

**T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FARKLI KONSANTRASYONLARDAKİ ÜÇLÜ Fe/Cr/Ni
ALAŞIMLARINDA Fe, Cr VE Ni ELEMENTLERİNİN UYARMA
VE BU ALAŞIMLARIN SOĞURMA PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
HÜSEYİN ALİ KARATAŞ**

FİZİK

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. Ferdi AKMAN**

BİNGÖL-2018

T.C.
BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI KONSANTRASYONLARDAKİ ÜÇLÜ Fe/Cr/Ni
ALAŞIMLARINDA Fe, Cr VE Ni ELEMETLERİNİN UYARMA
VE BU ALAŞIMLARIN SOĞURMA PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hüseyin Ali KARATAŞ

Enstitü Anabilim Dalı : FİZİK

Bu tez 02.05.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr.
İskender DEMİRKOL
Jüri Başkanı



Doç. Dr.
Ferdî AKMAN
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Ahmet TURSUÇU
Üye



Yukarıdaki sonucu onaylarım

Doç. Dr. Zafer ŞİAR
Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

Tez çalışmaları süresince yardımlarını ve bilgi birikimini esirgemeyen, çalışmaların tamamlanabilmesi için gerekli desteği veren değerli hocam Doç. Dr. Ferdi AKMAN'a teşekkür ederim.

Tez çalışmasına desteklerinden dolayı Bingöl Üniversitesi Rektörlüğüne ve tüm Fizik Bölümü elemanlarına, laboratuvar imkânlarını ve yardımlarını esirgemeyen Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümü elemanlarına teşekkür ederim.

Bu tez Bingöl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından BAP-TBMYO.2016.00.002 no'lu proje ile desteklenmiştir. Bu birime desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Son olarak bende büyük emekleri olan, benim için hiçbir fedakârlıktan kaçınmayan ve dualarını esirgemeyen aileme, tezin hazırlanması sırasında gösterdikleri sabır, fedakârlık ve desteklerinden dolayı özellikle teşekkürü bir borç bilirim.

Hüseyin Ali KARATAŞ

Bingöl 2018

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ	4
3. KURAMSAL TEMELLER	9
3.1. Alaşım Genel Bilgi	9
3.2. Krom, Demir ve Nikel Hakkında Genel Bilgi	11
3.2.1. Krom (Cr).....	11
3.2.2. Demir (Fe).....	12
3.2.3. Nikel (Ni).....	13
3.3. Tesir Kesiti.....	13
3.4. X- ışınlarının Oluşumu ve Genel Özellikleri.....	16
3.5. Sürekli X-ışınları	18
3.6. Karakteristik X-ışınları	19
3.7. Fotoelektrik Olay	23
3.8. Compton Saçılması	26
3.9. Çift Oluşum	32

3.10. Floresans Verim ve Auger Etkisi.....	33
3.11. Fotonların Madde ile Etkileşimi	35
3.12. X-ışınlarının Soğurulması ve Saçılması	38
3.13. Soğurma Sıçrama Oranı ve Faktörü	43
3.14. Etkin Atom Numarası ve Elektron Yoğunluğu	45
4. MATERYAL VE YÖNTEM	47
4.1. Enerji Ayrımlı Spektrometreler	47
4.2. Detektör Diyotunun Fiziği.....	48
4.3. Si(Li) Detektörler.....	51
4.4. Ön Yükseltme	52
4.5. Yükseltme	53
4.6. Diskriminasyon.....	53
4.7. Çok-Kanallı Analizörler	54
4.8. Analog-Dijital Dönüşüm	55
4.9. Sinyal İşleme	56
4.10. Enerji Rezülasyonu	57
4.11. Numunelerin Hazırlanması.....	59
4.12. Deney Geometrileri	61
4.13. Uyarma Parametrelerinin Belirlenmesi	63
4.14. Soğurma Parametrelerinin Belirlenmesi.....	66
5. ARAŞTIRMA BULGULARI	68
5.1. Uyarma Parametrelerine ait Araştırma Bulguları.....	68
5.1.1. Detektör Sistemi Veriminin Araştırma Bulguları.....	68
5.1.2. K tabakası X-ışını Üretim Tesir Kesitlerine ait Araştırma Bulguları	69
5.1.3. $K\beta/K\alpha$ X-ışını Şiddet Oranlarına ait Araştırma Bulguları.....	74
5.1.4. K Tabakası Floresans Verimlerine ait Araştırma Bulguları.....	76
5.1.5. K Tabakasından L Tabakasına Boşluk Geçiş İhtimaliyetine ait Araştırma Bulguları.....	78
5.1.6. KLX/KLL ve KXY/KLL Auger Elektron Yayınlanma Oranlarına ait Araştırma Bulguları.....	80
5.1.7. K Tabakası Soğurma Sıçrama Faktörleri ve Sıçrama Oranlarına ait Araştırma Bulguları.....	83

5.2. Soğurma Parametrelerine ait Araştırma Bulguları.....	87
5.2.1. Kütle Azaltma Katsayılarına ait Araştırma Bulguları.....	87
5.2.2. Moleküler Tesir Kesitlerine ait Araştırma Bulguları.....	90
5.2.3. Atomik Tesir Kesitlerine ait Araştırma Bulguları.....	93
5.2.4. Elektronik Tesir Kesitlerine ait Araştırma Bulguları.....	96
5.2.5. Etkin Atom Numarasına ait Araştırma Bulguları.....	99
5.2.6. Etkin Elektron Yoğunluklarına ait Araştırma Bulguları.....	102
6. TARTIŞMA VE SONUÇ	105
6.1. Uyarma Parametreleri için Elde Edilen Sonuçlar	105
6.2. Soğurma Parametreleri için Elde Edilen Sonuçlar	114
KAYNAKLAR LİSTESİ.....	118
ÖZGEÇMİŞ	124

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

μ	: Lineer azaltma katsayısı
μ/ρ	: Kütle azaltma katsayısı
a	: Auger verimi
A	: Atomik ağırlık
Å	: Angstrom
E_B	: Bağlanma enerjisi
EDXRF	: Enerji ayrımlı X-ışını floresans
E_K	: Kinetik enerji
F	: X-ışını emisyon hızı
f	: Bolluk oranı
h	: Planck sabiti
I	: Geçen foton şiddeti
I_0	: Gelen foton şiddeti
i	: Akım
J	: Soğurma sıçrama faktörü
keV	: Kilo-elektron-volt
M	: Moleküler ağırlık
m_e	: Elektronun durgun kütlesi
MeV	: Mega-elektron-volt
N	: Pik altındaki sayım şiddeti
N_A	: Avogadro sayısı
N_E	: Etkin elektron yoğunluğu
p	: Momentum
r	: Soğurma sıçrama oranı
Si(Li)	: Li katkılı silisyum
u	: KLX/KLL Auger elektron yayımlanma oranı
V	: Potansiyel

v	: KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranı
W	: Ağırlık kesri
x	: Birim alandaki kütle
Z	: Atom numarası
Z_{eff}	: Etkin atom numarası
β	: Öz soğurma düzeltme faktörü
ε	: Detektör verimi
η	: Boşluk geçiş ihtimaliyeti
θ_1	: Numune yüzeyinin normali ile gelen fotonun yaptığı açı
θ_2	: Numuneden yayımlanan fotonun numune yüzeyi normaliyile yaptığı açı
λ	: Dalga boyu
π	: Pi sayısı
ρ	: Yoğunluk
σ	: Tesir kesiti
σ_t	: Toplam atomik soğurma tesir kesiti
$\sigma_{t,a}$: Atomik tesir kesiti
$\sigma_{t,e}$: Elektronik tesir kesiti
$\sigma_{t,m}$: Moleküler tesir kesiti
σ_{ts}	: Toplam atomik saçılma tesir kesiti
ω	: Floresans verim

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1.	a) Sübstitüsyon alaşım b) İnterstisyel alaşım.....	10
Şekil 3.2.	İki küre arasındaki tesir kesit alanı.....	14
Şekil 3.3.	Çarpışma esnasında tesit kesitinin şematik gösterimi.....	15
Şekil 3.4.	100 keV'de bir tungsten anot X-ışını tüpünden şiddet dağılımı.....	17
Şekil 3.5.	X-ışını veren geçişler	19
Şekil 3.6.	Açısal ve spin kuantum sayılarının vektörel toplamı.....	21
Şekil 3.7.	X-ışını emisyon çizgileri.....	22
Şekil 3.8.	a) Fotoelektrik soğurma mekanizması b) X-ışını floresans emisyonu....	24
Şekil 3.9.	$E_{\gamma 0} = hc/\lambda_0$ enerjili bir fotonun Compton saçılması	26
Şekil 3.10.	Bir detektör tarafından elde edilen tipik bir γ -ışını spektrumu.....	29
Şekil 3.11.	Compton olayındaki başlangıç ve bitiş momentumları	30
Şekil 3.12.	Dalga boyunun fonksiyonu olarak tungstenin kütle azaltma katsayıları	41
Şekil 3.13.	X-ışını tüpünde saçılmış olan ışınlar üzerindeki Compton etkisi	42
Şekil 3.14.	Platin için λ' 'ya karşı μ_a değişimi.....	43
Şekil 4.1.	Enerjiye bağlı WDX ve EDX cihazlarının çözünürlüğü.....	47
Şekil 4.2.	Tipik bir p-i-n lityum sürüklenmiş silisyum detektörünün şematik gösterimi	48
Şekil 4.3.	a) Bir band filtresinin şematik gösterimi b) Basit bir RC entegratörü ve CR ayrıştırıcısının gösterimi	53
Şekil 4.4.	İki seviyeli ayrıştırıcı ile puls ayırma gösterimi	54
Şekil 4.5.	Puls yüksekliği analizi için tasarlanmış basit bir çok kanallı analizörün blok diyagramı	55
Şekil 4.6.	Zamanlama ve spektroskopik uygulamalarda yer alan tipik analog sinyal işleme adımları	57
Şekil 4.7.	30-mm ² 'lik Si(Li) detektöründen alınan Mn K X-ışınlarının puls yükseklik spektrumu	58

Şekil 4.8.	Geçiş Geometrisi.....	61
Şekil 4.9.	Uyarma Geometrisi.....	62
Şekil 5.1.	Detektör sistemi veriminin enerjiye bağlı değişim grafiği	69
Şekil 5.2.	Farklı alaşımlar içindeki Cr elementine ait X-ışını üretim tesir kesitlerinin konsantrasyona göre değişimi.....	71
Şekil 5.3.	Farklı alaşımlar içindeki Fe elementine ait X-ışını üretim tesir kesitlerinin konsantrasyona göre değişimi.....	72
Şekil 5.4.	Farklı alaşımlar içindeki Ni elementine ait X-ışını üretim tesir kesitlerinin konsantrasyona göre değişimi.....	73
Şekil 5.5.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının konsantrasyona göre değişimi.....	75
Şekil 5.6.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakası floresans verimlerinin konsantrasyona göre değişimi.....	77
Şekil 5.7.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin konsantrasyona göre değişimi.....	79
Şekil 5.8.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait KLX/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının konsantrasyona göre değişimi	81
Şekil 5.9.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının konsantrasyona göre değişimi	82
Şekil 5.10.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin konsantrasyona göre değişimi.....	85
Şekil 5.11.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakası soğurma sıçrama oranlarının konsantrasyona göre değişimi.....	86
Şekil 5.12.	Kütle azaltma katsayısının enerjiye göre değişimi	89
Şekil 5.13.	Moleküler tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	92
Şekil 5.14.	Atomik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi.....	95
Şekil 5.15.	Elektronik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	98
Şekil 5.16.	Etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi	101
Şekil 5.17.	Etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi.....	104

TABLolar LİSTESİ

Tablo 3.1.	Bazı genel alaşımların kompozisyon yapıları	9
Tablo 3.2.	Kromun genel özellikleri	11
Tablo 3.3.	Demirin genel özellikleri	12
Tablo 3.4.	Nikelin genel özellikleri.....	13
Tablo 3.5.	İlk üç atomik tabakanın yapısı	20
Tablo 3.6.	Diyagram çizgilerinin Siegbahn ve IUPAC gösterimi.....	22
Tablo 3.7.	Foton etkileşimlerinin sınıflandırılması.....	37
Tablo 4.1.	Ölçümlerde kullanılan numuneler ve özellikleri.....	60
Tablo 4.2.	Verim numuneleri ve özellikleri	61
Tablo 5.1.	59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Cr elementine ait X-ışını üretim tesir kesitleri	70
Tablo 5.2.	59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Fe elementine ait X-ışını üretim tesir kesitleri	70
Tablo 5.3.	59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Ni elementine ait X-ışını üretim tesir kesitleri	70
Tablo 5.4.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları.....	74
Tablo 5.5.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakası floresans verim değerleri.....	76
Tablo 5.6.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri değerleri.....	78
Tablo 5.7.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait $p(KLX)/p(KLL)$ (u) Auger elektron yayımlanma oranları	80
Tablo 5.8.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait $p(KXY)/p(KLL)$ (v) Auger elektron yayımlanma oranları.....	80
Tablo 5.9.	Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakası soğurma sıçrama faktörleri	83

Tablo 5.10. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakası soğurma sıçrama oranları.....	84
Tablo 5.11. Alaşımların ve elementlerin deneysel ve teorik kütle azaltma katsayı değerleri (cm^2/g)	88
Tablo 5.12. Alaşımların ve elementlerin deneysel ve teorik moleküler tesir kesiti değerleri ($\times 10^{-21}$) ($\text{cm}^2/\text{molekül}$).....	91
Tablo 5.13. Alaşımların ve elementlerin deneysel ve teorik atomik tesir kesiti değerleri ($\times 10^{-22}$) (cm^2/atom).....	94
Tablo 5.14. Alaşımların ve elementlerin deneysel ve teorik elektronik tesir kesiti değerleri ($\times 10^{-24}$) ($\text{cm}^2/\text{elektron}$).....	97
Tablo 5.15. Alaşımlar ve elementler için etkin atom numarası değerleri	100
Tablo 5.16. Alaşımlar ve elementler için etkin elektron yoğunluğu değerleri ($\times 10^{23}$)(elektron/g)	103

FARKLI KONSANTRASYONLARDAKİ ÜÇLÜ Fe/Cr/Ni ALAŞIMLARINDA Fe, Cr VE Ni ELEMENTLERİNİN UYARMA VE BU ALAŞIMLARIN SOĞURMA PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın birinci kısmında, Fe/Cr18/Ni10, Ni32,5/Cr21/Fe, Fe/Cr25/Ni20, Ni72/Cr16/Fe ve Fe/Cr17/Ni7 üçlü alaşımları içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerinin ve bu elementlerin saf hallerinin $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları, K tabakası floresans verimleri, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri, KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranları, K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ve soğurma sıçrama oranları belirlenmiştir. Deneyler uyarma geometrisinde ²⁴¹Am halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisinde gerçekleştirilmiştir. Saf elementler için belirlenen uyarma parametrelerinin deneysel ve teorik sonuçları arasında uyum olduğu gözlemlenmiştir. Farklı konsantrasyona sahip alaşımlar içindeki elementlerin deneysel sonuçları saf elementlerin teorik sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Gözlemlenen farklılıkların nedenleri, alaşım içindeki bir elementin atomlarından 3d elektronlarının diğer elementlerin atomlarına transferi ve/veya tek tek elementlerin 3d ve (4s, 4p) durumları arasındaki elektronların yeniden düzenlenmesi olarak yorumlanmıştır. $K\alpha$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri, K tabakası floresans verimleri, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri ve K tabakası soğurma sıçrama faktörleri sonuçları önemli derecede değişmezken, $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları, Auger elektron yayımlanma oranları ve K tabakası soğurma sıçrama oranları değerlerinin önemli derecede değiştiği gözlemlenmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında, Fe/Cr18/Ni10, Ni32,5/Cr21/Fe, Fe/Cr25/Ni20, Ni72/Cr16/Fe ve Fe/Cr17/Ni7 alaşımlarının ve Cr, Fe ve Ni elementlerinin 22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97, 34,96, 59,54, 81,00 ve 88,04 keV foton enerjilerinde kütle azaltma katsayıları, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları belirlenmiştir. Deneyler geçiş geometrisinde ¹⁰⁹Cd, ¹³³Ba ve ²⁴¹Am nokta kaynakları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneysel sonuçlar, WinXCOM ve FFAST teorik sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Deneysel değerler ile teorik değerler arasında iyi bir uyum olduğu gözlemlenmiştir. Belirlenen soğurma parametrelerinin foton enerjisine ve alaşım içindeki elementin konsantrasyonuna bağlı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Üçlü alaşım, X-ışını üretim tesir kesiti, X-ışını şiddet oranı, floresans verim, boşluk geçiş ihtimaliyeti, Auger elektron yayımlanma oranı, sıçrama faktörü, sıçrama oranı, kütle azaltma katsayısı, etkin atom numarası.

DETERMINATION OF THE EXCITATION PARAMETERS OF Fe, Cr AND Ni ELEMENTS IN THE Fe/Cr/Ni TERNARY ALLOYS AT THE DIFFERENT CONCENTRATIONS AND THE ABSORPTION PARAMETERS OF THESE ALLOYS

ABSTRACT

In the first part of this work, the $K\alpha$, $K\beta$ and total K X-ray production cross sections, $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios, K shell fluorescence yields, K to L shell vacancy transfer probabilities, KLX/KLL and KXY/KLL Auger electron emission ratios, K shell absorption jump factors and absorption jump ratios of Cr, Fe and Ni elements in the Fe/Cr18/Ni10, Ni32.5/Cr21/Fe, Fe/Cr25/Ni20, Ni72/Cr16/Fe and Fe/Cr17/Ni7 ternary alloys and the pure state of these elements were determined. The experiments were carried out at 59.54 keV photon energy emitted from ^{241}Am annular source in the excitation geometry. It has been observed that there is agreement between the experimental and theoretical results of the determined excitation parameters for the pure elements. The experimental results of the elements in alloys with different concentrations are compared with the theoretical results of the pure elements. The reasons of observed differences are interpreted as the transfer of 3d electrons from the atoms of an element in the alloy to the atoms of the other elements and/or the rearrangement of electrons between the 3d and (4s, 4p) states of the individual elements. It has been observed that while the $K\alpha$ and total K X-ray production cross sections, K shell fluorescence yields, K to L shell vacancy transfer probabilities and K shell absorption jump factors results do not change significantly, the $K\beta$ X-ray production cross sections, $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios, Auger electron emission ratios and K shell absorption jump ratios values change significantly.

In the second part of the work, the mass attenuation coefficients, molecular, atomic and electronic cross sections, effective atomic numbers and electron densities of Fe/Cr18/Ni10, Ni32.5/Cr21/Fe, Fe/Cr25/Ni20, Ni72/Cr16/Fe and Fe/Cr17/Ni7 alloys and Cr, Fe and Ni elements were determined at 22.10, 24.93, 25.46, 26.34, 30.63, 30.97, 34.96, 59.54, 81.00 and 88.04 keV photon energies. The experiments were performed in the transition geometry using ^{109}Cd , ^{133}Ba and ^{241}Am point sources. The experimental results were compared with the WinXCOM and FFAST theoretical results. It has been found that the determined absorption parameters depend on the photon energy and the concentration of the element in the alloy.

Keywords: Ternary alloy, X-ray production cross section, X-ray intensity ratio, fluorescence yield, vacancy transfer probability, Auger electron emission ratio, jump factor, jump ratio, mass attenuation coefficient, effective atomic number.

1. GİRİŞ

3d geiş metalleri teknolojinin gelişmesinde önemli rol oynamaktadır ve valans elektron yapılarının incelenmesi fiziksel özelliklerinin anlaşılmasında önemli katkılar sunmaktadır. 3d geçiş metalleri, bunların bileşikleri ve alaşımları uygulamalı bilimlerde ve endüstride çok yaygın kullanılan metallerdir. Elementlerin kimyasal bileşiklerde ya da alaşımlarda yer alması durumunda, yayınladıkları X-ışını spektrumlarında çeşitli değişikler görülebilir. Bu değişim, yayınlanan X-ışını çizgisinin dalga boyunda, şiddetinde veya çizgisinin şeklinde olabilir.

Alaşım etkisi, maddenin alaşım durumuna bağlı olarak X-ışını çizgisinin enerjisinde ve X-ışını çizgisinin mutlak ve rölatif şiddetinde bazı değişiklikler meydana getirir. Alaşım etkisi genellikle valans elektronlarının durumuna göre yorumlanır. Alaşım etkisi bu yüzden en fazla 3d grubu geçiş metallerde olacağı tahmin edilmektedir. Çünkü bu metallerin elektron dizilişleri, d orbitallerinin en son dolduğu elektron dizilişlerine sahiptirler. Bu nedenle bu çalışmada özellikle 3d geçiş metallere oluşturduğu alaşımlar seçilmiştir.

Bu çalışmada farklı konsantrasyonlardaki Fe/Cr/Ni alaşımlarında Fe, Cr ve Ni elementlerinin $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı, K tabakası floresans verimi, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyeti, Auger elektron yayımlanma oranları, K tabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı gibi uyarma parametreleri 59,54 keV foton enerjisinde ve kütle azaltma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi soğurma parametreleri on farklı enerjide deneysel ve teorik olarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin doğru değerlerinin ölçülmesi veya hesaplanması birçok uygulamalı bilimsel alan için önemlidir. Bu parametreler genel olarak medikal, radyasyon, nükleer, plazma ve uzay fiziğinde, biyolojik ve zirai endüstride kullanılabilir.

Fe, Cr ve Ni elementlerinin farklı alaşımlar içinde uyarma parametrelerinin tayini ile 3d geçiş metallere valans elektronlarının popülasyonu hakkında bilgiler edinilmiştir. Özellikle dış orbital elektronları ile etkileşim sonucu belirlenen $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinde, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarında ve Auger elektron yayılma oranlarındaki değişim valans elektronlar hakkında bilgi sağlamıştır. Bu parametreler X-ışının madde ile etkileşimi ile ilgili parametrelerdir ve bu alandaki sunulan teorilerin kontrol edilmesinde veya doğrulanmasında öncü parametrelerdir.

Soğurma parametrelerinden olan kütle azaltma katsayısı aslında soğurma ve saçılma parametrelerinin toplamından oluşur. Bu parametre, birim alandaki kütle başına foton etkileşimlerinin oranı olarak tanımlanabilir ve maddenin atom numarasına, foton enerjisine ve maddenin kimyasal yapısına bağlıdır. Kütle azaltma katsayısı kullanılarak moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu gibi bir dizi parametre hesaplanabilir. Bir elementi betimlerken sadece tek bir atom numarası kullanılır. Hine (1952)'ye göre maddemiz birden fazla elementten oluşuyorsa tek bir atom numarası yeterli olmaz. Bunun yerine maddeyi tanımlamak için etkin atom numarasını kullanılır ve bu etkin atom numarası enerjiye göre değişiklik gösterir. Etkin atom numarasına fotoelektrik etki, Compton saçılma ve çift oluşum gibi süreçlerin tek tek katkısı bulunmaktadır. Çalışmaların yapıldığı enerjide en baskın etki fotoelektrik olaydır. Compton saçılma deney geometrisi ile ihmal edilebilecek düzeye indirgenirken, çift oluşum süreci çalışılan enerjide gerçekleşmemiştir. Etkin elektron yoğunluğu da bir soğurma parametresidir ve maddenin birim kütle başına düşen elektron sayısı olarak tanımlanır. Özellikle etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu parametreleri bir maddenin soğurduğu kinetik enerjinin, maddenin kütle enerji soğurma katsayısının ve Compton profilinin belirlenmesinde oldukça önemlidir.

Soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörünün belirlenmesinde dört farklı yöntem vardır. Bunlar, gama veya X-ışını azaltma yöntemi, Compton azaltma yöntemi, enerji ayrımlı X-ışını floresans (EDXRF) yöntemi ve Bremsstrahlung yöntemidir. Bu çalışmada EDXRF yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde, güçlü bir radyoaktif kaynaktan gelen gama radyasyonu öncelikle elementin ilgili tabakanın veya alt-tabakanın X-ışını fotonlarının üretilmesinde kullanıldı.

Bu floresans parametreler yardımıyla ilgili tabakanın veya alttabakanın soğurma sıçrama faktörü belirlendi. Soğurma sıçrama faktörü de sıçrama oranıyla ilişkili olduğu için sıçrama faktörü yardımıyla da sıçrama oranı belirlenmiştir.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Alaşım lar içindeki elementlerin uyarma parametreleri, özellikle $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları birçok araştırmacı veya araştırma grubu tarafından deneysel ve teorik olarak incelenmiştir. Bhuinya ve Padhi (1992; 1993) Ti_xNi_{1-x} ve Cr_xNi_{1-x} alaşımları içindeki Ti, Cr ve Ni elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını gama ışını floresans tekniği ve proton uyarımlı X-ışını emisyon sistemler yardımıyla 59,54 keV ve 4,07 MeV enerjilerinde çalışmışlardır ve sonuçları yük transfer etkisiyle ya da alaşım içindeki bireysel metallerin elektronlarının tekrar düzenlenmesiyle yorumlamışlardır. Padhi ve Dhal (1995) Fe, Co, Ni, Cu, Mo, Ru, Rh ve Pd meallerinin alüminyumlu alaşımlarında $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 200 mCi Am-241 nokta kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisinde incelemişlerdir ve maksimum sapmayı kobaltlı alaşımlarda gözlemlemişlerdir. Mo, Ru, Rh ve Pd gibi 4d geçiş metallerinde ise neredeyse bir farklılık olmadığını rapor etmişlerdir. Söğüt vd. (1995) Cr_xNi_{1-x} ve Cr_xAl_{1-x} alaşımlar içindeki Cr ve Ni elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 59,5 keV foton enerjisinde deneysel olarak ve rölativistik Hartree-Slater metodunu kullanarak teorik olarak belirlemişlerdir ve bunları karşılaştırmışlardır. Raj vd. (1999a; 1999b; 1999c; 2000; 2001a; 2001b) Ti, V, Cr, Co elementlerinin ve bunların silisid bileşiklerinin; V_xNi_{1-x} alaşımlarında V ve Ni elementlerinin; V, Cr, Fe elementlerinin ve V_3Si , Cr_3Si ve $FeSi$ bileşiklerinin; Fe_xNi_{1-x} alaşımlarında Fe ve Ni elementlerinin; Mn elementinin ve MnO_2 , $LaMnO_3$, $La_{0,7}B_{0,3}MnO_3$ (B=Ca, Sr ve Ce) içinde Mn elementi için ve Fe_xNi_{1-x} alaşımlarında Fe ve Ni elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 59,54 keV foton enerjisinde 165 eV rezülasyona sahip bir Si(Li) detektör yardımıyla uyarma geometrisinde belirlemişlerdir ve sonuçları valans elektronların yeniden düzenlenmesiyle yorumlayıp, çoklu konfigürasyon Dirac-Fock metoduyla hesapladıkları teorik değerlerle karşılaştırmışlardır. Pawlowski vd. (2002) $Cr_{0,26}Fe_{0,74}$, $Cr_{0,80}Co_{0,20}$ ve $Ti_{0,80}Cr_{0,20}$ alaşımları içinde Ti, Cr, Fe ve Co elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 59,54 keV foton enerjisinde ölçmüşlerdir ve sonuçları çoklu konfigürasyon Dirac-Fock teorik hesaplamaları ile karşılaştırmışlardır. Kalayci vd. (2005; 2007) Ni-Si alaşımları içinde Ni

elementinin K tabakası floresans verimini ve Ni_3Si , Ni_2Si ve $NiSi$ alaşımları içinde Ni elementinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını Cd-109 radyoaktif kaynağından yayımlanan 22,69 keV foton enerjisinde Si(Li) detektör yardımıyla belirlemişlerdir ve sonuçları d orbitalinde bulunan elektronlarla yorumlamışlardır. Aylikci vd. (2009) farklı konsantrasyonlardaki CoCuAg alaşımlarda Co ve Cu elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını, $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini ve K tabakası floresans verimlerini ve ayrıca Ag elementinin $L\beta/L\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını, $L\alpha$ ve $L\beta$ üretim tesir kesitlerini ve L tabakası ortalama floresans verimlerini 5,96 keV (Ag için) ve 59,5 keV (Co ve Cu için) foton enerjilerinde Ultra-LEGe detektör kullanarak elde etmişlerdir. Han ve Demir (2009a; 2010a; 2010b; 2010c; 2010d) Fe_xNi_{1-x} , Ni_xCr_{1-x} ve $Fe_xCr_yNi_{1-(x+y)}$ alaşımları içinde Fe, Cr ve Ni elementlerinin; Co_xCu_{1-x} alaşımları içinde Co ve Cu elementlerinin; Ti_xNi_{1-x} alaşımları içinde Ti ve Ni elementlerinin; Fe_xNi_{1-x} , Ti_xNi_{1-x} ve Co_xCu_{1-x} alaşımları içinde Fe, Ni, Ti, Co ve Cu elementlerinin; ve Ti_xCo_{1-x} alaşımları içindeki Ti ve Co elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını Cd-109 radyoaktif kaynağından yayımlanan 22,69 keV foton enerjisinde deneysel olarak ve çoklu konfigürasyon Dirac-Fock metoduyla teorik olarak hesaplamışlardır ve deneysel ve teorik sonuçları karşılaştırarak, sonuçları delokalizasyon ve yük transferini temel alarak yorumlamışlardır. Aylikci vd. (2010) farklı konsantrasyonlardaki Zn_xCo_{1-x} alaşımları içinde Co ve Zn elementlerinin $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini, K tabakası floresans verimlerini, $K\beta/K\alpha$, $KLM/K\alpha$ ve $KMM/K\beta$ X-ışını şiddet oranlarını 59,5 keV foton enerjisinde belirlemişlerdir. Aylikci vd. (2011) farklı konsantrasyonlardaki ve farklı pH değerlerindeki ZnCo alaşımları içinde Co ve Zn elementlerinin $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini, K tabakası floresans verimlerini ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını Ultra-LEGe detektör kullanarak belirlemişlerdir. Doğan vd. (2013) farklı konsantrasyonlardaki ZnCr alaşımları içindeki Zn ve Cr elementlerinin $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını ve K tabakası floresans verimlerini 59,5 keV foton enerjisinde belirlemişlerdir. Cengiz vd. (2014) gözenekli NiTi alaşım içindeki Ni ve Ti elementlerinin $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 59,5 keV foton enerjisinde ölçmüşlerdir. Perişanoğlu ve Demir (2015) Ni_xCr_{1-x} alaşımları içindeki Cr ve Ni elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını manyetik alan varlığında ve bu alaşımların etkin atom numaralarını 59,5 keV foton enerjisinde belirlemişlerdir. Şiddet oranı sonuçlarını manyetik alansız sonuçlarla ve saf Ni ve Cr elementlerinininkilerle karşılaştırmışlardır ve şiddet oranlarının manyetik alandan

etkilendiğini gözlemlemişlerdir. Dogan vd. (2016) Cu_xSn_{1-x} alaşımları içindeki Cu ve Sn elementlerinin $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 59,5 keV foton enerjisinde Ultra-LEGe detektör yardımıyla ölçmüşlerdir. Alım vd. (2016) Fe_xNi_{1-x} alaşımları içindeki Fe ve Ni elementlerinin manyetik alansız ve farklı manyetik alanlar içindeki $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını 59,54 keV foton enerjisinde belirlemişlerdir. Perişanoğlu vd. (2016) Ti_xNi_{1-x} alaşımları içindeki Ti ve Ni elementlerinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını manyetik alan içinde 22,69 keV ve 59,54 keV foton enerjilerinde belirlemişlerdir.

Uyarma parametrelerinin yanı sıra kütle azaltma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve elektron yoğunluğu gibi soğurma parametreleri için de literatürde bazı çalışmalar bulunmaktadır. Seven vd. (2004) Am-241 nokta kaynağından yayımlanan 11,88, 13,93, 17,59, 21,09 ve 26,00 keV foton enerjilerinde Co, Cu, Ni elementleri ve CoCu, CoCuNi alaşımlarının kütle azaltma katsayılarını Si(Li) detektör yardımıyla belirlemişlerdir. İçelli vd. (2005) 15,746 ile 40,930 enerji aralığında Ni elementinin farklı konsantrasyonlarında CoCuNi alaşımları için etkin atom numaralarını geçiş geometrisinde deneysel ve teorik olarak rapor etmişlerdir. Cu, In ve Se elementleri ve CuInSe₂ yarıiletken malzeme için kütle azaltma katsayıları, etkin atom numaraları, lineer azaltma katsayıları ve yarı kalınlık değerleri 11,9 ile 37,3 keV enerji aralığında 15 farklı enerjide ikincil uyarma geometrisi kullanılarak Çevik vd. (2006) tarafından incelenmiştir. Akkurt (2007) farklı Mn konsantrasyonlarındaki Fe-Mn alaşımlarının etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını 1 keV ile 1 GeV enerji aralığında XCOM programını kullanarak teorik olarak hesaplamışlardır. Kaewkhao vd. (2008) NaI(Tl) sintilasyon detektörünü kullanarak Cu/Zn alaşımının kütle azaltma katsayılarını, toplam etkileşim tesir kesitlerini, etkin atom numaralarını, etkin elektron yoğunluklarını ve fotonların ortalama serbest yollarını 356, 511, 662, 835 ve 1275 keV gama ışını enerjilerinde deneysel olarak belirlemişlerdir. Çevik vd. (2008) Cd, Se, Te elementlerinin ve CdSe, CdTe yarıiletkenlerinin kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını ikincil uyarma geometrisini kullanarak 9,7 ile 87,3 keV enerji aralığında Ultra-LEGe detektörünü kullanarak ölçmüşlerdir. Han ve Demir (2009b: 2009c) Cr, Fe, Ni elementlerinin ve Fe_xNi_{1-x} , $Fe_xCr_yNi_{1-(x+y)}$, Ni_xCr_{1-x} alaşımlarının; ve Ti, Co, Cu elementlerinin ve Ti_xCo_{1-x} , Co_xCu_{1-x} alaşımlarının kütle azaltma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron

yoğunluklarını 10 mCi Cd-109 ve 100 mCi Am-241 radyoaktif nokta kaynaklarından yayımlanan 22,1, 25,0, 59,5 ve 88,0 keV foton enerjilerinde geçiş geometrisini kullanarak Si(Li) detektör yardımıyla belirlemişlerdir. Apaydın vd. (2009) Ultra-LEGe detektörünü kullanarak Co, Cu, Ag elementlerinin ve ince film şeklinde bulunan CoCuAg alaşımının kütle azaltma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını 4,029 ile 38,729 keV enerji aralığında ikincil uyarma geometrisini benimseyerek elde etmişlerdir. Han ve Demir (2010e) saf Au elementinin ve $Au_{99}Be_1$, $Au_{88}Ge_{12}$ ve $Au_{95}Zn_5$ alaşımlarının kütle azaltma katsayılarını, atomik ve elektronik tesir kesitlerini, etkin atom numaraları ve elektron yoğunluklarını 59,5 keV ve 88,0 keV enerjilerinde Si(Li) detektör yardımıyla deneysel ve karışım kuralını kullanarak teorik olarak hesaplamışlardır.

Limkitjaroenporn vd. (2012) Ag/Cu/Zn alaşımının kütle azaltma katsayılarını ve etkin atom numaralarını, foton enerjilerini Compton saçılma tekniğiyle değiştirerek 220 ile 662 keV enerji aralığında NaI(Tl) sintilasyon detektörünü kullanarak belirlemişlerdir. Narender vd. (2013) işlenmiş alüminyum alaşımının kütle azaltma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını, toplam atomik ve elektronik tesir kesitlerini ve foton ortalama serbest yollarını NaI(Tl) sintilasyon detektörü yardımıyla 59,5, 661,16, 1173 ve 1332 keV foton enerjilerinde rapor etmişlerdir. Limkitjaroenporn vd. (2013) ağırlıklı olarak nikelde oluşan Inconel 738 süper alaşımının kütle azaltma katsayılarını ve etkin atom numaralarını foton enerjilerini Compton saçılma tekniğiyle değiştirerek 220 ile 662 keV enerji aralığında NaI(Tl) detektör yardımıyla belirlemişlerdir. Demir ve Tursucu (2013) Fe_xCr_{1-x} ve Fe_xNi_{1-x} alaşımlarının etkin atom numaralarını 59,5 keV enerjide Rayleigh saçılma şiddetinin Compton saçılma şiddetine oranından deneysel olarak belirlemişlerdir. Mohammed vd. (2013) Al elementinin ve ağırlıklı olarak Al'dan oluşan iki farklı alaşımın lineer azaltma katsayılarını, kütle azaltma katsayılarını ve foton ortalama serbest yollarını 20, 25 ve 35 KV potansiyelleri için hesaplamışlardır. Singh ve Badiger (2014) bazı seçilmiş alaşımların kütle azaltma katsayılarını, eşdeğer atom numaraları, nötron soğurma tesir kesitlerini, yarı kalınlık değerleri ve buildup faktörleri gibi gama ışını ve nötron soğurma katsayılarını 0.015 ile 15 MeV enerji aralığında teorik olarak hesaplamışlardır. Singh vd. (2014) bazı oksit dağılımı güçlendirilmiş alaşımların kütle azaltma katsayılarını ortalama serbest yollarını, maruz kalınan buildup faktörlerini ve enerji soğurma buildup faktörlerini 0,015 ile 15 MeV enerji aralığında 40 mfp nüfus etme derinliğine kadar teorik olarak belirlemişlerdir.

Yılmaz vd. (2015) Fe_xCr_{1-x} ve Fe_xNi_{1-x} alaşımlarının kütle azaltma katsayılarını, kütle enerji soğurma katsayılarını ve havaya göre birim kütle başına bırakılan kinetik enerji katsayılarını 17,44 ile 51,70 keV enerji aralığında 11 farklı enerjide HPGe detektör kullanarak ölçmüşlerdir. Yıldırım vd. (2016) bazı alüminyum alaşımlarının lineer azaltma katsayılarını, kütle azaltma katsayılarını ve yarı kalınlık değerlerinin 662 ve 1250 keV enerjilerinde NaI(Tl) sintilasyon detektör yardımıyla rapor etmişlerdir.

Literatür taramasından da görüldüğü gibi üç farklı elementlerden oluşan alaşımların kullanıldığı çalışma yok denecek kadar azdır. Alaşım içindeki elemente ait K tabakası floresans verimi, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri ve alaşıma ait moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinde yapılan çalışmalar kısıtlı sayıdadır ve K tabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı parametrelerinde alaşım etkisi henüz hiç çalışılmamıştır.

Bu çalışmada, farklı konsantrasyonlardaki Fe/Cr/Ni alaşımlarında Fe, Cr ve Ni elementlerinin $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı, K tabakası floresans verimi, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyeti, Auger elektron yayımlanma oranları, K tabakası soğurma sıçrama faktörü ve sıçrama oranı gibi uyarma parametreleri 59,54 keV foton enerjisinde ve kütle azaltma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi soğurma parametreleri 22,10 ile 88,04 keV enerji aralığında on farklı enerjide deneysel ve teorik olarak belirlenmiştir.

3. KURAMSAL TEMELLER

3.1. Alaşım Genel Bilgi

Alaşımlar iki veya daha fazla erimiş metali karıştırarak hazırlanan metalik malzemelerdir. Ulaşım, elektrik, elektronik ve yapı endüstrisi gibi birçok alanda alaşımlar kullanılmaktadır. Aşağıda verilen Tablo 3.1'de bazı genel alaşımların kompozisyon yapıları verilmiştir.

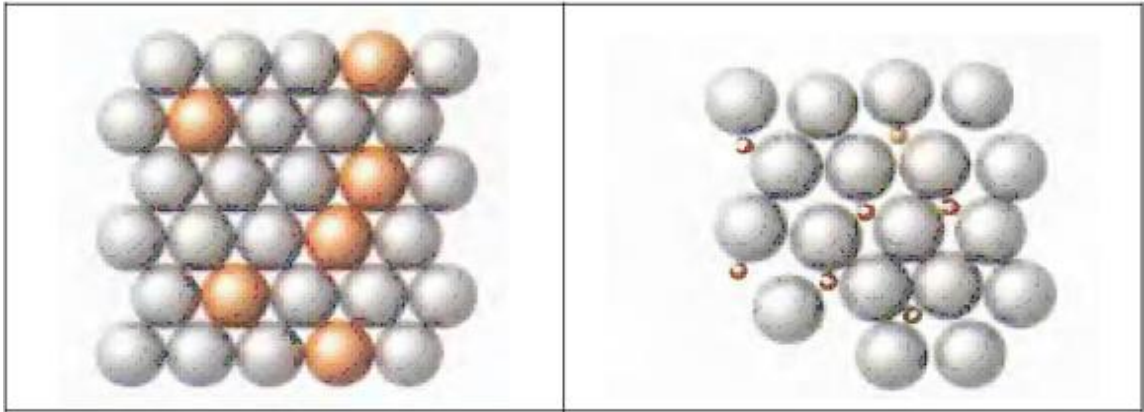
Tablo 3.1. Bazı genel alaşımların kompozisyon yapıları

Alaşım	Yüzde Kütle Kompozisyonu
Pirinç	Bakır içinde %40'a kadar çinko
Bronz	Bakır içinde çinko veya nikel dışında bir metal (döküm bronzu: %10 Sn ve %5 Pb)
Kupronikel	Bakır içinde nikel (Madeni para kupronikel: %25 Ni)
Pewter	Kalay içinde %6 antimon ve %1,5 bakır)
Lehim	Kalay ve kurşun
Paslanmaz çelik	Demir içinde %12'den fazla krom

Homojen alaşımlarda farklı elementlerin atomları düzgün olarak dağılmıştır. Örnek olarak pirinç, bronz ve madeni para alaşımları verilebilir. Kalay-kurşun lehim ve bazen dişleri doldurmak için kullanılan cıva amalgamı gibi heterojen alaşımlar, farklı kompozisyonlu kristal fazların karışımından oluşur. Atom yarıçapları farklı olan iki veya daha fazla elementin atomlarından yapıldığı için alaşımların yapıları saf metallerden daha karmaşıktır. d-blok elementlerinin metal yarıçapları birbirine benzediğinden, orjinal kristal yapısında çok az bozulma ile birbirleriyle geniş bir alaşım aralığı oluşturabilirler. Buna bir örnek olarak bakır madeni paralar için kullanılan bakır-çinko alaşımlarıdır. Çinko atomları bakır atomları ile hemen hemen aynı boyutta oldukları ve benzer elektronik özelliklere sahip oldukları için kristaldeki bazı bakır atomlarının yerini alabilirler. Bir metalin atomlarının bir başka metalin atomlarıyla yer değiştirdiği bir alaşıma süstitüsyonlu (yer değiştirmeyle ilgili) alaşımlar denir. Bu tür alaşımları

oluşturan elementler atom yarıçapları %15'den fazla farklılık göstermezler. Boyut ve elektronik yapıda ufak farklılıklar olduğundan, süstitüsyon alaşımındaki az miktarda atom, ana metalin daha bol atomlarının latis şeklini bozar ve elektron akışını engeller. Örgü bozulduğundan, bir atom düzleminin diğerinden geçmesi daha zor hale gelir. Bu nedenle, süstitüsyon alaşımı saf elementten daha düşük elektriksel ve ısı iletkenliğine sahip olmakla birlikte, daha sert ve daha güçlüdür.

