

17485

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

$55 \leq Z \leq 67$ ELEMENTLER BÖLGESİNDE KARAKTERİSTİK X-IŞINI
ŞİDDET ORANLARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

Erdoğan BÜYÜKKASAP

Yönetici: Prof.Dr.Hasan ERDOĞAN

Doktora Tezi

ÖZET

Bu çalışmada $55 \leq Z \leq 67$ elementler bölgesine ait $I(K_{\beta})/I(K_{\alpha})$, $I(K_{\beta}'_1)/I(K_{\alpha})$, $I(K_{\beta}'_2)/I(K_{\alpha})$ ve $I(K_{\beta}'_2)/I(K_{\beta}'_1)$ şiddet oranları tayin edilmiştir. Bunu yapmak için yukarıda belirtilen elementlerin çeşitli bileşikleri kullanılmak suretiyle beş farklı kalınlıkta numuneler hazırlanmıştır. Numuneleri uyarmak için radyoizotop Co^{57} halka kaynağınının 122 keV lik gama ışınları kullanılmıştır. Uyarmalar sonucunda elde edilen K_{α} ve K_{β} fotonlarının sayılmasında rezolüsyonu 5,9 keV de 190 eV olan Ge(Li) sayacı ve ND 66 B çok kanallı puls yükseklik analizörü kullanılmıştır. Bulunan veriler üzerinde sayaç verimi, özsoğurma ve parçacık büyüklüğüne ait düzeltmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, diğer araştırmacılar tarafından bulunan deneysel değerlerle hata sınırları içerisinde tam bir uyum göstermektedir. Sonuç olarak, elde edilen değerlerin Scofield'in 1974 yılında Hartree-Fock teorisine göre hesaplamış olduğu değerlerle uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

SUMMARY

In this study, $I(K_{\beta})/I(K_{\alpha})$, $I(K_{\beta}'_1)/I(K_{\alpha})$, $I(K_{\beta}'_2)/I(K_{\alpha})$ and $I(K_{\beta}'_2)/I(K_{\beta}'_1)$ intensity ratios of elements of atomic number between 55 and 67 were determined. Samples were prepared at five different thicknesses by using the various compounds of elements to calculate these intensity ratios. These samples were also irradiated by 122 keV gamma photons of Co^{57} radioisotope annular source. The Ge(Li) detector which has a resolution 190 eV at 5,9 keV and ND 66 B puls height analyzer were used to count the K_{α} and K_{β} photons which are emitted from samples. The detector efficiency, self-absorption and particle size corrections were carried out on data. Our results are in a good agreement with other experimental values within uncertainties of the measurements.

As a result, our present values are about the same as the Scofield's theoretical values calculated according to the Hartree-Fock theory and published in 1974.

TEŞEKKÜR

Doktora tezimin gerekleŒmesinde değerli grŒleri ile yardımlarını esirgemeyen tez hocam Sayın Prof.Dr. Hasan ERDOğAN ve Sayın Yrd.Doç.Dr.Yusuf ŒAHİN'e en içten Œukran ve saygılarımı arzederim.

alıŒmalarım boyunca bana destek olan ArŒ.Gr.Mehmet ERTUęRUL, ArŒ.Gr.Engin TIRAŒOęLU,ArŒ.Gr.nder ŒİMŒEK ve Kâzım Karabekir Eęitim Fakültesi Fizik Eęitimi Anabilim Dalı'nın diğer elemanları ile Fen-Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümüne ve tezin yazılmasında emeği geçen İlyas GÜNDAY'a teŒekkr ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK BİLGİLER	3
2.1. Gama Işınlarnnın Madde ile Etkileşmesi	3
2.1.1. Gama Işınlarnnın Serbest Bir Elektronla Etkileşmesi.	4
2.1.2. Fotoelektrik Olay	5
2.2. Kütle Soğurma Katsayısı ve Soğurma Kıyıları	7
2.3. Enerji Seviyeleri ve Karakteristik X-Işınları	9
2.4. Primer Floresans Şiddet	11
3. DENEYE AİT HESAPLAMALAR	16
3.1. Sayacın Verim Eğrisinin Tayin Edilmesi	16
3.2. Özsoğurma Düzeltmesi Faktörlerinin Hesaplanması	19
3.3. Parçacık Büyüklüğü Düzeltmesi Faktörlerinin Hesaplanması	24
4. DENEY SİSTEMİ VE DENEYİN YAPILIŞI	27
4.1. Enerji Dispersiv X-Işını Spektrometresi	27
4.2. Numunelerin Hazırlanması	28

4.3.	Ölçülerin Alınması	30
4.4.	Spektrumların ve Verilerin Değerlendirilmesi	37
5.	SONUÇLAR	58
6.	TARTIŞMA	64
	KAYNAKLAR	66



1. GİRİŞ

Herhangi bir yolla iç yörünge elektronları sökülen bir atomda yeniden elektron düzenlenmesi olur. Bu esnada atomdan karakteristik x-ışınları olarak adlandırılan fotonlar yayımlanır ve bu durum maddeden maddeye değişen bir özellik gösterir. Yayımlanan karakteristik x-ışınlarına ait şiddet oranlarının ölçülmesi, atomda elektron düzenlenmesi esnasında yörüngeler arası elektron geçiş ihtimaliyetlerine ait teorik hesapların test edilmesinde, etkili bir yöntemdir. Şiddet oranları maddelerin miktar ve kalite analizlerinde⁽¹⁾ kullanıldığı gibi son zamanlarda metal kalınlıklarının tayininde⁽²⁾ de kullanılmaktadır. Karakteristik x-ışınlarının şiddetlerine ve şiddet oranlarına ait biri relativistik diğeri ise relativistik olmayan iki tür teorik hesaplama yapılmıştır.

Pincherle yapmış olduğu hesaplamalarda perdelemesiz relativistik olmayan Coulomb potansiyelini kullanmıştır⁽³⁾. Bu konuda ilk relativistik hesaplamalar Payne ve Levinger⁽⁴⁾ ile Taylor ve Payne⁽⁵⁾ tarafından gerçekleştirilmiştir. Babushkin ise çekirdeğin elektronlar tarafından perdelenmesine ait hesaplara efektif nükleer yükün dahil edildiği relativistik Coulomb potansiyelini kullanmıştır^(3,6).

Günümüzde, bilgisayarların ve bilgisayar programlarının çok gelişmiş olması, atomun yapısına ait hesaplamalara elektron etkileşmelerinden dolayı oluşan etkilerin de dahil edilmesini sağlamıştır. Bu hesaplamalarda, tek parçacık dalga fonksiyonlarının simetrik olmayan toplamı, atomik dalga fonksiyonu olarak kabul edilmiş ve bu yaklaşıma da Hartree-Fock yaklaşımı denilmiştir⁽³⁾. Scofield^(7,8), değiş-tokuş etkileşmelerden kaynaklanan düzeltmeleri dahil etmek için boşlukları dikkate alarak relativistik Hartree-Fock hesaplamalarını, ilk ve son seviyeler için ayrı ayrı yapmış ve karakteristik x-ışını şiddet oranlarını hesaplamıştır. Scofield^(9,10) relativistik Hartree-Slater, Manson ve

Kennedy⁽¹¹⁾ relativistik olmayan Hartree-Slater potansiyeli-
ni kullanarak karakteristik x-ışını şiddet oranlarını
hesaplamışlardır.

Karakteristik x-ışını şiddet oranlarını deneysel olarak
çalışan araştırmacılar numuneleri uyarmak için çeşitli
yöntemler kullanmışlardır. Numuneler γ ışınlarıyla (12-27),
hızlandırılmış elektronlarla (28-34), hızlandırılmış proton-
larla (35-44), hızlandırılmış iyonlarla (45,46), x-ışını tüple-
riyle (47-55), hızlandırılmış α parçacıklarıyla (56-58), ikincil
uyarıcılarla (59-64) bombarduman edilerek karakteristik
x-ışını şiddet oranları ölçülmüştür. Bazı araştı-
macılar (65-68) ise K elektron yakalanması sonucu yayımlanan K
tabakasına ait karakteristik x-ışını şiddet oranlarını
ölçmüşlerdir.

Bazı araştırmacılar (69-72) da deneysel değerlerin ortalama-
larını alarak, tablo ve grafikler hazırlamışlardır. Ayrıca
şiddet oranları üzerine, kalınlık etkisi (73), matris
etkisi (74), kimyasal etki (75-78) gibi etkilerde araştırıl-
mıştır.

Bu çalışmada $55 \leq Z \leq 67$ elementler bölgesinde K tabakasına
ait

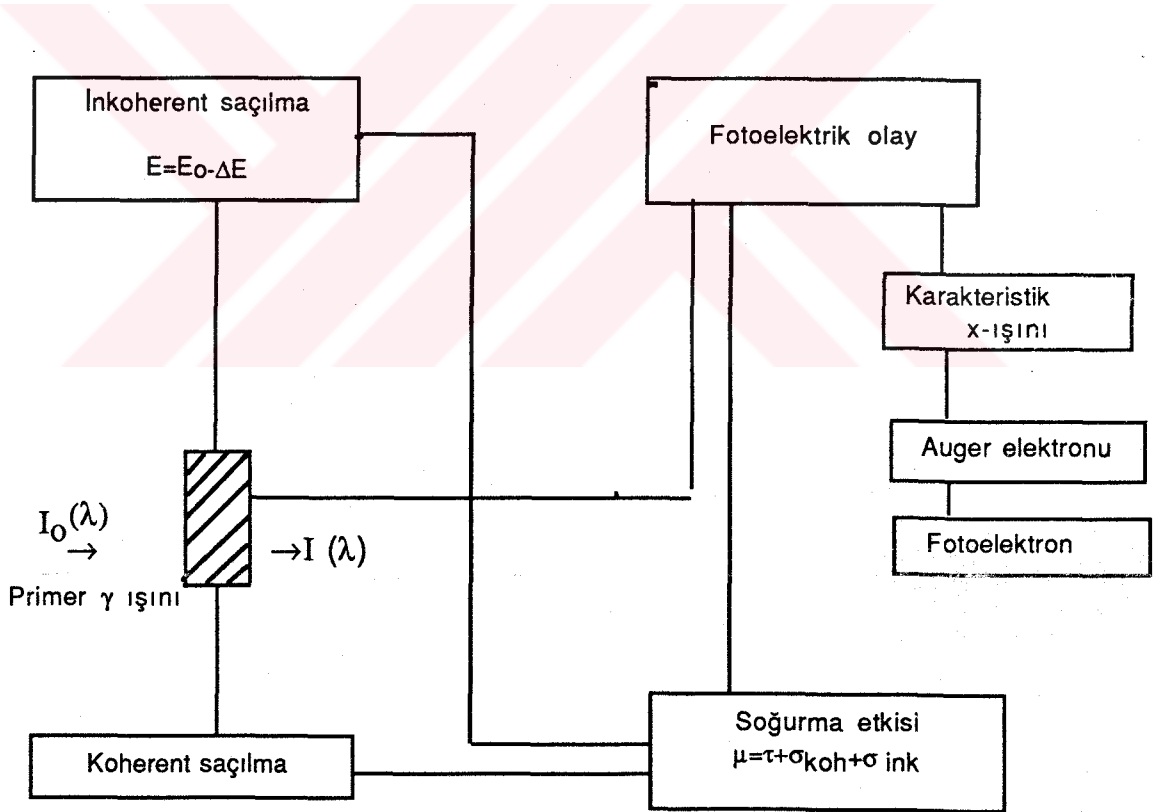
$$\frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\alpha})}, \frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\alpha})}, \frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\alpha})} \text{ ve } \frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\beta})}$$

karakteristik x-ışını şiddet oranları hesaplanmıştır.
Numunelerin uyarılmasında Co^{57} γ kaynağı, yayımlanan karakte-
ristik x-ışınlarının sayılmasında ise Ge(Li) katıhal sayacı
kullanılmıştır. Çalışmada toz numuneler kullanıldığından
hesaplara soğurma düzeltmesi ve dedektör verimine ait
düzeltmelerden başka parçacık büyüklüğü düzeltmesi de dahil
edilmiştir. Elde edilen değerler mevcut teorik ve deneysel
sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. TEORİK BİLGİLER

2.1. Gama Işınlarnının Madde ile Etkileşmesi

Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi karmaşık bir konu olduğundan biz burada sadece analitik olarak ölçülebilen x-ışınlarının meydana gelmesi ile ilgileneceğiz. Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi neticesinde meydana gelebilecek olaylar Şekil 2.1'de gösterilmiştir. Bu olayların ortak yönü, primer radyasyonun enerjisine ve saçıcı maddenin yapısına bağlı olmalarıdır.



Şekil 2.1. Gama ışınının madde ile etkileşmesi (79)

Radyoaktif kaynaktan çıkan γ ışınlarının madde ile etkileşmesi sonucu, iki temel olay meydana gelmektedir. Bunlardan birincisi, γ ışınlarının enerjilerinin bir kısmını kaybederek veya hiç kaybetmeden oluşan saçılma olayı, diğeri ise γ ışınının tamamen soğurulması sonucu meydana gelen fotoelektrik olaydır.

2.1.1. Gama Işınlarının Serbest Bir Elektronla Etkileşmesi

Gama ışınlarının madde ile etkileşmesi sonucu oluşan saçılma olayı iki şekilde irdelenmektedir. Gelen fotonun, serbest kabul edilen, atomun en dış yörünge elektronlarından birisi ile etkileşmesi sonucu hiç bir enerji kaybına uğramadan saçılması koherent saçılma olarak, enerjisinin belli bir kısmını kaybederek saçılması da inkoherent veya Compton saçılması olarak bilinmektedir. Compton olayı şematik olarak Şekil 2.2'de gösterilmiştir.

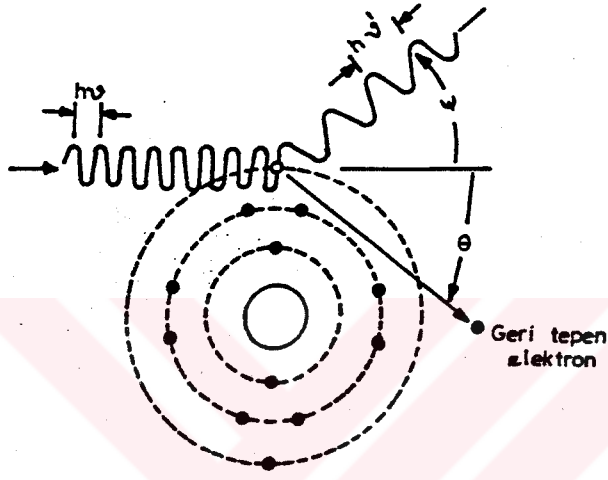
Compton saçılmasına uğrayan fotonun dalga boyundaki değişme

$$\Delta\lambda = \lambda_{\text{ink}} - \lambda_0 = 0,024(1 - \cos \psi) \quad (1)$$

ile ifade edilir. Burada $\Delta\lambda$, Å birimindedir. Saçılan fotonun enerjisi ise,

$$E_{\text{ink}} = \frac{E_0}{1 + \left(\frac{E_0}{m_0 c^2} \right) (1 - \cos \psi)} \quad (2)$$

olur. Burada $m_0 c^2 = 511$ keV dur.



Şekil 2.2.Compton saçılması

2.1.2.Fotoelektrik Olay

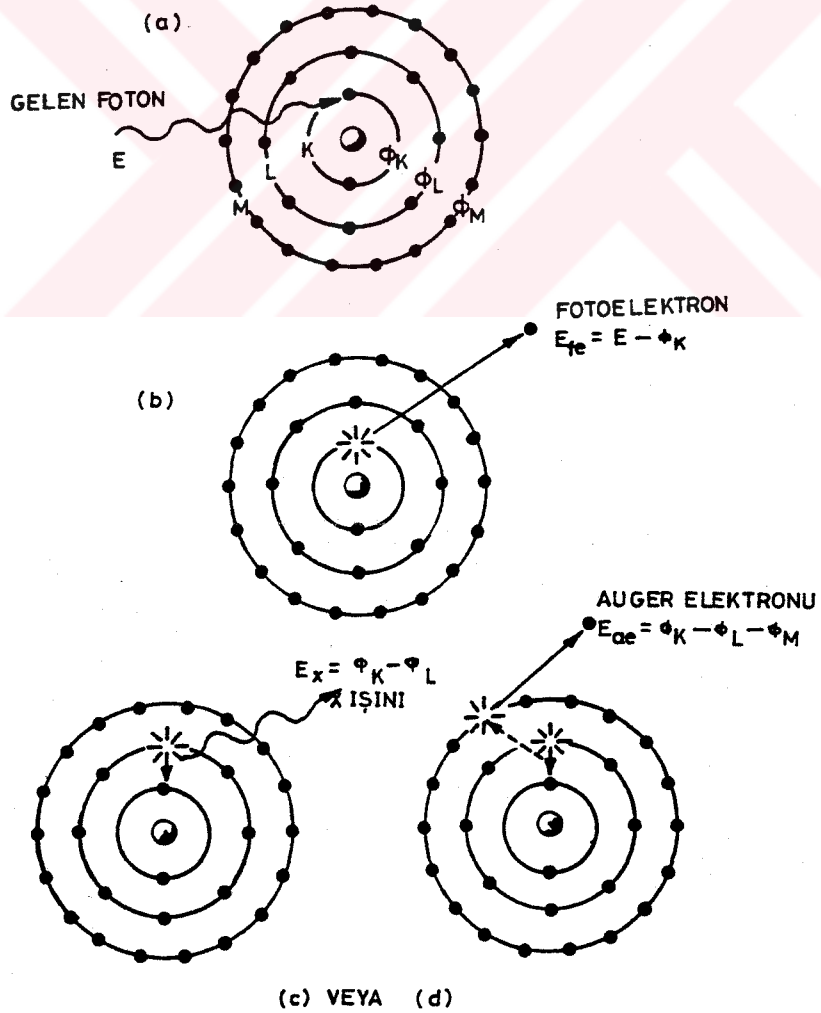
Primer radyasyonun madde ile etkileşmesi sonucu kaçınılmaz olan ikinci olayda gelen foton tamamen soğurularak atomun iç yörünge elektronlarından birisi sökülür.Bu olaya fotoelektrik olay,sökülen elektrona da fotoelektron adı verilir. Bu olayın gerçekleşebilmesi için gelen fotonun enerjisinin elektronun bağlanma enerjisinden büyük olması gereklidir. Olay Şekil 2.3'de şematik olarak gösterilmiştir.

Yayımlanan fotoelektronun enerjisi

$$E_{fe} = E - \phi \quad (3)$$

ile ifade edilir.Burada E,primer fotonun enerjisi, ϕ ise elektronun bağlanma enerjisidir.Eğer, K tabakasından bir

elektron sökülmüş ise bu enerji ϕ_K , L tabakasından sökülmüş ise ϕ_L olarak gösterilir. Bir elektronu sökülen kabuktaki boşluk, daha dış yörüngelerde bulunan herhangi bir elektron tarafından doldurulabilir. Bu işlem sonucu, iki yörüngenin bağlanma enerjileri arasındaki fark kadar enerjiye sahip bir foton yayımlanır. Bu foton, karakteristik x-ışını olarak bilinir. Örneğin, K kabuğunda oluşan bir boşluk L kabuğundaki bir elektron tarafından doldurulacak olursa, yayımlanan karakteristik x-ışınının enerjisi $\phi_K - \phi_L$ kadar olacaktır.



