

RADYASYON ÖLÇÜM YÖNTEMLERİ

Prof. Dr. Haluk YÜCEL

101516 DERS

RADYASYON DEDEKSİYON VERİMİ, ÖLÜ
ZAMAN, PULS YIĞILMASI ÖZELLİKLERİ

DEDEKTÖRLERİN TEMEL PERFORMANS ÖZELLİKLERİ

- Enerji Ayırım Gücü
- Uzaysal Ayırma Gücü
- Verimi
- Hassasiyeti (pozisyon duyarlı ve görüntüleme de kullanılanlar)
- Dinamik aralığı(Min ve Maksimum sinyal aralığı)
- Lineer tepkisi
- Gülrültü ve Sinyal/Gürültü Oranı

DEDEKTÖRLERİN ÇALIŞMA MODLARI

AKIM MODU

ORTALAMA KARE VOLTAJ YÖNTEMİ

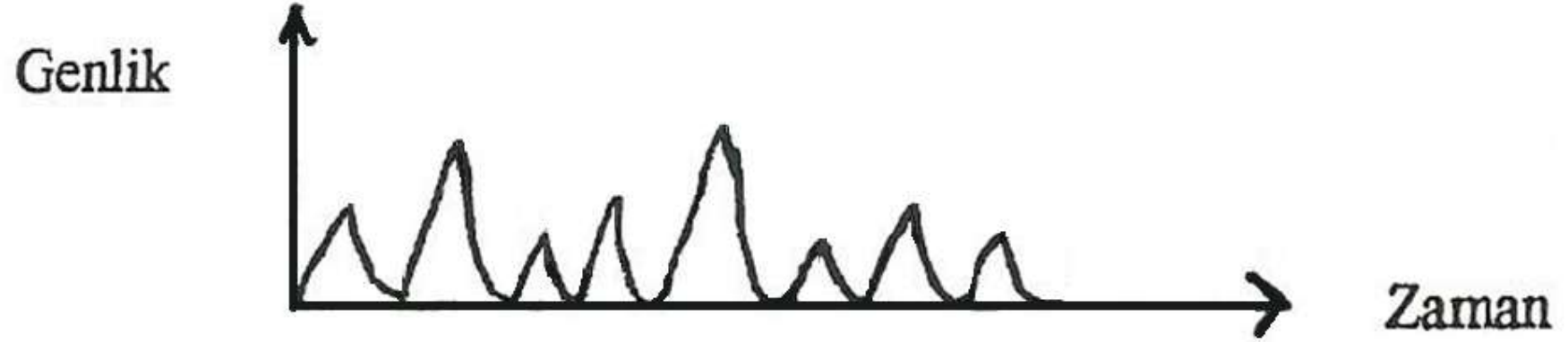
PULS MODU

Küçük RC ($\tau \ll t_c$) durumu

Büyük RC ($\tau \gg t_c$) durumu

PULS YÜKSEKLİK SPEKTRUMU

Puls modunda çalışan bir dedektörde çıkıştaki her pulsun genliği etkileşimi yapan radyasyon tarafından oluşturulan yükü ilgili bilgi verir.



Bu pulsların genliklerinin analiz edilmesi her bir etkileşimde soğurulan radyasyon enerjilerinin saptanmasını sağlayabilir.

Puls genlik bilgisinin yaygın gösterimi, diferansiyel puls yükseklik spektrumudur.