Çelik, demir içinde yaklaşık %2 veya daha az karbondan oluşan bir alaşımdır. Karbon atomları demir atomlarından çok daha küçüktür ve bu yüzden kristal latis içinde demirin yerini alamaz. Gerçekten de, karbon atomları o kadar küçüktür ki demir latisindeki boşluklara sığabilirler. Ortaya çıkan malzemeye interstisyel (çatlakla ilgili) alaşım denir. Bu tür alaşımı oluşturmak için iki element yarıçapları, çözünen elementin atom yarıçapı, ana metalin atom yarıçapının %60'ından daha küçük olmalıdır. İnterstisyel atomlar elektrik iletkenliğine ve latis oluşturan atomların hareketine müdahale eder. Bu kısıtlı hareket, alaşımın saf ana metalden daha sert ve daha güçlü olmasını sağlar. Bu iki tür alaşıma bir örnek Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. a) Süstitüsyon alaşım b) İnterstisyel alaşım

Bazı alaşımlar bileşen metallere göre daha yumuşaktır. Büyük bizmut atomlarının varlığı, alaşım içinde iyi bir şekilde bir araya gelmeyeceğinden, bir metali yumuşatmaya veya erime noktasını düşürmeye yardımcı olur. Düşük erime noktalı kurşun, kalay ve bizmut alaşımı, bazı yangın söndürme sistemlerinde kullanılan su püskürtücülerini kontrol etmek için kullanılır. Yangının sıcaklığı yangın yayılmadan alaşımı eriterek püskürtücülerini harekete geçirecektir. Metal alaşımlar güçlü olma eğilimindedirler ve saf metalden daha düşük elektriksel iletkenliğe sahiptirler. Süstitüsyonlu alaşımlarda, çözünen metal

atomları, benzer atom yarıçaplı bir metalin bazı atomlarının yerini alır. İnterstisyel alaşımlarda, çözünen elementin atomları, daha büyük bir atom yarıçaplı bir metalin atomları tarafından oluşturulan bir latisdeki boşlukları doldururlar. Katıdan sıvıya dönüşmelere katılan termal olayların aydınlatılmasında termal analiz değerli bir yöntemdir. Alaşım katılaşma sürecinde, termal analizle elde edilen veriler aktif katılaşma mekanizmalarının nitel veya nicel tanımlamaları için çok yararlıdır.

3.2. Krom, Demir ve Nikel Hakkında Genel Bilgi

3.2.1. Krom (Cr)

Doğada bileşikleri halinde yaygın şekilde bulunur. Yakutun kırmızı, zümrüdün yeşil renginde bir miktar krom olduğu gibi bir çok bileşiğin bileşiminde değişik oksitler halindedir. Kromun en önemli minerali kromittir ($\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ veya FeCr_2O_4). Diğer filizi krokozit bilinen kurşun kromattır.

Krom çok sert bir metal ve aşınmaya karşı dirençli olmasına karşın, toz hali oldukça aktiftir. Yüzeyi bir oksit tabakası ile kaplandığından, cilalanmaya elverişlidir. Elektron dağılımı $[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$, yükseltgenme sayıları +1, +2, +3, +4, +5, +6 olmasına karşın genellikle +3 ve +6 değerliklerdedir. Doğadaki izotopları 50, 52, 53 ve 54'dür. Mavimsi-beyaz bir metaldir. Metalik halde kübiktir. Isıya, demirden daha fazla dayanıklıdır, 1800 °C'de erir. Çok serttir. Genel özellikleri Tablo 3.2'de verilmiştir.

Tablo 3.2. Kromun genel özellikleri

Atom Numarası	24	Atom kütlesi	51,996
Elektron dağılımı	$[\text{Ar}] 3d^5 4s^2$	Yükseltgenme sayısı	+2, +3, +6
Erime noktası	1857 °C	Kaynama noktası	2617 °C
İyonlaşma potansiyeli	6,76 eV	Yükseltgenme potansiyeli (Cr^{+3})	0,74 V
İzotopları	50, 52 (84), 53, 54		

Krom, kimyasal etkenlere ve atmosferik aşınmaya dayanıklılık gösterdiğinden diğer metallerin kaplanmasında çok kullanılır. Krom kaplama, elektroliz ve termik yollarla yapılır. Krom, dekoratif özelliklerinin yanı sıra, sürtünmeye karşı da dayanıklıdır. Kromun kaplanacak yüzeye daha iyi yapışması için, yüzeyin üzeri önce nikel ile kaplanır. Krom kaplama parlattırılabilir. Krom oksitlenmediği için, yüzey uzunca süre parlak durur.

Bu özelliğinden dolayı, çeşitli ev aletleri, mimaride kullanılan dekoratif parçalar, otomobil, bisiklet aksamları krom kaplanmış çelikten yapılır.

Krom boyaları sarı, koyu kırmızı, yeşil renkli olup yünlerin boyanmasında kullanılır. Boyalar yün üzerinde soluk renklere olmasına karşın, ışığa, sürtünmeye, yıkamaya asit ve alkalilere karşı oldukça dayanıklıdır. Kromun en önemli alaşımı ferrokromdur. %60-70 Cr, %30-40 Fe içerir. Kromit mineralinin elektrik fırınlarında indirgenmesiyle elde edilir. Nikron, %60 Ni, %25 Fe ve %15 Cr içerir. Elektrik fırınlarının yapılmasında kullanılır. (Tezcan ve Tezcan, 2007)

3.2.2. Demir (Fe)

Doğada bileşikleri halinde bulunur. Manyetit (Fe_3O_4), Hematit (Fe_2O_3), Limonit ($2Fe_2O_3 \cdot 3H_2O$), Pirit (FeS_2) Siderit ($FeCO_3$) asıl mineraller diğerleri limenit, kromit, kalkopirit sayılabilir. Yer kabuğunda %4,7 oranında alüminyumdan sonra en çok bulunan metaldir.

Saf demir gri renklidir. Dövülüp tel ve levha haline getirilebilir. Alfa, beta ve gama olmak üzere üç allotropu vardır. Alfa demir, 950 °C'de beta demire, 1400 °C'de gama demire dönüşür. Alfa ve gama demir iç merkezli kübik, beta demir ise yüzey merkezli kübik sistemdedir. Demir bir manyetik alanda veya elektrik akımında tutulursa manyetik özellik gösterir. Demir içinde karbon, nikel, kobalt gibi elementler bulunursa bu özellik artar. 775 °C'de bu özellik kaybolur. Demir bileşiklerinde +2 ve +3 değerliklerini alır. +2 bileşiklerine ferro, +3 bileşiklerine ferri denir. Demirin temel özellikleri Tablo 3.3'te verilmiştir (Tezcan ve Tezcan, 2007).

Tablo 3.3. Demirin genel özellikleri

Atom numarası	26	Atom kütlesi	55,847
Elektron dağılımı	[Ar] 3d ⁶ 4s ²	Atom yarıçapı	126 pm
İzotopları	54, 55, 56 (91), 57, 58	Yoğunluk	7,86 g/cm ³
Erime noktası	1809 °C	Kaynama noktası	3273 °C
Değerlikleri	+2, +3	İyonlaşma enerjisi	741,5 kJ/mol
İyon yarıçapı (+2)	76 pm	İyonlaşma potansiyeli (Fe^{+2})	0,44 V

3.2.3. Nikel (Ni)

Doğada bileşikleri halindedir. Başlıca mineralleri, Pentlantit ((Fe, Ni)₉S₈), Millerit (NiS), Moşerit (Ni₁₁As₈) ve magnezyum, alüminyum içeren silikatlı bileşiklerdir. Serbest halde meteorların yapısında demirle birlikte bulunur. Geçiş metallerinin temel özelliklerini gösterir. Daha çok demire ve kobalta benzer. Yeşil renkli +2 değerlikli hali en fazla gözlenir. Nikel, asitlere, bazlara ve diğer oksitleyici maddelere karşı dirençlidir. Bu nedenle çok sayıda alaşımların yapısına girer. Kuru havadan etkilenmez. Fakat nemli ortamlarda yüzeyinde ince bir tabaka halinde oksitlenir. Oksit sağlam ve gözeneksiz olduğundan, metalin iç kısımlarını korur. Nikel, hidrojenleme katalizörüdür. Karbon monositle, 45-70 °C'lerde, nikel tetra karbonili (Ni(CO)₄) verir. Bu kompleks ayrıştırılırsa oldukça saf nikel elde edilir. Nikel bileşikleri genellikle +2 değerlikli olmasına karşın, +1, +3 ve +4 değerlikli bileşikleri de elde edilir. Nikel tetrakarbonilde sıfır değerliklidir. Nikel+2 bileşikleri yeşil renklidir. Nikelin genel özellikleri Tablo 3.4'te verilmiştir.

Tablo 3.4. Nikelin genel özellikleri

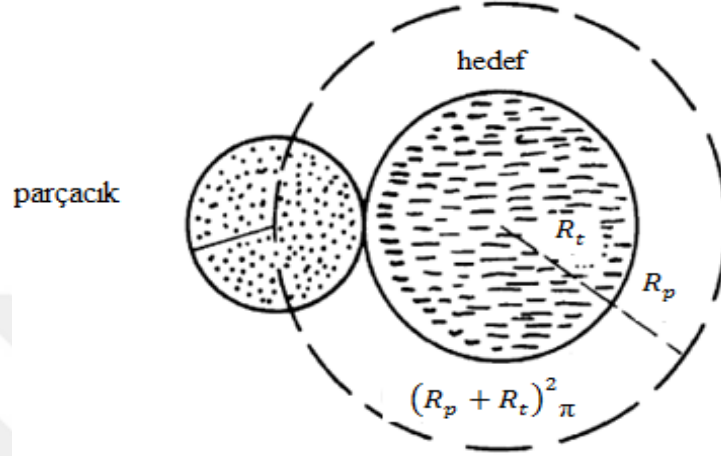
Atom numarası	28	Atom kütlesi	58,7
Elektron dağılımı	[Ar] 3d ⁸ 4s ²	Yükseltgenme sayısı	+2, +3
Erime noktası	1453 °C	Kaynama noktası	2737 °C
Yoğunluk	8,9 g/cm ³	İzotopları	58-66

Saf veya düşük alaşımlı nikel, kimyasal etkenlere karşı dirençlidir. Metal parlaklığını atmosfer korozyonu altında bile göstermesi nedeniyle, geniş bir kullanım alanına sahiptir. Çelik, bakır, alüminyumdan yapılmış alaşımlarının elektrolitik kaplanmasında kullanılır. Kadmiyum pillerinde ve elektronik sanayisinde geniş ölçüde nikelden yararlanır. Tel halinde metal örgülerin yapılmasında, özgün alaşımların yapılmasında, nikel-krom-demir alaşımları, döner makinelerin bağlanmasında kullanılan önemli bir elementtir (Tezcan ve Tezcan, 2007).

3.3. Tesir Kesiti

Tesir kesiti, çarpışma olasılığını veya bir olayın meydana gelme ihtimaliyetini ifade eder. Önce bir parçacığın çok ince bir soğurucu folyodan geçtiğini göz önüne alalım. Soğurucu yüzey kısmına A dersek, gelen bir parçacığın soğurucunun bir parçacığı ile çarpışma olasılığı, A yüzeyinin herhangi bir kısmının etkileşim kesitiyle alakalıdır. Soğurucunun

her parçacığı, A yüzeyinde eşit bir tesir kesit alanının yarıçapının karesi, π ile çarpılır. Parçacık merkezleri ile hedef arasındaki mesafenin yarıçaplarının toplamından az olması durumunda bir çarpışma meydana gelecektir. İki küre arasındaki tesir kesit alanı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2. İki küre arasındaki tesir kesit alanı

Dolayısıyla etkin çarpışma yüzeyi,

$$(R_p + R_t)^2 \pi \quad (3.1)$$

ile verilir. Burada R_p , gelen parçacığın yarıçapı ve R_t , hedef parçacığın yarıçapıdır. Eğer A yüzeyinde N parçacık varsa, bu çarpışmaların meydana gelebileceği toplam etkin alan şöyle verilir;

$$N (R_p + R_t)^2 \pi \quad (3.2)$$

Gelen parçacığın geçebileceği toplam yüzey alanının A'ya eşit olduğu için, bir çarpışmanın olasılığı, etkileşenlerin toplam etkin tesir kesit oranına eşit olur. Yani,

$$(N / A) (R_p + R_t)^2 \pi = N_0 (R_p + R_t)^2 \pi \quad (3.3)$$

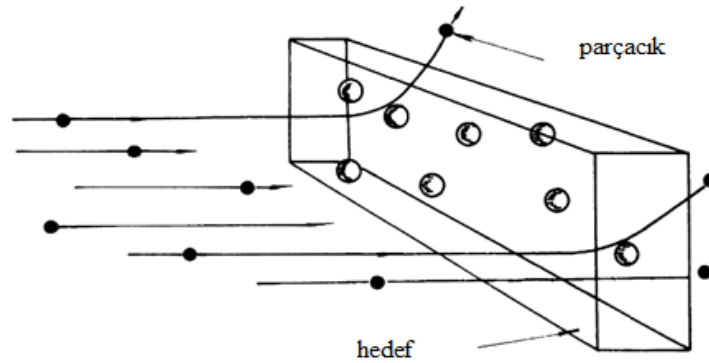
Burada N_0 , soğurucuda santimetre kare başına düşen parçacıkların sayısını belirtir. Bir hedef parçacığına ait etkin yüzeyi σ ile gösterilir ve tesir kesiti olarak adlandırılır.

$$\sigma = (R_p + R_t)^2 \pi \quad (3.4)$$

ve çarpışma olasılığı $=N_0\sigma$ 'dir. σ 'nın tanımı, N 'yi 1'e eşitleyerek yani hedefin santimetrekaresi başına yalnızca bir tane parçacık olduğu varsayılarak elde edilir. Dolayısıyla σ , bir gelen parçacık ile santimetre başına bir tanecik içeren bir soğurucunun bir parçacığı arasındaki bir çarpışma ihtimaliyetini gösterir. Tesir kesit alanı σ , alan boyutlarına sahiptir. Eğer aynı yarıçapa sahip olsalar, çarpışmada bulunan parçacıkların tesir kesit alanı iki katına eşit olur. Elbette ki, gerçekte soğurucunun santimetrekaresi başına düşen birden fazla parçacık vardır. Bu sayı N_0 , kübik santimetre kare başına parçacıkların sayısı, $N \text{ cm}^3$, soğurucunun Δx kalınlığı ile çarpılırsa elde edilir. A yüzeyinin herhangi bir yerinde parçacık olayının ince bir hedef parçacıklarından biriyle etkileşime girme olasılığı şöyledir:

$$\text{Çarpışma olasılığı} = \sigma N_{\text{cm}^3} \Delta x \quad (3.5)$$

Burada $N_{\text{cm}^3} \Delta x = N_0$ 'dır. Bir parçacığın bir parçacık demetiyle çarpışma ihtimalinin formülasyonunu genişletmek basittir. Işın yoğunluğu saniyede n parçacık olsun. Işın bir soğurucuyu geçerken dn parçacıklarıyla çarpışacaktır. Şekil 3.3'te çarpışma esnasında tesir kesitinin şematik gösterimi belirtilmiştir.



Şekil 3.3. Çarpışma esnasında tesir kesitinin şematik gösterimi

Işın parçacıklarının bir çarpışma olasılığı, dn/n oranına eşittir. Örneğin, bir parçacık için bir çarpışma olasılığı 0,5 ise ortalama olarak her iki parçacığın çarpışmasında $dn=0,5n$ olacaktır. Buna göre, n parçacıklarının bir ışını denklem (3.4)'e göre;

$$dn / n = \sigma N_{\text{cm}^3} \Delta x \text{ veya } dn = \sigma N_{\text{cm}^3} \Delta x n \quad (3.6)$$

olur. Parçacıklar küreler halinde düşünülerek, kesir kavramına ulaşılması gibi nükleer çarpışmalarda da geçerlidir. Fakat burada durum çok daha karmaşıktır. Çünkü uzun ve kısa menzilli kuvvetler dahil olabilirler ve çarpışmalar maddenin dalga durumuna bağlıdır. Tesir kesit birimi barn'dır ve $1b = 10^{-24} \text{ cm}^2$ dir.

3.4. X- ışınlarının Oluşumu ve Genel Özellikleri

X-ışını bölgesi elektromanyetik spektrumda 0,1-100 Å arasına uzanan, küçük dalga boylu γ -ışınları ve büyük dalga boyuna sahip ultraviyole ışınları arasında yer alır. X-ışınlarının ve ultraviyole ışınlarının gerçek sınırları tam anlamıyla belirlenememiş ve uzun süre boyunca spektrokopistler kesin değerler alamamışlardır. Fakat son yıllarda, küçük dalga boylarına sahip X-ışınları spektrokopistleri ve büyük dalga boylarına sahip ultraviyole ışınları ile ilgili çalışanlar bu dalga boyu aralığını incelemiştir. Genel uygulamalarda bu bölge, yumuşak X-ışını ve vakum ultraviyole bölge olarak adlandırılır. 1895'te Röntgen'in X-ışınlarının keşfetmesinin ardından birçok deneyde X-ışınlarının ikili yapısı kanıtlandı. Radyasyonun doğal parçacıkları ilk olarak en iyi, yarıklardaki kırınım deneylerinde ve Von Laue'nin klasik çalışmalarındaki kristal kullanımı ile dalga karakteri, iyonizasyon ve saçılma olaylarında da parçacık karakterleri saptandı.

Bir element elektronlar ile bombardıman edildiği zaman X-ışını bölgesi Şekil 3.4'teki gibidir. Bir X-ışını tüpünde tungsten anodundan spektrumun temel özellikleri, değişen şiddetteki ayrık dalga boyları ve sürekli bir radyasyonun geniş bandının üst üste gelişi ile belirlenebilir. X-ışınları spektrumlarının oluşumu, bir atomun Bohr modelinin temelleri ile açık bir şekilde açıklanabilir. X-ışınları ölçümlerinin, bu yüzyılın başlarında oluşması sebebiyle bu konsept kabul edilmiştir.

3.5. Sürekli X-ışınları

Sürekli X-ışınları yüksek hızlı elektronların hedef elementinin Coulomb alanında yavaşlaması ardından meydana gelir. Bu sürekliliğin şiddet dağılımı, foton sayılarının sıralı enerjilerinin bir fonksiyonu olarak kabul edilip küçük dalga boylarının λ_{\min} sınırı ile ve yüksek hızlı elektronların maksimum enerjilerinde maksimum bir pik tarafından $2\lambda_{\min}$ ile karakterize edilebilir.

Küçük dalga boylarının sınırı ilk olarak Duane ve Hunt tarafından uygulanan V_0 potansiyel ile ters orantılı olduğu gösterilmiştir.

$$\lambda_{\min} = \frac{hc}{V_0} \quad (3.7)$$

Burada, h Planck sabiti ve c ışık hızıdır. V_0 potansiyeli kilovolt ile λ ise Ångstroms olarak ifade edilir. Bu sabitler yerleştirilince;

$$\lambda_{\min} \approx \frac{12,4}{V_0} \quad (3.8)$$

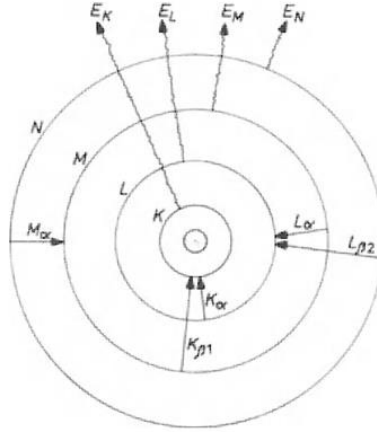
elde edilir. Sürecin tüm şiddeti, akım (i) ve potansiyel (V) uygulamada ve ayrıca hedef materyalin atom numarasında artış gösterirken rölatif dağılım fiili olarak sabitliğini korur. X-ışını tüplerinin spektrum dağılımlarına göre tasarlanan, büyük dalga boylarında doğal pencere filtrelemesine neden olan spektrometreler birbirinden farklılık gösterebilir. Uyarma şartları açısından süreklilik dağılımını ifade edebilmek için birçok girişimde bulunulmuştur.

$$I(\lambda) \cdot d(\lambda) = K \cdot i \cdot Z \left| \frac{\lambda}{\lambda_{\min}} - 1 \right| \frac{1}{\lambda^2} d\lambda \quad (3.9)$$

Bu formül, eşitlik (3.8) ve (3.9) ile tanımlanan λ_{\min} , uygulanan akımla herhangi bir dalga boyunda çok ince kalınlıktaki hedefin atom numarasının şiddetiyle ve K sabitiyle ilgilidir. Bu ifadede hedef tarafından öz soğurması dahil değildir. λ_{\min} uygulanan potansiyele göre süreçteki dağılım, tüp akımının doğrusal bir fonksiyonu ve hedef materyalinin atom numarası ile ters orantılıdır.

3.6. Karakteristik X-ışınları

Karakteristik X-ışınları bir ya da daha fazla hedef elementin yörünge elektronlarından fırlatılmasına müteakip elektronların yeniden düzenlenmesinde ortaya çıkar. Şekil 3.5 bu oluşumu ve bazı önemli geçişleri göstermektedir.



Şekil 3.5. X-ışını veren geçişler

K tabakasından bir elektron fırlatılırsa, K tabakasındaki oluşan boşluktan dolayı atom kararsız durumda bulunacaktır. Atom kararlı durumunu dış yörüngelerinin birinden bir veya daha çok geçiş yaparak gelen bir elektron bu boşluğu dolduracaktır. Bu süreçte ilk ve son seviyeler arasındaki enerji farkına sahip bir enerjide foton yayımlanır. Örneğin, elektron K tabakasından koparılmışsa ve buradaki boşluk L tabakası elektronu tarafından doldurulmuşsa yayımlanan foton enerjisi $E_K - E_L$ kadardır ve bu geçişe K_{α} çizgisi denir. L tabakasından oluşan boşluk M tabakasından başka bir elektronla doldurulabilir ve $E_L - E_M$ enerjili foton yayımlanır. Bu süreç, atom enerjisi, dış yörüngelerdeki normal elektron titreşimleriyle ilişkili bir değere düşene kadar sürdürülür ve genel olarak enerji birkaç eV'tur.

Uygulanacak bu süreç yukarıda bahsedildiğinden çok daha karmaşık bir yapıya sahiptir. Bunun nedeni, gerçekte bir elektron belirli bir tabakadaki pozisyonundan, yani baş kuantum sayısından dolayı başka enerjilere de sahip olabilir. Bir elektronun enerjisi n, l, m ve s olarak bilinen kuantum sayılarıyla tanımlanır. n, baş kuantum sayısıdır ve 1,2,3... değerlerini alır. K tabakası n=1, L tabakası n=2 ve M tabakası n=3 şeklinde devam eder. l, açıl kuantum sayısıdır ve orbitallerin şeklini belirler. Her orbital iki elektron alabilir.

l , $(n-1)$ tane değere sahiptir ve $l=0$ s orbitali, $l=1$ p orbitali, $l=2$ d orbitali ve $l=3$ f orbitalidir. m , manyetik kuantum sayısı, l tarafından tanımlanan açısız momentumun manyetik alandaki izdüşümüdür ve 0 ile $+l$ ve $-l$ değerleri arasındaki tüm değerleri alabilir. Son olarak s , spin manyetik kuantum sayısıdır ve $\pm 1/2$ değerlerini alır. Pauli'nin dışarlama ilkesine göre iki elektron aynı kuantum sayılarına sahip olamaz ve böylece her bir tabakada yer alacak maksimum elektron sayısı $2n^2$ kadar olacaktır. Baş kuantum sayısındaki değişimle ilişkili toplam enerji değişimini düşündüğümüz için diğer kuantum sayılarındaki değişikliklerden kaynaklanan etkilerin de dikkate alınması gerektiği açıktır. İlk yaklaşımda elektronun enerjisi sadece n ve l 'ye bağlı olan konfigürasyona göre belirlenir. Bunun yanında spin manyetik kuantum sayısının etkisi l 'de önemli değişiklikler meydana getirecek kadar büyüktür ve s ile l 'nin vektör toplamının dikkate alınması gerekir. Bu vektörlerin toplamı j olarak bilinir ve bu manyetik alan yörüngedeki bir izdüşümüdür. Tablo 3.5'te ilk üç atomik tabakanın yapısı verilmiştir.

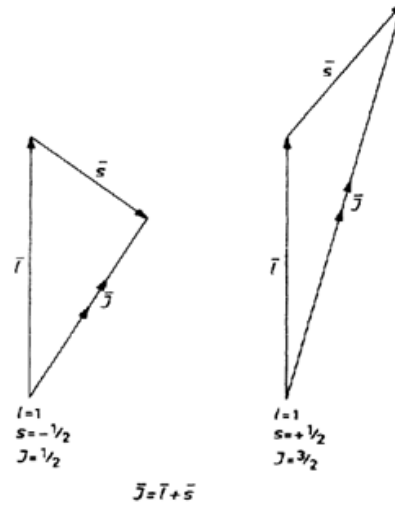
$$\vec{J} = \vec{l} + \vec{s} \quad (3.10)$$

Tablo 3.5. İlk üç atomik tabakanın yapısı

Tabaka	n	l	m	s	Maksimum elektron sayısı	Mümkün J değerleri
K	1	0	0	$\pm 1/2$	2	1/2
		0	0	$\pm 1/2$		1/2
L	2	1	+1	$\pm 1/2$	8	1/2, 3/2
		1	0	$\pm 1/2$		
		1	-1	$\pm 1/2$		
M	3	0	0	$\pm 1/2$	18	1/2
		1	+1	$\pm 1/2$		
		1	0	$\pm 1/2$		1/2, 3/2
		1	-1	$\pm 1/2$		
		2	+2	$\pm 1/2$		
		2	+1	$\pm 1/2$		
		2	0	$\pm 1/2$		3/2, 5/2
		2	-1	$\pm 1/2$		
2	-2	$\pm 1/2$				

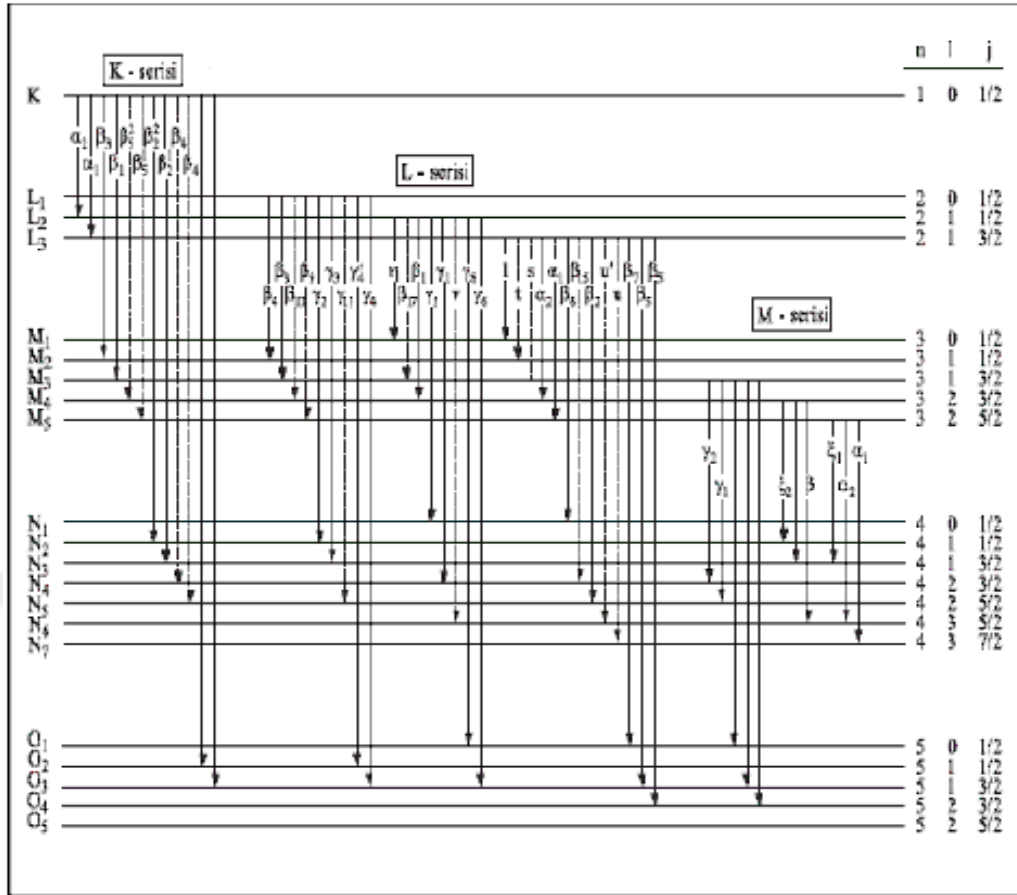
Şekil 3.6 bu etkiyi bir vektör diyagramıyla gösterir ve $l=1$ için elektronun j 'nin iki değerini olduğunu gösterir. Bu ifade l 'nin tüm değerleri için l 'den büyük veya eşittir. Fakat burada $l=0$ için yörünge küresel simetriktir ve sadece $j=1/2$ değerini alır. \vec{j} 'nin

mümkün değerleri, K tabakası için bir tane, L tabakası için üç tane ve M tabakası için beş tanedir. Bu nedenle K tabakasını bir grupta, L tabakasını L_1 , L_2 ve L_3 gibi üç grupta ve M tabakasını M_1 'den M_5 'e kadar beş grup altında belirtilir.



Şekil 3.6. Açısal ve spin kuantum sayılarının vektörel toplamı

Burada izinli geçişlerin belirlenmesinde kullanılan seçim kuralları; $\Delta l = \pm 1$ ve $\Delta j = 0$ veya ± 1 şeklindedir. Şekil 3.7'de bu seçim kurallarına uyan karakteristik çizgiler görülmektedir. α çizgileri her zaman $\Delta n = 1$ ile ilişkilidir ve şiddetli β ve γ çizgileri $\Delta n = 1$ veya 2 doldurularak oluşur. Ayrıca Tablo 3.6'da X-ışınlarının Siegbahn ve IUPAC gösterimi verilmiştir.



Şekil 3.7. X-ışını emisyon çizgileri

Tablo 3.6. Diyagram çizgilerinin Siegbahn ve IUPAC gösterimi

Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC	Siegbahn	IUPAC
$K\alpha_1$	$K-L_3$	$L\alpha_1$	L_3-M_5	$L\gamma_1$	L_2-N_4
$K\alpha_2$	$K-L_2$	$L\alpha_2$	L_3-M_4	$L\gamma_2$	L_1-N_2
$K\beta_1$	$K-M_3$	$L\beta_1$	L_2-M_4	$L\gamma_3$	L_1-N_3
$K\beta_2^I$	$K-N_3$	$L\beta_2$	L_3-M_5	$L\gamma_4$	L_1-O_3
$K\beta_2^{II}$	$K-N_2$	$L\beta_3$	L_3-N_5	$L\gamma_4'$	L_1-O_2
$K\beta_3$	$K-M_2$	$L\beta_4$	L_1-M_3	$L\gamma_5$	L_2-N_1
$K\beta_4$	$K-N_5$	$L\beta_5$	L_1-M_2	$L\gamma_6$	L_2-O_4
$K\beta_4^I$	$K-N_4$	$L\beta_6$	$L_3-O_{4,5}$	$L\gamma_8$	L_2-O_1
$K\beta_{4x}$	$K-N_4$	$L\beta_7$	L_3-N_1	$L\gamma_8'$	$L_2-N_{6,7}$
$K\beta_5^I$	$K-M_5$	$L\beta_7$	$L_3-N_{6,7}$	$L\eta$	L_2-M_1
$K\beta_5^{II}$	$K-M_4$	$L\beta_9$	L_1-M_5	$L\epsilon$	L_3-M_1
		$L\beta_{10}$	L_1-M_4	$L\zeta$	L_3-M_2
		$L\beta_{15}$	L_3-N_4	L_1	L_3-M_3
		$L\beta_{17}$	L_2-M_3	L_u	$L_3-N_{6,7}$
				L_v	$L_2-N_{6,7}$

Radyasyonun dalga boyu transfer edilen elektronun ilk ve son halleri arasındaki enerji farkı ile ters orantılı olduğu için dalga boylarının çizgileri enerji aralığı arttıkça azalacaktır. Bundan dolayı $\Delta n=2$ ile ilişkili çizgiler $\Delta n=1$ 'den oluşanlardan daha yüksek enerjili olacaktır. Yani daha kısa dalga boylu olacaktır. Böylece K_β çizgileri, K_α çizgilerinden daha yüksek enerjili olacaktır ve bu böyle devam etmektedir. Ayrıca farklı serilerin dalga boylarının K'dan L'ye ve M'ye artacağı açıktır. Karakteristik çizginin dalga boyuyla alakalı genel ilişkisi verilen bir atom numarasında Moseley Kanunu'yla belirtilir.

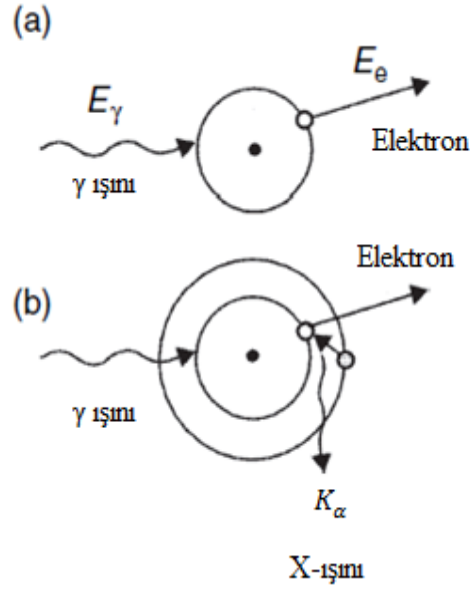
$$\frac{1}{\lambda} = K (Z - \sigma)^2 \quad (3.11)$$

Burada K, spektral serilerle değişen bir sabittir ve σ atomdaki diğer elektronlara bağlı itme olayını düzenleyen perdeleme sabitidir. Karakteristik çizginin şiddeti geçiş olasılığının bir fonksiyonudur. Örneğin, K tabakasından bir elektron iyonlaştığında, burada oluşan boşluk $L_2(K_{\alpha 2})$, $L_3(K_{\alpha 1})$, $M_3(K_{\beta 1})$ tabakalarından gelen bir elektronla doldurulma ihtimaliyeti yüksektir. L tabakasından gelen bir elektronun bu boşluğu doldurma ihtimaliyeti en büyüktür. Geçiş ihtimaliyeti farklı orbitallerdeki elektronun enerji durumları arasındaki farkın üssel bir fonksiyonudur. Dolayısıyla çeşitli karakteristik çizgilerin şiddet oranları belirli bir atom için sabit olsa da bu oranlar atom numarasına bağlı olarak kademeli bir şekilde değişir. Örneğin, bakır için K_α/K_β oranı yaklaşık olarak 5:1 şeklindedir. Fakat daha ağır elementler için bu oran gittikçe küçülür. Sn için yaklaşık 3:1 ve Al için yaklaşık 25:1 şeklindedir. Bununla birlikte karakteristik dalga boyları ve bunların rölatif şiddetleri verilen bir element için yaklaşık sabit olmasına rağmen, valans elektronlarının dağılımı değiştiğinde küçük değişiklikler meydana gelebilir.

3.7. Fotoelektrik Olay

Fotoelektrik olay, bir atomdaki bağlı elektronlardan biriyle fotonunun etkileşimiyle meydana gelir. Elektron, kinetik bir enerjiyle Şekil 3.8(a)'da gösterildiği gibi E_e ile bir kabuktan çıkarılır.

$$E_e = E_\gamma - E_b \quad (3.12)$$



Şekil 3.8. a) Fotoelektrik soğurma mekanizması b) X-ışını floresans emisyonu

Burada E_γ , gama ışını enerjisidir ve E_b , elektronun bağlanma enerjisidir. Atom, yüksek enerjili E_b ile uyarılmış bir hale geçer ve kararlılığını üst tabakalardan elektron geçişiyle geri kazanır. Atom, diğer elektronlar arasındaki uyarılma enerjisinin yeniden dağılımı için kendini önceki yani uyarılmamış haline dönebilir. Bu durum, toplam gama ışını enerjisinin bir kısmını detektöre aktaran bir Auger çığı, daha fazla elektronun salınmasına neden olabilir. Fotoelektronun ayrılmasıyla bırakılan boşluk, X-ışını olarak adlandırılan karakteristik X-ışını emisyonuyla düşen, yüksek enerjili bir elektron tarafından Şekil 3.8. (b)'deki gibi doldurulabilir. Bu X-ışını daha sonra muhtemelen gama ışını tüm enerjisini kaybedene kadar soğurulan diğer X-ışınlarını yayan fotoelektrik soğurmaya tabii tutulur.

Bir elektron fırlatıldığında momentumunu korumak için geri tepen atom tarafından çok az miktarda enerji tutmaktadır. Bu küçük enerji pratik amaçlar için göz ardı edilebilir. Elektronun fırlatıldığı enerji seviyesi gama ışınının enerjisine bağlıdır. Olası en muhtemel durum K elektronunun fırlatılmasıdır. K elektronunu fırlatmak için yeterli enerji yoksa, bunun yerine L veya M elektronları dışarı fırlatılır. Bu da fotoelektrik olay eğrilerinde süreksizlikler meydana getirir. Bu soğurma kenarları elektron kabuklarına karşı gelen bağlanma enerjilerinde oluşur. Sezyum iyodür için iki K kıyısı vardır ve biri 33,14 keV'de iyot K elektronuna, diğeri sezyum K elektronuna 35,96 keV'de karşılık gelir. Bu enerjilerin altında sadece L ve daha yüksek dereceli elektronlar fotoelektrik ile fırlatılabilir.

Enerjinin etkileşime geçebileceği daha az seçenek olduğundan etkileşim atomunda soğurma katsayısı K elektronunun net enerjisinde kademeli olarak düşer. En üst eğrideki düşük enerjiler L ve diğer daha az bağlanmış elektronlara benzeyen kenarlar görülür. L elektron kabuğu üç alt seviyeye sahiptir ve L kenarı formunda gösterilir. Bir fotonun, fotoelektrik olaya uğraması tesir kesiti τ olarak ifade edilir. Soğurma derecesinin bu ölçüsü soğurucunun atom numarası Z ve gama ışını enerjisi E_γ ile şu şekilde değişir.

$$\tau \mu Z^n / E_\gamma^m \quad (3.13)$$

Burada n ve m enerjiye bağlı olarak 3 ile 5 aralığı içerisinde değer alır. Örneğin, $Z^5 / E_\gamma^{3.5}$ ve Z^4 / E_γ^3 gibi denklemler alıntılanabilir. Bu denklemlerin önemi daha ağır atomların fotoelektrik olay açısından daha hafif atomlardan daha etkili bir şekilde gama radyasyonunu soğurabilmesidir. Bunların yük depolama özelliklerinin makul olduğu göz önüne alındığında ideal detektör malzemelerinin en yüksek Z 'ye sahip olacağı sonucuna varılmıştır.

Fotoelektrik soğurma katsayısı μ_{PE} , ilgili kesitten aşağıdaki gibi türetilir;

$$\mu_{PE} = \tau \rho N_A / A \quad (3.14)$$

Burada ρ , soğurucu malzemenin yoğunluğudur ve A , ortalama atom kütlesi, N_A Avogadro sabitidir. Literatürde, katsayı ve tesir kesiti kullanımı üzerinde bazı karışıklıklar bulunmaktadır. Bazı metinlerde ikisi aynı olmak üzere alınır. Normal olarak fotoelektrik olayın gama ışınlarının tam soğurulmasıyla sonuçlandığı varsayılmaktadır. Bununla birlikte detektör yüzeyine yakın olan olaylar için muhtemelen K X-ışınlarının, bazı floresans X-ışınlarının detektörden kaçabileceği olası bir durum vardır. Detektörde soğurulan net enerji şu şekildedir.

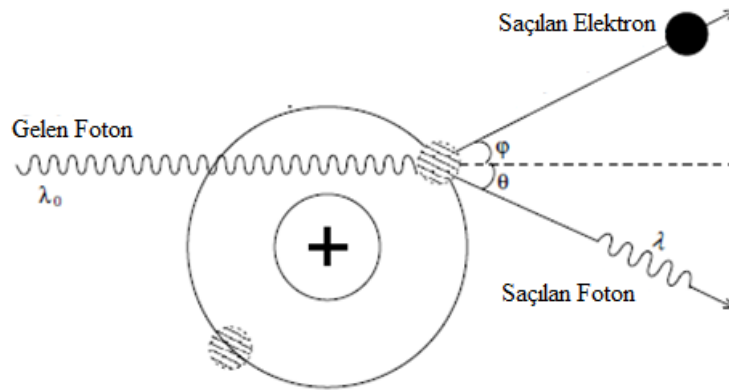
$$E_e = E_\gamma - E_K \quad (3.15)$$

Burada E_K , detektör materyalinin K X-ışını enerjisidir. Bu olaya X-ışını sızması denir. Belli bir miktarda enerji kaybolduğundan bu durum, enerjinin tepe noktasının düşük enerjili tarafında belirgin bir pik oluşturur.

Bir germanyum detektörde, bir germanyum sızma noktası ve bir sodyum iyodür detektöründe iyot sızma noktası vardır. Sodyum ve iyodun bağıl boyutları nedeniyle en fazla emilim sodyum iyodür tarafından, iyot atomlarının etkileşime girmesiyle oluşur. Bu pikler genellikle küçük detektörler ve düşük enerjili fotonlar için önemlidir. Ancak bunlar çok iyi tanımlandığında yüksek enerjili gama ışını pikleri ile ilişkili olarak belirlenebilir. Düşük enerjili gama ve X-ışınları için tasarlanmış detektörlerde ölçülen spektrumda aynı zamanda L sızıntılı X-ışınlarının bulguları da görülebilmektedir.

