



**XRF İLE İLGİLİ ATOMİK
PARAMETRELER VE K TABAKASI
OSİLATÖR ŞİDDETLERİNİN
BELİRLENMESİ**

Mehmet Fatih TURHAN

**Doktora Tezi
Fizik Anabilim Dalı
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı
Prof. Dr. Rıdvan DURAK
2017
Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**XRF İLE İLGİLİ ATOMİK PARAMETRELER VE K TABAKASI
OSİLATÖR ŞİDDETLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mehmet Fatih TURHAN

**FİZİK ANABİLİM DALI
Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı**

**ERZURUM
2017**

Her Hakkı Saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü
TEZ ONAY FORMU



XRF İLE İLGİLİ ATOMİK PARAMETRELER ve K TABAKASI OSİLATÖR ŞİDDETLERİNİN
BELİRLENMESİ

Prof. Dr. Rıdvan DURAK danışmanlığında, Mehmet Fatih TURHAN tarafından hazırlanan bu çalışma, 13/07/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Fizik Anabilim Dalı Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda Doktora tezi olarak **oybirliği / oy çokluğu (.../...)** ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Rıdvan DURAK

Üye : Prof. Dr. Yüksel ÖZDEMİR

Üye : Prof. Dr. Songül DUMAN

Üye : Prof. Dr. Refik DİLBER

Üye : Doç. Dr. İbrahim HAN

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu'nun **20.07/2017** tarih ve **..29..../..50.....** nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Cavit KAZAZ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildiriş, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Doktora Tezi

XRF İLE İLGİLİ ATOMİK PARAMETRELER VE K TABAKASI OSİLATÖR ŞİDDETLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Fatih TURHAN

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Rıdvan DURAK

Atomik parametreler iki farklı teknik kullanılarak belirlenmiştir. Bu tekniklerin ilki olan X-ışını azaltma tekniği ile Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için *K* tabakası soğurma kıyısı civarında kütle soğurma katsayıları, azaltma tesir kesitleri, fotoelektrik tesir kesitleri, *K* tabakası azaltma tesir kesitleri, *K* tabakası fotoelektrik tesir kesitleri, *K* tabakası soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri ve osilatör şiddetleri deneysel olarak, *K* tabakası soğurma kıyısı enerjileri ise yarı deneysel olarak belirlenmiştir. Ölçümlerde Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar kullanılarak atom numarası $39 \leq Z \leq 68$ aralığında olan bazı elementler uyarılmıştır. Elementlerden yayımlanan karakteristik *K* X-ışınları, aktif çapı 4 mm ve 5,9 keV'de yarı yükseklikteki tam genişliği (FWHM) 160 eV olan Si(Li) dedektör vasıtasıyla sayılmıştır. Elde edilen deneysel değerler hesaplanan teorik değerlerle ve literatürden elde edilebilen diğer deneysel ve teorik değerler ile karşılaştırılmıştır. *K* tabakası sıçrama oranlarının, sıçrama faktörlerinin ve osilatör şiddetlerinin artan atom numarası ile azaldığı gözlemlenmiştir. İkinci teknik olan EDXRF tekniği kullanılarak Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için *K* tabakası floresans tesir kesitleri $\sigma_{K\alpha}$, $\sigma_{K\beta}$ ve $\sigma_{K\text{topl}}$, *K* tabakası floresans verim değerleri ω_K ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranı değerleri uygun geometride incelenmiştir. *K* tabakası floresans verim değerleri ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranı değerleri ile X-ışını azaltma tekniği ile ölçülen *K* tabakası soğurma sıçrama faktörleri kullanılarak *K α* ve *K β* uyarma faktörleri deneysel olarak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel değerler, hesaplanan teorik değerler ve literatürden elde edilebilen diğer deneysel ve teorik değerlerle karşılaştırılmış ve uyum içinde oldukları gözlemlenmiştir. *K* tabakası floresans tesir kesitlerinin, floresans verimlerinin, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının ve *K α* ve *K β* uyarma faktörlerinin artan atom numarası ile arttığı gözlemlenmiştir.

2017, 193 sayfa

Anahtar Kelimeler: Kütle soğurma katsayısı, Azaltma tesir kesiti, Fotoelektrik tesir kesiti, Sıçrama oranı, Sıçrama faktörü, Osilatör şiddeti, Uyarma faktörü

ABSTRACT

Ph. D. Thesis

DETERMINATION OF SOME ATOMIC PARAMETERS RELATED TO XRF AND K SHELL OSCILLATOR STRENGTHS

Mehmet Fatih TURHAN

Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics
Department of Atomic and Molecular Physics

Supervisor: Prof. Dr. Rıdvan DURAK

Atomic parameters were determined using two different techniques. mass absorption coefficients, attenuation cross sections and photoelectric cross sections around the K edge, K shell photoelectric cross sections, K shell absorption jump ratios, absorption jump factors and oscillator strengths have been experimentally, K shell absorption edge energies for Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd and Sm have been semi-empirically determined using the X-ray attenuation technique, which is first technique of these techniques. In the measurements, some elements in the atomic range $39 \leq Z \leq 68$ have been excited using photons of 59,54 keV emitted from Am-241 annular source. The characteristic K X rays emitted from the elements counted with a Si(Li) detector having 4 mm active diameter and full width at half maximum (FWHM) of 160 eV at 5,9 keV. The experimental values were compared with the theoretically calculated values and other experimental and theoretical values in the literature. K shell absorption jump ratios, absorption jump factors and oscillator strengths have been decreased with the increasing atomic number. K shell fluorescence cross-sections $\sigma_{K\alpha}$, $\sigma_{K\beta}$ and σ_{Ktotal} , K shell fluorescence yields ω_K and $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ intensity ratios for Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd and Sm have been experimentally determined with a good geometry set-up using EDXRF technique, which is second technique of these techniques. $K\alpha$ ve $K\beta$ excitation factors have been experimentally determined from K shell fluorescence yields, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ intensity ratios and K shell absorption jump factors have been experimentally determined using the X-ray attenuation technique. The experimental values were compared with the theoretically calculated values and other experimental and theoretical values in the literature and it has been observed that the results are in good agreement with those in literature. K shell fluorescence cross sections, fluorescence yields, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ intensity ratios and $K\alpha$ ve $K\beta$ excitation factors have been increased with the increasing atomic number.

2017, 193 pages

Keywords: Mass absorption coefficient, Attenuation cross section, Photoelectric cross section, Jump ratio, Jump factor, Oscillator strength, Excitation factors

TEŞEKKÜR

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışma Atatürk Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde yapılmıştır. Bu çalışmanın planlanması ve yürütülmesinde tecrübelerini ve kıymetli bilgilerini esirgemeyen çok değerli danışman hocam ve Fizik Bölüm Başkanı Sayın Prof. Dr. Rıdvan DURAK'a en içten şükranlarımı arz ederim.

Çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Gökhan BUDAK'ı rahmetle anıyor ve çalışmalarım sırasında yapmış oldukları katkılarından dolayı kıymetli hocalarım Sayın Prof. Dr. Yüksel ÖZDEMİR, Sayın Prof. Dr. Refik DİLBER, Sayın Prof. Dr. Songül DUMAN, Sayın Doç. Dr. İbrahim HAN ve Sayın Doç. Dr. Betül GÜZELDİR'e teşekkürlerimi sunarım.

Tüm Fizik Bölümü elemanlarına sağlamış oldukları kolaylıklardan dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında teşvik ve desteklerinden dolayı değerli eşim Fatma Gül TURHAN, ailem Nayım TURHAN, Fatma TURHAN, Funda TABAY, M. Akif TABAY ve Miraç Kadir TURHAN'a ve başta Sayın Yrd. Doç. Dr. Ferdi AKMAN ve Murat YAVUZ olmak üzere tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Fatih TURHAN

Temmuz, 2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER.....	12
2.1. Seçim Kuralları.....	12
2.2. Tesir Kesiti	16
2.3. Floresans Verim, Auger Olayı ve Coster-Kronig Geçişleri	20
2.4. Şiddet Oranları	25
2.5. Emisyon Hızları.....	29
2.6. X-ışınlarının Soğurulması	30
2.6.1. Lineer soğurma katsayıları	32
2.6.2. Kütle soğurma katsayısı	32
2.6.3. Atomik soğurma katsayısı	33
2.6.4. Elektronik soğurma katsayısı	33
2.6.5. Toplam X-ışını azaltma tesir kesiti ile atomik soğurma katsayısı arasındaki ilişki	34
2.7. X-ışını Soğurma Kırınları ve Dipol Osilasyonlar	36
2.8. Saçılma, Soğurma ve Yansıma İndisleri Arasındaki İlişki.....	39
2.9. Soğurma Çizgilerinin Genişliği.....	41
2.10. Atomik Saçılma Faktörü ve Osilatör Şiddeti	42
2.11. Osilatör Yoğunluğu	44
2.12. Fotoelektrik Soğurmadan Osilatör Şiddetinin Belirlenmesi	45
2.13. Soğurma Sıçrama Oranı, Sıçrama Faktörü ve Uyarma Faktörü.....	47
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	49
3.1. Si (Li) Dedektörler	49

3.2. Numunelerin Hazırlanması.....	51
3.3. Ölçme Sistemi ve Deney Geometrisi	52
3.4. Kütle Soğurma Katsayısının Belirlenmesi	56
3.5. Toplam Azaltma Tesir Kesiti, Fotoelektrik Tesir Kesitleri, K Tabakası Soğurma Kısıyısı Enerjisi, Sıçrama Oranı, Sıçrama Faktörü ve Osilatör Şiddetinin Belirlenmesi.....	56
3.6. K X-Işını Floresans Tesir Kesiti, Floresans Verimi, Şiddet Oranı ve Uyarma Faktörünün Belirlenmesi.....	60
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	65
4.1. Kütle Soğurma Katsayıları (μ_m), Toplam Azaltma Tesir Kesitleri (σ_{Kt}), Fotoelektrik Tesir Kesitleri (τ), $d\mu_m/dE$ ve $d\sigma_{Kt}/dE$ için Araştırma Bulguları.....	65
4.2. K Tabakası Soğurma Kısıyısının Alt ve Üst Enerji Bölgelerindeki Azaltma Tesir Kesitleri, Fotoelektrik Tesir Kesitleri, K Tabakası Fotoelektrik Tesir Kesitleri ve Eğim için Araştırma Bulguları.....	153
4.3. K Tabakası Soğurma Sıçrama Oranları, Soğurma Sıçrama Faktörleri ve Osilatör Şiddetleri için Araştırma Bulguları	164
4.4. K Tabakası Floresans Tesir Kesitleri, Floresans Verimleri, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ Şiddet Oranları ve $K\alpha$, $K\beta$ Uyarma Faktörleri için Araştırma Bulguları	168
5. TARTIŞMA ve SONUÇ	175
5.1. Kütle Soğurma Katsayıları (μ_m), Toplam Azaltma Tesir Kesitleri (σ_{Kt}), Fotoelektrik Tesir Kesitleri (τ), $d(\mu_m)/dE$ ve $d(\sigma_{Kt})/dE$ için Sonuçlar	175
5.2. K Tabakası Soğurma Kısıyısının Alt ve Üst Enerji Bölgelerindeki Azaltma Tesir Kesitleri, K Tabakası Soğurma Kısıyısının Alt ve Üst Enerji Bölgelerindeki Fotoelektrik Tesir Kesitleri, K Tabakası Fotoelektrik Tesir Kesitleri ve Eğim için Sonuçlar	178
5.3. K Tabakası Soğurma Sıçrama Oranları, Soğurma Sıçrama Faktörleri ve Osilatör Şiddetleri için Sonuçlar	180
5.4. K Tabakası Floresans Tesir Kesitleri, Floresans Verimleri, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ Şiddet Oranları ve $K\alpha$, $K\beta$ Uyarma Faktörleri için Sonuçlar	183
KAYNAKLAR	188
ÖZGEÇMİŞ	194

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Γ	Seviye Genişliği
A_e	Thomson Genliği
A_s	Saçılan Dalganın Genliği
F_{ij}	Kısmi Emisyon Hızı
N_0	Avagadro Sayısı
Q_i	Uyarma Faktörü
$\bar{a}$	Ortalama Auger Verimi
f_{Ki}	Kısmi X-ışını Yayımlanma Oranı
f^l	Dipol Saçılma Faktörün Gerçek Kısmı
f^u	Dipol Saçılma Faktörün Sanal Kısmı
g_K	K Tabakası Osilatör Şiddeti
Ω_1	Kaynak-Hedef Katı Açısı
Ω_2	Hedef-Dedektör Katı Açısı
θ_e	Numuneden Yayımlanan Karakteristik X-ışınların Dedektöre Gelme Doğrultusu ile Numune Yüzeyi Arasındaki Aç
θ_i	Numune Yüzeyi ile Fotonların Gelme Doğrultusu Arasındaki Aç
μ_e	Numuneden Yayımlanan Fotonlar için Kütle Azaltma Katsayısı
μ_i	Numuneye Gelen Fotonlar için Kütle Azaltma Katsayısı
μ_a	Atomik Soğurma Katsayısı
μ_e	Elektronik Soğurma Katsayısı
μ_l	Lineer Soğurma Katsayısı
μ_m	Kütle Soğurma Katsayısı
a	Auger Verimi
A	Atomik Ağırlık
a_0	Bohr Yarıçapı
c	Işık Hızı
D	Dedektör
e	Elektron Yüku

E_K	K Tabakası K1y1 Enerjisi
f	Dipol Saçılma Faktörü
f	Dipol Saçılma Faktörü
f_{ik}	Coster-Kronig Verim
g	Geometrik Faktör
h	Planck Sabiti
I	Soğuruculu Alınan Sayım
I_0	Soğurucusuz Alınan Sayım
j	Toplam Yörünge Açısal Momentum Kuantum Sayısı
k	Sönüm Katsayısı
l	Yörünge Açısal Momentum Kuantum Sayısı
m	Kütle
M	Dipol Momenti
m_l	Manyetik Yörünge Açısal Momentum Kuantum Sayısı
n	Kırılma İndisi
r	Sıçrama Oranı
R_0	Radyoaktif Kaynağın İç Çapı
R_1	Radyoaktif Kaynağın Dış Çapı
$\mathcal{S}$	Kaynak Şiddeti
t	Numune Kalınlığı
α	İnce Yapı Sabiti
β	Öz Soğurma Düzeltme Faktörü
ε	Dedektör Verimi
λ	Dalgaboyu
ρ	Kütlesel Yoğunluk
σ	Tesir Kesiti
ω_K	K Tabakası Floresans Verim
ω_s	Doğal Açısal Frekans
J	Sıçrama Faktörü
Q	Uyarma Faktörü
$a(\gamma)$	Kaynak Dedektör Arasındaki Hava Tarafından Radyasyonun

	Soğurulmasından Kaynaklanan Düzeltme Faktörü
g	Osilatör Şiddeti
π	Parite
τ	Fotoelektrik Tesir Kesiti
ϖ	Ortalama Floresans Verim



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Uyarma ve yayımlama modeli.....	13
Şekil 2.2. Bir atomda ilgili elektron geçişleri sonucunda yayımlanan karakteristik K , L ve M tabakaları X -ışınları	15
Şekil 2.3. Tesir kesiti ile gelen demetin şiddeti arasındaki ilişki ve tesir kesitinin geometrik yorumu	18
Şekil 2.4. Floresans olayı ve Auger olayı	25
Şekil 2.5. Kaynak-Hedef-Dedektör geometrisi.....	26
Şekil 2.6. X -ışınlarının bir numune boyunca soğurulmasının şematik gösterimi.....	31
Şekil 2.7. Samaryumun kütle soğurma katsayılarının enerji ile değişimi	37
Şekil 3.1. $Si(Li)$ katıhal dedektörünün şematik gösterimi	49
Şekil 3.2. Sayma sistemi	51
Şekil 3.3. Geçiş geometrisi	53
Şekil 3.4. Uyarma geometrisi.....	54
Şekil 3.5. Cd 'un tipik K X -ışını spektrumu	55
Şekil 3.6. Geçiş geometrisinde alınan Ce soğurucusu varlığında ve yokluğunda Ba 'nın K X -ışınları için tipik bir spektrum gösterimi	55
Şekil 3.7. Enerjinin fonksiyonu olarak $I_0 G\epsilon$ 'nin değişimi	63
Şekil 4.1. Cd için K kıyası çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	68
Şekil 4.2. Cd için K kıyası çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	68
Şekil 4.3. In için K kıyası çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	71
Şekil 4.4. In için K kıyası çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	71
Şekil 4.5. Sn için K kıyası çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	74
Şekil 4.6. Sn için K kıyası çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	74
Şekil 4.7. Sb için K kıyası çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	77
Şekil 4.8. Sb için K kıyası çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	77

Şekil 4.9. Te için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	80
Şekil 4.10. Te için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	80
Şekil 4.11. La için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	83
Şekil 4.12. La için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	83
Şekil 4.13. Ce için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	86
Şekil 4.14. Ce için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	86
Şekil 4.15. Pr için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	89
Şekil 4.16. Pr için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	89
Şekil 4.17. Nd için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	92
Şekil 4.18. Nd için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi.....	92
Şekil 4.19. Sm için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi	95
Şekil 4.20. Sm için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	95
Şekil 4.21. K kıyısı çevresinde deneysel kütle soğurma katsayılarının enerjiye ve atom numarasına göre değişimi.....	96
Şekil 4.22. K kıyısı çevresinde deneysel kütle soğurma katsayılarının enerjiye ve atom numarasına göre değişimi.....	96
Şekil 4.23. Cd için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	99
Şekil 4.24. Cd için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi.....	99
Şekil 4.25. In için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	102
Şekil 4.26. In için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	102
Şekil 4.27. Sn için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	105
Şekil 4.28. Sn için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	105

Şekil 4.29. Sb için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	108
Şekil 4.30. Sb için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	108
Şekil 4.31. Te için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	111
Şekil 4.32. Te için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	111
Şekil 4.33. La için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	114
Şekil 4.34. La için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	114
Şekil 4.35. Ce için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	117
Şekil 4.36. Ce için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	117
Şekil 4.37. Pr için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	120
Şekil 4.38. Pr için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	120
Şekil 4.39. Nd için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	123
Şekil 4.40. Nd için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	123
Şekil 4.41. Sm için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	126
Şekil 4.42. Sm için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi	126
Şekil 4.43. K kıyısı çevresinde deneysel azaltma tesir kesitlerinin enerjiye ve atom numarasına göre değişimi	127
Şekil 4.44. K kıyısı çevresinde deneysel azaltma tesir kesitlerinin enerjiye ve atom numarasına göre değişimi	127
Şekil 4.45. Cd için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	148
Şekil 4.46. In için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	148
Şekil 4.47. Sn için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	149

Şekil 4.48. Sb için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	149
Şekil 4.49. Te için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	150
Şekil 4.50. La için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	150
Şekil 4.51. Ce için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	151
Şekil 4.52. Pr için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	151
Şekil 4.53. Nd için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	152
Şekil 4.54. Sm için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi	152
Şekil 4.55. σ_K^{alt} , in atom numarasına göre değişimi	154
Şekil 4.56. $\sigma_K^{üst}$, ün atom numarasına göre değişimi	155
Şekil 4.57. τ_K^{alt} , in atom numarasına göre değişimi	157
Şekil 4.58. $\tau_K^{üst}$, in atom numarasına göre değişimi	157
Şekil 4.59. τ_K , nın atom numarasına göre değişimi	158
Şekil 4.60. Cd'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{üst}$, ün değişimi	159
Şekil 4.61. In'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{üst}$, ün değişimi	160
Şekil 4.62. Sn'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{üst}$, ün değişimi	160
Şekil 4.63. Sb'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{üst}$, ün değişimi	161
Şekil 4.64. Te'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{üst}$, ün değişimi	161
Şekil 4.65. La'nın soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{üst}$, ün değişimi	162

Şekil 4.66. Ce'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{ist}$ 'ün değişimi	162
Şekil 4.67. Pr'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{ist}$ 'ün değişimi	163
Şekil 4.68. Nd'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{ist}$ 'ün değişimi	163
Şekil 4.69. Sm'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \sigma_K^{ist}$ 'ün değişimi	164
Şekil 4.70. K tabakası soğurma sıçrama oranlarının atom numarası ile değişimi	165
Şekil 4.71. K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin atom numarası ile değişimi	166
Şekil 4.72. K tabakası osilatör şiddetlerinin atom numarası ile değişimi	167
Şekil 4.73. $K\alpha$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi	169
Şekil 4.74. $K\beta$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi	169
Şekil 4.75. K_{toplam} X-ışını floresans tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi	171
Şekil 4.76. K tabakası floresans verimlerinin atom numarası ile değişimi	171
Şekil 4.77. $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının atom numarası ile değişimi	172
Şekil 4.78. $K\alpha$ uyarma faktörlerinin atom numarası ile değişimi	173
Şekil 4.79. $K\beta$ uyarma faktörlerinin atom numarası ile değişimi	174

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. X-ışını diyagram çizgilerinin Siegbahn ve IUPAC gösterimleri.....	14
Çizelge 2.2. Atomik geçişlerde seçim kuralları	16
Çizelge 2.3. Foton soğurma katsayıları çalışmalarında kullanılan soğurma katsayıları	34
Çizelge 3.1. Tez çalışmasında kullanılan numuneler ve özellikleri.....	52
Çizelge 4.1. K kıyısı çevresinde Cd için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	66
Çizelge 4.2. K kıyısı çevresinde In için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	69
Çizelge 4.3. K kıyısı çevresinde Sn için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	72
Çizelge 4.4. K kıyısı çevresinde Sb için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	75
Çizelge 4.5. K kıyısı çevresinde Te için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	78
Çizelge 4.6. K kıyısı çevresinde La için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	81
Çizelge 4.7. K kıyısı çevresinde Ce için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	84
Çizelge 4.8. K kıyısı çevresinde Pr için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	87
Çizelge 4.9. K kıyısı çevresinde Nd için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	90
Çizelge 4.10. K kıyısı çevresinde Sm için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri.....	93
Çizelge 4.11. K kıyısı çevresinde Cd için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri	97
Çizelge 4.12. K kıyısı çevresinde In için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri	100

