

- **Öğretim Elemanı:** Dr. Öğretim Üyesi Şeyma PARLATAN
- **E-posta:**
seyma.parlatan@istinye.edu.tr
- **Bölüm:** Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu
- **Ders:** Radyasyon Fiziği
- **Dönem:** 2021-2022 Eğitim Öğretim Dönemi Bahar Dönemi



RADYASYONUN MADDE İLE ETKİLEŞMESİ

- Radyasyonun maddeyle etkileşimi dedektörlerle anlaşılır. Yüklü parçacıklar (α ve β) maddeyle Coulomb etkileşmesi yoluyla etkileşirlerken, γ -ışınları ise Compton, fotoelektrik ve çift oluşumu oluyla etkileşir.
- Dedektör seçimi radyasyon tipine bağlıdır. α , β ve γ radyasyonları için dedektör kalınlıkları aşağıdaki gibidir:

α : Çok ince pencerele dedektörler (Erişme menzili 100 μ m).

β : Dedektör kalınlığı 0,1 – 1mm

γ : Dedektör kalınlığı 5 cm.

ELEKTROMANYETİK IŞININ (FOTON) MADDE İLE REAKSİYONU

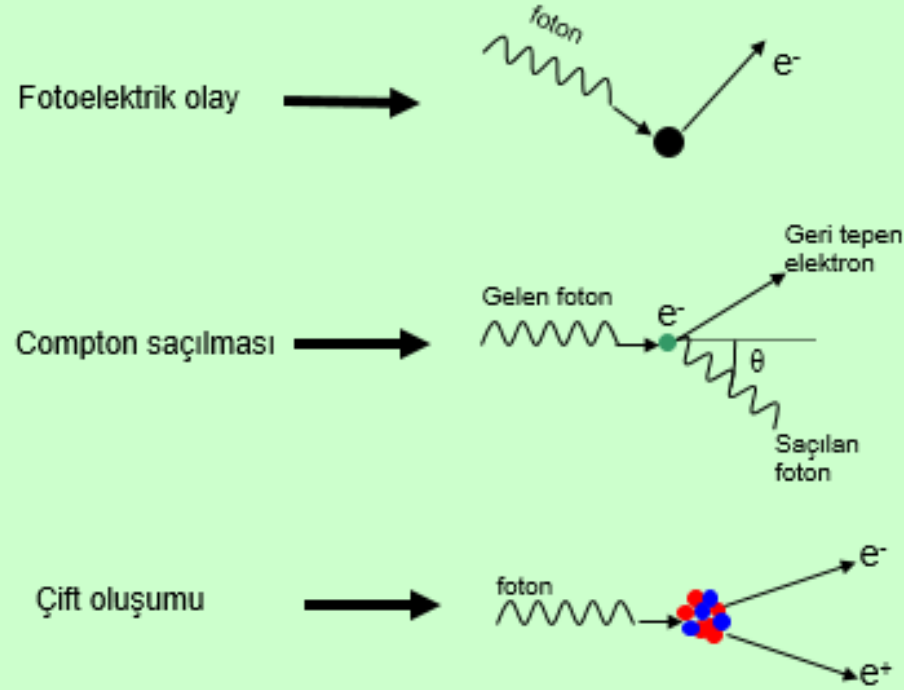
- Elektromanyetik ışın (foton) madde içerisinde ya soğurulur ya da sapar. Bu nedenle de fotonun şiddeti azalır.
- Ağırlıklı olarak foton frenlemeyi yapan atomun elektronları ile reaksiyona girer.

Olabilecek reaksiyon tipleri şu şekildedir:

1. Fotoelektrik Olay,
2. Compton Saçılması,
3. Çift oluşumu.

ELEKTROMANYETİK IŞININ (FOTON) MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

- Gamma ışınının madde ile etkileşimi



ELEKTROMANYETİK IŞININ (FOTON) MADDE İLE ETKİLEŞİMİ

- Bu olaylar oluşunca madde içerisinde bir x yolu boyunca fotonun şiddeti azalır.
- Bu fiziksel olay soğurma kanunu ile açıklanır:

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

Burada I_0 gelen şiddet, μ ise soğurma katsayısıdır.