3.8. Compton Saçılması

Compton saçılması, serbest veya atoma zayıf bağlı elektronların inelastik saçılması anlamına gelir. Elektron hemen hemen serbest olduğu için çarpışma sonucunda bir saçılma meydana gelebilir. Şekil 3.9 bu süreci bağlı bir elektron için göstermektedir.



Şekil 3.9. $E_{\gamma_0} = hc/\lambda_0$ enerjili bir fotonun Compton saçılması

Laboratuarlarda kullanılan γ -ışınları yüzlerce keV enerjiye sahipken, düşük atom numaralı elementlerin bağlanma enerjileri sadece birkaç yüz eV mertebesindedir. Bu nedenle bağlı elektron gelen fotona göre hemen hemen serbest ve durgun kabul edilebilir. Genel olarak yörünge elektronları için gelen fotonun enerjisi hedef atomdaki en içerde yer alan elektronun bağlanma enerjisinden büyükse Compton saçılmasının olma ihtimali fotoelektrik olayın olma ihtimaliyetinden çok daha yüksektir.

Enerji ve momentum korunum yasaları saçılan elektron, foton ve gelen fotonların dalga boyları arasındaki ilişkiyi türetmek için yeterlidir ve bu ilişki aşağıdaki eşitlikle verilmiştir.

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos \theta) \quad (3.16)$$

Burada λ_0 ve λ , sırasıyla gelen ve saçılan fotonların dalga boylarını belirtir. Burada m_0 , elektronun durgun kütesidir ve θ , gelen ve saçılan fotonlar arasındaki açıdır. Bu eşitlik gelen ve saçılan fotonların enerjileri için;

$$E_\gamma = E_{\gamma 0} \left[1 + \frac{E_{\gamma 0}}{m_0 c^2} (1 - \cos \theta) \right]^{-1} \quad (3.17)$$

şeklinde yazılabilir. Burada $E_\gamma = hc/\lambda$ enerji-dalga boyu ilişkisi kullanılmıştır. Bu eşitlik saçılan fotonun enerjisinin hem gelen fotonun enerjisine hem de saçılma açısına bağlı olduğunu gösterir. Başka bir deyişle, saçılma süreci hiçbir şekilde izotropik değildir. Şimdi üç farklı açıdan (0° , 90° , 180°) foton enerjilerinin nasıl olacağını inceleyelim.

$\theta=0^\circ$ durumunda $\cos \theta = 1$ olduğundan (3.17) eşitliği şu şekle dönüşür;

$$E_\gamma = E_\gamma^{\max} = E_{\gamma 0} \quad (3.18)$$

Saçılmış foton gelen foton ile aynı yönde devam eder ve bunların enerjileri aynıdır. Bu açıda, fotonun elektron ile etkileşime girmediği anlaşılır ve bu nedenle bu işlem saçılma işlemi olarak kabul edilemez. Bununla birlikte bu durum bize saçılan foton enerjisinin üst sınırını vurgulamaktadır. Bu ilk bakışta sezgisel bir sonuç olarak görülebilir ancak burada ters Compton saçılması olarak bilinen özel bir süreç vardır. Bu süreçte saçılmış foton enerjisi, aslında gelen foton enerjisinden daha yüksektir. Bu süreçte elektron durgun kabul edilmez ve bu nedenle de önemli bir kinetik enerji taşır. Foton ile elektronun etkileşimi sırasında, elektron enerjisinin bir kısmını fotona verir ve ters Compton olayını meydana getirir. Bu laboratuarlarda pek karşılaşılmayan bir durumdur. Hedef elektronun gelen fotona göre durgun kabul edildiği normal Compton saçılmasında, saçılan foton enerjisi asla gelen foton enerjisini aşamaz.

$\theta=90^\circ$ durumunda, gelen foton elektron ile etkileşime girdikten sonra orijinal hareket yönünden dik açı yapacak şekilde uzaklaşır. Denklem (3.17)'de $\cos \theta = 0$ yerine konulursa;

$$E_{\gamma} = E_{\gamma 0} \left[1 + \frac{E_{\gamma 0}}{m_0 c^2} \right]^{-1} \quad (3.19)$$

bulunur. Fotonun dalga boyundaki değişim (3.16) denklemi yardımıyla bulunabilir.

$$\Delta \lambda = \frac{h}{m_0 c} = 2,432 \text{ fm} \quad (3.20)$$

$\theta=180^\circ$ durumunda, (3.17) denkleminde görüldüğü gibi bu durumda foton mümkün olan minimum enerjiyi taşır. Burada $1-\cos\theta$, 180° 'lik açıda maksimum olur. Bu durumda denklem (3.17)'de $1-\cos\theta=2$ alınır;

$$E_{\gamma}^{\min} = E_{\gamma 0} \left[1 + \frac{2E_{\gamma 0}}{m_0 c^2} \right]^{-1} \quad (3.21)$$

olur. Bu eşitlik şu şekilde de yazılabilir;

$$E_{\gamma}^{\min} = \frac{m_0 c^2}{2} \left[1 + \frac{m_0 c^2}{2E_{\gamma 0}} \right]^{-1} \quad (3.22)$$

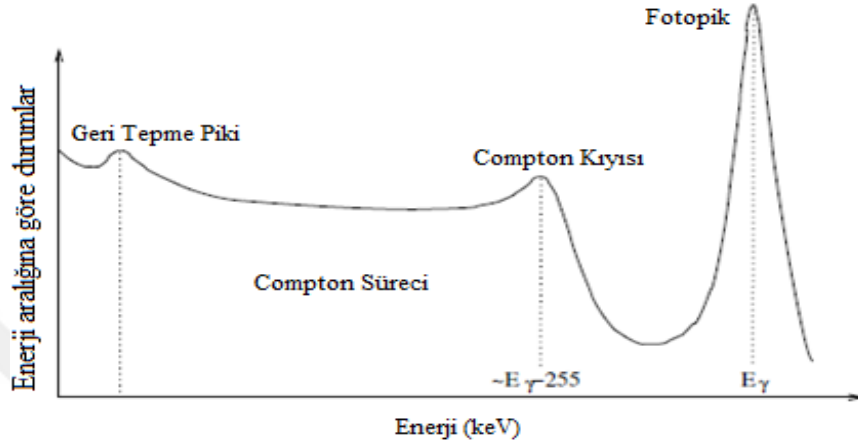
Gelen foton enerjisinden bağımsız olarak sayısal bir sonuç elde etmek için gelen foton enerjisinin elektronun durgun kütle enerjisinin yarısından daha büyük olduğunu kabul edelim. ($E_{\gamma} \gg m_0 c^2/2$) bu durumun herhangi önemli bir özelliği yoktur. Sadece $m_0 c^2/2E_{\gamma 0}$ terimini ortadan kaldırabilmek için seçilmiştir. Bu durumda yukarıdaki denklem;

$$E_{\gamma}^{\min} \gg \frac{m_0 c^2}{2} = 255 \text{ keV} \quad (3.23)$$

olur. Elektronun her açıda mümkün olan maksimum enerjiyi taşıyacağını söylediği için bu çok ilginç bir sonuca ulaştırır. Bu süreç gelen kütlelerin hareketinin tamamı ile tersine döndüğü ve hedef kütlelerin ileriye doğru harekete başladığı iki nokta yükün kafa kafaya çarpışmasına benzemektedir. Elektronun enerjisini belirlemek için, gelen fotonun enerjisinin çoğunun saçılmış foton ve elektron arasında dağıldığını varsayıyoruz. Böylece saçılmış elektronun maksimum enerjisini;

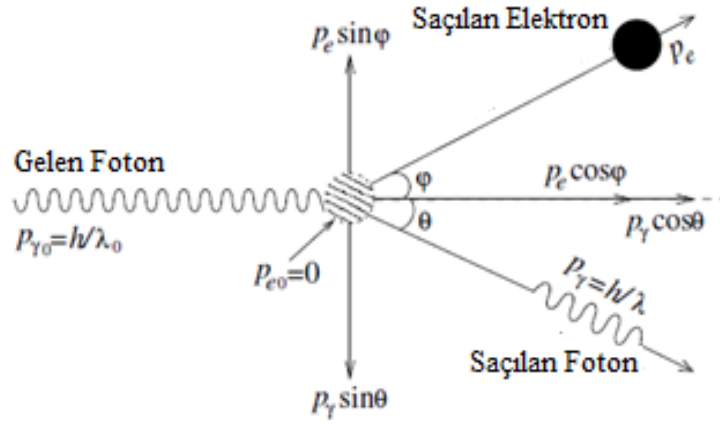
$$E_e^{\max} \gg E_\gamma - 255 \text{ keV} \quad (3.24)$$

şeklinde buluruz. Bu γ -ışını spektroskopisi deneyinde E_γ -255 keV enerjisinde bir tepe görülmesini ima eder. Böyle bir tepe gerçekten gözlenir ve bu tepe kendine has ismi olan Compton kıyısı adını alır. Şekil 3.10'da bu durum gösterilmiştir.



Şekil 3.10. Bir detektör tarafından elde edilen tipik bir γ -ışını spektrumu

Bu gözlemin bir sonucu olarak saçılmanın esnek olmadığı halde atoma verilen enerji önemli derecede yüksek olmadığı varsayımımızın olmasıdır. Şimdi denklem (3.16)'nın nasıl türetildiğini inceleyelim. Bu türetme için elektronun çarpışmadan önce durgun kütlelerinden başka bir enerjiye, yani herhangi bir potansiyel etki altında olmadığını kabul edeceğiz. Başka bir deyişle elektronu serbest kabul edeceğiz. Saçılma süreci, çarpışma öncesi ve sonrası momentumun ilgili yatay ve düşey bileşenleri ayrıldığı Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Bu şekil momentum korunma yasasını uygularken momentumun vektörel toplamını almamıza yardımcı olacaktır.



Şekil 3.11. Compton olayındaki başlangıç ve bitiş momentumları

Çarpışma öncesinde elektronun durgun olduğu varsayıldığından $p_{e0}=0$ ve çarpışmadan önce yatay yöndeki toplam momentum basitçe $p_{\gamma 0}$ 'dır. Saçılmadan sonra hem elektron hem de fotona karşılık gelen iki yatay moment bulunur. Yatay yönde momentum korunum yasası uygulanırsa;

$$p_{\gamma 0} = p_{\gamma} \cos \theta + p_e \cos \phi \quad (3.25)$$

elde edilir ve bu denklem tekrar düzenlenip karesi alınırsa;

$$p_{\gamma}^2 \cos^2 \theta = (p_{\gamma 0} - p_e \cos \phi)^2 \quad (3.26)$$

Saçılmadan önce dikey yönde bir momentum yoktu ve çarpışmadan sonra dikey yönde momentum korunumu kanunu uygulanırsa;

$$0 = p_{\gamma} \sin \theta - p_e \sin \phi \quad (3.27)$$

Buradaki negatif işaret iki momentumun birbirine ters yönde olduğunu belirtir. Bu denklem düzenlenip karesi alınırsa;

$$p_{\gamma}^2 \sin^2 \theta = p_e^2 \sin^2 \phi \quad (3.28)$$

elde edilir.

Denklem (3.26) ve (3.28) taraf tarafa toplanır;

$$p_e^2 = p_{\gamma 0}^2 + p_\gamma^2 - 2p_{\gamma 0}p_\gamma \cos\theta \quad (3.29)$$

olur. Burada $\sin^2 \theta + \cos^2 \theta = 1$ trigonometrik ifadesi kullanıldı. Bu eşitlikten p_e 'yi yok etmek için enerjinin korunumu kanunu uygulanır. Elektron başlangıçta durgun, yani herhangi bir kinetik enerjiye sahip değil ve durgun kütle enerjisi m_0c^2 'dir. Saçılmadan sonra özel görelilik teorisine göre;

$$E_e^2 = p_e^2 c^2 + m_0^2 c^4 \quad (3.30)$$

enerjisine sahip olur. Bir fotonun momentumuyla enerji ilişkisi;

$$E_\gamma = p_\gamma c \quad (3.31)$$

şeklinde verilir. Saçılma sürecinde enerjinin korunumu kanunu (3.30) ve (3.31) eşitlikleri kullanılarak;

$$E_{\gamma 0} + E_{e0} = E_\gamma + E_e$$

$$p_{\gamma 0} c + m_0 c^2 = p_\gamma c + \sqrt{p_e^2 c^2 + m_0^2 c^4}$$

$$p_e^2 = p_{\gamma 0}^2 + p_\gamma^2 - 2p_{\gamma 0}p_\gamma + 2m_0 c (p_{\gamma 0} - p_\gamma) \quad (3.32)$$

elde edilir. Burada (3.29) ve (3.32) denklemleri eşitlenip gerekli düzenlemeler yapılırsa;

$$p_{\gamma 0} - p_\gamma = p_{\gamma 0} p_\gamma (1 - \cos\theta) \quad (3.33)$$

elde edilir. $p_\gamma = h/\lambda$ kullanılırsa (3.33) denklemi;

$$\lambda = \lambda_0 + \frac{h}{m_0 c} (1 - \cos\theta) \quad (3.34)$$

şekline dönüşür.

Şimdiye kadar, olayın tesir kesitinin θ saçılma açısına bağlılığı hakkında bir şey söylemedik. Compton saçılması için diferansiyel tesir kesiti Klein-Mishima formülü olarak adlandırılan bir ifade ile hesaplanabilir.

$$\frac{d\sigma_c}{d\Omega} = \frac{r_0^2}{2} \left[\frac{1 + \cos^2\theta}{(1 + \alpha(1 - \cos\theta))^2} \right] \left[1 + \frac{4\alpha^2 \sin^4(\theta/2)}{(1 + \cos^2\theta)\{1 + \alpha(1 - \cos\theta)\}} \right] \quad (3.35)$$

Burada $r_0=2,818 \times 10^{-13}$ cm klasik elektron yarıçapıdır ve ν gelen fotonun frekansı ve m elektronun kütlesi ise $\alpha=h\nu/mc^2$ 'dir.

3.9. Çift Oluşum

Elektron, durgun kütle enerjisinin en az iki katı bir enerjiyle; $h\nu \geq 2mc^2$ olan bir foton, bir atom çekirdeği alanında bir elektron-pozitron çifti haline dönüşebilir. Çift oluşum, bir atomik elektron alanında da gerçekleşebilir, ancak olasılık oldukça düşüktür ve eşik enerjisi $4mc^2$ 'dir. Bu işlem çifte ek olarak, geri çeken atom elektronunun varlığı sebebiyle, üçlü oluşum olarak adlandırılır.

Çift oluşum, bir nükleer alandaki küresel çekirdek ihmal edilebilir bir enerji ile geri tepebilir. Bu nedenle, foton enerjisi ortaklarının $2mc^2$ 'ye artı olarak kinetik enerjileri T_+ ve T_- ye dönüştürülür.

$$h\nu = 2mc^2 + T_+ + T_- \quad (3.36)$$

Fazla enerjinin elektron ve pozitron arasındaki dağılımı sürekli. Yani kinetik enerji sıfırdan maksimum $h\nu - 2mc^2$ 'ye kadar değişebilir. Ayrıca enerji spektrumu iki parçacık için de hemen hemen aynıdır ve çekirdeğin atom numarasına bağlıdır. Çift oluşum için eşik foton dalga boyu $0,012 \text{ \AA}$ 'dur. Çift oluşum, artan foton enerjisi ile daha olası hale gelir ve olasılık, atom numarası ile yaklaşık olarak Z^2 şeklinde artar. Bu işlemin tersi de; bir elektron ve pozitron üretmek için fotonun yok olmasıdır. Bir pozitron hareket esnasında yavaşlar ve bir elektron çekerek pozitronyum oluştururlar ve daha muhtemel olmasına karşın yok olabilirler.

Pozitronyum, hidrojen atomuna benzeyen, karşılıklı kütle merkezi etrafında dönen bir elektron-pozitron çifti tarafından oluşturulan bağlı sistemdir. Elektron ve pozitron yok

olmadan yaklaşık 10^{-10} saniye süresince pozitronyum mevcuttur. Pozitronyum'un bozulma öncesi toplam momentumu sıfır olduğu için momentumunu korumak amacıyla en az iki foton üretmelidir. En muhtemel olay, zıt yönde giden 0,511 MeV fotonunun oluşturulmasıdır. Hareket sırasında pozitron yok edilmesi, toplam foton enerjisine artı olarak kinetik enerjisi de meydana gelecektir. Bazen üç foton üretilir. Herhangi bir pozitron kaynağı etrafında 0,511 MeV'luk yok etme fotonunun varlığı her zaman potansiyel bir radyasyon tehlikesi oluşturur.

3.10. Floresans Verim ve Auger Etkisi

Fazla enerjiye sahip bir atom, karakteristik X-ışını gibi bir yolla, iç yörüngesinden bir elektron yayar. Uyarılmış bir atomda, atomun fırlatılan elektronlarından biri, atom elektronlarından kendine daha az bağlı bir elektron tarafından düşük enerji seviyesine geçebilir. Bu radyasyondan arındırılmış geçişe Auger etkisi denir ve fırlatılan elektronlar Auger elektronları olarak adlandırılır. Auger etkisi olasılığı, birbirine uygun farklı enerji seviyelerinin içindeki azalma ile artar. Çünkü uyarılmış bir atomun bir elektronu azaldığında, örneğin K tabakasının içinden ve başka bir elektron L tabakasından Auger süreci ile fırlatılır. Atom iki kez iyonlaşmış durumdadır ve bu atom iki elektron kaybeder. Atom, tekli veya ikili elektron sıçramasıyla normal duruma dönebilir. Alternatif olarak Auger üretimi, M tabakasından üçüncü bir elektron fırlatmasıyla gerçekleştirilebilir. Enerji seviyeleri arasındaki fark azaldıkça Auger etkisi artar ve Auger etkisi düşük atom numaralı elementlerde yüksektir. Auger etkisinin önemli bir sonucu ise üretilen X-ışını fotonlarının sayısının beklenenden daha az olmasıdır. Çünkü elektron veren tabakanın içindeki boşluk ışımaz bir geçiş ile doldurulur. Atomik tabaka veya alt tabakanın bir boşluğun ışımaz geçiş ile doldurulmasına floresans verim denir. Bu tanıma uygun olarak basitçe atomun K tabakasının floresans verimi;

$$\omega_K = \frac{I_K}{n_K} \quad (3.37)$$

ile verilir. Burada I_K , bir numuneden yayılan karakteristik K X-ışını fotonlarının toplam sayısıdır. n_K , K tabakasındaki boşluk sayısıdır. Yüksek atomik tabakaların floresans veriminin tanımı daha karmaşıktır ve bunun iki sebebi vardır. Bunlar;

1) Tabakalar, K tabakasının üstünde birden fazla alt tabaka oluşturur; ortalama floresans verim tabakanın iyonizasyonuna bağlıdır.

2) Işınımsız geçişlerde, alt tabaka ile atomik tabakanın aynı baş kuantum sayılarına sahip olarak Coster-Kronig geçişler meydana gelir.

Coster-Kronig geçişleri olmadığı durumlarda (baş kuantum sayıları belirtilen $x(x=L,M, \dots)$) bir tabakanın i 'nci alt tabakasının floresans verimi;

$$\omega_i^x = \frac{I_i^x}{n_i^x} \quad (3.38)$$

X tabakası için ortalama floresans verim ($\bar{\omega}_x$) şöyle tanımlanır;

$$\bar{\omega}_x = \sum_{i=1}^x N_i^x \omega_i^x \quad (3.39)$$

Burada N_i^x ; X tabakasının i alt tabakasındaki birincil boşlukların rölatif sayısıdır.

$$N_i^x = \frac{n_i^x}{\sum_{i=1}^k n_i^x} \quad \sum_{i=1}^k N_i^x = 1 \quad (3.40)$$

(3.39) ve (3.40) denklemleri X tabakasının tüm X alt tabakalarının toplamıdır. Ortalama floresans verimde birincil boşluk dağılımı sabit olur. Yani Coster-Kronig geçişler yoktur. Önemli bir nokta, ($\bar{\omega}_x$) atomun temel bir özelliği değildir. Hem atomik alt tabakaların floresans verimine (ω_i^x) hem de atom iyonizasyonu metodunun karakteristiğinin birincil boşluk rölatif sayısına bağlıdır.

Coster-Kronig geçişlerinde ortalama floresans verim iki şekilde hesaplanır. İlk olarak ortalama floresans verim ($\bar{\omega}_x$) alt tabakanın floresans veriminin boşluk dağılımlarıyla birlikte doğrusal kombinasyonu olarak kabul edilir.

$$\bar{\omega}_x = \sum_{i=1}^x V_i^x \omega_i^x \quad \sum_{i=1}^x V_i^x > 1 \quad (3.41)$$

v_i^x , X tabakasının i'ninci alt tabakasında boşlukların rölatif sayısıdır. v_i^x değeri, ifade edilen N_i^x birincil boşlukların rölatif sayısıdır ve x_i alt tabakasından daha büyük alt tabakadaki (x_j) bir boşluk kayması için Coster-Kronig transfer olasılığı şöyle verilir;

$$V_1^x = N_1^x$$

$$V_2^x = N_2^x + f_{12}^x N_1^x$$

$$V_3^x = N_3^x + f_{23}^x N_2^x + (f_{13}^x + f_{12}^x + f_{23}^x) N_1^x \quad (3.42)$$

Alternatif bir yaklaşım olarak ortalama floresans verim ($\bar{\omega}_x$), N_i^x birincil boşlukların rölatif sayılarının doğrusal bir kombinasyonudur.

$$\bar{\omega}_x = \sum_{i=1}^x V_i^x N_i^x \quad (3.43)$$

Burada V_i^x , X_i alt tabakasının içindeki birincil boşluk başına, karakteristik X ışınlarının toplam sayısını gösterir. Dönüşümler sırasındaki bağlantı katsayıları ve alt tabaka floresans verim ω_i^x , (3.41) ve (3.43) denklemleriyle verilir. Floresans verim ω_i^x , Auger verimi a_i^x ve Coster-Kronig geçiş olasılığı f_{ij}^x bağlantıları şöyledir;

$$\omega_i^x + a_i^x + \sum_{i=1}^x f_{i3}^x = 1 \quad (3.44)$$

Ortalama Auger verim (\bar{a}_x) şöyle verilir;

$$\bar{a}_x = \sum_{i=1}^x V_i^x a_i^x \quad (3.45)$$

3.11. Fotonların Madde ile Etkileşimi

Fotonların madde ile etkileşimi, fotonların uzaklaştırılmış veya X ya da γ radyasyonunun birincil ışınlarının saptırılması haliyle şöyle sınıflandırılabilirler;

1) Fotonun etkileşime girdiği elektron, atom veya çekirdek gibi hedef türleri

2) Soğurma, saçılma veya çift oluşum olaylarının türü

Bu etkileşimlerin fotonun kökeninden (X-ışınları için, nükleer geçişlere karşı elektronik geçişler) bağımsız olduğu düşünülmektedir. Burada hem γ - hem de X-ışınlarına atfen foton terimi kullanılır.

Olası etkileşimler Tablo 3.7'de özetlenmiştir. Burada τ , atom başına toplam fotoelektrik tesir kesiti ($\tau=\tau_K+\tau_L+\dots$) ve σ_R ile σ_C ise sırasıyla Rayleigh ve Compton tesir kesitleridir. Bu birbiriyle rekabet halindeki bir çok sürecin olasılığıdır. Yani atom, elektron ya da soğurucudaki çekirdek başına bir etkileşim ihtimaliyeti olarak ifade edilebilir.

Her bir atom esasında normalize edilen bu kesitlerin toplamı, olay fotonunun bir santimetre kare alanda bir atom içeren bir soğurucunun içinden geçerken, bir çeşit etkileşime sahip olması ihtimalidir. Olay fotonunun formülü;

$$\sigma_{top} = \tau + \sigma_R + \sigma_C + \dots \quad (3.46)$$

Burada σ_{top} , atom başına toplam tesir kesitidir. Santimetre küp başına atom sayısı ile çarpıldığından, santimetre başına lineer azaltma katsayısı;

$$\mu \left(\frac{1}{cm} \right) = \sigma_{top} \left(\frac{cm^2}{atom} \right) \rho \left(\frac{g}{cm^3} \right) \frac{N_A}{A} \left(\frac{atom}{g} \right) \quad (3.47)$$

şeklinde verilir. Burada ρ maddenin yoğunluğudur ve N_A , Avogadro sayıdır. Kütle azaltma katsayısı μ (cm^2/g), lineer azaltma katsayısının ve malzemenin yoğunluğunun oranıdır. Azaltma, fotonun sadece saptırıldığı ve başlangıç enerjisini soğurucuya aktarmadığı, tamamen elastik olmayan bir oluşumu kapsar ve bu işlemde sadece bir saçılma söz konusudur. Bu fotoelektrik etkileşimde, fotonun tüm enerjisi ortamın bir atomu tarafından soğulur.

Tablo 3.7. Foton etkileşimlerinin sınıflandırılması

Etkileşim Türü	Saçılma			
	Soğurma	Elastik	İnelastik	Çoklu foton etkileri
Atomik elektronlar ile etkileşim	Fotoelektrik soğurma τ $\sim Z^4$ düşük enerji $\sim Z^5$ yüksek enerji	Rayleigh saçılması σ_R	Compton saçılması σ_C	İkili foton Compton saçılması $\sim Z$
Çekirdek etkileşimleri	Nükleer fotoelektrik etki reaksiyonları: (γ, n) (γ, p) Fotofizyon ($E \geq 10$ MeV)	Nükleer elastik saçılma (γ, γ)	Nükleer saçılması (γ, γ)	Compton $\sim Z$
Yüklü parçacıkların elektrik alan ile etkileşimleri	1) Çekirdek alanında elektron-pozitron oluşumu ($E \geq 1,02$ MeV) $\sim Z^2$ 2) Elektron alanında elektron-pozitron oluşumu ($E \geq 2,04$ MeV) $\sim Z$ 3) Nükleon-antinükleon çifti oluşumu ($E \geq 3$ GeV)	Delbrück saçılması $\sim Z^4$		
Mezonlar ile etkileşim	Fotomezon oluşumu ($E \geq 150$ MeV)	Elastik rezonant saçılma (γ, γ)		

Compton olayında, bir kısım enerji soğurulur ve ortamda bir Compton geri tepme elektronunun kinetik enerjisi olarak görülür. Dolayısıyla soğurma, bir foton enerjisini yüklü bir parçacığın kinetik enerjisine dönüştürmeyi ve saçılma olayı da foton enerjisinin sapmasını gösterir. Sınırlı, paralel ve tek renkli ışınlar için fotonların soğurulması üssel kanunu ile tanımlanır;

$$I = I_0 e^{-\mu t} \quad (3.48)$$

Burada I , geçen radyasyon şiddetidir ve I_0 , gelen radyasyon şiddeti ve t soğurucunun santimetre cinsinden kalınlığıdır. Eğer soğurucu kimyasal bir bileşik veya bir karışım ise

kütle azaltma katsayısı, oluşturucu elementler için μ_i katsayılarında ağırlıklı ortalamaya göre;

$$\mu = \sum_{i=1}^n W_i \mu_i \quad (3.49)$$

verilir. Gözlemlenen etkinin, birincil fotonlarla üretilen etkiye oranı build-up faktörü olarak tanımlanır. Burada W_i , i 'ninci elementin ağırlık kesitidir ve n soğurucudaki toplam element sayısıdır. Denklem (3.49)'daki karışım kuralı, bir atomun, moleküler, kimyasal ve kristalin ortamdaki değişikliklerden kaynaklanan atomun dalga fonksiyonundaki değişiklikleri göz ardı eder. 10 keV'in üstünde, bu yaklaşımın hata payının birkaç yüzdeden az olması beklenir. Soğurma kıyılarının hemen üzerindeki bölgeler dışında, ancak çok düşük enerjilerde (10-100 eV) hatalar oluşabilir. Dar ışın geometrisinden soğurma, temel olarak üsseldir ancak iki faktör tarafından değiştirilmiş, şeklinde tanımlanır. Bunların ilki, geometri faktörü olarak adlandırılan kaynak soğurucu geometrisine bağlıdır. Arttırma faktörü olarak adlandırılan diğer faktör, soğurucuda üretilen ikincil fotonları, en başta detektöre ulaştıran bir veya daha fazla Compton dağılımının sonucu olarak hesaba katılır.

3.12. X-ışınlarının Soğurulması ve Saçılması

Aynı soğurucu tarafından soğurulan farklı dalga boylarındaki X-ışınlarının değişime uğrama miktarları farklıdır. λ_0 dalga boyu, I_0 şiddetli tek bir X-ışını, x kalınlığındaki homojen bir soğurucudan belli bir bölümü (I) doğrudan geçecektir ve geri kalan kısım ($I_0 - I$) fotoelektrik olay veya saçılmayla kaybolacaktır. Hem soğurulmuş hem de saçılmış fotonlar I_0 ile orantılıdır ve ayrıca aynı zamanda bir ışının 1cm^2 'deki tesir kesiti, dx kalınlığına, dm kütlesine ya da dn atom sayısındaki değişimlere bağlıdır.

Eğer μ orantısız sabit belirlenmiş ise bir alt indis olan x , m veya n ile ilişkisi şöyledir;

$$dI_0 = I_0 \mu_x dx \quad (3.50)$$

$$dI_0 = I_0 \mu_m dm \quad (3.51)$$

$$dI_0 = I_0 \mu_n dn \quad (3.52)$$

Bu katsayılar μ_x , μ_m ve μ_n sırasıyla lineer azaltma katsayısı, kütle azaltma katsayısı ve atomik azaltma katsayısı olarak adlandırılır. Bu katsayılar arasında basit bir ilişki vardır.

$$\mu_x = \mu_m \rho = \mu_n \rho \frac{N}{A} \quad (3.53)$$

Burada, ρ yoğunluk, N Avogadro sayısı ve A atom ağırlığıdır. Soğurucu maddeyi saçılma veya soğurma olmadan geçen foton parçaları 0 ve x limitleri arasından dI_0 'ın integrasyonu ile hesaplanabilir. (3.50) denkleminin integrasyonu;

$$\ln I_x - \ln I_0 = \mu_x x \quad (3.54)$$

μ_x 'in $\mu_m \rho$ ile yer değiştirmesiyle;

$$I = I_0 \exp(-\mu \rho x) \quad (3.55)$$

Beer Yasasının bir ifadesi olarak elde edilir. Kütle azaltma katsayısı, üç soğurma teriminden en kullanışlı olanıdır ve basitçe μ olarak belirtmek en yaygın uygulamadır. Kütle azaltma katsayısı, soğurulan dalga boyunun bir fonksiyonudur ve soğurucu elementin atom numarası ile ilişkilidir.

Çoğunlukla X-ışını spektrometrelerinde tüm elementlerin dalga boyu aralıklarının μ değerlerini bulmak için grafiksel ara değer bulma işlemi yapılması ile özellikle yanıcı elementlerde bazı hatalı bilgiler elde edilmiştir. Zaman zaman daha doğru değerler yayınlamaktadır. Fakat tüm elementler ve dalga boyları için eksiksiz bir belirleyiş mevcut değildir. 2,5 Å'a kadar olan dalga boyları için ağırlıklı ortalamalar değeri ortaya çıkmıştır.

Victoreen (1949) şu ilişkiyi önermiştir;

$$\mu = C \lambda^3 - D \lambda^4 + \sigma_e \frac{Z N}{A} \quad (3.56)$$

Burada C ve D sabitleri, Z atom numarasını, N/A birim başına atom sayısını ve σ_e elektron başına saçılma katsayısını belirtir. Dalga boyuna karşı, kütle soğurma katsayısının bir grafiği çizilirse keskin süreksizlikler bulunur. Şekil 3.12'de tungsten için bir K çizgisi ve üç L çizgisi olduğu görülür. M çizgileri bölgesinde çok az bilgi

mevcuttur. Ancak beş hedef noktası üzerinde belirtildiği gibi bu tür kenarlar gözlemlenmiştir. Çizgilerin gerçek pozisyonları atom numarasına göre değişir ve daha önce ifade edilen bir K çizgisi, üç L çizgisi ve beş M çizgisi, bir, üç ve beş mümkün J değerlerine karşılık gelir. Gerçek kütle azaltma katsayısı, saçılma katsayısı σ ve soğurma katsayısı τ olan iki bileşenden oluşur. σ , santimetre küp başına saçılmış olan X-ışınlarının kesitini temsil eder ve dalga boyundan bağımsızdır. Daha da önemlisi, çizgiler arasındaki ilişkiye uyan gerçek fotoelektrik soğurma τ şöyle verilir;

$$\tau = \frac{K N}{A} Z^4 \lambda^3 \quad (3.57)$$

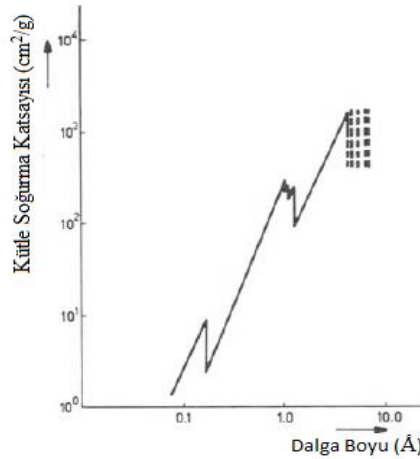
Burada K bir sabit ve N/A birim başına atom sayısıdır. μ ve τ daima σ 'dan büyüktür ve μ yaklaşık olarak λ 'nın üçüncü, Z'nin dördüncü kuvvetiyle orantılıdır.

$$\mu = \tau + \sigma \quad (3.58)$$

Gerçek fotoelektrik soğurma, atomun alt seviyelerinin her birindeki fotoelektrik soğurmayla oluşur.

$$\tau(\lambda) = \tau_K(\lambda) + \tau_L(\lambda) + \tau_M(\lambda) + \tau_N(\lambda) \quad (3.59)$$

τ , belirli bir soğurma çizgisi dalga boyunu aşan bir değere yükseldiğinde, denklem (3.59)'daki terimlerin bir tanesinin değeri düşer ve kütle azaltma katsayısı değerinde net bir düşüşe neden olur. Soğurma çizgisi kısa dalga boyuna yaklaştığında, τ 'nın hızlı bir şekilde artması, iyonizasyon sürecinde bir miktar rezonans etkisi olduğunu göstermektedir. Soğurma çizgisini uyarmaya neden olan en etkili dalga boyları, kısa dalga boylarıdır.



Şekil 3.12. Dalga boyunun fonksiyonu olarak tungstenin kütle azaltma katsayıları

Saçılma katsayısı koherent (Rayleigh) ve inkoherent (Compton) saçılmaya karşılık gelen iki terimden oluşur.

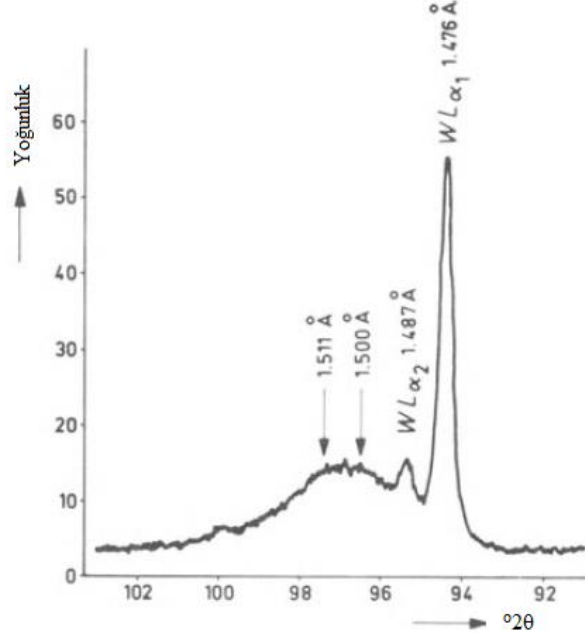
$$\sigma = Zf^2 + (1 - f^2) \quad (3.60)$$

Burada f , elektronik yapı faktörüdür. Koherent saçılma, X-ışını fotonu bir elektron ile çarpıştığında ortaya çıkar ve enerji kaybı olmaksızın saptığında buna karşılık gelen dalga boyu değişmeden kalır. Eğer elektron sıkı bağlı değilse çarpışan X-ışını fotonunun enerjisinin bir kısmı elektrona aktarılır. Saçılan elektronun enerjisi düştükçe saçılma süreci inkoherent (inelastik) hale gelir. Toplam momentum değişmeden kaldığı için inkoherent saçılma (λ_c) ve dalga boyu (λ_0) arasındaki ilişkinin şu şekilde olduğu gösterilebilir.

$$\lambda_c - \lambda_0 = 0,0243(1 - \cos\theta) \quad (3.61)$$

Burada θ , radyasyonun saçılma açısıdır. X-ışını spektrometresinde θ , birincil X-ışını demetinin merkezi ışını ve birincil kolimatör eksenini arasındaki açıdır. Çoğu spektrometrede bu açı 90° 'dir ve tüm düzenli şekilde saçılan çizgilerin dalga boylarının değişmeden, koherent veya inkoherent saçılan çizgilerle arasındaki dalga boyu farkı $0,024 \text{ Å}$ 'a eşittir. Şekil 3.13'te damıtılmış bir su örneği kullanılarak bir tungsten anot X-ışını tüpünden saçılmış ikincil mertebeli tungsten $L\alpha$ çizgileri üzerindeki taramayı

gösterir. İnkohorent saçılan radyasyonun geniş bandı, $L\alpha$ çiftleşiminin uzun dalga boyu tarafında açıkça görülmektedir.



Şekil 3.13. X-ışını tüpünde saçılmış olan ışınlar üzerindeki Compton etkisi

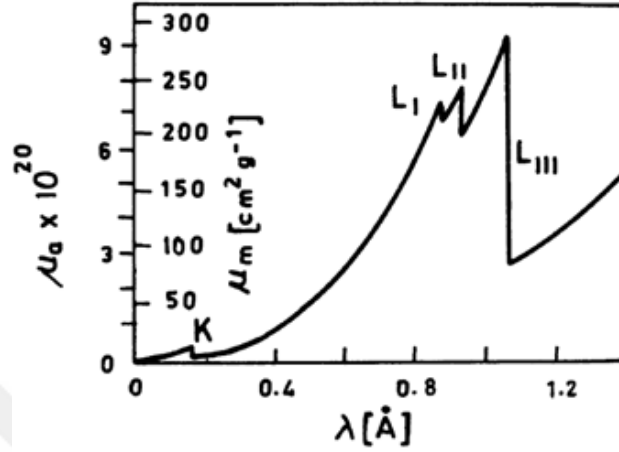
θ açısı, tüm birincil ışınlar için sabit olmadığından, inkohorent şekilde saçılan tepe noktaları daima koherent şekilde saçılmış olanlardan daha geniştir. Bu dalga boyu kaymalarının yaklaşık 0,020 ile 0,028 Å arasında olabileceği anlamına gelir. Saçılmış iki çizgi arasındaki şiddet oranı saçılma aracının atom numarası Z 'ye ve saçılmış ışınların dalga boyu λ 'ya bağlıdır. Düşük Z ve daha kısa boylu λ , daha düzensiz olarak dağılır. Herhangi bir bileşiğin veya bileşik maddenin kütle azaltma katsayısı;

$$\mu (\text{bileşik}) = \Sigma(\mu_i W_i) \quad (3.62)$$

ile verilir. Burada μ_i ve W_i , kısmi azaltma katsayısı ve ağırlık kesitidir. Eşitlik (3.50)'de örnek matrisini oluşturan herhangi bir element veya bileşim karışımının kütle azaltma katsayısının hesaplanması için benzer şekilde kullanılabilir. Bu değere söz konusu dalga boyunun matris μ değeri denir.

3.13. Soğurma Sıçrama Oranı ve Faktörü

Şekil 3.14'te λ_K 'da soğurma kıyısının her iki tarafında τ_m 'nin iki değerini de elde ettiğimizi gösterir (Agarwal, 1954).



Şekil 3.14. Platin için λ 'ya karşı μ_a değişimi

λ_K 'nun kısa dalga boyundaki kütle azaltma katsayısı $\tau_m(\lambda_K)$ ile λ_K 'nun uzun dalga boyundaki kütle azaltma katsayısı $\tau_m'(\lambda_K)$ 'yu, $\tau_m(\lambda_K) > \tau_m'(\lambda_K)$ ile tanımlayalım.

$$r_K = \tau_m(\lambda_K) / \tau_m'(\lambda_K) = \tau_a(\lambda_K) / \tau_a'(\lambda_K) > 1 \quad (3.63)$$

Bu orana K seviyesinin soğurma sıçrama oranı denir ve r_K ile gösterilir. r_K için bir çok yarı deneysel ilişki önerilmiştir.

1) Jönsson (Agarwall, 1954):

$$r_K = \frac{\lambda_{L_I}}{\lambda_K} \quad (3.64)$$

2) Rindfleisch (1937):

$$r_K = aZ^b, \log_{10} a = 1,805283, b = -0,6207 \quad (3.65)$$

3) Laubert (1942):

$$r_K = a\lambda_K^b, \log_{10} a = 0,857652, b = 0,0843 \quad (3.66)$$

4) Tellez-Plasencia (1949):

$$r_K = (a + bZ)^{-1}, \quad a = 0,051167, \quad b = 0,0024882 \quad (3.67)$$

Soğurma çizgileri aşağıdaki formüller ile ilişkilendirilebilir.

$$\begin{aligned} \lambda < \lambda_K & , \quad \tau_a = CZ^p \lambda^n \\ \lambda_K < \lambda < \lambda_L & , \quad \tau'_a = C'Z^{p'} \lambda^n \end{aligned} \quad (3.68)$$

Burada $C=2,64 \times 10^{-26}$, $p=3,94$, $C'=8,52 \times 10^{-28}$, $p'=4,30$ ve $n=3$ şeklindedir. Denklemler (3.63), (3.65) ve (3.68) yarı deneysel formülü belirlediğini göstermiştir.

$$\lambda < \lambda_K, \tau_a = \sum_q \tau_q = \tau_K + (\tau_{L_I} + \tau_{L_{II}} + \tau_{L_{III}}) + \dots \quad (3.69)$$

$$\lambda_K < \lambda < \lambda_L, \tau_a = \tau_{L_I} + \tau_{L_{II}} + \tau_{L_{III}} + \tau_{M_I} + \dots \quad (3.70)$$

Denklem (3.69) ve (3.70)'ten $\tau_a = \tau_K + \tau'_a$ elde ederiz.

$$\frac{(r_K - 1)}{r_K} = \frac{\tau_K}{\tau_a} \quad (3.71)$$

Bu bölgede ($\lambda \leq \lambda_K$), fotoelektrik soğurma esas olarak K tabakası elektronlarından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla $(r_K - 1)/r_K$, K tabakasından çıkan toplam fotoelektron sayısının oranını verir. Benzer şekilde soğurma kenarları L_I , L_{II} , L_{III} , M_I olan sıçrama oranlarını bulabiliriz.

