

# RADYASYON FİZİĞİ 2

Prof. Dr. Kıvanç Kamburođlu

- 1800'lü yıllarda değişik ülkelerdeki fizikçiler elektrik ve manyetik kuvvetler üzerine detaylı çalışmalar yaptılar
- Bu çalışmalardan çıkan en önemli sonuç; elektrik ve manyetik güçlerin ilişkili olduğudur

Hareket eden elektrik şarjı manyetik alanı etkilerken hareket eden manyetik alan da elektrik şarjını etkiler

Bu iliřkiyi ilk ortaya koyan Danimarkalı fizikçi  
*Hans Christian Ørsted* olmuřtur

Ørsted, 1820 senesinde üniversitede vereceği ders için hazırlanırken, kullandığı pilden çıkan elektrik akımının yakında bulunan bir pusula göstergesini hareket ettirdiğini gördü ve hareket eden elektrik akımının manyetik kuvvet yarattığını ortaya koydu

- İngiliz bilim adamı Micheal Faraday ise 1831 senesinde manyetik alanın elektrik akımını yaratabileceğini ortaya koymuştur
- Faraday, 15 sene sonra ise elektromanyetizm ve ışık arasında da ilişki olduğunu ortaya koymuştur
- Yoğun manyetizm polarize ışığı da etkiler
- Faraday, ayrıca kuvvet alanları kavramından bahsetmiştir

- Daha sonra 1860'lı yıllarda *James Clerk Maxwell*, Faraday'ın düşüncelerini matematik bir çerçeveye oturtmuştur
- Maxwell elektrik akımı ve manyetizma kavramlarını birleştirerek bunları tek bir güç olarak değerlendirmiştir “*elektromanyetizm*”
- Elektromanyetik alanların uzayda dalgalar şeklinde hareket ettiğini göstermiştir

Günümüzde elektrik ve manyetik alanları tarif eden denklemler *Maxwell denklemleri* olarak bilinir

Bu denklemler ışık, mikrodalga, radyo dalgaları, infrared ışık ve X ışını gibi günlük yaşantımızı etkileyen aygıtların çalışmasını sağlayan kuralları belirler

Maxwell denklemlerine göre elektromanyetik dalgalar saniyede 300.000 km hızla ya da yaklaşık olarak saatte 670 milyon mil hızla hareket ederler

- *Elektromanyetik radyasyon* enerjinin uzayda elektrik ve manyetik alanların kombinasyonu şeklinde hareketi olarak tanımlanır
- Elektriksel olarak şarjlı bir partikülün hızı değiştirildiğinde oluşur
- $\gamma$  ışınları, x ışınları, ultraviyole ışınları, görünür ışık, infrared radyasyon (ısı), mikrodalga ve radyo dalgaları elektromanyetik radyasyon örnekleridir

- $\gamma$  ışınları radyoaktif atomların çekirdeklerinden kaynak alırlar
- X ışınlarından daha yüksek enerjiye sahiptirler
- X ışınları ise çekirdek dışında, X ışını cihazlarında, elektronların büyük atomik çekirdekle etkileşimi sonucu oluşurlar
- Elektromanyetik spektrumdaki radyasyon tipleri enerjilerine bağlı olarak iyonize ya da non-iyonize radyasyondur



- Elektromanyetik radyasyon foton olarak adlandırılan küçük enerji paketçiklerinden oluşur
- Her foton ışık hızında hareket eder ve spesifik bir enerjiye sahiptir (foton enerjisi *elektron volt eV*)
- 1 voltluk potansiyel değişimi için hızlanan elektronun kazanması gereken enerji

Dalgaboyu ve foton enerjisi arasındaki ilişki

$$E = h \times c / \lambda$$

E (Enerji) : kiloelektron volt

h (Planck sabiti) :  $6.626 \times 10^{-34}$  jul saniye veya  
 $4.3 \times 10^{-18}$  keV

c : Işık hızı

$\lambda$  : Nanometre cinsinden dalgaboyu

Dalga boyu küçüldükçe enerji artar

- Radyasyonun atom ile etkileşimi, fotoelektrik etki ve X ışını oluşumu gibi özelliklerin açıklanmasında foton hareketleri (partiküler radyasyon kuralları) geçerli
- Elektromanyetik radyasyonun dalga teorisi ise radyasyonun dalgalar şeklinde yayıldığını ifade eder
- Bu dalgalar birbirine dik olarak uzanan elektrik ve manyetik alanlar şeklindedir

- Tüm elektromanyetik dalgalar vakumlu ortamda ışık hızı ( $3.0 \times 10^8$  metre/saniye) ile hareket ederler
- Tüm dalgaların dalga boyu ( $\lambda$ ) ve frekansı ( $V$ ) vardır

$$\lambda \times V = c = 3.0 \times 10^8 \text{ metre/saniye}$$

$\lambda$  (metre),  $V$  (saniyedeki döngü sayısı)  
(Hertz)

$$\lambda = c / V$$

Dalga teorisi milyonlarca paketçinin değerlendirildiği kütle radyasyonunun açıklanmasında daha faydalıdır

- Tüm dalgalar belli bir frekansa sahiptir  
Frekans, bir saniyede belli bir noktadan geçen dalgaların sayısıdır
- Bir havuza bir taş atıldığında 15 saniyede bir kayayı geçen su çırpıntısı üç dalga tepesi meydana getirirse
- Dalganın frekansı 15 saniyede üç dalgadır
- Bu, her saniye başına 0,2 dalga demektir
- Bir **hertz (Hz)**, bir dalganın her saniyede bir devir veya bir titreşim yapmasıdır