Çizelge 4.13. <i>K</i> kıyısı çevresinde Sn için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	103
Çizelge 4.14. <i>K</i> kıyısı çevresinde Sb için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	106
Çizelge 4.15. <i>K</i> kıyısı çevresinde Te için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	109
Çizelge 4.16. <i>K</i> kıyısı çevresinde La için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	112
Çizelge 4.17. <i>K</i> kıyısı çevresinde Ce için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	115
Çizelge 4.18. <i>K</i> kıyısı çevresinde Pr için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	118
Çizelge 4.19. <i>K</i> kıyısı çevresinde Nd için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	121
Çizelge 4.20. <i>K</i> kıyısı çevresinde Sm için deneysel ve teorik kütle azaltma	
tesir kesiti değerleri	124
Çizelge 4.21. <i>K</i> kıyısı çevresinde Cd için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	128
Çizelge 4.22. <i>K</i> kıyısı çevresinde In için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	130
Çizelge 4.23. <i>K</i> kıyısı çevresinde Sn için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	132
Çizelge 4.24. <i>K</i> kıyısı çevresinde Sb için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	134
Çizelge 4.25. <i>K</i> kıyısı çevresinde Te için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	136
Çizelge 4.26. <i>K</i> kıyısı çevresinde La için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	138
Çizelge 4.27. <i>K</i> kıyısı çevresinde Ce için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	140
Çizelge 4.28. <i>K</i> kıyısı çevresinde Pr için deneysel ve teorik fotoelektrik	
tesir kesiti değerleri	142

Çizelge 4.29. <i>K</i> kıyısı çevresinde Nd için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri	144
Çizelge 4.30. <i>K</i> kıyısı çevresinde Sm için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri	146
Çizelge 4.31. <i>K</i> tabakası soğurma kıyısının alt enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri (barn/atom)	154
Çizelge 4.32. <i>K</i> tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri (barn/atom)	155
Çizelge 4.33. <i>K</i> tabakası soğurma kıyısının alt ve üst enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesitleri (barn/atom)	156
Çizelge 4.34. <i>K</i> tabakası fotoelektrik tesir kesiti (barn/atom)	158
Çizelge 4.35. <i>K</i> tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki eğim	159
Çizelge 4.36. <i>K</i> tabakası soğurma sıçrama oranı değerleri	165
Çizelge 4.37. <i>K</i> tabakası soğurma sıçrama faktörü değerleri	166
Çizelge 4.38. <i>K</i> tabakası osilatör şiddeti değerleri	167
Çizelge 4.39. <i>K</i> tabakası floresans tesir kesitleri (barn/atom)	168
Çizelge 4.40. <i>K</i> tabakası toplam floresans tesir kesitleri (barn/atom) ve floresans verimleri	170
Çizelge 4.41. $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları	172
Çizelge 4.42. $K\alpha$ uyarma faktörü değerleri	173
Çizelge 4.43. $K\beta$ uyarma faktörü değerleri	174

1. GİRİŞ

X-ışını floresans (XRF) tekniği, periyodik tablodaki elementlerin hemen hemen hepsinin kalitatif ve kantitatif analizlerinin tahribatsız olarak yapılmasına imkan sağlayan ve elementlerin miktarını milyonda bir oranında hassasiyet ile belirlemede kullanılan metotlardan biridir. XRF tekniği yüksek hassasiyet, otomasyon kolaylığı, değişik formlarda numune hazırlayabilme, numune hazırlamak için çok az miktarda örnek gereksinimi, analiz süresinin kısalığı, diğer spektroskopik yöntemlere göre daha kullanışlı ve düşük maliyetli olması gibi avantajlarından dolayı bilim ve teknolojide yaygın kullanım alanına sahiptir.

Enerji ayırmalı X-ışını floresans (EDXRF) spektrometreler; boşluk geçiş ihtimaliyetleri, şiddet oranları, floresans verim, floresans tesir kesiti, seviye genişlikleri, kütle soğurma katsayıları, azaltma tesir kesitleri, soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri, osilatör şiddetleri, etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları gibi floresans ve soğurma parametrelerin belirlenmesi için oldukça kullanışlıdır.

Farklı enerjilerde X-ışını veya γ -ışınlarının madde ile etkileşimi temelde dört farklı türde gerçekleşebilir. Bu süreçler fotoelektrik soğurma, inkoharent saçılma, koharent saçılma ve çift oluşumdur. Düşük foton enerji bölgesinde (<100 keV) fotoelektrik soğurma toplam etkileşimde çok daha baskın olmaktadır (Murty *et al.* 2000). Kütle soğurma katsayısı, X veya γ -ışınlarının maddeye nüfuz etmesini belirlemek için gerekli olan temel bir niceliktir. Birim alan başına birim kütlede madde ile gelen foton arasındaki etkileşim ihtimalinin bir ölçüsü olan kütle soğurma katsayıları, maddenin atomik ve moleküler enerji seviyelerinin esas özellikleri hakkında geniş bir bilgi edinmemizin yanı sıra sağlıkta, endüstriyel uygulamalarda, nükleer fiziğin temel çalışmalarında ve tarım gibi pek çok alanda radyoaktif kaynakların kullanımının artmasıyla beraber oldukça büyük önem kazanmıştır. Kütle soğurma katsayılarından yararlanılarak kütle enerji soğurma katsayıları, toplam etkileşim tesir kesitleri, molar yok olma katsayıları, moleküler, atomik, elektronik tesir kesitleri, etkin atom numaraları, elektron yoğunlukları, soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama

faktörleri, etkileşim tesir kesitleri, uyarma faktörleri ve osilatör şiddetleri gibi bir dizi ilişkili parametre hesaplanabilir. Literatürde kütle soğurma katsayıları ile ilgili deneysel ve teorik değerler mevcuttur. Bu doğrultuda, Hubbell (1982) 1 keV ile 20 MeV enerji aralığında bazı bileşik ve karışımlar için gama ışını kütle soğurma katsayısı verilerini yayınlamıştır. Hubbell and Seltzer (1995) 1 keV ile 20 MeV arasındaki enerjilerde atom numarası $1 \leq Z \leq 92$ arasındaki elementler için X-ışını soğurma katsayılarını ve kütle enerji soğurma katsayılarını yayınlamışlardır. 1987 yılında, herhangi bir element, bileşik veya karışım için tesir kesitlerini ve kütle soğurma katsayılarını belirleyen Dos (Disk Operating System) tabanlı bilgisayar programı olan XCOM geliştirilmiştir (Berger and Hubbell 1987). Gerward *et al.* (2001) iyi bilinen ve çok kullanılan XCOM programını Windows versiyonu olan WINXCOM'a dönüştürmüşlerdir. Atom numarası $1 \leq Z \leq 92$ arasındaki elementler için 1 eV ile 1 MeV enerjileri arasında form faktörleri, azaltma ve saçılma katsayıları teorik olarak hesaplanmış (Chantler 1995) ve Chantler *et al.* (2005) tarafından bu teorik parametrelerin hesaplanabilmesi için bilgisayar programı geliştirilmiştir. Angelonea *et al.* (2001) atom numarası $6 \leq Z \leq 82$ arasındaki 22 element için kütle soğurma katsayılarını Cu, Rb, Mo, Ag, Ba ve Tb'den yayımlanan $K\alpha$ ve $K\beta$ karakteristik X-ışınlarını kullanarak deneysel olarak belirlemişlerdir. Turgut *et al.* (2002, 2005) Co, Mn, Fe elementleri ve bazı bileşikleri için ikincil uyarma metodunu kullanarak 4,508-17,443 keV arasında farklı enerjilerde kütle soğurma katsayılarını deneysel olarak belirlemiş ve teorik değerlerle karşılaştırmışlardır. Ti, Ni, Co, Cu elementleri SiO₂, KAlSi₃O₈, CaSO₄.2H₂O, FeS₂ ve Mg₂Si₂O₆ bileşikleri ve Ti_{0,7-0,3}Ni_{0,3-0,7}, Ti_{0,8-0,2}Co_{0,2-0,8}, Co_{0,8-0,2}Cu_{0,2-0,8} alaşımları için kütle soğurma katsayıları 22,1, 25,0, 59,5 ve 88,0 keV enerjilerde rezülasyonu 5,9 keV'de 160 eV olan bir Si(Li) dedektör kullanılarak deneysel bir şekilde ölçülmüş ve elde edilen soğurma katsayıları kullanılarak etkin atom numaraları ve elektron yoğunlukları hesaplanmıştır (Han *et al.* 2009a, b, c). Rettschlag *et al.* (2007) 60 ile 2615 keV enerji aralığında plütonyum için kütle azaltma katsayılarını deneysel olarak ölçmüşler ve elde ettikleri değerleri literatürden elde ettikleri deneysel ve teorik değerlerle karşılaştırmışlardır. 3d geçiş elementlerini içeren bazı bileşikler için 19,63 ve 22,10 keV foton enerjilerinde kütle soğurma katsayıları ve etkin atom numaraları rezülasyonu 5,9 keV'de 182 eV olan yüksek saflıktaki germanyum (HPGe) dedektörle ölçülmüştür (Yılmaz *et al.* 2016).

Sidhu *et al.* (2012) düşük atom numaralı elementleri içeren bileşikler, Sing *et al.* (2015) lantanit oksitler ve Akça and Erzeneoğlu (2014) biyomedikal öneme sahip elementler için 100 *mCi*'lik Am-241 kaynaktan yayımlanan 59,54 *keV*'lik gama fotonlarını kullanarak kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını deneysel olarak belirlemiş ve teorik olarak hesaplanmış değerlerle birlikte tablolar ve grafikler halinde literatürde sunmuşlardır. Pawar and Bichile (2013) bazı aminoasitler ($C_2H_5NO_2$, $C_3H_7NO_2$, $C_5H_9NO_2$, $C_6H_{13}NO_2$, $C_6H_{14}N_4O_2$, $C_6H_{15}ClN_4O_2$) için 122, 356, 511, 662, 1170, 1275 ve 1330 *keV* enerjilerde kütle soğurma katsayılarını, etkin atom numaralarını ve elektron yoğunluklarını deneysel olarak tayin etmişlerdir. Ti, V, Fe, Co, Ni, Cu, Zn elementleri için $3,8 \leq E \leq 11$ *keV* enerji aralığında 36 farklı enerjide (Ménesguan and Lépy 2010) ve InSe, InSe:Ho(0,0025), InSe:Ho(0,0050), InSe:Ho(0,025), InSe:Ho(0,05) yarıiletkenlerde atom numarası $40 \leq Z \leq 59$ arasındaki bazı elementlerinden yayımlanan $K\alpha$ ve $K\beta$ karakteristik X-ışınları kullanılarak kütle soğurma katsayıları tayin edilmiştir (Erzeneoğlu *et al.* 2006). Latha *et al.* (2012) heterojen yapıları anlamak için atom numarası $13 \leq Z \leq 50$ arasındaki bazı elementlerden çeşitli kombinasyonlar yaparak 59,54 *keV*'de kütle soğurma katsayılarını ve etkin atom numaralarını incelemişlerdir. Kütle soğurma katsayıları $8271,2 \leq E \leq 8849,4$ *eV* enerji aralığında 219 farklı enerjide nikel için belirlenmiştir (Roy *et al.* 2015). Bir grup araştırmacı tarafından yapılan çalışmalarda atom numarası $22 \leq Z \leq 92$ arasındaki bazı elementler için 43 *keV* ve 59,54 *keV* enerjilerde toplam atomik azaltma tesir kesiti, toplam fotoelektrik tesir kesiti ve toplam saçılma tesir kesiti değerleri tablolar halinde literatürde sunulmuştur (Roy *et al.* 1997; Ertuğrul *et al.* 1996; Budak *et al.* 1999; Karabulut *et al.* 1999; Söğüt 2002). Murty *et al.* (2000) Zn, Pd, Cd, In ve Ta elementleri için geçiş geometrisi kullanarak 5,9, 6,4, 13,9, 17,8, 20,8, 22,1, 25,0, 26,3 ve 59,5 *keV* enerjilerde toplam fotoelektrik tesir kesitlerini ölçmüşlerdir. Turgut *et al.* (1997) Ti, Fe, Ni ve Zn elementleri için toplam azaltma tesir kesitlerini 5,9 *keV*'de 190 *eV* rezülasyona sahip olan Ge(Li) dedektör kullanarak $4,551 \leq E \leq 111,898$ *keV* enerji aralığında olan 66 farklı enerjide ölçmüşlerdir. Jahagırdar *et al.* (1996) bileşiklerde atom numarası $58 \leq Z \leq 66$ aralığındaki bazı elementler için 123,6 ve 145,5 *keV* enerjilerine sahip fotonlar kullanarak toplam fotoelektrik tesir kesitlerini hesaplamışlardır. Birkaç aminoasit için

toplam azaltma tesir kesitleri 30,8, 35, 81, 276, 303, 356, 384, 661,6, 1171 ve 1332,5 *keV*'lik foton enerjilerinde HPGe dedektör ile geçiş geometrisi kullanarak ölçülmüş ve elde edilen deneysel sonuçlar literatürden elde edilen teorik değerlerle karşılaştırılmıştır (Nair *et al.* 1994, 1995). Kateb and Hamid (1991); Kateb *et al.* (2000) karbon, oksijen ve hidrojen içeren bazı materyallerin ve pirinç, bronz, çelik, alüminyum-silikon ve kurşun antimon alaşımlarının foton azaltma tesir kesitlerini $54 \leq E \leq 1333$ *keV* enerji aralığındaki 10 farklı enerjide deneysel olarak ölçmüşler ve teorik değerlerle birlikte literatürde sunmuşlardır.

Verilen element için foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak toplam etkileşim tesir kesiti fit edilmiş elementte testere dişi yapısını verir. *K* tabakası için üst enerji bölgesindeki dallanma *K*, *L*, *M* ve daha yüksek tabakaların soğurma katsayılarının toplamından oluşurken, düşük enerji bölgesindeki dallanma *L*, *M* ve daha yüksek tabakalardan gelen soğurma katsayılarının toplamından oluşur. İlgilenilen herhangi bir enerji için toplam etkileşim tesir kesitinden toplam atomik saçılma tesir kesitinin çıkarılmasıyla fotoelektrik tesir kesiti elde edilir. *K* tabakası için, soğurma kıyısının üst bölgesindeki toplam fotoelektrik tesir kesitinin alt bölgesindeki toplam fotoelektrik tesir kesitine oranı *K* tabakası sıçrama oranını ifade eder. Ayrıca, soğurma kıyısının üst ve alt dallarındaki toplam fotoelektrik tesir kesitleri arasındaki fark *K* tabakası fotoelektrik tesir kesitini verecektir. Soğurma sıçrama faktörü ise gelen fotonun *K*, *L*, *M*,... tabakalarından elektron koparma olasılığının bir ölçüsüdür. Literatürde soğurma sıçrama oranları ve soğurma sıçrama faktörlerinin belirlenmesiyle ilgili dört farklı teknik bulunmaktadır. Bunlar, enerji ayrımlı X-ışını floresans (EDXRF) tekniği (Ertuğrul *et al.* 2002; Budak *et al.* 2003; Bennal and Badiger 2007; Kaya *et al.* 2008a; Sidhu *et al.* 2011a, b; Kaya *et al.* 2011; Kaçal 2014; Kaçal *et al.* 2015; Gupta *et al.* 2015), gama ve X-ışını azaltma tekniği (Polat *et al.* 2005; Kaya *et al.* 2007; Kaya *et al.* 2008b; Cengiz *et al.* 2013), Compton azaltma tekniği (Ayala and Mainardi 1996; Budak and Polat 2004; Abdullah *et al.* 2008; Polat *et al.* 2004, 2013) ve Bremsstrahlung tekniğidir (Nayak and Badiger 2006; Hosur *et al.* 2009; Niranjana and Badiger 2015). Kaya *et al.* (2008a) atom numarası $69 \leq Z \leq 76$ arasındaki elementler için *K* tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini EDXRF tekniğini kullanarak

deneysel olarak belirlemişlerdir. Araştırmacılar bu teknikte Co-57 radyoizotop kaynağından yayımlanan 123,6 keV'lik enerjiye sahip gama fotonları ile numuneleri uyardı ve numunelerden yayımlanan karakteristik X-ışınlarını rezülasyonu 5,9 keV'de 150 eV olan bir ULTRA-LEGe dedektör ile saymışlardır. Elde edilen karakteristik K X-ışını pikleri ile $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarını, K α üretim tesir kesitlerini deneysel olarak elde etmişlerdir. Çalışmanın ikinci kısmında ise 123,6 keV enerjide geçiş geometrisini kullanılarak elementlerin atomik soğurma tesir kesitlerini belirlemiş ve bu parametreler yardımıyla K tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini deneysel olarak bulmuşlardır. Ertuğrul *et al.* (2002) Zr, Mo, Pd, Ag, Sb, Ce ve Nd elementleri için EDXRF tekniği ile K tabakası soğurma sıçrama oranlarını $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları, K α üretim tesir kesitleri ve toplam azaltma tesir kesitlerini kullanarak deneysel olarak belirlemişlerdir. Budak *et al.* (2003) Nb, Tc, Ru, Rh, Cd, In, Sn, Te, Pr, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho ve Er elementleri için K tabakası sıçrama faktörlerini enerji ayrımlı X-ışını floresans tekniğini kullanarak deneysel olarak belirlemiş ve ölçüm sonuçlarını teorik değerlerle birlikte literatürde sunmuşlardır. Mo, Ag, Cd, In ve Sn elementleri için K tabakası floresans verimlerini, floresans tesir kesitlerini ve soğurma sıçrama faktörlerini zayıf bir Co-57 kaynağından yayımlanan 123,6 keV'lik γ fotonlarını ve HPGe dedektörünü kullanarak 2π geometrik konfigürasyonda belirlemişlerdir (Bennal and Badiger 2007). Kaya *et al.* (2011) K α X-ışını üretim tesir kesitlerini, K β /K α X-ışını şiddet oranlarını ve toplam atomik soğurma tesir kesitlerini kullanarak K tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini enerji ayrımlı X-ışını floresans tekniği ile atom numarası $76 \leq Z \leq 92$ arasındaki bazı elementler için deneysel olarak ölçmüşlerdir. Kaçal *et al.* (2015) Ti, Cr, Fe, Co, Ni ve Cu elementleri için K tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini 5,9 keV'de 160 eV rezülasyona sahip olan Si(Li) dedektör ve Cd-109 radyoaktif nokta kaynak kullanarak deneysel olarak belirlemişlerdir. Sidhu *et al.* (2011a) enerji ayrımlı X-ışını floresans spektroskopisi tekniğini kullanarak Mn, Fe, Co, Cu, Zn, As ve Sr elementlerinin K tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve soğurma sıçrama faktörlerini Si(Li) dedektör ve Am-241 radyoizotop kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik gama ışınlarını kullanarak ölçmüşlerdir. Zn, Zr, Cd, Ba, Pb elementleri ve bazı bileşikler için Am-241 radyoizotop kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik gama fotonları ve Si(Li) dedektör kullanılarak