Çok kenarlı bölgelerde, örneğin L_1 ve L_3 kenarları enerjileri arasında soğurma oranları denklem (3.72)'deki sabit sıçrama oranları kullanılarak J , τ soğurma kenarının altında hesaplanır.

$$\ln \tau_j = \sum_{i=0}^{1,2 \text{ veya } 3} A_{ij} \{\ln[E(\text{keV})]\}^i \quad (3.72)$$

$$j=1,16 \quad \text{için} \quad E_{L_2} < E < E_{L_1}$$

$$j=1,64=1,16 \times 1,14 \quad \text{için} \quad E_{L_3} < E < E_{L_2}$$

$$\begin{aligned}
j=1,1 & \quad \text{için} & \quad E_{M2} < E < E_{M1} \\
j=1,21=1,1 \times 1,1 & \quad \text{için} & \quad E_{M3} < E < E_{M2} \\
j=1,45=1,1 \times 1,1 \times 1,2 & \quad \text{için} & \quad E_{M4} < E < E_{M3} \\
j=2,18=1,1 \times 1,1 \times 1,2 \times 1,5 & \quad \text{için} & \quad E_{M4} < E < E_{M3} \quad (3.73)
\end{aligned}$$

Toplam fotoelektrik soğurma kıyıları τ 'nın K tabakası bileşeni τ_K 'ya olan deneysel oranı denklemlerle %2-3 doğruluk ile uydurulabilir (Hubbell,1969).

$$\frac{\tau}{\tau_K} \cong 1 + 0,01481 \ln^2 \ln^2 Z - 0,000788 \ln^3 \ln^3 Z \quad (3.74)$$

McMaster vd. (1969) tablosu baz alınarak, Poehn vd. (1985), K tabakası (r_K) ve L_3 alttabakası (r_{L3}) için sıçrama oranlarının hesaplanmasına yardımcı bir yaklaşım bulmuşlardır ve bu sıçrama faktörü olarak adlandırılır.

$11 \leq Z \leq 50$ için:

$$j_K = 1,754 \times 10^{-6} - 6,606 \times 10^{-1} Z + 1,427 \times 10^{-2} Z^2 - 1,1 \times 10^{-4} Z^3 \quad (3.75)$$

$30 \leq Z \leq 83$ için:

$$j_{L3} = 2,003 \times 10^{-7} - 7,732 \times 10^{-1} Z + 1,159 \times 10^{-2} Z^2 - 5,835 \times 10^{-5} Z^3 \quad (3.76)$$

Daha önce denklem (3.73)'te belirtildiği gibi L_2 ve L_1 soğurma kıyılarındaki sıçrama faktörlerinin değerleri tüm elementler için sabittir ve sırasıyla 1,14 ve 1,16'ya eşittir.

3.14. Etkin Atom Numarası ve Elektron Yoğunluğu

Bir elementin atom numarası onun değişmez karakteristik bir özelliğidir. Plastik, DNA, polimer, toprak veya alaşım gibi kompleks malzemelerin atom numaraları ise elementteki gibi tek bir sayı ile ifade edilemez. Kompleks malzemelerde görülen bu tür atom numaralarına etkin atom numarası denir ve bu parametre değişen enerji değeriyle farklılık gösterir. Bu değişimin altında yatan esas neden ise, fotoelektrik soğurma, Compton

saçılma veya çift üretim gibi fotonun materyalle etkileşmesindeki süreçlerdir. Etkin atom numarası, radyasyon veya sağlık fiziğinde kullanılabilir birçok parametre için bir ilk adımdır. Bu parametre birçok karakteristik özelliklerin belirlenmesinde kullanılır. Etkin elektron yoğunluğu ise, birim kütle başına düşen elektron sayısı olarak tanımlanır.

Bu parametreler belirlenerek molekülün X-ışını veya γ -ışını ile etkileşimleri incelenebilir. Ayrıca, bu parametreler ziraatta, biyolojide, teknolojide, nükleer sanayide, mühendislikte, uzay araştırmalarında ve uygulamalı bilimin daha birçok alanında önemli parametrelerdir. Esas olarak literatürde bilinen etkin atom numarasının hesaplanması için iki metot vardır. Bunlardan biri, temeli maddenin radyasyonu soğurması, diğeri ise maddenin radyasyonu saçmasına dayanır. İlkinde öncelikle, maddenin toplam kütle azaltma katsayısı ve daha sonra moleküler, atomik ve elektronik tesir kesiti gibi bir dizi parametreler hesaplanır. Son olarak, atomik tesir kesitinin elektronik tesir kesitine oranı bize etkin atom numarasının değerini verecektir. Diğeri yani saçılma metodunda ise, atom numarası bilinen elementlerin Rayleigh/Compton oranları bir seri düzende belirlenir ve bu oranlardan atom numarasının fonksiyonu olarak bir grafik çizilir. Daha sonra bu grafik fit edilerek bir denklem elde edilir. Son olarak da atom numarası bilinmeyen malzemelerin Rayleigh/Compton oranı belirlenir ve bu, fit denkleminde yerine konularak etkin atom numarası elde edilir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

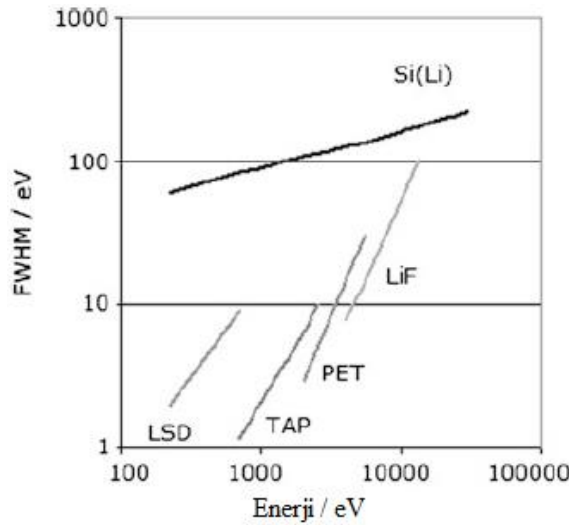
4.1. Enerji Ayrımlı Spektrometreler

X-ışınlarının enerji dağılımlarını analiz etmek için kullanılan spektrometreler enerji ayrımlı spektrometrelerdir. Bu durumda radyasyon, bir malzemede soğurular ve enerjisi soğurucu materyalde elektrik yükleri üretir. Birincil yüklerin üretilmesi için ϵ enerji miktarı gerekli olduğundan, toplam üretilen N yük miktarı soğurulan radyasyonun enerjisine göre aşağıdaki gibi değişmektedir.

$$N = E / \epsilon \quad (4.1)$$

Birincil yüklerin sayısı azdır ve bu nedenle sinyalin yükseltilmesi gerekir. Belli enerjilerdeki soğurulan fotonların sıklığı, sinyalin yükseltilmesi ile puls yükseklikleri analiz edilir. Bu durum, soğurulan X-ışınlarının enerji dağılımını temsil eder.

Enerji ayrımlı spektrometrenin dalga boyundaki dağıtıcı araçlar daha az çözünürlüğe sahiptir. Bu durum, Şekil 4.1'de WDX ve EDX cihazları için görülebilir.



Şekil 4.1. Enerjiye bağlı WDX ve EDX cihazlarının çözünürlüğü

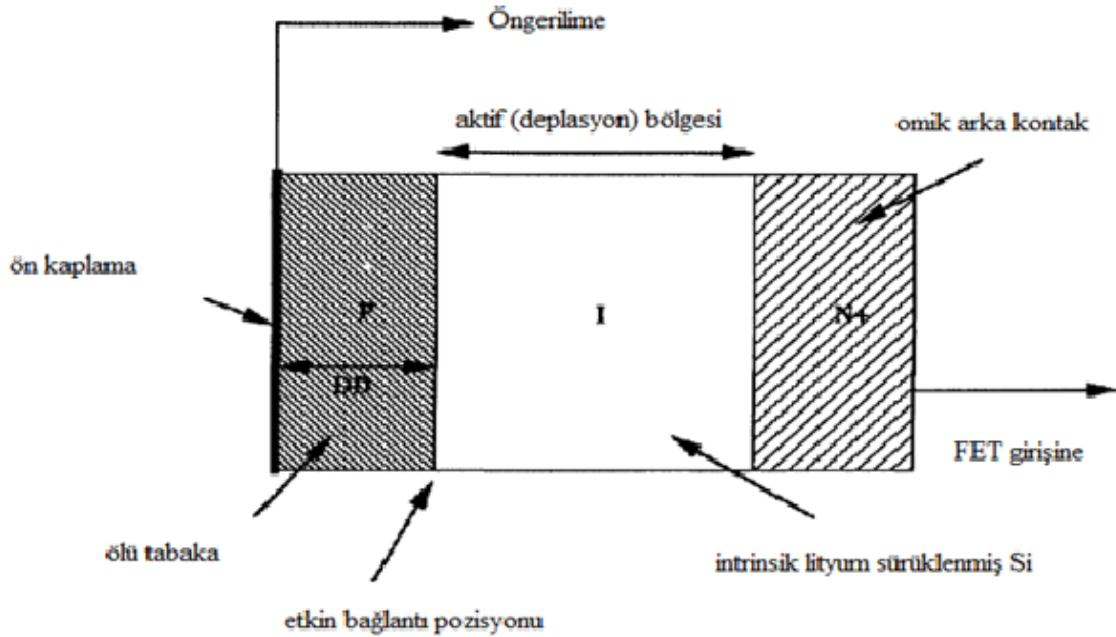
WDX araçları, enerji rezülasyonu düşük enerjiler için oldukça iyidir. Ancak büyük saçılma açılarında, denklem (4.2)'ye uygun olması koşuluyla yüksek çözünürlük aralığında tam dalga boyu veya enerji aralığını kaplamak için bir dizi farklı kristal veya çok tabakalı sistemler gerekir.

$$\frac{d\theta}{d\lambda} = \frac{n}{2\lambda \cos\theta} \quad (4.2)$$

Her kristalin enerji çözünürlüğü artan enerji ile önemli ölçüde azalır. Çözünürlük EDX spektrometresi enerjisiyle bozulabilir. 12 ile 15 keV aralığında WDX araçlarından daha iyi enerji çözünürlükleri elde edilir.

4.2. Detektör Diyotunun Fiziği

X-ışınları detektörleri farklı konfigürasyonlarda kullanılabilir, ancak en yaygın olarak kullanılanı Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Tipik bir p-i-n lityum sürüklenmiş silisyum detektörünün şematik gösterimi

Üç farklı bölgeyi bir p-i-n diyot meydana getirilirken, difüzyon süreci tarafından giriş bölgesinin altında DD derinliğinde bir bağlantı noktası oluşur. n katkılı materyalden yapılmış birinci bölge, diyot için omik arka kontak üretilmesinde kolaylaştırma sağlar.

Lityum sürüklenerek yapılmış ikinci bölge aktif hacimdir. Diyota ters besleme uygulandığında buradaki yükler toplanır. İntrinsik malzemenin yüksek öz direnci ve yüksek voltaj uygulamasının kombinasyonu ile aktif bölgenin genişletilmesi sağlanır. p-i-n geometrisi aktif bölgenin birkaç milimetre kadar büyümesine izin verir ancak diyotun şekil ve büyüklüğüne bağlı olarak bu büyüme sınırlıdır.

Detektörün lineer kalibrasyona sahip olması durumunda yüksek bir yük toplama verimliliği oldukça önem taşır. Aktif bölgede E enerjili bir foton enerjisini aktarırsa, elektron-boşluk (n_{eh}) üretimi aşağıdaki denklem ile ilişkilidir.

$$n_{eh} = \frac{E}{e_{eh}} \quad (4.3)$$

Burada e_{eh} , bir elektron-boşluk çifti oluşturmak için gerekli olan enerjidir ve silisyum için bu değer 3,8 eV'tur. Bu taşıyıcıların hepsi deplasyon veya intrinsik bölgeden toplanırsa bir voltaj pulsu oluşur.

$$\Delta V = \frac{n_{eh} e}{C} = E \frac{e}{e_{eh} C} \quad (4.4)$$

Burada C, diyotun kapasitesi ve e elektron yüküdür. Daha sonra puls ön yükseltici tarafından algılanabilir. Bu pulsun büyüklüğü gelen fotonun enerjisiyle direkt olarak orantılıdır.

Üçüncü bölge, diyot yüzeyi ile bağlantı noktası arasındaki bölgedir. Bağlantıyı oluşturmak için kullanılan p- katkıları nedeniyle bu bölgenin öz direnci çok düşüktür ve bundan dolayı deplasyon bölgesindeki yükler yüzey boyunca yayılmazlar. Bu bölge ölü tabaka olarak adlandırılır. Bu bölgenin etkin olarak iki ana etkisi bulunur. Bunlardan ilki, elektronların kaybolduğu yüzeye doğru elektron difüzyonu ve ikincisi bias alanındaki elektronların toplanacakları bağlantı noktasına doğru sürüklenmesidir. Bunun sonucu olarak üzerinde yük toplama verimliliğinin sıfır olduğu bir bölgenin varlığı anlaşılır. μ taşıyıcı mobilitesi, T sıcaklık (K), V_s sürüklenmiş alandaki elektronların doyma hızı ve k Boltzman sabiti ise τ zamanında bir taşıyıcının sürüklendiği ortalama difüzyon mesafesi;

$$S_{diff} = \left(\frac{K T}{e} \mu \tau \right)^{1/2} \quad (4.5)$$

ile verilir. Sürüklenen mesafeye (S_{drift}) karşılık gelen etkin sürüklenme alanı;

$$S_{drift} = V_s \tau \quad (4.6)$$

ile verilir. Sürüklenme mesafesinin difüzyon mesafesini geçtiğinde elektronların toplanamayacağını varsayarsak, buradan ölü tabaka kalınlığı d 'yi (4.5) ve (4.6) denklemlerini eşitleyerek bulabiliriz.

$$d = V_s \tau = \left(\frac{K T}{e} \mu \tau \right)^{1/2} \quad (4.7)$$

Buradan τ 'yi elersek;

$$d = \frac{K T}{e} \frac{\mu}{V_s} \quad (4.8)$$

elde edilir. 77 K^o sıcaklıktaki silisyumun, $\mu=4 \times 10^4$ cm²/V ve $V_s \approx 10^7$ cm/s değerlendirilerek ölü tabaka kalınlığı yaklaşık 0,25 μ m olarak bulunur. Bu değer genellikle ticari Si(Li) detektörler için kabul edebilir düzeydedir. Oda sıcaklığında $\mu \approx 10^3$ cm²/V'dir ve etkin ölü tabaka kalınlığı sadece 200 Å olacaktır. Bu değer deneysel olarak ölçülen değerlere çok yakındır.

Yukarıda tayin edilen tahmini büyüklükler dışında daha nicel bir analizi, yük taşıyıcılarının taşınmasını inceleyerek yapılabilir. En basit yaklaşımda, azınlık taşıyıcıların difüzyon uzunluğu DL ise Z derinliğinde üretilen taşıyıcıların olasılığı;

$$\eta = \exp \left(- \frac{(D D - Z)}{D L} \right) \quad (4.9)$$

ile belirlenir. Bununla birlikte sürüklenme ile difüzyon arasındaki rekabet bu sonucu değiştirmektedir. Yüze doğru olan difüzyon, normalize edilmiş rekombinasyon hızı s ile karakterize edilirse (burada, s mobilite ve sıcaklığın bir fonksiyonudur.) yüzey

rekombinasyonunun etkisi, difüzyon uzunluğu DL_{eff} olan etkin azınlık taşıyıcılarının üretimiyle alakalıdır. Burada DL_{eff} şu şekilde belirtilir;

$$DL_{eff} = DL \left[\left(1 - \frac{s}{(s-1)} \right) \exp \left(- \frac{Z}{DL} \right) \right]^{1/2} \quad (4.10)$$

Buna göre kısmi yük toplama verimi şu şekilde ifade edilir;

$$\eta = \exp \left(- \frac{(DD - Z)}{DL_{eff}} \right) \quad (4.11)$$

s ve DL 'nin değişmesiyle toplam verim, denklem (4.10) ve (4.11)'e göre büyük bir değişim gösterir.

4.3. Si(Li) Detektörler

Si(Li) detektörü, elektrik direncini artırmak için lityum ile yaklaşık 1cm çapında 3mm kalınlığındaki silindirik bir p-tipi silikondan oluşur. Silikon diskinin ön tarafında bir Schottky kontağı kurularak p-i-n tipi bir diyot üretilir. Lityum iyonlarının hareketliliğini engellemek ve elektronik gürültüyü azaltmak için diyot ve ön yükseltici, sıvı azot sıcaklığında tutulmalıdır. Yaklaşık 1000 voltluk bir ters besleme voltajı uygulanarak, silikondaki yük taşıyıcılarının çoğu ortadan kaldırılır. X-ışını fotonları, aşağıdaki eşitlikte verildiği gibi, e_i 'nin silikon için yaklaşık 3,8 eV'ye eşit olduğu bir dizi elektron-boşluk çifti üretmek için etkileşime girer.

$$n = \frac{E}{e_i} \quad (4.12)$$

Bu yük, diyottan ön gerilim voltajı ile yüke duyarlı bir ön yükselticiden geçirilir. Si(Li) detektörünün R çözünürlüğü;

$$R = \sqrt{\left[(\sigma_{gürültü})^2 + (2,35 \sqrt{e_i FE})^2 \right]} \quad (4.13)$$

ile verilir. Si(Li) detektörü için Fano faktörü yaklaşık 0,12 ve gürültü yaklaşık 100 eV'dir. e_i için 3,8 değerini kullanarak Mn K α radyasyonu (E=5895 eV) için denklem (4.13)'den hesaplanan çözünürlük 160 eV'dir.

4.4. Ön Yükseltme

Radyasyonun bir detektör vasıtası ile geçişi sonucunda oluşan analog sinyal pulsu, genellikle çok dar genişliğe ve genliğe sahiptir. Dolayısıyla doğrudan sayısallaştırılamaz ve sayılamazdılar.

Detektör sinyalinin gücü yeterli olmadıkça, yani puls yüksekliği yeterince büyükse, diğer işlem ünitelerine taşınmadan önce ön yükselticide dönüştürülmelidir. Bir ön yükseltici detektör çıktısına doğrudan bağlı, basit fakat verimli bir yükselticidir. Belirli detektör ve işleme gereksinimlerine uyacak şekilde farklı ön yükseltici çeşitleri oluşturulabilir. Bir çoğu, rekabet halindeki gereksinimlere ait olan bir ön yükseltici devresini tasarlarken bir kaç parametre düşünülür. Dolayısıyla tasarım süreci, bu parametrelerin bazılarının spesifik ihtiyaçlara göre optimizasyonudur.

Herhangi bir ön yükselticinin önemli tasarım özelliklerinden bazıları şunlardır;

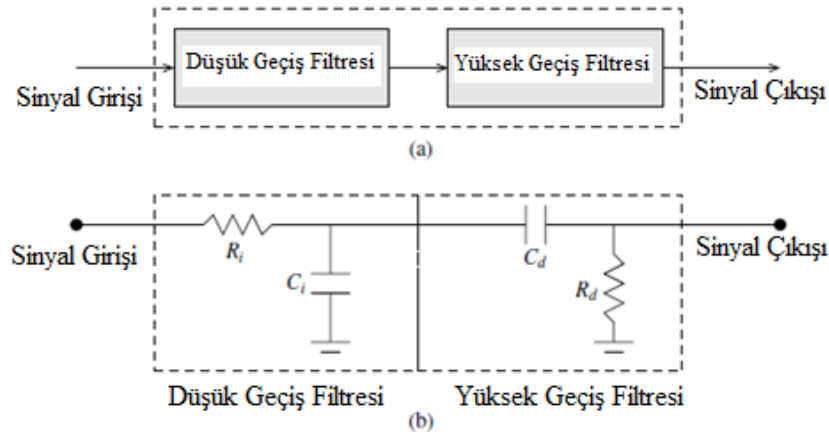
- 1) Sinyal-gürültü oranı (S/N)
- 2) Giriş sinyal aralığı
- 3) Tepki süresi
- 4) Güç tüketimi
- 5) Dinamik aralık
- 6) Puls yığılması ve ortak mod

Radyasyon algılama sistemlerinde kullanılan ön yükselticiler genel olarak aşağıdaki kategorilere ayrılabilir;

- 1) Voltaj hassasiyetli ön yükselticiler
- 2) Akım hassasiyetli ön yükselticiler
- 3) Şarj hassasiyetli ön yükselticiler

4.5. Yükseltme

Daha önce bahsedilen ön yükselticilerin iki ana amacı; detektörden çıkan düşük seviyeli sinyali yükseltmek ve detektör ile harici devre empedanslarını eşitlemektir. Bu nedenle ön yükseltici gerekmeseyse bile detektör çıkışını doğrudan birim kazanımlı bir ön yükselticiye bağlamak iyi bir fikirdir. Bununla birlikte, çıkış sinyali taşınacak ve işlenecek kadar büyükse bir ön yükselticiyi kullanmamanın mümkün olduğu belirtilmelidir. Bir ön yükselticinin kullanılıp kullanılmaması, daha sonraki aşamalarda, ana yükselticinin neredeyse orada yer alır. Bir band filtresinin şematik gösterimi ile basit bir RC entegratörü ve CR ayırıştırıcısı Şekil 4.3'te gösterilmiştir.



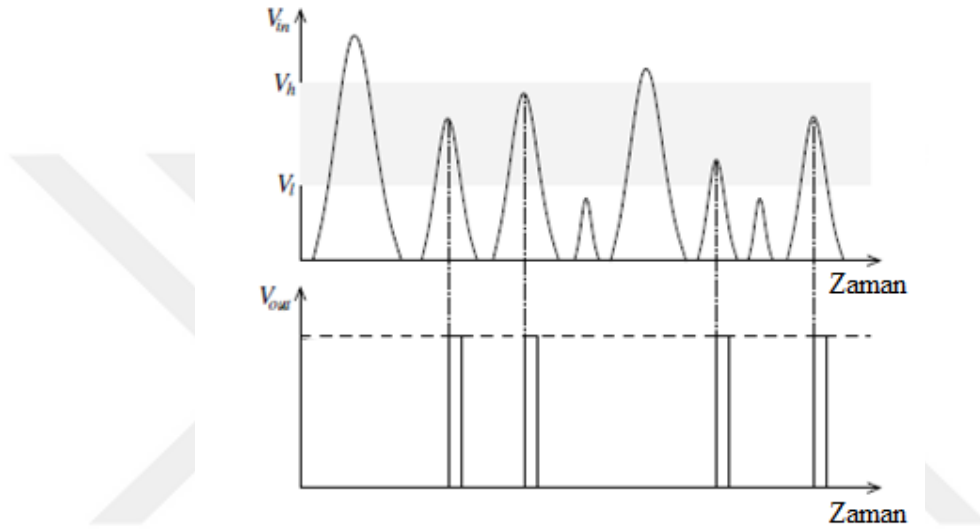
Şekil 4.3. a) Bir band filtresinin şematik gösterimi b) Basit bir RC entegratörü ve CR ayırıştırıcısının gösterimi

Genellikle bir de sinyali yükselten bir şekillendirici kullanılır. Aslında hemen hemen tüm aktif şekillendiriciler sinyali de yükseltebilir. Böyle bir kombinasyonun temel çalışma prensibi ön yükselticilerle aynıdır.

4.6. Diskriminasyon

Genellikle analog çıkış sinyalinin önceden tanımlanmış bir eşiğin üstünde olup olmadığı kontrol edilir. Bu durum bir analog girişi kabul eden ve bir dijital çıktı üreten ayırt edici bir modül vasıtasıyla yapılır. Giriş voltajını, önceden ayarlanmış voltajla karşılaştıran bir karşılaştırıcı devresi vardır. Ayırıcı eşik olarak da adlandırılan önceden ayarlanmış voltaj, bir potansiyometre ile ayarlanabilir. Giriş puls genliği önceden belirlenmiş eşikten daha büyükse, çıkış mantığı düzeyi etkinleşir, aksi halde önceki durumunu korur.

Yüksek bir eşik seviyesine sahip bir ayırıcı tasarlamak da mümkündür. Böyle bir modülün çıktısı, ancak girdi önceden belirlenmiş iki eşik arasında bulunursa yüksek olur. Bu kavram, Şekil 4.4'te grafik olarak gösterilmektedir. Bir ayırt edicinin çıktısı çifttir. Yani yüksek ya da düşük olabilir. Düşük ve yüksek tanımı rastgeledir. Çünkü biri yüksek ve diğerini düşük göstermek için herhangi bir voltaj seviyesini tanımlayabilir. Belirli bir mantık çerçevesinde çalıştırılmak üzere tasarlanmış bir sistem, bu keyfilik için bir sorun teşkil etmez.



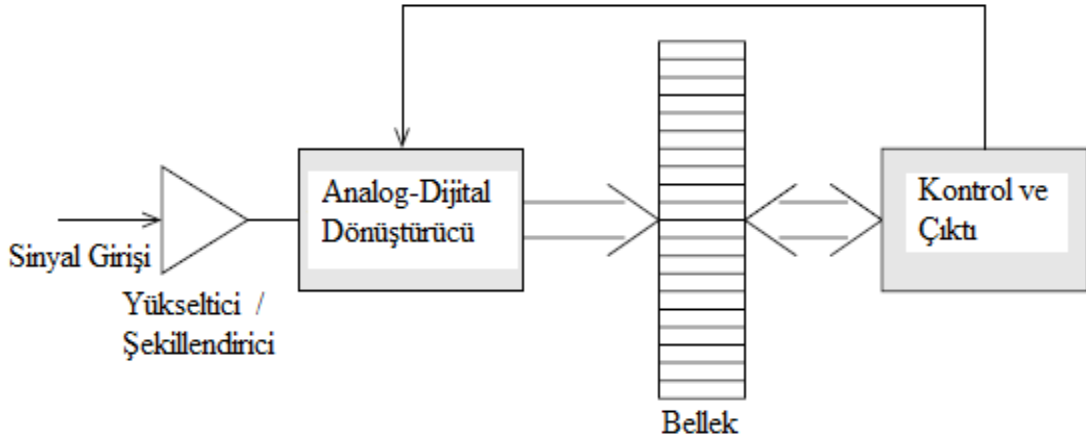
Şekil 4.4. İki seviyeli ayırıcı ile puls ayırma gösterimi

Bununla birlikte diğer geliştiriciler tarafından yapılan modüllerin, sisteme entegre edilebilmesi istenen genişletilebilir sistemlerde, mantık seviyelerinin birbirine dönüşümü bir mühendislik problemi oluşturabilir. Bu sorundan kurtulmak için belirli mantık standartları geliştirilmiştir.

4.7. Çok-Kanallı Analizörler

Bir çok-kanallı analizör, tek kanal analizörünün ve bir sayacı değiştirilmiş bir versiyonu olarak düşünülebilir. Çünkü bir dizi eşik penceresi olsa da aynı görevi gerçekleştirir. Böylece her eşik penceresinde pulsları tek tek sayma ihtiyacı ortadan kaldırılır ve ayrıca süreç daha hızlı ve daha az radyasyon akışındaki zaman değişimleriyle ilgili belirsizliklere karşı daha yararlanabilir bir hale getirilmiş olur. İç işlevsellik açısından, çok kanallı analizörler tek kanallı analizörler tarafından tümü-analog işlem yerine, giriş sinyali dijital olarak dijitalleştirdiklerinden tek kanallı analizörlerden oldukça farklıdır.

Şekil 4.5, çok kanallı bir analizörün basit bir blok diyagramını göstermektedir. Analog detektörler pulsu ilk önce yükseltip şekillendirir. Daha sonra güçlendirilmiş pulsun yüksekliği dijitalleştirilir. ADC çıkışı, giriş analog voltajı ile doğrudan ilişkili olduğu için bu şekilde elde edilen sayılar, radyasyon tarafından toplanan enerjiye karşılık gelir. Dijitalleştirmeden sonra ilgili bellek bölmesindeki sayı bir arttırılır.



Şekil 4.5. Puls yüksekliği analizi için tasarlanmış basit bir çok kanallı analizörün blok diyagramı

Genellikle çok kanallı analiz cihazlarında 512,1024 veya daha fazla sayıda kanal bulunur. Bu da kullanıcıya uygun çözünürlüğü seçme konusunda bir seçenek sunar. Bu kanalların her biri, karşılık gelen analog-dijital dönüştürücü (ADC) sayaçları tarafından yönlendirilerek, artan bellek konumlarına karşılık gelir. Sistem, tüm dinamik aralıklarla kaplanacak şekilde ayarlanabilir. Çok sayıdaki çok kanallı analizör iki farklı şekilde çalıştırılabilir. Biri daha önce belirtilen puls-yükseklik analizi şeklindedir ve diğeri çok kanallı sayısal şeklindedir. Bu şekilde pulslar başka bir parametreye göre sayılır. İşlem, ilk bellek konumundaki sayıları arttırmaya başlayan bir puls ile başlar. Sayma işlemi bir sonraki bellek konumuna taşınan, başka bir puls gelene kadar devam eder. Pulslar, ilgili bir parametreye karşılık gelebilir ve bu parametre zaman olabilir. Bu durumda sistem yalnızca toplam yoğunluğu ölçer.

4.8. Analog - Dijital Dönüşüm

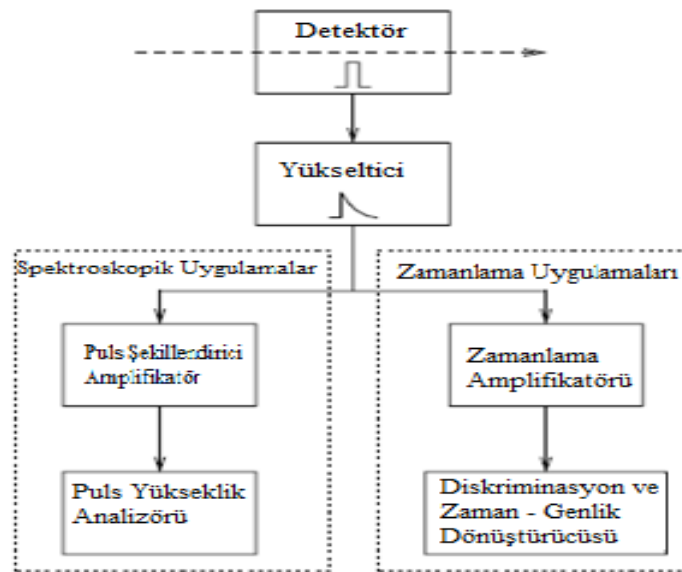
Bir analog pulsun dijital form haline dönüştürülmesi, sinyaldeki ilgili bilginin analiz edilmesi ve depolanması açısından oldukça uygundur. Analog-dijital dönüştürücüler

(ADC) eş zamanı sayısal formda verileri analog puls içerisine dönüştürmek için algılama sistemlerinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

4.9. Sinyal İşleme

Sinyal işleme, detektörler hakkında yararlı bilgiler elde etmede son derece önemli bir rol oynamaktadır. Radyasyonun algılanması ve ölçümü açısından şu iki bilgi önemlidir; çıkış pulsunun genliği ve zamanlaması. Genlik, gelen radyasyonla biriken enerjinin ölçümünün istenmesi, enerji spektroskopisi uygulamalarında oldukça önemlidir. Öte yandan, parçacık izleme gibi önemli zamanlamaların gerekli olduğu uygulamalarda da önemlidir. Dar genişlik ve düşük genlik verilerini, detektör pulslarından elde etmek için bir dizi analog ve dijital sinyal işleme aşamasına ihtiyaç vardır. Genel anlamda, sinyal tamamen ya bir analog devrenin zinciri boyunca işlenebilir ya da analiz için dijital forma dönüştürülebilir.

Etkin maliyet hesabının gelişimiyle, dijital sinyal işleme (DSP) gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Şimdilerde mümkün olabilecek her yerde tercih edilebilir bir yöntemdir. Bununla birlikte dijital sinyal işlemenin, elektronik zincirden gelen analog devrelere olan ihtiyacı da ortadan kaldırmaz. Bazı analog ünitelerin sinyali yükseltmesi ve analog-dijital dönüştürücüler için kullanılabilir olması açısından daima ihtiyaç vardır. Örneğin, çok hızlı analog-dijital dönüştürücülerin (flaş ADC'ler olarak da adlandırılan) bulunması, puls şekillendirme adımını dijital bir işleme değiştirmeyi mümkün kılmış olsa da ön yükselticilere daima ihtiyaç duyulmaktadır. Şekil 4.6'da dedeksiyon sistemlerinde, uyarlanmış tipik bir analog ve dijital sinyal işleme aşamaları gösterilmektedir.



Şekil 4.6. Zamanlama ve spektroskopik uygulamalarda yer alan tipik analog sinyal işleme adımları

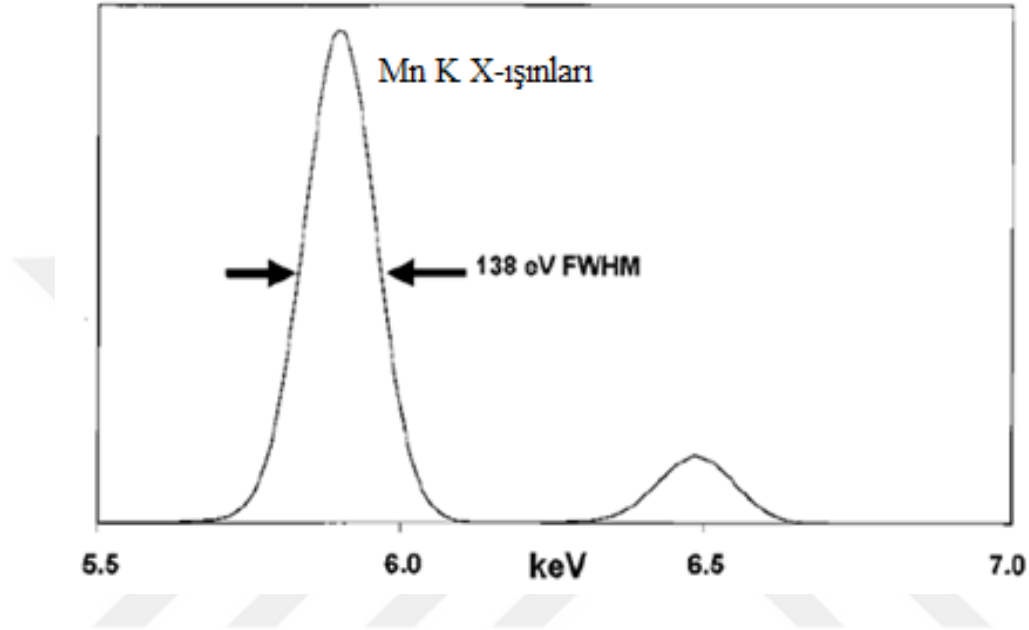
İşlemin analog veya dijital olmasına bakılmaksızın, detektör pulsu daima ilk olarak ön yükselticiden dönüştürülmelidir. Bunun nedeni, genellikle detektör pulsun çok düşük genlikli ve çok kısa süreli oluşu ile genlik ve zamanın doğrudan ölçümlerinin zorlaşması ve ayrıca büyük sistematik hatalara sebebiyet vermesidir. Ön yükseltme aşaması sadece pulsu artırmakla kalmaz, aynı zamanda puls genliğini artırır ve böylece bir sonraki elektronik devrede işleme için uygun hale getirir. Sonraki işleme adımları, uygulama ve veri analizi gereksinimlerine büyük ölçüde bağlıdır. Eğer gereksinimler analog işleme tekniklerinin kullanımını şart koşarsa, puls daha da şekillendirilir ve bir puls yüksekliği analiz cihazına yönlendirilir. Diğer yandan, dijital sinyal işleme gereksinimi olursa, sinyal yükseltip bir analog-dijital dönüştürücü (ADC) vasıtasıyla dijital sayımlara dönüştürülür.

4.10. Enerji Rezülasyonu

Yarıiletken spektrometre sistemlerinin enerji rezülasyonu çok elementli numunelerdeki karakteristik X-ışınlarının ayrılmasıyla alakalıdır. Spesifik bir enerjideki bir mono-enerjili X-ışını için puls-yükseklik dağılımının tam genişlikteki yarı maksimumu (FWHM) şeklinde tanımlanır.

⁵⁵Fe radyoizotop kaynağından yayımlanan Mn'nin K α çizgisi (5,895 keV) enerji rezülasyonu seçiminde genel olarak kullanılır. Mn, K X-ışınları yeterli düşük enerjide

çözümlemeyen $K\alpha_1+K\alpha_2$ (5,898 ve 5,887) ikilisinin yarı maksimum (FWHM)'de katkıda bulunur ve yayılan çizgilerin iç genişlikleri ihmal edilebilir. Bu yüksek enerjili karakteristik X-ışınları için geçerli değildir. Örneğin Mo K çizgileri, $K\alpha_1+K\alpha_2$ ikilisinin ayrımı için ve yayılan çizgilerin iç genişlikleri için dikkate alınmalıdır. Şekil 4.7'de ^{55}Fe kaynağından alınan Mn K X-ışınları puls-yükseklik spektrumu gösterilmiştir.



Şekil 4.7. 30 mm²'lik Si(Li) detektöründen alınan Mn K X-ışınlarının puls-yükseklik spektrumu

Bu ölçüm, EDXRF detektör sisteminin kalitesinin bir göstergesidir ve maksimum sayım oranı ya da temel sayım varlığı gibi diğer etkiler analitik uygulamalarda oldukça önemlidir.

Peltier soğutmalı Si PIN detektörler yarı maksimum (FWHM) değerleri 165-220 eV aralığında olmasına rağmen Si detektörlerde bu değer 150 eV'tan düşüktür. Eğer X-ışınlarının doğal çizgi genişlikleri ihmal edilirse, bir yarıiletken detektör X-ışını spektrometresinin enstrümantal enerji rezülasyonu iki bağımsız faktörün bir fonksiyonudur. Bunlardan biri detektörün kendisi tarafından özelliklerinin belirlenmesi ve diğeri elektronik puls üretiminin yapısına bağlı kullanımındır.

Tipik bir 30 mm²'lik Si(Li) detektörün yarı maksimumu 5,9 keV'de 140 eV olmasına rağmen bu değer 130 eV'a kadar ulaşabilir. X-ışını çizgisinin yarı maksimumu (ΔE_{Toplam}), detektörden gelen katkılar (ΔE_{det}) ve ilgili elektronik puls sürecinden gelen katkıların (ΔE_{elec}) karelerinin toplamına eşittir.

$$\Delta E_{\text{Toplam}} = \sqrt{\Delta E_{\text{det}}^2 + \Delta E_{\text{elec}}^2} \quad (4.14)$$

ΔE_{det} bileşeni, diyotun deplasyon bölgesinde oluşan serbest yük üretim sürecinin istatistiksel belirlenmesidir. Gelen foton tarafından üretilen ortalama elektron-boşluk çifti sayısı, toplam foton enerjisinin bir tek elektron-boşluk çifti oluşturmak için gerekli olan ortalama enerjiye bölümünden hesaplanabilir. Ortalamadaki dalgalanma Poisson istatistiği tarafından belirlenirse standart sapma şu şekilde verilir;

$$\sigma = \sqrt{n} = \sqrt{\frac{E}{\varepsilon}} \quad (4.15)$$

Yarıiletken cihazlarda enerji kaybı sürecinin detayı tam olarak bilinmediğinden Poisson davranışındaki sapma kullanılabilir. Bu sapma Fano faktörünü de hesaba katmamızı gerektirir.

$$\sigma = \sqrt{F n} = \sqrt{\frac{F E}{\varepsilon}} \text{ ve } \frac{\sigma(E)}{E} = \sqrt{F n} \quad (4.16)$$

Bu denklem düzenlenirse;

$$\Delta E_{\text{det}} = 2,35 \sqrt{F \varepsilon E} \quad (4.17)$$

elde edilir. Burada ε , bir serbest elektron-boşluk çifti oluşturmak için gerekli ortalama enerji, E foton enerjisi, F Fano faktörü ve 2,35 çarpanı Poisson dağılımı için standart sapmadan yarı maksimum dönüşüm çarpanıdır.

4.11. Numunelerin Hazırlanması

Tozların partikül boyutu sınırlamaları tarafından etkilenmediği yerlerde, en hızlı ve en basit numune hazırlama yöntemi doğrudan çok yoğunluklu pelletlere tozların preslenmesidir. Genellikle bunu sağlamak için yaklaşık 50 mikron çapındaki (300 mesh) toz numune santimetre başına 5-10 ton civarında basınç kullanılarak pellet haline getirilir. Toz numunenin kendi kendine yapışma özelliklerinin zayıf olduğu durumlarda, santimetre başına 50 tona kadar basınç uygulanabilir, ancak yine yapışmada sorun oluyorsa bir bağlayıcı (örneğin selüloz) kullanmak yerinde olur. Bir kalıpta veya

doğrudan bir numune kabında yüksek basınç pelletmesi yapılırsa, kalıptan basıncın kaldırılmasını takiben pellette bir çatlamaya neden olabilir. Çatlama numunenin basınç altında hafif deformasyonuna bağlıdır ve yüksek basınç altında geri döndürülemez bir biçimde verecek olan eski bir tozun preslenmesiyle önlenabilir.