- Yüksek enerji fotonları (X ışınları ve  $\gamma$  ışınları) enerjileri ile (elektron volt)
- Orta enerji fotonları (görünür ışık ve ultraviyole dalgalar) dalgaboyları ile (nanometre)
- Düşük enerji fotonları (radyodalgaları) ise frekansları ile (KHz ve MHz) karakterizedirler

# X ışını cihazı

- X ışını cihazınının temel parçaları x ışın tüpü ve güç kaynağı tüp başınının içerisindedir
- Tüp başı genellikle duvara monte edilmiş bir kol ile desteklenir
- Bir kontrol paneli aracılığı ile ise teknisyen ışınlama süresini ve diğer parametreleri ayarlar

# *X ışını cihazı*

**X ışın tübü**

**Koruma**

**Kolimasyon**

**Filtrasyon**

**Işın yönlendirme ve kon**

**Kol**

**Timer ve Işınlama düğmesi**



# *X ışını tübü*

**Havası boşaltılmış cam tüp (vakum)**

**Katod filament ve focussing cup**

**Anot target ve fokal spot**

**Düşük ve yüksek voltaj devreleri**

- Havası boşaltılmış cam tüpte, katod içerisinde bulunan tungsten filamentten çıkan elektronlar anotta bulunan targete çarpılarak x ışınlarını oluştururlar
- Katot filamentin elektron üretmesi ve bu elektronların hızlanarak anota çarpması amacıyla anot-katod arası yüksek voltaj oluşturulur (Bunun için güç kaynağı gerekir)

- Filament, elektronların kaynağıdır
- Tungsten telden yapılmıştır, yaklaşık 2 mm çaplı ve 1 cm ya da daha kısadır
- Destekleyici iki adet gergin tel ile voltaj devrelerine bağlanır
- Düşük voltaj kaynağından gelen akım ile filament ısınır ve sıcaklıkla orantılı oranda elektronun salınmasına neden olur
- Filament, eksi şarjlı konkav bir reflektör olan molibdenyum focusing cup içerisinde yatar

- Focusing cup'ın parabolik şekli sayesinde elektronlar, dar bir demet halinde anottaki küçük bir alan olan fokal spota yönlendirilebilirler
- Elektronların bu yöndeki hareketinin nedeni hem katotun eksi yükünün itmesi hem de anotun artı yükünün çekmesidir
- Tüp havasının boşaltılmış olması:
  - 1- Hızlı ilerleyen elektronların gaz molekülleriyle çarpışarak yavaşlamalarını önler
  - 2- Filamentin oksidasyonunu önler

- Anot, bakır bir gövdeye gömülmüş tungsten target içerir
- Targetin amacı, çarpan elektronların kinetik enerjilerini x ışını fotonlarına dönüştürmektir
- Target, tungstenden yapılmıştır çünkü tungstenin ideal target materyali için gerekli olan birçok özelliği vardır
  - 1- Yüksek atom numarası (74)
  - 2- Yüksek ergime noktası
  - 3- Yüksek termal iletkenlik
  - 4- X ışın tüpünün çalışma sıcaklıklarında düşük buhar basıncı

- Elektronların kinetik enerjilerinin x ışını fotonlarına dönüşümü esnasında bu enerjinin %99'undan fazlası ısıya dönüşürken sadece %1'i fotonlara dönüşür
- Yüksek atom numarası x ışını oluşumu için önemlidir
- Anotta oluşan ısı nedeniyle yüksek ergime noktası gereklidir
- Yüksek ısı iletkenliği sayesinde bakıra ısının iletimi sağlanır
- Yüksek sıcaklıkta düşük buhar basıncı tüpün vakum ortamının sürekliliğini sağlar

- Tungsten targetin gömülü olduğu bakır, iyi bir termal iletkenidir ve ısıyı tungstenden alarak targetin erime riskini önler
- Ayrıca, cam çerçeve ve tüp başı koruyucusu arasındaki yalıtıcı yağ tabakası da bakır gövdeden ısıyı emer
- Bu tür anotlar sabit anotlardır (intraoral x ışını cihazlarında kullanılan anotlar)

- Fokal spot, target üzerinde focusing cup'ın elektronları yönlendirdiği ve x ışınlarının oluştuğu yerdir
- Fokal spot küçüldükçe görüntü netliği artar ancak bununla birlikte target alanında birim başına düşen ısı da artar
- Küçük fokal spot avantajından yararlanmak ve elektronları daha geniş alana dağıtmak için target, elektron demetine açılı gelecek şekilde yerleştirilir
- Efektif fokal spot gerçek fokal spottan daha küçük olur



- Tipik olarak target, elektron demetine yaklaşık  $20^\circ$  eğimle yerleştirilir böylece efektif fokal spot  $1 \times 1$  mm'ye düşerken gerçek fokal spot ise  $1 \times 3$  mm'dir
- Görüntü netliği artar ve gerçek alan yüksek olduğu için ısı dağılımı da sağlanır
- Isı dağıtımını sağlamanın diğer bir yöntemi de döner anot sistemleridir

# *Timer*

**İmpuls ve saniye**

**Parmak erken çekilirse az ekspoze olur**

**İki kere basılırsa çift ekspoz oluşur**