Şekil 2.3. Fotoelektrik olay (79)

Oluşan karakteristik x-ışını her zaman atomu terketmez, bazan bu foton atomun dış yörünge elektronlarından birisini sökerek yok olur. Bu olaya, Auger olayı; sökülen elektrona da Auger elektronu denir. Bir defada bir boşluk için karakteristik x-ışını yayımlama ihtimali fluoresans verim ω , olarak tanımlanır. Fluoresans verim 0 ile 1 arasında değerler alır. Fotoelektrik olayı sonucunda karakteristik x-ışını ile Auger olayı meydana gelme ihtimaliyetleri toplamı bir-dir. Küçük atom numaralı elementlerde Auger elektronu yayımlama ihtimali yüksek, büyük atom numaralı elementlerde ise karakteristik x-ışını yayımlama ihtimali yüksektir.

2.2. Kütle Soğurma Katsayısı ve Soğurma Kısılları (79)

Şiddeti $I_0(E)$ olan γ ışını fotonlarının t (cm) kalınlığındaki bir maddeyi geçtikten sonraki şiddeti

$$I(E) = I_0(E) e^{-\mu(E)\rho t} \quad (4)$$

ile verilir. Burada, $\mu(E)$ (cm^2/g) toplam kütle soğurma katsayısı, ρ (g/cm^3) ise yoğunluktur. $\mu(E)$, 1,022 MeV den küçük enerjili fotonlar için başlıca üç soğurma katsayısının toplamı olarak tanımlanır.

$$\mu(E) = \tau(E) + \sigma_{\text{koh}}(E) + \sigma_{\text{ink}}(E) \quad (5)$$

Burada $\tau(E)$, fotoelektrik etkiyi tanımlayan toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısı, $\sigma_{\text{koh}}(E)$ ile $\sigma_{\text{ink}}(E)$ ise sırasıyla toplam koherent kütle saçılması katsayısı ve toplam inkoherent kütle saçılması katsayılarıdır.

Toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısı, atomdaki bütün kabuklar için iyonlaşma ihtimalini kapsadığından, herbir kabuğun iyonlaşma ihtimaliyetlerinin toplamı olarak yazılabilir.

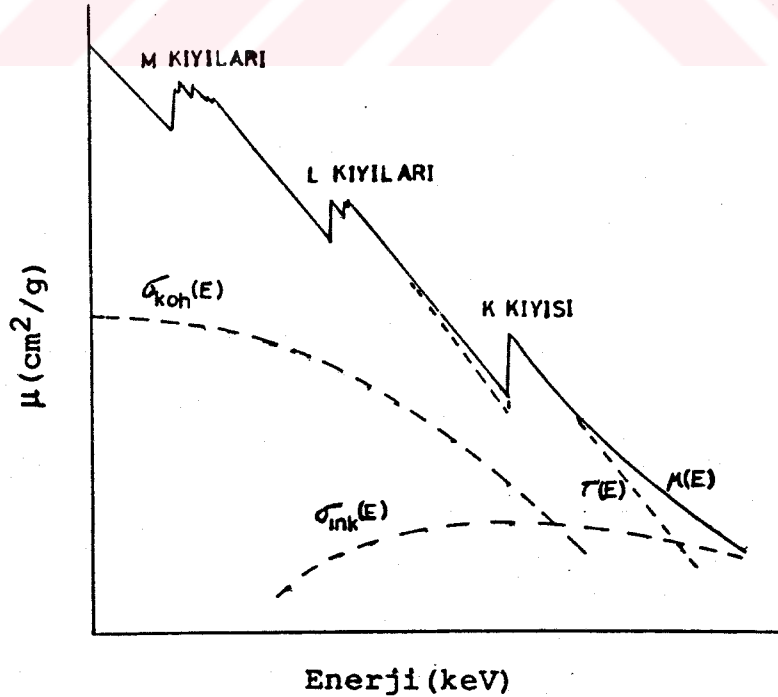
$$\tau = \tau_k + (\tau_{L_I} + \tau_{L_{II}} + \tau_{L_{III}}) + (\tau_{M_I} + \tau_{M_{II}} + \tau_{M_{III}} + \tau_{M_{IV}} + \tau_{M_V}) + \dots \quad (6)$$

Burada, parantez içinde verilen her bir terim, belirli bir alt kabuk için fotoelektrik kütle soğurma katsayısını tanımlar. Şekil 2.4. $\mu(E)$ nin enerji ile değişimini göstermektedir. Şekilden de görüldüğü gibi $\tau(E)$ nin grafiğinde foton enerjisinin bağlanma enerjisine eşit olduğu yerlerde ani düşmeler vardır. Bu düşmelere soğurma kıyısı adı verilir.

Saf elementlerin homojen karışımından meydana gelmiş bir numunenin toplam kütle soğurma katsayısı

$$\mu = \sum_j W_j \mu_j \quad (7)$$

ile hesaplanabilir. Burada μ_j , numune içerisinde W_j ağırlık kesri ile bulunan j . elementin toplam kütle soğurma katsayısıdır.



Şekil 2.4. Gelen foton enerjisinin fonksiyonu olarak kütle soğurma katsayısı ve bileşenleri

2.3. Enerji Seviyeleri ve Karakteristik X-Işınları

Pauli prensibine göre herhangi bir atomdaki bir elektronunun kuantum sayılarından en az birinin diğerlerinden farklı olması gerekir. Bu kuantum sayıları n, l, j ve m_j ile gösterilirler. Burada, n baş kuantum sayısı olarak bilinir ve yörüngenin büyüklüğü ile elektronun çekirdeğe olan ortalama uzaklığını belirler, bu kuantum sayısı $n=1,2,3,\dots$ gibi tam sayı değerleri alabilir. l yörünge açısız momentum kuantum sayısıdır. Bu kuantum sayısı dalga fonksiyonunun açısız kısmında kullanıldığı için orbitalin şeklini tanımlar ve $l=0,1,2,\dots,n-1$ gibi değerler alır. j ise toplam açısız momentum kuantum sayısı olup, elektronun spini ile birlikte yörünge açısız momentumu belirler ve $j=l\pm 1/2$ değerlerini alır. m_j magnetik kuantum sayısı da, j nin farklı yönelmelerini dikkate aldığından $m_j = \pm 1/2, \pm 3/2, \pm 5/2, \dots, \pm j$ değerlerini alır.

Her alt kabuğun alabileceği elektron sayısı $2j+1$ dir. Kabuklar arasındaki geçişler $\Delta n \neq 0, \Delta l = \pm 1$ ve $\Delta j = 0, \pm 1$ ($0 \rightarrow 0$ geçişi hariç) seçim kurallarına uyarlar. Bunun dışındaki geçişler düzensiz geçişlerdir. Şekil 2.5 n, l, j, m_j kuantum sayılarını ve karakteristik x-ışını geçişlerini göstermektedir. K kabuğu karakteristik x-ışınları, Siegbahn notasyonlarına göre aşağıdaki şekilde gösterilir⁽⁸⁰⁾.

$$K_{\alpha_1} = K - L_{III}$$

$$K_{\alpha_2} = K - L_{II}$$

$$K_{\alpha} = K_{\alpha_1} + K_{\alpha_2}$$

$$K_{\beta_1} = K - M_{III}$$

$$K_{\beta_2} = K - N_{III}$$

$$K_{\beta_3} = K - M_{II}$$

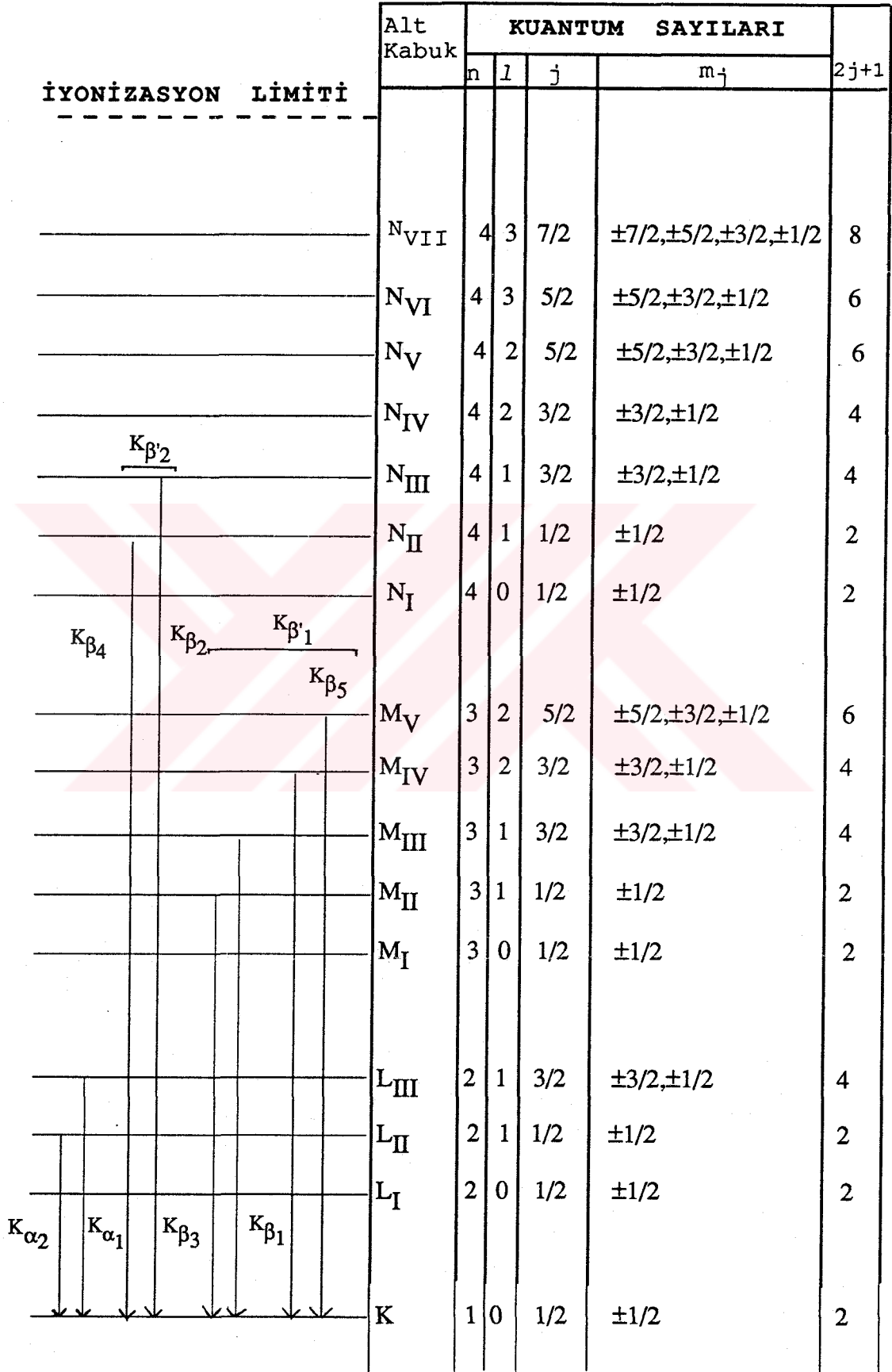
$$K_{\beta_2} = K_{\beta_2} + K_{\beta_4} + \text{daha yüksek seviyeden geçişler}$$

$$K_{\beta_4} = K - N_{II}$$

$$K_{\beta_5} = (K - M_{IV}) + (K - M_V)$$

$$K_{\beta_1} = K_{\beta_1} + K_{\beta_3} + K_{\beta_5}$$

$$K_{\beta} = K_{\beta_1} + K_{\beta_2}$$

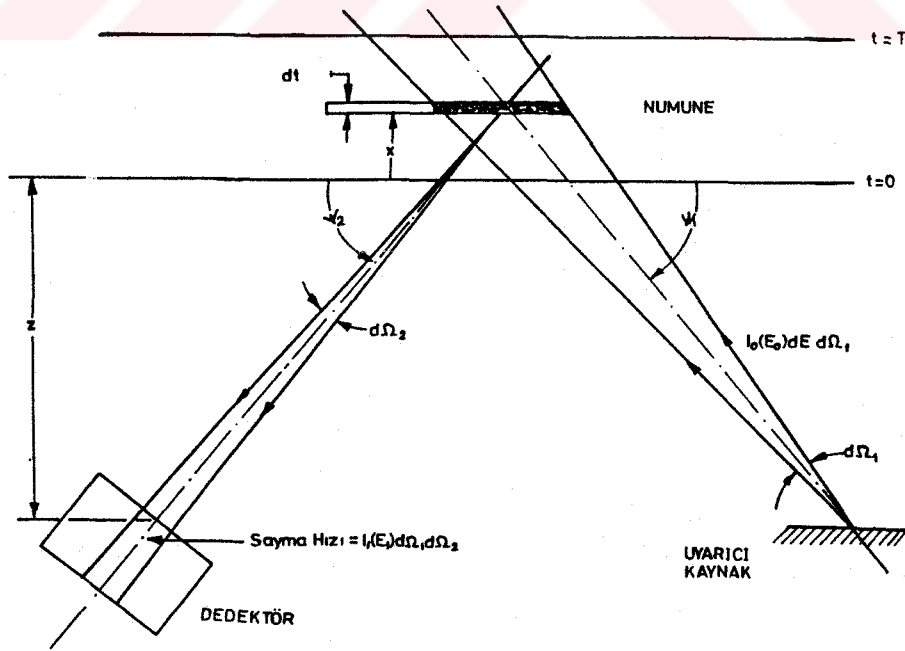


Şekil 2.5 X-ışını enerji seviyeleri diyagramı

2.4.Primer Floresans Şiddet (79)

Atomdan yayımlanan karakteristik x-ışınları, fotoelektrik etkileşme ve elektron yakalanması sonucu meydana gelmektedir.Fotoelektrik etkileşmenin meydana getirdiği üretimde şiddete ait bir ifade çıkarmak mümkündür.

Şekil 2.6,karakteristik x-ışınlarının üretilmesine uygun, uyarıcı kaynak,numune ve dedektör geometrisini göstermektedir. Kaynak,x-ışını tüpü veya radyoizotop kaynak olabilir.Burada, hesapların basitleştirilmesi için kaynak,nokta kaynak olarak düşünülmüştür.Kaynaktan, E_0 ve E_0+dE_0 enerji aralığında ve $d\Omega_1$ diferensiyel katı açı içerisinde saniyede yayımlanan γ fotonlarının sayısı $I_0(E_0) dE_0 d\Omega_1$ şeklinde ifade edilir. Burada $I_0(E_0)$ kaynağın şiddetidir.Bu fotonlar, ψ_1 geliş açısı ile numune yüzeyine ulaşmaktadırlar.



Şekil 2.6.Karakteristik x-ışınlarının üretilmesine uygun bir geometri

Numune yüzeyinden t mesafesi kadar içeride bulunan, dt kalınlığına sahip diferensiyel elemandan yayımlanan karakteristik x-ışınlarının sayısı bulunabilir. Gelen γ fotonları bu hacim elemanına ulaşabilmek için $t \cdot \text{csc } \psi_1$ kalınlığını geçmek zorundadırlar. Bu kalınlığı geçip hacim elemanına ulaşanlar

$$I_1 = I_0(E_0) dE_0 d\Omega_1 \exp[-\mu(E_0) \rho t \text{csc } \psi_1] \quad (8)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\mu(E_0)$ (cm^2/g), E_0 enerjisinde numunenin toplam kütle soğurma katsayısıdır.

Diferensiyel hacim elemanı içinde γ fotonları $dt \cdot \text{csc } \psi_1$ kalınlığında soğurulacaklardır. Böylece, bu elemenda birim zamanda meydana gelen fotoelektrik etkileşme sayısı

$$I_2 = I_1 \tau(E_0) \rho dt \text{csc } \psi_1 \quad (9)$$

ile verilir. Burada $\tau(E_0)$, numunenin toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır ve numuneyi meydana getiren elementlerin toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayılarının ağırlıklı ortalaması ile verilir.

$$\tau(E_0) = \sum_m W_m \tau_m(E_0) \quad (10)$$

Burada W_m , numune içinde m . elementin ağırlık kesri, $\tau_m(E_0)$ ise m . elementin toplam fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır. Sadece i . elementin uyarılması ile ilgilenildiği zaman fotoelektrik etkileşmelerin sayısı

$$I_3 = \frac{W_i \tau_i(E_0)}{\tau(E_0)} I_2 \quad (11)$$

$$= I_1 W_i \tau_i(E_0) \rho dt \csc \psi_1 \quad (12)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\tau_i(E_0)$ terimi, bağlanma enerjisi ϕ nin, uyarıcı foton enerjisi E_0 dan küçük olan bütün kabukların iyonlaşmasını kapsar. Sadece i. elementin K ışınları ile ilgilenilirse; bu durumda K kabuğunun iyonlaşma hızı

$$I_4 = \frac{\tau_{K_i}(E_0)}{\tau_i(E_0)} I_3 \quad (13)$$

$$= I_1 W_i \tau_{K_i}(E_0) \rho dt \csc \psi_1 \quad (14)$$

ile verilir. Burada $\tau_{K_i}(E_0)$, i. elementin K kabuğuna ait fotoelektrik kütle soğurma katsayısıdır. İyonlaşmadan sonra meydana gelen K kabuğundaki boşluk dış yörüngelerdeki elektronlar tarafından doldurulacaktır. Bu işlemden sonra atomdan, bazan Auger elektronu, bazan da karakteristik K x-ışınları yayımlanır. K kabuğuna ait fluoresans verimi ω_K , karakteristik K x-ışını yayımlanma ihtimalini vermektedir. Böylece i. elementten K x-ışınlarının yayımlanma hızı

$$I_5 = \omega_K \cdot I_4 \quad (15)$$

olur. Eğer K serisi çizgilerinden sadece E_i enerjisi olanla ilgileniliyorsa ve bu çizgi K serisinin toplam foton hızının f kesrini temsil ediyorsa, bu durumda söz konusu çizgide foton yayımlanma hızı

$$I_6 = f \cdot I_5 \quad (16)$$

ile ifade edilir. Bu fotonlar bütün yönlerde izotropik olarak yayımlanmaktadır. Dedektöre doğru, ψ_2 yayımlama açısı ile $d\Omega_2$ diferensiyel katı açısında foton yayımlanma hızı

$$I_7 = \frac{d\Omega_2}{4\pi} I_6 \quad (17)$$

olur. Karakteristik x-ışınları numuneden yayımlanmadan önce t. csc ψ_2 kalınlığında soğurulmaktadır. Bu soğurulmadan sonra foton yayımlanma hızı

$$I_8 = I_7 \cdot \exp [-\mu(E_1) \rho t \csc \psi_2] \quad (18)$$

şeklinde ifade edilir. Burada $\mu(E_1)$, E_1 enerjili karakteristik x-ışını için numunenin toplam kütle soğurma katsayısıdır. Eğer E_1 enerjisindeki foton için sayaç verimi $\varepsilon(E_1)$ ise foton sayma hızı

$$I \, dt \cdot E_0 = \varepsilon(E_1) \cdot I_8 \quad (19)$$

olur. Bu değer, E_0 ve $E_0 + dE_0$ enerjileri arasındaki uyarma için t den t+dt ye kadar olan diferensiyel hacim elemanının şiddete katkısıdır. Bütün numune kalınlığının katkısını hesaplamak için bu ifadenin t=0 ve t=T aralığında integralinin alınması gereklidir. İşlemleri kolaylaştırmak için numune kalınlığı t, z ile mukayese edildiğinde çok küçük olduğundan ψ_2 sabit kabul edilebilir. Ayrıca bu ifadenin K kabuğunu iyonlaştırabilecek enerji aralığında da integralinin alınması gereklidir. Bu enerji aralığı K kabuğu elektronlarının bağlanma enerjisi ϕ_K dan E_{max} a

kadardır. Böylece $d\Omega_1$ ve $d\Omega_2$ katı açıları için foton sayma hızı

$$I_1(E_1) d\Omega_1 d\Omega_2 = \int_{E_0=\phi_K}^{E_{\max}} \int_{t=0}^T I dt dE_0 \quad (20)$$

$$= d\Omega_1 \left(\frac{d\Omega_2}{4\pi} \right) \frac{\epsilon(E_1)}{\sin \psi_1} \int_{E_0=\phi_K}^{E_{\max}} W_i \tau_{K_i}(E_0) \omega_{K_i} f$$

$$\times \left(\frac{1 - \exp\{-\rho T[\mu(E_0) \csc \psi_1 + \mu(E_1) \csc \psi_2]\}}{\mu(E_0) \csc \psi_1 + \mu(E_1) \csc \psi_2} \right) \times I_0(E_0) dE_0 \quad (21)$$

ile ifade edilir. Burada sadeleştirme yapılırsa, ifade

$$I_1(E_1) = \frac{\epsilon(E_1)}{4\pi \sin \psi_1} \int_{E_0=\phi_K}^{E_{\max}} W_i \tau_{K_i}(E_0) \omega_{K_i} f$$

$$\times \left(\frac{1 - \exp\{-\rho T[\mu(E_0) \csc \psi_1 + \mu(E_1) \csc \psi_2]\}}{\mu(E_0) \csc \psi_1 + \mu(E_1) \csc \psi_2} \right) \times I_0(E_0) dE_0 \quad (22)$$

şeklini alır. Eğer uyarıcı kaynak monokromatik ise şiddete ait ifade

$$I_1(E_1) = \frac{\epsilon(E_1)}{4\pi \sin \psi_1} W_i \tau_{K_i}(E_0) \omega_{K_i} f$$

$$\times \left(\frac{1 - \exp\{-\rho T[\mu(E_0) \csc \psi_1 + \mu(E_1) \csc \psi_2]\}}{\mu(E_0) \csc \psi_1 + \mu(E_1) \csc \psi_2} \right) \times I_0(E_0) dE_0 \quad (23)$$

şeklinde verilir.