K tabakası soğurma sıçrama oranları, sıçrama faktörleri ve etkin atom numaraları deneysel olarak Gupta *et al.* (2015) tarafından belirlenmiştir. L_3 alt tabaka soğurma sıçrama oranı ve soğurma sıçrama faktörleri atom numarası $68 \leq Z \leq 92$ arasındaki bazı elementler için deneysel bir şekilde EDXRF tekniği ile literatürde sunulmuştur (Sidhu *et al.* 2011b; Kaçal 2014). Budak and Polat (2004); Polat *et al.* (2004) Gd, Tb, Dy, Ho ve Er elementleri için K tabakası soğurma sıçrama oranları ve soğurma sıçrama faktörlerini Compton azaltma yöntemini kullanarak deneysel olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmada birincil kaynak olarak 100 mCi şiddete sahip Am-241 halka kaynaktan yayımlanan 59,54 keV 'lik gama fotonları kullanılmış, ikincil kaynak olarak da küçük atom numaralı elementlerde Rayleigh saçılmasının düşük olması ve iyi bir saçıcı olması nedeniyle alüminyum elementi kullanılmıştır. Alüminyumdan saçılma uğrayan fotonların sayımında ise 5,96 keV 'de yarı yükseklikteki tam genişliği (FWHM) 0,16 eV olan Si(Li) dedektör kullanmışlardır. Ayrıca buldukları deneysel değerleri literatürden elde ettikleri teorik değerlerle karşılaştırmış ve sonuçların uyum içinde olduğunu gözlemlemişlerdir. Abdullah *et al.* (2008) bir alüminyum hedeften Am-241 radyoizotop kaynağından yayımlanan 59,54 keV 'lik gama fotonlarını farklı açılarda saçılmaya uğratarak Sm, Eu, Gd, Tb, Dy ve Er elementlerinin K tabakası soğurma kıyıları civarında 49,38 keV ve 57,96 keV 'lik enerji aralığındaki bazı enerjilerde foton soğurma katsayılarını deneysel olarak ölçmüş ve grafikler halinde literatürde sunmuşlardır. Ayala and Mainerdi (1996) erbiyumun K tabakası soğurma sıçrama oranını bir Ge(Li) dedektör ile Compton azaltma yöntemini kullanarak ölçmüşlerdir. Polat *et al.* (2013) alüminyumdan saçılan 59,54 keV 'lik gama fotonlarını kullanarak Ce, Pr, Nd, Sm, Eu ve Tb elementleri için soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini kütle soğurma katsayılarını kullanarak belirlemiş ve teorik değerlerle birlikte literatürde sunmuşlardır. Araştırmacılar kütle soğurma katsayılarını alüminyum saçıcıdan saçılma açısına bağlı olarak değişen enerjilerde ($39,07 \leq E \leq 53,55$ keV) saçılan fotonlar ve 5,9 keV 'de 160 eV rezülasyona sahip olan bir Si(Li) dedektör kullanarak belirlemişlerdir. Atom numarası $69 \leq Z \leq 76$ arasındaki elementler için K tabakası soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri ve kütle soğurma katsayıları X-ışını azaltma tekniği kullanarak Kaya *et al.* (2007) tarafından belirlenmiştir. Araştırmacılar bu teknikte Co-57 halka kaynaktan yayımlanan 123,6 keV 'lik fotonları ile ikincil kaynakları (Yb, Ta, Os, W, Re, Ir)

uyarmış ve ikincil kaynaktan yayımlanan $K\alpha_1$, $K\alpha_2$, $K\beta_1$ ve $K\beta_2$ karakteristik X-ışınlarını geçiş geometrisinde incelenecek hedef içerisinde geçirerek rezülasyonu 5,9 keV'de 150 eV olan bir Ultra-LeGe katı hal dedektörü ile saymışlardır. 56-77 keV aralığındaki enerjiler için deneysel olarak belirlenen kütle soğurma katsayıları, K tabakası soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri teorik değerlerle karşılaştırmalı olarak tablolar halinde literatürde sunulmuştur. Polat *et al.* (2005) Ag_2O_3 , CsHCO_3 , $\text{Ba}[(\text{OH})_2]$ ve La_2O_3 bileşikleri için K tabakası sıçrama faktörlerini ve 24,44-39,97 keV enerji aralığındaki bazı enerjiler için kütle soğurma katsayılarını X-ışını azaltma tekniği kullanarak geçiş geometrisinde deneysel olarak belirlemişlerdir. Ölçümlerde Sb, Pr, Nd ve Sm elementlerinin $K\alpha$ ve $K\beta$ karakteristik X-ışınlarını kullanmak için bu elementler Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik fotonlarla uyarılmış ve hedef içerisinde geçen karakteristik X-ışınları bir Si(Li) dedektör vasıtasıyla sayılmıştır. Sonuçların teorik değerlerle uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Cengiz *et al.* (2013) tantal elementi için L_3 alt tabaka soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini kütle soğurma katsayılarını kullanarak ölçmüşlerdir. Ölçümlerde geçiş geometrisi kullanılmış olup birincil kaynak olarak Am-241 radyoizotop halka kaynak kullanırken ikincil kaynak olarak da atom numarası $28 \leq Z \leq 83$ arasındaki bazı elementlerin karakteristik X-ışınları kullanılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçları teorik tahminlerle karşılaştırmış ve iyi bir uyum gözlemlemişlerdir. Bi elementi için L_3 alt tabaka soğurma sıçrama oranı, soğurma sıçrama faktörü ve $10,010 \leq E \leq 17,478$ keV aralığında 36 farklı enerji için kütle soğurma katsayıları Kaya *et al.* (2008) tarafından belirlenmiştir. Ayrıca, Akman *et al.* (2015a) Ce, Gd elementleri ve La_2O_3 bileşiği için gama veya X-ışını azaltma tekniğini ve EDXRF tekniğini kullanarak iki farklı teknikte K tabakası soğurma sıçrama oranlarını ve sıçrama faktörlerini deneysel olarak ölçmüşlerdir. Araştırmacılar, gama veya X-ışını azaltma tekniğinin iki ayrı deneysel geometri gerektiren EDXRF tekniğine oranla daha güvenilir olduğunu literatüre sunmuşlardır. Nayak and Badiger (2006) Ha, Ta, Au ve Pb elementleri için K tabakası soğurma sıçrama oranlarını, soğurma sıçrama faktörlerini ve toplam K tabakası fotoelektrik tesir kesiti oranlarını Bremsstrahlung tekniğini benimseyerek deneysel olarak belirlemişlerdir. Deneyde ~ 10 μCi şiddetinde Sr-90/ Y-90 beta kaynağından yayımlanan beta parçacıkları 42,7 mg/cm² kalınlığında nikel bir plaka üzerine düşürülmüş, bu sayede Bremsstrahlung

fotonları elde edilmiştir. Beta parçacıklarının dedektöre ulaşmasını engellemek için nikel plaka ile hedef arasına perspex soğurucu yerleştirmişlerdir. Hedef içerisinden geçen Bremsstrahlung fotonları rezülasyonu 88 keV'de 700 eV olan bir HPGe dedektör vasıtasıyla sayılmıştır. Hosur *et al.* (2009) Bremsstrahlung tekniğini kullanarak W, Au ve Pb elementleri için saçılma faktörlerinin gerçek ve sanal kısımlarını K tabakası fotoelektrik tesir kesitlerini kullanarak deneysel olarak belirlemişlerdir. Deneyde $\sim 10 \mu Ci$ şiddetinde Sr-90/ Y-90 zayıf bir beta kaynağı ve pencere çapı 49,6 mm, hassas derinliği 47,1 mm, berilyum pencere kalınlığı 0,5 mm ve rezülasyonu 88 keV'de 700 eV olan bir HPGe dedektör kullanmışlardır. Tb ve Ho elementleri için K tabakası soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri, toplam K tabakası azaltma tesir kesitleri ve Davisson Kirchner oranları zayıf bir beta kaynağından elde edilen Bremsstrahlung fotonları kullanılarak deneysel olarak elde edilmiş ve bulunan deneysel değerler literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerler ile birlikte tablolar halinde sunulmuştur (Niranjana and Badiger 2015).

Literatürde azaltma tesir kesitleri, soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri ile ilgili çalışmalara oldukça sık rastlanmasına rağmen osilatör şiddetleri ve uyarma faktörleri ile ilgili deneysel çalışmalar oldukça sınırlıdır. X-ışını floresans spektroskopisi yöntemlerinde gelişen dedektör teknolojisi ve kullanılan radyoizotop kaynakların periyodik tablodaki elementlerin hemen hepsini uyarabilmesi bizi bu konuda araştırma yapmaya teşvik etmiştir.

K tabakası osilatör şiddeti, K tabakası elektronlarının bütün izinli durumlara geçiş ihtimali ile ifade edilir (Hosur *et al.* 2011). 6-85 keV enerji aralığında 13 farklı enerjide La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy, Ho, Er elementleri için K tabakası civarında toplam azaltma tesir kesitleri ve bu elementler için fotoetki tesir kesitleri, osilatör şiddetleri ve sıçrama oranları Mallikarjuna *et al.* (2002) tarafından ölçülmüştür. Niranjana *et al.* (2013) K tabakası fotoelektrik tesir kesiti, sıçrama oranı, sıçrama faktörü, Davisson-Kirchner oranı ve osilatör şiddetlerini HPGe dedektör kullanarak gümüş elementi için deneysel olarak belirlemişlerdir. Pr, Sm elementleri ve Nd₂O₃ bileşiği için K tabakası toplam azaltma tesir kesitleri, soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri,

Davisson Kirchner oranları ve osilatör şiddetleri gama veya X-ışını azaltma tekniği kullanılarak Akman *et al.* (2015b) tarafından belirlenmiştir. Araştırmacılar Am-241 radyoizotop kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik gama fotonlarını kullanarak ikincil kaynakları uyarmış, ikincil kaynaktan yayımlanan $K\alpha_1$, $K\alpha_2$, $K\beta_1$ ve $K\beta_2$ karakteristik X-ışınlarını aktif alanı 20 mm², pencere kalınlığı 0,008 mm ve rezülasyonu 5,9 keV'de 160 eV olan bir Si(Li) dedektör vasıtasıyla saymışlardır. Hosur *et al.* (2008) Bremsstrahlung tekniğini kullanarak Gd, Hf ve Ta elementleri için K tabakası osilatör şiddetlerini ve sanal form faktörlerini nikel plaka ile çevrelenmiş ~10 µCi şiddetinde Sr-90/ Y-90 zayıf bir beta kaynağı ve pencere çapı 49,6 mm, hassas derinliği 47,1 mm, berilyum pencere kalınlığı 0,5 mm ve rezülasyonu 88 keV'de 700 eV olan bir HPGe dedektör kullanarak belirlemişlerdir. Dy, Yb, W elementleri için K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri, bağlanma enerjileri, sıçrama oranları, sıçrama faktörleri, Davisson-Kirchner oranları, osilatör şiddetleri gibi fotoelektrik parametreler zayıf bir beta kaynağından elde edilen Bremsstrahlung fotonları kullanılarak deneysel olarak elde edilmiş ve teorik değerler ile birlikte tablolar ve grafikler halinde literatürde Hosur *et al.* (2011) tarafından karşılaştırılmıştır. Akman *et al.* (2016a) Ce elementi ve CeCl₃.7H₂O, Ce₂(SO₄)₃, Ce(OH)₄, Ce₂O₃ bileşikleri için K tabakası fotoelektrik tesir kesitlerini, soğurma sıçrama oranlarını, soğurma sıçrama faktörlerini, Davisson Kirchner oranlarını ve osilatör şiddetlerini 31,82 ≤ E ≤ 51,70 keV enerji aralığında farklı elementlerin karakteristik X-ışınlarını kullanarak deneysel olarak tayin etmişlerdir. Singh *et al.* (2016) gama ve X-ışını azaltma tekniğini kullanarak Pt ve Tl elementleri için L₃ alt tabakası kütle soğurma katsayılarını, toplam azaltma tesir kesitlerini, soğurma sıçrama oranlarını, soğurma sıçrama faktörlerini, Davisson Kirchner oranlarını ve osilatör şiddetlerini deneysel olarak ölçmüş ve sonuçların teorik değerlerle uyum içinde olduğunu gözlemlemişlerdir.

Uyarma faktörü analit elementin konsantrasyonunu ve bir bileşikteki örneğin sayım hızını gözlemlemek için kullanılan bir parametredir. Uyarma faktörü ilgilenilen tabaka için boşluk başına yayımlanan X-ışınlarının yayınlanma ihtimaliyetine, gelen fotonun tabakalardan elektron koparma olasılığına ve kısmi emisyon hızına bağlıdır. Broll (1986) atom numarası 11 ≤ Z ≤ 70 arasındaki elementler için Kα çizgisi uyarma

faktörlerini, K tabakası floresans verimlerini, soğurma sıçrama faktörlerini, $K\alpha$ fotonu yayımlanma ihtimallerini ve atom numarası $27 \leq Z \leq 96$ arasındaki elementler için $L\alpha_{1,2}$ uyarma faktörlerini, L_3 alt-tabaka floresans verimlerini, soğurma sıçrama faktörlerini, $L\alpha_{1,2}$ fotonu yayımlanma ihtimallerini teorik olarak literatürde sunmuştur. Akman *et al.* (2016b, c) atom numarası $39 \leq Z \leq 68$ arasındaki bazı elementler için 59,54 keV enerjide $K\alpha$, $K\beta$ ve $L\alpha_{1,2}$ uyarma faktörlerini, soğurma sıçrama oranlarını, floresans verimlerini, X-ışını üretim tesir kesitlerini, şiddet oranlarını ve atomik etkileşim tesir kesitlerini enerji ayrımlı X-ışını floresans tekniğini kullanarak deneysel olarak belirlemiş ve hesapladıkları teorik değerler ve literatürden elde ettikleri diğer deneysel değerlerle birlikte tablolar ve çizelgeler halinde sunmuşlardır.

Doktora tezi olarak sunduğum bu çalışmada, atomik parametreler iki farklı teknik kullanılarak belirlenmiştir. Bu tekniklerin ilki olan X-ışını azaltma tekniği ile Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için K tabakası soğurma kıyısı civarında kütle soğurma katsayıları, azaltma tesir kesitleri, fotoelektrik tesir kesitleri, K tabakası azaltma tesir kesitleri, K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri, K tabakası soğurma sıçrama oranları, soğurma sıçrama faktörleri deneysel olarak, K tabakası soğurma kıyısı enerjileri ise yarı deneysel olarak belirlenmiştir. Elde edilen soğurma kıyısı enerjileri ve K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri kullanılarak K tabakası osilatör şiddetleri belirlenmiştir. Deneysel değerler hesaplanan teorik değerlerle ve literatürden elde edilebilen diğer deneysel ve teorik değerlerle karşılaştırılmıştır. İkinci teknik olan EDXRF tekniği kullanılarak Am-241 radyoaktif halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili gama fotonları ile Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri uyarılmış ve elde edilen karakteristik K X-ışını pikleri ile K tabakası floresans verim değerleri ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranı değerleri uygun geometride incelenmiştir. Floresans verim değerlerinin hesaplanması için K tabakası floresans tesir kesitleri $\sigma_{K\alpha}$, $\sigma_{K\beta}$ ve $\sigma_{K\text{toplam}}$ hesaplanmıştır. K tabakası floresans verim değerleri ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranı değerleri ile X-ışını azaltma tekniği kullanılarak ölçülen K tabakası soğurma sıçrama faktörleri kullanılarak $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarma faktörleri deneysel olarak belirlenmiştir. Elde edilen deneysel değerler, hesaplanan teorik değerler ve literatürden elde edilebilen diğer deneysel ve teorik değerlerle karşılaştırılmıştır. Literatürde K tabakası osilatör şiddetleri

ve uyarma faktörleri ile ilgili deneysel çalışmalar oldukça sınırlıdır. La, Ce, Pr, Nd, Sm elementleri için osilatör şiddeti değerleri Mallikarjuna *et al.* (2002), Akman *et al.* (2016a), Akman *et al.* (2015b) tarafından literatürde sunulmuştur. Bildiğimiz kadarıyla Cd, In, Sn, Sb ve Te elementleri için osilatör şiddeti değerleri yapmış olduğumuz bu çalışma ile ilk defa deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarma faktörleri X-ışını azaltma tekniği kullanılarak bu çalışma ile ilk defa deneysel olarak belirlenmiştir. Pr, Nd ve Sm elementleri için $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarma faktörleri bu çalışma ile ilk defa deneysel olarak belirlenmiştir. Literatürdeki bu eksiklikler, bahsi geçen atomik parametrelerin doğruluklarının değerlendirilebilmesi için daha çok deneysel ve teorik verilere ihtiyaç duyulması ve XRF yöntemlerinde gelişen teknoloji bizi bu konuda araştırma yapmaya teşvik etmiştir.

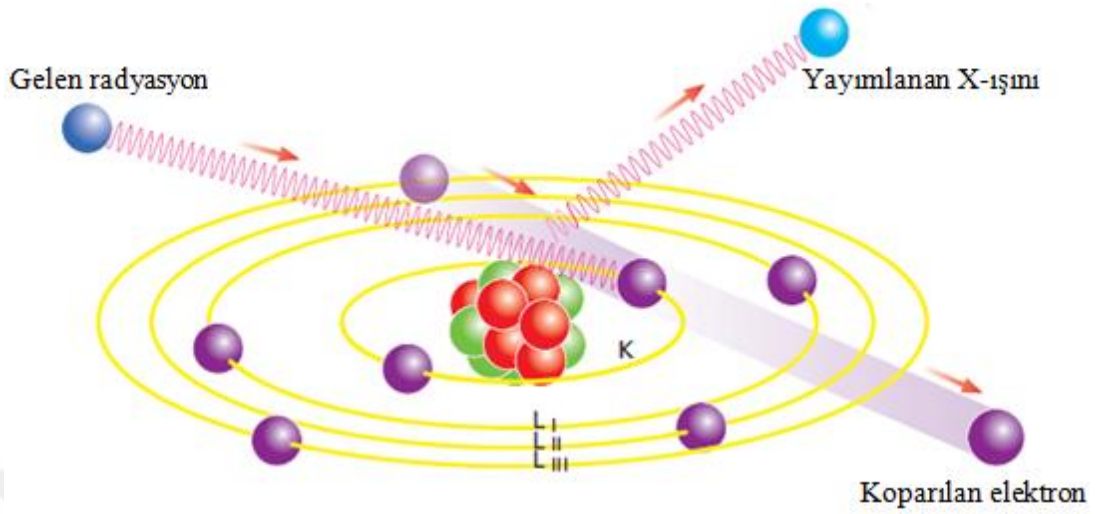
Birinci bölümde konuyla ilgili genel literatür taraması, ikinci bölümde kuramsal temeller, üçüncü bölümde materyal ve yöntem, dördüncü bölümde alınan ölçüm sonuçlarının verildiği araştırma bulguları, beşinci bölümde ise alınan ölçümlerin değerlendirildiği tartışma ve sonuç bölümü yer almaktadır.

2. KURAMSAL TEMELLER

2.1. Seçim Kuralları

Bir atomda elektronlar atomun merkezinde bulunan çekirdek etrafında yörünge olarak adlandırılan enerji katmanlarında dolanırlar. Her bir elektronun hızından kaynaklanan bir kinetik enerjisi ve çekirdekten uzaklığına bağlı olarak da sahip olduğu bir potansiyel enerjisi vardır. Bu nedenle enerji düzeylerinde hareket eden elektronların kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamına eşit olan bir enerjileri vardır. Elektronların sahip oldukları enerji iç tabakalardan dış tabakalara doğru gidildikçe artar. Bu sayede çekirdek çevresindeki elektronlar yüksek hızlarla dönmelerine rağmen konumlarını muhafaza ederler. Bu elektronların uzaysal konumları herhangi bir enerji etkisi ile bozulursa; iç tabakalara veya dış tabakalara doğru elektron geçişleri olur. Atomun herhangi bir iç tabakasından sökülen elektronun yerinde kalan boşluk, üst tabakadaki elektronlar tarafından belirli geçiş kurallarına ve enerjinin minimumluğu prensibine uygun olarak doldurulur. Böyle bir doldurma sırasında enerji farkı bir X-ışını fotonu olarak yayımlanır. Bu foton yayımlandığı malzemeye has özellikler taşıdığı için o elementin karakteristik X-ışını olarak adlandırılır.

Atomlar, elektron yörüngeleri arasındaki enerji farkına eşit enerjiyi soğurarak veya yayımlayarak kuantum mekaniği ile açıklanabilen izinli yörüngeler arasında geçişler (Elektrik dipol) yapabilirler. Atomun enerji soğurarak elektronun üst seviyelere çıkması uyarma (excitation), uyarılmış atomun enerji yayımlayarak temel hale geçmesi ise uyarılmışlıktan kurtulma (de-excitation) olarak adlandırılır. De-excitation tek bir basamakta olabileceği gibi birkaç basamakta da olabilir ve her bir geçişte seviyeler arası enerji farkına eşit değerde enerji taşıyan bir foton (karakteristik X-ışını) yayımlanır. Bunlar spektrumda karakteristik çizgiler denilen $K\alpha$, $K\beta$, $L\alpha$, $L\beta$, $L\gamma$, $M\alpha$, $M\beta$... çizgilerini oluştururlar. Bir uyarma işlemi sonucunda meydana gelebilecek geçişlerin temsili gösterimi Şekil 2.1’de verilmiştir.