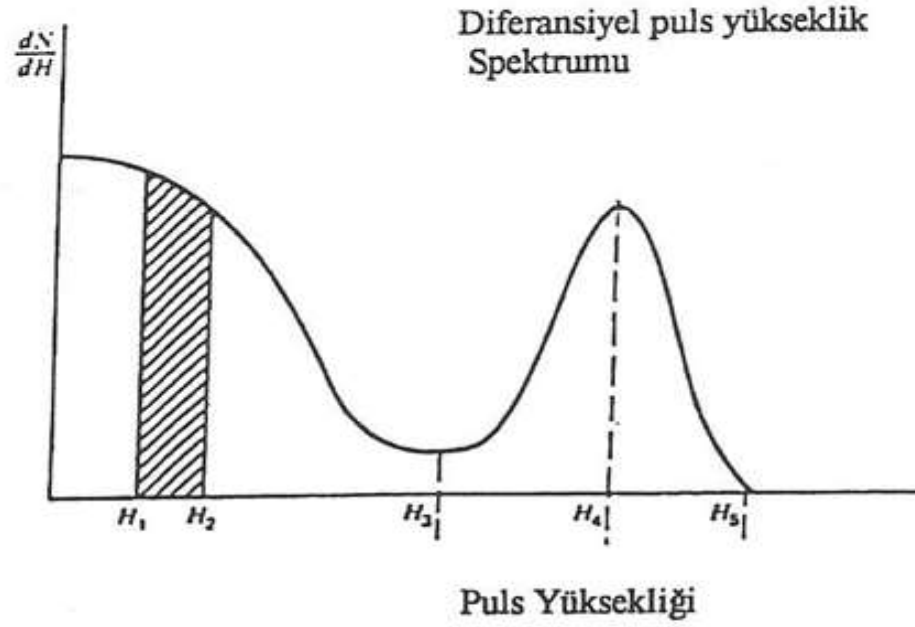
Genlikleri H_1 - H_2 arasında olan puls sayısı $= \int_{H_1}^{H_2} \frac{dN}{dH} dH$

Dağılımda verilen pulsların N_0 toplam sayısı ise tüm spektrumun altındaki alanın integrasyonu ile

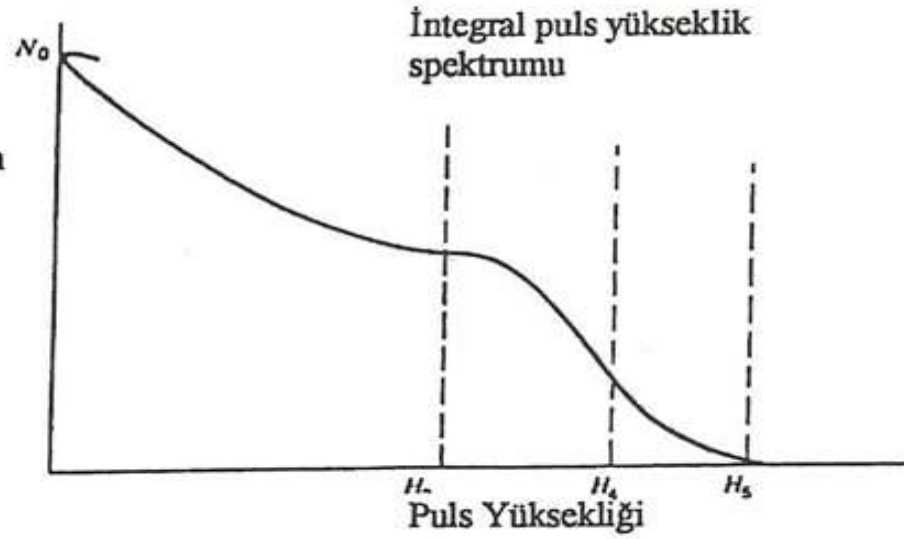
$$N_0 = \int_0^{\infty} \frac{dN}{dH} dH$$

İntegral puls yükseklik spektrumu puls yükseklik dağılımının diğer bir gösterim şeklidir.