3.DENEYE AİT HESAPLAMALAR

3.1.Sayacın Verim Eğrisinin Tayin Edilmesi

Sayacın verimi her enerji için aynı olmadığından, karakteristik x-ışınlarına ait şiddet oranlarının çalışılmasında sözü edilen her enerji için sayacın veriminin tayin edilmesi gerekir.

Enerjisi E olan bir foton için bir yarıiletken sayacın sayma verimi (81)

$$\epsilon_E = \epsilon_R G(E) \quad (24)$$

ile verilir.Burada G(E),geometrik faktördür. ϵ_R ise relatif sayma verimidir ve gerçek verim ile çeşitli düzeltme faktörlerinin çarpımı olarak,

$$\epsilon_R = \epsilon_a \cdot f_a \cdot f_{Au} \cdot f_d \cdot f_e \cdot f_c \cdot \epsilon_s \quad (25)$$

şeklinde verilir.Burada ϵ_a ,tüm yükün toplanmış olduğu kabul edilen sayacın hassas hacminin intrinsik verimidir.Ayrıca f_a ,sayaç yüzeyinin dışında bulunan maddelerdeki soğurma için düzeltme faktörü; f_{Au} altın elektrotlardaki soğurma için düzeltme faktörü; f_d altın ve hassas hacim arasında bulunan ölü tabakadaki soğurma için düzeltme faktörü; f_c ,kolimasyon etkileri için düzeltme faktörü ve f_e de hassas hacimden kaçan Germanyuma ait karakteristik x-ışınları için düzeltme faktörüdür. ϵ_s ise toplam yük toplanmasının verimidir.

Bir sayacın,belli bir enerjideki verimi,sayaçtan sabit bir uzaklıkta bulunan standart kaynaktan birim zamanda sayaca gelip sayılan fotonların sayısını bilmekle tayin edilebilir. Bu şekilde tayin edilen verim bütün geometri ve soğurma faktörlerini kapsamaktadır(81).

$$\epsilon_E = \frac{C_E}{(N_E \cdot D)} \quad (26)$$

Burada C_E , E enerjisinde birim zamanda kaynaktan gelip sayacıta sayılan fotonların sayısı; N_E kaynaktan bozunma başına E enerjisinde yayımlanmış fotonların kesri (yayımlanma ihtimaliyeti) ve D, standart kaynağın parçalanma hızıdır.

Çalıştığımız enerji bölgesinde sayacın verim eğrisi, Amersham firmasından temin edilen Am^{241} , Ba^{133} , Cs^{137} ve Co^{57} standart kaynakları kullanılarak tayin edilmiştir. Bu kaynakların foton enerjileri ve foton yayımlama ihtimaliyetleri Tablo 3.1 de verilmiştir.

Ölçümler alınırken, standart kaynaklar deney geometrisinde numune pozisyonunda yerleştirilmiştir. Verim eğrisinin değerlendirilmesinden elde edilen değerler Tablo 3.2 de verilmiştir.

Tablo 3.1.Sayacın Verim Eğrisinin Tayininde Kullanılan Standart Kaynakların Foton Enerjileri ve Foton Yayınlanma İhtimaliyetleri*

Çekirdek ve yarıömrü	Foton Enerjisi (MeV)	Yayımlanma İhtimali %
Am ²⁴¹ 433 yıl	0,014	13,5
	0,018	21,0
	0,021	5,0
	0,026	2,5
	0,060	35,3
Ba ¹³³ 10,8 yıl	0,030-0,036	~120,0
	0,080	2,6
	0,081	33,9
	0,165	0,7
	0,223	0,4
	0,276	7,1
	0,303	18,4
	0,356	62,2
Cs ¹³⁷ 30,17 yıl	0,384	8,9
	0,032-0,038	~7,0
Co ⁵⁷ 271,7 gün	0,662	85,1
	0,014	9,4
	0,122	85,5
	0,136	10,5
	0,570	0,02
	0,692	0,16

*Değerler Amersham firmasınınca gönderilen katalogdan alınmıştır

Tablo 3.2.Sayacın,Elementlerin Karakteristik X-Işını Enerjilerindeki Verimi

Element	E(K α) (keV)	ϵ (K α)	E(K β) (keV)	ϵ (K β)	E(K β ' $_1$) (keV)	ϵ (K β ' $_1$)	E(K β ' $_2$) (keV)	ϵ (K β ' $_2$)
Cs	30,851	1,720x10 ⁻³	35,131	1,800x10 ⁻³	34,984	1,795x10 ⁻³	35,819	1,810x10 ⁻³
Ba	32,062	1,740x10 ⁻³	36,535	1,840x10 ⁻³	36,376	1,835x10 ⁻³	37,255	1,850x10 ⁻³
La	33,297	1,760x10 ⁻³	37,966	1,860x10 ⁻³	37,799	1,855x10 ⁻³	38,728	1,870x10 ⁻³
Ce	34,564	1,800x10 ⁻³	39,431	1,880x10 ⁻³	39,255	1,875x10 ⁻³	40,231	1,890x10 ⁻³
Sm	39,906	1,915x10 ⁻³	45,622	1,970x10 ⁻³	45,400	1,965x10 ⁻³	46,553	1,975x10 ⁻³
Eu	41,313	1,920x10 ⁻³	47,253	1,920x10 ⁻³	47,027	1,925x10 ⁻³	48,241	1,910x10 ⁻³
Gd	42,750	1,940x10 ⁻³	48,918	1,860x10 ⁻³	48,718	1,865x10 ⁻³	49,961	1,850x10 ⁻³
Dy	45,174	1,960x10 ⁻³	52,352	1,820x10 ⁻³	52,178	1,825x10 ⁻³	53,491	1,810x10 ⁻³
Ho	47,242	1,920x10 ⁻³	54,123	1,800x10 ⁻³	53,934	1,805x10 ⁻³	55,292	1,970x10 ⁻³

3.2.Özsoğurma Düzeltmesi Faktörlerinin Hesaplanması

Co⁵⁷ γ kaynağından çıkan fotonların numune atomlarının K tabakasında boşluk meydana getirmesi ve bu boşluğun üst tabakalardaki elektronlar tarafından doldurulması sonucu yayımlanan K α , K β , K β ' $_1$ ve K β ' $_2$ karakteristik x-ışınları farklı enerjilere sahiptirler. Bundan dolayı numune içinde soğurulmaları da farklı olacaktır. Bu özelliğin şiddet oranı çalışmalarında mutlaka dikkate alınması gerekir.

Özsoğurma düzeltmesi yapmak için Casnati ve arkadaşları⁽¹⁹⁾ ile Kumar ve arkadaşlarının⁽²¹⁾ kullanmış oldukları

$$\beta (emt) = \frac{1 - \exp \left[(-1) \left(\frac{\mu'_x(P)}{\cos \theta} + \frac{\mu'_x(emt)}{\cos \varphi} \right) t \right]}{\left(\frac{\mu'_x(P)}{\cos \theta} + \frac{\mu'_x(emt)}{\cos \varphi} \right) t} \quad (27)$$

bağıntısından yararlanılmıştır. Burada t (g/cm^2), numune kalınlığı; θ ve φ sırasıyla kaynaktan gelen radyasyonun ve yayımlanan karakteristik x-ışınlarının numune yüzeyinin normali ile yaptıkları açılardır. $\mu'_x(P)$ (cm^2/g) ve $\mu'_x(emt)$ (cm^2/g), sırası ile kaynaktan gelen radyasyon ve yayımlanmış karakteristik x-ışını için numunenin toplam kütle soğurma katsayılarıdır.

θ açısının hesaplanması için Zararsız ve Aygün⁽⁸²⁾'ün buldukları

$$\cos \theta = \frac{V}{[V^2 + 0,25 (R_0 + R_1)^2]^{1/2}} \quad (28)$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada V , kaynak ile numune arasındaki uzaklık olup, R_0 ve R_1 ise sırasıyla kaynağın iç ve dış yarıçaplarıdır. Kullandığımız deney geometrisinde $V=0,7$ cm, $R_0=1,1$ cm, $R_1=1,9$ cm dir. Bu değerlere karşılık gelen θ açısı $51,05^\circ$ olarak hesaplandı. Deney sistemi simetrik olduğundan $\cos \varphi=1$ alınmıştır⁽⁸²⁾.

$K_{\beta 1}$, $K_{\beta 3}$ ve $K_{\beta 5}$ enerji değerleri birbirine çok yakın olduğundan $\mu(K_{\beta 1})$ değerlerinin hesaplanmasında $K_{\beta 1}$ in enerji değerleri, $K_{\beta 2}$ ve $K_{\beta 4}$ enerji değerleri birbirine çok yakın olduğundan $\mu(K_{\beta 2})$ değerlerinin hesaplanmasında $K_{\beta 2}$ nin enerji değerleri alınmıştır. K_α ve K_β ya ait ortalama enerji değerlerini ve

elementlerin ilgili enerjilerdeki kütle soğurma katsayılarını hesaplamak için Storm ve Israel⁽⁸³⁾ tarafından sunulan tesir kesitleri değerlerinden yararlanılmıştır. $\mu'_x(P)$ değerinin hesaplanmasında, Co^{57} nin bozunma enerjileri ve bozunma yüzdeleri hesaba katılarak uyarıcı radyasyon için ortalama enerji değeri elde edilmiştir⁽⁸⁴⁾.

Bileşiklere ait toplam kütle soğurma katsayıları hesaplanırken

$$\mu/\rho = \sum (\mu/\rho)_i \cdot C_i \cdot f \quad (29)$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada, $(\mu/\rho)_i$, i. elementin kütle soğurma katsayısı; C_i , i. elementin ağırlık yüzdesi; f ise maddenin saflığıdır.

Tablo 3.3. elementlerin ve bileşiklerin karakteristik x-ışını enerjilerindeki toplam kütle soğurma katsayılarını göstermektedir. Numunelere ait, hesaplanmış özsoğurma düzeltme faktörleri Tablo 3.4'de verilmiştir.

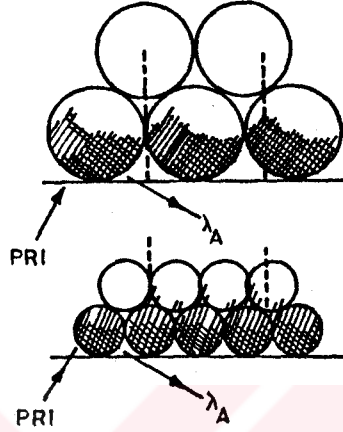
Tablo 3.3.Elementlerin,Karakteristik X-Işını Enerjilerindeki
Kütle Soğurma Katsayıları

Madde	$\mu'(K_{\alpha})$ (cm ² /g)	$\mu'(K_{\beta})$ (cm ² /g)	$\mu'(K_{\beta'1})$ (cm ² /g)	$\mu'(K_{\beta'2})$ (cm ² /g)	$\mu'(P)$ (cm ² /g)
Cs	7,918484	5,585530	5,665657	5,210513	0,031479
Cl	0,061002	0,047547	0,048009	0,045384	0,027978
CsCl	6,265943	4,420815	4,848187	4,124214	0,030752
Ba	7,632522	5,260167	5,344496	4,878299	0,031637
S	1,563545	1,097329	1,113901	1,022284	0,028874
O	0,028890	0,029260	0,029247	0,029320	0,028843
BaSO ₄	4,713890	3,253989	3,305883	3,018995	0,030491
La	7,576471	5,103999	5,192434	4,700481	0,032071
O	0,028992	0,029378	0,029365	0,029442	0,028843
La ₂ O ₃	6,464507	4,356359	4,435763	4,012300	0,031595
Ce	7,453007	4,859129	4,952929	4,473606	0,033101
Se	1,302764	0,795482	0,813826	0,727803	0,028874
O	0,124378	0,158587	0,158754	0,072326	0,028843
H	0,020475	0,022685	0,022605	0,022437	0,025847
Ce(SO ₄).4H ₂ O	2,671601	1,761867	1,795174	1,598871	0,036494
Sm	5,590413	3,923351	3,986726	3,657575	0,035545
Sm (%99,5)	5,562460	3,903734	3,966792	3,639288	0,035367
Eu	5,456685	3,787676	3,851177	3,510069	0,036437
N	0,028782	0,029242	0,029224	0,029318	0,028803
O	0,155093	0,098974	0,101109	0,089639	0,028843
H	0,018999	0,021696	0,021593	0,022145	0,025847
Eu(NO ₃) ₃ .5H ₂ O	2,035830	1,409683	1,433506	1,305536	0,031686
Gd	5,224886	3,542897	3,597436	3,258475	0,036388
O	0,064740	0,046167	0,046769	0,043027	0,028843
Gd ₂ O ₃	4,541565	3,079850	3,127247	2,832676	0,035388
Dy	5,070990	3,183047	3,214880	2,974664	0,037806
O	0,029147	0,029461	0,029459	0,029473	0,028843
Dy ₂ O ₃	4,422129	2,777195	2,804959	2,595632	0,036652
Ho	4,637842	3,056675	3,088987	2,856818	0,038492
O	0,099078	0,038129	0,038348	0,036774	0,028843
Ho ₂ O ₃	4,061021	2,673057	2,696521	2,498427	0,037263

Tablo 3.4. Numunelere Ait, Hesaplanmış Özsoğurma Düzeltmesi Faktörleri

Numuune	Kalınlık (g/cm ²)	$\beta(K_{\alpha})$	$\beta(K_{\beta})$	$\beta(K_{\beta}'_1)$	$\beta(K_{\beta}'_2)$
CsCl	0,0221	0,933360	0,952198	0,951538	0,955275
	0,0331	0,902406	0,929545	0,928591	0,934006
	0,0442	0,872568	0,907416	0,906189	0,913190
	0,0552	0,844314	0,886187	0,884699	0,893179
	0,0663	0,817059	0,865443	0,863716	0,873583
BaSO ₄	0,0221	0,949174	0,964379	0,963833	0,966857
	0,0331	0,925166	0,947282	0,946484	0,950908
	0,0442	0,901763	0,930440	0,929400	0,935171
	0,0552	0,879357	0,914146	0,912878	0,919920
	0,0663	0,857510	0,898094	0,896607	0,904869
La ₂ O ₃	0,0221	0,931346	0,952850	0,952069	0,956423
	0,0331	0,899530	0,930491	0,929359	0,935680
	0,0442	0,868903	0,908640	0,907177	0,915358
	0,0552	0,839940	0,887667	0,885897	0,895805
	0,0663	0,812042	0,867165	0,865107	0,876645
Ce(SO ₄) ₄ .4H ₂ O	0,0221	0,970664	0,980389	0,980027	0,982145
	0,0331	0,956491	0,970819	0,970293	0,973417
	0,0442	0,942469	0,961289	0,960589	0,964714
	0,0552	0,928846	0,951974	0,951108	0,956192
	0,0663	0,915367	0,942685	0,941662	0,947695
Sm	0,0221	0,940403	0,957491	0,956834	0,960254
	0,0331	0,912514	0,937234	0,936278	0,941258
	0,0442	0,885494	0,917374	0,916134	0,922599
	0,0552	0,859782	0,898251	0,896746	0,904599
	0,0663	0,834860	0,879499	0,877743	0,886914
Eu(NO ₃) ₃ .5H ₂ O	0,0221	0,977297	0,984038	0,983781	0,985165
	0,0331	0,966254	0,976220	0,975838	0,977891
	0,0442	0,955279	0,968415	0,967911	0,970623
	0,0552	0,944568	0,960762	0,960140	0,963492
	0,0663	0,933923	0,953122	0,952383	0,956368
Gd ₂ O ₃	0,0221	0,950872	0,966133	0,965633	0,968746
	0,0331	0,927623	0,949847	0,949115	0,953676
	0,0442	0,904935	0,933786	0,932831	0,938787
	0,0552	0,883187	0,918228	0,917063	0,924339
	0,0663	0,861957	0,902883	0,901515	0,910063
Dy ₂ O ₃	0,0221	0,952086	0,969312	0,969018	0,971239
	0,0331	0,929382	0,954507	0,954107	0,957367
	0,0442	0,907207	0,939873	0,939309	0,943576
	0,0552	0,885934	0,925668	0,924978	0,930201
	0,0663	0,865968	0,911627	0,910815	0,916963
Ho ₂ O ₃	0,0221	0,955822	0,970406	0,970157	0,972262
	0,0331	0,934806	0,956113	0,955747	0,958840
	0,0442	0,914226	0,941975	0,941961	0,945546
	0,0552	0,894432	0,928240	0,927654	0,932615
	0,0663	0,875045	0,914653	0,913964	0,919808

3.3.Parçacık Büyüklüğü Düzeltmesi Faktörlerinin Hesaplanması



Şekil 3.1. Büyük ve küçük parçacıklar için primer γ ışınlarının soğurulduğu ve karakteristik x-ışınlarının yayımlandığı bölgeler.