Bu tezde, seçilen numunelerin bazıları toz formunda bazıları ise levha formundadır ve bunlar ticari olarak satın alınmıştır. Alınan levhaları sadece istenilen boyutta kestikten sonra direkt olarak ölçüme hazır hale gelmesi sağlanmıştır. Toz numuneler pellet haline getirilirken homojen bir dağılım elde edilmeye dikkat edilmiştir. Toz numuneler öncelikle 400 mesh'lik elekte elenerek parçacık büyüklüğü ve soğurma etkileri en aza indirilmiştir. Daha sonra elenen toz numuneleri 2 cm çaplı tabletler haline getirmek için 15 ton/cm² basınç altında preslenmişlerdir. Her bir numunenin aynı basınç altında preslenmesine dikkat edilmiştir. Daha sonra preslenen numuneler 10⁻⁵ gram hassasiyetli elektronik terazide beş defa ölçülmüştür ve bu beş ölçümün ortalaması alınarak numune ağırlığından gelen hata minimize edilmiştir. Levha ve tablet haline getirilen numunelerin aynı büyüklükte olmasına özen gösterilmiştir ve bu sayede birim yüzeye düşen radyasyon şiddetinin yaklaşık sabit kalması sağlanmıştır. Çoklu saçılmaları da minimize etmek için hazırlanan pelletlerin ve satın alınan levhaların ince olmasına ayrıca özen gösterilmiştir. Tablo 4.1'de direkt ölçümlerde kullanılan ve Tablo 4.2'de verim numuneleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Ölçümlerde kullanılan numuneler ve özellikleri

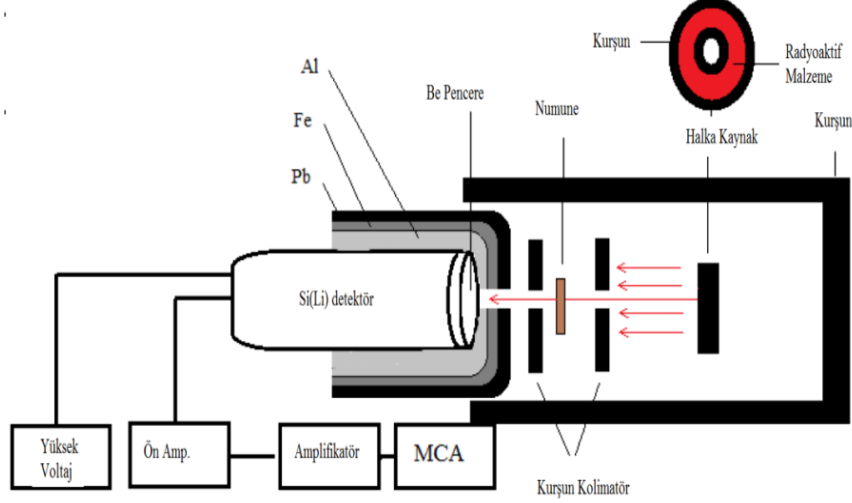
Kimyasal Formül	Numune Formu	Parçacık Büyüklüğü (mesh)	Boyut (mmxmmxmm)	Saflığı (%)
Fe	Foil	-	25x25x0,25	-
Cr	Toz	400	-	≥99
Ni	Foil	-	25x25x0,20	-
Fe/Cr18/Ni10	Foil	-	50x50x0,50	-
Fe/Cr25/Ni20	Foil	-	50x50x0,25	-
Fe/Cr17/Ni7	Foil	-	25x25x0,30	-
Ni72/Cr16/Fe8	Foil	-	25x25x0,20	-
Ni32,5/Cr21/Fe	Foil	-	50x50x0,25	-

Tablo 4.2. Verim numuneleri ve özellikleri

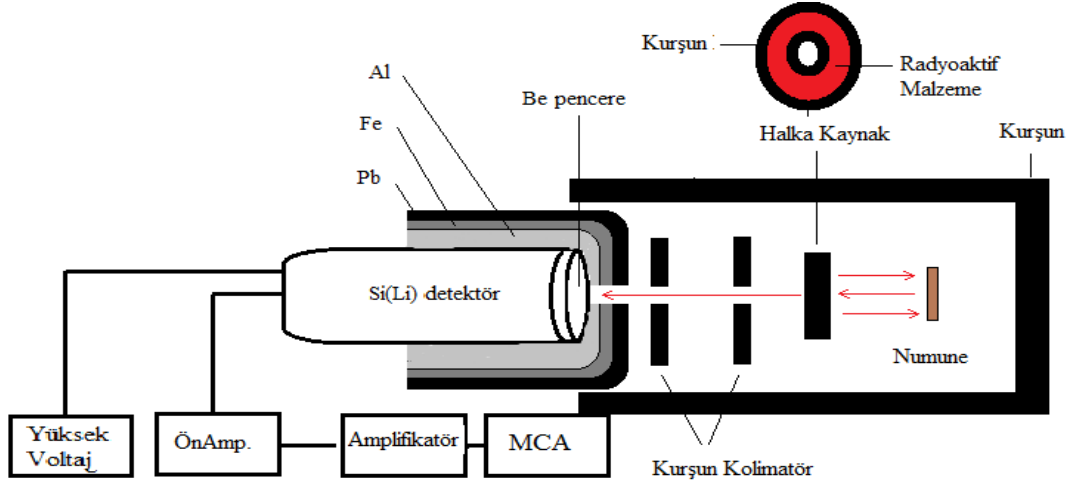
Kimyasal Formül	Numune Formu	Parçacık Büyüklüğü (mesh)	Saflığı (%)
Ti	Toz	400	99,500
V ₂ O ₃	Toz	400	98,000
Cr	Toz	400	99,000
Fe	Toz	-	99,000
Co	Toz	400	99,000
Ga ₂ O ₃	Toz	-	99,990

4.12. Deneş Geometrileri

Bu tezde, belirtilen parametrelerin elde edilmesinde uyarma ve geçiş olmak üzere iki farklı deneş geometrisi kullanılmıştır. Bu geometrilerin şematik gösterimi Şekil 4.8 ve Şekil 4.9'da verilmiştir.



Şekil 4.8. Geçiş Geometrisi



Şekil 4.9. Uyarma Geometrisi

Deney geometrileri kabaca, bir ^{241}Am halka kaynağı, soğurucu veya yayınlayıcı olarak seçilen bir hedef numune, çok kanallı analizleyici (MCA) ile birleştirilmiş bir Si(Li) detektör ve kolimatörlerden oluşmaktadır. 59,54 keV foton enerjileri yayınlayan ^{241}Am halka kaynağının radyoaktivitesi 3,7 GBq (100 mCi)'dir. Bu kaynak yayınlanan radyasyonun kolime edilmesi için halka bir kurşun kolimatör içine yerleştirilmiştir. Bu kolimatörün dış ve iç çapları sırasıyla 4,5 cm ve 1 cm şeklindedir. Kaynaktan gelen fotonların detektörü iyi bir şekilde görebilmesi ve minimum saçılma açısı için aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Zararsız ve Aygün, 1989);

$$\cos\theta = \frac{l}{\left[l^2 + 0,25(R_0 + R_1)^2\right]^{1/2}} \quad (4.18)$$

Burada, l , kaynak numune arasındaki mesafe (cm), R_0 kaynağın iç yarıçapı (cm) ve R_1 kaynağın dış yarıçapıdır (cm). Burada gelme açısı 45° ve yansıma açısı da 0° bulunmuştur.

Numuneden yayınlanan veya soğurulan fotonları sayabilmek için SLP-04160P-OPT-0.3 model bir Si(Li) detektör kullanılmıştır. Detektör, gürültüyü azaltmak ve en iyi çözünürlüğü elde edebilmek için sıvı azot kaynama sıcaklığında (-196°C) tutulmuştur. Detektör $12,5\text{ mm}^2$ aktif alana, 5 mm hassas derinliğe, 0,008 mm Berilyum pencere kalınlığına ve 5,9 keV enerjide 160 eV çözünürlüğe sahiptir.

Detektör içinde 239-POF model bir ön-yükseltici bulunmaktadır. Detektör çıkışı 2048 kanal DSPEC-LF model MCA ile birleştirilmiştir. Radyoaktif standartlar (^{241}Am , ^{109}Cd ve ^{55}Fe) yardımıyla detektör 0 ile 88 keV enerji aralığında kalibre edilmiştir. Si(Li) detektörde sayılan fotonlar önce ön-yükselticiye, oradan lineer yükselticide büyütülerek, analog dijital dönüştürücü vasıtasıyla 2048 kanallı puls yükseklik analizöründe kaydedilmiştir.

Detektör penceresinin zarar görmesini engellemek ve temel sayım etkilerini minimize etmek için detektör alüminyum, bakır ve kurşundan yapılmış kademeli bir kolimatör içinde yerleştirilmiştir. Bu elementlerin kullanılmasının özel bir amacı vardır. 59,54 keV enerjisi tarafından uyarılan kurşun tabakanın L X-ışınları yayınlanır ve bir alt tabakadaki bakır elementi kurşunun bu L X-ışınlarını soğurur. Ancak bu seferde kurşunun L X-ışınları bakırın K X-ışınlarının yayınlanmasına neden olabilir. Alüminyum tabaka da bakırın K X-ışınlarını soğuracaktır. Son olarak bakır K X-ışınları alüminyumun K X-ışınlarının yayınlanmasına neden olabilir, bu da detektörün normal deney ölçümlerinin yapıldığı bölgenin dışında yaklaşık 1,5 keV enerji civarında detektör tarafından sayılacaktır. Bu sayılan fotonların normal ölçümlere herhangi bir etkisi bulunmamaktadır. Ölçümlerdeki istatistiksel belirsizliği azaltmak için her bir pik altındaki 10^4 - 10^5 büyüklük mertebelerinde olmasına dikkat edilmiştir. Maestro programı yardımıyla elde edilen veriler Microcal Origin 7.5 (demo) programı yardımıyla pikler altındaki net alanlar belirlenmiştir.

4.13. Uyarma Parametrelerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada belirlenmiş olan ilk uyarma parametresi $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleridir. Bu parametreleri hesaplamak için aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$\sigma_{K_i} = \frac{N_{K_i}}{I_0 G \epsilon_{K_i} \beta_{K_i} t} \frac{M}{N} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (4.19)$$

Burada, N_{K_i} K_i X-ışını piki altında kalan birim zamandaki sayım, $I_0 G$ direkt olarak ölçülebilen ve deneysel geometride uyarma radyasyonunun şiddeti ϵ_{K_i} K_i X-ışını enerjisinde detektör verimi ve β öz-soğurma düzeltme faktörüdür ve şu şekilde ifade edilir;

$$\beta = \frac{1 - \exp \left[- \left(\frac{\mu_p}{\cos \theta_1} + \frac{\mu_e}{\cos \theta_2} \right) t \right]}{\left(\frac{\mu_p}{\cos \theta_1} + \frac{\mu_e}{\cos \theta_2} \right) t} \quad (4.20)$$

Burada, μ_p ve μ_e sırasıyla birincil uyarma ve yayımlanan K X-ışını enerjilerinde toplam kütle azaltma katsayılarıdır, θ_1 ve θ_2 sırasıyla gelen ve yayımlanan fotonların numunenin normaliyle pozitif yönde yaptığı açılardır ve t numune kalınlığıdır. $I_0 G \epsilon_{K_i}$ değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplandı;

$$I_0 G \epsilon_{K_i} = \frac{N_{K_i}}{\sigma_{K_i} \beta_{K_i} t} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (4.21)$$

Burada, N_{K_i} ilgili numunenin K_i piki altında kalan birim zamandaki sayım, β öz-soğurma düzeltme faktörü, t numune kalınlığı ve σ_{K_i} K_i X-ışını floresans tesir kesitidir ve şu şekilde hesaplanır;

$$\sigma_{K_i} = \sigma_K(E) \omega_K F_{K_i} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (4.22)$$

Burada, $\sigma_K(E)$ verilen numune için E uyarma enerjisinde K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesiti, ω_K K tabakası floresans verimi ve F_{K_i} K_i X-ışını emisyon hızıdır ve şu şekilde hesaplandı;

$$F_{K_\alpha} = \left(1 + \frac{I_{K_\beta}}{I_{K_\alpha}} \right)^{-1} \quad F_{K_\beta} = \left(1 + \frac{I_{K_\alpha}}{I_{K_\beta}} \right)^{-1} \quad (4.23)$$

Burada, I_{K_β}/I_{K_α} şiddet oranlarıdır. I_{K_β}/I_{K_α} şiddet oranları aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlendi;

$$\frac{I_{K_\beta}}{I_{K_\alpha}} = \frac{N_{K_\beta} \beta_{K_\alpha} \epsilon_{K_\alpha}}{N_{K_\alpha} \beta_{K_\beta} \epsilon_{K_\beta}} \quad (4.24)$$

Burada, N_{K_β} ve N_{K_α} sırasıyla K_β ve K_α pikleri altındaki net sayımlardır. K tabakası floresans veriminin yarı deneysel hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanıldı;

$$\omega_K = \frac{\sigma_K}{\sigma_K(E)} \quad (4.25)$$

Burada, σ_K K tabakası toplam üretim tesir kesiti ve $\sigma_K(E)$ ise verilen enerjide K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitidir. K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyeti belirlenirken şu eşitlik kullanıldı;

$$\eta_{KL} = \frac{2 - \omega_K}{1 + \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}}} \quad (4.26)$$

Burada, ω_K K tabakası floresans verimi ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ ise ilgili çizgilerin X-ışını şiddet oranlarıdır.

KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayınlanma oranları sırasıyla aşağıdaki eşitler yardımı ile belirlenmiştir;

$$u = \frac{p(KLX)}{p(KLL)} = 2x \quad (4.27)$$

$$v = \frac{p(KXY)}{p(KLL)} = x^2 \quad (4.28)$$

Burada x , $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranını belirtmektedir. X ve Y, M, N, O, ... tabaka elektronlarını ifade eder. Üç harfli terminoloji (KLX, KXY, ...) Auger elektronlarının karakterizasyonu için yaygın olarak kullanılır. İlk harf, ilk boşluğa sahip olan tabakayı tanımlar, ikincisi, bir elektronun bu boşluğu doldurduğu tabakayı tanımlar ve üçüncüsü, Auger elektronunun çıktığı tabakayı belirtir. Örneğin, bir KLM Auger elektronu, bir K tabakası boşluğu, bir L elektronu ile doldurulduğunda M tabakasından çıkan bir elektrondur. K tabakası soğurma sıçrama faktörü hesabı için aşağıdaki eşitlik kullanıldı;

$$J_K = \frac{\sigma_{K\alpha}}{(\sigma_t - \sigma_{ts}) \omega_K} \left[1 + \frac{IK_\beta}{IK_\alpha} \right] \quad (4.29)$$

Burada, σ_t toplam atomik soğurma tesir kesiti, σ_{ts} toplam (Compton+Koherent) atomik saçılma tesir kesiti, ω_K K tabakası floresans verimi, IK_β/IK_α $K\beta$ ve $K\alpha$ X-ışınları şiddet

oranları ve $\sigma_{K\alpha}$ $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitidir. Soğurma sıçrama faktörü hesabından sonra aşağıdaki eşitlik yardımıyla soğurma sıçrama oranı hesaplandı.

$$r_k = \frac{1}{1 - J_k} \quad (4.30)$$

4.14. Soğurma Parametrelerinin Belirlenmesi

Toplam kütle azaltma katsayısı, numunenin varlığında ve yokluğunda sayımdaki farklılıklardan elde edilebilir. Kütle azaltma katsayısı,

$$I = I_0 \exp \left[- \left(\frac{\mu}{\rho} \right) x \cdot \rho \right] \quad (4.31)$$

$$\frac{\mu}{\rho} = - \frac{1}{x \cdot \rho} \ln \ln \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (4.32)$$

eşitliği ile bulundu ve burada, μ lineer azaltma katsayısı (cm^{-1}), ρ numunenin yoğunluğu (g/cm^3), x numunenin kalınlığı (cm), I_0 soğurucusuz alınan sayım değeri ve I radyasyonun numune kalınlığı boyunca nüfuz ettiği sayım değeridir. Karışımların veya bileşiklerin azaltma katsayısını, karışımı veya bileşiği oluşturan elementlerin her birinden gelen azaltma katsayılarının toplanarak hesaplanması pratik bir varsayımdır. Bu varsayım çok iyi bilinen, herhangi bir maddenin bireysel atomlarındaki azaltma katsayılarının ağırlıklı oranlarıyla uygun bir şekilde toplandığı karışım kuralıdır. Böylece, karışım veya bileşikler için kütle azaltma katsayısı şu şekilde bulundu;

$$\left(\frac{\mu}{\rho} \right)_{\text{bil.}} = \sum_i w_i \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_i \quad (4.33)$$

Burada, w_i i. elementin ağırlıklı oranı, μ cm^{-1} biriminde lineer azaltma katsayısı, ρ elementin yoğunluğu ve $(\mu/\rho)_i$ bileşik içindeki i. elementin kütle azaltma katsayısıdır. Karışım kuralı, moleküler bağın atomik dalga fonksiyonu üzerindeki etkisi ve kimyasal ya da kristal yapının ihmal edildiği durumlarda geçerlidir. Toplam atomik soğurma tesir kesiti ile toplam kütle azaltma katsayısı arasında şu ilişki vardır;

$$\sigma_i = \left(\frac{\mu}{\rho} \right) \frac{M}{N} \quad (4.34)$$

Burada, M numunenin molekül ağırlığı N ise Avogadro sayısıdır. Kütle azaltma katsayısı aşağıdaki eşitlikle ilişkili olarak moleküler tesir kesitinin hesaplanmasında kullanıldı.

$$\sigma_{t,m} = \frac{1}{N} (\mu/\rho)_{bil.} \sum_i (n_i A_i) \quad (4.35)$$

Burada, N Avogadro sayısı, n_i bileşikteki elementlerin sayısı ve A_i i. elementin atomik ağırlığı, $(\mu/\rho)_{bil.}$ bileşiğin kütle azaltma katsayısıdır. Toplam atomik tesir kesiti (4.36) eşitliği yardımıyla hesaplandı.

$$\sigma_{t,a} = \sigma_{t,m} \frac{1}{\sum_i n_i} \quad (4.36)$$

Bir element için toplam elektronik tesir kesiti aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlendi.

$$\sigma_{t,e} = \frac{1}{N} \sum_i \frac{f_i A_i}{Z_i} \left(\frac{\mu}{\rho} \right)_i \quad (4.37)$$

Burada, f_i bileşikteki i. elementin atom sayısının bütün elementlerin toplam atom sayısına oranı, $(\mu/\rho)_i$ bileşikteki i. elementin toplam kütle azaltma katsayısıdır. Atomik ve elektronik tesir kesiti etkin atom numarasına aşağıdaki eşitle bağlıdır.

$$Z_{eff} = \frac{\sigma_{t,a}}{\sigma_{t,e}} \quad (4.38)$$

Elektron yoğunluğunu ise etkin atom numarasına aşağıdaki eşitlik ile bağlıdır.

$$N_E = \frac{Z_{eff}}{A_{top.}} (N n_{top.}) \quad (4.39)$$

Burada, $A_{top.}$ bileşikler için atomik ağırlıkların toplam sayısıdır.

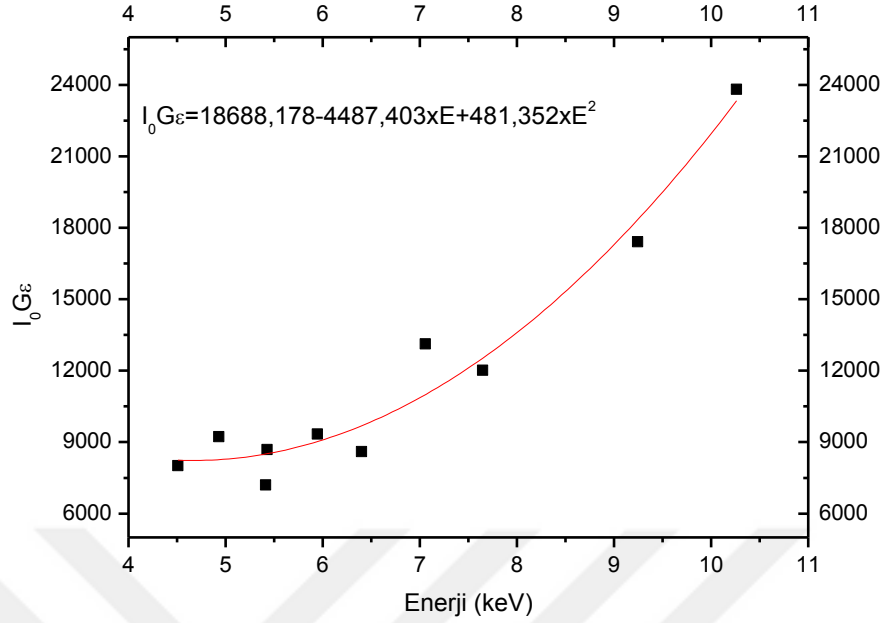
5. ARAŞTIRMA BULGULARI

5.1. Uyarma Parametrelerine Ait Araştırma Bulguları

5.1.1. Detektör Sistemi Veriminin Araştırma Bulguları

Farklı konsantrasyondaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K X-ışını üretim tesir kesitlerini, K tabakası floresans verimlerini, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarını, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerini, KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayınlanma oranlarını, K tabakası soğurma sıçrama faktörlerini ve K tabakası soğurma sıçrama oranlarını belirleyebilmek için, seçilen elementlerin K tabakaları X-ışını enerji bölgesi etrafında detektör sisteminin verimi ($I_0G\epsilon$) ve geometri faktörünü içeren etkin foton akısının elde edilmesi gerekir.

Detektör sisteminin verimi hesaplanırken ilgili elementin K tabakası floresans verimleri Krause (1979) tablolarından, K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitleri Scofield (1973) tablolarından ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları Scofield (1974) tablolarından teorik değerleri alınmıştır. Yukarıda belirtilen uyarma parametrelerinin elde edilebilmesi için gerekli olan detektör sisteminin verimini belirlemek için Ti, V, Cr, Fe, Co ve Ga elementlerinin K X-ışını şiddetleri diğer ölçümler ile aynı deney geometrisinde ve aynı deney şartları dikkate alınarak elde edilmiştir. Burada K X-ışınlarının kullanılma nedeni, bu tabakaya ait $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınlarının izotropik dağılıma sahip olmalarıdır. Yukarıda belirtilen verim numunelerinin kullanılma nedeni, bu elementlere ait $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınlarının, uyarma parametreleri belirlenecek olan (Cr, Fe ve Ni) elementlerin K X-ışınlarının düştüğü enerji bölgesini kapsıyor olmasıdır. Şekil 5.1'de detektör sistemi veriminin enerjiye bağlı değişimini gösteren grafik verilmiştir.



Şekil 5.1. Detektör sistemi veriminin enerjiye bağlı değişim grafiği

5.1.2. K tabakası X-ışını Üretim Tesir Kesitlerine Ait Araştırma Bulguları

Farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerinin $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri Şekil 4.9'da görülen uyarma geometrisi yardımıyla belirlenmiştir. Ölçümler ^{241}Am halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisinde gerçekleştirilmiştir. Deneysel hesaplamalar denklem (4.19), teorik hesaplamalar ise denklem (4.22) kullanılarak yapılmıştır. Teorik hesaplamalar yapılırken ilgili elementin K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesiti Scofield (1973) tablolarından, K tabakası floresans verimi Krause (1979) tablolarından ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı Scofield (1974) tablolarından alınmıştır. Deneysel hesaplamalar yapılırken ilgili tabakanın X-ışını şiddeti, detektör sisteminin verimi ve kalınlık parametreleri deneysel olarak ele alınırken, öz-soğurma düzeltme faktörünün yarı-deneysel sonuçları, moleküler kütle ve Avogadro sabitinin teorik değerleri dikkate alınmıştır. Farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerine ait $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri Tablo 5.1-5.3'de teorik değerleri ile birlikte verilmiştir. Şekil 5.2-5.4'de sırasıyla Cr, Fe ve Ni elementlerinin yüzde konsantrasyonuna karşı $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerinin değişim grafikleri verilmiştir.

Tablo 5.1. 59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Cr elementine ait X-ışını üretim tesir kesitleri

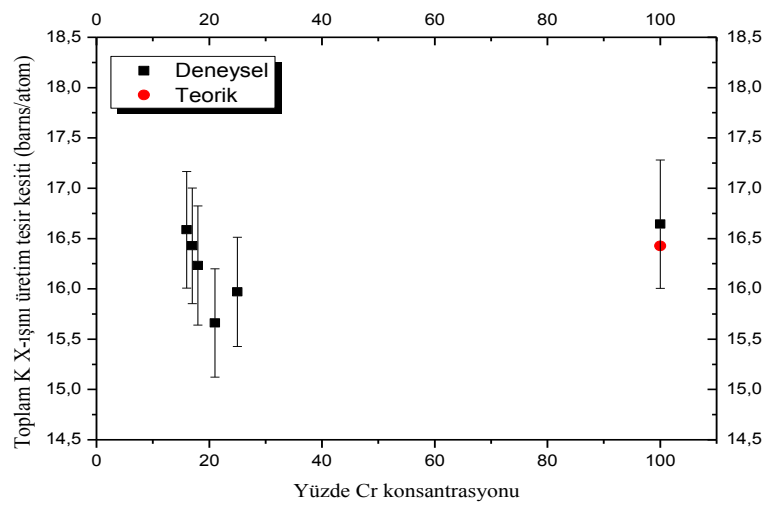
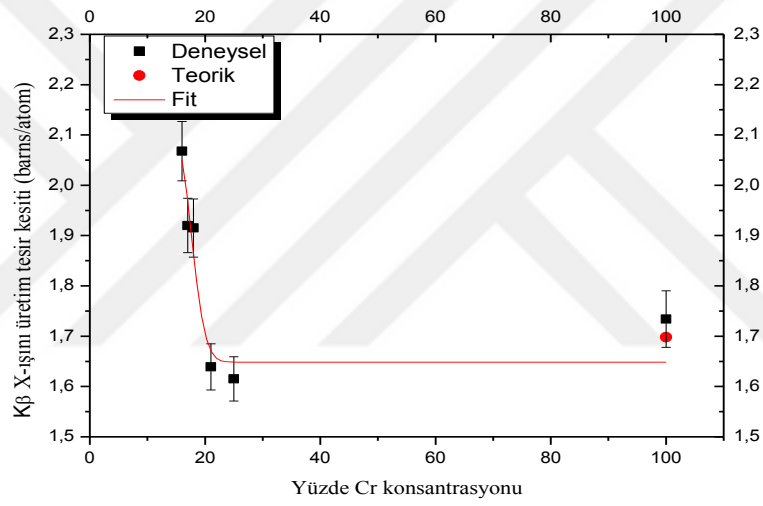
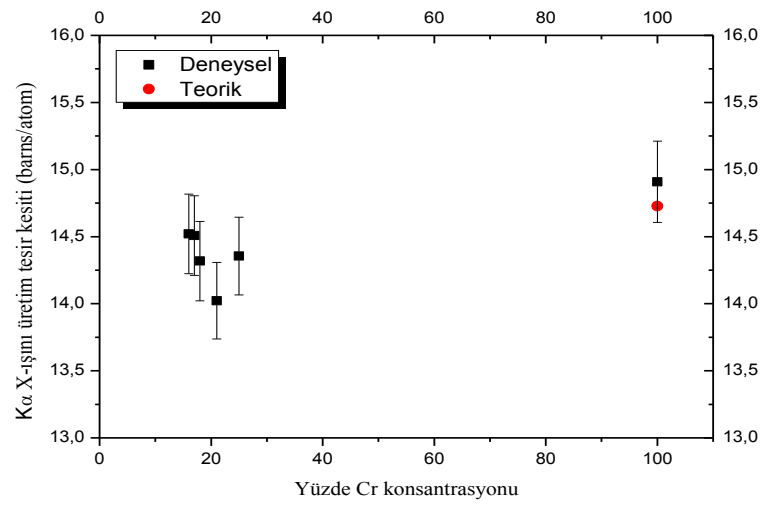
Numune	K α üretim tesir kesiti (barns/atom)		K β üretim tesir kesiti (barns/atom)		Toplam K üretim tesir kesiti (barns/atom)	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	14,909±0,303	14,728	1,734±0,056	1,698	16,643±0,638	16,426
Fe/Cr18/Ni10	14,318±0,296	-	1,915±0,058	-	16,233±0,592	-
Ni32,5/Cr21/Fe	14,022±0,285	-	1,639±0,046	-	15,661±0,539	-
Fe/Cr25/Ni20	14,355±0,290	-	1,615±0,044	-	15,970±0,543	-
Ni72/Cr16/Fe	14,520±0,297	-	2,068±0,059	-	16,587±0,580	-
Fe/Cr17/Ni7	14,508±0,296	-	1,920±0,054	-	16,428±0,574	-

Tablo 5.2. 59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Fe elementine ait X-ışını üretim tesir kesitleri

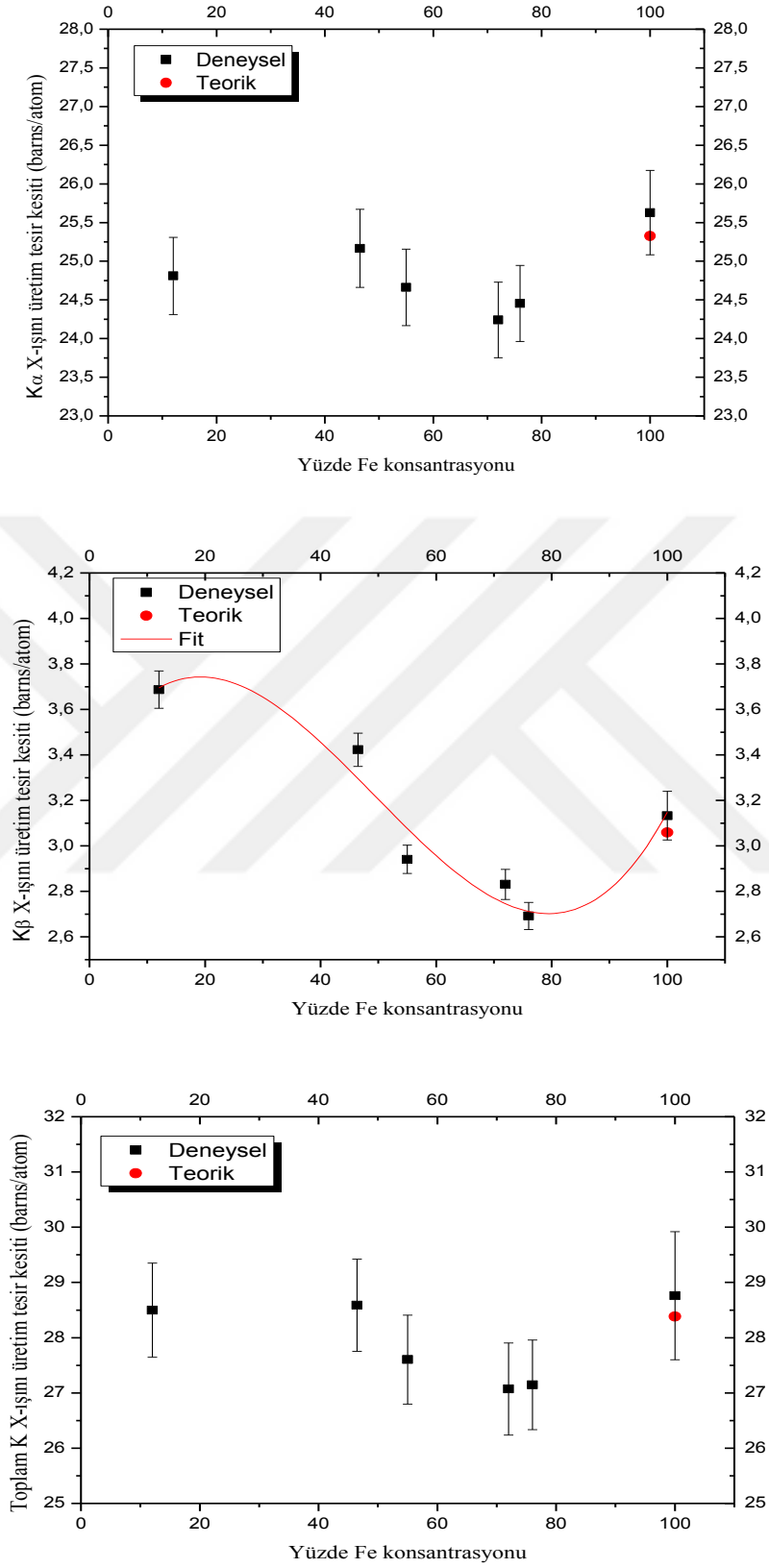
Numune	K α üretim tesir kesiti (barns/atom)		K β üretim tesir kesiti (barns/atom)		Toplam K üretim tesir kesiti (barns/atom)	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Fe	25,628±0,545	25,326	3,133±0,107	3,059	28,760±1,161	28,385
Fe/Cr18/Ni10	24,240±0,488	-	2,831±0,066	-	27,071±0,834	-
Ni32,5/Cr21/Fe	25,166±0,505	-	3,423±0,073	-	28,588±0,837	-
Fe/Cr25/Ni20	24,662±0,494	-	2,941±0,062	-	27,603±0,806	-
Ni72/Cr16/Fe	24,810±0,499	-	3,687±0,082	-	28,497±0,852	-
Fe/Cr17/Ni7	24,454±0,491	-	2,692±0,060	-	27,146±0,811	-

Tablo 5.3. 59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Ni elementine ait X-ışını üretim tesir kesitleri

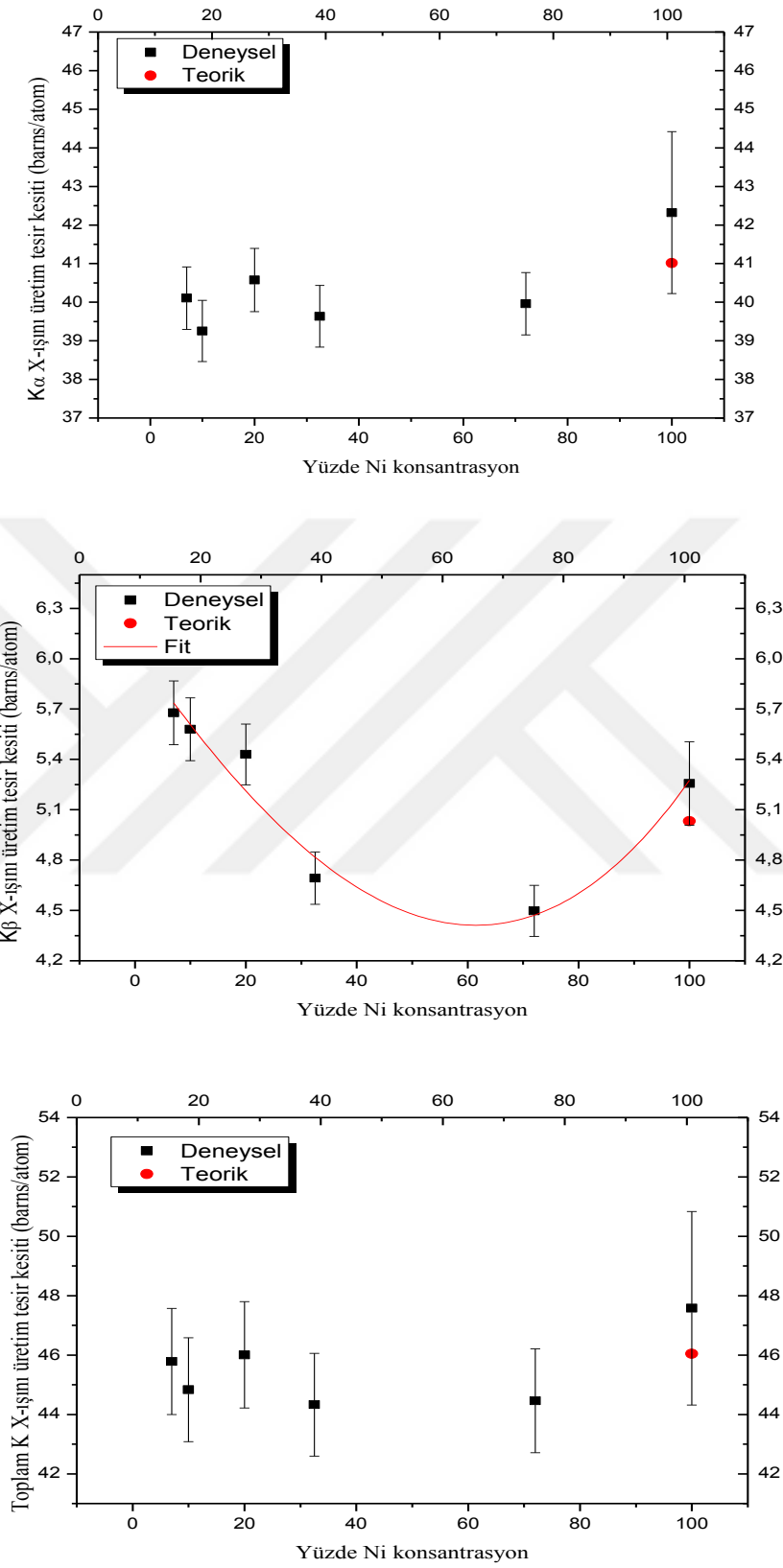
Numune	K α üretim tesir kesiti (barns/atom)		K β üretim tesir kesiti (barns/atom)		Toplam K üretim tesir kesiti (barns/atom)	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Ni	42,321±2,097	41,012	5,257±0,249	5,032	47,577±3,259	46,044
Fe/Cr18/Ni10	39,254±0,793	-	5,580±0,187	-	44,834±1,751	-
Ni32,5/Cr21/Fe	39,636±0,800	-	4,693±0,156	-	44,329±1,728	-
Fe/Cr25/Ni20	40,576±0,819	-	5,430±0,181	-	46,007±1,791	-
Ni72/Cr16/Fe	39,963±0,808	-	4,498±0,152	-	44,461±1,752	-
Fe/Cr17/Ni7	40,105±0,809	-	5,678±0,190	-	45,783±1,788	-



Şekil 5.2. Farklı alaşımlar içindeki Cr elementine ait X-ışını üretim tesir kesitlerinin konsantrasyona göre değişimi



Şekil 5.3. Farklı alaşımlar içindeki Fe elementine ait X-ışını üretim tesir kesitlerinin konsantrasyona göre değişimi



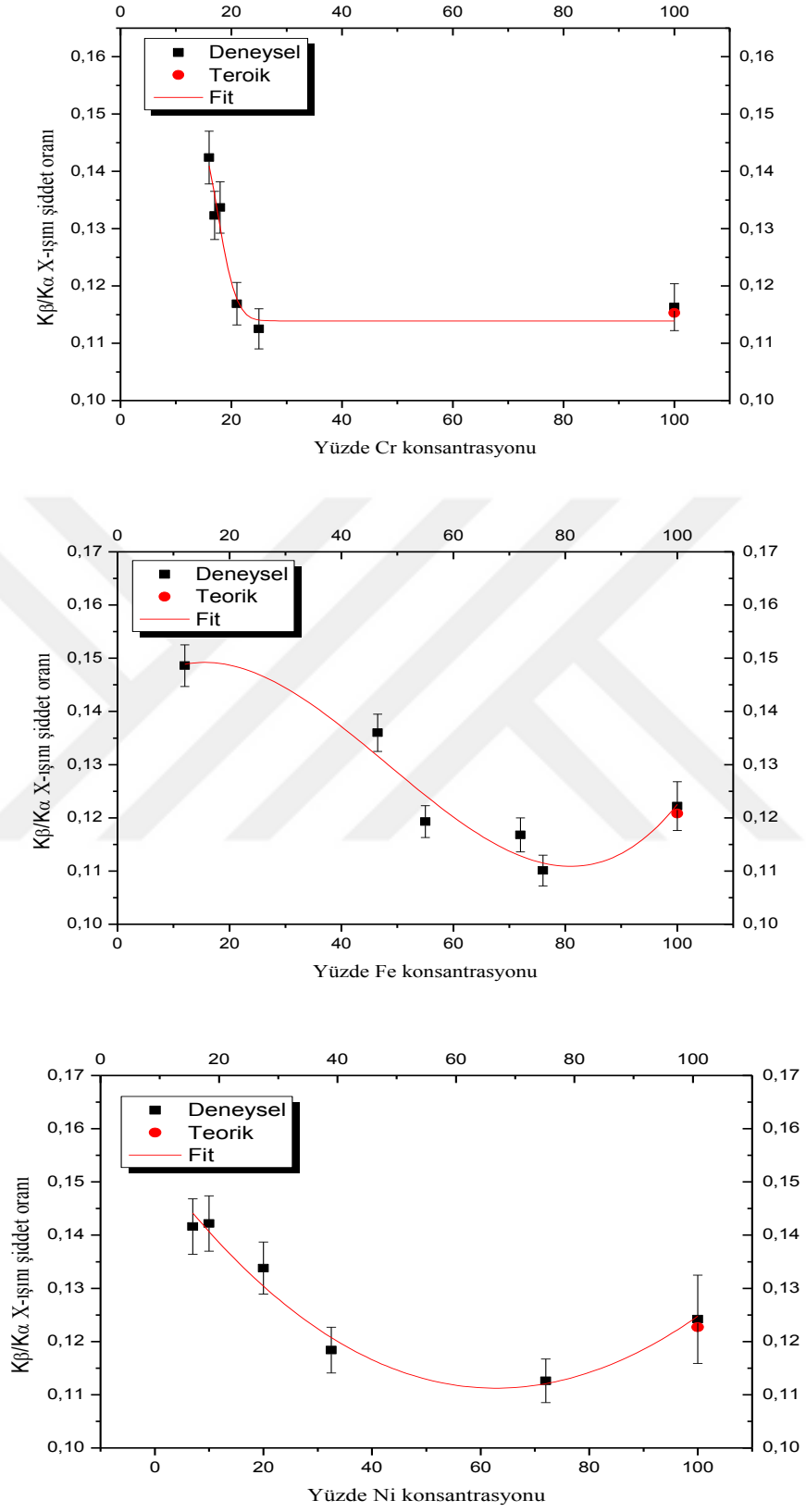
Şekil 5.4. Farklı alaşımlar içindeki Ni elementine ait X-ışını üretim tesir kesitlerinin konsantrasyona göre değişimi

5.1.3. K β /K α X-ışını Şiddet Oranlarına Ait Araştırma Bulguları

Farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerinin K β /K α X-ışını şiddet oranları ²⁴¹Am halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV foton enerjisinde belirlenmiştir. Deneysel hesaplamalar denklem (4.24) yardımı ile yapılmıştır ve teorik değerler Scofield (1974) tablolarından alınmıştır. Deneysel hesaplamalarda ilgili elementin ilgili tabakasına ait X-ışını şiddetleri ve detektör sisteminin verimi deneysel olarak ele alınırken, öz-soğurma düzeltme faktörlerinin yarı-deneysel sonuçları kullanılmıştır. Farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K β /K α X-ışını şiddet oranları Tablo 5.4'de teorik değerleri ile birlikte karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 5.5'de Cr, Fe ve Ni elementlerinin konsantrasyonuna karşı K β /K α X-ışını şiddet oranlarının değişim grafiği verilmiştir.