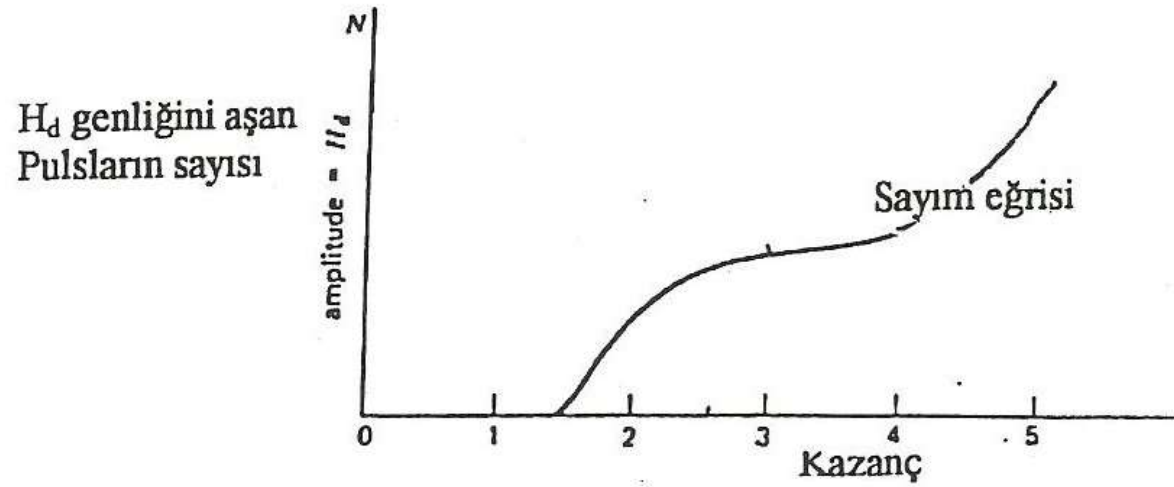
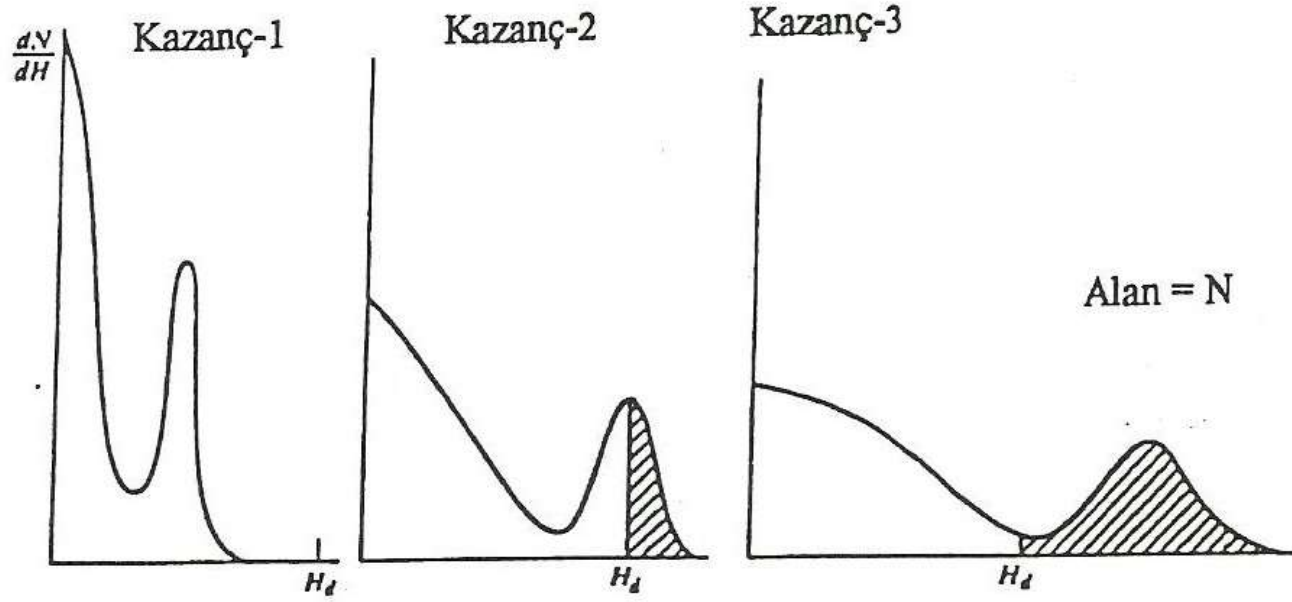
Her bir diferansiyel
Puls yüksekliğinde
Pulsların diferansiyel
sayısı