Şekil 3.1. büyük ve küçük parçacık büyüklüğüne sahip toz numunelerde parçacıkların en dıştaki iki tabakasını göstermektedir. Parçacıkların üzerindeki toplam taralı kısım, gelen radyasyonun parçacık tarafından soğurulduğu yani karakteristik x-ışınlarının meydana getirildiği hacmi göstermektedir. Koyu taralı kısım ise etkin hacim olarak adlandırılan, karakteristik x-ışınlarının yayımlandığı hacimdir. Büyük enerjili karakteristik x-ışınları için etkin hacim, uyarılmış hacme daha yakındır. Enerji azaldıkça etkin hacim azalmaktadır. Sonuç olarak, farklı enerjilerdeki karakteristik x-ışınları için etkin hacimde farklı olacaktır⁽⁸⁵⁾. Yapılan araştırmalar⁽⁸⁶⁻⁸⁹⁾, karakteristik x-ışını şiddetinin artan parçacık büyüklüğü ile azaldığını göstermiştir.

Mevcut çalışmada, parçacık büyüklüğüne ait düzeltme için Rhodes ve Hunter⁽⁹⁰⁾ tarafından geliştirilen

$$P_A = \frac{1 - \exp(-\mu_A \cdot d)}{\mu_A \cdot d} \quad (30)$$

bağıntısı kullanılmıştır. Burada, μ_A (cm^{-1}), numunenin karakteristik x-ışını ve uyarıcı radyasyon için lineer soğurma katsayılarının toplamı; d (cm) ise elek numarasına ait ortalama parçacık büyüklüğüdür. Elek numaralarına ait ortalama parçacık büyüklükleri⁽⁹¹⁾ Tablo 3.5'de verilmiştir.

Tablo 3.5. Elek Numaralarına Ait Ortalama Parçacık Büyüklükleri

Elek No. (Mesh)	Ortalama Parçacık Büyüklüğü (cm)
40	425×10^{-4}
100	150×10^{-4}
200	75×10^{-4}
400	38×10^{-4}

Lineer soğurma katsayıları, Tablo 3.3'de verilen kütle soğurma katsayılarından yararlanılarak

$$\mu = \mu' \cdot \rho \quad (31)$$

bağıntısından hesaplanmıştır. Burada ρ (g/cm^3) yoğunluktur. Numunelere ait, hesaplanmış parçacık büyüklüğü düzeltme faktörleri Tablo 3.6'da verilmiştir.

Tablo 3.6. Numunelere Ait, Hesaplanmış Parçacık Büyüklüğü Düzeltme Faktörleri

Numune	d(cm)	$P(K_{\alpha})$	$P(K_{\beta})$	$P(K_{\beta'1})$	$P(K_{\beta'2})$
CsCl	75×10^{-4}	0,957076	0,969389	0,968961	0,964341
BaSO ₄	75×10^{-4}	0,945208	0,961660	0,961067	0,964341
La ₂ O ₃	38×10^{-4}	0,933212	0,954187	0,953423	0,957670
Ce(SO ₄).4H ₂ O	75×10^{-4}	0,941629	0,958218	0,957447	0,961414
Sm	425×10^{-4}	0,899844	0,927948	0,926858	0,932537
Eu(NO ₃) ₃ .5H ₂ O	150×10^{-4}	0,922607	0,945157	0,944283	0,948973
Gd ₂ O ₃	150×10^{-4}	0,771585	0,835772	0,833576	0,847348
Dy ₂ O ₃	150×10^{-4}	0,771705	0,846505	0,845161	0,855363
Ho ₂ O ₃	150×10^{-4}	0,772287	0,840161	0,838693	0,849319

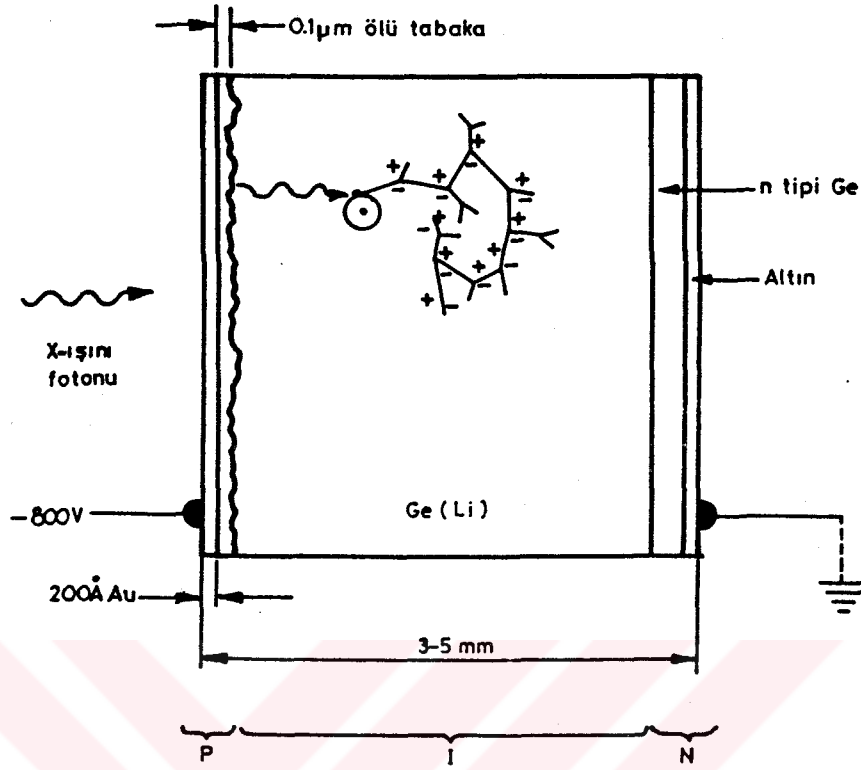
4.DENEY SİSTEMİ VE DENEYİN YAPILIŞI

4.1.Enerji Dispersiv X-Işını Spektrometresi

İncelenen elementin karakteristik x-ışınlarına ait spektrumu enerji dispersiv x-ışını spektrometresinde analiz etmek için,Ge(Li) yarıiletken sayacı ve buna bağlı elektronik sistem kullanılmıştır.

Ge(Li) sayacı,pozitif ve negatif (p-tipi ve n-tipi) bölgeleri arasında intrinsik (i-tipi) bölgeye sahip tek kristalden ibarettir.Sayaç yüzeyinin ince p-tipi tabakası aktif değildir.Sayma işlemine katkısı olmayan bu tabaka ölü tabaka olarak bilinir.Sayacın iki önemli geometrik özelliğinden biri alanı diğeri ise kalınlığıdır.Sayacın alanı arttıkça geometrik verimi de artar ancak rezolüsyon azalır.Sayacın kalınlığı arttıkça ise soğurma verimliliği artar.Elektrotlar p ve n tipi yüzeylere buharlaştırılmış 200 \AA kalınlığındaki altın levhalardan ibarettirler.Sayaç, 130 mikron kalınlığında bir Berilyum pencere ve koruyucu başlıkla yüzey kirlenmesinden korunmuş ve boşluk içine alınmıştır.

Karakteristik x-ışını fotonu sayaçta durdurulduğu zaman elektron-hole çiftleri şeklinde iyonizasyon bulutu meydana gelir.Meydana gelen elektron-hole çiftlerinin sayısı veya başka bir ifadeyle ortaya çıkan toplam yük, sayılan fotonun enerjisi ile orantılıdır.Bu yükler,uygulanan ters voltaj sayesinde sayaçtan süpürülür.Süpürülen yükler,ön amplifikatörün kondansatöründe toplanarak voltaj genliği x-ışını foton enerjisi ile orantılı olan bir çıkış pulsu meydana getirilir.Bu işlemler sırasında elektronik gürültünün en aza indirilmesi için Ge(Li) sayacı ve ön amplifikatörün bir kısmı sıvı azot sıcaklığında tutulur.



Şekil 4.1. Ge(Li) katıhal sayacının şematik gösterimi (79)

Ön amplifikatörden çıkan pulslar küçüktür ve düşük bir sinyal/gürültü oranına sahiptirler. Daha sonra bu pulslar iki fonksiyonu olan lineer amplifikatöre gelir. Bunlardan birincisi, ön amplifikatörden gelen pulsları büyütür (0-10 V puls yüksekliği arasında); diğeri ise, sinyal/gürültü oranının düşük olduğu çok yüksek ve çok düşük frekansları engeller. Pulsların sayıldığı çok kanallı puls yükseklik analizörü ise lineer amplifikatörden gelen her bir pulsun yüksekliğini ölçer ve her yükseklikteki pulsların sayısını analizör hafızasında puls yükseklik spektrumu şeklinde toplar.

4.2. Numunelerin Hazırlanması

Numunelerin hazırlanmasında kullanılan elementler tamamen saf olarak temin edilemediğinden çeşitli bileşikler halindedirler. Bu durum Tablo 4.1 de detaylı bir şekilde verilmiştir.

Tablo 4.1. Deneyde Kullanılan Bileşikler

Bileşik	Elek No. (Mesh)	Safılık (%)
CsCl	200	99,99
BaSO ₄	200	99,999
La ₂ O ₃	400	99,999
Ce(SO ₄).4H ₂ O	200	98
Sm	40	99,5
Eu(NO ₃) ₃ .5H ₂ O	100	99,99
Gd ₂ O ₃	100	99,99
DY ₂ O ₃	100	99,99
Ho ₂ O ₃	100	99,99

Spex firmasınınca sıvı numuneler için hazırlanan numune tutucuları, bizim deneyimizde toz numunelerin kullanılması için elverişli hale getirilmiş ve deney süresince incelemeye aldığımız numuneler için bu tutucular kullanılmıştır. Çapı 2,40 cm. olan ve 4,5216 cm² lik yüzeye sahip tutucu içinde mylar film üzerindeki toz numunelerin aynı kalınlığı muhafaza edebilmesi için 2,39 cm. çapında çelik bir silindir kullanılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında kullanılan maddeler hassas terazilerde dikkatli bir şekilde tartılarak beş farklı kalınlıkta numune serisi hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin miktarları ve kalınlıkları Tablo 4.2 de verilmiştir.

Tablo 4.2. Numunelerin Kalınlıkları

Numune Miktarı (g)	Numune Kalınlığı (g/cm ²)
0,1	0,0221
0,15	0,0331
0,2	0,0442
0,25	0,0552
0,3	0,0663

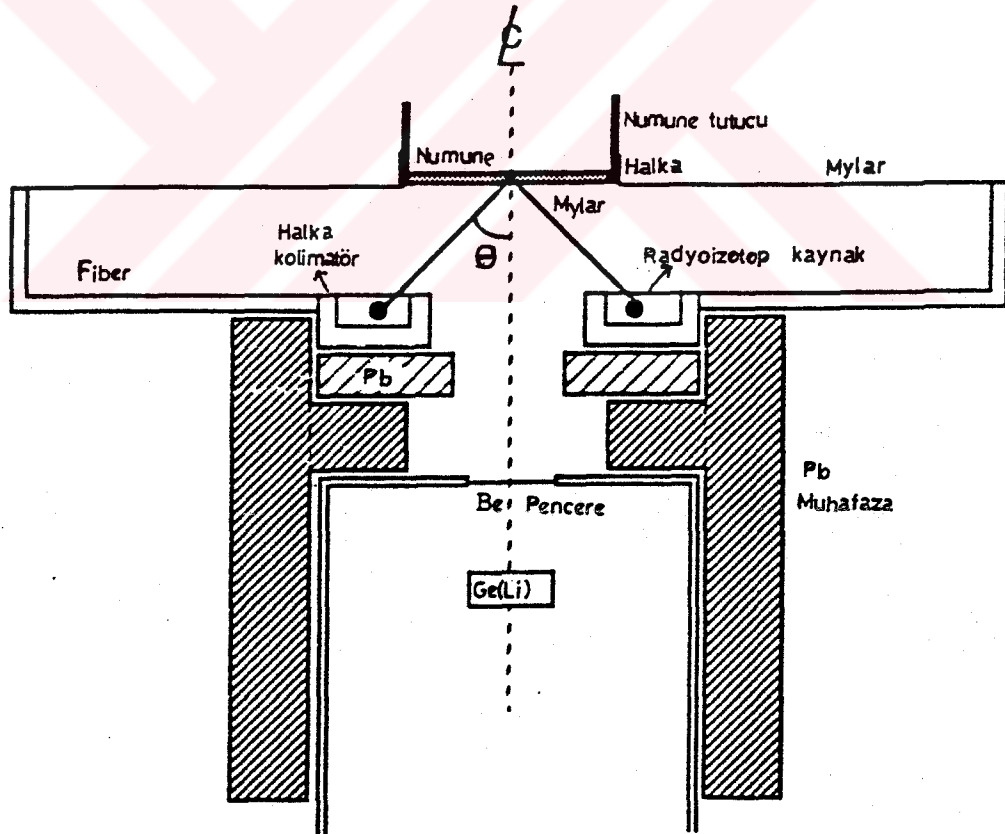
4.3. Ölçülerin Alınması

Bölüm 4.2'de hazırlanan numuneler, 10 mCi şiddetindeki Co⁵⁷ radyoizotop halka kaynağından çıkan 122 keV luk γ ışınları ile uyartılmıştır. Yapılan sayımların hata sınırları içerisinde kalabilmesi için sayma süresi 1200 s (live time) olarak alınmıştır. Sayımların yapıldığı deney geometrisi Şekil 4.2 de gösterilmiştir.

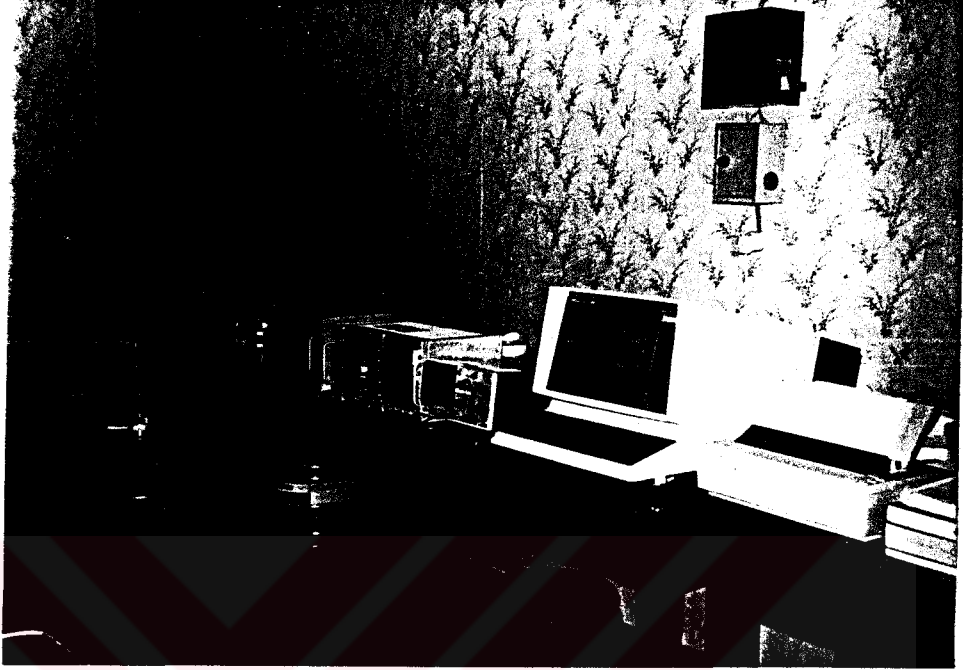
İki veya daha fazla foton aynı anda veya elektronik sistemin puls ayırma zamanından daha kısa bir zaman aralığında sayaca gelirse, sistem bu fotonlar için bir tek puls verir. Bu olayın sonucunda pile-up pikleri oluşur. Pile-up piklerinin önlenmesi için sayaç numune uzaklığının ve alt kolimatör çapının iyi ayarlanması gerekmektedir. Bu çalışmada, sayaç numune uzaklığı 3,2 cm ve deneyde kullanılan kolimatör çapı ise 1 cm olarak seçilmiştir. Alınan ölçümlerde ölü zamanın (dead time) %1 civarında olması bu etkinin ihmal edilebilir olduğunu göstermektedir⁽⁹²⁾. Kaçak pikler, sayacın verim eğrisi çizilirken dikkate alındığı için hesaplara dahil edilmemiştir. Temel sayma (background) spektrumunu elde etmek için aynı deney geometrisinde aynı süre için numunesiz ölçümler alınmıştır.

Karakteristik x-ışınlarının sayılmasında dedektör olarak ORTEC firmasınca imal edilmiş ve rezolüsyonu 5,9 keV de 190 eV olan ORTEC 8013 Ge(Li) sayacı kullanılmıştır. Elde edilen pulslar önce ORTEC 117 B ön amplifikatöründe ve daha sonrada ORTEC 472 lineer amplifikatöründe güçlendirilerek NUCLEAR DATA firmasınca imal edilmiş 4096 kanallı ND 66 B çok kanallı puls yükseklik analizörünün 2048 kanalında kaydedilmiştir. Elde edilen spektrumların çizilmesinde ise EPSON Lx-810 printer-plotter kullanılmıştır.

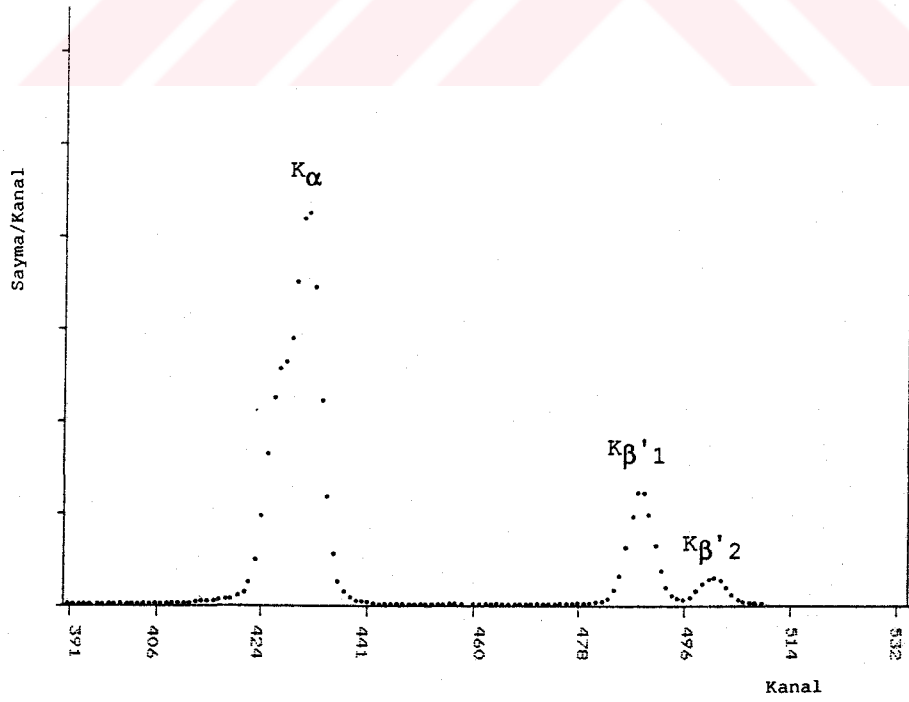
Deney sisteminin fotoğrafı Şekil 4.3 de, elde edilen spektrumlar ise Şekil 4.4 - 4.12 de gösterilmiştir.