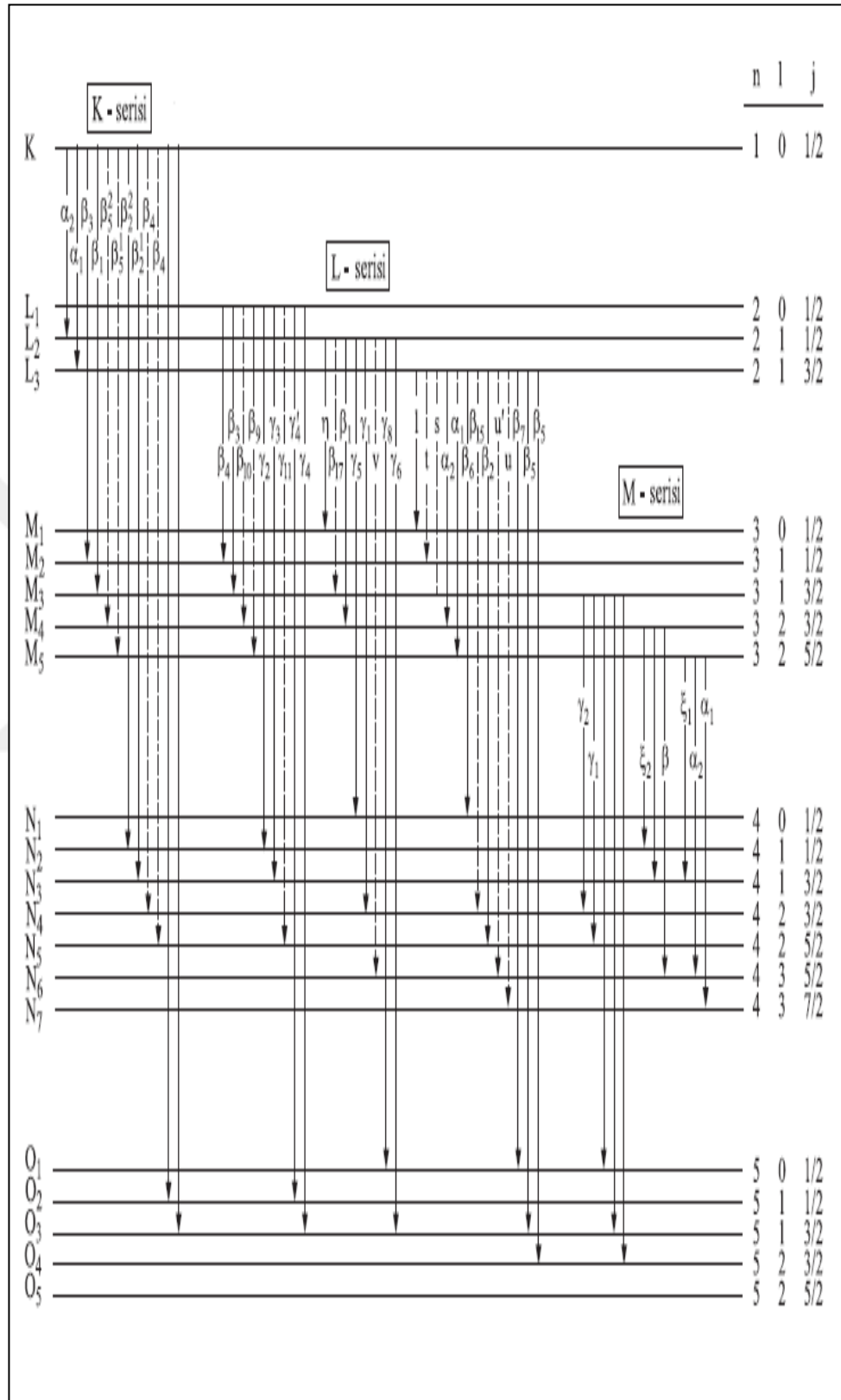
Şekil 2.1. Uyarma ve yayımlama modeli

Bir atomun K tabakasında meydana getirilen elektron boşluğu şayet L tabakasında bulunan bir elektron tarafından doldurulacak olursa, böyle bir elektron geçişi sonucunda yayımlanan fotonun frekansı, karakteristik spektrumunun $K\alpha$ çizgisine karşılık gelir. K tabakasındaki boşluk M , N tabakasındaki bir elektron tarafından doldurulursa $K\beta$ çizgisine karşılık gelen fotonlar yayımlanır. Şayet hedef metal üzerine çarpan elektronların enerjileri K tabakasından elektron sökecek kadar büyük değilse, L , M , N ,... tabakalarından birinden bir elektron sökülebilir ve bu kez K tabakasına benzer olarak L tabakasında meydana gelen boşluğun M , N ,... tabakalarındaki elektronlarla doldurulması esnasında Ll , $L\alpha$, $L\beta$, $L\eta$, $L\gamma$ ışınları, M tabakası için $M\alpha$, $M\beta$, $M\gamma$,... ve N tabakası için $N\alpha$, $N\beta$, $N\gamma$,... çizgileri kısaca L , M ve N serileri ortaya çıkmış olur. Herhangi bir tabaka veya alt tabakadaki bir boşluk üst tabakalardan bir elektron ile doldurulduğu zaman yayımlanan X-ışınlarının Siegbahn ve IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) gösterimleri Çizelge 2.1’de, ilgili elektron geçişleri sonucunda K ve L , M tabakalarından yayımlanan karakteristik X-ışınları Şekil 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. X-ışını diyagram çizgilerinin Siegbahn ve IUPAC gösterimleri

Siegbahn	IUPAC	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	$M\alpha_1$	M_5-N_7
$K\alpha_2$	$K-L_2$	$L\alpha_2$	L_3-M_4	$L\gamma_2$	L_1-N_2	$M\alpha_2$	M_5-N_6
$*K\alpha_3$	$K-L_1$	$L\beta_1$	L_2-M_4	$L\gamma_3$	L_1-N_3	$M\beta$	M_4-N_6
$K\beta_1$	$K-M_3$	$L\beta_2$	L_3-N_5	$L\gamma_4$	L_1-O_3	$M\gamma$	M_3-N_5
$K\beta_2'$	$K-N_3$	$L\beta_3$	L_1-M_3	$L\gamma_4'$	L_1-O_2	$M\xi_1$	M_5-N_3
$K\beta_2''$	$K-N_2$	$L\beta_4$	L_1-M_2	$*L\gamma_{2,3}'$	$L_1-N_{4,5}$	$M\xi_2$	M_4-N_2
$K\beta_3$	$K-M_2$	$L\beta_5$	$L_3-O_{4,5}$	$*L\gamma_{11}$	L_1-N_5	Mm	M_1-N_2
$*K\beta_4'$	$K-N_5$	$L\beta_6$	L_3-N_1	$L\gamma_5$	L_2-N_1		
$*K\beta_4''$	$K-N_4$	$L\beta_7$	L_3-O_1	$L\gamma_6$	L_2-O_4		
$*K\beta_{4x}$	$K-N_4$	$L\beta_7'$	$L_3-N_{6,7}$	$L\gamma_8$	L_2-O_1		
$*K\beta_5'$	$K-M_5$	$*L\beta_9$	L_1-M_5	$L\gamma_8'$	L_2-N_6		
$*K\beta_5''$	$K-M_4$	$*L\beta_{10}$	L_1-M_4	$L\eta$	L_2-M_1		
		$L\beta_{15}$	L_3-N_4	$L\ell$	L_3-M_1		
		$*L\beta_{17}$	L_2-M_3	$*Ls$	L_3-M_3		
				$*Lt$	L_2-M_2		
				$*Lu$	$L_3-N_{5,6}$		
				$*Lv$	$L_2-N_{6,7}$		

*Gözlenen yasaklı çizgiler.



Şekil 2.2. Bir atomda ilgili elektron geçişleri sonucunda yayımlanan karakteristik K, L ve M tabakaları X-ışınları

Seçim kuralları, atomik ve moleküler spektrumların izahı için oldukça önemlidir. Atomların enerji seviyeleri arasında sadece elektrik dipol geçişlere rastlanmaz. Bunların dışında manyetik dipol, elektrik kuadropol, manyetik kuadropol ve ışımasız (çarpışmalı) geçişlere de rastlamak mümkündür. Atomik iki enerji seviyesi arasındaki geçişlerden yayımlanan radyasyonun, elektrik ya da manyetik tipte olup olmadığı açısai momentumu ve paritenin korunumundan bulunabilir. Parite, bir dalga fonksiyonunun uzayda bir tersinim altındaki davranışını ifade eder. Seçim kurallarında, hangi tipte bir geçişin olduğunu anlamak için açısai momentumun korunumuna ilaveten geçişin ilk ve son enerji seviyelerine göre bağıl paritelerine bakmalıyız. Seviyelere eşlik eden pariteyi π ile gösterirsek, $\pi = (-1)^l$ değerine eşittir ve burada l yörünge açısai momentum kuantum sayısıdır. Seçim kuralları Çizelge 2.2’de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Atomik geçişlerde seçim kuralları

Elektrik dipol (E1) izinli	Manyetik dipol (M1) yasak	Elektrik kuadropol (E2) yasak	Manyetik kuadropol (M2) yasak
$\Delta j = 0, \pm 1$ ($j = 0 \leftrightarrow 0$ hariç)	$\Delta j = 0, \pm 1$ ($j = 0 \leftrightarrow 0$ hariç)	$\Delta j = 0, \pm 1 \pm 2$ ($j = 0 \leftrightarrow 0, 1; \frac{1}{2} \leftrightarrow \frac{1}{2}$ hariç)	$\Delta j = 0, \pm 1 \pm 2$ ($j = 0 \leftrightarrow 0, 1; \frac{1}{2} \leftrightarrow \frac{1}{2}$ hariç)
$\Delta m_l = 0, \pm 1$	$\Delta m_l = 0, \pm 1$	$\Delta m_l = 0, \pm 1 \pm 2$	$\Delta m_l = 0, \pm 1 \pm 2$
Parite değişir $\pi_s = -\pi_i$	Parite değişmez $\pi_s = \pi_i$	Parite değişmez $\pi_s = \pi_i$	Parite değişir $\pi_s = -\pi_i$
$\Delta l = \pm 1,$ $\Delta n > 0$	$\Delta l = 0,$ $\Delta n = 0$	$\Delta l = 0, \pm 2,$ $\Delta n > 0$	$\Delta l = \pm 1,$ $\Delta n > 0$

*Tabloda π parite, n baş kuantum sayısı, l yörünge açısai momentum kuantum sayısı, j toplam açısai momentum kuantum sayısı ve m_l manyetik yörünge açısai momentum kuantum sayısını belirtmektedir.

2.2. Tesir Kesiti

Bir olayın meydana gelme ihtimalini tanımlayan tesir kesiti kavramı; bir olay için deneysel olarak ölçülebilen değerleri ile onun teorik olarak hesaplanabilen değerlerinin karşılaştırılabilmesine imkân tanınması nedeniyle, atomik süreçlerin ayrıntılı olarak

incelenebilmesini sağlar. Tesir kesiti, foton ile madde arasındaki etkileşmenin türüne göre isimlendirilir. Örneğin foton madde tarafından soğuruluyorsa soğurma tesir kesiti, madde tarafından saçılmaya uğratılıyorsa saçılma tesir kesiti olarak isimlendirilir.

A yüzeyine ve dt kalınlığına sahip ince bir levha üzerine I şiddetiyle gelmekte olan bir foton demetini düşünelim. Bu foton demeti ince levhadan geçerken atomlardan birine çok yaklaşırsa, bu atom tarafından fotonun soğurulma ya da saçılma ihtimali vardır. σ 'nın bir atomu kuşatan etkin alan olduğunu varsayalım. Eğer gelen foton bu alana düşerse foton bu alanla etkileşme yapacaktır. Levhanın birim hacmi başına n tane hedef atomu olsun (Şekil 2.3). Levha o kadar ince olsun ki, hiçbir atom öteki atom üzerine binmesin ve böylece her atomun gelen fotonla aynı ölçüde etkileşme ihtimali olsun. Eğer maddenin birim hacminde n tane atom varsa Adt hacminde $nAdt$ tane atom bulunur. Birim yüzeye düşen atom sayısı ise $n \cdot dt$ olur. Bir atomun işlem gördüğü yüzey σ ise ndt sayıda atomun işlem gördüğü yüzey $\sigma \cdot ndt$ olur. Buna göre toplam etkin alan $nA\sigma \cdot dt$ dir.

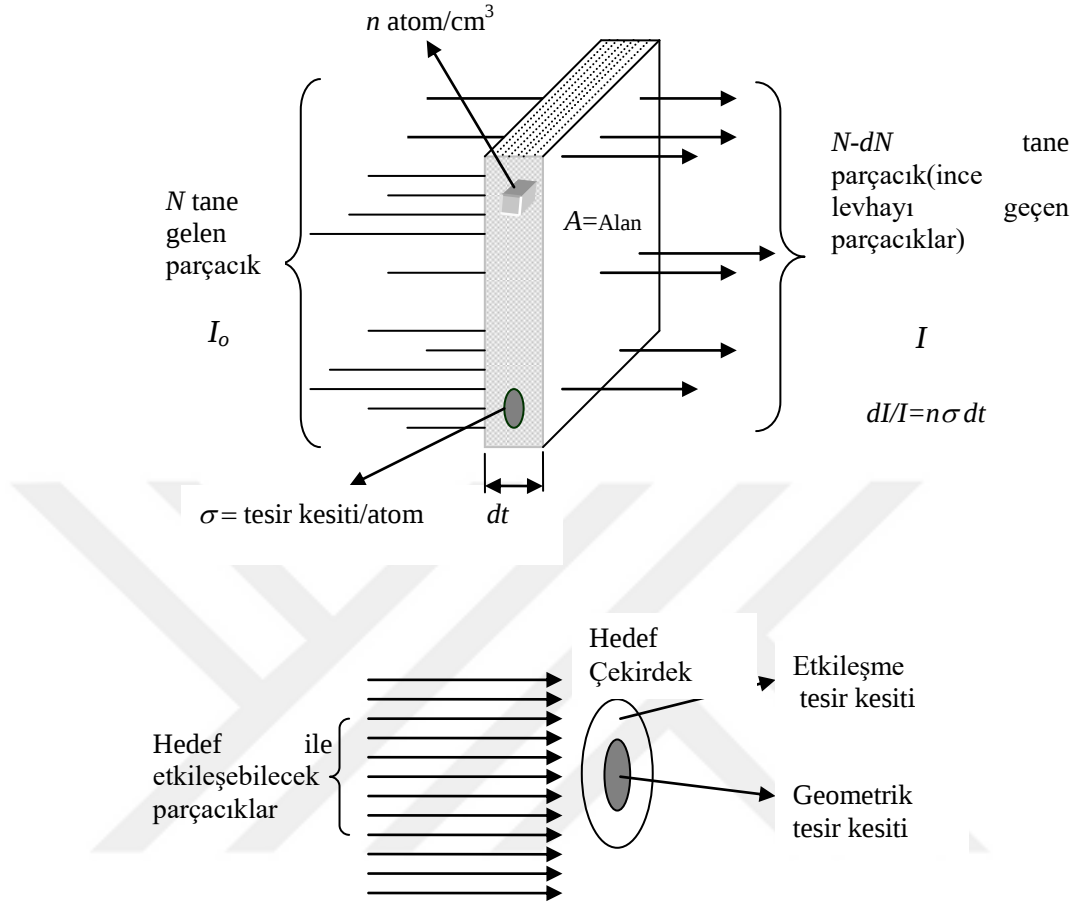
n = birim hacimdeki atom sayısı

ndt = birim yüzey başına düşen atom sayısı

$nAdt$ = Adt hacmindeki toplam atom sayısı

σ = her bir atomu kuşatan etkin alan

$An\sigma dt$ = toplam etkin alan



Şekil 2.3. Tesir kesiti ile gelen demetin şiddeti arasındaki ilişki ve tesir kesitinin geometrik yorumu

Toplam etkin alan madde üzerine gelen fotonun maddeyle etkileşmesiyle herhangi bir olayın meydana geldiği alandır. Toplam etkin alanın toplam yüzey alanına oranına etkin alan kesri denir. Etkin alan kesri F ile gösterilirse,

$$F = \frac{\text{Toplam etkin alan}}{\text{Toplam yüzey alanı}} = \frac{nA\sigma dt}{A} \quad (2.1)$$

$$F = n\sigma dt \quad (2.2)$$

olur. Bu nicelik I şiddetindeki şuanın ince levhadan geçerken şiddetinde meydana gelen değişiklik kesrini temsil eder. Buna göre şiddetteki dI değişimi,

$$dI = -(n\sigma dt)I \quad (2.3)$$

ifadesi ile verilir. İfadedeki (-) işareti t kalınlığı arttıkça I şiddetinin azalacağını gösterir. Bu ifadeden hareketle,

$$\frac{dI}{I} = -(n\sigma dt) \quad (2.4)$$

$$I = I_0 \exp(-n\sigma t) \quad (2.5)$$

elde edilir. Gelen şuanın başlangıçtaki şiddeti I_0 , şuanın t kalınlığındaki malzemeyi geçtikten sonraki şiddeti ise I dir. Şuadaki parçacık sayısı şuanın şiddeti ile orantılı olduğundan (2.5) ifadesi parçacıkların sayısı cinsinden,

$$N = N_0 \exp(-n\sigma t) \quad (2.6)$$

şeklinde yazılabilir. Burada N_0 , ince levhaya gelen parçacıkların sayısını N ise t kalınlığındaki levhayı geçen parçacıkların sayısını göstermektedir. Eğer $n\sigma t \ll 1$ ise bu durum hem levhanın geometrik olarak çok ince olmasını hem de σ 'nın çok küçük olmasını ifade eder. Buna göre $\exp(-n\sigma t) \ll 1$ ise $\exp(-n\sigma t) = (1 - n\sigma t)$ yazılabilir ve (2.6) ifadesi,

$$N = N_0(1 - n\sigma t) \quad (2.7)$$

şeklini alır. Böylece t kalınlığını geçerken herhangi bir işleme uğrayan (ilgilenilen etkileşmeye giren) parçacıkların sayısı N_s için,

$$N_s = N_0 - N = N_0 - N_0(1 - n\sigma t) \quad (2.8)$$

$$N_s = N_0 n \sigma t \quad (2.9)$$

yazılabilir. Buradan da σ için,

$$\sigma = \frac{N_s}{N_0 n t} \quad (2.10)$$

ifadesi elde edilir. Tesir kesiti diye adlandırılan ve ilgilenilen olayın meydana gelme ihtimaliyetinin bir ölçüsü olan σ 'nın birimi barn'dır. 1barn 10^{-24} cm^2 'dir. σ alan boyutundadır ve ilgilenilen olayın tabiatına göre hedefin birim yüzey alanından küçük veya büyük olabilir.

2.3. Floresans Verim, Auger Olayı ve Coster-Kronig Geçişleri

Bir atomdaki elektronlar, elektron yörüngeleri arasındaki enerji farkına eşit enerjiyi soğurarak veya yayımlayarak kuantum mekaniği ile izah edilebilen izinli yörüngeler arasında geçişler yapabilirler. İç tabakada oluşan elektron boşluğunun üst tabakalardan buraya elektron geçişiyle doldurulması sırasında, tabakalar arasındaki enerji farkına eşit bir foton yayımlanır. Gerçekleşen bu olaya floresans olay, yayımlanan fotona ise karakteristik X-ışını denir. Bir spektral seviyeden yayımlanan X-ışını fotonlarının sayısının aynı seviyede oluşturulan boşlukların sayısına oranı floresans verim olarak adlandırılır. Buna göre bir atomun K tabakasında, herhangi bir yolla meydana getirilen bir boşluğun bir karakteristik X-ışını yayımlanarak doldurulması ihtimaline K tabakasına ait ortalama floresans verim denir ve

$$\varpi_K = \frac{I_K}{n_K} = \frac{\sum n(K)}{n_K} = \frac{n(K\alpha_1) + n(K\alpha_2) + n(K\beta_1) + n(K\beta_2) + \dots}{n_K} \quad (2.11)$$

ile ifade edilir. Burada I_K numuneden yayımlanan karakteristik K X-ışınlarının sayısıdır ve K tabakasına geçişlerin toplam sayısı $\sum n(K)$ 'ya eşittir. n_K ise K tabakasında meydana getirilen boşluk sayısıdır. Bir i tabakası için ortalama floresans verim,

$$\varpi_i = \frac{I_i}{n_i} \quad (2.12)$$

olur. Floresans verim $I_i = n_i$ olduğu durumda maksimum olur yani ϖ 'nın maksimum değeri 1'dir. Floresans verim seviye genişlikleri kullanılarak,

$$\omega_i = \frac{\Gamma_R(i)}{\Gamma(i)} \quad (2.13)$$

şeklinde de yazılabilir. Burada $\Gamma_R(i)$ verilen tabakalar arası geçişlere göre ışımalı seviye genişliği, $\Gamma(i)$, i seviyesi için toplam seviye genişliğidir.

İç tabakalarından birinde bir elektron boşluğu meydana getirilmiş bir atomda bir dış tabaka elektronunun iç tabakadaki bu boşluğa düşmesi sırasında yayımlanan foton atomu terk etmeden bir diğer dış tabaka elektronu tarafından soğurulabilir ve fotonu soğuran bu elektron atomdan dışarı atılabilir. Böylece uyarılan atomun fazla enerjisi bir X-ışını yayımlanmaksızın bir elektron yayımlanması ile serbest bırakılabilir. Dolayısıyla bu olay bir bakıma iç fotoelektrik olayı gibi düşünülebilir. Bu sürece Auger olayı ve atomdan dışarı atılan elektrona da Auger elektronu denir. Auger elektronlarının enerjisi de tıpkı karakteristik X-ışını enerjileri gibi yayımlayıcı elementin karakteristiklerindendir. Auger olayı elektronları daha zayıf bağlı ve karakteristik fotonların daha kolay soğurulabildiği küçük atom numaralı elementlerde daha yaygındır ve aynı sebepten dolayı bu olay L serisi için K serisinden daha baskındır. Atomların çoğunda Auger süreci karakteristik X-ışını yayımlanması ile rekabet halindedir. K tabakası için Auger olayının meydana gelme ihtimali,

$$\bar{a}_K = \frac{P_K}{n_K} \quad (2.14)$$

olur. Burada P_K ışımasız geçişlerin sayısı, n_K ise K tabakasında meydana getirilen boşluk sayısıdır. Floresans verimin maksimum değeri 1 olduğuna göre $(1 - \varpi)$ değeri

Auger elektronu yayımlanması ile doldurulan boşlukların kesrini verir. Buna göre aynı boşluk dağılımı için $\bar{\omega}_i$ i. tabakanın ortalama floresans verimi ve $\bar{a}_i$ ortalama Auger verimi olmak üzere,

$$\bar{\omega}_i + \bar{a}_i = 1 \quad (2.15)$$

ile ifade edilir.

Aynı tabaka içerisinde elektronlar bir alt tabakadan bir diğerine X-ışını yayımlamaksızın geçebilirler. Bu geçişlere Coster-Kronig geçişler adı verilir. K tabakasının alt tabakası bulunmadığından bu tabakada Coster-Kronig geçişleri oluşmaz. Herhangi bir i tabakası için denklem (2.12)'de ifade edilen ortalama floresans verim Coster-Kronig geçişlerin varlığında doğru olmaz. Çünkü bir tabakada meydana getirilen boşluk daha yüksek tabakalardan geçişlerle doldurulmadan önce Coster-Kronig geçişlerle yer değiştirebilir.

Coster-Kronig geçişlerini açıklamada kullanılan iki alternatif yaklaşım göz önüne alınabilir.

1- $\bar{\omega}_i$ ortalama floresans verimi, Coster-Kronig geçişleri tarafından değiştirilen boşluk dağılımları V_i^x ve ω_i^x alt tabaka floresans verimlerinin lineer kombinasyonları olarak yazılabilir.

$$\bar{\omega}_i = \sum_{i=1}^k V_i^x \omega_i^x \quad (2.16)$$

Benzer şekilde herhangi bir tabakaya ait ortalama Auger verimi de aşağıdaki gibi verilir.

$$\bar{a}_i = \sum_{i=1}^k V_i^x \omega_i^x \quad (2.17)$$

Burada V_i^x Coster–Kronig geçişler olduktan sonra X_i alt tabakasındaki boşlukların rölatif sayısını gösterir. Dolayısıyla,

$$\sum_{i=1}^k V_i^x > 1 \quad (2.18)$$

dır. V_i^x lerin toplamı, X_i alt-tabakasında meydana getirilmiş boşlukların bazılarının, Coster-Kronig geçişlerle daha üst tabakalara kaydığından ve böylece bir defadan daha fazla sayıldıklarından dolayı birden büyüktür. Bir boşluğun bir X_i alt-tabakasından daha üst bir X_j alt-tabakasına kayması Coster-Kronig geçiş ihtimali f_{ij} ile gösterildiğinden V_i^x niceliği, N_i^x rölatif boşluk sayısı cinsinden,

$$V_1^x = N_1^x$$

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

$$V_3^x = N_3^x + f_{23}^x N_2^x + (f_{13}^x + f_{12}^x f_{23}^x) N_1^x \quad (2.19)$$

$$V_k^x = N_k^x + f_{k-1,k}^x N_{k-1}^x + (f_{k-2,k-1}^x f_{k-1,k}^x) N_{k-2}^x + \dots + (f_{1k}^x + f_{12}^x f_{2k}^x + f_{12}^x f_{23}^x f_{3k}^x +$$

$$\dots) N_1^x$$

olarak yazılabilir (Bambynek *et al.* 1972).