H yüksekliğini aşan
Pulsların sayısı



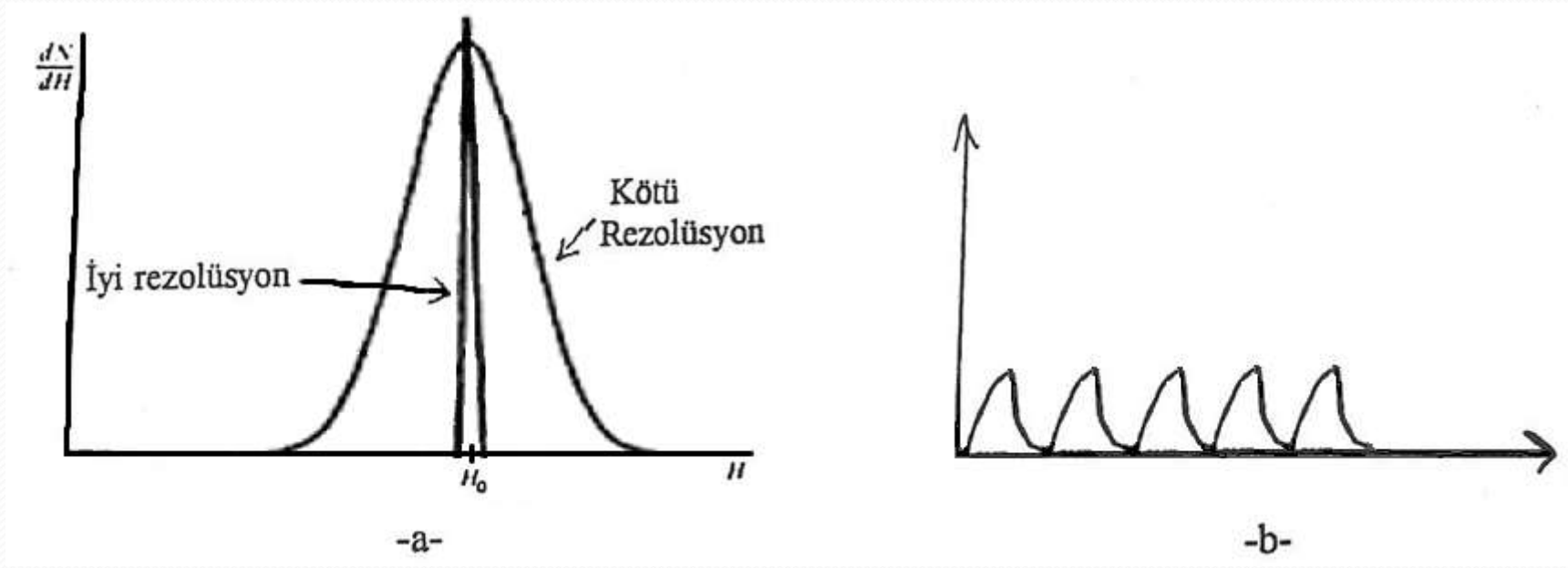
İntegral ve diferansiyel puls yükseklik spektrumları