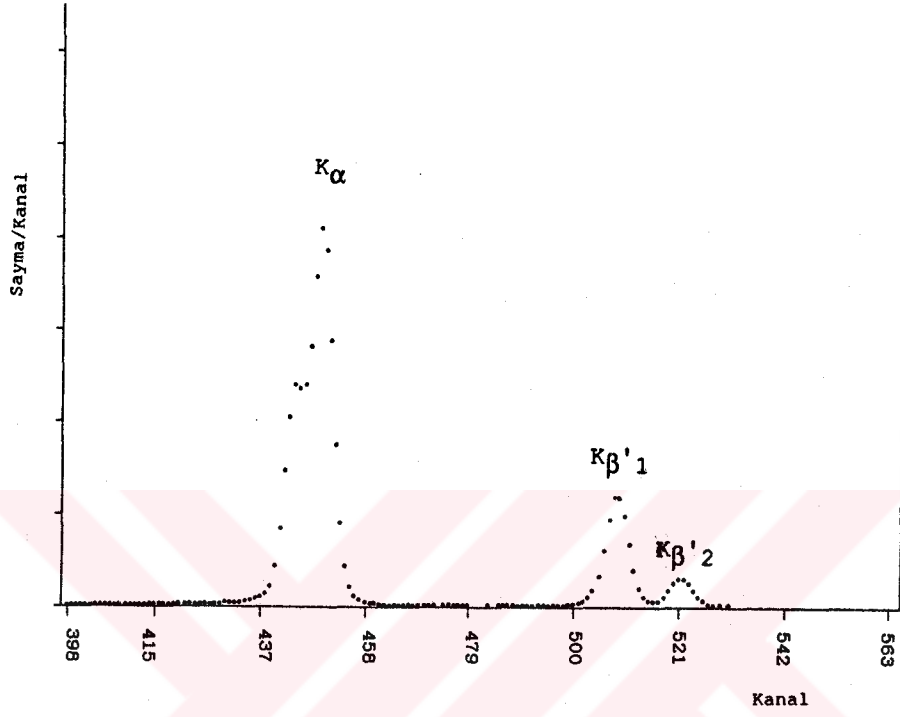
Şekil 4.2. Deney geometrisi



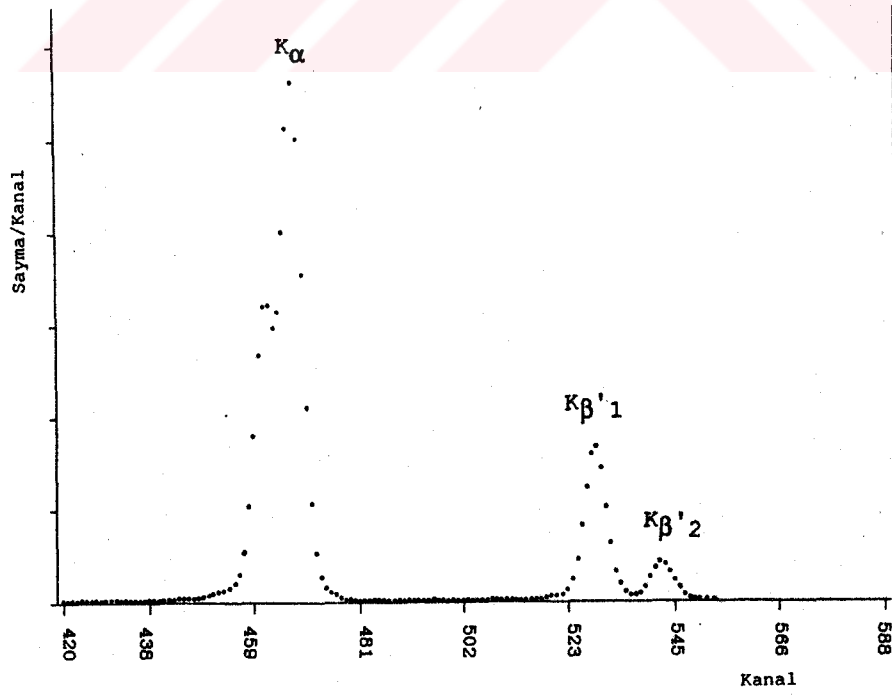
Şekil 4.3. Deney sisteminin fotoğrafı



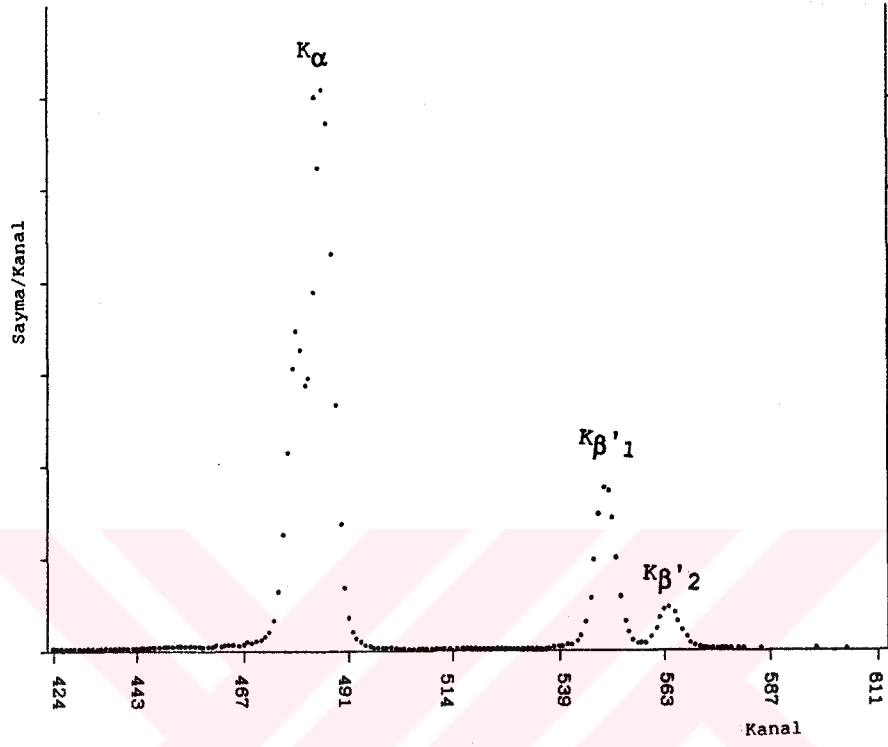
Şekil 4.4. Cs 'a ait spektrum



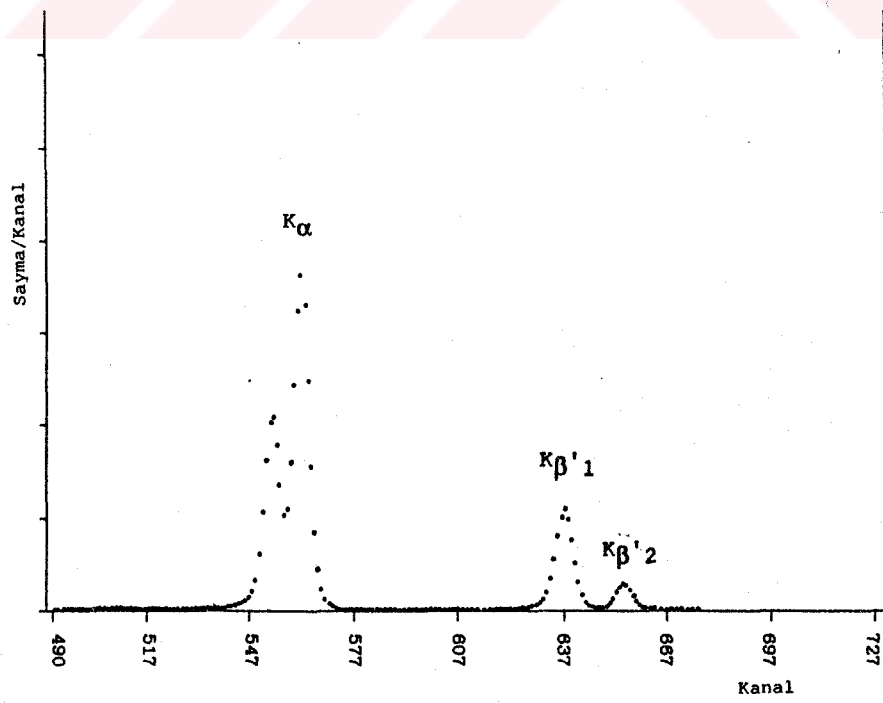
Şekil 4.5. Ba 'a ait spektrum



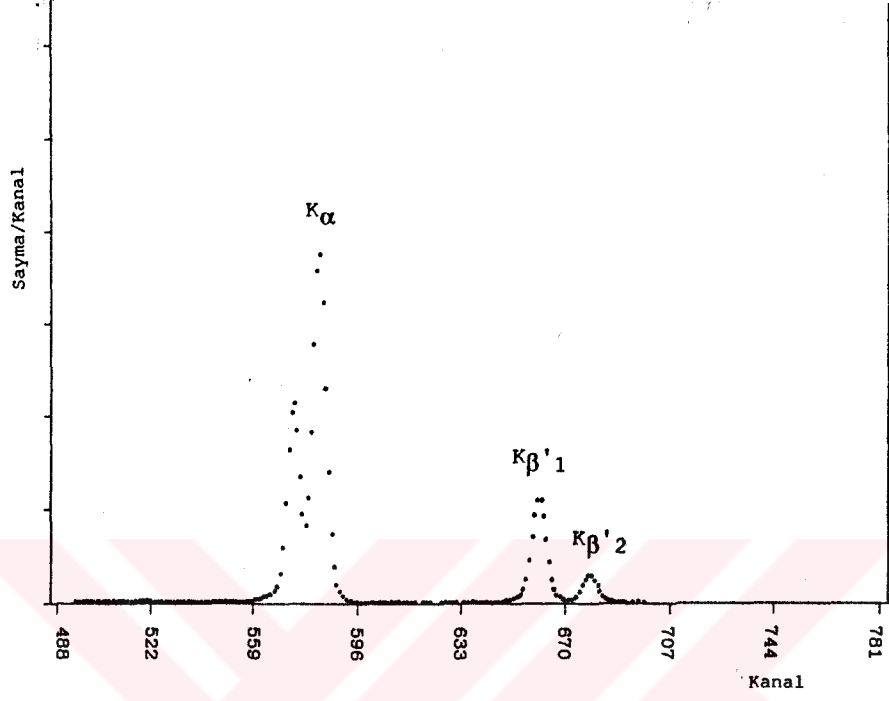
Şekil 4.6. La 'a ait spektrum



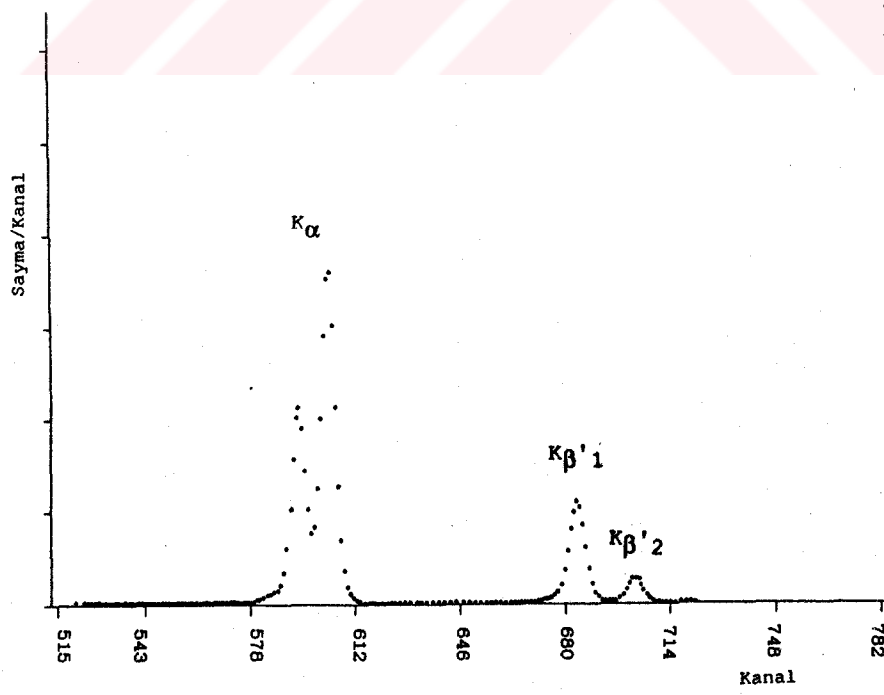
Şekil 4.7. Ce 'a ait spektrum



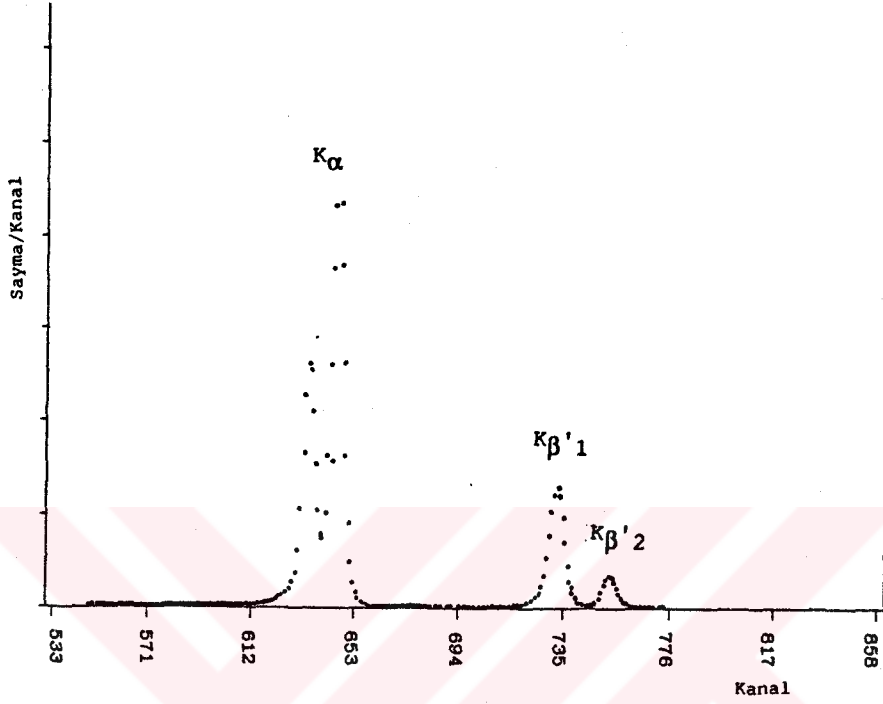
Şekil 4.8. Sm 'a ait spektrum



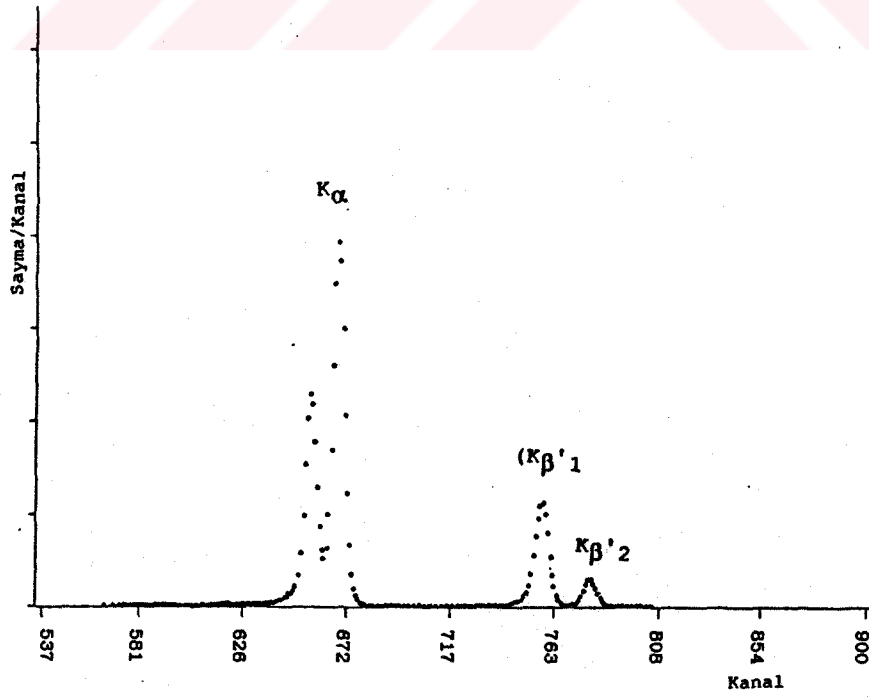
Şekil 4.9. Eu 'a ait spektrum



Şekil 4.10.Gd 'a ait spektrum



Şekil 4.11.Dy 'a ait spektrum

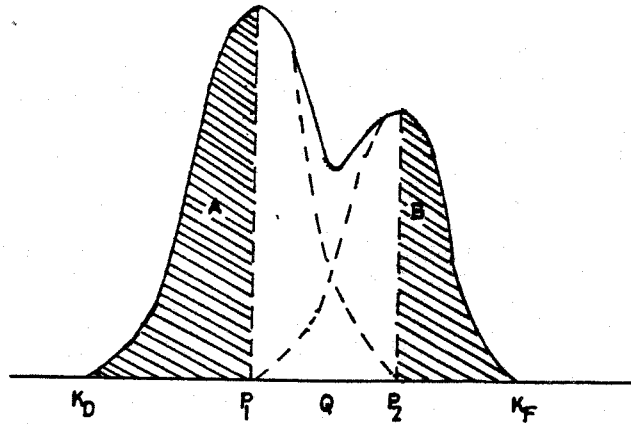


Şekil 4.12.Ho' a ait spektrum

4.4. Spektrumların ve Verilerin Değerlendirilmesi

Deney süresince alınan spektrumlarda her kanalda net sayma elde edebilmek için iki ayrı spektrum alınmıştır. Birinci tip spektrumlar numuneli spektrumlar diğerleri ise numunesiz yani temel sayma (background) spektrumlarıdır. Numuneli spektrumlardan temel sayma spektrumlarının çıkartılması sonucu net spektrumlar elde edilmiştir. Bu işlem her numune için ayrı ayrı tekrarlanmıştır. Sonuç olarak elde edilen spektrumlardaki piklerin alanları ise şu şekilde bulunmuştur. Spektrumdaki piklerin sağ ve sol tarafında bulunan beşer kanaldaki sayımların ortalaması sayıma sahip kanal pik sınırı seçilerek pikin alanı hesaplanmıştır.

$K_{\beta}'_1$ ve $K_{\beta}'_2$ pikleri tam ayrılmamış oldukları için alanların hesaplanmasında uygun bir yöntem⁽⁹³⁾ kullanılmıştır. Tam ayrılmamış iki pikin şematik gösterimi Şekil 4.13 de verilmiştir.



Şekil 4.13. Ayrılmamış piklerin şematik gösterimi

Bu yöntemle göre ayrılmamış piklerin toplam alanı

$$S_T = \sum_{K=K_D}^{K_F} C(K) \quad (32)$$

ile verilir. Burada $C(K)$, K ıncı kanaldaki saymadır. P_1 ve P_2 piklerin merkezlerini göstermektedir. Piklerin alanları yaklaşık olarak,

$$S'_1 = 2A = 2 \sum_{K=K_D}^{P_1} C(K) \quad (33)$$

$$S'_2 = 2B = 2 \sum_{K=P_2}^{K_F} C(K) \quad (34)$$

şeklinde ifade edilir. Toplam S_T alanının hesaba katılmasıyla birinci ve ikinci pikin ayrılmış S_1 ve S_2 alanları

$$S_1 = \frac{AS_T}{A+B} \quad \text{ve} \quad S_2 = \frac{BS_T}{A+B} \quad (35)$$

ile verilir.