2- ϖ_i ortalama floresans verim için bu ifade N_i^x primer boşluk dağılımı ve özel olarak tanımlanmış v_i^x katsayılarının lineer kombinasyonu olarak yazılabilir. Bu metot, verilen bir deney için primer boşluk sayısı deneysel açıdan daha uygundur. Bu yaklaşıma göre bir X tabakasının ortalama floresans verimi,

$$\varpi_i = \sum_{i=1}^k N_i^X v_i^X \quad (2.20)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada v_i^X katsayısı X_i alt-tabakasındaki primer boşluk başına meydana gelen X-tabakası karakteristik X-ışınlarının toplam sayısını temsil etmektedir. $V_i^X \omega_i^X$ ve $N_i^X v_i^X$ çarpımları eşit değildir. Sadece denklem (2.16) ve (2.20) de görüldüğü gibi çarpımların toplamı ϖ_i ortalama floresans verime eşittir. $V_i^X \omega_i^X$ fiziksel tanımından da görüldüğü gibi bu nicelik, bir X tabakasının herhangi bir alt tabakasındaki boşluk sayısı başına i. alt tabakaya daha üst tabakalardan ışımalı geçişlerin sayısını belirtir. Diğer taraftan $N_i^X v_i^X$ niceliği ise i. alt tabakadaki boşluk sayısı başına X tabakasının tüm alt tabakalarına geçişlerde yayımlanan X-ışınlarının sayısını belirtir. v_i^X katsayıları ile ω_i^X alt tabaka floresans verimleri arasındaki dönüşüm denklemleri,

$$v_i^X = \omega_1^X + f_{12}^X \omega_2^X + (f_{13}^X + f_{12}^X f_{23}^X) \omega_3^X + \dots + (f_{1k}^X + f_{12}^X f_{2k}^X + f_{13}^X f_{3k}^X + \dots + f_{1,k-1}^X f_{k-1,k}^X + \dots) \omega_k^X$$

$$v_{k-1}^X = \omega_{k-1}^X + f_{k-1,k}^X \omega_k^X \quad (2.21)$$

$$v_k^X = \omega_k^X$$

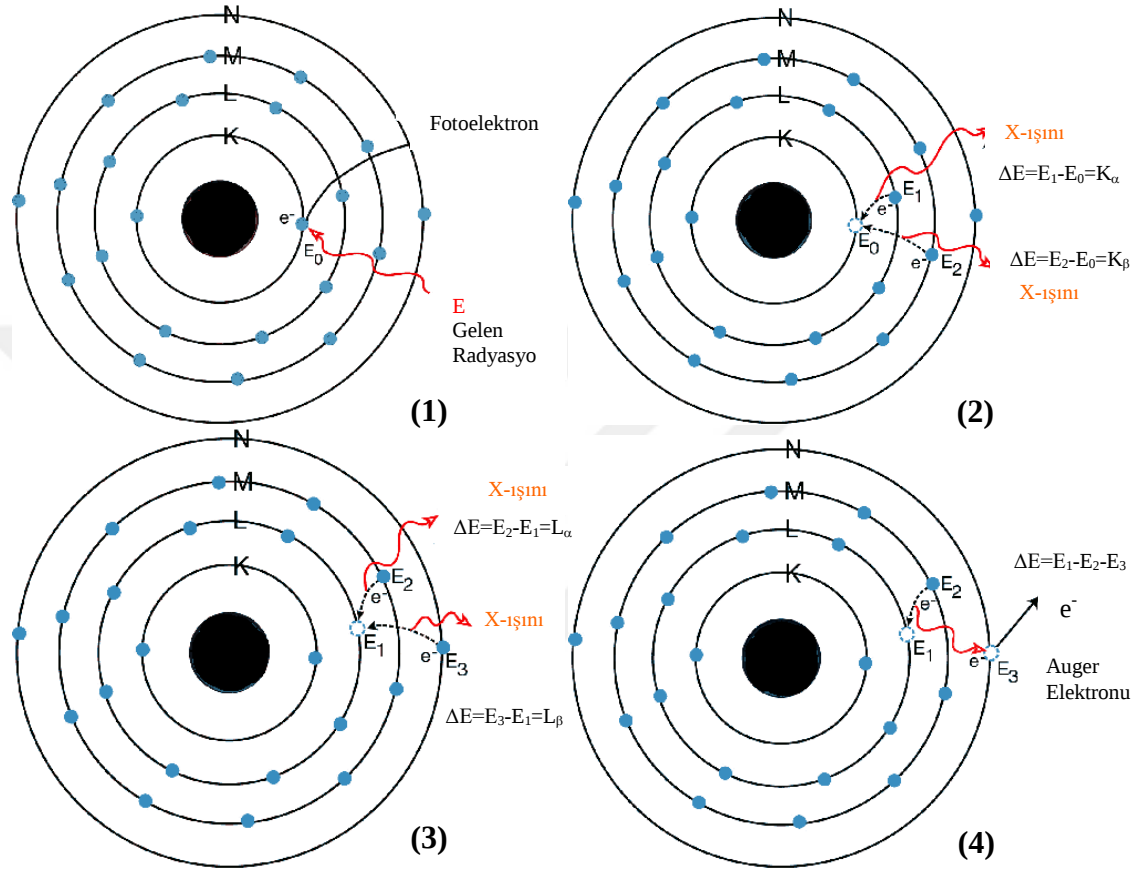
olarak yazılabilir (Bambynek *et al.* 1972). Yine L tabakası için v_i^X katsayıları ve ω_i^X alt tabaka floresans verimleri arasında,

$$v_1^L = \omega_1^L + f_{12}^L \omega_2^L + (f_{13}^L + f_{12}^L f_{23}^L) \omega_3^L \quad (2.22)$$

$$v_2^L = \omega_2^L + f_{23}^L \omega_3^L \quad (2.23)$$

$$v_3^L = \omega_3^L \quad (2.24)$$

bağıntısı vardır. X-ışını floresans olayı ve Auger olayı Şekil 2.4'te şematik olarak gösterilmiştir.



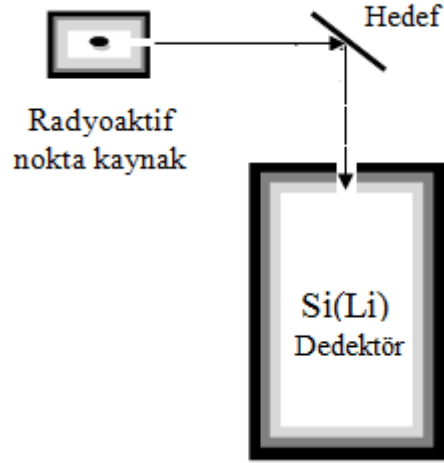
Şekil 2.4. Floresans olayı ve Auger olayı

1- Atom primer X-ışınları ile uyarıldığında, K tabakası elektronlarından birisi atomdan dışarı atılabilir, bunun sonucunda K tabakasında bir boşluk meydana gelebilir. 2-K çizgileri; L ya da M tabakasından bir elektron K'da oluşan boşluğa düşebilir. Bu işlemde elementin karakteristik X-ışınları yayımlanır. Bunun sonucunda L ya da M tabakasında bir boşluk üretilir. 3- L çizgileri; L tabakasında oluşan boşluk M ya da N tabakasından elektron ile dolar. Bu işlem de elementin karakteristik X-ışını yayımlanır ve M yada N tabakasında bir boşluk oluşur. 4- Auger Elektronu; Atomun iç tabakasından yayımlanan foton daha dış tabakadaki bir elektrona aktarılabilir ve elektron atomdan dışarı atılır.

2.4. Şiddet Oranları

Şiddeti ϕ olan bir foton kaynağından yayımlanan fotonların t kalınlıklı bir hedef üzerine düşürüldüğünü farz edelim. Fotoelektrik etkiden dolayı iç tabakalarda oluşan boşluklar sonucunda karakteristik X-ışınları yayımlanacaktır. Yayımlanan X-ışınları Şekil 2.5'de

gösterildiği gibi bir dedektör (D) tarafından sayılsın. Dedektör tarafından sayılan fotonların sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.



Şekil 2.5. Kaynak-Hedef-Dedektör geometrisi

Birim zamanda hedeften gelen fotonların sayısı

$$N_H = \int \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) \quad (2.25)$$

ile ifade edilir. Burada, Ω_1 kaynak-hedef katı açısı, $a(\gamma)$ ise kaynak dedektör arasındaki hava tarafından radyasyonun soğurulmasından kaynaklanan düzeltme faktörüdür.

Hedef atom içerisinde tabaka/alt tabaka da üretilen boşlukların sayısı

$$N_{Boşluk} = \int \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) t \sigma j \frac{N_0}{A} \quad (2.26)$$

ile ifade edilir. Burada t hedef kalınlığı (g/cm^2), σ gelen foton enerjisinde tabaka/alt tabaka fotoelektrik tesir kesiti (g/cm^2), N_0 avogadro sayısı, A hedef elementin atomik ağırlığıdır.

Birim zaman başına üretilen X-ışınlarının sayısı ise aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$N_B = \S \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) t \sigma j \frac{N_0}{A} \beta \overline{\omega}_j \quad (2.27)$$

Burada $\overline{\omega}_j$, ortalama floresans verim ($\overline{\omega}_j = \omega_K$, K tabakası için) dir.

İlgilenilen element için dedektörde sayılan tabaka/alt tabaka X-ışınlarının sayısı,

$$N_t = \S \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) t \sigma j \frac{N_0}{A} \overline{\omega}_j \frac{\Omega_2}{4\pi} \beta \varepsilon_j \quad (2.28)$$

ile ifade edilir. Burada Ω_2 , hedef-dedektör katı açısıdır, β , kaynaktan gelen foton ve hedeften yayımlanan X-ışınlarının dikkate alınmasıyla elde edilen öz soğurma düzeltme faktörüdür, ε_j ise dedektör verimidir.

K tabakası için dedektör tarafından sayılan K X-ışınlarının sayısı,

$$N_K = \S \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) \frac{N_0}{A} \frac{\Omega_2}{4\pi} t \beta_K \sigma_K \omega_K \varepsilon_K \quad (2.29)$$

L tabakası için dedektör tarafından sayılan L X-ışınlarının sayısı,

$$N_L = \S \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) \frac{N_0}{A} \frac{\Omega_2}{4\pi} t \beta_L \sigma_L \overline{\omega}_L \varepsilon_L \quad (2.30)$$

ile ifade edilir. Denklem (2.29) ve (2.30) ilgilenilen tabaka için tek bir geçişi ifade etmez. İlgili tabaka için bütün geçişlerini kapsamaktadır. Tek bir çizgi geçişi için dedektör tarafından sayılan X-ışınlarının sayısı (L tabakası için) ise aşağıdaki şekilde belirlenir.

$$N_{Li} = \S \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) \frac{N_0 \Omega_2}{A 4\pi} t \beta_{Li} \sigma_{Li} \overline{\omega_L} I_{Li} \varepsilon_{Li} \quad (2.31)$$

Burada I_{Li} ilgilenilen element için toplam L X-ışınları şiddetine katkıda bulunan Li kısmi şiddettir.

Benzer şekilde tek bir j . çizgi geçişi için dedekte edilen X-ışınlarının sayısı,

$$N_{Lj} = \S \frac{\Omega_1}{4\pi} a(\gamma) \frac{N_0 \Omega_2}{A 4\pi} t \beta_{Lj} \sigma_{Lj} \overline{\omega_L} I_{Lj} \varepsilon_{Lj} \quad (2.32)$$

ile ifade edilir. Burada I_{Lj} ilgilenilen element için toplam L X-ışınları şiddetine katkıda bulunan Lj kısmi şiddettir.

Denklem (2.31)'in (2.32)'ye bölümüyle,

$$\frac{N_{Li}}{N_{Lj}} = \frac{\beta_{Li} \varepsilon_{Li} I_{Li}}{\beta_{Lj} \varepsilon_{Lj} I_{Lj}} \quad (2.33)$$

veya

$$\frac{I_{Li}}{I_{Lj}} = \frac{N_{Li} \beta_{Lj} \varepsilon_{Lj}}{N_{Lj} \beta_{Li} \varepsilon_{Li}} \quad (2.34)$$

ifadeleri elde edilir. Denklem (2.34) şiddet oranları olarak bilinir. Burada, N_{Li} , N_{Lj} , β_{Li} , β_{Lj} , ε_{Li} , ε_{Lj} sırasıyla Li ve Lj X-ışını pikleri altında kalan alanlar, Li ve Lj öz soğurma düzeltme faktörleri ve Li ve Lj X-ışını enerjilerinde dedektör verimleridir (Sharma 2008).

2.5. Emisyon Hızları

Şiddet oranları deneysel olarak gözlemlenebilir ve X-ışını spektral analiz için temel floresans parametrelerden birisidir. Aynı zamanda X-ışını şiddet oranları X-ışını emisyon hızları ile bağlantılıdır. X-ışını emisyon hızları ile ilgili olarak iki farklı bağımsız parçacık modeline literatürden ulaşılabilir. Bu modellerden ilki Dirac-Hartree-Slater (DHS) (Scofield 1974a), ikincisi ise Dirac-Fock (DF) modelidir (Scofield 1974 b,c; Campbell and Wang 1989). Modellerin ilkinde, atomda elektron geçişinin öncesi ve sonrası durumlar için potansiyelin eşit olduğu kabul edilirken, ikincisinde ise farklı kabul edilir. Dolayısıyla ikinci modelde değişim etkileri dikkate alınır. Scofield (1974a) Dirac-Hartree-Slater modelini temel alarak atom numarası $5 \leq Z \leq 104$ arasındaki elementler için K tabakası L alt tabakaları için emisyon hızlarını hesaplamıştır. Bu hesaplamalar da elektrik dipol (E_1) geçişlerin yanı sıra zayıf ihtimalli geçişler olan elektrik kuadrupol (E_2), elektrik oktopol (E_3) ve manyetik dipol (M_1) geçişleri de dikkate almıştır. Ayrıca, Scofield (1974b,c) Dirac-Fock modeli kullanarak atom numarası $10 \leq Z \leq 98$ arasındaki bazı elementler için K tabakası L alt tabakaları X-ışını emisyon hızlarını sadece elektrik dipol geçişleri (E_1) dikkate alarak teorik olarak belirlemiştir. Campbell and Wang (1989) atom numarası $18 \leq Z \leq 94$ arasındaki elementleri için Dirac-Fock modeli ile hesaplanmış L alt tabaka emisyon hızı değerlerini literatürde sunmuşlardır.

İlgili tabaka/alt tabakadaki tek bir boşluk için bozunma hızı ışımalı (Radiative) ve ışımasız geçiş (Auger veya Coster-Kronig) hızlarının toplamı olarak ifade edilir. X-ışını çizgileri için şiddet oranları, ilgili geçişler için hızların oranları ile orantılıdır. Kısmi emisyon hızı F_{ij}

$$F_{ij} = \frac{j. X - ışıını emisyon hızı}{i. tabaka/alttabakanın bütün geçişler için toplam X - ışıını emisyon hızı} \quad (2.35)$$

ile ifade edilir. Burada i , tabaka/alt tabaka numarası, j ise çizgi geçiştir. Örnek olarak M_1 alt tabaksından L_3 alt tabakasına geçiş için kısmi emisyon hızı

$$F_{3l} = \frac{[\Gamma_{3l}(M_1 - L_3)]}{\Gamma_3} \quad (2.36)$$

şeklindedir. Burada, Γ_{3l} M_1 alt tabakasından L_3 alt tabakasına olan emisyon hızı, Γ_3 ise L_3 alt tabakası toplam X-ışını emisyon hızıdır.

Kısmi emisyon hızları ile şiddet oranları arasında ilişki K tabakası için,

$$F_{K\alpha} = \left[1 + \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}} \right]^{-1} \quad (2.37)$$

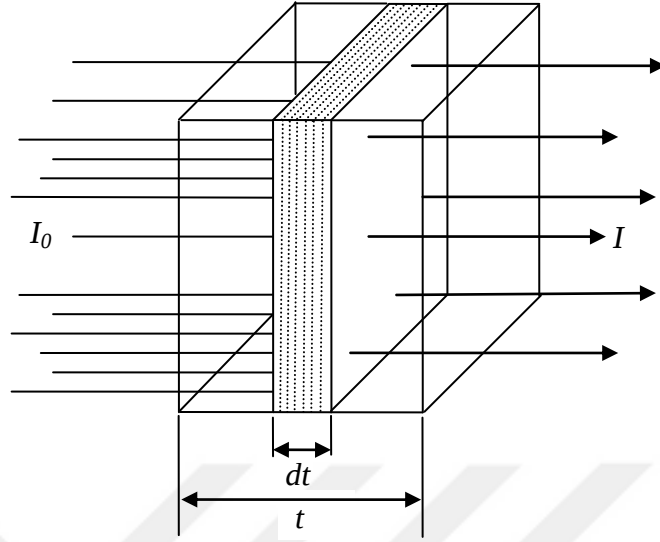
ve

$$F_{K\alpha} + F_{K\beta} = 1 \quad (2.38)$$

şeklinde tanımlanır.

2.6. X-ışınlarının Soğurulması

Şekil 2.6'da I_0 şiddetindeki monokromatik X-ışını şuası t (cm) kalınlığında ve ρ (g/cm³) yoğunluğundaki bir soğurucudan geçmektedir.



Şekil 2.6. X-ışınlarının bir numune boyunca soğurulmasının şematik gösterimi

Geçen ışınlar her zaman I_0 'dan daha az olan I şiddetine sahiptir. Yani, X-ışınları madde boyunca geçerken soğurulmaya veya saçılmaya uğrar. Geçen ışınların şiddeti şu şekilde verilir,

$$\frac{dI}{I} = -\mu_l dt \quad (2.39)$$

burada, μ_l lineer soğurma katsayısı olarak bilinen bir orantı sabitidir ve santimetrenin tersi (cm^{-1}) birimine sahiptir. Negatif işaret, madde boyunca geçen şuada her zaman bir azalma olacağını belirtir. Eğer μ_l değeri t 'den bağımsızsa eşitlik (2.39)'un integrali Lambert Kanununu verir,

$$I = I_0 \exp(-\mu_l t) \quad (2.40)$$

Bu eşitlikten dört X-ışını soğurma katsayısı türetilir.

- Lineer Soğurma katsayısı

- Kütle Soğurma Katsayısı
- Atomik Soğurma Katsayısı
- Elektronik Soğurma Katsayısı

2.6.1. Lineer soğurma katsayıları

Birim alandaki birim kalınlık başına olan soğurmayı verir. SI birim sisteminde, birimi m^{-1} 'dir, ancak daha sık kullanılan birimi cm^{-1} 'dir. (2.40) eşitliğinden,

$$\frac{I}{I_0} = \exp(-\mu_l t) \quad (2.41)$$

bu ifadenin logaritmasını alırsak,

$$\log_e \left(\frac{I}{I_0} \right) = -\mu_l t, \log_e \left(\frac{I_0}{I} \right) = \mu_l t \quad (2.42)$$

buradan,

$$\mu_l = \frac{\log_e \left(\frac{I_0}{I} \right)}{t} \quad (2.43)$$

eşitliği elde edilir.

2.6.2. Kütle soğurma katsayısı

Birim alanda birim kütle başına soğurmayı verir. Kütle soğurma katsayısı soğurucunun yoğunluğuna bağlı değildir ve SI birim sisteminde birimi m^2/kg 'dır. Ancak daha sık kullanan birimi cm^2/g 'dır ($1m^2/kg=10cm^2/g$). Aşağıdaki şekilde belirtilir.

$$\mu_m = \frac{\mu_l}{\rho} \frac{cm^2}{g} \quad (2.44)$$

2.6.3. Atomik soğurma katsayısı

Birim alanda birim atom başına soğurmayı verir. Ayrıca, kütle soğurma katsayısı μ_l/ρ 'nin soğurucunun birim kütlesindeki atom sayısına bölümü şeklinde de belirtilebilir. SI birim sisteminde atomik soğurma katsayısının birimi $m^2/atom$ 'dur, ancak daha sık kullanılan biçimi $cm^2/atom$ 'dur ($1 m^2/atom=10^4 cm^2/atom$) ve şu şekilde ifade edilir.

$$\mu_a = \frac{\mu_l}{\rho} \frac{A}{N_0} = \frac{\mu_l}{n} \frac{cm^2}{atom} \quad (2.45)$$

2.6.4. Elektronik soğurma katsayısı

Birim alandaki birim elektron başına soğurmayı verir. SI birim sisteminde elektronik soğurma katsayısının birimi $m^2/elektron$ 'dur, ancak daha sık kullanılan biçimi $cm^2/elektron$ 'dur ($1 m^2/elektron=10^4 cm^2/elektron$) ve şu şekilde ifade edilir.

$$\mu_e = \frac{\mu_l}{Zn} \frac{cm^2}{elektron} \quad (2.46)$$

Bu dört soğurma katsayısı arasında şöyle bir ilişki vardır.

$$\mu_l = \mu_m \rho = \mu_a \rho \left(\frac{N_0}{A} \right) = \mu_e Z \rho \left(\frac{N_0}{A} \right) \quad (2.47)$$

(2.40)-(2.47) eşitliklerinde, ρ yoğunluk (g/cm^3), t kalınlık, A atomik ağırlık (g/mol), N_0 Avogadro sayısı ($6,02 \times 10^{23}$ atom/mol), ρt alan konsantrasyonu (g/cm^2), n cm^3 başına

atom sayısı ve N_0/A gram başına atom sayısıdır. Bu dört katsayıdan kütle soğurma katsayısı en çok kullanılanıdır.