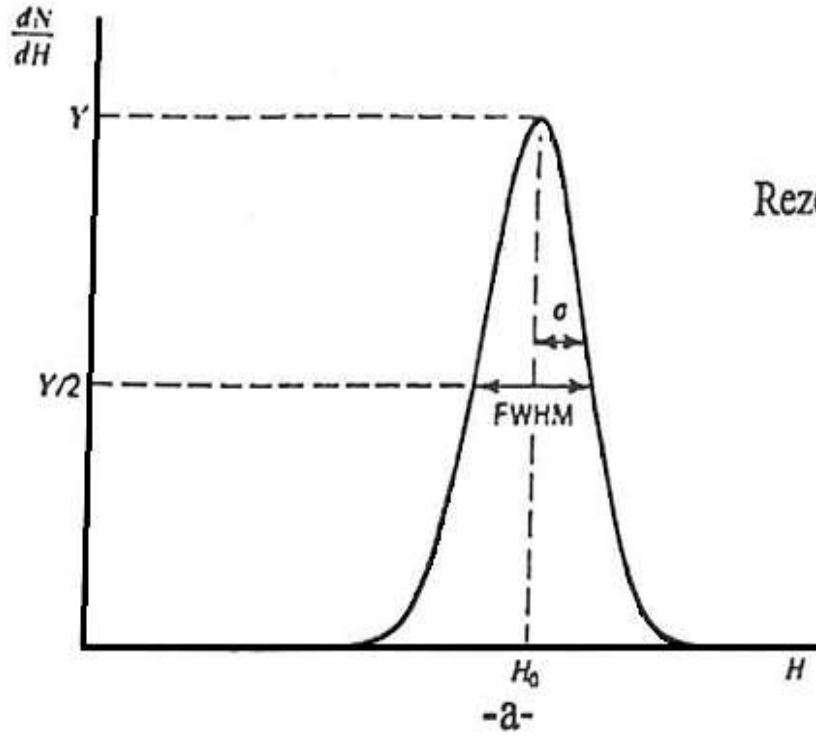
Farklı kazançlarda oluşan sayım eğrisi

ENERJİ AYIRMA GÜCÜ

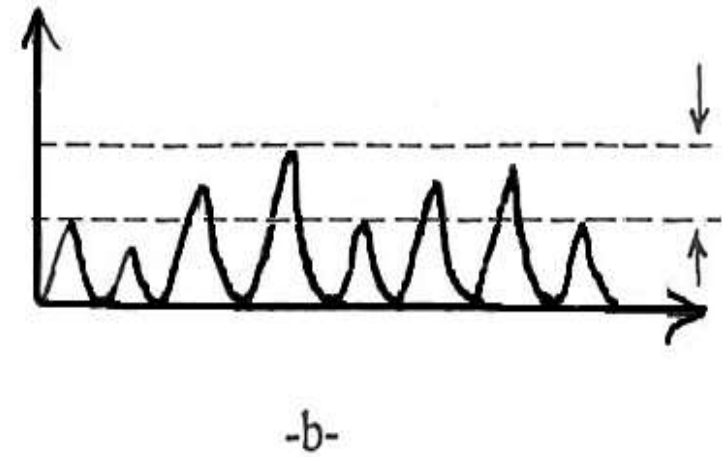
Radyasyon ölçümlerinin bir kısmında gelen radyasyonun enerji dağılımı saptanmaya çalışılır ve bu uygulamalara radyasyon spektrometresi adı verilir.



İyi ve kötü ayırma güçlerinin diferansiyel spektrumunda verilışı (a). Pulslarda hiçbir istatistiksel dalgalanma olmaması durumunda tüm pulsların genlikleri aynı olacaktır (b).



$$\text{Rezölüsyon} = \text{FWHM} / H_0$$



Dedektör ayırma gücü yarı yükseklikteki tam genişlik olarak (FWHM) tanımlanır (a). İstatistiksel oynamalar sonucu dedektörde aynı enerji soğurumuna rağmen farklı genlikteki pulslar oluşur (b).

Dedektörde aynı miktar enerji soğurulmasına rağmen bir olaydan diğerine tesadüfi dalgalanmalar ortaya çıkar.

İstatistikler dalgalanmalar dedeksiyon sisteminin tüm kısımlarında vardır. Bunlar;

1. Radyasyon enerjisinin elektron-iyon ya da elektron -hole çiftlerine, Compton elektron ve fotonlarına yarı iletken dedektörlerde tuzaklanan elektronlara dönüşmesi
2. Dedektör çıkış sinyalinin foto tüp, önyükselteç ya da yükseltece geçişi
3. Sinyalin kayıt ya da en son devreye geçmesi

Her taşıyıcının oluşumunun bir Poisson işlem olduğu kabul edilerek doğal dalgalanmaların miktarı ile ilgili bir yaklaşımda bulunulabilir. N yük taşıyıcısının olması durumunda, bu sayıdaki doğal istatistiki dalgalanmaları karakterize eden \sqrt{N} standart sapma olarak verilir.