Bir elementin herhangi bir karakteristik x-ışını şiddeti

$$I(\text{emt}) = \frac{N_T(\text{emt})}{\epsilon(\text{emt}) \beta(\text{emt}) P(\text{emt})} \quad (36)$$

ile ifade edilir. Burada $N_T(\text{emt})$; spektrumda, sözü edilen karakteristik x-ışınına ait pikin net alanıdır. $\epsilon(\text{emt})$, karakteristik x-ışını enerjisinde sayacın verimi, $\beta(\text{emt})$ ve $P(\text{emt})$ ise aynı enerjide sırası ile numuneye ait özsoğurma düzeltmesi faktörü ve parçacık büyüklüğü düzeltmesi faktörüdür. Denklem (36) da verilen şiddet ifadesinden

hareketle, elementlerin karakteristik x-ışınları şiddet oranlarının hesaplanmasında kullanılacak bağıntılar denklem (37-40) da verilmiştir. Deneyde elde edilen veriler ve hesaplanan değerler bu bağıntılarda değerlendirilmiştir.

Elde edilen veriler

$$\frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\alpha})} = \frac{N(K_{\beta})}{N(K_{\alpha})} \cdot \frac{\epsilon(K_{\alpha})}{\epsilon(K_{\beta})} \cdot \frac{\beta(K_{\alpha})}{\beta(K_{\beta})} \cdot \frac{P(K_{\alpha})}{P(K_{\beta})} \quad (37)$$

$$\frac{I(K_{\beta_1})}{I(K_{\alpha})} = \frac{N(K_{\beta_1})}{N(K_{\alpha})} \cdot \frac{\epsilon(K_{\alpha})}{\epsilon(K_{\beta_1})} \cdot \frac{\beta(K_{\alpha})}{\beta(K_{\beta_1})} \cdot \frac{P(K_{\alpha})}{P(K_{\beta_1})} \quad (38)$$

$$\frac{I(K_{\beta_2})}{I(K_{\alpha})} = \frac{N(K_{\beta_2})}{N(K_{\alpha})} \cdot \frac{\epsilon(K_{\alpha})}{\epsilon(K_{\beta_2})} \cdot \frac{\beta(K_{\alpha})}{\beta(K_{\beta_2})} \cdot \frac{P(K_{\alpha})}{P(K_{\beta_2})} \quad (39)$$

$$\frac{I(K_{\beta_2})}{I(K_{\beta_1})} = \frac{N(K_{\beta_2})}{N(K_{\beta_1})} \cdot \frac{\epsilon(K_{\beta_1})}{\epsilon(K_{\beta_2})} \cdot \frac{\beta(K_{\beta_1})}{\beta(K_{\beta_2})} \cdot \frac{P(K_{\beta_1})}{P(K_{\beta_2})} \quad (40)$$

Burada sözü edilen karakteristik x-ışını enerjisinde; N sayma hızı, ϵ sayaç verimi, β soğurma düzeltmesi faktörü ve P de parçacık büyüklüğü düzeltmesi faktörüdür. Her element için beş farklı kalınlıkta şiddet oranı tayin edilmiş, bu değerlerin ortalamaları alınarak elementlere ait

$$\frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\alpha})}, \frac{I(K_{\beta_1})}{I(K_{\alpha})}, \frac{I(K_{\beta_2})}{I(K_{\alpha})} \text{ ve } \frac{I(K_{\beta_2})}{I(K_{\beta_1})}$$

şiddet oranları hesaplanmıştır.

I(K β)Tablo 4.3.Cs İçin $\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K α)	N(K β)	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	213,432500	54,835833	0,256923	0,955556	0,980216	0,987298	0,237591
0,0331	493,174167	128,793333	0,261151	0,955556	0,970803	0,987298	0,239181
0,0442	627,504167	164,333333	0,261884	0,955556	0,961596	0,987298	0,237578
0,0552	706,457500	186,106667	0,263436	0,955556	0,952749	0,987298	0,236787
0,0663	761,816667	199,939167	0,262450	0,955556	0,944093	0,987298	0,233757

I(K β' ₁)Tablo 4.4.Cs İçin $\frac{I(K\beta'_1)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K α)	N(K β' ₁)	$\frac{N(K\beta'_1)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_1)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_1)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_1)}$	$\frac{I(K\beta'_1)}{I(K\alpha)}$
0,0221	213,432500	43,655833	0,204542	0,958217	0,980896	0,987734	0,189893
0,0331	493,174167	102,632500	0,208106	0,958217	0,971797	0,987734	0,191410
0,0442	627,891667	129,356667	0,206017	0,958217	0,962898	0,987734	0,187753
0,0552	706,457500	147,337500	0,208558	0,958217	0,954352	0,987734	0,188382
0,0663	761,816667	157,755000	0,207077	0,958217	0,945981	0,987734	0,185403

Tablo 4.5.Cs için $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K α)	N(K $\beta'2$)	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	213,432500	11,180000	0,052382	0,950276	0,977059	0,985268	0,047919
0,0331	493,174167	26,160833	0,053045	0,950276	0,966167	0,985268	0,047985
0,0442	627,891667	34,976667	0,055705	0,950276	0,955516	0,985268	0,049835
0,0552	706,457500	38,769167	0,054878	0,950276	0,952749	0,985268	0,048953
0,0663	761,816667	42,184167	0,055373	0,950276	0,935296	0,985268	0,048490

Tablo 4.6.Cs için $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K $\beta'1$)	N(K $\beta'2$)	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\beta'1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'1)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\beta'1)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\beta'1)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$
0,0221	43,655833	11,180000	0,256094	0,991713	0,996088	0,997504	0,252347
0,0331	102,632500	26,160833	0,254898	0,991713	0,994207	0,997504	0,250694
0,0442	129,356667	34,976667	0,270389	0,991713	0,992233	0,997504	0,265428
0,0552	147,337500	38,769167	0,263132	0,991713	0,990506	0,997504	0,257829
0,0663	157,755000	42,184167	0,267403	0,991713	0,988705	0,997504	0,261537

$I(K_\beta)$
Tablo 4.7.Ba İçin $\frac{I(K_\beta)}{I(K_\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları
 $I(K_\alpha)$

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	$N(K_\alpha)$	$N(K_\beta)$	$\frac{N(K_\beta)}{N(K_\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K_\alpha)}{\epsilon(K_\beta)}$	$\frac{\beta(K_\alpha)}{\beta(K_\beta)}$	$\frac{P(K_\alpha)}{P(K_\beta)}$	$\frac{I(K_\beta)}{I(K_\alpha)}$
0,0221	269,419167	70,225000	0,260653	0,945652	0,984233	0,982892	0,238451
0,0331	423,421667	111,295833	0,262849	0,945652	0,976652	0,982892	0,238607
0,0442	614,327222	162,792778	0,264993	0,945652	0,969179	0,982892	0,238713
0,0552	713,430000	189,012500	0,264935	0,945652	0,961943	0,982892	0,236879
0,0663	887,732500	235,770000	0,265587	0,945652	0,954811	0,982892	0,235701

$I(K_{\beta'1})$
Tablo 4.8.Ba İçin $\frac{I(K_{\beta'1})}{I(K_\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları
 $I(K_\alpha)$

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	$N(K_\alpha)$	$N(K_{\beta'1})$	$\frac{N(K_{\beta'1})}{N(K_\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K_\alpha)}{\epsilon(K_{\beta'1})}$	$\frac{\beta(K_\alpha)}{\beta(K_{\beta'1})}$	$\frac{P(K_\alpha)}{P(K_{\beta'1})}$	$\frac{I(K_{\beta'1})}{I(K_\alpha)}$
0,0221	269,419167	55,000000	0,204143	0,948229	0,984791	0,983499	0,187484
0,0331	423,421667	88,525000	0,209071	0,948229	0,977477	0,983499	0,190584
0,0442	614,327222	127,517222	0,207572	0,948229	0,970264	0,983499	0,187822
0,0552	713,430000	150,696667	0,211228	0,948229	0,963280	0,983499	0,189754
0,0663	887,732500	187,188333	0,210861	0,948229	0,956394	0,983499	0,188071

$I(K\beta'_2)$

Tablo 4.9.Ba İçin $\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

$I(K\alpha)$

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	$N(K\alpha)$	$N(K\beta'_2)$	$\frac{N(K\beta'_2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_2)}$	$\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	269,419167	15,225000	0,056510	0,940541	0,981711	0,980160	0,051143
0,0331	423,621667	22,770833	0,053778	0,940541	0,972928	0,980160	0,048235
0,0442	614,327222	35,275556	0,057421	0,940541	0,964276	0,980160	0,051044
0,0552	713,430000	38,315833	0,053707	0,940541	0,955906	0,980160	0,047328
0,0663	887,732500	48,581667	0,054726	0,940541	0,947661	0,980160	0,047810

$I(K\beta'_2)$

Tablo 4.10.Ba İçin $\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\beta'_1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

$I(K\beta'_1)$

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	$N(K\beta'_1)$	$N(K\beta'_2)$	$\frac{N(K\beta'_2)}{N(K\beta'_1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'_1)}{\epsilon(K\beta'_2)}$	$\frac{\beta(K\beta'_1)}{\beta(K\beta'_2)}$	$\frac{P(K\beta'_1)}{P(K\beta'_2)}$	$\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\beta'_1)}$
0,0221	55,000000	15,225000	0,276818	0,991892	0,996872	0,996605	0,272786
0,0331	88,525000	22,770833	0,257225	0,991892	0,995347	0,996605	0,253090
0,0442	127,517222	35,275556	0,276634	0,991892	0,993829	0,996605	0,271772
0,0552	150,696667	38,315833	0,254258	0,991892	0,992345	0,996605	0,249416
0,0663	187,188333	48,581667	0,259534	0,991892	0,990869	0,996605	0,254213

$$I(K\beta)$$

Tablo 4.11.La İçin $\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _β)	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	212,332500	56,121667	0,264310	0,946237	0,977432	0,978018	0,239082
0,0331	639,483333	171,560000	0,268279	0,946237	0,966727	0,978018	0,240014
0,0442	865,293889	232,720000	0,268949	0,946237	0,956267	0,978018	0,238010
0,0552	1203,165833	328,392500	0,272940	0,946237	0,946233	0,978018	0,239008
0,0663	1212,120000	330,481667	0,272648	0,946237	0,936433	0,978018	0,236279

$$I(K\beta'_{1})$$

Tablo 4.12.La İçin $\frac{I(K\beta'_{1})}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'1})	$\frac{N(K\beta'_{1})}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_{1})}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_{1})}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_{1})}$	$\frac{I(K\beta'_{1})}{I(K\alpha)}$
0,0221	212,332500	44,122500	0,207799	0,948787	0,978233	0,978801	0,188776
0,0331	639,483333	134,338333	0,210073	0,948787	0,967904	0,978801	0,188827
0,0442	865,293889	183,473889	0,212037	0,948787	0,957810	0,978801	0,188605
0,0552	1203,165833	257,139167	0,213719	0,948787	0,948124	0,978801	0,188179
0,0663	1212,120000	260,409167	0,214838	0,948787	0,938661	0,978801	0,187276

Tablo 4.13.La İçin $\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(Kβ' ₂)	$\frac{N(K\beta'_2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_2)}$	$\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	212,332500	11,999167	0,056511	0,941176	0,973781	0,974461	0,050469
0,0331	639,483333	37,221667	0,058206	0,941176	0,961366	0,974461	0,051321
0,0442	865,293889	49,246111	0,056913	0,941176	0,949249	0,974461	0,049548
0,0552	1203,165833	71,253333	0,059221	0,941176	0,937636	0,974461	0,050926
0,0663	1212,120000	70,072500	0,057810	0,941176	0,926306	0,974461	0,049113

Tablo 4.14.La İçin $\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\beta'_1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(Kβ' ₁)	N(Kβ' ₂)	$\frac{N(K\beta'_2)}{N(K\beta'_1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'_1)}{\epsilon(K\beta'_2)}$	$\frac{\beta(K\beta'_1)}{\beta(K\beta'_2)}$	$\frac{P(K\beta'_1)}{P(K\beta'_2)}$	$\frac{I(K\beta'_2)}{I(K\beta'_1)}$
0,0221	44,122500	11,999167	0,271951	0,991979	0,996097	0,995565	0,267525
0,0331	134,338333	37,221667	0,277074	0,991979	0,994208	0,995565	0,272048
0,0442	183,473889	49,246111	0,268409	0,991979	0,992303	0,995565	0,263035
0,0552	257,139167	71,253333	0,277100	0,991979	0,990516	0,995565	0,271063
0,0663	260,409167	70,072500	0,269086	0,991979	0,988714	0,995565	0,262745

Tablo 4.15.Ce İçin $\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _β)	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	165,910000	42,312500	0,261233	0,957447	0,990080	0,982688	0,243441
0,0331	311,387500	82,923333	0,266303	0,957447	0,985241	0,982688	0,246859
0,0442	473,680000	126,134167	0,266286	0,957447	0,980423	0,982688	0,245636
0,0552	505,640000	133,290000	0,263607	0,957447	0,975705	0,982688	0,241995
0,0663	706,524167	188,420000	0,266686	0,957447	0,975021	0,982688	0,243646

Tablo 4.16.Ce İçin $\frac{I(K\beta'_1)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'1})	$\frac{N(K\beta'_1)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_1)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_1)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_1)}$	$\frac{I(K\beta'_1)}{I(K\alpha)}$
0,0221	165,910000	31,941667	0,197280	0,960000	0,990446	0,983479	0,184480
0,0331	311,387500	64,108333	0,205880	0,960000	0,985775	0,983479	0,191614
0,0442	473,680000	100,260833	0,211664	0,960000	0,981138	0,983479	0,196071
0,0552	505,640000	106,110000	0,209853	0,960000	0,976594	0,983479	0,193493
0,0663	706,524167	143,852500	0,203606	0,960000	0,972076	0,983479	0,186865

Tablo 4.17.Ce İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	161,910000	10,370833	0,064053	0,952381	0,988310	0,979421	0,059049
0,0331	311,387500	18,815000	0,060423	0,952381	0,982612	0,979421	0,055381
0,0442	473,680000	25,873333	0,054622	0,952381	0,976942	0,979421	0,049775
0,0552	505,640000	27,180000	0,053754	0,952381	0,971401	0,979421	0,048707
0,0663	706,524167	44,567500	0,063080	0,952381	0,965887	0,979421	0,056833

Tablo 4.18.Ce İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _{β'1})	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\beta'1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'1)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\beta'1)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\beta'1)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$
0,0221	31,941667	10,370833	0,324680	0,992063	0,998760	0,995874	0,320376
0,0331	64,108333	18,815000	0,293488	0,992063	0,996791	0,995874	0,289027
0,0442	100,260833	25,873333	0,258060	0,992063	0,995723	0,995874	0,253865
0,0552	106,110000	27,180000	0,256149	0,992063	0,994758	0,995874	0,251741
0,0663	143,852500	44,567500	0,309814	0,992063	0,993634	0,995874	0,304138

Tablo 4.19.Sm İçin $\frac{I(K_\beta)}{I(K_\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _β)	$\frac{N(K_\beta)}{N(K_\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K_\alpha)}{\epsilon(K_\beta)}$	$\frac{\beta(K_\alpha)}{\beta(K_\beta)}$	$\frac{P(K_\alpha)}{P(K_\beta)}$	$\frac{I(K_\beta)}{I(K_\alpha)}$
0,0221	269,478333	72,507500	0,269066	0,972081	0,982154	0,969714	0,249106
0,0331	825,503333	224,180833	0,271569	0,972081	0,973624	0,969714	0,249240
0,0442	1251,430000	343,206667	0,274252	0,972081	0,965249	0,969714	0,249537
0,0552	1447,596667	396,171667	0,273675	0,972081	0,957173	0,969714	0,246928
0,0663	1657,857500	458,110000	0,276327	0,972081	0,949246	0,969714	0,247257

Tablo 4.20.Sm İçin $\frac{I(K_{\beta'1})}{I(K_\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'1})	$\frac{N(K_{\beta'1})}{N(K_\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K_\alpha)}{\epsilon(K_{\beta'1})}$	$\frac{\beta(K_\alpha)}{\beta(K_{\beta'1})}$	$\frac{P(K_\alpha)}{P(K_{\beta'1})}$	$\frac{I(K_{\beta'1})}{I(K_\alpha)}$
0,0221	269,478333	56,2325000	0,208672	0,974555	0,982828	0,970854	0,194045
0,0331	825,503333	174,962500	0,211946	0,974555	0,974619	0,970854	0,195443
0,0442	1251,430000	270,940000	0,216504	0,974555	0,966553	0,970854	0,197994
0,0552	1447,596667	313,505833	0,216570	0,974555	0,958779	0,970854	0,196461
0,0663	1657,857500	361,206667	0,217876	0,974555	0,951145	0,970854	0,196072

Tablo 4.21.Sm İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K α)	N(K $\beta'2$)	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	269,478333	16,275000	0,060394	0,969620	0,979328	0,964942	0,055338
0,0331	825,503333	49,148333	0,059537	0,969620	0,969462	0,964942	0,054003
0,0442	1251,430000	72,235833	0,057723	0,969620	0,959782	0,964942	0,051835
0,0552	1447,596667	82,665833	0,057106	0,969620	0,950457	0,964942	0,050783
0,0663	1657,857500	96,903333	0,058451	0,969620	0,941309	0,964942	0,051479

Tablo 4.22.Sm İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K $\beta'1$)	N(K $\beta'2$)	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\beta'1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'1)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\beta'1)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\beta'1)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$
0,0221	56,232500	16,275000	0,289423	0,994937	0,996439	0,993910	0,285185
0,0331	174,962500	49,148333	0,280908	0,994937	0,994709	0,993910	0,276314
0,0442	270,940000	72,235833	0,266612	0,994937	0,992993	0,993910	0,261799
0,0552	313,505833	82,665833	0,263682	0,994937	0,991319	0,993910	0,258486
0,0663	361,206662	96,903333	0,268277	0,994937	0,989660	0,993910	0,262550

$I(K\beta)$

Tablo 4.23.Eu İçin $\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _β)	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	391,225000	104,594167	0,267350	1,000000	0,993150	0,976142	0,259184
0,0331	523,251667	139,905833	0,267378	1,000000	0,989791	0,976142	0,258334
0,0442	650,421667	174,436667	0,268190	1,000000	0,986436	0,976142	0,258240
0,0552	785,604167	209,829167	0,267093	1,000000	0,983144	0,976142	0,256326
0,0663	914,084167	238,728333	0,261167	1,000000	0,979856	0,976142	0,249801

$I(K\beta'_{1})$

Tablo 4.24.Eu İçin $\frac{I(K\beta'_{1})}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'1})	$\frac{N(K\beta'_{1})}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_{1})}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_{1})}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_{1})}$	$\frac{I(K\beta'_{1})}{I(K\alpha)}$
0,0221	391,225000	80,040833	0,204590	0,997403	0,993410	0,977045	0,198061
0,0331	523,251667	105,737500	0,202078	0,997403	0,990178	0,977045	0,194993
0,0442	650,421667	131,551667	0,202194	0,997403	0,986950	0,977045	0,194468
0,0552	785,604167	162,270000	0,206554	0,997403	0,983782	0,977045	0,198024
0,0663	914,084167	198,305833	0,216945	0,997403	0,980617	0,977045	0,207316