Çizelge 2.3. Foton soğurma katsayıları çalışmalarında kullanılan soğurma katsayıları

	Sembol	μ ile ilişkisi	SI Birimi	Yaygın Birimi
Lineer Soğurma Katsayısı	μ_l	μ_l	m^{-1}	cm^{-1}
Kütle Soğurma Katsayısı	μ_m	μ_l/ρ	m^2/kg	cm^2/g
Atomik Soğurma Katsayısı	μ_a	μ_l/n	$m^2/atom$	$cm^2/atom$
Elektronik Soğurma Katsayısı	μ_e	μ_l/Zn	$m^2/elektron$	$cm^2/elektron$

2.6.5. Toplam X-ışını azaltma tesir kesiti ile atomik soğurma katsayısı arasındaki ilişki

Her biri kendi lineer ve kütle soğurma katsayısına sahip üç olay sonucunda toplam soğurma katsayısı değeri elde edilir.

$$\mu_l = \tau + \sigma + \pi \quad (2.48)$$

$$\frac{\mu_l}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\sigma}{\rho} + \frac{\pi}{\rho} \quad (2.49)$$

Burada τ ve τ/ρ fotoelektrik soğurma katsayıları σ ve σ/ρ saçılma katsayıları π ve π/ρ çift oluşum katsayılarıdır. Fotoelektrik soğurmada, foton tamamen soğurulur, gelen foton enerjileri yörünge elektronlarını sökmek için kullanılır ve X-ışını spektral çizgilerinin yayımlanması sonucu oluşan fotoelektronlara kinetik enerji olarak verilir. Saçılma sürecinde foton tamamen soğurulmaz, fakat izlediği yoldan numune içinden geçerken sapmaya uğrar. Saçılma olayı, çok kısa dalga boylarında düşük atom numaralı elementlerde fotoelektrik olaydan daha baskındır. Çift oluşumu bir fotonun bir elektron ile bir pozitrona dönüşmesi olayıdır.

X-ışını ya da γ fotonu $\longrightarrow e^- + e^+$

Bu, Einstein eşitliğine göre maddenin enerjiye dönüşümüne iyi bir örnektir.

$$E = mc^2 \quad (2.50)$$

Burada, E enerji (erg), m kütle (g) ve c ışık hızıdır (cm/s). m 'yi elektronun durgun kütlesi olarak alırsak ($9,11 \times 10^{-28}$ g), ışık hızı c , 3×10^{10} cm/s ise ve dönüşüm faktörünü de ($1,6 \times 10^{-6}$ erg/MeV) hesaba katarsak, bu eşitlik bize elektronun eşdeğer durgun kütle enerjisini verir ve o da $0,51$ MeV'dir. Buradan çift oluşum için eşik foton enerjisinin $1,02$ MeV olması gerektiğini buluruz.

Soğurma katsayıları ile toplam azaltma tesir kesitleri arasındaki ilişki,

$$\sigma_t = \frac{\mu_l}{\rho} \frac{A}{N_0} = \mu_m \frac{A}{N_0} = \mu_e Z = \mu_a \quad (2.51)$$

ile ifade edilir. Azaltma tesir kesitleri (barn/atom) ile kütle soğurma katsayıları (cm^2/g) arasında sıklıkla dönüşüm katsayıları kullanılır. Böyle bir durumda azaltma tesir kesiti ile kütle soğurma katsayısı arasındaki ilişki yeniden düzenlenecek olursa

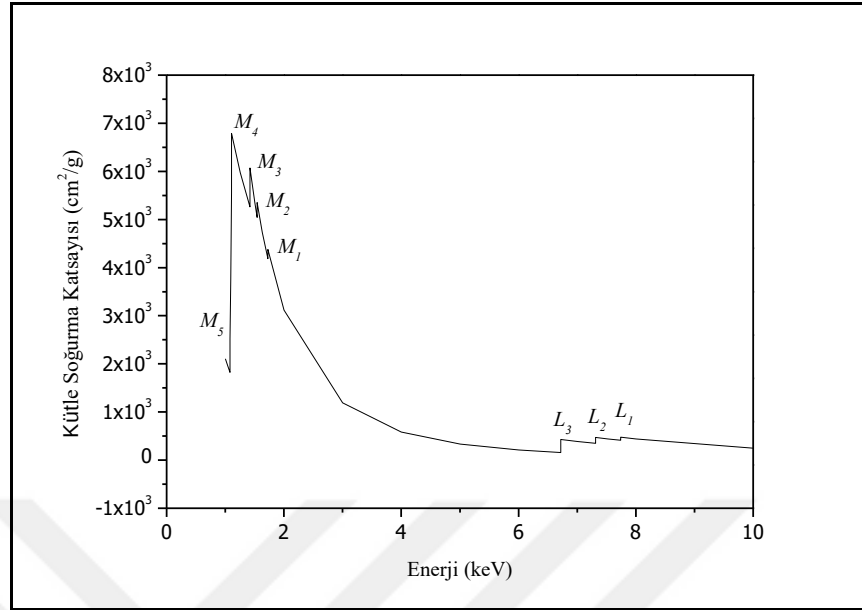
$$\sigma_t = \frac{A(\ln \frac{I_0}{I})}{N_0 \rho t} 10^{24} \text{ barn/atom} \quad (2.52)$$

ifadesi elde edilir. Burada, A atomik ağırlık, N_0 Avogadro sayısı, ρt numune konsantrasyonu (g/cm^2), I_0 ve I sırasıyla soğuruculu ve soğurucusuz sayım değerleridir ($1 \text{ barn} = 1 \times 10^{-24} \text{ cm}^2$).

2.7. X-ışını Soğurma Kıyıları ve Dipol Osilasyonlar

Genelde bir elementin X-ışını soğurma katsayıları ki buna X-ışını durdurma gücü de diyebiliriz, artan dalgaboyu ile azalır. Bu beklenen bir olaydır, çünkü daha kısa dalga boyuna doğru gidildikçe enerji daha büyük olur ve nüfuz etme gücü artar. Buna rağmen, bazı eğrilerde ani süreksizlikler vardır ve bunlara soğurma kıyıları veya kritik soğurma dalga boyları adı verilir. Maksimum dalga boyu (minimum foton enerjisi), soğurma kıyısı bilinen bir elementin bir tabakasından bir elektron koparan dalgaboyudur. Her bir element uyarma potansiyellerinde olduğu gibi birçok soğurma kıyısına sahiptir; K tabakası için bir tane (λ_{Kab}), L tabakası için üç tane (λ_{L1ab} , λ_{L2ab} , λ_{L3ab}), M tabakası için beş tanedir (λ_{M1ab} , λ_{M2ab} , λ_{M3ab} , λ_{M4ab} , λ_{M5ab}). Her bir element için soğurma kıyısı dalgaboyu, tabakalar çekirdeğe yakınlaştıkça azalır, yani $\lambda_{Kab} < \lambda_{L1ab} < \lambda_{L2ab} < \lambda_{L3ab} < \lambda_{M1ab} \dots$ gibi. Verilen bir tabaka için bu dalga boyları artan atom numarası ile azalır.

Bir tabakada fotoelektrik olay meydana getirebilen minimum foton enerjisine o elementin o tabakasına ait soğurma kıyısı denir. Samaryum elementi için soğurma kıyıları ve kütle soğurma katsayılarının enerjinin fonksiyonu olarak değişimi şematik olarak Şekil 2.7’de görülmektedir.



Şekil 2.7. Samaryumun kütle soğurma katsayılarının enerji ile değişimi

Klasik işlevişte osilasyonlar elektronik yüklerin basit harmonik titreşimlerinden kaynaklanıyormuş gibi düşünülebilir.

Kütlesi m ve yükü e olan bir parçacık için değişen elektrik alanında ($E = E_0 e^{i\omega t}$) klasik hareket denklemi,

$$\ddot{x} + k\dot{x} + \omega_s^2 x = \frac{eE_0}{m} e^{i\omega t} \quad (2.53)$$

ile ifade edilir. Burada k sönüm katsayısı ve ω_s yükün doğal açısal frekansıdır. Eşitlik (2.53)'ün çözümü,

$$x = \frac{eE_0}{m} \frac{e^{i\omega t}}{\omega_s^2 - \omega^2 + ik\omega} \quad (2.54)$$

ile verilir. Herhangi bir t anında dipol momenti,

$$M = ex = \frac{e^2}{m} \frac{E_0 e^{i\omega t}}{\omega_s^2 - \omega^2 + ik\omega} \quad (2.55)$$

olacaktır. Dipol momentin yönü uygulanan elektrik alan vektörüne paraleldir. Osilasyon yapan dipol aynı frekansta bir elektromanyetik dalga kaynağıdır.

Saçılan dalganın genliği aşağıdaki denklemle ifade edilir.

$$A_s = \frac{e^2}{mc^2} \frac{\omega^2 E_0}{\omega_s^2 - \omega^2 + ik\omega} \quad (2.56)$$

Dipolün saçılma faktörü (f), saçılan dalganın genliğinin benzer koşullarda serbest bir elektronun saçılma genliğine oranı ile belirlenir. Eşitlik (2.56)'da ω_s ve k sıfır değerini alırsa elde edilecek olan denklem Thomson genliği olacaktır.

$$A_e = -\frac{e^2}{mc^2} E_0 \quad (2.57)$$

Dipolün saçılma faktörü,

$$f = \frac{A_s}{A_e} = \frac{\omega^2}{\omega^2 - \omega_s^2 - ik\omega} \quad (2.58)$$

ile ifade edilir. ω , gelen dalganın frekansı; ω_s , dipol osilasyonunun doğal frekansıdır. Gelen dalganın frekansı dipol osilasyonunun frekansına yaklaştıkça saçılma faktörü, sanal kısma doğru kayacaktır. $\omega \gg \omega_s$ ise saçılma faktörü osilasyon için tektir.

2.8. Saçılma, Soğurma ve Yansıma İndisleri Arasındaki İlişki

Atomik saçılma faktörünün ilgilenilen atomun dipol osilasyonlarının dağılımında yapıldığı gibi benzer terimlerin üst üste binmesinden dolayı eşitlik (2.58) oldukça önemlidir.

Eşitlik (2.58)'i gerçekte ve sanal kısımlarına ayırarak olursak,

$$f = f^l + if^u \quad (2.59)$$

$$f_{(\omega)}^l = \frac{\omega^2(\omega^2 - \omega_s^2)}{(\omega^2 - \omega_s^2)^2 + k^2\omega^2} \quad (2.60)$$

$$f_{(\omega)}^u = \frac{k\omega^3}{(\omega^2 - \omega_s^2)^2 + k^2\omega^2} \quad (2.61)$$

eşitliklerini elde ederiz. Saçılma faktörünün frekansa bağlılığından daha önemli olan nokta saçılma faktörünün gerçekte ve sanal kısımları içermesidir.

Eğer birim hacim başına benzer dipollerin ortalaması (K) oluşturulur ve kırılma indisi (n) ifadesinde yerine yazılırsa,

$$n = 1 - \frac{2\pi K e^2}{m\omega^2} f \quad (2.62)$$

ifadesi elde edilir. Soğurma katsayısı kompleks ise kırılma indisi $n = 1 - \alpha$ ifadesi,

$$n = 1 - \alpha - i\beta \quad (2.63)$$

ile ifade edilir. Eşitlik (2.63)'de α ve β terimleri denklem (2.64) ve (2.65) ile tanımlanır.

$$\alpha = \frac{2\pi K e^2}{m\omega^2} f^l \quad (2.64)$$

$$\beta = \frac{2\pi K e^2}{m\omega^2} f^u \quad (2.65)$$

Lineer soğurma katsayısı (μ_l), şiddetle orantılıdır ve eşitlik (2.66) ile ifade edilir.

$$\mu_l = \frac{4\pi\beta}{\lambda} = \frac{2\omega\beta}{c} = \frac{4\pi K e^2}{mc\omega} f^u \quad (2.66)$$

Denklemden saçılma faktörünün sanal kısmı yerine yazılırsa, dipol başına lineer soğurma katsayısı açısal frekans cinsinden,

$$\mu_l = \frac{4\pi e^2}{mc} \frac{k\omega^2}{(\omega^2 - \omega_s^2)^2 + k^2\omega^2} \quad (2.67)$$

eşitliği ile ifade edilir (James 1954).

Ayrıca, ortalama bir soğurucu için dipol başına dipol saçılma faktörünün sanal bileşeni eşitlik (2.66)'da yeniden düzenlenecek olunursa,

$$f^u = \frac{mc\omega\mu_{l(\omega)}}{4\pi e^2} \quad (2.68)$$

ifadesi elde edilir. Eğer lineer soğurma katsayısı deneysel olarak ölçülebilir büyüklükteyse bu değerler kullanılarak saçılma faktörünün sanal bileşeni deneysel olarak hesaplanabilir. Yukarıda verilen denklemler bir dipol için geçerli olmakla birlikte bir atom içinde açık bir şekilde görülmektedir ki geçerli olacaktır.

(2.66-68) eşitliklerinden de açıkça görülmektedir ki ω , gelen dalgaının frekansı; ω_s , dipol osilasyonun doğal frekansına yaklaştıkça lineer soğurma katsayısı (μ_l) ve saçılma faktörünün sanal bileşen (sanal saçılma faktörü, f'') değerleri kayda değer bir şekilde artacaktır.

2.9. Soğurma Çizgilerinin Genişliği

Eşitlik (2.67)'de dipol başına soğurma, ω gelen dalgaının frekansı, ω_s dipol osilasyonun doğal frekansına çok çok yakınsa maksimum değer alır ve bu değer sönüm katsayısı k küçüldükçe keskinleşir. Eğer farklı dalga boylarında bir dizi elektromanyetik dalga materyal içinden geçerse bu farklı frekanslardaki dalgalardan sadece ω_s ye çok yakın frekansa sahip olan elektromanyetik dalga kayda değer bir şekilde soğurulacaktır. Böylece materyal soğurma çizgisi sergileme imkânı bulacaktır. Soğurma çizgilerinin genişlikleri sönüm katsayısıyla ölçülebilir.

Gelen elektromanyetik dalga dizisinin $E_{(\omega)}(d\omega)$ cm²s başına enerji geçişi ω ile $d\omega$ arasındaki frekanslarla ilgilidir.

Materyaldeki her bir dipol $\mu_{l(\omega)}$ 'ya eşit bir şekilde bu enerjinin bir kısmını soğurur ve bu dalga dizisi ω_1 den ω_2 ye kadar (ω_s içeren) değişen aralıklarda devam ediyorsa, birim zamanda dipol başına soğurulan toplam enerji, bütün dalga dizisi için,

$$E_{(soğurma)} = \int_{\omega_1}^{\omega_2} \mu_{l(\omega)} E_{(\omega)} d\omega \quad (2.69)$$

olacaktır.

(2.67) eşitliği (2.69) eşitliğinde yerine yazılır ve gerekli yaklaşımlar yapılırsa ($\omega = \omega_s$) integralin değeri,

$$E_{(soğurma)} = \frac{2\pi^2 e^2}{mc} E_{(\omega_s)} \quad (2.70)$$

ile ifade edilir. Her bir dipolün, kendi doğal frekansına eşit olarak gelen elektromanyetik radyasyonun enerji yoğunluğunun,

$$\frac{2\pi^2 e^2}{mc} \quad (2.71)$$

kısmını soğurduğu söylenebilir. Açısal frekans yerine $\nu = \omega/2\pi$ değeri yerine yazılırsa,

$$E_{(soğurma)} = \frac{\pi e^2}{mc} E_{(\nu_s)} \quad (2.72)$$

değeri elde edilir. Eşitlik (2.70)'de osilasyonun soğurduğu enerji sönüm katsayısından bağımsız bir şekilde verilmiştir.

Sönüm ihmal edilebilir bir düzeyde küçük olur ve osilasyonun doğal frekansı gelen radyasyonun frekansı ile aynı olur ise osilasyonun genliği zamanla sınırsız bir şekilde artacaktır. Bu klasik fotoelektrik etki olarak hesaba katılır ve fotoelektrik soğurma katsayısını hesaplamak için kullanılabilir.

2.10. Atomik Saçılma Faktörü ve Osilatör Şiddeti

Eşitlik (2.60) ve (2.61)'de ω , ω_s 'den yeterince farklı ve sönüm katsayısı k 'nın çok küçük olduğu bir durum kabul edilirse, saçılma faktörünün gerçek kısmı,

$$f^l = \frac{\omega^2}{\omega^2 - \omega_s^2} \quad (2.73)$$

ile ifadesi edilir.

Lineer soğurma katsayısı eşitliğinden (2.66) saçılma faktörünün sanal kısmının yalnız bırakılmasıyla elde edilen eşitlik (2.68)'de lineer soğurma katsayısı ω , ω_s 'den çok çok farklı olduğu durumda oldukça küçük olacaktır. Bu durumda lineer soğurma katsayısı μ_l ve saçılma faktörünün sanal kısmı f^u ihmal edilebilir.

$$\mu_l = 0 \quad (2.74)$$

$$f^u = 0 \quad (2.75)$$

Böyle bir durumda dipol saçılma faktörünün gerçek kısmına odaklanacak olursak, sırasıyla $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \dots$ frekanslarında $g_1, g_2, g_3, \dots$ osilatör şiddetleri dikkate alındığında, atomda bulunan bütün osilasyonların katkıları toplanarak elde edilen saçılma faktörünün gerçek kısmı,

$$f^l = \sum_s \frac{g_s \omega^2}{\omega^2 - \omega_s^2} \quad (2.76)$$

veya

$$f^l = \sum_s g_s - \sum_s \frac{g_s \omega_s^2}{\omega_s^2 - \omega^2} \quad (2.77)$$

eşitlikleri elde edilir.

Atomik saçılma faktörünün hesaplanmasında temel zorluk osilatör şiddetlerinin hesaplamasıdır.

Kuantum mekanikte bir elektronun x ilk durumundan izinli y durumlarına geçiş ihtimaliyetinin ifadesi olan osilatör şiddeti Thomas-Reiche-Kun,

$$\sum_n g_{(y,x)} = 1 \quad (2.78)$$

toplam kuralına uyar.

2.11. Osilatör Yoğunluğu

ω ile $\omega + d\omega$ limitleri arasında kalan frekanslardaki osilasyonların sayısı $(dg/d\omega)d\omega$ ile ifade edilir. Burada, $(dg/d\omega)$ ise osilatör yoğunluğu olarak adlandırılır. Bu ifade $\omega < \omega_t$ frekansı durumu gerçekleştiğinde sıfır olacaktır. Burada ω_t ilgilenilen tabaka için soğurma kısıyla ilgili olan açıl frekanstır.

K tabakası örnek alınacak olursa, frekansı ω_K ile ∞ arasında olan osilasyonların sayısının integrali ile ifade edilen osilatör şiddeti eşitlik (2.79)'da verilmiştir.

$$g_K = \int_{\omega_K}^{\infty} \left(\frac{dg}{d\omega} \right)_K d\omega \quad (2.79)$$

Başka bir ifadeyle osilatör şiddeti (g_K) K tabakası elektronların bütün izinli durumlara geçiş ihtimaliyetleridir. Toplam kuralı uygulanırsa,

$$g_K = 2 \left(1 - \sum_m g(K, m) \right) \quad (2.80)$$

denklemini elde edilir (Wheeler and Bearden 1934). Burada $g(K, m)$, K tabakasından herhangi bir tabakaya (m) geçişteki sanal osilasyonun osilatör şiddetidir. Eşiklik (2.79) ile verilen integralin değeri K tabakası için 2'den küçük olacaktır. K tabakası için uygulanan bu yaklaşım diğer tabakalar için de geçerlidir.

2.12. Fotoelektrik Soğurmadan Osilatör Şiddetinin Belirlenmesi

Prensipde osilatör yoğunluğu atomik dalga fonksiyonları bilinirse belirlenebilir. ω frekansında her bir osilasyonun birim zamanda soğurduğu enerji miktarı eşitlik (2.70) ile ifade edilir.

$E_{(\omega)}d\omega$, birim zamanda cm^2 başına gelen radyasyonun toplam enerjisi ve $(dg/d\omega)d\omega$, ω ile $\omega + d\omega$ limitleri arasında kalan frekanslardaki osilasyonların sayısını ifade etmek üzere, ω frekansında fotoelektrik tesir kesiti,

$$\tau_{a(\omega)} = \frac{\text{Atom başına soğurulan enerji}}{\text{cm}^2 \text{ başına gelen enerji}} \quad (2.81)$$

ile ifade edilir. Atom başına soğurulan enerji, osilasyon sayısı ile atom başına her bir dipolün soğurdu enerjinin (2.70) çarpımına eşittir. Bu durumda eşitlik (2.81)'i yeniden düzenlersek, birim zamanda dipol başına soğurulan toplam enerji

$$\tau_{a(\omega)} = \frac{\frac{2\pi^2 e^2}{mc} E_{(\omega)} x \left(\frac{dg}{d\omega} \right) d\omega}{E_{(\omega)} d\omega} \quad (2.82)$$

olarak ifade edilir. Denklem yeni baştan düzenlenir ve osilatör yoğunluğu $(dg/d\omega)$ yalnız bırakılırsa,

$$\left(\frac{dg}{d\omega} \right) = \left(\frac{mc}{2\pi^2 e^2} \right) \tau_{a(\omega)} \quad (2.83)$$

ifadesi elde edilir. Eşitlik (2.83)'den anlaşılacağı üzere osilatör yoğunluğu deneysel fotoelektrik soğurma tesir kesiti değerleri kullanılarak belirlenebilir.