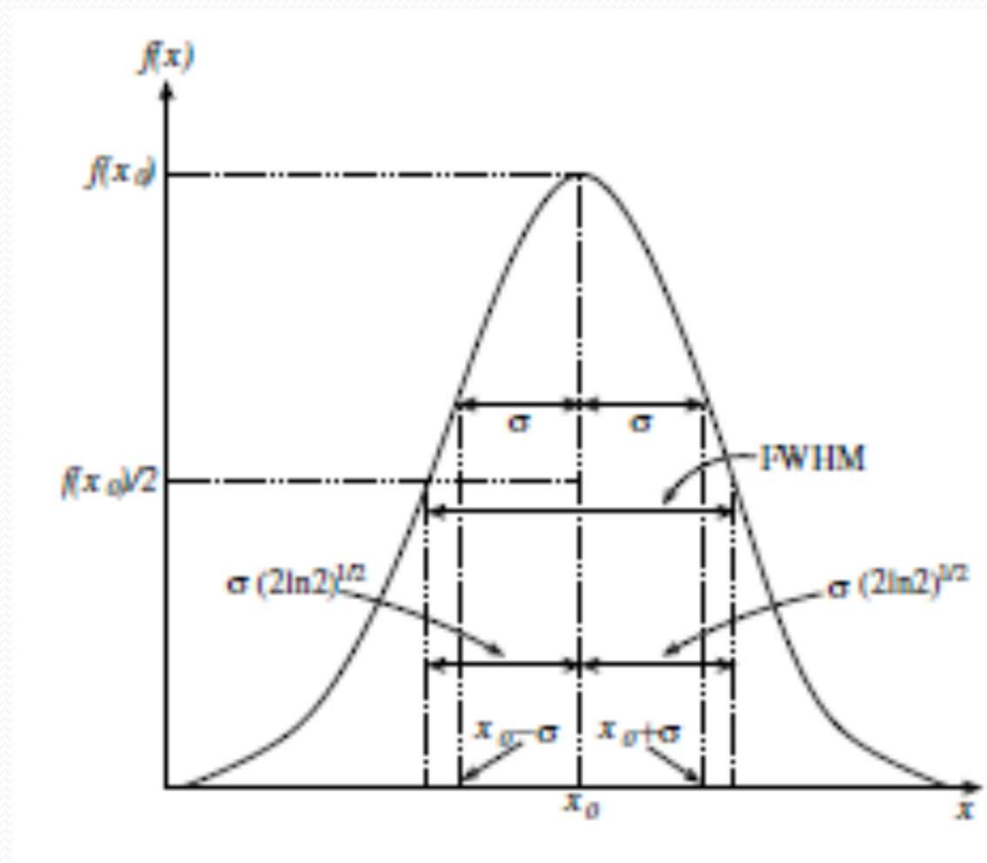
$$G(H) = \frac{A}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(H - H_0)^2}{2\sigma^2}\right]$$

Genişlik parametresi σ ile FWHM arasında ilişki $FWHM=2,35\sigma$ dır.

$H_0=KN$, $\sigma = K\sqrt{N}$ ve K bir orantı sabiti olmak üzere yük taşıyıcılarının sayısındaki istatiksel dağılıma karşı gelen R sınır ayırma gücü:

$$R|_{\substack{\text{poisson} \\ \text{sınır}}} = \frac{FWHM}{H_0} = \frac{2,35\sigma}{KN} = \frac{2,35K\sqrt{N}}{KN} \quad R = \frac{2,35}{\sqrt{N}}$$

%1'den daha iyi bir enerji ayırma gücünün sağlanabilmesi için N'in 55000'den fazla olması gerekmektedir.



Fano Faktörü yük taşıyıcıların sayısındaki gözlenen istatistiksel dağılımın, Poisson istatistiğinden sapma miktarı olarak tanımlanır.