Tablo 4.25.Eu İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	391,225000	24,553333	0,032760	1,005236	0,992013	0,972216	0,060846
0,0331	523,251667	34,168333	0,065300	1,005236	0,988100	0,972216	0,063059
0,0442	650,421667	42,955000	0,065996	1,005236	0,984191	0,972216	0,063479
0,0552	785,604167	47,559167	0,060538	1,005236	0,980358	0,972216	0,058002
0,0663	914,084167	40,422500	0,044222	1,005236	0,976531	0,972216	0,042204

Tablo 4.26.Eu İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _{β'1})	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\beta'1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'1)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\beta'1)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\beta'1)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$
0,0221	80,040833	24,553333	0,306760	1,007853	0,998594	0,995058	0,307208
0,0331	105,737500	34,168333	0,323143	1,007853	0,997901	0,995058	0,323391
0,0442	131,511667	42,925000	0,326397	1,007853	0,997205	0,995058	0,326420
0,0552	162,270000	47,559167	0,293087	1,007853	0,996520	0,995058	0,292906
0,0663	198,305833	40,422500	0,203839	1,007853	0,995833	0,995058	0,203573

Tablo 4.27.Gd İçin $\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _β)	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	719,527500	196,393333	0,272948	1,043011	0,984204	0,923200	0,258672
0,0331	1092,384167	299,467500	0,274141	1,043011	0,976603	0,923200	0,257796
0,0442	1325,806667	364,806667	0,275158	1,043011	0,969103	0,923200	0,256766
0,0552	1653,352500	457,826667	0,276908	1,043011	0,961838	0,923200	0,256461
0,0663	2015,634167	561,854167	0,278748	1,043011	0,954672	0,923200	0,256242

Tablo 4.28.Gd İçin $\frac{I(K\beta'1)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'1})	$\frac{N(K\beta'1)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'1)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'1)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'1)}$	$\frac{I(K\beta'1)}{I(K\alpha)}$
0,0221	719,527500	155,033333	0,215645	1,040214	0,984714	0,925632	0,204291
0,0331	1092,384167	236,741667	0,216720	1,040214	0,977356	0,925632	0,203944
0,0442	1325,806667	289,785000	0,218573	1,040214	0,970095	0,925632	0,204160
0,0552	1653,352500	365,571667	0,221109	1,040214	0,963061	0,925632	0,205032
0,0663	2015,634167	448,944167	0,222731	1,040214	0,956121	0,925632	0,205048

Tablo 4.29.Gd İçin $\frac{I(K_{\beta'2})}{I(K_{\alpha})}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'2})	$\frac{N(K_{\beta'2})}{N(K_{\alpha})}$	$\frac{\epsilon(K_{\alpha})}{\epsilon(K_{\beta'2})}$	$\frac{\beta(K_{\alpha})}{\beta(K_{\beta'2})}$	$\frac{P(K_{\alpha})}{P(K_{\beta'2})}$	$\frac{I(K_{\beta'2})}{I(K_{\alpha})}$
0,0221	719,527500	41,360000	0,057482	1,048649	0,981549	0,910588	0,053876
0,0331	1092,384167	62,725833	0,057421	1,048649	0,972682	0,910588	0,053876
0,0442	1325,806667	75,021667	0,056586	1,048649	0,963941	0,910588	0,052085
0,0552	1653,352500	92,255000	0,055799	1,048649	0,955479	0,910588	0,050909
0,0663	2015,634167	112,910000	0,056017	1,048649	0,947139	0,910588	0,050662

Tablo 4.30.Gd İçin $\frac{I(K_{\beta'2})}{I(K_{\beta'1})}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _{β'1})	N(K _{β'2})	$\frac{N(K_{\beta'2})}{N(K_{\beta'1})}$	$\frac{\epsilon(K_{\beta'1})}{\epsilon(K_{\beta'2})}$	$\frac{\beta(K_{\beta'1})}{\beta(K_{\beta'2})}$	$\frac{P(K_{\beta'1})}{P(K_{\beta'2})}$	$\frac{I(K_{\beta'2})}{I(K_{\beta'1})}$
0,0221	155,033333	41,360000	0,266781	1,008108	0,996787	0,983747	0,263723
0,0331	236,741667	62,725833	0,264955	1,008108	0,995218	0,983747	0,261506
0,0442	289,785000	75,021667	0,258887	1,008108	0,993656	0,983747	0,255115
0,0552	265,571667	92,255000	0,252358	1,008108	0,992128	0,983747	0,248299
0,0663	448,944167	112,910000	0,251501	1,008108	0,990607	0,983747	0,247077

Tablo 4.31. Dy İçin $\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _β)	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	954,693333	252,345000	0,264320	1,076923	0,982228	0,911637	0,254888
0,0331	1174,684167	315,863333	0,268892	1,076923	0,973678	0,911637	0,257040
0,0442	1720,209444	465,637222	0,270686	1,076923	0,965244	0,911637	0,256513
0,0552	1789,857500	486,450000	0,271781	1,076923	0,957075	0,911637	0,255371
0,0663	2001,950833	548,399167	0,273932	1,076923	0,949916	0,911637	0,255467

Tablo 4.32. Dy İçin $\frac{I(K\beta'1)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'1})	$\frac{N(K\beta'1)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'1)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'1)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'1)}$	$\frac{I(K\beta'1)}{I(K\alpha)}$
0,0221	954,693333	201,380000	0,210937	1,073973	0,982526	0,913086	0,203237
0,0331	1174,684167	251,773333	0,214333	1,073973	0,974086	0,913086	0,204735
0,0442	1720,209444	368,673333	0,214319	1,073973	0,965824	0,913086	0,202984
0,0552	1789,857500	385,955833	0,215635	1,073973	0,957789	0,913086	0,202533
0,0663	2001,950833	435,144167	0,217360	1,073973	0,950762	0,913086	0,202655

Tablo 4.33.Dy İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	954,693333	50,965000	0,053384	1,082873	0,980279	0,902196	0,051126
0,0331	1174,684167	64,090000	0,054559	1,082873	0,970769	0,902196	0,051744
0,0442	1720,209444	96,963889	0,056367	1,082873	0,961457	0,902196	0,052946
0,0552	1789,857500	100,494167	0,056146	1,082873	0,952412	0,902196	0,052243
0,0663	2001,950833	113,255000	0,056572	1,082873	0,944388	0,902196	0,052195

Tablo 4.34.Dy İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _{β'1})	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\beta'1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'1)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\beta'1)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\beta'1)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$
0,0221	201,380000	50,965000	0,253079	1,008287	0,997713	0,988073	0,251556
0,0331	251,773333	64,090000	0,254554	1,008287	0,996595	0,988073	0,252739
0,0442	368,673333	96,963889	0,263008	1,008287	0,995479	0,988073	0,260840
0,0552	385,955833	100,494167	0,260377	1,008287	0,994386	0,988073	0,257947
0,0663	435,144167	113,255000	0,260270	1,008287	0,993296	0,988073	0,257559

$I(K\beta)$
Tablo 4.35. Ho için $\frac{\quad}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları
 $I(K\alpha)$

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	$N(K\alpha)$	$N(K\beta)$	$\frac{N(K\beta)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta)}$	$\frac{I(K\beta)}{I(K\alpha)}$
0,0221	888,112500	237,640000	0,267579	1,076923	0,984971	0,919213	0,260901
0,0331	1350,230000	361,884167	0,268017	1,076923	0,977715	0,919213	0,259403
0,0442	1527,666111	413,029444	0,270366	1,076923	0,970543	0,919213	0,259758
0,0552	1668,694167	448,975833	0,269058	1,076923	0,963579	0,919213	0,256646
0,0663	2177,488333	594,505833	0,273024	1,076923	0,956695	0,919213	0,258568

$I(K\beta'_{1})$
Tablo 4.36. Ho için $\frac{\quad}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları
 $I(K\alpha)$

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	$N(K\alpha)$	$N(K\beta'_{1})$	$\frac{N(K\beta'_{1})}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'_{1})}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'_{1})}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'_{1})}$	$\frac{I(K\beta'_{1})}{I(K\alpha)}$
0,0221	888,112500	193,951667	0,218386	1,073973	0,985223	0,920822	0,212779
0,0331	1350,230000	294,672500	0,218239	1,073973	0,978089	0,920822	0,211096
0,0442	1527,666111	336,983889	0,220587	1,073973	0,971036	0,920822	0,211829
0,0552	1668,694167	369,073333	0,221175	1,073973	0,964187	0,920822	0,210895
0,0663	2177,488333	488,163333	0,224186	1,073973	0,957417	0,920822	0,212265

Tablo 4.37.Ho İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _α)	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\alpha)}$	$\frac{\epsilon(K\alpha)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\alpha)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\alpha)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\alpha)}$
0,0221	888,112500	43,688333	0,049192	1,082873	0,983090	0,909301	0,047618
0,0331	1350,230000	67,211667	0,049778	1,082873	0,974935	0,909301	0,047786
0,0442	1527,666111	76,045556	0,049779	1,082873	0,966877	0,909301	0,047372
0,0552	1668,694167	79,902500	0,047883	1,082873	0,959058	0,909301	0,045218
0,0663	2177,488333	106,342500	0,048837	1,082873	0,951334	0,909301	0,045748

Tablo 4.38.Ho İçin $\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$ Şiddet Oranına Ait Hesapların Sonuçları

Numune Kalınlığı (g/cm ²)	N(K _{β'1})	N(K _{β'2})	$\frac{N(K\beta'2)}{N(K\beta'1)}$	$\frac{\epsilon(K\beta'1)}{\epsilon(K\beta'2)}$	$\frac{\beta(K\beta'1)}{\beta(K\beta'2)}$	$\frac{P(K\beta'1)}{P(K\beta'2)}$	$\frac{I(K\beta'2)}{I(K\beta'1)}$
0,0221	193,951667	43,688333	0,225254	1,008287	0,997835	0,987489	0,223794
0,0331	294,672500	67,211667	0,228089	1,008287	0,996775	0,987489	0,276369
0,0442	336,983889	76,045556	0,225665	1,008287	0,995717	0,987489	0,223726
0,0552	369,073333	79,902500	0,216495	1,008287	0,994680	0,987489	0,214412
0,0663	488,163333	106,342500	0,217842	1,008287	0,993646	0,987489	0,215521

5. SONUÇLAR

Bu çalışma sonunda elde edilen değerler ve bu değerlerin, diğer araştırmacıların elde ettikleri değerlerle karşılaştırması Tablo 5.1-5.4'de verilmiştir. Şekil 5.1-5.4, şiddet oranlarının atom numarasına bağlılığını göstermektedirler.

$I(K \beta)$

Tablo 5.1 ——— Şiddet Oranı İçin Mevcut Çalışma ve Diğer Çalışmaların
 $I(K \alpha)$
Karşılaştırılması

Element	Mevcut Çalışma	Deneysel Kaynak 12	Deneysel Kaynak 22	Deneysel Kaynak 25	Deneysel Kaynak 47	Deneysel Kaynak 54	Teorik Kaynak 7	Teorik Kaynak 9	Teorik Kaynak 10	Teorik Kaynak 11
Cs	0,236979 $\pm 0,000894$	0,238(6)		0,2367					0,2240	0,2214
Ba	0,237670 $\pm 0,000595$			0,2370 $\pm 0,0048$		0,2446	0,2433	0,2274	0,2273	0,2246
La	0,238479 $\pm 0,000635$		0,2414 $\pm 0,0036$	0,2435 $\pm 0,0049$					0,2304	0,2276
Ce	0,244315 $\pm 0,000861$			0,2420	0,2415	0,2493			0,2316	0,2285
Sm	0,248414 $\pm 0,000546$			0,2459	0,2584	0,2538			0,2389	0,2350
Eu	0,256377 $\pm 0,001709$	0,252(7)		0,2485 $\pm 0,0050$	0,2519		0,2549		0,2405	0,2364
Gd	0,257187 $\pm 0,000457$			0,2481	0,2577	0,2561	0,2570		0,2426	0,2384
Dy	0,255856 $\pm 0,000397$			0,2502					0,2449	0,2402
Ho	0,259055 $\pm 0,000709$			0,2511		0,2609			0,2463	0,2413

$I(K \beta'_1)$
 Tablo 5.2. $\frac{I(K \beta'_1)}{I(K \alpha)}$ Şiddet Oranı İçin Mevcut Çalışma ve Diğer Çalışmaların
 $I(K \alpha)$
 Karşılaştırılması

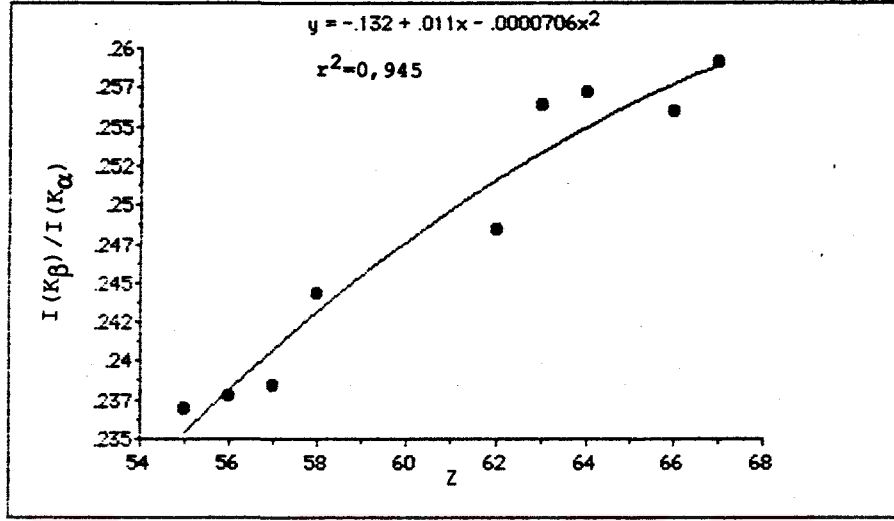
Element	Mevcut Çalışma	Deneysel Kaynak 54	Teorik Kaynak 9	Teorik Kaynak 10	Teorik Kaynak 11
Cs	0,188568 $\pm 0,001014$			0,1821	0,1798
Ba	0,188743 $\pm 0,000604$	0,1983	0,1836	0,1836	0,1812
La	0,188333 $\pm 0,000288$			0,1849	0,1826
Ce	0,190505 $\pm 0,002129$	0,1973		0,1864	0,1839
Sm	0,196003 $\pm 0,000645$	0,2058		0,1916	0,1886
Eu	0,198572 $\pm 0,002309$			0,1928	0,1897
Gd	0,204495 $\pm 0,000229$	0,2000		0,1940	0,1907
Dy	0,203229 $\pm 0,000396$			0,1961	0,1927
Ho	0,211773 $\pm 0,000353$	0,2046		0,1971	0,1936

Tablo 5.3. $I(K \beta'_2)$ Şiddet Oranı İçin Mevcut Çalışma ve Diğer Çalışmaların $I(K \alpha)$ Karşılaştırılması

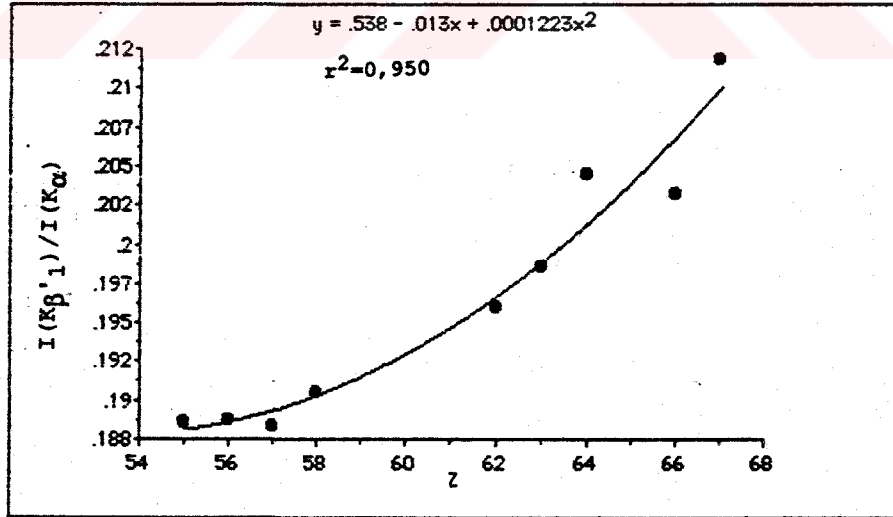
Element	Mevcut Çalışma	Deneysel Kaynak 54	Teorik Kaynak 9	Teorik Kaynak 10	Teorik Kaynak 11
Cs	0,048636 $\pm 0,000353$			0,0419	0,0416
Ba	0,049112 $\pm 0,000822$	0,0463	0,0438	0,0438	0,0434
La	0,050275 $\pm 0,000414$			0,0451	0,0450
Ce	0,053949 $\pm 0,002016$	0,0521		0,0452	0,0446
Sm	0,052688 $\pm 0,000854$	0,0481		0,0473	0,0463
Eu	0,057518 $\pm 0,003950$			0,0477	0,0467
Gd	0,052173 $\pm 0,000638$	0,0561		0,0487	0,0477
Dy	0,052051 $\pm 0,000301$			0,0488	0,0475
Ho	0,046752 $\pm 0,000529$	0,0567		0,0491	0,0477

$I(K \beta'_2)$
 Tablo 5.4. — Şiddet Oranı İçin Mevcut Çalışma ve Diğer Çalışmaların
 $I(K \beta'_1)$
 Karşılaştırılması

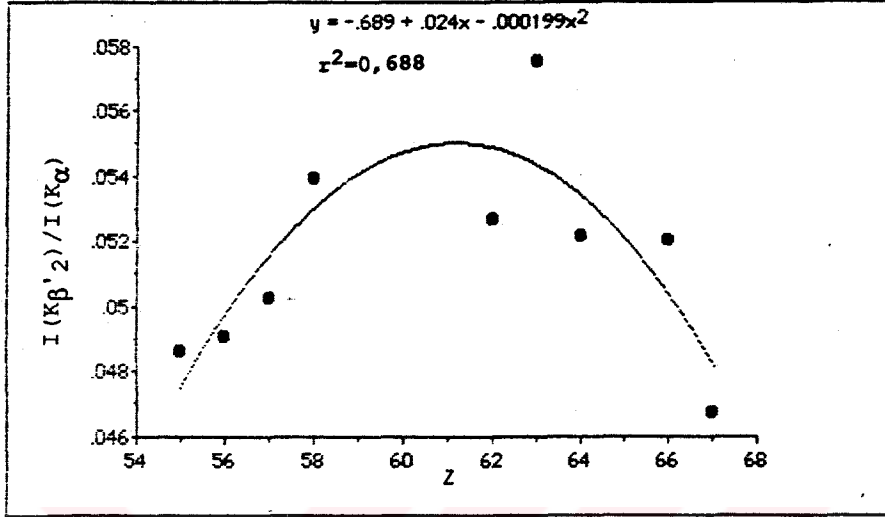
Element	Mevcut Çalışma	Deneysel Kaynak 54	Teorik Kaynak 9	Teorik Kaynak 10	Teorik Kaynak 11
Cs	0,257567 ±0,002758			0,2303	0,2312
Ba	0,260255 ±0,004975	0,2336	0,2386	0,2385	0,2395
La	0,267283 ±0,001945			0,2439	0,2465
Ce	0,283829 ±0,013606	0,2460		0,2425	0,2427
Sm	0,268867 ±0,005096	0,2336		0,2468	0,2457
Eu	0,290700 ±0,022598			0,2475	0,2460
Gd	0,255144 ±0,003362	0,2806		0,2514	0,2501
Dy	0,256128 ±0,001731			0,2489	0,2465
Ho	0,220764 ±0,002421	0,2750		0,2493	0,2466



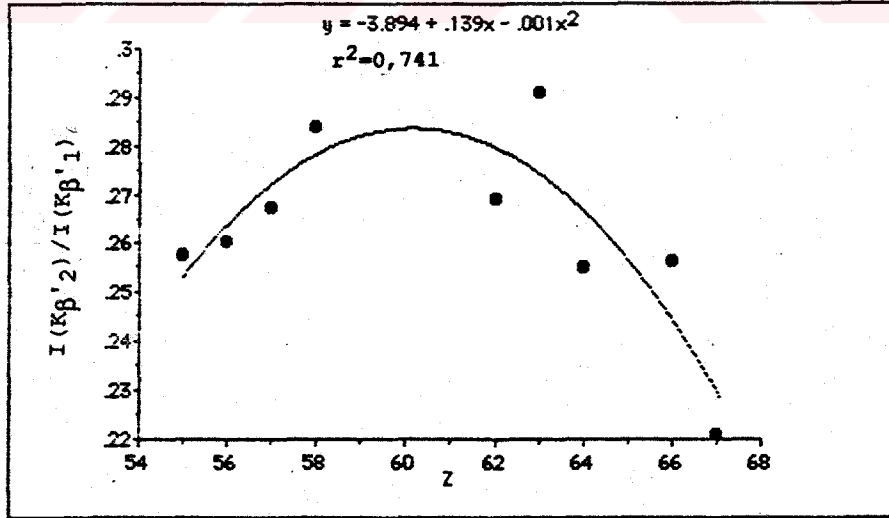
Şekil 5.1 $\frac{I(K_{\beta})}{I(K_{\alpha})}$ Şiddet oranlarının Z ile değişimi



Şekil 5.2 $\frac{I(K_{\beta,1})}{I(K_{\alpha})}$ Şiddet oranlarının Z ile değişimi



Şekil 5.3 $\frac{I(K_{\beta,2})}{I(K_{\alpha})}$ Şiddet oranlarının Z ile değişimi



Şekil 5.4 $\frac{I(K_{\beta,2})}{I(K_{\beta,1})}$ Şiddet oranlarının Z ile değişimi

6. TARTIŞMA

Bu çalışmada elde edilen şiddet oranlarına ait sonuçlar, diğer araştırmacılar tarafından bulunan deneysel ve teorik değerlerle karşılaştırılmalı olarak Tablo 5.1-5.4'de verilmiştir.