Tablo 5.4. 59,54 keV foton enerjisinde farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K β /K α X-ışını şiddet oranları

Numune	K β /K α X-ışını şiddet oranları					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	0,1163±0,0041	0,1153	-	-	-	-
Fe	-	-	0,1222±0,0046	0,1208	-	-
Ni	-	-	-	-	0,1242±0,0083	0,1227
Fe/Cr18/Ni10	0,1337±0,0045	-	0,1168±0,0032	-	0,1422±0,0052	-
Ni32,5/Cr21/Fe	0,1169±0,0037	-	0,1360±0,0035	-	0,1184±0,0043	-
Fe/Cr25/Ni20	0,1125±0,0035	-	0,1193±0,0030	-	0,1338±0,0049	-
Ni72/Cr16/Fe	0,1424±0,0046	-	0,1486±0,0039	-	0,1126±0,0041	-
Fe/Cr17/Ni7	0,1323±0,0042	-	0,1101±0,0029	-	0,1416±0,0052	-



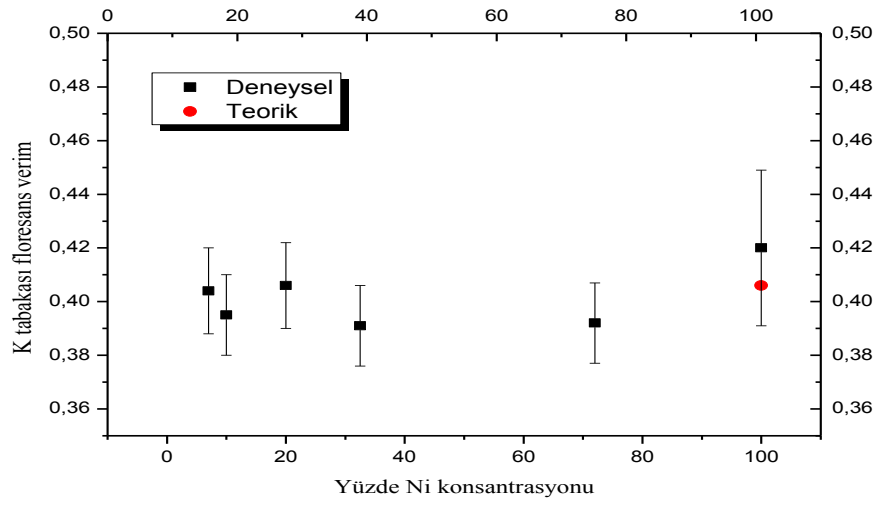
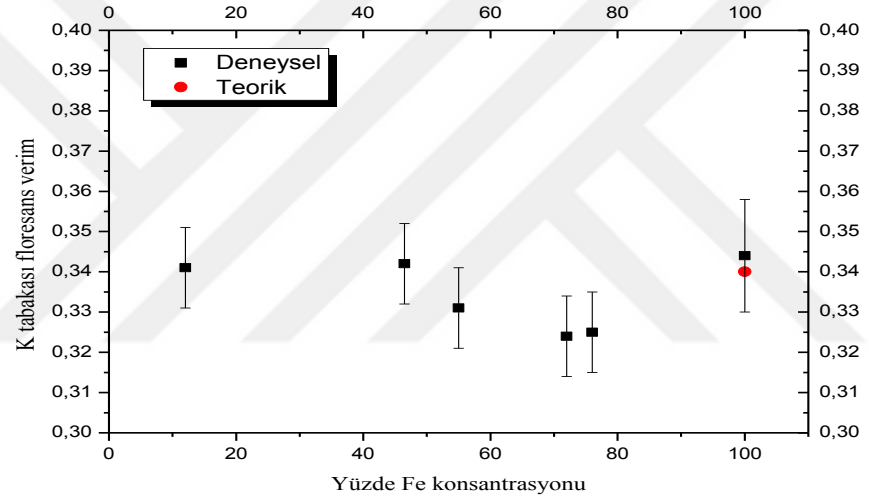
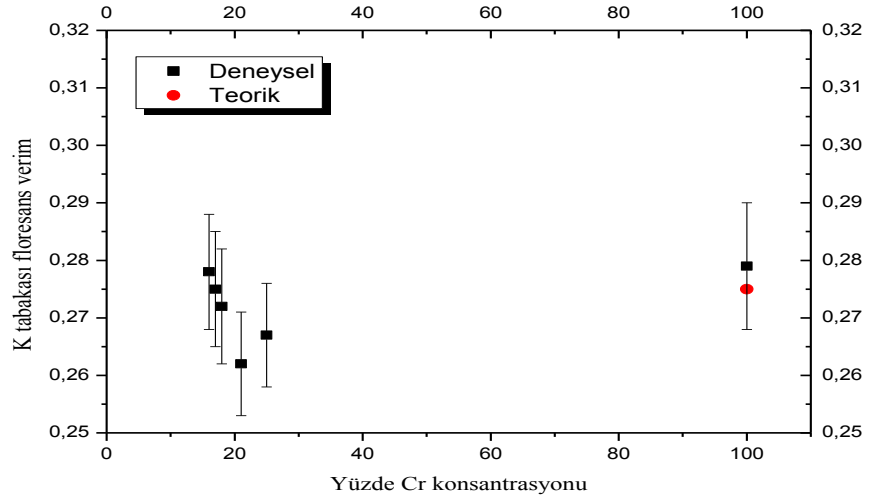
Şekil 5.5. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının konsantrasyona göre değişimi

5.1.4. K tabakası Floresans Verimlerine Ait Araştırma Bulguları

Farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerinin K tabakası floresans verimleri denklem (4.25) kullanılarak belirlenmiştir. Denklem (4.25)'de bulunan K tabakası toplam üretim tesir kesitler denklem (4.19) yardımıyla deneysel olarak belirlenmiştir ve denklem (4.25)'deki K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitleri Scofield (1973) tablolarından teorik değerleri alınmıştır. Bu yol ile belirlenen farklı konsantrasyondaki alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerinin K tabakası floresans verimleri Tablo 5.5'de teorik değerleri ile birlikte verilmiştir. Bu elementlere ait teorik K tabakası floresans verimleri Krause (1979) tablolarından alınmıştır. Ayrıca, Cr, Fe ve Ni elementlerinin alaşım içindeki konsantrasyonuna karşı K tabakası floresans verimlerinin değişimi Şekil 5.6'da grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 5.5. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakası floresans verim değerleri

Numune	K tabakası floresans verim					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	0,279±0,011	0,275	-	-	-	-
Fe	-	-	0,344±0,014	0,340	-	-
Ni	-	-	-	-	0,420±0,029	0,406
Fe/Cr18/Ni10	0,272±0,010	-	0,324±0,010	-	0,395±0,015	-
Ni32,5/Cr21/Fe	0,262±0,009	-	0,342±0,010	-	0,391±0,015	-
Fe/Cr25/Ni20	0,267±0,009	-	0,331±0,010	-	0,406±0,016	-
Ni72/Cr16/Fe	0,278±0,010	-	0,341±0,010	-	0,392±0,015	-
Fe/Cr17/Ni7	0,275±0,010	-	0,325±0,010	-	0,404±0,016	-



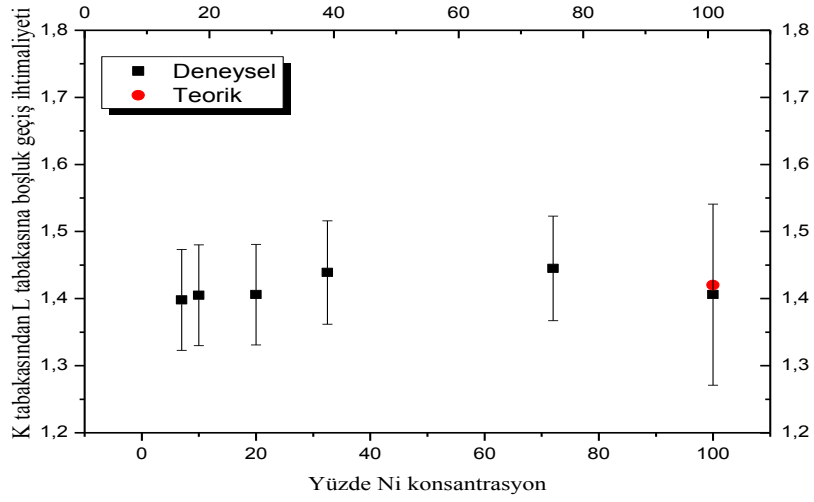
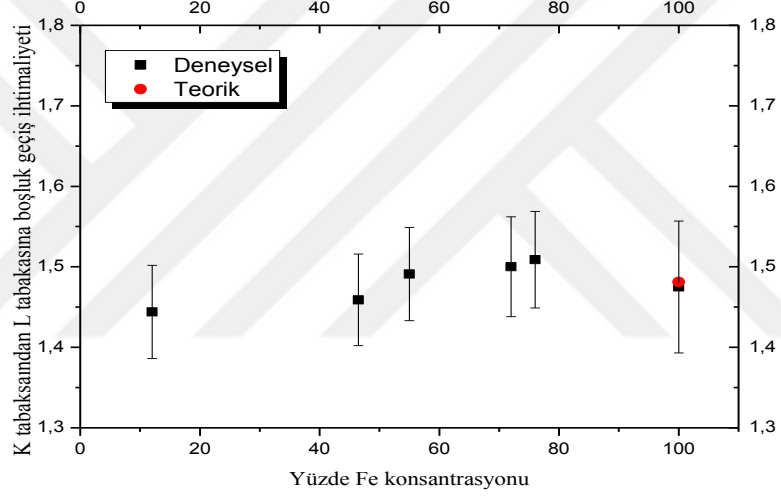
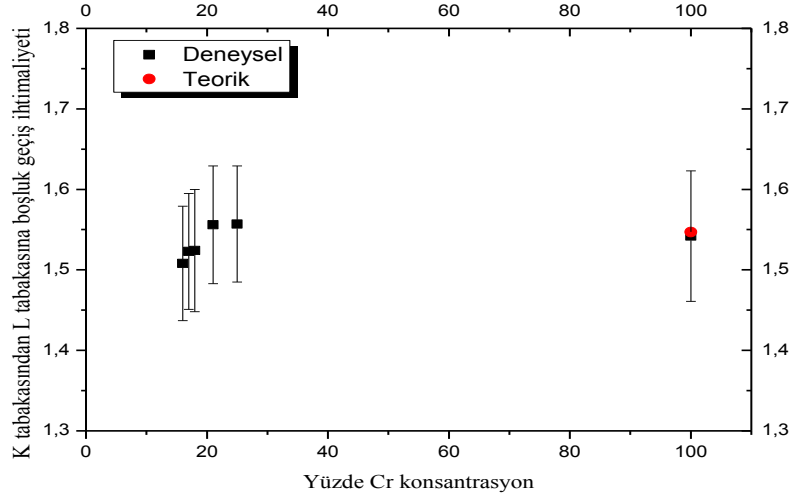
Şekil 5.6. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakası floresans verimlerinin konsantrasyona göre değişimi

5.1.5. K Tabakasından L Tabakasına Boşluk Geçiş İhtimaliyetine Ait Araştırma Bulguları

Farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerinde K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri denklem (4.26) kullanılarak belirlenmiştir. Denklem (4.26) içinde bulunan K tabakası floresans veriminin deneysel sonuçları denklem (4.25) ile ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı değerleri denklem (4.24) yardımıyla deneysel olarak belirlenmiştir. İlgili elementlerin K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin teorik hesaplamalarında K tabakası floresans verimleri için Krause (1979) değerleri ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları için Scofield (1974) değerleri kullanılmıştır. Bu şekilde elde edilen farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerinin K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin deneysel ve teorik değerleri Tablo 5.6'da verilmiştir. Ayrıca, bu elementlerin K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin alaşım içindeki konsantrasyonuna göre değişimi Şekil 5.7'de verilmiştir.

Tablo 5.6. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri değerleri

Numune	K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	1,542±0,081	1,547	-	-	-	-
Fe	-	-	1,475±0,082	1,481	-	-
Ni	-	-	-	-	1,406±0,135	1,420
Fe/Cr18/Ni10	1,524±0,076	-	1,500±0,062	-	1,405±0,075	-
Ni32,5/Cr21/Fe	1,556±0,073	-	1,459±0,057	-	1,439±0,077	-
Fe/Cr25/Ni20	1,557±0,072	-	1,491±0,058	-	1,406±0,075	-
Ni72/Cr16/Fe	1,508±0,071	-	1,444±0,058	-	1,445±0,078	-
Fe/Cr17/Ni7	1,523±0,072	-	1,509±0,060	-	1,398±0,075	-



Şekil 5.7. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin konsantrasyona göre değişimi

5.1.6. KLX/KLL ve KXY/KLL Auger Elektron Yayınlanma Oranlarına Ait Araştırma Bulguları

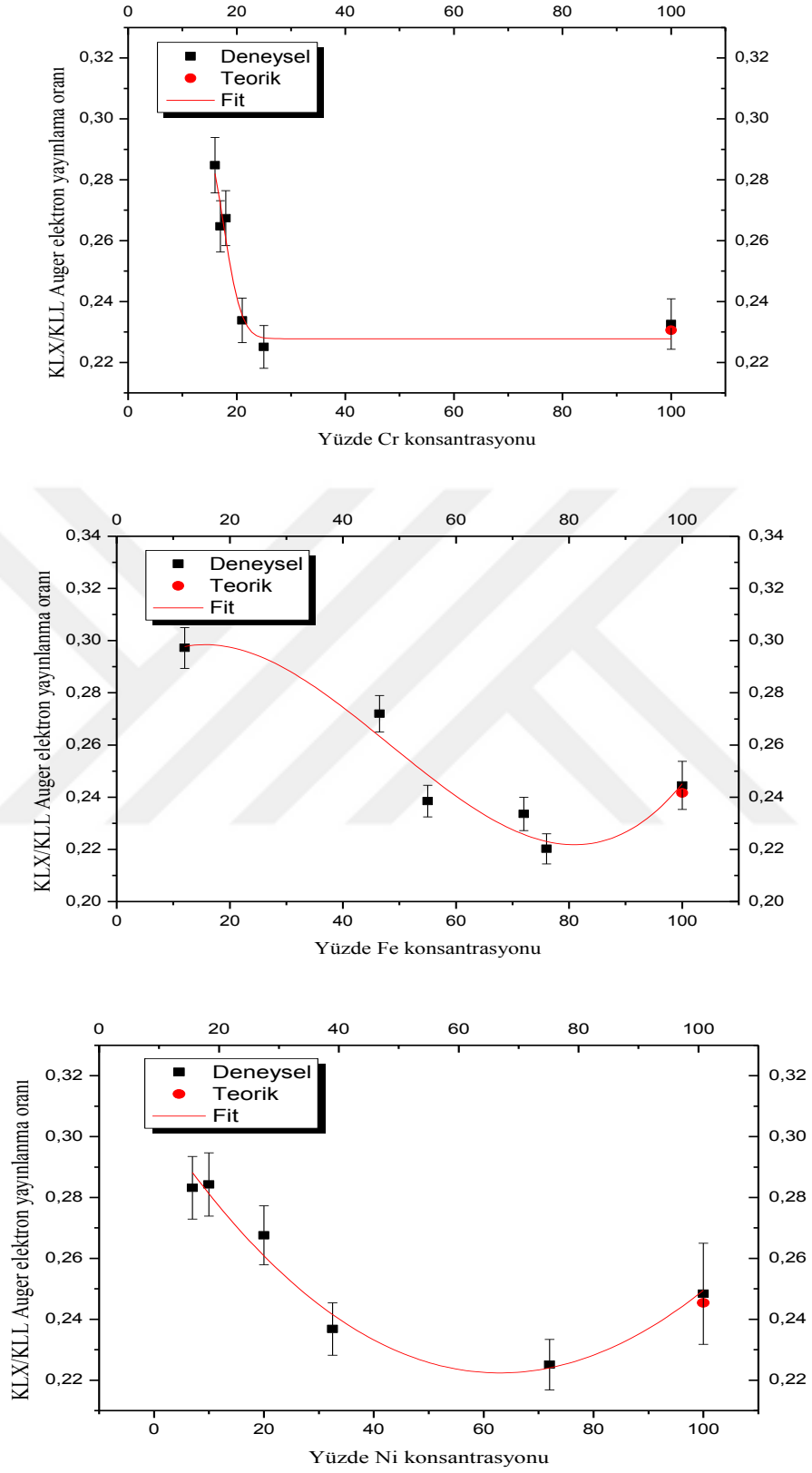
Farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerinde KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayınlanma oranları sırasıyla denklem (4.27) ve (4.28) yardımıyla belirlenmiştir. Bu denklemlerde bulunan $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları denklem (4.24) kullanılarak deneysel olarak belirlenmiştir. Teorik hesaplamalarda kullanılan $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları Scofield (1974) tablolarından alınmıştır. Elde edilen deneysel ve teorik KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayınlanma oranları Tablo 5.7-5.8'de birlikte verilmiştir. Cr, Fe ve Ni elementlerinde KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayınlanma oranlarının ilgili elementin alaşım içindeki konsantrasyonuna bağlı değişimini daha iyi görebilmek için bu değerler Şekil 5.8-5.9'da grafiksel olarak verilmiştir.

Tablo 5.7. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait p(KLX)/p(KLL) (u) Auger elektron yayınlanma oranları

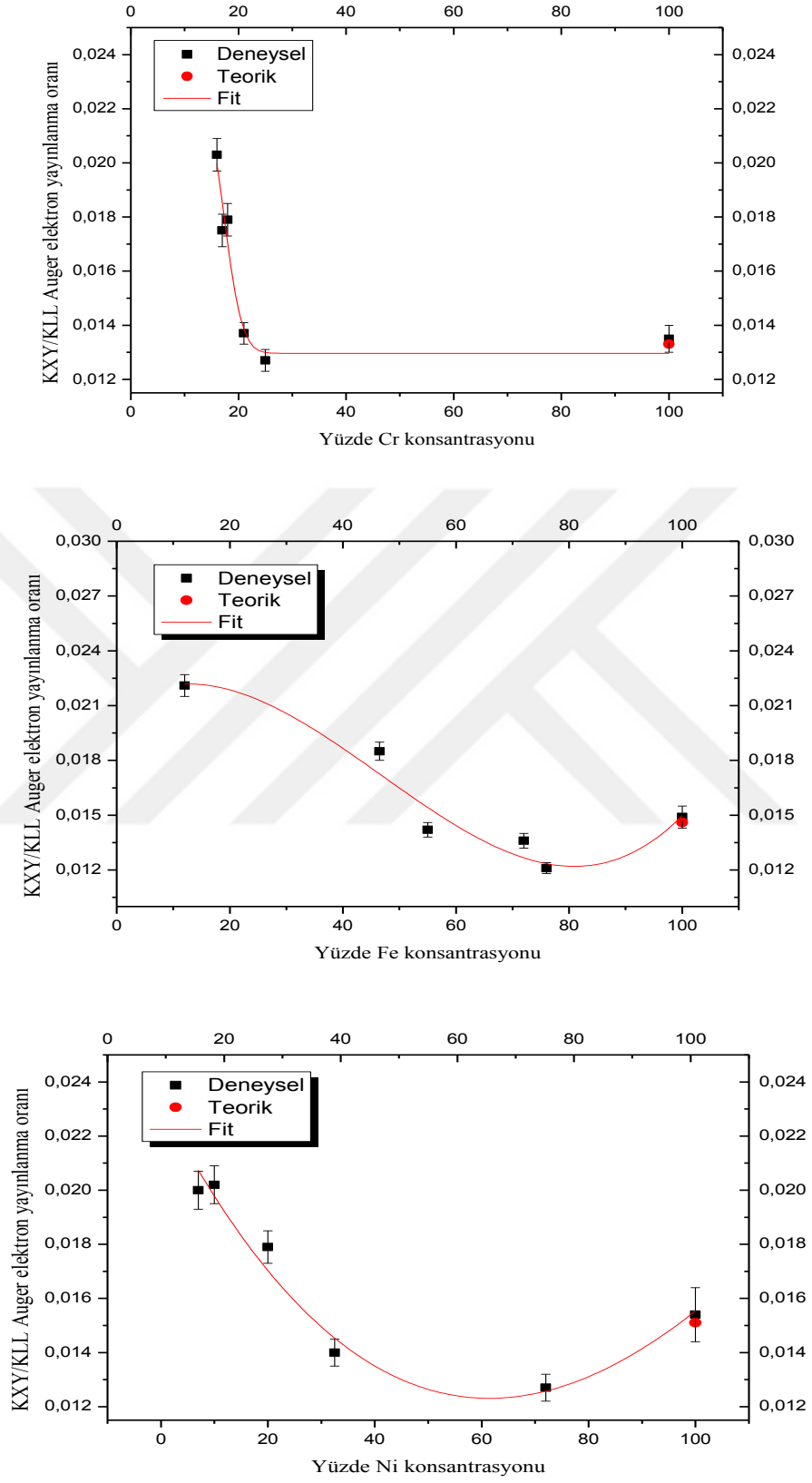
Numune	p(KLX)/p(KLL) (u) Auger elektron yayınlanma oranları					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	0,2326±0,0083	0,2306	-	-	-	-
Fe	-	-	0,2445±0,0092	0,2416	-	-
Ni	-	-	-	-	0,2484±0,0166	0,2454
Fe/Cr18/Ni10	0,2674±0,0090	-	0,2336±0,0064	-	0,2843±0,0104	-
Ni32,5/Cr21/Fe	0,2338±0,0073	-	0,2720±0,0070	-	0,2368±0,0086	-
Fe/Cr25/Ni20	0,2251±0,0070	-	0,2385±0,0061	-	0,2676±0,0097	-
Ni72/Cr16/Fe	0,2848±0,0091	-	0,2972±0,0078	-	0,2251±0,0083	-
Fe/Cr17/Ni7	0,2647±0,0084	-	0,2202±0,0058	-	0,2832±0,0103	-

Tablo 5.8. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait p(KXY)/p(KLL) (v) Auger elektron yayınlanma oranları

Numune	p(KXY)/p(KLL) (v) Auger elektron yayınlanma oranları					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	0,0135±0,0005	0,0133	-	-	-	-
Fe	-	-	0,0149±0,0006	0,0146	-	-
Ni	-	-	-	-	0,0154±0,0010	0,0151
Fe/Cr18/Ni10	0,0179±0,0006	-	0,0136±0,0004	-	0,0202±0,0007	-
Ni32,5/Cr21/Fe	0,0137±0,0004	-	0,0185±0,0005	-	0,0140±0,0005	-
Fe/Cr25/Ni20	0,0127±0,0004	-	0,0142±0,0004	-	0,0179±0,0006	-
Ni72/Cr16/Fe	0,0203±0,0006	-	0,0221±0,0006	-	0,0127±0,0005	-
Fe/Cr17/Ni7	0,0175±0,0006	-	0,0121±0,0003	-	0,0200±0,0007	-



Şekil 5.8. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait KLX/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının konsantrasyona göre değişimi



Şekil 5.9. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının konsantrasyona göre değişimi

5.1.7. K Tabakası Soğurma Sıçrama Faktörleri ve Sıçrama Oranlarına Ait Araştırma Bulguları

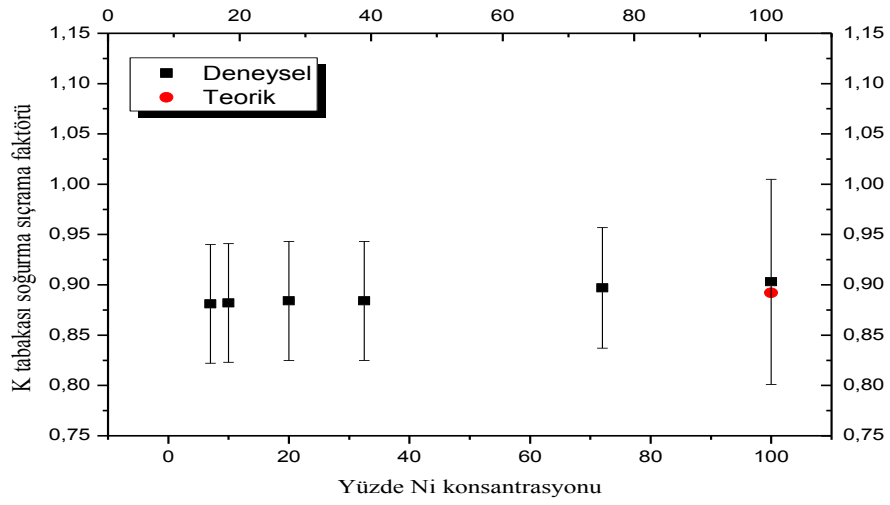
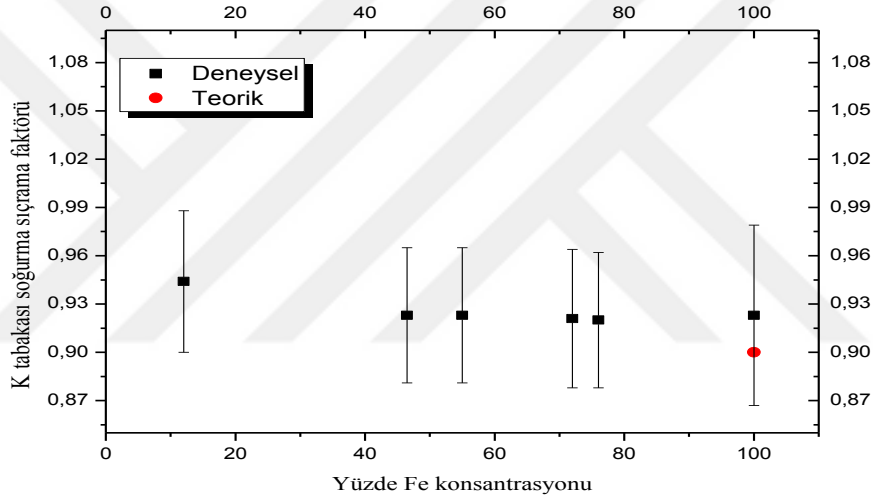
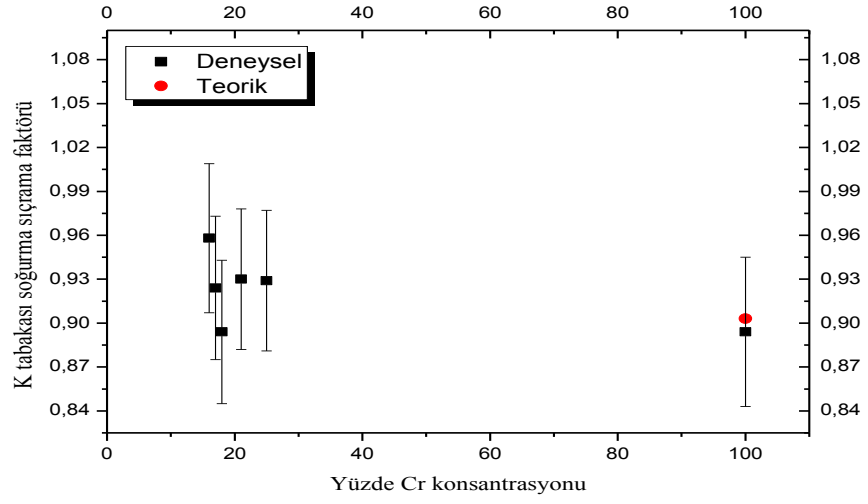
Farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içinde bulunan Cr, Fe ve Ni elementlerinin K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ve K tabakası soğurma sıçrama oranları sırasıyla denklem (4.29) ve (4.30) kullanılarak belirlenmiştir. Denklem (4.29)'da bulunan $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin, toplam atomik soğurma tesir kesitlerinin, K tabakası floresans verimlerinin ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının deneysel sonuçları ve toplam atomik saçılma tesir kesitlerinin teorik sonuçları kullanılmıştır. Teorik hesaplamalar yapılırken $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin daha önceki bölümlerde belirlenen teorik sonuçları, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının Scofield (1974) değerleri, K tabakası floresans verimlerinin Krause (1979) değerleri, toplam atomik soğurma ve saçılma tesir kesitlerinin WinXCOM (Gerward vd., 2001) teorik değerleri kullanılmıştır. Elde edilen K tabakası soğurma sıçrama faktörleri kullanılarak K tabakası soğurma sıçrama oranları denklem (4.30) yardımıyla belirlenmiştir. Deneysel ve teorik elde edilen K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ve K tabakası soğurma sıçrama oranları Tablo 5.9-5.10'da listelenmiştir. İlgili elementin alaşım içindeki konsantrasyonuna göre K tabakası soğurma sıçrama faktörü ve K tabakası soğurma sıçrama oranı değişimi Şekil 5.10-5.11'de görülmektedir.

Tablo 5.9. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakası soğurma sıçrama faktörleri

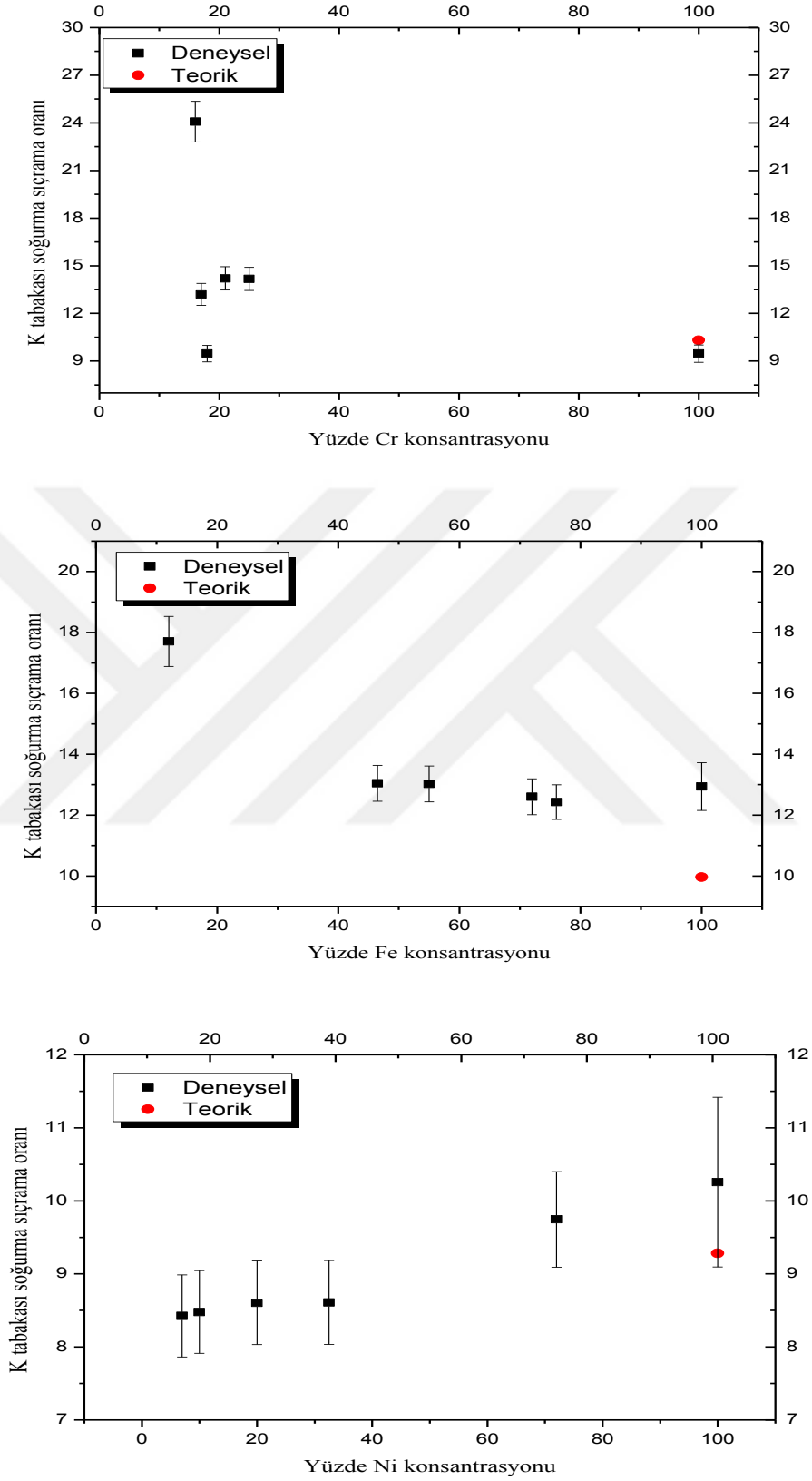
Numune	K tabakası soğurma sıçrama faktörü					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	0,894±0,051	0,903	-	-	-	-
Fe	-	-	0,923±0,056	0,900	-	-
Ni	-	-	-	-	0,903±0,102	0,892
Fe/Cr18/Ni10	0,894±0,049	-	0,921±0,043	-	0,882±0,059	-
Ni32,5/Cr21/Fe	0,930±0,048	-	0,923±0,042	-	0,884±0,059	-
Fe/Cr25/Ni20	0,929±0,048	-	0,923±0,042	-	0,884±0,059	-
Ni72/Cr16/Fe	0,958±0,051	-	0,944±0,044	-	0,897±0,060	-
Fe/Cr17/Ni7	0,924±0,049	-	0,920±0,042	-	0,881±0,059	-

Tablo 5.10. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementlerine ait K tabakası soğurma sızırma oranları

Numune	K tabakası soğurma sızırma oranı					
	Cr		Fe		Ni	
	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
Cr	9,470±0,542	10,318	-	-	-	-
Fe	-	-	12,938±0,782	9,964	-	-
Ni	-	-	-	-	10,257±1,161	9,282
Fe/Cr18/Ni10	9,470±0,515	-	12,602±0,587	-	8,478±0,566	-
Ni32,5/Cr21/Fe	14,206±0,735	-	13,044±0,592	-	8,610±0,573	-
Fe/Cr25/Ni20	14,170±0,728	-	13,022±0,589	-	8,604±0,572	-
Ni72/Cr16/Fe	24,079±1,280	-	17,707±0,824	-	9,746±0,653	-
Fe/Cr17/Ni7	13,197±0,695	-	12,427±0,568	-	8,424±0,562	-



Şekil 5.10. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakası soğurma sızırma faktörlerinin konsantrasyona göre değişimi



Şekil 5.11. Farklı alaşımlar içindeki Cr, Fe ve Ni elementine ait K tabakası soğurma sızırma oranlarının konsantrasyona göre değişimi

5.2. Soğurma Parametrelerine Ait Araştırma Bulguları

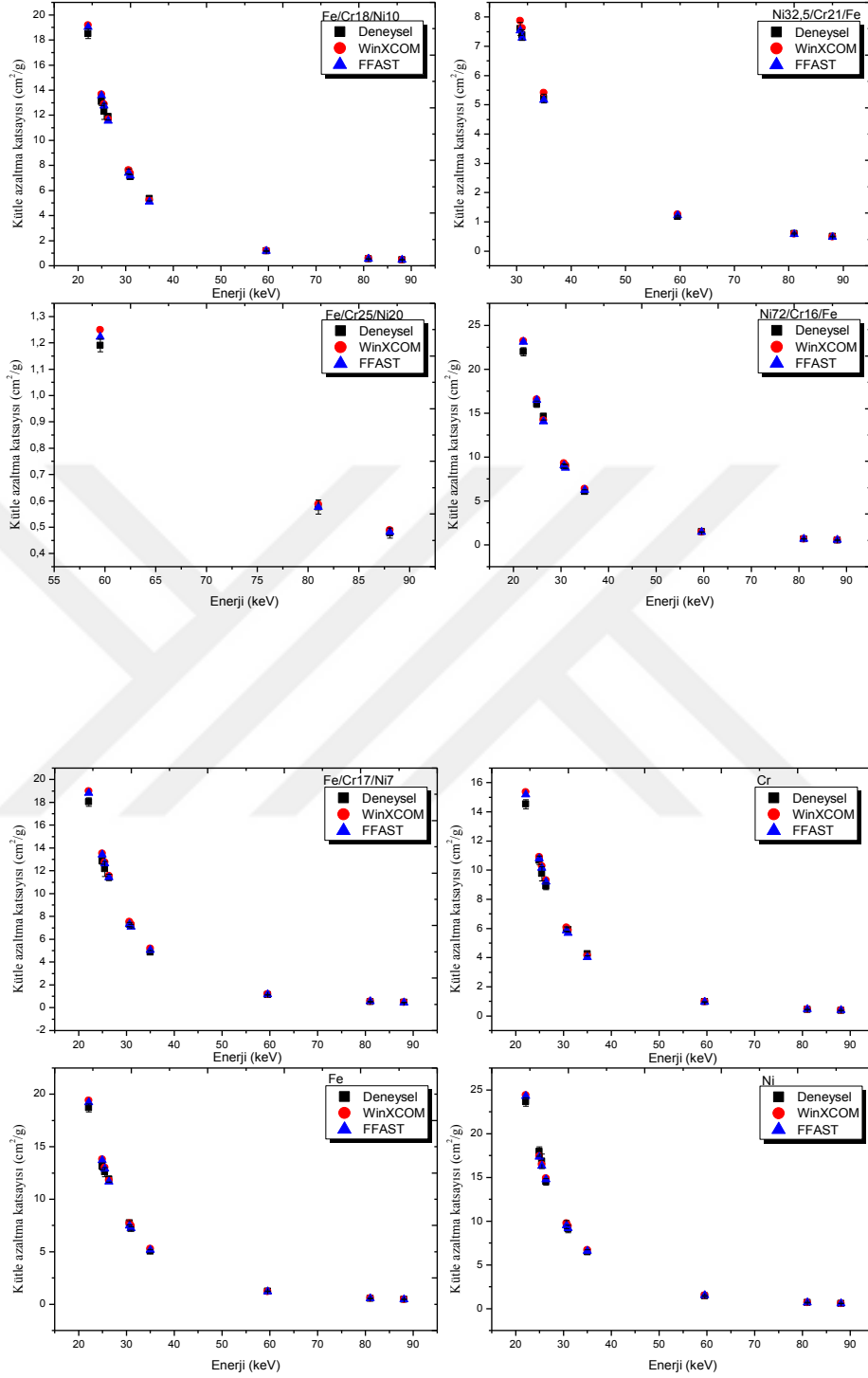
5.2.1. Kütle Azaltma Katsayılarına Ait Araştırma Bulguları

Bu bölümde farklı konsantrasyonlardaki Cr, Fe ve Ni elementlerinden oluşan beş farklı alaşımın ve bu elementlerin saf hallerinin deneysel kütle azaltma katsayıları Şekil 4.8’de görülen geçiş geometri kullanılarak ^{109}Cd nokta kaynağından yayımlanan 22,10, 24,93, 25,46 ve 88,04 keV foton enerjilerinde, ^{241}Am nokta kaynağından yayımlanan 26,34 ve 59,54 keV foton enerjilerinde ve ^{133}Ba nokta kaynağından yayımlanan 30,63, 30,97, 34,96 ve 81,00 keV foton enerjilerinde belirlenmiştir. Deneysel hesaplamalar denklem (4.32) kullanılarak elde edilmiştir. Deneysel olarak elde edilen kütle azaltma katsayıları WinXCOM (Gerward vd., 2001) ve FFAST (Chantler, 2000) programları kullanılarak belirlenen teorik değerler ile karşılaştırılmıştır. WinXCOM programı kütle azaltma katsayılarını hesaplarken Hartree-Slater merkezci potansiyel teorisini kullanırken, FFAST programı öz-uyumlu Dirac-Hartree-Fock teorisini kullanmaktadır. Her iki programda karışım kuralını dikkate alarak herhangi bir bileşik, karışım, alaşım gibi birden fazla elementten oluşan malzemenin kütle azaltma katsayısını belirler. Karışım kuralına göre malzemenin kütle azaltma katsayısı, her bir elementin ağırlıklı kesrine göre katkı sağladığı kütle azaltma katsayılarının toplamıdır. Alaşımların ve elementlerin belirtilen enerjilerde deneysel ve teorik kütle azaltma katsayıları Tablo 5.11’de verilmiştir. Ayrıca, bu numunelerde kütle azaltma katsayısının enerjiye bağımlılığını daha iyi gözlemleyebilmek için elde edilen kütle azaltma katsayılarının enerjiye göre grafiği Şekil 5.12’de verilmiştir.