Dedektörde toplanan yük sayısı etkilenen γ ışın enerjisi (E) ile orantılı olduğundan Δh , ΔN ve ΔE her değişkene ait yarı yükseklikteki tam genişlikler ise

$$\frac{\Delta h}{h} = \frac{\Delta N}{N} = \frac{\Delta E}{E}$$

$$\frac{\Delta E}{E_{\gamma}} = 2,35 \left(\bar{N} \right)^{-1/2}$$

$$\Delta E = 2,35 \left(\bar{N} \right)^{-1/2} E_{\gamma} \text{ ve } \bar{N} = \frac{E_{\gamma}}{E_p}$$

$$\Delta E = 2,35 \left(E_{\gamma} \frac{E_p}{E_{\gamma}} \right)^{1/2}$$

Burada E_p bir iyon çiftinin oluşması için gerekli enerjidir.

$$F = \frac{\text{n'de gözlenen varyans (deneysel olarak)}}{\text{Poisson'dan beklenen varyans (= N)}}$$

varyans σ ile verildiğinden,

$$\begin{array}{l} R| \\ \text{istatistik} \\ \text{limit} \end{array} = \frac{2,35K\sqrt{NF}}{KN} = 2,35\sqrt{\frac{F}{N}}$$

Puls modunda çalışan ve argon gazı bulunan bir iyon odasını dikkate alalım; bir iyon çifti için gerekli enerji 26.5ev olduğundan 500Kev enerji soğurumunda 18900 iyon çifti oluşacaktır. Ayırma gücü

$$\frac{\Delta E}{E} = 2,35 \left(\frac{1}{N} \right)^{-1/2} = 0,0172 \quad \text{ya da } \%1.72 \text{ 'dir.}$$

Ancak argon için ölçülen F değeri 0.2 olup ayırma gücü

$$2,35 \sqrt{\frac{F}{N}} = 2,35 \sqrt{\frac{0,2}{N}}$$

0.0077 veya %0.77 olarak elde edilir. Bu ise ayırma gücünde 2 kat kadar iyileşmeyi göstermektedir.

Ayrı ayrı komponentlerin dalgalanmaları dikkate alınarak toplam FWHM;

$$(FWHM)_{\text{toplam}}^2 = (FWHM)_{\text{istatistiksel}}^2 + (FWHM)_{\text{gürültü}}^2 + (FWHM)_{\text{elektronik}}^2$$

DEDEKTÖR ETKİNLİĞİ (VERİM)

Kuantum verimi(QE) $QE = 1 - e^{-\mu x}$.

Mutlak verim (ϵ_{abs})

$$\epsilon_{abs} = \frac{\text{Sayılan pulslar}}{\text{Kaynaktan salınan parçacık sayısı}}$$

Gerçek verim ise (ϵ_i)

$$\epsilon_i = \frac{\text{Sayılan pulslar}}{\text{Dedektöre gelen parçacık sayısı}}$$

Bu iki etkinlik, izotropik kaynaklar için $\epsilon_i = \epsilon_{abs} \left(\frac{4\pi}{\Omega} \right)$ ifadesi ile bağlıdır.

Ω burada kaynağın gerçek pozisyonu tarafından görülen dedektörün katı açısıdır. ϵ_i , genelde radyasyon enerjisine, dedektörün yapıldığı maddeye ve gelen radyasyon yönünde fiziksel kalınlığına bağlıdır.

Bağıl verim, ϵ_r , 3"x3" boyutlarında NaI(Tl) sintilasyon dedektörünün uç kabı üzerinde, 25 cm kaynak-dedektör mesafesine yerleştirilen bir ^{60}Co kaynağının 1332,5 keV gama ışın pikinin net sayım hızının, ^{60}Co kaynağının aktivitesine oranıdır.