Atomun K tabakası soğurma kıyısı civarında fotoelektrik tesir kesitinin frekans ile değişimi yarı deneysel formülle eşitlik (2.84)'de incelenmiştir.

$$\tau_{K(\omega)} = \begin{cases} (\omega_K/\omega)^n \tau_{K(\omega_K)} & \omega > \omega_K \\ 0 & \omega < \omega_K \end{cases} \quad (2.84)$$

K tabakası osilatör şiddeti için eşitlik (2.83), eşitlik (2.79)'da yerine konulacak olursa ($\tau_{a(\omega)} = \tau_{K(\omega)}$),

$$g_K = \int_{\omega_K}^{\infty} \left(\frac{dg}{d\omega} \right)_K d\omega = \int_{\omega_K}^{\infty} \frac{mc}{2\pi^2 e^2} \tau_{K(\omega)} d\omega \quad (2.85)$$

ifadesi elde edilir. Eşitlik (2.84)'de verilen $\tau_{K(\omega)}$ ifadesi eşitlik (2.85)'de yerine yazılırsa,

$$g_K = \int_{\omega_K}^{\infty} \frac{mc}{2\pi^2 e^2} \left(\frac{\omega_K}{\omega} \right)^n \tau_{K(\omega_K)} d\omega \quad (2.86)$$

$$g_K = \frac{mc}{2\pi^2 e^2} \omega_K^n \tau_{K(\omega_K)} \int_{\omega_K}^{\infty} \frac{d\omega}{\omega^n} \quad (2.87)$$

ifadesi elde edilir. Belirli integral değeri,

$$\int_{\omega_K}^{\infty} \frac{d\omega}{\omega^n} = \frac{\omega_K}{\omega_K^n (n-1)} \quad (2.88)$$

eşitlik (2.87)'de yerine yazılır ve gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$g_K = \frac{mc}{2\pi^2 e^2} \frac{\omega_K}{(n-1)} \tau_{K(\omega_K)} \quad (2.89)$$

ifadesi elde edilir (James 1954). Açısal frekans ifadesi $\omega_K = E_K/\hbar$ eşitlik (2.89)'da yerine yazılırsa osilatör şiddeti için

$$g_K = \frac{mc}{2\pi^2\hbar e^2} \frac{E_K}{(n-1)} \tau_{K(\omega_K)} \quad (2.90)$$

ifadesi elde edilir. Burada m elektron kütlesi, c ışık hızı, E_K soğurma kıyısı enerjisi, $\tau_{K(\omega_K)}$ fotoelektrik tesir kesiti, $\hbar$ plank sabiti ve e^2 yükün karesi, n ise K tabakası soğurma kıyısı üzerinde $\ln(\tau_K^{üst})$ 'nin $\ln(E)$ 'ye karşı çizilen denklem eğimidir.

2.13. Soğurma Sıçrama Oranı, Sıçrama Faktörü ve Uyarma Faktörü

Soğurma sıçrama oranı r , belirli bir atomik enerji tabakası tarafından toplam soğurulan kütle soğurma katsayısının kısmi tabakadaki kütle soğurma katsayısına oranı şeklinde belirtir. Örneğin K ve L_3 sıçrama oranları şu şekilde belirtilir.

$$r_K = \frac{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_K + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L1} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L2} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L3} + \dots}{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L1} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L2} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L3} + \dots} \quad (2.91)$$

$$r_{L3} = \frac{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{L3} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{M1} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{M2} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{M3} + \dots}{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{M1} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{M2} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_{M3} + \dots} \quad (2.92)$$

Daha basit ifade edecek olursak,

$$r = \frac{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_K}{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_U} \quad (2.93)$$

ifadesi elde edilir. Burada, K ve U sırasıyla soğurma kuyusunun kısa ve uzun dalgaboyu taraflarını ifade eder, yani üst ve alt ya da μ_l/ρ 'nun maksimum ve minimum değerleridir. Meydana gelen fotoiyonizasyonların toplam sayısını ifade eden sıçrama faktörü K tabakası için şöyle yazabiliriz (Akman 2013).

$$J_K = \frac{\left[\left(\frac{\mu_l}{\rho} \right)_K - \left(\frac{\mu_l}{\rho} \right)_U \right]}{\left(\frac{\mu_l}{\rho} \right)_K} = 1 - \left(\frac{1}{r_K} \right) = \frac{r_K - 1}{r_K} \quad (2.94)$$

Uyarma faktörü ise ilgilenilen tabaka için boşluk başına yayımlanan X-ışınlarının yayınlama ihtimaliyeti olan floresans verim, gelen fotonun tabakalardan elektron koparma olasılığını bir ölçüsü olan sıçrama faktörü ve X-ışını yayımlanma oranı çarpımı olarak ifade edilir. K tabakası için uyarma faktörü,

$$Q_i = J_K F_{Ki} \omega_K = [(r_K - 1)/r_K] F_{Ki} \omega_K \quad (i = \alpha, \beta) \quad (2.95)$$

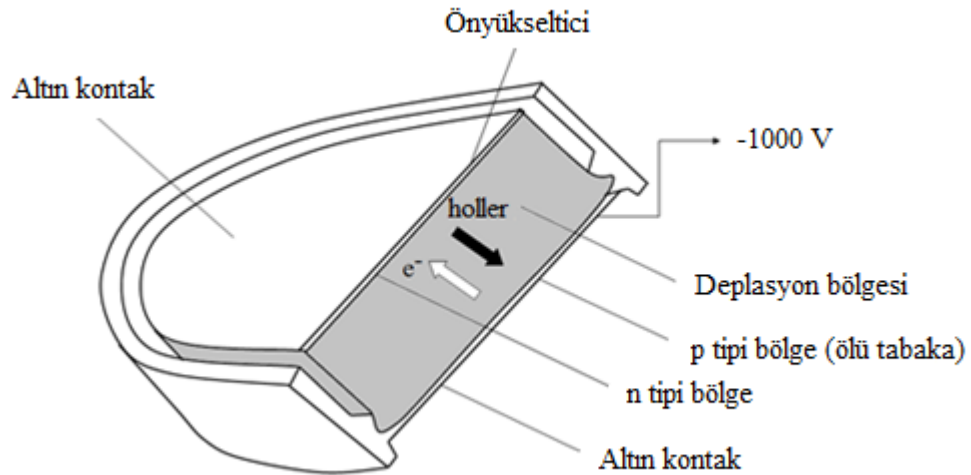
ile ifade edilir (Broll 1986).

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Si (Li) Dedektörler

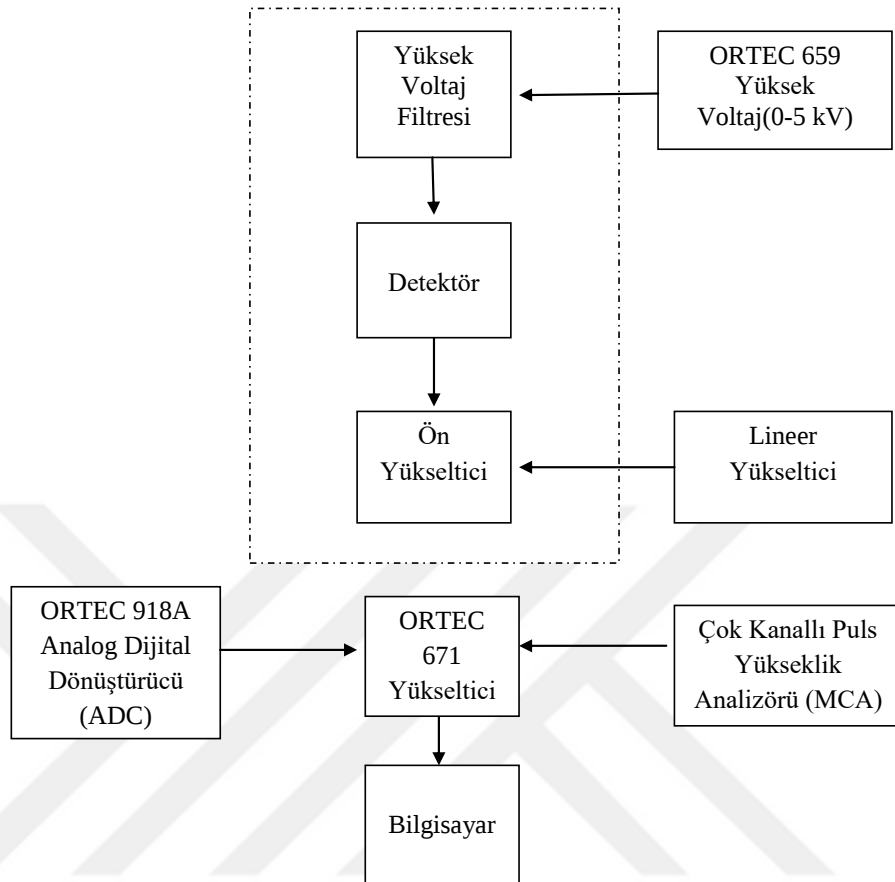
Dedektörler, X-ışını foton enerjisini bu fotonların dedektörün aktif maddesi ile çeşitli yollarla etkileşmesi sonucu, voltaj pulsuna çeviren dönüştürücülerdir. Karakteristik X-ışınlarının şiddetlerinin ölçülmesinde, X-ışınlarının hem enerjilerinin birbirine yakın olmasından hem de düşük enerji bölgesinde yer almalarından dolayı rezülasyonu ve dedektör verimi çok iyi olan yarı iletken katıhal dedektörleri kullanılmaktadır. Katıhal dedektörleri, yarı iletkenlerin düşük sıcaklıklarda iyi bir yalıtkan davranışı göstermelerinden istifadeyle yapılmıştır.

Deneylerde kullanılan dedektör kristalinin aktif alan çapı 4 mm, hassas derinliği 5 mm ve dedektör-pencere mesafesi 7 mm'dir. Dedektörün rezülasyonu 5,9 keV'de 160 eV'dur. Elektrotlar, lityum katkılanmış silisyum yüzeyine 200 Å kalınlıkta altın buharlaştırılmasıyla elde edilmiştir. Dedektör en iyi rezülasyonu elde etmek ve gürültüyü minimize etmek için sıvı azot kaynama sıcaklığında (-196°C) tutulmuştur. Bir Si(Li) dedektörün şematik gösterimi Şekil 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Si(Li) katıhal dedektörünün şematik gösterimi

Dedektör 0,008 mm kalınlıklı Be pencere ile koruma altına alınarak dışarıdan gelebilecek yüzey kirlenmelerinin önüne geçilmiştir. Kristal sayacın girişinde (p-tipi bölgede) sayıma katkısı bulunmayan bir tabaka vardır ve bu tabakaya ölü tabaka adı verilir. Si(Li) dedektöre fotonlar geldiğinde altın elektrot ve ölü tabakayı geçerek deplasyon bölgesinde Si atomlarını uyararak elektron-boşluk çiftleri oluştururlar. Bu işlem sırasında fotonlar enerjilerinin büyük bir kısmını fotoelektronlara aktarırlar ve enerjileri bitinceye kadar yolları üzerinde elektron-boşluk çiftleri oluştururlar. Si(Li) dedektöre yaklaşık 1000 voltluk ters besleme potansiyeli uygulanır. Meydana gelen elektrik alan, fotonların oluşturduğu elektron-boşluk çiftlerini toplar. Ters besleme nedeniyle elektronlar n-tipi, boşluklar ise p-tipi bölgeye yönelirler. Dedektöre gelen foton enerjisiyle orantılı olarak elektron-boşluk çifti oluşur. Sayaç maddesinin seçiminde elektron-boşluk çifti veriminin büyük olması, yani elektron-boşluk çifti başına düşen enerjinin küçük olması tercih edilir. Bir Si(Li) dedektörde bir elektron-boşluk çifti oluşturmak için gerekli minimum enerji 3,8 eV'dur. n ve p tipi bölgelerde elektrik alan vasıtasıyla toplanan yükler, akım pulsundan potansiyel pulsuna dönüştürülür. Kullanılan elektronik sistem vasıtasıyla, potansiyel pulsu, puls yükseklik analizöründe enerjisine karşılık gelen kanala yerleştirilir. Şekil 3.2'de sayma sistemi verilmiştir.



Şekil 3.2. Sayma sistemi

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Numunelerin hazırlanmasında homojen bir dağılım elde etmek için özen gösterilmiştir. Bu çalışmada, orta atom numaralı ($39 \leq Z \leq 68$) bazı elementler kullanılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan numuneler ve özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Toz halinde bulunan numuneler akik havanında öğütülüp 400 mesh'lik eleklerde parçacık büyüklüğü ve soğurma etkisini en aza indirmek için elenmiştir. Toz numuneler, 0,65 cm yarıçaplı tabletler haline getirmek için ortalama 10 ton/cm^2 basınç altında preslenmiştir. Numuneler 10^{-5} gram hassasiyetli terazi ile tartılmıştır. Hazırlanan numunelerin mümkün olduğunca ince olmasına dikkat edilmesiyle, numuneden gelen çoklu saçılma etkileri en aza indirgenmiştir.

Çizelge 3.1. Tez çalışmasında kullanılan numuneler ve özellikleri

Element	Atom Numarası	Kimyasal Formül	Numune Formu	Parçacık Büyüklüğü (mesh)	Saflığı (%)
Y	39	Y ₂ O ₃	Toz	400<	99,90
Zr	40	Zr	Toz	400<	99,90
Nb	41	Nb	Toz	400<	99,90
Mo	42	Mo	Toz	400<	99,90
Ru	44	Ru	Toz	400<	99,90
Pd	46	PdSO ₄	Toz	400<	99,90
Ag	47	Ag	Toz	400<	99,90
Cd	48	Cd	Toz	400<	99,90
In	49	In	Plaka	-	99,99
Sn	50	Sn	Plaka	-	99,99
Sb	51	Sb	Toz	400<	99,90
Te	52	Te	Toz	400<	99,90
Cs	55	CsCl	Toz	400<	99,90
Ba	56	BaSO ₄	Toz	400<	99,90
La	57	La	Toz	400<	99,90
Ce	58	Ce	Toz	400<	99,90
Pr	59	Pr	Toz	400<	99,90
Nd	60	Nd	Toz	400<	99,90
Sm	62	Sm	Toz	400<	99,90
Eu	63	Eu ₂ O ₃	Toz	400<	99,90
Gd	64	Gd	Toz	400<	99,90
Tb	65	Tb	Toz	400<	99,90
Dy	66	Dy	Toz	400<	99,90
Ho	67	Ho	Toz	400<	99,90
Er	68	Er	Toz	400<	99,90

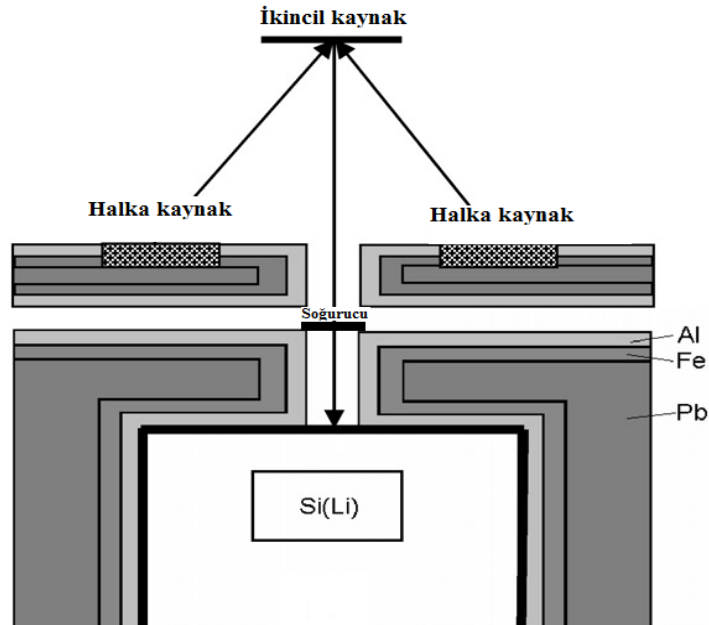
3.3. Ölçme Sistemi ve Deney Geometrisi

Bu çalışmada aktif çapı 4 mm ve 5,9 keV’de yarı yükseklikteki tam genişliği (FWHM) 160 eV olan Si(Li) dedektör kullanılmıştır. Deney süresince sayaç kristali ve FET (Field

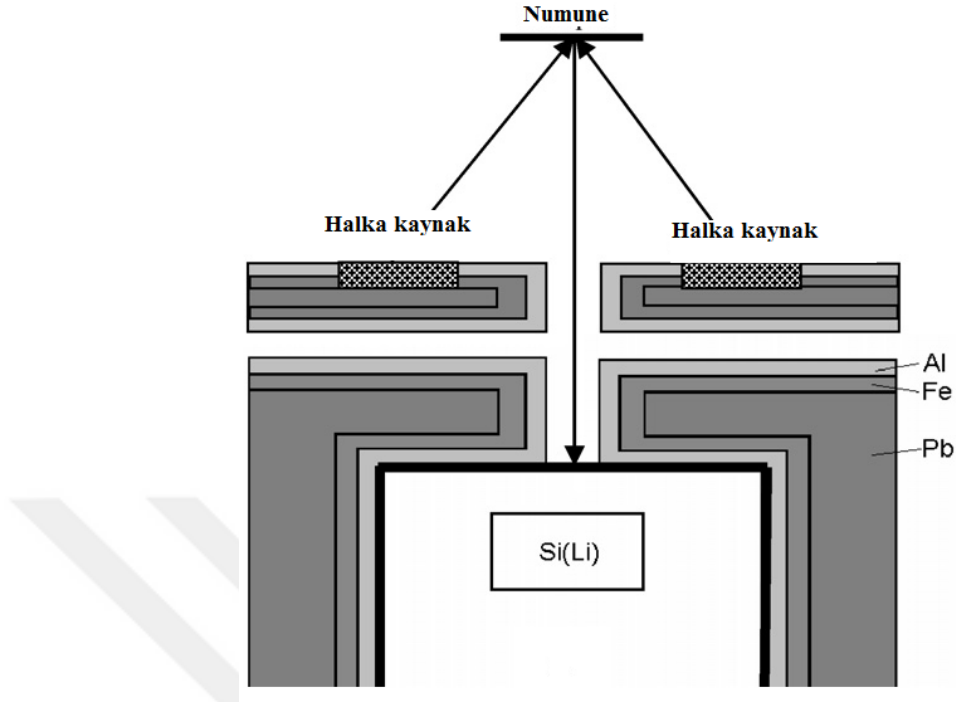
Effect Transistor) 30 litrelik sıvı azot kabında, sıvı azot sıcaklığında tutulmuştur. Deneylerde, 100 mCi ($3,7 \times 10^9$ Bq) şiddetindeki Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik gama ışınları ve Çizelge 3.1'de verilen element ve bileşiklerin $K\alpha_1$, $K\alpha$, $K\alpha_2$, $K\beta_{1,3}$, $K\beta$ ve $K\beta_2$ karakteristik X-ışınları kullanılmıştır. Ölçümlere başlamadan önce kaynaktan gelen fotonların detektörü en iyi şekilde görebilmesi ve minimum saçılma açısı için Zararsız and Aygün (1989) tarafından verilen formülle gelme açısı hesaplanmıştır,

$$\cos\theta = \frac{l}{[l^2 + 0,25(R_0 + R_1)^2]^{1/2}} \quad (3.1)$$

burada l , kaynak numune arasındaki mesafe (3,05 cm), R_0 (2,10 cm) ve R_1 (4,00 cm) sırasıyla radyoaktif kaynağın iç ve dış çapıdır. Deneyde gelme açısı 45° ve yansıma açısı da 0° olarak bulunmuştur. Ölçümler için kullanılan deney geometrileri Şekil 3.3 ve 4'de verilmiştir.