Tablo 5.11. Alaşımların ve elementlerin deneysel ve teorik kütle azaltma katsayı değerleri (cm²/g)

Enerji (keV)	Fe/Cr18/Ni10			Ni32,5/Cr21/Fe			Fe/Cr25/Ni20			Ni72/Cr16/Fe		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	18,501±0,373	19,195	19,029	-	-	-	-	-	-	21,994±0,458	23,229	23,098
24,93	13,085±0,285	13,663	13,573	-	-	-	-	-	-	16,023±0,350	16,573	16,490
25,46	12,314±0,642	12,888	12,770	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,34	11,897±0,260	11,693	11,563	-	-	-	-	-	-	14,606±0,368	14,196	14,057
30,63	7,542±0,198	7,632	7,409	7,599±0,225	7,871	7,537	-	-	-	8,994±0,222	9,282	9,029
30,97	7,104±0,171	7,390	7,174	7,386±0,182	7,622	7,295	-	-	-	8,923±0,203	8,988	8,746
34,96	5,365±0,187	5,245	5,117	5,217±0,154	5,411	5,170	-	-	-	6,068±0,205	6,385	6,258
59,54	1,179±0,026	1,217	1,192	1,182±0,024	1,254	1,229	1,190±0,024	1,249	1,223	1,477±0,031	1,469	1,443
81,00	0,558±0,020	0,574	0,564	0,604±0,014	0,590	0,579	0,577±0,027	0,587	0,577	0,681±0,033	0,679	0,668
88,04	0,489±0,014	0,478	0,472	0,500±0,011	0,490	0,484	0,478±0,019	0,489	0,482	0,527±0,017	0,561	0,555

Enerji (keV)	Fe/Cr17/Ni7			Cr			Fe			Ni		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	18,040±0,372	18,997	18,829	14,534±0,314	15,369	15,179	18,710±0,384	19,401	19,235	23,641±0,479	24,408	24,285
24,93	12,859±0,272	13,520	13,429	10,685±0,283	10,909	10,807	13,137±0,332	13,810	13,722	17,973±0,548	17,423	17,340
25,46	12,185±0,663	12,753	12,635	9,764±0,483	10,286	10,164	12,594±0,436	13,027	12,911	16,858±0,818	16,441	16,319
26,34	11,422±0,276	11,570	11,441	8,905±0,226	9,325	9,198	11,917±0,280	11,820	11,691	14,502±0,369	14,926	14,784
30,63	7,318±0,181	7,551	7,329	5,981±0,152	6,070	5,872	7,758±0,197	7,716	7,492	9,625±0,465	9,763	9,502
30,97	7,170±0,161	7,312	7,097	5,922±0,138	5,876	5,684	7,219±0,163	7,472	7,255	9,122±0,446	9,455	9,204
34,96	4,859±0,152	5,189	5,062	4,256±0,122	4,167	4,039	5,041±0,150	5,303	5,175	6,485±0,266	6,718	6,591
59,54	1,145±0,024	1,205	1,179	0,975±0,020	0,983	0,960	1,253±0,026	1,229	1,203	1,464±0,068	1,542	1,516
81,00	0,546±0,025	0,569	0,558	0,452±0,020	0,478	0,468	0,568±0,027	0,579	0,568	0,696±0,033	0,709	0,698
88,04	0,478±0,017	0,474	0,468	0,382±0,014	0,402	0,396	0,481±0,021	0,482	0,475	0,600±0,024	0,585	0,579



Şekil 5.12. Kütle azaltma katsayısının enerjiye göre değişimi

5.2.2. Moleküler Tesir Kesitlerine Ait Araştırma Bulguları

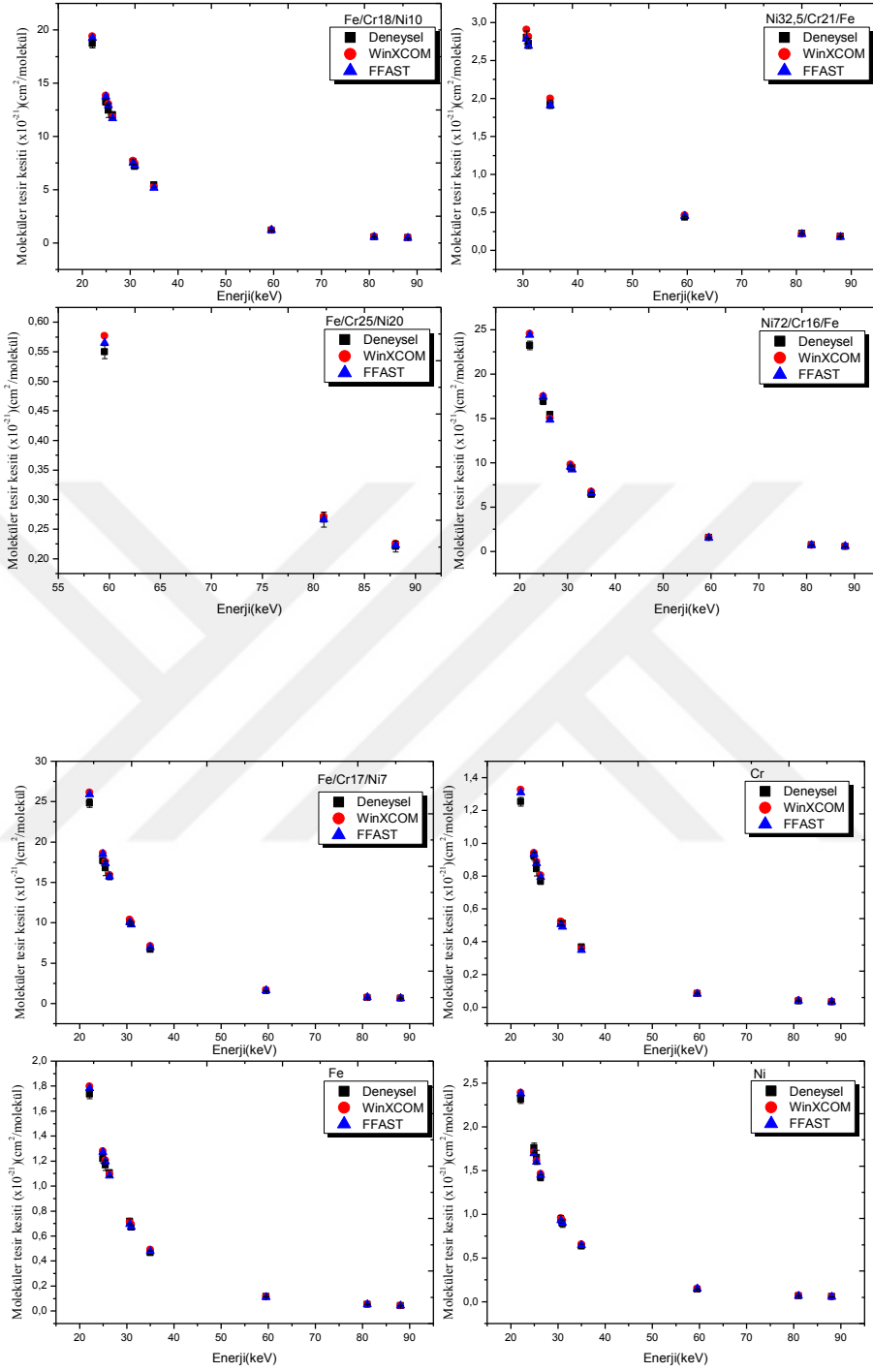
Seçilen alaşımların ve elementlerin 22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97, 34,96, 59,54, 81,00 ve 88,04 keV foton enerjilerinde deneysel moleküler tesir kesitleri denklem (4.35)'de belirlenen kütle soğurma katsayıları yerine konularak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel moleküler tesir kesitleri WinXCOM ve FFAST programları kullanılarak hesaplanan teorik değerler ile karşılaştırılmıştır. Deneysel ve teorik moleküler tesir kesitleri Tablo 5.12'de karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Şekil 5.13'de elde edilen deneysel ve teorik moleküler tesir kesitleri değerlerinin foton enerjisi ile değişimi grafiksel olarak gösterilmiştir.



Tablo 5.12. Alaşımın ve elementlerin deneysel ve teorik moleküler tesir kesiti değerleri ($\times 10^{-21}$) ($\text{cm}^2/\text{molekül}$)

Enerji (keV)	Fe/Cr18/Ni10			Ni32,5/Cr21/Fe			Fe/Cr25/Ni20			Ni72/Cr16/Fe		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	18,723±0,378	19,426	19,257	-	-	-	-	-	-	23,231±0,484	24,536	24,397
24,93	13,242±0,289	13,827	13,736	-	-	-	-	-	-	16,924±0,370	17,505	17,417
25,46	12,462±0,649	13,043	12,924	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,34	12,040±0,263	11,834	11,702	-	-	-	-	-	-	15,427±0,388	14,994	14,847
30,63	7,633±0,201	7,724	7,498	2,806±0,083	2,907	2,783	-	-	-	9,499±0,234	9,804	9,537
30,97	7,190±0,173	7,479	7,261	2,727±0,067	2,815	2,694	-	-	-	9,425±0,215	9,494	9,238
34,96	5,430±0,189	5,308	5,179	1,927±0,057	1,998	1,909	-	-	-	6,409±0,217	6,744	6,610
59,54	1,193±0,026	1,232	1,206	0,437±0,009	0,463	0,454	0,550±0,011	0,577	0,565	1,560±0,032	1,552	1,524
81,00	0,565±0,020	0,581	0,570	0,223±0,005	0,218	0,214	0,266±0,013	0,271	0,266	0,720±0,035	0,717	0,705
88,04	0,495±0,014	0,484	0,477	0,185±0,004	0,181	0,179	0,221±0,009	0,226	0,223	0,556±0,017	0,593	0,586

Enerji (keV)	Fe/Cr17/Ni7			Cr			Fe			Ni		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	24,833±0,512	26,150	25,919	1,255±0,027	1,327	1,311	1,735±0,036	1,799	1,784	2,315±0,047	2,390	2,378
24,93	17,701±0,374	18,611	18,486	0,923±0,024	0,942	0,933	1,218±0,031	1,281	1,272	1,760±0,054	1,706	1,698
25,46	16,773±0,913	17,555	17,393	0,843±0,042	0,888	0,878	1,168±0,040	1,208	1,197	1,651±0,080	1,610	1,598
26,34	15,722±0,380	15,927	15,749	0,769±0,020	0,805	0,794	1,105±0,026	1,096	1,084	1,420±0,036	1,461	1,447
30,63	10,074±0,249	10,395	10,089	0,516±0,013	0,524	0,507	0,719±0,018	0,716	0,695	0,942±0,046	0,956	0,930
30,97	9,871±0,222	10,065	9,770	0,511±0,012	0,507	0,491	0,669±0,015	0,693	0,673	0,893±0,044	0,926	0,901
34,96	6,688±0,209	7,143	6,968	0,368±0,011	0,360	0,349	0,467±0,014	0,492	0,480	0,635±0,026	0,658	0,645
59,54	1,576±0,033	1,659	1,623	0,084±0,002	0,085	0,083	0,116±0,002	0,114	0,112	0,143±0,007	0,151	0,148
81,00	0,752±0,034	0,783	0,769	0,039±0,002	0,041	0,040	0,053±0,003	0,054	0,053	0,068±0,003	0,069	0,068
88,04	0,659±0,024	0,653	0,644	0,033±0,001	0,035	0,034	0,045±0,002	0,045	0,044	0,059±0,002	0,057	0,057



Şekil 5.13. Moleküler tesir kesitinin enerjiye göre değişimi

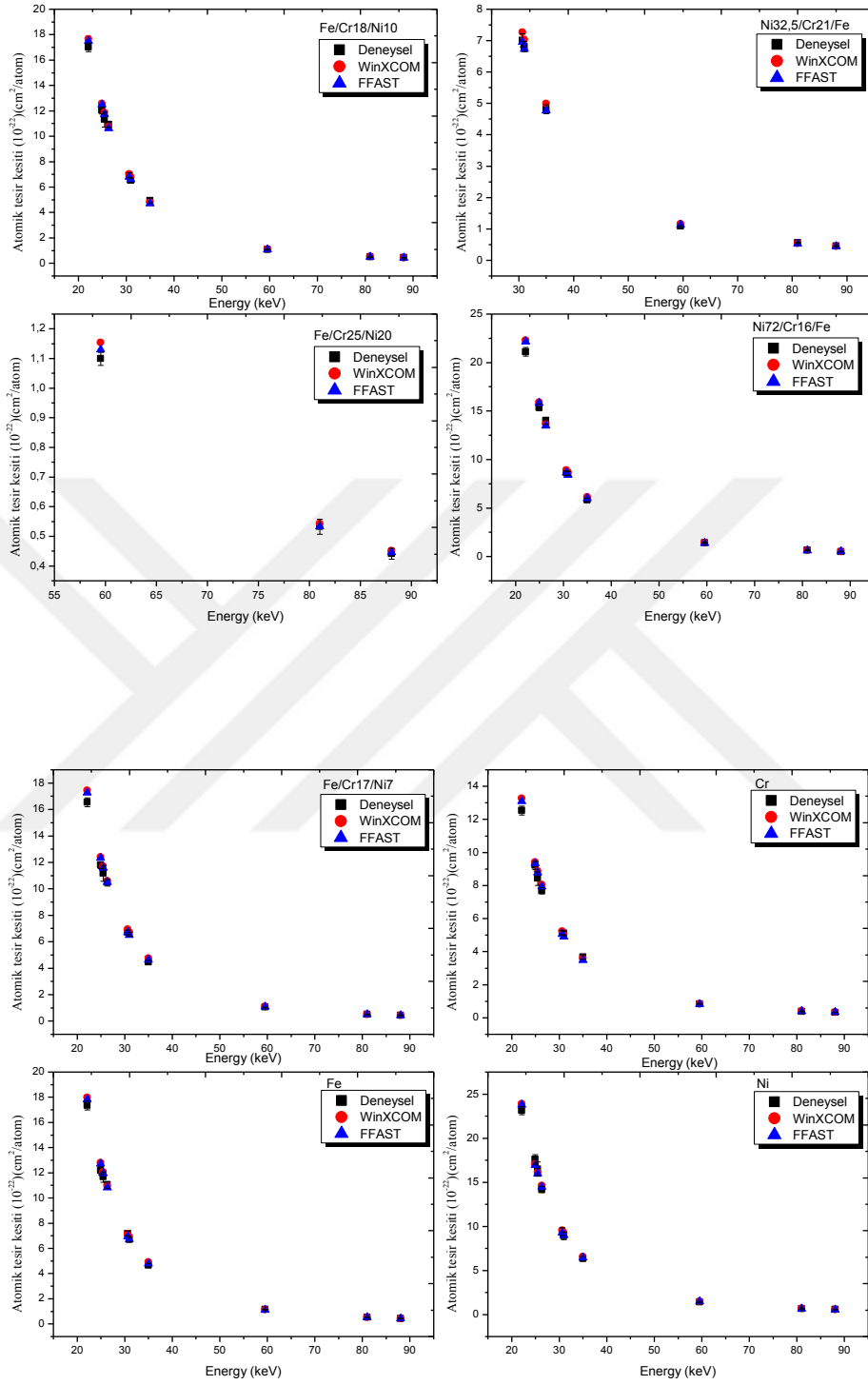
5.2.3. Atomik Tesir Kesitlerine Ait Araştırma Bulguları

22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97, 34,96, 59,54, 81,00 ve 88,04 keV foton enerjilerinde ilgili alaşımların ve elementlerin atomik tesir kesitleri denklem (4.36) ve elde edilen moleküler tesir kesiti değerleri yardımıyla deneysel olarak belirlenmiştir. Belirlenen deneysel atomik tesir kesiti değerleri WinXCOM ve FFAST programları yardımı ile hesaplanan teorik atomik tesir kesiti değerleri ile karşılaştırılmıştır. WinXCOM ve FFAST programları yardımı ile belirlenen teorik ve elde edilen deneysel atomik tesir kesitlerinin sonuçları Tablo 5.13’de listelenmiştir. Ayrıca, belirtilen alaşımlar ve elementlerde atomik tesir kesitinin enerjiye bağımlılığına gözlemleyebilmek için, atomik tesir kesitlerinin enerjiye karşı grafikleri Şekil 5.14’de verilmiştir.

Tablo 5.13. Alaşımların ve elementlerin deneysel ve teorik atomik tesir kesiti değerleri ($\times 10^{-22}$) (cm^2/atom)

Enerji (keV)	Fe/Cr18/Ni10			Ni32,5/Cr21/Fe			Fe/Cr25/Ni20			Ni72/Cr16/Fe		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	17,021±0,343	17,660	17,507	-	-	-	-	-	-	21,119±0,440	22,305	22,179
24,93	12,038±0,262	12,570	12,487	-	-	-	-	-	-	15,386±0,336	15,914	15,834
25,46	11,329±0,590	11,857	11,749	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,34	10,946±0,239	10,758	10,638	-	-	-	-	-	-	14,024±0,353	13,631	13,498
30,63	6,939±0,183	7,022	6,816	7,015±0,208	7,267	6,958	-	-	-	8,636±0,213	8,912	8,670
30,97	6,536±0,157	6,799	6,601	6,818±0,168	7,037	6,734	-	-	-	8,568±0,195	8,631	8,398
34,96	4,936±0,172	4,826	4,708	4,816±0,143	4,995	4,772	-	-	-	5,827±0,197	6,131	6,009
59,54	1,084±0,024	1,120	1,096	1,091±0,022	1,158	1,134	1,100±0,022	1,154	1,130	1,418±0,029	1,411	1,385
81,00	0,513±0,018	0,528	0,518	0,557±0,013	0,544	0,534	0,533±0,025	0,543	0,533	0,654±0,032	0,652	0,641
88,04	0,450±0,013	0,440	0,434	0,462±0,010	0,453	0,447	0,442±0,018	0,452	0,446	0,506±0,016	0,539	0,533

Enerji (keV)	Fe/Cr17/Ni7			Cr			Fe			Ni		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	16,556±0,341	17,434	17,279	12,549±0,271	13,270	13,106	17,350±0,356	17,991	17,837	23,147±0,469	23,898	23,778
24,93	11,801±0,249	12,407	12,324	9,225±0,244	9,419	9,331	12,183±0,308	12,806	12,724	17,598±0,536	17,059	16,978
25,46	11,182±0,609	11,703	11,596	8,430±0,417	8,881	8,776	11,679±0,404	12,080	11,973	16,506±0,801	16,098	15,978
26,34	10,482±0,253	10,618	10,499	7,689±0,195	8,051	7,941	11,051±0,260	10,961	10,842	14,199±0,361	14,614	14,475
30,63	6,716±0,166	6,930	6,726	5,164±0,132	5,241	5,070	7,194±0,183	7,155	6,948	9,424±0,456	9,559	9,303
30,97	6,580±0,148	6,710	6,513	5,113±0,119	5,074	4,908	6,695±0,151	6,929	6,728	8,931±0,437	9,258	9,011
34,96	4,459±0,139	4,762	4,645	3,675±0,106	3,598	3,487	4,675±0,139	4,917	4,799	6,350±0,261	6,577	6,453
59,54	1,051±0,022	1,106	1,082	0,842±0,017	0,849	0,829	1,162±0,024	1,140	1,115	1,433±0,067	1,510	1,484
81,00	0,501±0,023	0,522	0,513	0,390±0,017	0,412	0,404	0,527±0,025	0,537	0,527	0,682±0,032	0,695	0,683
88,04	0,439±0,016	0,435	0,429	0,330±0,012	0,347	0,342	0,446±0,019	0,447	0,441	0,587±0,024	0,573	0,567



Şekil 5.14. Atomik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi

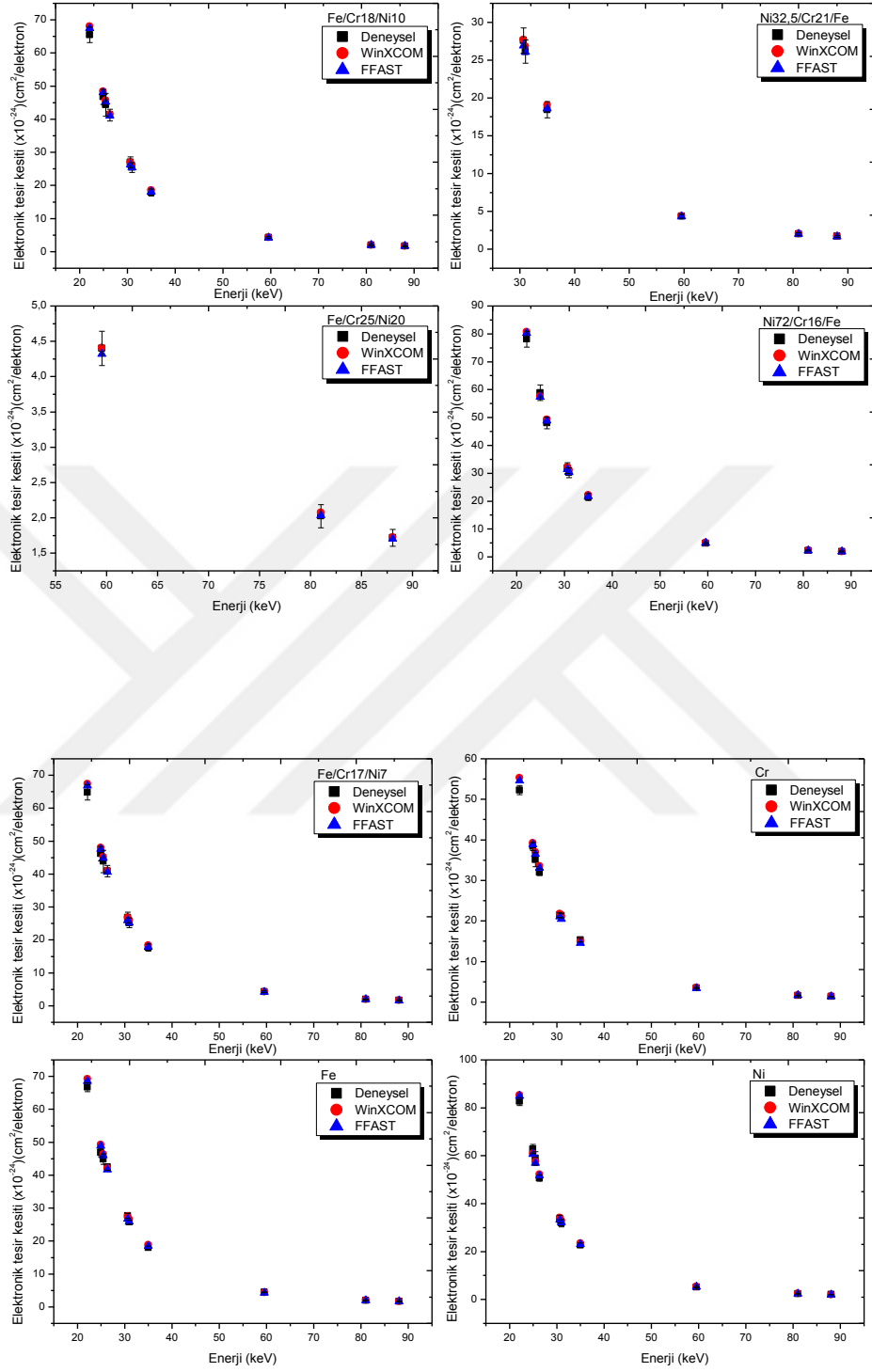
5.2.4. Elektronik Tesir Kesitlerine Ait Araştırma Bulguları

Farklı konsantrasyonlardaki üçlü Cr, Fe ve Ni alaşımlarında ve bu elementlerde 22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97, 34,96, 59,54, 81,00 ve 8804 keV foton enerjilerinde elektronik tesir kesiti değerleri denklem (4.37) yardımı ile belirlenmiştir. Bu denklemde denklem (4.32) yardımı ile belirlenen Cr, Fe ve Ni elementlerinin deneysel kütle azaltma katsayıları kullanılmıştır. Belirlenen deneysel elektronik tesir kesiti değerleri WinXCOM ve FFAST programları yardımı ile hesaplanan teorik elektronik tesir kesiti değerleri ile karşılaştırılmıştır. Belirtilen enerjilerde elde edilen deneysel ve teorik elektronik tesir kesiti değerleri Tablo 5.14’de birlikte verilmiştir. Ayrıca bu numunelerin deneysel ve teorik elektronik tesir kesiti değerlerinin foton enerjisi ile değişimi Şekil 5.15’de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Tablo 5.14. Alaşımın ve elementlerin deneysel ve teorik elektronik tesir kesiti değerleri ($\times 10^{-24}$) ($\text{cm}^2/\text{elektron}$)

Enerji (keV)	Fe/Cr18/Ni10			Ni32,5/Cr21/Fe			Fe/Cr25/Ni20			Ni72/Cr16/Fe		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	65,519±2,362	68,102	67,506	-	-	-	-	-	-	78,148±2,817	80,828	80,363
24,93	46,754±2,225	48,471	48,149	-	-	-	-	-	-	58,941±2,805	57,664	57,367
25,46	44,388±3,439	45,721	45,303	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,34	41,325±1,775	41,482	41,020	-	-	-	-	-	-	48,078±2,065	49,391	48,902
30,63	27,081±1,633	27,074	26,281	27,589±1,663	27,715	26,910	-	-	-	31,883±1,922	32,292	31,410
30,97	25,487±1,497	26,216	25,450	26,139±1,535	26,837	26,060	-	-	-	30,256±1,777	31,272	30,423
34,96	17,912±1,044	18,606	18,151	18,461±1,076	19,050	18,597	-	-	-	21,496±1,253	22,214	21,769
59,54	4,352±0,239	4,320	4,227	4,386±0,241	4,418	4,327	4,402±0,242	4,412	4,320	4,894±0,269	5,112	5,021
81,00	1,990±0,160	2,038	2,001	2,026±0,163	2,079	2,041	2,026±0,163	2,076	2,038	2,315±0,186	2,364	2,325
88,04	1,687±0,117	1,698	1,675	1,723±0,119	1,730	1,708	1,722±0,119	1,728	1,705	1,988±0,138	1,954	1,932

Enerji (keV)	Fe/Cr17/Ni7			Cr			Fe			Ni		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	64,879±2,339	67,467	66,866	52,286±1,131	55,290	54,607	66,731±1,369	69,198	68,603	82,668±1,676	85,349	84,921
24,93	46,220±2,200	48,013	47,689	38,439±1,017	39,247	38,879	46,857±1,183	49,255	48,940	62,849±1,915	60,924	60,635
25,46	43,877±3,399	45,288	44,870	35,125±1,739	37,004	36,567	44,918±1,556	46,463	46,049	58,949±2,860	57,491	57,066
26,34	40,942±1,759	41,088	40,627	32,036±0,815	33,547	33,089	42,503±0,998	42,157	41,698	50,712±1,291	52,194	51,696
30,63	26,827±1,617	26,814	26,026	21,517±0,548	21,836	21,124	27,669±0,704	27,520	26,722	33,657±1,627	34,141	33,225
30,97	25,260±1,483	25,964	25,202	21,306±0,497	21,141	20,449	25,749±0,581	26,648	25,876	31,897±1,561	33,063	32,184
34,96	17,752±1,034	18,426	17,971	15,313±0,440	14,992	14,529	17,980±0,535	18,912	18,458	22,678±0,930	23,490	23,047
59,54	4,319±0,237	4,280	4,188	3,507±0,072	3,536	3,452	4,470±0,093	4,384	4,290	5,118±0,239	5,393	5,300
81,00	1,974±0,158	2,022	1,985	1,626±0,071	1,718	1,684	2,027±0,098	2,064	2,026	2,435±0,115	2,480	2,440
88,04	1,672±0,116	1,685	1,663	1,373±0,051	1,447	1,426	1,716±0,073	1,718	1,695	2,097±0,084	2,046	2,023



Şekil 5.15. Elektronik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi

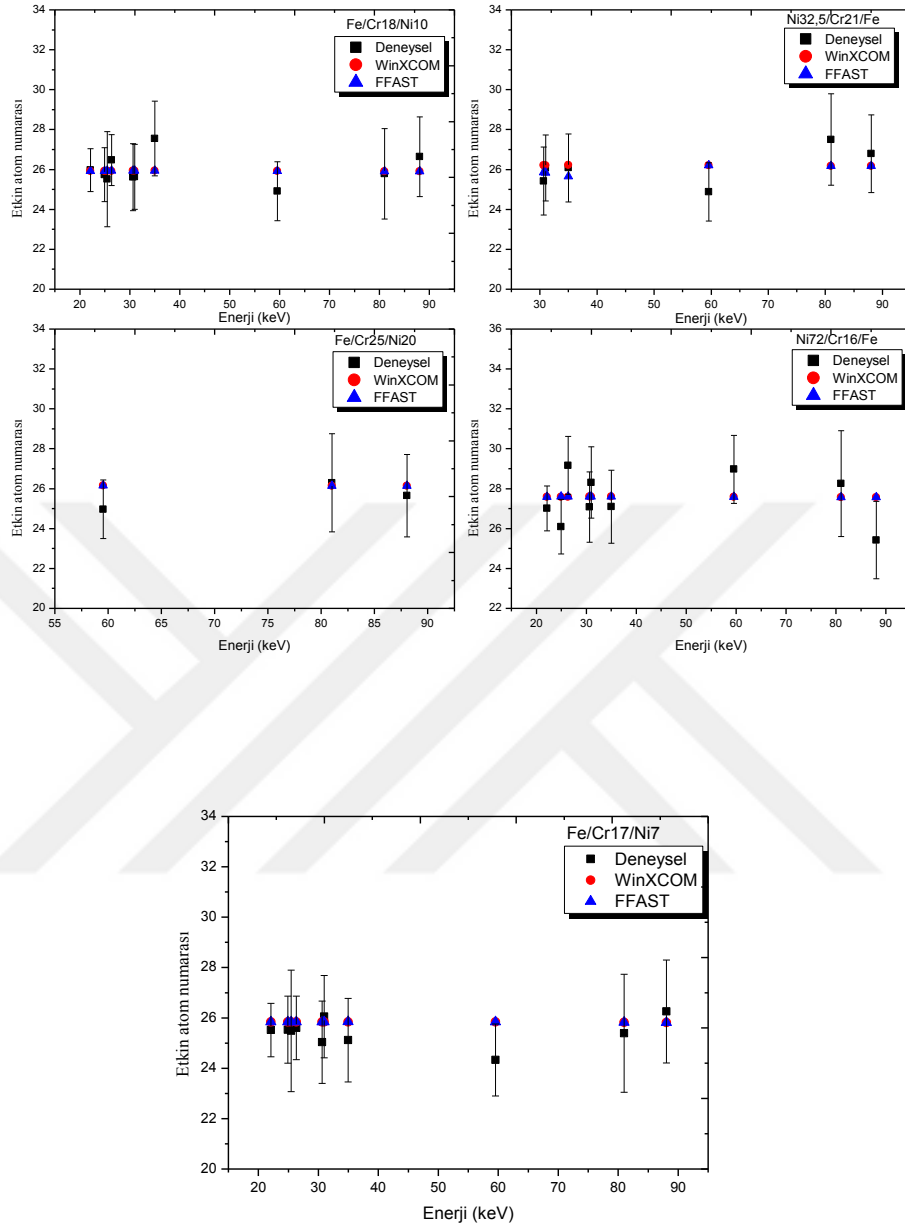
5.2.5. Etkin Atom Numaralarına Ait Araştırma Bulguları

Bu bölümde, denklem (4.38) yardımı ile ilgili alaşımların ve elementlerin etkin atom numaraları 22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97, 34,96, 59,54, 81,00 ve 88,04 keV foton enerjilerinde belirlenmiştir. Denklem (4.38) içinde bulunan atomik tesir kesiti denklem (4.36) ile ve elektronik tesir kesiti denklem (4.37) ile deneysel olarak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel etkin atom numaraları değerleri WinXCOM ve FFAST programları yardımı ile belirlenen teorik sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Cr, Fe ve Ni elementlerinin farklı konsantrasyonlarından meydana gelen alaşımların ve bu elementlerin ilgili enerjilerdeki deneysel ve teorik etkin atom numaraları sonuçları Tablo 5.15’de listelenmiştir. Şekil 5.16’da alaşım numunelerinin foton enerjisine bağlı değişiminin grafikleri görülmektedir.

Tablo 5.15. Alaşım ve elementler için etkin atom numarası değerleri

Enerji (keV)	Fe/Cr18/Ni10			Ni32,5/Cr21/Fe			Fe/Cr25/Ni20			Ni72/Cr16/Fe		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	25,979±1,073	25,932	25,933	-	-	-	-	-	-	27,025±1,125	27,596	27,598
24,93	25,748±1,348	25,933	25,934	-	-	-	-	-	-	26,104±1,367	27,597	27,600
25,46	25,523±2,383	25,933	25,934	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,34	26,487±1,276	25,934	25,934	-	-	-	-	-	-	29,170±1,452	27,598	27,601
30,63	25,622±1,685	25,935	25,936	25,426±1,708	26,219	25,857	-	-	-	27,086±1,764	27,599	27,604
30,97	25,645±1,627	25,935	25,936	26,085±1,661	26,219	25,842	-	-	-	28,319±1,784	27,599	27,604
34,96	27,557±1,870	25,935	25,937	26,088±1,705	26,220	25,663	-	-	-	27,106±1,826	27,600	27,605
59,54	24,917±1,474	25,928	25,930	24,886±1,458	26,207	26,211	24,976±1,462	26,166	26,169	28,979±1,703	27,592	27,595
81,00	25,791±2,264	25,914	25,915	27,511±2,295	26,181	26,181	26,302±2,454	26,145	26,146	28,260±2,646	27,577	27,578
88,04	26,650±1,994	25,908	25,909	26,795±1,945	26,170	26,169	25,656±2,059	26,136	26,138	25,432±1,935	27,571	27,572

Enerji (keV)	Fe/Cr17/Ni7			Cr			Fe			Ni		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	25,518±1,060	25,840	25,842	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
24,93	25,531±1,330	25,841	25,843	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
25,46	25,485±2,413	25,842	25,843	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
26,34	25,601±1,262	25,842	25,843	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
30,63	25,034±1,631	25,843	25,845	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
30,97	26,050±1,638	25,843	25,845	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
34,96	25,116±1,660	25,844	25,847	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
59,54	24,330±1,429	25,837	25,838	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
81,00	25,389±2,345	25,823	25,824	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000
88,04	26,255±2,047	25,818	25,819	24,000	24,000	24,000	26,000	26,000	26,000	28,000	28,000	28,000



Şekil 5.16. Etkin atom numarasının enerjiye göre değişimi

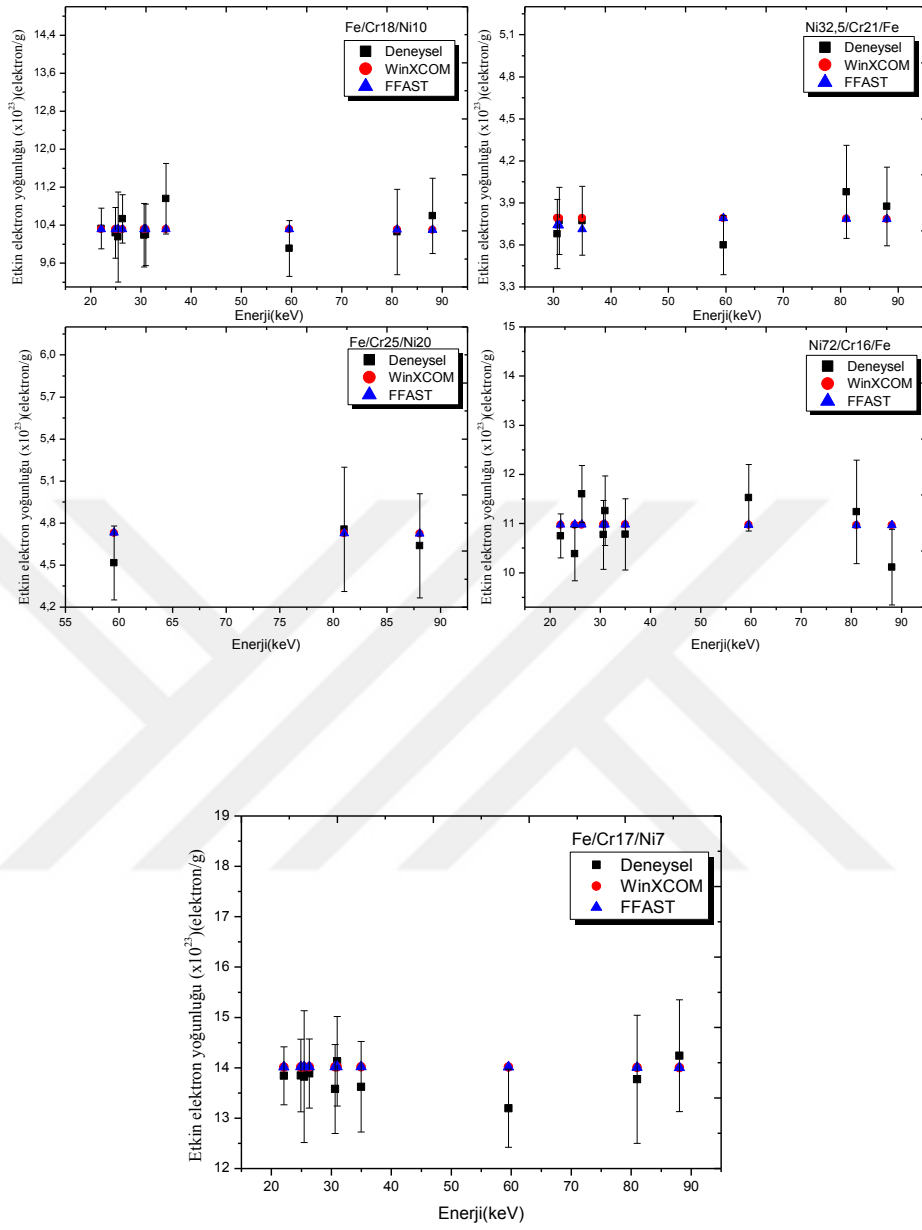
5.2.6. Etkin Elektron Yoğunluklarına Ait Araştırma Bulguları

Cr, Fe ve Ni elementlerinin farklı konsantrasyonlarından oluşan alaşımların ve bu elementlerin 22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97, 34,96, 59,54, 81,00 ve 88,04 keV foton enerjilerinde etkin elektron yoğunlukları denklem (4.39) kullanılarak belirlenmiştir. Bu denklemde bir önceki bölümde belirlenen etkin atom numaralarının deneysel sonuçları kullanılmıştır. İlgili numunelerin deneysel etkin elektron yoğunlukları değerleri WinXCOM ve FFAST programları kullanılarak belirlenen teorik değerler ile karşılaştırılmıştır. Tablo 5.16’da numunelerin ilgili enerjilerde etkin elektron yoğunlukları değerlerinin deneysel ve teorik sonuçları listelenmiştir. Alaşım numunelerinin etkin elektron yoğunlukları değerlerinin foton enerjisi ile değişimi grafikler Şekil 5.17’de görülmektedir.

Tablo 5.16. Alaşımlar ve elementler için etkin elektron yoğunluğu değerleri ($\times 10^{23}$)(elektron/g)

Enerji (keV)	Fe/Cr18/Ni10			Ni32,5/Cr21/Fe			Fe/Cr25/Ni20			Ni72/Cr16/Fe		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	10,334±0,427	10,315	10,316	-	-	-	-	-	-	10,750±0,448	10,977	10,978
24,93	10,242±0,536	10,316	10,316	-	-	-	-	-	-	10,384±0,544	10,977	10,979
25,46	10,153±0,948	10,316	10,316	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26,34	10,536±0,508	10,316	10,316	-	-	-	-	-	-	11,603±0,578	10,978	10,979
30,63	10,192±0,670	10,316	10,317	3,678±0,247	3,792	3,740	-	-	-	10,774±0,702	10,978	10,980
30,97	10,201±0,647	10,316	10,317	3,773±0,240	3,793	3,738	-	-	-	11,265±0,710	10,978	10,980
34,96	10,962±0,744	10,317	10,317	3,774±0,247	3,793	3,712	-	-	-	10,782±0,727	10,979	10,980
59,54	9,911±0,586	10,314	10,314	3,600±0,211	3,791	3,791	4,516±0,264	4,731	4,732	11,527±0,677	10,976	10,976
81,00	10,259±0,900	10,308	10,308	3,979±0,332	3,787	3,787	4,756±0,444	4,727	4,727	11,241±1,053	10,969	10,970
88,04	10,601±0,793	10,306	10,306	3,876±0,281	3,785	3,785	4,639±0,372	4,726	4,726	10,116±0,770	10,967	10,968

Enerji (keV)	Fe/Cr17/Ni7			Cr			Fe			Ni		
	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST	Deneysel	WinXCOM	FFAST
22,10	13,841±0,575	14,016	14,017	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
24,93	13,849±0,721	14,017	14,018	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
25,46	13,824±1,309	14,017	14,018	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
26,34	13,887±0,685	14,017	14,018	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
30,63	13,579±0,885	14,018	14,019	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
30,97	14,130±0,888	14,018	14,019	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
34,96	13,624±0,901	14,018	14,020	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
59,54	13,197±0,775	14,014	14,015	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
81,00	13,772±1,272	14,007	14,008	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860
88,04	14,241±1,110	14,004	14,005	2,780	2,780	2,780	2,804	2,804	2,804	2,860	2,860	2,860



Şekil 5.17. Etkin elektron yoğunluğunun enerjiye göre değişimi

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

6.1. Uyarma Parametreleri için Elde Edilen Sonuçlar

Saf bir geçiş metalini herhangi bir alaşım içinde değerlendirmeye alırsak, metalin alaşım içinde konsantrasyonuna bağlı olarak X-ışını uyarma parametrelerinde saf durumuna göre değişimler olacaktır. Gerçekleştirilen bu tezin ilk kısmında uyarma parametreleri olarak $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları, K tabakası floresans verimleri, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri, KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranları, K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ve soğurma sıçrama oranları ele alınmıştır ve hem saf elementlerin (Cr, Fe ve Ni) hem de bu elementlerin farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde bu uyarma parametrelerinin değişimi incelenmiştir. Alaşım olarak incelenen numuneler Fe/Cr18/Ni10, Ni32,5/Cr21/Fe, Fe/Cr25/Ni20, Ni72/Cr16/Fe ve Fe/Cr17/Ni7'dir.

Uyarma parametrelerinden ilki olan $K\alpha$, $K\beta$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitleri denklem (4.19) ile belirlenmiştir ve elde edilen sonuçlar Tablo 5.1-5.3'de listelenmiştir. Ayrıca ilgili elementin alaşım içindeki konsantrasyonuna göre değişimi Şekil 5.2-5.4'de verilmiştir. $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin belirlenmesinde elde edilen deneysel belirsizlikler %2,00 ile %4,96 arasında değişmektedir. $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinde deneysel belirsizlikler %2,12 ile %4,73 aralığında iken toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerinde bu aralık %2,92 ile %6,85 şeklindedir. Bu belirsizlikler, ilgili pik alanının belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%2$), detektör sisteminin verimindeki belirsizliklere ($\leq\%3$), birim alandaki kütle belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%1$) ve öz-soğurma düzeltme faktörlerindeki belirsizliklere ($\leq\%2$) atfedilebilir.

Cr elementinin saf halde $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesiti 14,909 (barn/atom) iken bu parametre farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde 14,022 ile 14,520 arasında değişmektedir. Cr, Fe ve Ni elementlerinden oluşan üçlü alaşım içinde %16, %17, %18,

%21 ve %25 konsantrasyona sahip Cr elementinde $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %1,42, %1,49, %2,78, %4,79 ve %2,54 şeklindedir. Fe elementinin saf halde $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitinin deneysel değeri 25,628 (barn/atom) iken bu değer üçlü alaşım içinde 24,240 ile 25,166 aralığında değişmektedir. Üçlü alaşım içinde %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyona sahip Fe elementinde $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %2,04, %0,63, %2,62, %4,29 ve %3,44 şeklindedir. Ni elementinin saf halde $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesiti deneysel olarak 42,321 olarak belirlenirken, farklı konsantrasyonlu alaşım içinde bu parametrenin değeri 39,254 ile 40,576 aralığında değişmektedir. Üçlü alaşım içinde %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlu Ni elementinin $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre yüzde farklılıkları sırasıyla %2,21, %4,29, %1,06, %3,36 ve %2,56 olarak belirlenmiştir. Tablo 5.1-5.3 ve Şekil 5.2-5.4'den de görüldüğü gibi Cr, Fe ve Ni elementlerinin farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin değerleri deneysel belirsizlikler içinde kaldığından saf hallerine göre olan değişimin önemsiz olduğunu söyleyebiliriz. $K\alpha$ geçişleri 2p ve 1s tabakalarındaki geçişlerden oluştuğundan ve bu tabakalar iç tabakalar olduğu için diğer elementlerin elektronlarıyla bir etkileşim beklenmediğinden $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerinde önemli sayılabilecek bir değişim gözlemlenmemiştir. Ayrıca, saf elementleri kendi aralarında incelediğimizde, bunların deneysel sonuçlarının teorik sonuçlarla uyum içinde olduğunu söyleyebiliriz ve $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitinin artan atom numarası ile arttığı gözlemlenmiştir.