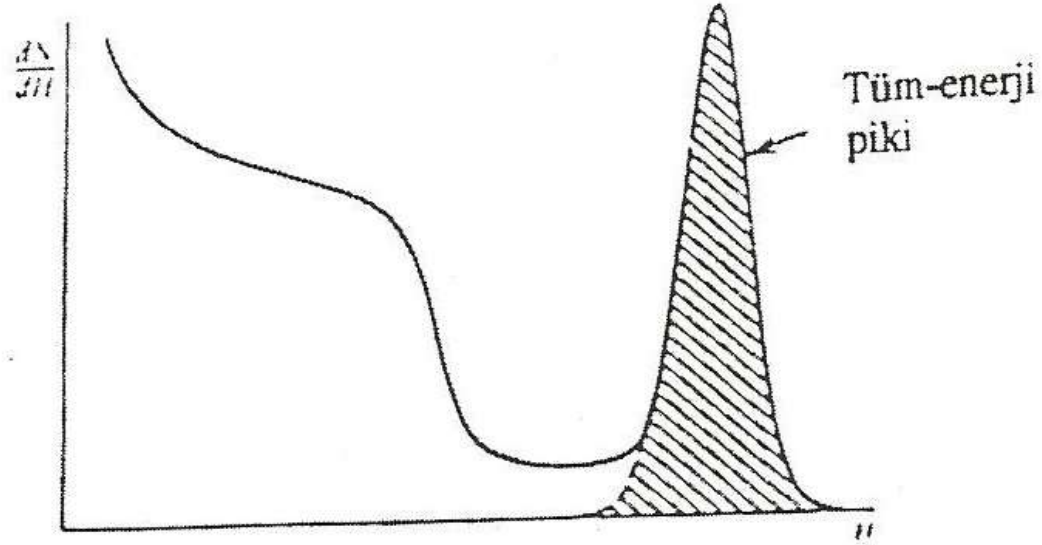
$$\text{Bağıl verim} = \frac{1332,5 \text{ KeV pikinin net sayım hızı} \times 100}{^{60}\text{Co kaynağının aktivitesi (Bq)} \times 0,0012}$$

Bu oran standart NaI(Tl) dedektörün verimine göre, Germanyum (Ge) veya başka bir dedektörün aynı mesafede ve aynı enerjideki ölçülen veriminin yüzdesi olarak ifade edilir.

Eşitlikteki 0,0012 değeri ise, 3"x3" NaI(Tl) dedektörlerin ^{60}Co kaynağı ile 25 cm mesafede 1332,5 keV pikindeki sayım hızları 0,0012 cps/Bq'dir.

% Bağıl verim ayrıca dedektörün genel performansının da bir ölçüsüdür.

Mutlak toplam verim, ϵ_T , spektrumda dedekte edilen toplam sayımın kaynaktan yayınlanan gama ışını sayısına oranıdır. Toplam verimin bilinmesi özellikle koinsidens yığılma düzeltmesinin hesabında önemli bir parametre



Diferansiyel puls yükseklik spektrumunda toplam enerji piki

$$r = \frac{\epsilon_{tepe}}{\epsilon_{top}}$$

Etkinliği bilinen bir dedektör bir radyoaktif kaynağın mutlak aktivitesinin ölçümünde kullanılabilir. Şimdi gerçek pik etkinliği ϵ_{ip} olan bir dedektörün spektrumunun toplam enerji piki altında N tane olay saydığını kabul edelim. Kaynaktan salınımın izotropik olduğu ve kaynak ile dedektör arasında hiç bir azalımın olmadığını kabul edelim.

Ölçüm süresince kaynaktan salınan radyasyon parçacığı sayısı S;

$$S = N \frac{4\pi}{\epsilon_{ip}\Omega}$$

Ω , dedektörün gördüğü katı açıdır ve dedektörün kaynağa bakan yüzeyi üzerinden alınan integral olarak tanımlanır.

$$\Omega = \int_A \frac{\cos\alpha}{r^2} dA$$

r , yüzey elemanı dA ile kaynak arasında ki mesafeyi göstermektedir, α ise yüzey elemanının normali ile kaynak yönü arasında ki açıdır.

Dairesel silindirik bir dedektörün eksenindeki bir nokta kaynak durumu için Ω aşağıdaki gibi verilir:

$$\Omega = 2\pi \left[1 - \frac{d}{\sqrt{d^2 + a^2}} \right]$$

$d \gg a$ durumunda;

$$\Omega = \frac{A}{d^2} = \frac{\pi a^2}{d^2}$$