X-IŞINI MADDE ETKİLEŞİMİ

- Elektromanyetik enerjiler kendi dalga boylarına yakın maddelerle etkileşime girerler
- Dalga boyları metrelerle ölçülen radyo dalgaları antenle etkileşime girer
- Santimetrelerle dalga boyuna sahip mikrodalgalar gıdaları pişirmede kullanılır
- Görünür ışık mikrometre d boyuyla görme hücreleri olan rod ve konları etkilerken,
- x-ışınları 10^{-9} - 10^{-10} m d boyları ile atom ve subatomik parçacıklarla etkileşir

X-IŞINI MADDE ETKİLEŞİMİ

- X-ışını enerjisi;
düşük \Rightarrow atomun tümüyle,
orta \Rightarrow yörünge e-ları ile,
yüksek \Rightarrow çekirdekle etkileşir
- Bu etkileşimler sonucu x-ışını fotonları
 \Rightarrow absorbe edilerek tamamen kaybolabilir
 \Rightarrow yönleri değişerek saçılmaya uğrarlar
- Saçılan radyasyon hastaya ait yararlı bilgi taşımayan ve filmde bulanıklığa yol açan istenmeyen radyasyondur

X-ışını ile madde arasında 5 temel etkileşim şekli vardır

1. Klasik saçılma
2. Compton saçılma
3. Fotoelektrik etki
4. Çift oluşumu
5. Fotodisintegrasyon (fotoayırışma, fotobozunma)

Bunlardan **Compton saçılma** ve **fotoelektrik etki** tanısal radyolojide önem taşır

KLASİK SAÇILMA (Koheran, Rayleigh, Thomson saçılma)

- 10 keV altında düşük enerjili fotonlar madde ile klasik saçılma şeklinde etkileşir
- Gelen foton atomu uyarır ve elektromanyetik rezonans olayı nedeniyle yönü değişir, ancak atoma net bir enerji aktarımı gerçekleşmez
- Fotonun yönü değişir ancak dalga boyu ve enerjisi değişmeden saçılır
- Bu etkileşimde enerji transferi ve iyonlaşma yoktur
- Tanısal radyolojide bu etkileşim % 5 den az olduğu için önemi yoktur. Sadece filmde sislenmeye neden olur

COMPTON SAÇILMASI, OLAYI (İnelastik, nonklasik saçılma)

- Tanısal radyolojide saçılan radyasyonun hemen tamamı Compton saçılma şeklinde oluşur
- Tanısal sınırlardaki (orta düzeyde enerjili) foton dış yörünge e-ları ile etkileşir. Dış yörünge e- unu yörüngesinden söker
- Atomdan sökülen e-a Compton e-u denir
- e-un boşalan yeri dış yörüngedeki başka bir e- tarafından doldurulurken karakteristik radyasyon ortaya çıkar

COMPTON ETKİSİ, SAÇILMASI

(İnelastik, nonklasik saçılma)

- Gelen fotonun enerjisi azalır ve dalga boyu artar, yönü değişerek saçılır
- Atom iyonize olur (iyon çifti oluşur)
- Compton etkileşimi fotoelektrik olayın tersine, bağlanma enerjisi düşük olan dış yörünge e^- ları ile olur
- Sökülen e^- un bağlanma enerjisi, bu e^- a aktarılan kinetik enerji ve saçılan fotonun enerjisinin toplamı, gelen x-ışınının enerjisine eşittir

Compton Saçılma Olasılığı

- Compton saçılmanın maddenin atom numarası ile ilişkisi yoktur
- Compton saçılma olasılığı maddenin yoğunluğu ve x-ışını enerjisi ile ilgilidir
 - ◆ Dansite artınca Compton saçılma artar
 - ◆ X-ışını enerjisi ile ters orantılıdır
- Foton herhangi bir açıda saçılabilir
 - Bu açı 0° olduğunda enerji transferi 0, 180° olduğunda ise en yüksektir
- Compton etkisi tanısal radyolojide önemlidir
Saçılan x-ışını **filmde sislenmeye** neden olur

FOTOELEKTRİK ETKİ

- X-ışını fotonları atomun iç yörünge e-ları ile etkileşerek e^- söker ve tüm enerjisini harcayarak tamamen kaybolur. Yani fotoelektrik etki tam bir soğurulmadır (absorbsiyon)
- İç yörüngeden ayrılan e^- a fotoelektron denir. Bu e^- un kinetik enerjisi kendini yörüngeden söken fotonun sökmek için harcadığı enerjiden arta kalan enerji kadardır

Enerji dönüşümü denklemi: $E_i = E_b + E_{KE}$

(E_i : başlangıç foton enerjisi, E_b : bağlama enerjisi, E_{KE} : fotoelektronun kinetik enerjisi) şeklindedir

FOTOELEKTRİK ETKİ

- Yörüngeden ayrılan e^- (fotoelektron) yüklü olduğu için kısa bir mesafe içinde absorbe edilir (diğer atomları iyonize ederek hastanın aldığı doza katkıda bulunur)
- K yörüngesindeki boşluk dış yörüngelerden doldurulur
- Bu arada yörüngelerin bağlama enerji farkı karakteristik radyasyon şeklinde (foton) salınır veya atomdan bir e^- atılmasına (Auger elektronu) neden olur

FOTOELEKTRİK ETKİ OLASILIĞI

Fotoelektrik etki oluşması için:

- X-ışını foton enerjisi e^- bağlama enerjisinden yüksek olmalı

- Fotoelektrik etki olasılığı

x-ışını enerjisinin üçüncü kuvveti ile ters orantılı,

Fotoelektrik etki $\approx 1/(\text{Enerji})^3$

madde atom numarası üçüncü kuvveti ile doğru orantılı

Fotoelektrik etki $\approx (\text{Atom no})^3$

- e^- bağlama enerjisi ne kadar yüksekse fotoelektrik etki olasılığı o kadar fazladır

FOTOELEKTRİK ETKİ OLASILIĞI

- Fotoelektrik etki en çok \Rightarrow e^- bağlanma ve foton enerjisi birbirine yakın ve 2. si fazla olduğu durumda gözlenir
- Fotoelektrik etkinin klinik uygulamada iyi ve kötü özellikleri vardır
- İyi yönü; fotoelektrik etkide saçılan radyasyon oluşmaması ve doğal doku kontrastının artmasıdır
- X-ışını görüntüsünün kontrastı bazı dokuların diğerlerine göre daha fazla x-ışını absorbe etmesi esasına dayanır

FOTOELEKTRİK ETKİ

- Absorpsiyon farkı ne kadar fazla ise kontrast o kadar yükselir
- Fotoelektrik etki **atom no küpü ile orantılı** olduğu için dokular arası yapı farklarını belirginleştirir
- Fotoelektirik etkinin kötü özelliği ise **hastanın aldığı ışın nedeniyledir**
- Fotoelektrik etkide x-ışın fotonu bütün enerjisi hasta tarafından soğurulur

FOTOELEKTRİK ETKİ

- Fotoelektrik etkiyi azaltmak için yüksek enerjili x-ışını kullanmak gerekir
- Fotoelektrik etki fosfor ekranlarında (sintilatörlerde), radyografik kontrast maddelerde ve kemikte en fazla görülen etkileşim şeklidir
- Fotoelektrik olayda saçılan radyasyon olmadığı için görüntü kalitesi bozulmaz
- 50 keV altındaki enerji seviyelerinde yumuşak dokuların görüntülenmesinde fotoelektrik etki önemli rol oynar

ÇİFT OLUŞUMU

- Bu etkileşimin oluşması için foton enerjisinin 1.02 MeV tan fazla olması gerekir
- Yüksek enerjili foton madde atom çekirdeği ile etkileşime girerek çekirdek yakınında foton kaybolur, her birinin enerjisi 511 keV olan e^- ve pozitron çiftine dönüşür
- Pozitron serbest kalamaz, bir e^- la birleşerek birbirine zıt yönde (180° açılı) 511 keV luk iki fotona dönüşür. Buna yok olma (annihilasyon) radyasyonu denir
- Tanısal radyolojide bu yükseklikte enerji kullanılmadığı için bu etkileşim önemsizdir
- PET yönteminde kullanılan radyonüklidlerin saldıkları pozitronun dokuda e^- la birleşmesi sonucu annihilasyon radyasyonu oluşur

FOTODİSİNTEGRASYON (FOTOAYRIŞMA, FOTOBOZUNMA)

- Enerji düzeyleri 10 MeV üzerinde olan x-ışınları madde atom çekirdeği ile etkileşime girer
- Foton çekirdek tarafından absorbe edilir
- Uyarılan çekirdekten subatomik bir partikül salınır
- Radyoloji için önemsizdir

TEMEL ETKİLEŞİMLERİN DOKULARDA OLUŞMA YÜZDELERİ

- Vücutta hava, yağ, kas gibi düşük atom numaralı dokuların etkileşme yüzdeleri suya yakındır
- Kemikte fazla miktarda kalsiyum bulunur
- İyot ve baryum ise incelemelerde kullanılan kontrast maddelerdir
- Bu üç maddenin farklı enerjilerde etkileşme yüzdeleri farklıdır

TEMEL ETKİLEŞİMLERİN DOKULARDA OLUŞMA YÜZDELERİ

- Koheran saçılma total etkileşimin %5'i ile önemsiz bir kısmını oluşturur
- Suda 20-30 keV gibi düşük enerji haricinde Compton saçılma dominant etkileşimdir
- Kontrast maddelerde yüksek atom no nedeniyle esas olarak fotoelektrik etki gözlenir
- Kemik bu ikisi arasında yer alır
- Düşük enerjide fotoelektrik etki fazla, yüksek enerjide ise Compton etki belirgindir



YUMUŞAK DOKUDA RADYASYONUN ABSORBSİYONU

- * 50KeV a kadar fotoelektrik olay önemli
- * 60KeV ile 90KeV arasında fotoelektrik ve kompton olayı eşit önemde
- * 200KeV ile 2MeVarasında kompton olayı tek başına baskındır.
- * 5MeV ile 10MeVarasında çift oluşumu önemli olmaya başlar.
- * 50MeV ile 100MeV arasında çift oluşumu çok önemlidir.