile birlikte) Z CERN'de 1973 yılında keşfedildi. Salam ve Weinberg'e 1979 yılında Fizik Nobelini kazandı

Gluonlar ise çekirdeğin içindeki güçlü bağlanma enerjisini düzenlerler

Atomik Yapı

Tüm atomlarda (Hidrojen hariç) çekirdek
Pozitif şarjlı protonlar ve nötral nötronlar içerir
H çekirdeği tek bir proton içerir
Proton ve nötronlar kuarkstan oluşur

Protonlar (+1 şarjlı)

2 adet üst kuark (her biri $+2/3$ şarjlı)

1 adet alt kuark ($-1/3$ şarjlı)

Nötronlar (0 şarjlı)

1 adet üst kuark ($+2/3$ şarjlı)

2 adet alt kuark (her biri $-1/3$ şarjlı)

Pozitif şarjlı protonlar birbirlerini itmeler de çekirdek parçalanmaz çünkü; protonlar güçlü nükleer kuvvet tarafından tutulurlar

Bu yüksek nükleer güç çekirdekteki itici elektromanyetik kuvveti etkiler ve yok eder

Bu güçlü nükleer kuvvet çekirdekte proton ve nötronları bir arada tutar. Ayrıca quarkstan yapılmış nötron ve protonların kendilerini de bir arada tutar

Bu kuvvet güneş ve nükleer güç için enerji kaynağıdır

Zayıf nükleer kuvvet ise radyoaktiviteye neden olur ve yıldızlarda element oluşumunda rol oynar

Dođal kuvvetler

Zayıf nükleer kuvvet

Güçlü nükleer kuvvet

Yer çekimi

Elektromanyetizm

- Yer çekimi en zayıf olan kuvvet olmasına rağmen evrendeki her şeyi etkiler (Büyük kütleleri daha fazla etkiler)
- Standard modelde tanımlanmayan *Graviton* isimli mediatör partikülleri tarafından regüle edildiği düşünülmektedir

- Elektromanyetizm ise yer çekiminden daha kuvvetli
- Sadece elektrik şarjı olan partikülleri etkiler

- Çekirdekdeki proton sayısı elementin kimliğini belirler (Bu *atom numarasıdır* (Z) (Nükleer şarj))
- Sayısı 100'den fazla olan elementlerin özgün atom numaraları vardır
- Atomun hemen hemen tüm kütlesi çekirdekdeki proton ve nötron tarafından oluşturulur (*Atomik kütle* (A) proton ve nötronların toplamıdır)

Kuantum Mekanik Modeli

- Atomdaki elektronların dağılımını modern bakış açısıyla açıklar
- Önceleri tasarlanan elektronların çekirdek etrafında iki boyutlu orbitlerde dönmesi konsepti günümüzde yerini elektronların *orbitaller* denilen üç boyutlu hacimlerde var olduğu düşüncesine bıraktı

- Orbitaller elektronun uzayda herhangi bir zamanda bulunabileceği olası lokasyonu temsil ederler
- Her bir orbital, kuantum numaraları (n,l,m) ile karakterize edilir

n - temel kuantum numarasıdır, orbitalin genişliğini ifade eder (elektronun çekirdekten ortalama uzaklığı)

l - angular momentum kuantum numarasıdır, orbitalin şeklini ifade eder; s, p, d, f, g ve h angular momentum değerleri olan 0, 1, 2, 3, 4 ve 5 olarak ifade edilir

- S tipi orbital küreseldir ve tüm elementlerde ilk doldurulandır
- Daha sonra p tipi (iki loblu) orbitaller doldurulur (Boron elementi p'de e içeren ilk element)
- Daha sonra d tipi (dört loblu) orbitaller (Scandium d'de e içeren ilk element)

m- manyetik kuantum numarasıdır ve orbitalin uzaydaki oryantasyonunu ifade eder

Bilinen atomların en çok 7 adet orbitali vardır

Bir orbitalde 2 elektron bulunur

Elektronlar en düşük enerjili uygun orbitali işgal ederler (ilk olarak en düşük temel kuantum numarası ve sonrasında en düşük angular momentum)

- Tüm atomlarda pozitif şarjlı çekirdek ve etrafındaki negatif elektronlar arasında elektrostatik çekim vardır
- Bir elektronu bir orbitalden koparmak için gerekli enerji miktarı elektron ile çekirdek arasındaki elektrostatik enerjiden fazla olmalıdır
- Buna elektronun *elektron bağlama enerjisi* (electron binding energy) veya *iyonizasyon enerjisi* adı verilir (Her elementin her bir orbitali için spesifiktir)

- Herhangi bir elementin 1. orbitalinde bulunan elektron çekirdeğe en yakın olduğundan en yüksek bağlanma enerjisine sahiptir (Daha sonraki orbitallerde bağlanma enerjisi düşer)
- Bir e'nun bir orbitalden çekirdekten daha uzak bir başkasına hareketi için sağlanması gereken enerji iki orbital arasındaki bağlanma enerjisi farkı kadardır
- Dış orbitalden çekirdeğe daha yakın orbitale hareket için ise enerji kaybolur ve elektromanyetik radyasyon (karakteristik radyasyon) olarak enerji salınır