$I(K_{\beta}) / I(K_{\alpha})$ şiddet oranı için elde edilen değerler Z atom numarası ile orantılı olarak artmaktadır. İncelediğimiz elementler bölgesinde ,Dy için bulunan değer bu artışa uymamaktadır. Sonuçlar; Rao, Reddy ve Satyanarayana⁽¹²⁾; Marques, Martins ve Ferreira⁽²²⁾; Hansen, Freund ve Fink⁽²⁵⁾; Sliwinsky ve Ebert⁽⁴⁷⁾; McCrary, Singman, Ziegler, Looney, Edmond ve Carolyn⁽⁵⁴⁾ in deneysel sonuçları ile % 1-4 arasında bir farklılık göstermektedir. İncelediğimiz elementler bölgesinde bulunan $I(K_{\beta}) / I(K_{\alpha})$ değerleri Scofield'in değiştokuş etkileşmelerin dikkate alındığı relativistik Hartree-Fock teorisini kullanarak elde ettiği teorik sonuçlarla⁽⁷⁾ % 1-2 arasında bir farklılık göstermekle beraber, deneysel hata sınırları içerisinde iyi bir uyum göstermektedir. Sonuçlar, Scofield tarafından elektronların merkezci potansiyel içindeki tek parçacıklar olarak kabul edildiği relativistik Hartree -Slater teorisine göre yapılan hesaplarla^(9,10) ve Manson ve Kennedy'in relativistik olmayan Hartree-Slater teorisine göre yaptıkları hesaplamalarla⁽¹¹⁾ ise % 4-8 farklılık göstermektedir.

$I(K_{\beta}'_1) / I(K_{\alpha})$ için elde ettiğimiz değerler McCrary ve arkadaşlarının elde ettikleri deneysel sonuçlarla⁽⁵⁴⁾ % 4-5, Scofield'in teorik sonuçlarıyla^(9,10) % 2-7, Manson ve Kennedy'in teorik sonuçlarıyla⁽¹¹⁾ ise % 3-9 arasında farklılık göstermektedir. $I(K_{\beta}'_2) / I(K_{\alpha})$ için elde ettiğimiz

değerler McCrary ve arkadaşlarının deneysel sonuçlarıyla⁽⁵⁴⁾ % 8-18, Scofield'in teorik sonuçlarıyla^(9,10) % 5-19, Manson ve Kennedy'in teorik sonuçlarıyla⁽¹¹⁾ ise % 2-21 kadar bir farklılık göstermektedir. $I(K_{\beta}'_2) / I(K_{\beta}'_1)$ için elde ettiğimiz değerler ise McCrary ve arkadaşlarının deneysel sonuçlarıyla⁽⁵⁴⁾ %10-20, Scofield'in teorik sonuçlarıyla^(9,10) % 2-17, Manson ve Kennedy'in teorik sonuçlarıyla⁽¹¹⁾ % 2-8 lik bir farklılık göstermektedir. $I(K_{\beta}'_1)/I(K_{\alpha})$, $I(K_{\beta}'_2) / I(K_{\alpha})$ ve $I(K_{\beta}'_2) / I(K_{\beta}'_1)$ şiddet oranları için elde edilen değerlerin teorik değerlerle farklı olması, $I(K_{\beta}) / I(K_{\alpha})$ şiddet oranlarının aynı teorik değerlerle olan farklılığını teyit etmektedir. Elde edilen $I(K_{\beta}'_1)/I(K_{\alpha})$, $I(K_{\beta}'_2)/I(K_{\alpha})$ ve $I(K_{\beta}'_2)/I(K_{\beta}'_1)$ şiddet oranlarının deneysel değerlerle olan farklılıkları, bu elementler bölgesinde $K_{\beta}'_1$ ve $K_{\beta}'_2$ pikleri tam ayrılmamış olduklarından, pikleri ayırmak için farklı yöntemlerin kullanılmasından kaynaklanmış olabilir.

$I(K_{\beta})/I(K_{\alpha})$ şiddet oranlarına ait bulunan değerler hem deneysel sonuçlarla hemde Scofield'in relativistik Hartree-Fock teorisini kullanarak elde ettiği teorik değerlerle iyi bir uyum içerisindedir.

Bu çalışma ile $55 \leq Z \leq 67$ elementler bölgesinde; relativistik Hartree-Fock atom modelinin, Hartree-Slater atom modelinden daha geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu konudaki çalışmaların analizörlerdeki gelişmelere ve daha iyi sonuç veren pik ayırma yöntemlerinin sunulmasına paralel olarak devam etmesi gerektiğine inanılmaktadır.

KAYNAKLAR

- 1-Tartari, A., Casnati, E., Baraldi, C. and Napoli, G., 1987, Nucl. Instr. and Meth., A255, 411.
- 2-Vazquez, C., De Leyt, D.V. and Riveros, J.A., 1990, X-Ray Spectrom., 19, 93.
- 3-Crasemann, B., 1975, Atomic Inner-Shell Physics, Academic Press, New York, p.265.
- 4-Payne, W.B., Levinger, J.S., 1956, Phys. Rev., 101, 3, 1020
- 5-Taylor, G.R., Payne, W.B., 1960, Phys. Rev., 118, 6, 1549.
- 6-Crasemann, B., 1985, Atomic Inner-Shell Pyhsics, Plenum Press, New York, p.31.
- 7-Scofield, J.H., 1974, Phys. Rev., A9, 3, 1041.
- 8-Scofield, J.H., 1974, Phys. Rev., A10, 5, 1507.
- 9-Scofield, J.H., 1969, Phys. Rev., 179, 1, 9.
- 10-Scofield, J.H., 1974, At. Data and Nucl. Data Tab., 14, 121.
- 11-Manson, S.T., Kennedy, D.J., At. Data and Nucl. Data Tab., 14, 111
- 12-Rao, N.V., Reddy, S.B. and Sastry, D.L., 1987, II. Nuovo Cimento, 97A, 1, 1.
- 13-Rao, N.V., Reddy, S.B., Satyanarayana, G. and Sastry, D.L., 1986, Physica, 138C, 215.
- 14-Rao, N.V., Reddy, S.B., Satyanarayana, G. and Sastry, D.L., 1986, Physica 142C, 375.
- 15-Arndt, E., Brunner, G., Hartmann, E., 1982, J. Phys. B: At. Mol. Phys. 15, 1887.
- 16-Salem, S.I., Saunders, B.G. and Nelson, G.C., 1970, Phys. Rev., 1, 6, 1563.
- 17-Nelson, G.C., Saunders, B.G., 1969, Phys. Rev., 188, 1, 108.
- 18-Pinho, A.G., 1971, Phys. Rev., A3, 3, 905.
- 19-Casnati, E., Tartari, A., Baraldi, C. and Napoli, G., 1985, J. Phys. B: At. Mol. Phys. 18, 2843.
- 20-Raghavaiah, C.V., Rao, N.V. and Reddy, S.B., 1990, X-Ray Spectrom., 19, 23.
- 21-Kumar, S., Mittal, R., Allawadhi, K.L. and Sood, B.S., 1982, J. Phys B: At. Mol. Phys., 15, 3377.
- 22-Marques, M.I., Martins, M.C. and Ferreira, J.G., 1980, J. Phys. B: At. Mol. Phys., 13, 41.

- 23-Shatentdra, K., Singh, N., Mittal, R., Allawadhi, K.L. and Sood, B.S., 1984, Indian J. Phys., 58A, 361.
- 24-Rao, P.V., Palms, J.M., 1971, Phys. Rev., 3, 5, 1568.
- 25-Hansen, J.S., Freund, H.U. and Fink, R.W., 1970, Nucl. Phys., A142, 604.
- 26-Erdoğan, H., Doktora Tezi, 1976, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (Yayınlanmamış).
- 27-Tan, M., Doktora Tezi, 1976, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (Yayınlanmamış).
- 28-Tawara, H., Ishii, K. and Morita, S., 1975, Phys. Lett., 54A, 2, 171.
- 29-Mistry, V.D., Quarles, C.A., 1971, Phys. Lett., 36A, 3, 221.
- 30-Mistry, V.D., Quarles, C.A., 1971, Nucl. Phys., A164, 219.
- 31-Salem, S.I., Clark, D.C. and Tsutsiu, R.T., 1972, Phys. Rev., A5, 6, 2390.
- 32-Middleman, L.M., Ford, R.L. and Hofstadter, R., 1970, Phys. Rev., A2, 4, 1429.
- 33-Berenyi, D., Hock, G., Ricz, S. and Valek, A., 1978, J. Phys. B: At. Mol. Phys., 11, 4, 709.
- 34-Williams, J.H., 1933, Phys. Rev., 44, 146.
- 35-Kamal, Z., Mc Kee, J.S.C. and Videla, N., 1980, Phys. Lett., 75A, 6, 475.
- 36-Gray, T.J., 1980, Phys. Rev., A22, 4, 1758.
- 37-Criswell, T.L., Gray, T.J., 1974, Phys. Rev., A10, 4, 1145.
- 38-Mukoyama, T., Sarkadi, L., 1982, Nucl. Instr. and Meth., 197, 585.
- 39-Close, D.A., Bearnse, R.C., Malanify, J.J. and Umbarger, C.J., 1973, Phys. Rev., A8, 4, 1873.
- 40-Richard, P., Bonner, T.I., Furuta, T., Morgan, I.L. and Rhodes, J.R., 1970, Phys. Rev., A1, 4, 1044.
- 41-Ishii, K., Morita, S., Tawara, H., Kaji, H. and Shiokawa, T., 1974, Phys. Rev., A10, 3, 774.
- 42-Lear, R., Gray, T.J., 1973, Phys. Rev., A8, 5, 2469.
- 43-Perujo, A., Maxwell, J.A., Teesdale, W.J. and Campbell, J.L., 1987, J. Phys. B: At. Mol. Phys., 20, 4973.
- 44-Bhattacharya, D., Bhattacharjee, S.K. and Mitra, S.K., 1980, J. Phys. B: At. Mol. Phys., 13, 967.
- 45-Tricomi, J., Duggan, J.L. and Mc Daniel, F.D., 1977, Phys. Rev., A15, 6, 2269.

- 46-Mukoyama, T., Sarkadi, L., Berenyi, D. and Koltay, E., 1978, *Phys. Lett.*, 67A, 3, 180.
- 47-Sliwinsky, V.W., Ebert, P.J., 1969, *Phys.*, 29A, 8, 463.
- 48-Salem, S.I., Winchell, R.E., 1974, *Phys. Rev.*, A10, 4, 1041.
- 49-McCrary, J.H., Singman, V.L., Ziegler, H.L. and Looney, L.D., 1972, *Phys. Rev.*, A5, 4, 1587.
- 50-Ramos, M.T., Ferreira, J.G., Carvalho, M.L. and Salgueiro, L., 1977, *J. Phys. B: At. Mol. Phys.*, 10, 11, 2101.
- 51-Sliwinsky, V.W., Ebert, P.J., 1972, *Phys. Rev.*, A5, 4, 1581.
- 52-Salem, S.I., Falconer, T.H. and Winchell, R.W., 1972, *Phys. Rev.*, A6, 6, 2147.
- 53-Ebert, P.J., Sliwinsky, V.W., 1969, *Phys. Rev.*, 188, 1, 1.
- 54-McCrary, J.H., Singman, L.V., Ziegler, L.H., Looney, L.D., Edmonds, C.M. and Carolyn, E.H., 1971, *Phys. Rev.*, A4, 5, 1745.
- 55-Salem, S.I., Johnson, J.P., 1969, *Phys. Lett.*, 30A, 3, 163.
- 56-McDaniel, F.D., Gray, T.J. and Gardner, R.K., 1975, *Phys. Rev.*, A11, 5, 1607.
- 57-Dost, M., Hoppenau, S., Röhl, S. and Schönfeldt, W.A., 1981, *J. Phys. B: At. Mol. Phys.*, 14, 3153.
- 58-Li, T.K., Watson, R.L., 1974, *Phys. Rev.*, A9, 4, 1574.
- 59-Garg, M.L., Singh, J., Singh, G. and Sharma, A.K., 1984, *Indian J. Phys.*, 58A, 242.
- 60-Tan, M., Şahin, Y. and Şaplakoğlu, A., 1990, *X-Ray Spectrom.*, 19, 233.
- 61-Garg, M.L., Singh, J., Verma, H.R. and Singh, N., 1984, *J. Phys. B: At. Mol. Phys.*, 17, 577.
- 62-Garg, M.L., Mehta, D., Verma, H.R. and Singh, N., 1986, *J. Phys. B: At. Mol. Phys.*, 19, 1615.
- 63-Shatendra, K., Allawadhi, K.L. and Sood, B.S., 1984, *Pramana*, 22, 2, 79.
- 64-Verma, H.R., Pal, D., Garg, M.L. and Trehan, P.N., 1985, *J. Phys. B: At. Mol. Phys.*, 18, 1133.
- 65-Campbell, J.L., Perujo, A., Teesdale, W.J. and Millmann, B.M., 1986, *Phys. Rev.*, A33, 4, 2410.
- 66-Maxvell, J.A., Campbell, J.L., 1984, *Phys. Rev.*, A29, 3, 1174.
- 67-Campbell, J.A., Mc Ghee, P.L., Maxwell, J.A. and Ollerhead, R.W., 1986, *Phys. Rev.*, A33, 2, 986.

- 68-Paic, G., Pecar, V., 1976, *Phys. Rev.*, A14, 6, 2190.
- 69-Okada, M., 1980, *Radiochem. Radioanal. Lett.*, 42, 3, 225.
- 70-Nelson, G.C., Saunders, B.G. and Salem, S.I., 1970, *Atomic Data*, 1, 377.
- 71-Salem, S.I., Panossian, S.L. and Krause, R.A., 1974, *At. Data and Nucl. Data Tab.*, 14, 91.
- 72-Khan, Md.R., Karimi, M., 1980, *X-Ray Spectrom.*, 9, 1, 32.
- 73-Mohler, R.E., Cothorn, C.R., 1973, *Nucl. Instr. and Meth.*, 113, 599.
- 74-Yamoto, I., Kaji, H. and Yoshihara, K., 1985, *J. Radioanal. Nucl. Chem. Lett.*, 95, 5, 301.
- 75-Mukoyama, T., Taniguchi, K. and Adachi, H., 1986, *Phys. Rev.*, B34, 6, 3710.
- 76-Yoshihara, K., Hibino, A., Yamoto, I. and Kaji, H., 1981, *Radiochem Radioanal. Lett.*, 48, 5, 303.
- 77-Brunner, G., Nagel, M., Hartmann, E. and Arndt, E., 1982, *J. Phys. B: At. Mol. Phys.*, 15, 4517.
- 78-Tamaki, Y., Omort, T. and Shiokawa, T., 1979, *Radiochem. Radioanal. Lett.*, 37, 1, 39.
- 79-Jenkins, R., Gould, R.W. and Gedcke, D., 1981, *Quantitative X-Ray Spectrometry*, New York, p. 9-40.
- 80-Siegbahn, K., 1974, *Alpha, Beta and Gamma Ray Spectroscopy* North-Holland Publishing Company, London, (4nd ed.)
- 81-Hansen, J.S., Mc George, J.C., Nix, D., Schmidt-Ott, W.D., Unus, I. and Fink, R.V., 1973, *Nucl. Instr. and Meth.*, 106, 365.
- 82-Zararsız, A., Aygün, E., 1989, *J. of Radioanal. and Nucl. Chem. Articles*, 129, 2, 367.
- 83-Storm, E., Israel, H.I., 1970, *Nucl. Data Tab.*, A7, 565.
- 84-Lederer, C.M., Hollander, J.M., Perlman, I., 1967, *Table of Isotopes*, John Wiley and Sons, INC, New York, London, Sydney, p. 21.
- 85-Bertin, E.P., 1975, *Principles and Practice of X-Ray Spectrometric Analysis*, Plenum Press, New York, p. 525.
- 86-Arıkan, P., Zararsız, A. and Efe, N., 1986, *J. of Radioanal. and Nucl. Chem.*, 100, 2, 303.
- 87-Claisse, F., 1970, *Spectrochim. Acta*, 25B, 209.

- 88-Şaplakoğlu, A., 1978, T.A.E.C.Tech.J., 5, 33.
- 89-Tıraşoğlu, E., Yüksek Lisans Tezi, 1990, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (Yayınlanmamış).
- 90-Rhodes, J.R., Hunter, C.B., 1972, X-Ray Spectrom., 1, 113.
- 91-Weast, R.C., 1982-1983, Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press, Florida (63nd ed.).
- 92-Durak, R., Yüksek Lisans Tezi, 1990, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, (Yayınlanmamış), s.13.
- 93-Delbrouck-Habaru, J.M., Robaye, G., Weber, G., Roelandts, I. and Ideloualı, H., 1984, Nucl. Instr. and Meth., B3, 315.