Şimdi Cr, Fe ve Ni elementlerinin saf hallerinin ve farklı konsantrasyonlardaki alaşımlar içindeki $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerini inceleyelim. Cr elementinin saf halde deneysel $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesiti 1,734 değerine sahipken bu değer farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde 1,615 ile 2,068 arasında değişmektedir. Cr, Fe ve Ni elementlerinden oluşan üçlü alaşım içinde %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyona sahip Cr elementinde $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna değişimleri sırasıyla %21,77, %13,07, %12,75, %3,49 ve %4,87 şeklindedir. Fe elementinin saf halde $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitinin deneysel değeri 3,133 iken bu değer üçlü alaşım içinde 2,692 ile 3,687 aralığında değişmektedir. Üçlü alaşım içinde %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyona sahip Fe elementinde $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %20,52, %11,88, %3,86, %7,45 ve %12,02

şeklinde. Ni elementinin saf halde $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesiti deneysel olarak 5,257 olarak belirlenirken, farklı konsantrasyonlu alaşım içinde bu parametrenin değeri 4,498 ile 5,678 aralığında değişmektedir. Üçlü alaşım içinde %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlu Ni elementinin $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre yüzde farklılıkları sırasıyla %12,84, %10,89, %7,91, %6,74 ve %10,61 olarak belirlenmiştir. Tablo 5.1-5.3 ve Şekil 5.2-5.4'den de görüldüğü gibi Cr, Fe ve Ni elementlerinin farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin değerlerinde saf hallerine göre önemli derecede farklılıklar vardır. Bu farklılıkların temel iki nedenleri şunlar olabilir; i) alaşım içindeki bir elementin atomlarından 3d elektronlarının diğer elementlerin atomlarına transferi ve ii) tek tek elementlerin 3d ve (4s, 4p) durumları arasındaki elektronların yeniden düzenlenmesidir. Bu iki etkinin herhangi biri veya her ikisi de bu değişimlere neden olabilir. Eğer yük transfer mekanizması baskın ise, bir türün atomlarındaki X-ışını uyarma parametrelerinin azalması, her zaman ikinci veya diğer türlerin atomlarındaki bu parametrelerin artışına karşılık gelir. $K\beta$ geçişleri 3d, 3p ve 1s tabakalarındaki geçişlerden oluştuğundan ve 3d en dış tabaka olduğundan diğer elementlerin elektronlarıyla bir etkileşim olması beklenir. Cr, Fe ve Ni elementlerinin elektronegatiflik değerleri sırasıyla 1,66, 1,83 ve 1,91 olduğundan Cr elementinden diğer elementlere ve Fe elementinden Ni elementine elektron geçişleri olması beklenir. Cr elementinden diğer elementlere ve Fe elementinden Ni elementine transfer olan elektronların sayısı azalan konsantrasyon ile azalır. Cr ve Fe elementlerinin 3d durumundan ayrılan elektronlar bu elementlerin 3d ve 4s elektronları üzerindeki perdeleme etkisini azaltır ve bu iki elementteki değişimin daha fazla olmasının nedeni de bu etkidir. Deneysel sonuçlardan da gözlemlendiği gibi dış tabaka elektronları birbiri ile etkileşim halinde olduğundan $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitleri saf hallerine göre daha fazla değişim göstermiştir. Saf elementler kendi aralarında incelendiğinde, $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitinin artan atom numarasıyla arttığı gözlemlenmiştir ve deneysel ve teorik değerler arasında uyum olduğu görülmüştür.

Toplam K X-ışını üretim tesir kesiti $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin toplamından oluşur. $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesiti, $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitinden çok büyük olduğu için toplam K X-ışını üretim tesir kesitindeki değişimlerin $K\alpha$ X-ışını üretim tesir kesitlerindeki değişimlere benzerlik göstermesi gerekir. Cr elementinin saf halde deneysel toplam K X-ışını üretim tesir kesitinin değeri 16,643 iken bu parametrenin

farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde değeri 15,661 ile 16,587 aralığında değişmektedir. Üçlü alaşım içinde %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyona sahip Cr elementinde toplam K X-ışını üretim tesir kesitinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %0,98, %0,01, %1,18, %4,66 ve %2,78 şeklindedir. Fe elementinin saf halde toplam K X-ışını üretim tesir kesiti 28,760 iken belirtilen alaşımlar içinde bu değer 27,071 ile 28,588 aralığında değişmektedir. Belirtilen alaşımlar içinde %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyona sahip Fe elementinde toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre yüzde değişimleri sırası ile %0,39, %0,72, %2,76, %4,63 ve %4,37 olarak belirlenmiştir. Ni elementinin saf halde toplam K X-ışını üretim tesir kesitinin deneysel değeri 47,577 iken seçilen alaşımlar içinde bu değer 44,329 ile 46,007 aralığında değişmektedir. Seçilen alaşımlar içinde %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlu Ni elementinin toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerinin saf halinin teorik sonucuna göre farklılıkları sırasıyla %0,57, %2,63, %0,08, %3,72 ve %3,44 olarak elde edilmiştir. Tablo 5.1-5.3 ve Şekil 5.2-5.4'den de görüldüğü gibi bu elementlerin farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerinin değerleri deneysel belirsizlikler içinde kaldığından saf hallerine göre olan değişimin önemsiz olduğunu söyleyebiliriz. Saf elementleri kendi arasında incelediğimizde, toplam K X-ışını üretim tesir kesitinin deneysel ve teorik sonuçları arasında bir uyum gözlemlenmiştir. $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinde de gözlemlendiği gibi toplam K X-ışını üretim tesir kesitinin artan atom numarası ile arttığı gözlemlenmiştir.

Belirlenen uyarma parametrelerinden ikincisi olan $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranları denklem (4.24) ile belirlenmiştir ve elde edilen deneysel sonuçlar ve teorik değerler Tablo 5.4 verilmiştir ve ilgili elementin alaşım içindeki konsantrasyonuna göre değişimi Şekil 5.5'de grafiksel olarak verilmiştir. $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının belirlenmesinde elde edilen deneysel belirsizlikler %2,55 ile %6,70 arasında değişmektedir. Bu belirsizlikler, denklem (4.24) içinde bulunan ilgili pik alanının belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%2$), detektör sisteminin verimindeki belirsizliklere ($\leq\%3$) ve öz-soğurma düzeltme faktörlerindeki belirsizliklere ($\leq\%2$) atfedilir. Cr elementinin saf halde deneysel $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı 0,1163 olarak belirlenirken, üçlü alaşım içinde bu parametreye ait değerlerin 0,1125 ile 0,1424 aralığında değiştiği belirlenmiştir. Üçlü alaşım içinde %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyona sahip Cr elementinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet

oranının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırası ile %23,52, %14,78, %15,98, %1,37 ve %2,40 olarak gözlemlenmiştir. Fe elementinin saf halde $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı 0,1222 olarak bulunurken, üçlü alaşım içinde bu parametreye ait değer 0,1101 ile 0,1486 aralığında değiştiği bulunmuştur. Seçilen alaşımlar içinde %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyona sahip Fe elementinde $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı değerlerinin saf halinin teorik sonucuna göre yüzde farklılıkları sırasıyla %23,02, %12,59, %1,27, %3,31 ve %8,88 olarak belirlenmiştir. Ni elementinin saf halde $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı 0,1242 iken seçilen alaşımlar içinde bu değer 0,1126 ile 0,1422 aralığında değişmiştir. Seçilen üçlü alaşımlar içinde %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlu Ni elementinin $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının saf halinin teorik sonucuna göre yüzde farklılıkları sırasıyla %15,39, %15,86, %9,06, %3,50 ve %8,27 olarak elde edilmiştir. Tablo 5.4 ve Şekil 5.5'den de görüldüğü gibi farklı konsantrasyonlu alaşımlar için $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının değerlerinde saf hallerine göre önemli derecede kabul edilebilecek yüzde farklılıklar vardır. $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitleriyle yakından ilişkili olduğu için $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinde yapılan yorumlar, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarındaki değişimler için de yapılabilir. Yani bu farklılıklara neden olan iki temel etkenlerden biri elementler arası elektron transferi diğeri ise her bir elementin kendi içinde 3d ve (4s, 4p) durumlarının yeniden düzenlenmesidir. Bu etkilerden biri ve/veya her ikisi de etkin olabilir. İlk etkinin temel nedeni elementlerin elektronegatifliklerinin birbirinden farklı olmasıdır ve elektronegatifliği düşük olan elementten diğerlerine elektron transfer edilmesidir. Saf elementler kendi arasında incelendiğinde, teorik değerler ile deneysel değerler arasında uyum olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranının azalan atom numarası ile azaldığı gözlemlenmiştir.

Üçüncü uyarma parametremiz olan K tabakası floresans verimi değerleri denklem (4.25) yardımıyla belirlenmiştir ve belirlenen deneysel ve teorik sonuçlar Tablo 5.5'de ve ilgili elementin farklı konsantrasyonlu alaşım içindeki yüzde konsantrasyonuna bağlı değişimleri Şekil 5.6'da verilmiştir. Bu parametrenin elde edilmesinde belirlenen deneysel belirsizlikler %2,99 ile %6,85 aralığında değişmektedir ve bu belirsizlikler denklem (4.25) içinde bulunan toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerindeki belirsizliklere atfedilir. Cr elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakası floresans verimindeki saf halinin teorik

sonucuna göre değişimleri sırasıyla %0,98, %0,01, %1,18, %4,66 ve %2,78'dir. Fe elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakası floresans verimindeki saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %0,39, %0,72, %2,76, %4,63 ve %4,37'dir. Ni elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakası floresans verimindeki saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %0,57, %2,63, %0,08, %3,72 ve %3,44'dür. Tablo 5.5 ve Şekil 5.6'dan da görüldüğü gibi bu yüzde farklılıklar belirlenen deneysel belirsizlikler içinde kaldığından K tabakası floresans veriminin ilgili elementin alaşım içindeki konsantrasyonuna önemli derecede bağlı olmadığını söyleyebiliriz. Denklem (4.25)'den de görüldüğü gibi K tabakası floresans verimi toplam K X-ışını üretim tesir kesitiyle orantılı olduğundan böyle bir gözlemin tutarlı olduğu açıktır. Saf Cr, Fe ve Ni elementlerini incelediğimizde, K tabakası floresans verimin artan atom numarasıyla arttığını söylenebilir. Ayrıca, bu elementlerin deneysel ve teorik K tabakası floresans verimleri arasında iyi bir uyum olduğu gözlemlenmiştir.

Bir diğer uyarma parametremiz olan K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetleri denklem (4.26) yardımıyla elde edilmiştir ve bu parametrenin deneysel ve teorik değerleri Tablo 5.6'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Ayrıca, bu değerler Şekil 5.7'de grafiksel olarak gösterilmiştir. K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin belirlenmesindeki deneysel belirsizlikler %3,88 ile %9,58 aralığındadır. Denklem (4.26) içinde bulunan K tabakası floresans verimindeki belirsizlikler (\leq %6,85) ve $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranındaki belirsizlikler (\leq %6,70) K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerindeki belirsizliklerin sebebidir. Cr elementinin seçilen alaşımlar içindeki %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırası ile %2,53, %1,51, %1,44, %0,60 ve %0,69'dür. Fe elementinin seçilen alaşımlar içindeki %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin saf halinin teorik sonucuna göre yüzde farklılıkları sırası ile %2,50, %1,48, %0,70, %1,31 ve %1,87'dir. Ni elementinin seçilen alaşımlar içindeki %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin saf halinin teorik sonucuna göre yüzde farklılıklar sırası ile %1,51,

%1,05, %0,96, %1,34 ve %1,80'dir. Tablo 5.6 ve Şekil 5.7'den de görüldüğü gibi ilgili elementin içinde bulunduğu alaşımdaki yüzde konsantrasyonuna göre K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin önemli derecede değişmediği gözlemlenmiştir. Denklem (4.26)'dan da görüldüğü gibi K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyeti K tabakası floresans verimi ile doğru, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı ile ters orantılı olduğu için bu gözlemler tutarlıdır. Saf elementleri kendi arasında incelersek, artan atom numarası ile K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetinin azaldığı gözlemlenmiştir. Saf elementlerin K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin teorik sonuçlarla uyumlu olduğunu söyleyebiliriz.

Bir sonraki uyarma parametrelerimiz olan KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranları sırasıyla denklem (4.27) ve denklem (4.28) ile elde edilmiştir. Elde edilen deneysel ve teorik sonuçlar Tablo 5.7-5.8'de listelenmiştir ve Şekil 5.8-5.9'da grafiksel olarak verilmiştir. Auger elektron yayımlanma oranlarının elde edilmesindeki deneysel belirsizlikler %2,55 ile %6,70 aralığında değişmektedir ve bu belirsizliklerin nedeni $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının elde edilmesindeki deneysel belirsizliklerdir. Cr elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyonlarına karşılık gelen KLX/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %23,52, %14,78, %15,98, %1,37 ve %2,40 iken aynı konsantrasyonlarda KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %52,57, %31,74, %34,51, %2,77 ve %4,73 olarak belirlenmiştir. Fe elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyonlarına karşılık gelen KLX/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %23,02, %12,59, %1,27, %3,31 ve %8,88 iken aynı konsantrasyonlarda KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %51,34, %26,77, %2,53, %6,51 ve %16,97 olarak belirlenmiştir. Ni elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlarına karşılık gelen KLX/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %15,39, %15,86, %9,06, %3,50 ve %8,27 iken aynı konsantrasyonlarda KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %33,14, %34,23, %18,95, %6,88 ve %15,85 olarak belirlenmiştir. Tablo 5.7-5.8 ve Şekil 5.8-5.9'dan da görüldüğü gibi Cr, Fe ve Ni

elementlerinin farklı konsantrasyonlu alaşımlar içinde KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarında saf hallerine göre önemli derecede farklılıklar vardır. Denklem (4.27) ve denklem (4.28)'den de görüldüğü gibi bu Auger elektron yayımlanma oranları direkt olarak $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranıyla ilişkilidir. Bu yüzden bu farklılıkların yorumlanması $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarındakilerle benzerlik göstermektedir. Yani, farklılıkların nedeni ya elementler arasındaki elektron transferi ya da her bir elementin kendi 3d ve (4s, 4p) durumları arasındaki elektronların yeniden düzenlenmesidir. Cr elementinden diğer elementlere ve Fe elementinden Ni elementine elektron transferi söz konusudur. Ni elementine Cr ve Fe elementinden transfer edilen elektronların sayısı arttığında ve/veya Fe elementine Cr elementinden transfer edilen elektron sayısı arttığında bu elementlerin 3d ve 4s elektronlarının perdeleme etkisi artacağından 3d ve 4s elektronlarının bağlanma enerjileri azalacaktır. Dış tabaka elektronlarının bağlanma enerjilerindeki azalma K X-ışını geçiş olasılıklarında bir azalmaya neden olur, fakat Cr için zıt bir etki gözlenir. Yani Cr elementinin elektronlarının 3d ve 4s perdeleme etkisi azalacak, 3d ve 4s elektronlarının bağlanma enerjilerindeki artmaya bağlı olarak ışımaz geçiş olasılıkları (yani Auger geçiş olasılıkları) azalacak ve ışımaz geçiş olasılıkları artacaktır. Saf elementler kendi arasında değerlendirildiğinde, artan atom numarası ile KLX/KLL ve KXY/KLL Auger elektron yayımlanma oranlarının arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, saf elementlerin bu parametrelerin deneysel ve teorik sonuçları arasında uyum olduğu gözlemlenmiştir.

Uyarma parametrelerinden en sonuncuları olan K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ve K tabakası soğurma oranları sırasıyla denklem (4.29) ve denklem (4.30) kullanılarak belirlenmiştir ve belirlenen bu parametreler Tablo 5.9-5.10'da ve ilgili elementin farklı konsantrasyonlu alaşım içindeki yüzde konsantrasyonuna bağlı değişimleri Şekil 5.10-5.11'de verilmiştir. Bu iki parametrenin elde edilmesinde belirlenen deneysel belirsizlikler %4,52 ile %11,32 aralığında değişmektedir. Bu belirsizlikler denklem (4.29) içinde bulunan $K\alpha$ üretim tesir kesitlerinin belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%4,96$), $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%6,70$), toplam atomik soğurma tesir kesitlerinin belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%3,44$) ve K tabakası floresans verimlerinin belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%6,85$) atfedilir. Cr elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %16, %17, %18, %21 ve %25 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin saf halinin

teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %6,13, %2,34, %0,96, %2,94 ve %2,92 iken aynı konsantrasyonlarda K tabakası soğurma sıçrama oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %133,38, %27,91, %8,21, %37,69 ve %37,34 olarak belirlenmiştir. Fe elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %12, %46,5, %55, %72 ve %76 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %4,88, %2,63, %2,62, %2,34 ve %2,11 iken aynı konsantrasyonlarda K tabakası soğurma sıçrama oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %77,71, %30,91, %30,69, %26,48 ve %24,71 olarak belirlenmiştir. Ni elementinin belirtilen üçlü alaşımlar içindeki %7, %10, %20, %32,5 ve %72 konsantrasyonlarına karşılık gelen K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %1,23, %1,15, %0,95, %0,94 ve %0,57 iken aynı konsantrasyonlarda K tabakası soğurma sıçrama oranlarının saf halinin teorik sonucuna göre değişimleri sırasıyla %9,25, %8,86, %7,31, %7,24 ve %4,99 olarak belirlenmiştir. Tablo 5.9 ve Şekil 5.10'dan da görüldüğü gibi K tabakası soğurma sıçrama faktörleri deneysel belirsizlikler içinde kaldığından bu parametrede önemli sayılabilecek bir değişim gözlemlenmemiştir. Ancak, Tablo 5.10 ve Şekil 5.11'den de görüldüğü gibi K tabakası soğurma sıçrama oranlarında önemli derecede sapmalar görülmüştür. Bu farklılıklar $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerindeki değişimler, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarındaki değişimler ve Auger elektron yayımlanma oranlarındaki değişimler için yapılan yorumlar ile açıklanabilir. Saf elementler kendi aralarında değerlendirildiğinde, deneysel sonuçlar ile teorik sonuçlar arasında bir uyum gözlemlenmiştir. Ayrıca, artan atom numarası ile K tabakası soğurma sıçrama faktörünün ve sıçrama oranının azaldığı görülmüştür.

Tezin bu kısmında farklı konsantrasyonlardaki alaşım içinde Cr, Fe ve Ni elementleri için elde edilen $K\alpha$ ve toplam K X-ışını üretim tesir kesitlerinin, K tabakası floresans verimlerinin, K tabakasından L tabakasına boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin ve K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin önemli derecede değişmediği gözlemlenmiştir. Yani, gözlemlenen değişimler deneysel belirsizlikler içinde kalmıştır. Ancak, $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesitlerinin, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranlarının, Auger elektron yayımlanma oranlarının ve K tabakası soğurma sıçrama oranlarının alaşım içindeki ilgili elementin konsantrasyonuna göre önemli derecede sapmalar gözlemlenmiştir. Bu sapmaların nedeni olarak elementler arası elektron transferi ve/veya her bir elementin kendi içinde 3d ve

(4s, 4p) durumlarının yeniden düzenlenmesi olarak yorumlanmıştır. Yani, $K\beta$ X-ışını üretim tesir kesiti, $K\beta/K\alpha$ X-ışını şiddet oranı, Auger elektron yayımlanma oranları ve K tabakası soğurma sıçrama oranı değerleri 3d elementlerinin alaşım içinde elektron düzenlenmesindeki değişimlerden dolayı oldukça hassastır. Bu parametrelerdeki bu önemli değişimler elementin valans elektron düzenlenmesinin nasıl değişiklikler gösterdiğinin yorumlanmasında yardımcı olabilir ve bu parametreler alaşım etkisinin incelenmesinde oldukça yararlı parametrelerdir.

6.2. Soğurma Parametreleri İçin Elde Edilen Sonuçlar

Fe/Cr18/Ni10, Ni32,5/Cr21/Fe, Fe/Cr25/Ni20, Ni72/Cr16/Fe ve Fe/Cr17/Ni7 alaşımlarının ve Cr, Fe ve Ni elementlerinin 22,10, 24,93, 25,46, 26,34, 30,63, 30,97 34,96, 59,54, 81,00 ve 88,04 keV foton enerjilerinde kütle azaltma katsayıları, moleküler tesir kesitleri, atomik tesir kesitleri, elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunlukları Şekil 4.8'de görülen geçiş geometrisi yardımıyla belirlenmiştir. Belirtilen numunelerin kütle azaltma katsayıları denklem (4.32) kullanılarak belirlenmiştir. Teorik sonuçlar Hartree-Slater merkezcil potansiyel teorisini kullanarak hesap yapan WinXCOM ve Dirac-Hartree-Fock teorisini kullanarak hesap yapan FFAST programları kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen deneysel ve teorik kütle azaltma katsayıları Tablo 5.11'de karşılaştırmalı olarak listelenmiştir. Ayrıca, kütle azaltma katsayısının foton enerjisine göre değişimini daha iyi inceleyebilmek için belirtilen numunelerin kütle azaltma katsayılarının enerjiye göre değişimleri Şekil 5.12'de ayrı ayrı verilmiştir. Kütle azaltma katsayılarının belirlenmesinde elde edilen deneysel belirsizlikler %2,01 ile %4,95 aralığında değişmektedir. Bu belirsizlikler, denklem (4.32) içinde bulunan gelen foton şiddetindeki (I_0) belirsizliklere ($\leq\%2$), numuneden geçip detektörde sayılan foton şiddetindeki (I) belirsizliklere ($\leq\%3$) ve birim alandaki kütlenin belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%1$) bağlıdır. Belirlenen deneysel kütle azaltma katsayıları ile teorik sonuçlarının arasındaki yüzde farklılıklar WinXCOM için %0,12 ile %6,37 arasında değişirken, FFAST için %0,01 ile %5,39 arasında değişmektedir. Bu yüzde farklılıklara bakılarak deneysel ve teorik kütle azaltma katsayıları arasında uyum olduğu söylenebilir. Tablo 5.11'de saf elementler (Cr, Fe ve Ni) incelendiğinde artan atom numarasıyla kütle azaltma katsayısının arttığı gözlemlenmiştir. Alaşım numunelerine bakıldığında, Ni72/Cr16/Fe alaşımının diğer alaşımlardan daha büyük, Fe/Cr17/Ni7 alaşımının ise diğer alaşımlardan daha küçük kütle azaltma katsayılarına

sahip olduğu görülmektedir. Ni72/Cr16/Fe alaşımında Ni oranının fazla olmasından ve Fe/Cr17/Ni7 alaşımında Fe oranının fazla olmasından dolayı bu alaşımlarda en büyük ve en küçük kütle azaltma katsayılarının görülmesi açıklanabilir. Bu yorumdan yararlanarak, kütle azaltma katsayısının alaşım içindeki elementlerin konsantrasyonuna bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Şekil 5.12 incelendiğinde, her bir numune için kütle azaltma katsayısının artan foton enerjisiyle azaldığını söyleyebiliriz. Bu azalmanın eksponansiyel bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Kütle azaltma katsayısını oluşturan üç temel etki; fotoelektrik etki, Compton saçılması ve çift oluşum olarak bilinir. Fotoelektrik etki, düşük enerji bölgesinde atom numarasına bağlılığı Z^4 iken, yüksek enerji bölgesinde atom numarasına bağlılığı Z^5 'dir. Ayrıca, fotoelektrik etki enerji ile ters orantılı olarak $E^{3,5}$ bağlılığı ile değişmektedir. Compton saçılması atom numarası Z ile doğru ve E enerjisiyle ters orantılı olarak değişmektedir. Çift oluşum ise atom numarasının karesi (Z^2) ve gelen foton enerjisi (E) ile doğru orantılıdır. Çalışılan enerji aralığında çift oluşum etkinin gözlemlenmesi imkânsızdır, çünkü çift oluşum için 1,02 MeV enerjisinde bir eşik değere ihtiyaç vardır. Compton saçılmasının da çalışılan enerji aralığında etkisi ihmal edilebilecek kadar küçüktür. Yani, çalışılan enerji aralığında esas etki fotoelektrik etkidir ve Şekil 5.12'de görülen azalma bu etki ile açıklanabilir.

Kütle azaltma katsayı kullanılarak moleküler tesir kesiti, atomik tesir kesiti, elektronik tesir kesiti, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi bir dizi seri soğurma parametreleri belirlenebilir. Belirtilen elementlerin ve alaşımların moleküler tesir kesitleri denklem (4.35) kullanılarak, atomik tesir kesitleri denklem (4.36) kullanılarak, elektronik tesir kesitleri denklem (4.37) kullanılarak, etkin atom numaraları denklem (4.38) kullanılarak ve etkin elektron yoğunlukları denklem (4.39) kullanılarak belirlenmiştir. Bu parametrelerin deneysel sonuçları Tablo 5.12-5.16'da sırasıyla verilmiştir. Ayrıca, bu parametrelerin foton enerjisiyle değişimini gözlemek için, ilgili element ve alaşımların moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin, etkin atom numaralarının ve etkin elektron yoğunluklarının foton enerjisi ile değişimi sırasıyla Şekil 5.13-5.17'de verilmiştir. Moleküler ve atomik tesir kesitlerinin belirlenmesindeki belirsizlikler, bu iki parametre direkt olarak ilgili elementin ve alaşımın toplam kütle azaltma katsayıları ile ilişkili olduğu için aynı aralıklarda değişmektedir. Elektronik tesir kesitlerinin belirlenmesindeki belirsizlikler %2,03 ile %8,03 aralığında değişmektedir. Elektronik tesir kesitindeki belirsizlikler, Cr elementinin kütle azaltma katsayılarının

belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%4,95$), Fe elementinin kütle azaltma katsayılarının belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%4,83$) ve Ni elementinin kütle azaltma katsayılarının belirlenmesindeki belirsizliklere ($\leq\%4,89$) bağlıdır. Etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu parametrelerinin elde edilmesindeki deneysel belirsizlikler $\%2,87$ ile $\%9,36$ aralığında değişmektedir. Bu iki parametredeki deneysel belirsizliklerin sebebi atomik tesir kesitinin elde edilmesindeki belirsizliklere ($\leq\%4,95$) ve elektronik tesir kesitinin elde edilmesindeki belirsizliklerdir ($\leq\%8,03$). Moleküler ve atomik tesir kesitlerinin deneysel sonuçları, kütle azaltma katsayılarında olduğu gibi WinXCOM sonuçlarından $\%0,12$ ile $\%6,37$ arasında ve FFAST sonuçlarından $\%0,01$ ile $\%5,39$ arasında değişen farklılıklar göstermektedir. Deneysel elektronik tesir kesitleri ile teorik sonuçlarının arasındaki uyum WinXCOM için $\%0,02$ ile $\%5,43$ aralığında iken FFAST için $\%0,07$ ile $\%5,39$ aralığında değişmektedir. İlgili elementlerin ve alaşımların deneysel etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunluklarının teorik sonuçlarının arasındaki uyum WinXCOM için $\%0,18$ ile $\%7,76$ aralığında ve FFAST için $\%0,17$ ile $\%7,76$ aralığında değişmektedir. Bu yüzde farklılıklar deneysel belirsizlikler içinde kaldığında moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin, etkin atom numaralarının ve etkin elektron yoğunluklarının deneysel ve teorik sonuçları arasında uyum olduğu söylenebilir. Tablo 5.12-5.14 incelendiğinde moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri değerlerinin saf elementlerde artan atom numarasıyla arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.13-5.15'den ve Tablo 5.12-5.14'den de görüldüğü gibi moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitlerinin değerleri artan foton enerjisi ile azalmaktadır ve alaşım içindeki elementlerin konsantrasyonlarına göre değişim gösterdikleri gözlemlenmiştir. Tablo 5.15-5.16 ve Şekil 5.16-5.17'den de görüldüğü gibi ilgili alaşımların etkin atom numaraları ve etkin elektron yoğunlukları artan enerji ile azalmaktadır, ancak bu azalma oldukça küçüktür. Tablo 5.15-5.16'dan elementler için bu iki parametrenin değişmediği gözlemlenmiştir. Bu gözlem oldukça normaldir, çünkü etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu parametreleri molekül, alaşım ve karışım gibi birden fazla elementten oluşan malzemelerin foton ile etkileşimi için kullanılır, yani bu iki parametre saf elementler için kullanılamaz. Alaşımların etkin atom numaralarına dikkat edilirse, yüzde konsantrasyonu baskın olan elementin atom numarasına daha yakın değerler aldığı görülür ve alaşımın etkin atom numarasının alaşım içindeki en büyük atom numarasına sahip elementten her zaman küçük olduğu görülür. Buradan, etkin atom numarasının yüzde konsantrasyona bağlı olduğunu söyleyebiliriz.

Sonuç olarak, kütle azaltma katsayısının moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu gibi soğurma parametrelerinin belirlenmesinde oldukça kullanışlı olduğunu söyleyebiliriz. Belirlenen soğurma parametrelerinin foton enerjisine, numunenin fiziksel ve kimyasal çevresine bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlar farklı konsantrasyonlardaki alaşımlarda kütle azaltma katsayısı, moleküler, atomik ve elektronik tesir kesitleri, etkin atom numarası ve etkin elektron yoğunluğu parametrelerinin enerji ile nasıl değiştiğinin anlaşılmasında araştırmacılara yardımcı olabilir.



KAYNAKLAR LİSTESİ

Agarwal BK (1954) A formula for the K- and L- absorption discontinuities. *Current Science* 23(11): 357

Akkurt I (2007) Effective atomic numbers for Fe-Mn alloys using transmission experiment. *Chinese Physics Letters* 24(10): 2812-2814

Alım B, Han I, Demir L (2016) Effect of external magnetic field on valence-electron structures of Fe and Ni in Invar, Permalloy and the other Fe-Ni alloys by using $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratios. *Applied Radiation and Isotopes* 112: 5-12

Apaydın G, Cengiz E, Tıraşoğlu E, Aylıkci V, Bakkaloğlu ÖF (2009) Studies on mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for CoCuAg alloy thin film. *Physica Scripta* 79: 055302

Aylıkci NK, Aylıkci V, Kahoul A, Tıraşoğlu E, Karaha İH, Cengiz E (2011) Effect of pH treatment on K-shell X-ray intensity ratios and K-shell X-ray production cross sections in ZnCo alloys. *Physical Review A* 84: 042509

Aylıkci NK, Tıraşoğlu E, Apaydın G, Cengiz E, Aylıkci V, Bakkaloğlu, ÖF (2009) Influence of alloying effect on X-ray fluorescence parameters of Co and Cu in CoCuAg alloy films. *Chemical Physics Letters* 475: 135-140

Aylıkci NK, Tıraşoğlu E, Karahan İH, Aylıkci V, Cengiz E, Apaydın G (2010) Alloying effect on K shell X-ray fluorescence parameters and radiative Auger ratios of Co and Zn in Zn_xCo_{1-x} alloys. *Chemical Physics Letters* 484: 368-373

Bhuinya CR, Padhi HC (1992) Alloying effect on the $K\beta/K\alpha$ intensity ratios of Ti, Cr and Ni. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics* 25: 5283-5287

Bhuinya CR, Padhi, HC (1993) Alloying effect on $K\beta$ -to- $K\alpha$ intensity ratios in Ti_xNi_{1-x} and Cr_xNi_{1-x} alloys studied by γ -ray fluorescence and fast proton ionization. *Physical Review A* 47(6): 4885-4890

Cengiz E, Ozkendir OM, Kaya M, Tirasoglu E, Karahan IH, Kimura S, Hajiri T, (2014) Alloying effect on K-shell fluorescence parameters of porous NiTi shape memory alloys. *Journal of Electron Spectroscopy and Related Phenomena* 192: 55-60

Cevik U, Bacaksiz E, Damla N, Çelik A (2008) Effective atomic numbers and electron densities for CdSe and CdTe semiconductors. *Radiation Measurements* 43: 1437-1442

Chantler CT (2000) Detailed tabulation of atomic form factors, photoelectric absorption and scattering cross section, and mass attenuation coefficients in the vicinity of absorption edges in the soft X-ray ($Z=30-36$, $Z=60-89$, $E=0,1$ keV-10 keV), addressing convergence issues of earlier work. *Journal Physical and Chemical Reference Data* 29(4): 597-1048

Çevik U, Baltaş H, Çelik A, Bacaksız E (2006) Determination of attenuation coefficients, thicknesses and effective atomic numbers for CuInSe₂ semiconductor. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 247: 173-179

Demir D, Tursucu A (2013) Measurement of the effective atomic numbers of Fe_xCr_{1-x} and Fe_xNi_{1-x} alloys using scattering of gamma rays. *Journal of Alloys and Compounds* 581: 213-216

Deslattes RD (1969) Estimates of X-ray attenuation coefficients for the elements and their compounds. *Acta Crystallographica Section A* A 25:89-93

Dogan M, Olgar MA, Cengiz E, Tirasoglu E (2016) Alloying effect on K shell X-ray fluorescence cross-sections and intensity ratios of Cu and Sn in Cu_xSn_{1-x} alloys using the 59.5 keV gamma rays. *Radiation Physics and Chemistry* 126: 111-115

Dogan M, Tirasoglu E, Karahan IH, Aylikci NK, Aylikci V, Kahoul A, Cetinkara HA, Serifoglu O (2013) Alloying effect on K X-ray intensity ratio and production cross section values of Zn and Cr in Zn-Cr alloys. *Radiation Physics and Chemistry* 87: 6-15

Evans RD, Gray DE (1963) *American Institute of Physics Handbook*. New York: McGraw-Hill, s.8

Gerward L, Guilbert N, Bjorn K, Leving H (2001) X-ray absorption in matter: reengineering XCOM. *Radiation Physics and Chemistry* 60: 23-24

Han I, Demir L (2009a) Valence-electron configuration of Fe, Cr, and Ni in binary and ternary alloys from $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratios. *Physical Review A* 80: 052503

Han I, Demir L (2009b) Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers for Cr, Fe and Ni alloys at different energies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 267: 3-8

Han I, Demir L (2009c) Studies on effective atomic numbers, electron densities from mass attenuation coefficients in Ti_xCo_{1-x} and $CoxCu_{1-x}$ alloys. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 267: 3505-3510

Han I, Demir L (2010a) Charge transfer and delocalization studies from $K\beta$ -to- $K\alpha$ intensity ratios in $CoxCu_{1-x}$ alloys. *Annals of Nuclear Energy* 37: 822-826

Han I, Demir L (2010b) Valence-electron configuration of Ti and Ni in $TixNi_{1-x}$ alloys from $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratio studies. *Applied Radiation and Isotopes* 68: 1035-1039

Han I, Demir L (2010c) Effect of annealing treatment on $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratios of 3d transition-metal alloys. *Physical Review A* 81: 062514

Han I, Demir L (2010d) Relative K X-ray intensity studies on valence-electron structure of Ti and Co in $TixCo_{1-x}$ alloys. *Physical Review A* 82: 042514

Han I, Demir L (2010e) Studies on effective atomic numbers, electron densities and mass attenuation coefficients in Au alloys. *Journal of X-ray Science and Technology* 18: 39-46

Hine GJ (1952) The effective atomic number of materials for various gamma ray process. *Physical Review* 85: 725-728

Hubbell JH (1969) Photon Cross Sections, Attenuation Coefficients, and Energy Absorption Coefficients from 10 keV to 100 GeV. National Bureau of Standards, Washington, DC

İçelli O, Erzeneoğlu S, Karahan İH, Çankaya G (2005) Effective atomic numbers for CoCuNi alloys using transmission experiments. *Journal of Quantitative Spectroscopy&Radiative Transfer* 91: 485-491

Kaewkhao J, Laopaiboon J, Chewpraditkul W (2008) Determination of effective atomic numbers and effective electron densities for Cu/Zn alloy. *Journal of Quantitative Spectroscopy&Radiative Transfer* 109: 1260-1265

Kalayci Y, Agus Y, Ozgur S, Efe N, Zararsiz A, Arikan P, Mutlu RH (2005) Influence of the alloying effect on nickel K-shell fluorescence yield in Ni-Si alloys. *Spectrochimica Acta Part B* 60: 277-279

Kalayci Y, Aydinuraz A, Tugluoglu B, Mutlu RH (2007) Valence electronic structure of Ni in Ni-Si alloys from relative K X-ray intensity studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 255: 438-440

Krause (1979) Atomic radiative and radiationless yields for K and L shell. *Journal of Physical and Chemical Reference Data* 8: 307-327

Laubert S (1942) Die Massenschwächungs-, Photoabsorptions- und Streukoeffizienten monochromatischer Röntgenstrahlen von Ni (28), Cu (29), Ag (47), Cd (48), Sn (50), Ta (73), W (74), Ir (77), Pt (78), Au (79) und Pb (82). *Annalen der Physik* 432(8): 553-578

Limkitjaroenporn P, Kaewkhao J, Asavavisithchai S (2013) Determination of mass attenuation coefficients and effective atomic numbers for Inconel 738 alloy for different energies obtained from Compton scattering. *Annals of Nuclear Energy* 53: 64-68

Limkitjaroenporn P, Kaewkhao J, Chewpraditkul W, Limsuwan P (2012) Mass attenuation coefficient and effective atomic number of Ag/Cu/Zn alloy at different photon energy by Compton scattering technique. *Procedia Engineering* 32: 847-854

McMaster WH, Kerr Del Grande N, Mallett JH, Hubbell JH (1969) Compilation of X-Ray cross sections. Lawrence Radiation Laboratory (Livermore), Report UCRL-50174, Sec. II, Rev. 1, University of California

Mohammed FM, Razooqi RN, Essmaeil SM (2013) Effect of grain size for aluminum and its alloys on attenuation coefficients of X-ray at voltage of (20, 25, 30, 35) KV. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 7(2): 796-803

Narender K, Madhusudhen RAS, Gopal KRK, Gopi KN, Ashok RK (2013) Determination of effective atomic number and mass attenuation coefficient of 5070 wrought aluminum alloy with multi energetic photons. *Research Journal of Physical Sciences* 1(10): 1-5

Padhi HC, Dhal BB (1995) $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios of Fe, Co, Ni, Cu, Mo, Ru, Rh and Pd in equatomic aluminides. *Solid State Communications* 96(3): 171-173

Pawlowski F, Polasik M, Raj S, Padhi HC, Basa DK (2002) Valence electronic structure of Ti, Cr, Fe and Co in some alloys from $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratios studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 195: 367-373

Perişanoğlu U, Alım B, Uğurlu M, Demir L (2016) Effect of external magnetic field on the $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios of Ti_xNi_{1-x} alloys excited by 59,54 and 22,69 keV photons. *Applied Radiation and Isotopes* 115: 183-189

Perişanoğlu U, Demir L (2015) A study of K shell X-ray intensity ratios of Ni_xCr_{1-x} alloys in external magnetic field and determination of effective atomic numbers of these alloys. *Radiation Physics and Chemistry* 110: 119-125

Poehn C, Wernisch J, Hanke W (1985) Least-squares fits of fundamental parameters for quantitative x-ray analysis as a function of Z ($11 \leq Z \leq 83$) and E ($1 \text{ keV} \leq E \leq 50 \text{ keV}$). *X-ray Spectrometry* 14(3):120-124

Raj S, Padhi HC, Basa DK, Polasik M, Pawlowski F (1999a) $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratio studies on the changes of valence electronic structures of Ti, V, Cr, and Co in their disilicide compounds. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 152: 417-424

Raj S, Padhi HC, Polasik M (1999b) Influence of alloying effect on $K\beta/K\alpha$ X-ray intensity ratios of V and Ni in V_xNi_{1-x} alloys. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 155: 143-152

Raj S, Padhi HC, Polasik M, Basa DK (1999c) Charge transfer studies in V_3Si , Cr_3Si and $FeSi$. *Solid State Communications* 110: 275-279

Raj S, Padhi HC, Polasik M, Pawlowski F, Basa DK (2000) Valence electronic structure of Fe and Ni in Fe_xNi_{1-x} alloys from relative K X-ray intensity studies. *Solid State Communications* 116: 563-567

Raj S, Padhi HC, Raychaudhury P, Nigam AK, Pinto R, Polasik M, Pawlowski F, Basa DK (2001a) Valence electronic structure of Mn in undoped and doped lanthanum manganites from relative K X-ray intensity studies. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B* 174: 344-350

Raj S, Padhi HC, Polasik M, Pawlowski F, Basa DK (2001b) $K\beta$ -to- $K\alpha$ X-ray intensity ratio studies of the valence electronic structure of Fe and Ni in Fe_xNi_{1-x} alloys. *Physical Review B* 63: 073109

Rindfleisch H (1937) Über den K-sprung von $Al_{(13)}$ bis $W_{(74)}$. *Annalen der Physik* 5 (28): 409-437

Scofield JH (1973) Theoretical photoionization cross sections from 1 to 1500 keV. Report No. UCRL, 51326, Lawrence Livermore Laboratory, Livermore, CA

Scofield (1974) Relativistic Hartree-Slater values for K and L X-ray emission rates. *Atomic Data and Nuclear Data Tables* 14: 121-137

Seven S, Karahan IH, Bakkaloglu ÖF (2004) The measurement of total mass attenuation coefficients of CoCuNi alloys. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 83: 237-242

Singh VP, Badiger NM (2014) Gamma ray and neutron shielding properties of some alloy materials. *Annals of Nuclear Energy* 64: 301-310

Singh VP, Medhat ME, Badiger NM (2014) Gamma-ray shielding effectiveness of some alloys for fusion reactor design. *Journal of Fusion Energy* 33(5): 555-564

Söğüt Ö, Büyükkasap E, Küçükönder A, Ertuğrul M, Şimşek Ö (1995) Alloying effect on $K\beta/K\alpha$ intensity ratios in $\text{Cr}_x\text{Ni}_{1-x}$ and $\text{Cr}_x\text{Al}_{1-x}$ alloys. *Applied Spectroscopy Reviews* 30(3): 175-180

Tellez-Plasencia H (1949) Formules d'interpolation pour déterminer les valeurs numériques de quelques constantes atomiques. *Journal de Physique Radium* 10(1): 14-19

Tezcan R, Tezcan H (2007) *Metallerin Kimyası*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara s.190-231

Victoreen JA (1949) The calculation of X-ray mass absorption coefficients. *Journal of Applied Physics* 20(12): 1141-1147

Yıldırım S, Tugrul AB, Buyuk B, Demir E (2016) Gamma attenuation properties of some aluminum alloys. *Acta Physica Polonica A* 129(4): 813-815

Yılmaz D, Şahin Y, Demir L (2015) Studies on mass attenuation coefficient, mass energy absorption coefficient, and kerma for Fe alloys at photon energies of 17.44 to 51.70 keV. *Turkish Journal of Physics* 39: 81-90

Zararsız A, Aygün E (1989) A theoretical and experimental investigation of the source-sample-detector geometry for an annular type radioisotope excited XRF spectrometer. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 129(2): 367-375

ÖZGEÇMİŞ

1989 yılında İskenderun'da doğdu. İlk, orta, lise ve üniversite öğrenimini Elazığ'da tamamladı. 2008 yılında Fırat Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünü kazandı ve 2014 yılında mezun oldu. 2015 yılında, Fırat Üniversitesi Eğitim Fakültesi Pedagojik Formasyon Eğitim Sertifikası almaya hak kazandı. 2015 yılında Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Programına kayıt yaptırdı.