İyonizasyon

- Atomun elektron sayısı çekirdekdeki proton sayısına eşit ise atom elektrikselsel olarak nötr kabul edilir
- Eğer böyle bir atom elektron kaybederse çekirdek pozitif iyona dönüşür ve serbest elektron negatif iyona dönüşür
- Bu iyon çifti oluşumuna *iyonizasyon* denir

- Atomun iyonizasyonu için, elektronları çekirdeğe bağlayan bağlanma enerjisinden daha yüksek bir enerji gerekir
- Elektronun bağlanma enerjisi atomun atom numarası ve orbital tipine bağlıdır.
- Büyük atom numaralı elementler çekirdeklerinde daha çok proton içerirler ve bu yüzden küçük atom numaralı elementlere göre orbitallerde elektronları daha sıkı bağlarlar

- Herhangi bir atomda her zaman için iç orbitaldeki elektronlar dış orbitallerdekilere oranla çekirdeğe daha sıkı bağlanırlar
- Sıkı bağlı elektronları koparmak için x ışınları veya yüksek enerjili partiküller gerekliyken zayıf bağlı elektronlar için ise ultraviyole radyasyon yeterlidir
- Ancak, iyonize olmayan radyasyonlar olan ışık, infrared, mikrodalga ve radyo dalgaları elektron koparmak için yeterli enerjiye sahip değildirler

Radyasyon

- Radyasyon enerjinin uzay ve madde içerisinde geçişidir
- İki formda oluşabilir:
 - 1- Partiküler
 - 2- Elektromanyetik

Radyoaktivite

- Küçük atomlar eşit sayıda proton ve nötron içerirlerken büyük atomların nötron sayıları proton sayılarından daha fazla olma eğilimindedir
- Bu nedenle büyük atomlar kararsızdırlar ve parçalanarak α veya β partikülleri ya da γ ışınları açığa çıkarırlar (Bu olaya *radyoaktivite* adı verilir)

- Radyoaktif atom α veya β partikülleri açığa çıkarırsa atom başka bir elemente dönüşür
- α partikülleri 2 proton ve 2 nötron içeren Helyum (He) çekirdekleridir (Büyük atomik numaralı elementlerin radyoaktif bozunması sonucu ortaya çıkarlar)
- Pozitif şarjları (+2) ve ağır kütleleri nedeniyle α partikülleri içerisinden geçtikleri maddeyi yoğun şekilde iyonize ederler

Enerjilerini salarlar ve vücut dokusunun çok az mikrometrelik bir kısmına penetre olurlar)
(Kağıt parçasında bile absorbe olurlar)

Durduktan sonra α partikülleri 2 elektron kazanırlar ve nötral Helyum atomuna dönüşürler

- Radyoaktif çekirdekdeki bir nötron bozunursa ortaya bir proton, β partikülü ve nötrino (yüksüz, pratik olarak kütsüz bir taneciğın de çıktığı kabul edilir) ortaya çıkar
- β partikülü temelde elektronla aynıdır
- Yüksek hızlı β partikülleri yoğun iyonizasyon yapmasa da maddeye penetrasyonu α partiküllerinden daha iyidir (vücut dokusunda en fazla 1.5 cm)
- Çünkü; β partikülleri daha küçük, hafif ve tek bir eksi şarj taşıdıklarından madde ile etkileşim olasılıkları α partiküllerinden daha azdır

- Parçacık radyasyonunun atomları iyonize etme kapasitesi; kütlesine, hızına ve şarjına bağlıdır
- Madde içerisindeki yolu boyunca partikülün enerji kaybı oranı *lineer enerji transferi (LET)* olarak tanımlanır
- Fiziksel büyüklük ve şarj (ayrıca düşük hız) LET ile doğru orantılıdır

α partikülleri yüksek şarjları ve düşük hızları nedeniyle yoğun iyonizasyon oluştururlar, kinetik enerjilerini hızla kaybederler (yüksek LET)

β partikülleri düşük kütleleri ve şarjları nedeniyle çok daha az iyonizasyona neden olurlar (düşük LET)

Yüksek LET radyasyonu kısa yol boyunca iyonizasyon gösterirken, düşük LET radyasyonu daha uzun bir yol boyunca ayrı ayrı iyon çiftleri meydana getirir

α ve β partikülleri dışında üçüncü tip radyokativite ise γ *bozunmasıdır*

γ ışınları elektromanyetik radyasyonun bir formu olan fotonlardır

Bozunma zincirinde uyarılmış durumdan daha düşük düzeyde temel duruma geçerken kütleli bir çekirdeğin oluşumu nedeniyle ortaya çıkarlar