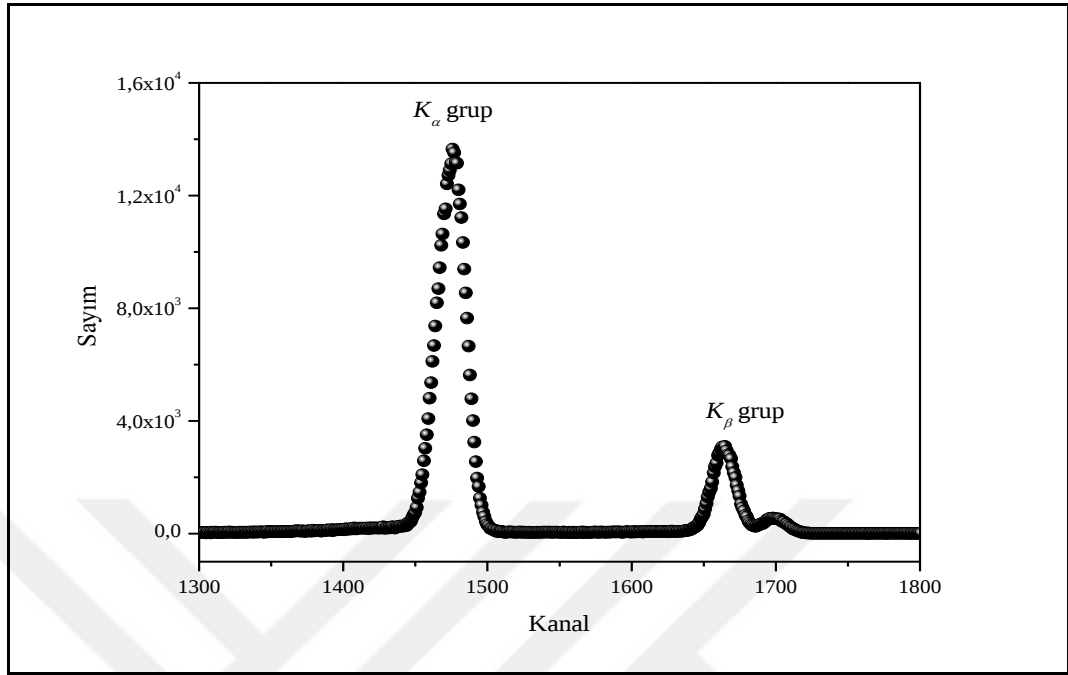


Şekil 3.3. Geçiş geometrisi

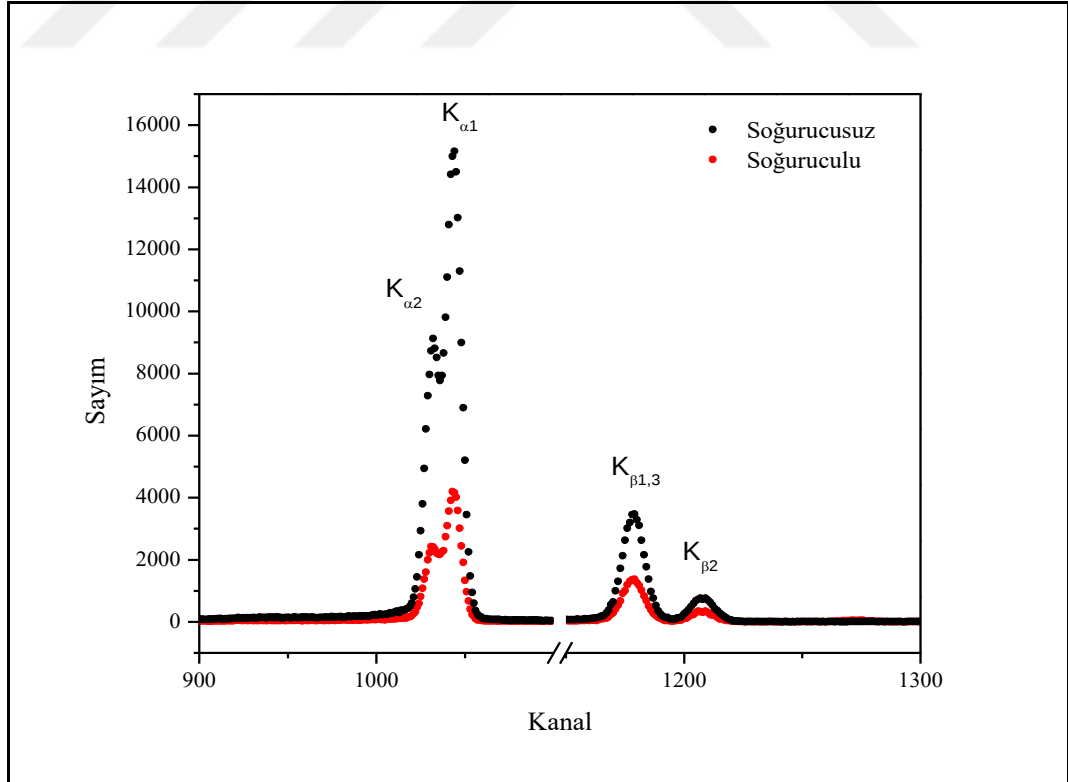


Şekil 3.4. Uyarma geometrisi

MCA için Maestro programında 2048 kanal seçilmiş ve Am-241, Ba-109 ve Fe-55 test kaynakları ve bazı elementlerin enerjileri bilinen K X-ışını pikleri kullanılarak kalibrasyon işlemi yapılmıştır. Maestro programında alınan sonuçlar Microcal Origin 7.5 programında çizilmiş ve bu program yardımıyla ilgili piklerin net alanları belirlenmiştir. Uyarma geometrisinde Cd için elde edilen tipik bir K X-ışını spektrumu ve geçiş geometrisinde Ce için elde edilen soğurma spektrumu Şekil 3.5 ve 3.6'da verilmiştir. Ölçümlerde numuneler 300 ile 86400 saniye arasında saydırılmıştır.



Şekil 3.5. Cd'un tipik K X-ışını spektrumu



Şekil 3.6. Geçiş geometrisinde alınan Ce soğurucusu varlığında ve yokluğunda Ba'nın K X-ışınları için tipik bir spektrum gösterimi

3.4. Kütle Soğurma Katsayısının Belirlenmesi

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

$$I = I_0 \exp \left[- \left(\frac{\mu_l}{\rho} \right) t \rho \right] \quad (3.2)$$

$$\mu_m = \frac{\mu_l}{\rho} = - \frac{1}{t \rho} \ln \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad (3.3)$$

ifadesinden ölçülmüştür. Burada, μ_l lineer soğurma katsayısı (cm^{-1}), ρ numunenin yoğunluğu (g/cm^3), t numunenin kalınlığı (cm), I_0 soğurucusuz alınan sayım değeri ve I radyasyonun numune kalınlığı boyunca nüfuz ettiği sayım değeridir.

Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için K tabakası soğurma kıyısı civarında kütle soğurma katsayıları $14,932 \leq E \leq 57,142 \text{ keV}$ enerji aralığında, Çizelge 3.1’de verilen element ve bileşiklerden yayımlanan $K\alpha_1$, $K\alpha$, $K\alpha_2$, $K\beta_{1,3}$, $K\beta$ ve $K\beta_2$ karakteristik X-ışınları kullanılarak ölçülmüştür.

3.5. Toplam Azaltma Tesir Kesiti, Fotoelektrik Tesir Kesitleri, K Tabakası Soğurma Kıyısı Enerjisi, Sıçrama Oranı, Sıçrama Faktörü ve Osilatör Şiddetinin Belirlenmesi

Toplam azaltma tesir kesiti,

$$\sigma_t = \frac{A(\ln \frac{I_0}{I})}{N_0 \rho t} 10^{24} \quad (3.4)$$

ifadesinden hesaplanmıştır. Bu ifadede A atomik ağırlık, N_0 Avogadro sayısı, ρt numune konsantrasyonu (g/cm^2), I_0 ve I sırasıyla soğuruculu ve soğurucusuz sayım değerleridir.

K tabakası azaltma tesir kesitlerini ve bu parametrelere bağlı olan fotoelektrik tesir kesitlerini, soğurma sıçrama oranlarını, soğurma sıçrama faktörlerini ve osilatör şiddetlerini deneysel olarak doğru bir şekilde belirlemek için elementlerin soğurma kıyı enerjilerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Kıyı enerjilerinin deneysel olarak doğru bir şekilde belirlenmesi için K tabakası soğurma kıyılarının alt ve üst bölgelerindeki kütle soğurma katsayıları ve azaltma tesir kesiti değerleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak sigmoidal fonksiyon ile fit edilmiştir. Sigmoidal fonksiyonlar,

$$\mu_m(E) = \frac{\mu_l}{\rho}(E) = \frac{\left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_K^{alt} - \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_K^{üst}}{1 + \exp\left(\frac{E - E_K}{dE}\right)} + \left(\frac{\mu_l}{\rho}\right)_K^{üst} \quad (3.5)$$

ve

$$\sigma_t(E) = \frac{\sigma_K^{alt} - \sigma_K^{üst}}{1 + \exp\left(\frac{E - E_K}{dE}\right)} + \sigma_K^{üst} \quad (3.6)$$

ile ifade edilir. Burada $\mu_l/\rho(E)$ ve $\sigma_t(E)$ sırasıyla ilgilenilen foton enerjisinde kütle soğurma katsayısı ve azaltma tesir kesitidir. $(\mu_l/\rho)_K^{alt}$ ve σ_K^{alt} sırasıyla düşük enerji bölgesindeki kütle soğurma katsayısı ve azaltma tesir kesitidir. $(\mu_l/\rho)_K^{üst}$ ve $\sigma_K^{üst}$ sırasıyla yüksek enerji bölgesindeki kütle soğurma katsayısı ve azaltma tesir kesitidir. E_K ise sigmoidal fonksiyonun dönüm noktasıdır. Sigmoidal bir fonksiyonun yön değiştirdiği nokta dönüm noktasıdır. Sigmoidal fonksiyon için bu dönüm noktası fonksiyonun enerjiye bağlı olarak türevi alındığında maksimum değeri alacaktır. Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için sigmoidal fit fonksiyonları ve

fonksiyonların birinci türevleri Şekil 4.1-4.42’de (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 hariç) verilmiştir.

K tabakası soğurma sıçrama oranları aşağıdaki eşitlikten deneysel olarak belirlenmiştir.

$$r_K = \frac{\tau_K + \tau_{L1} + \tau_{L2} + \tau_{L3} + \dots}{\tau_{L1} + \tau_{L2} + \tau_{L3} + \dots} = \frac{\tau_{toplam}}{\tau_{toplam} - \tau_K} = \frac{\tau_K^{üst}}{\tau_K^{alt}} \quad (3.7)$$

Burada, τ_i herhangi bir madde için i . tabaka/alt tabakanın fotoelektrik tesir kesitini ifade etmektedir. K tabakası soğurma kıyısı civarındaki toplam fotoelektrik tesir kesitleri foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak çizilecek olursa, K tabakası soğurma sıçrama oranı enerji seviyesinin üst ve alt kısmı arasındaki orandan belirlenir. Burada, τ_K^{alt} düşük enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesiti, $\tau_K^{üst}$ ise yüksek enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesitidir.

J soğurma sıçrama faktörü, gelen fotonun $K, L, M, \dots$ tabakalarından elektron koparma olasılığının bir ölçüsüdür ve K tabakası için aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmıştır.

$$J_K = \frac{\tau_K}{\tau_K + \tau_{L1} + \tau_{L2} + \tau_{L3} + \dots} \quad (3.8)$$

Denklem, eşitlik (3.7) kullanılarak yeni baştan düzenlenecek olursa,

$$J_K = \frac{r_K - 1}{r_K} \quad (3.9)$$

eşitliği elde edilir.

Toplam fotoelektrik tesir kesitleri aşağıdaki eşitlikten deneysel olarak belirlenmiştir.

$$\tau_{toplamlam} = (\sigma_{toplamlam}) - (\sigma_s) \quad (3.10)$$

Burada, σ_s toplam atomik saçılma tesir kesiti (koharent ve incoharent saçılma tesir kesitlerinin toplamı) olup, Gerward *et al.* (2001)'nın WinXCOM programından hesaplanmıştır.

K tabakası soğurma kıyısı civarındaki toplam fotoelektrik tesir kesitleri foton enerjisinin bir fonksiyonu olarak çizilecek olursa, K tabakası fotoelektrik tesir kesiti enerji seviyesinin üst ve alt kısmı arasındaki farktan belirlenebilir.

$$\tau_K = (\tau_K^{üst}) - (\tau_K^{alt}) \quad (3.11)$$

K tabakası fotoelektrik tesir kesiti K tabakası osilatör şiddetinin belirlenmesinde kullanılır.

$$g_K = \frac{\alpha}{2\pi^2 mc^2 r_0^2} \frac{E_K \tau_K}{(n-1)} \quad (3.12)$$

Burada, α ince yapı sabiti, mc^2 elektron durgun kütle enerjisi, E_K K tabakası soğurma kıyısı enerjisi, τ_K K tabakası fotoelektrik tesir kesiti, r_0 klasik elektron yarıçapı, n K tabakası soğurma kıyısı üzerindeki $\ln(\tau_K^{üst})$ 'nin $\ln(E)$ 'ye karşı çizilen grafiğin eğimidir (Şekil 4.60-4.69), (Mallikarjuna *et al.* 2002). Eşitlik (3.12)'de klasik elektron yarıçapı yerine $r_0 = \alpha^2 a_0$ bağıntısı yerine yazılırsa,

$$g_K = \frac{E_K \tau_K}{(n-1)} \frac{\alpha}{2\pi^2 mc^2 (\alpha^4 a_0^2)} \quad (3.13)$$

bağıntısı elde edilir. Burada α ince yapı sabiti ($\alpha = e^2/\hbar c$) ve a_0 bohr yarıçapıdır ($a_0 = \hbar/mc\alpha$). Bohr yarıçapının karesi alınıp eşitlik (3.13)'de yerine yazılıp, gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$g_K = \frac{E_K \tau_K}{(n-1)2\pi^2 \left(\alpha \frac{\hbar^2}{m} \right)} \quad (3.14)$$

bağıntısı elde edilir. İnce yapı sabiti eşitlik (3.14)'de yerine yazılıp, yeniden düzenlenirse (James 1954),

$$g_K = \frac{mcE_K\tau_K}{2\pi^2\hbar e^2(n-1)} \quad (3.15)$$

bağıntısı elde edilir. Burada m (kg) elektron kütlesi, c (m/s) ışık hızı, E_K (eV) soğurma kıyısı enerjisi, τ_K (barns/atom) fotoelektrik tesir kesiti, $\hbar$ (eV.s) plank sabiti ve e^2 (kgm³/s²) yükün karesidir. Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için K tabakası osilatör şiddetleri, deneysel olarak belirlenen soğurma kıyısı enerjileri (Eşitlik 3.5-3.6), K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri (Eşitlik 3.11) ve n , K tabakası soğurma kıyısı üzerinde $\ln(\tau_K^{\text{üst}})$ 'nin $\ln(E)$ 'ye karşı çizilen grafiğin eğimleri (Çizelge 4.35, Şekil 4.60-4.69) kullanılarak eşitlik (3.15)'den hesaplanmıştır.

3.6. K X-Işını Floresans Tesir Kesiti, Floresans Verimi, Şiddet Oranı ve Uyarma Faktörünün Belirlenmesi

Deneysel K X-ışını floresans tesir kesiti,

$$\sigma_{Ki} = \frac{N_{Ki}}{I_0 G \varepsilon_{Ki} \beta_{Ki} t N_0} A \quad (i = \alpha, \beta) \quad (3.16)$$

ifadesinden hesaplanmıştır. Bu ifadede N_{Ki} , Ki X-ışını piki altında kalan alan (Ki X-ışınlarının sayısı), I_0 , uyarıcı radyasyonun şiddeti, G , kaynak-numune geometrisine bağlı geometrik faktör ε_{Ki} , Ki X-ışınları için dedektör verimi, β_{Ki} , öz soğurma düzeltme faktörü, t , numunenin kalınlığıdır, A , atomik ağırlık, N_0 , avogadro sayısıdır.

Numunelerin uyarılması sonucunda oluşan karakteristik X-ışınları numune içerisinde geçerken numune içindeki atomlar tarafından soğurulmaktadır. Bu nedenle dedektör tarafından ölçülen X-ışını şiddeti yayımlanandan farklı olacaktır. Yayımlanan X-ışını şiddeti (N_{yay}) ve ölçülen X-ışını şiddeti ($N_{ölç}$) olmak üzere,

$$N_{ölç} = N_{yay}\beta \quad (3.17)$$

olmaktadır. β öz soğurma düzeltme faktörü enerjiye, X-ışınlarının numuneye geliş ve çıkış açılarına ve numune kalınlığına bağlıdır. β 'nın değeri,

$$\beta = \frac{1 - \exp[-(\mu_{mi}/\cos\theta_i + \mu_{me}/\cos\theta_e)t]}{(\mu_{mi}/\cos\theta_i + \mu_{me}/\cos\theta_e)t} \quad (3.18)$$

bağıntısında hesaplanmıştır. Bu ifadede μ_{mi} ve μ_{me} (g/cm^2) sırasıyla numuneye gelen ve numuneden yayımlanan (K_i X-ışınları) radyasyon enerjileri için numunenin kütle soğurma katsayıları, θ_i (45°) ve θ_e (0°) sırasıyla numuneye gelen ve numuneden yayımlanan radyasyonun numune yüzeyinin normaliyle yaptığı açılardır. μ_{mi} ve μ_{me} değerleri ilgili enerjiler için Berger and Hubbell (1987) tarafından geliştirilen XCOM bilgisayar programı kullanılarak elde edilmiştir.

$I_0 G_{\epsilon}$ faktörünün değeri, K X-ışını tesir kesiti hesaplanmak istenen elementlerin K X-ışınları ile aynı enerji bölgesine düşen farklı ve/veya aynı elementlerin K X-ışını floresans tesir kesitleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I_0 G_{\epsilon Ki} = \frac{N_{Ki}}{\sigma_{Ki} \beta_{Ki} t} \frac{A}{N_0} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (3.19)$$

Burada N_{Ki} , K_i X-ışınlarının sayısı ve σ_{Ki} , K_i X-ışınlarının floresans tesir kesitidir. σ_{Ki} 'nin değeri,

$$\sigma_{Ki} = \sigma_K(E)\omega_K F_{Ki} \quad (3.20)$$

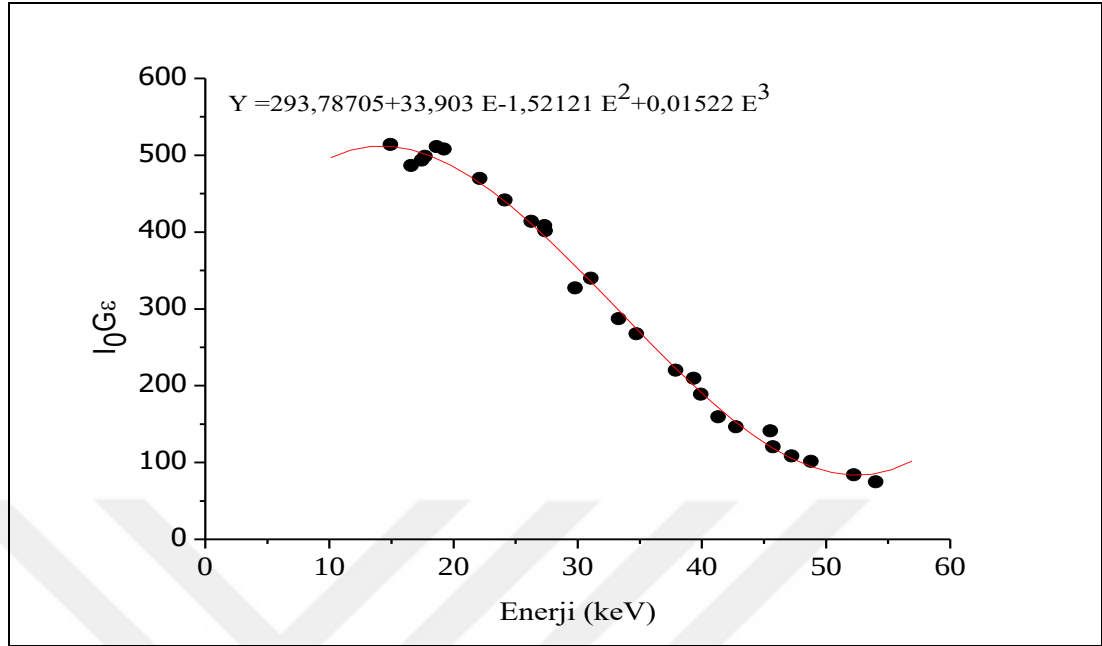
ifadesinden belirlenmiştir. Bu ifadede $\sigma_K(E)$, E uyarma enerjisinde numunenin K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesiti, ω_K , numunenin K tabakası floresans verimidir. $\sigma_K(E)$ değerleri Scofield'in (Scofield 1973) tablolarından hesaplanmıştır. Ayrıca ω_K değerleri Krause'un tablolarından (Krause 1979) alınmıştır. F_{Ki} , Ki X-ışınları için X-ışını kısmi yayımlanma oranı olup

$$F_{K\alpha} = \left(1 + \frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}}\right)^{-1} \quad (3.21)$$

$$F_{K\beta} = \left(1 + \frac{I_{K\alpha}}{I_{K\beta}}\right)^{-1} \quad (3.22)$$

şeklinde tanımlanır. Burada $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ ve $I_{K\alpha}/I_{K\beta}$, $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışınlarının şiddet oranlarıdır (Scofield 1974a).

Yapılan çalışmada dedektör verimini ($I_0 G \varepsilon_{Ki}$) elde etmek için ana ölçülerin alındığı uyarma geometrisindeki deney koşulları muhafaza edilerek Y, Zr, Nb, Mo, Ru, Ag, In, Sb, Te, La, Ce, Sm, Eu, Gd, Dy, Ho, Er elementlerinin K X-ışınları sayılmıştır. $I_0 G \varepsilon_{Ki}$ faktörünün Ki ($i = \alpha, \beta$) X-ışını enerjisine göre çizilen grafiğinden (Şekil 3.7) ilgilenilen numunenin Ki X-ışını enerjisine karşılık gelen $I_0 G \varepsilon_{Ki}$ değeri belirlenmiştir. Bu değerler eşitlik (3.16)'da kullanılarak Ki X-ışını floresans tesir kesitlerinin deneysel değerleri hesaplanmıştır. Floresans tesir kesitlerinin teorik değerleri ise eşitlik (3.20) kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 3.7. Enerjinin fonksiyonu olarak $I_0 G \varepsilon$ 'nin değişimi

Deneyisel K tabakası floresans verim değerleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\omega_K = \frac{\sum \sigma_{Ki}}{\sigma_K(E)} \quad (i = \alpha, \beta) \quad (3.23)$$

Burada, $\sum \sigma_{Ki}$, deneysel olarak elde edilecek olan K X-ışını floresans tesir kesiti, $\sigma_K(E)$, E uyarma enerjisinde numunenin K tabakası fotoiyonizasyon tesir kesitidir (Scofield 1973). Deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları değerleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak deneysel olarak belirlenmiştir.

$$\frac{I_{K\beta}}{I_{K\alpha}} = \frac{N_{K\beta} \beta_{K\alpha} \varepsilon_{K\alpha}}{N_{K\alpha} \beta_{K\beta} \varepsilon_{K\beta}} \quad (3.24)$$

Burada, $N_{K\alpha}$, $N_{K\beta}$, $\beta_{K\alpha}$, $\beta_{K\beta}$, $\varepsilon_{K\alpha}$, $\varepsilon_{K\beta}$ sırasıyla $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını pikleri altında kalan alanlar $K\alpha$ ve $K\beta$ öz soğurma düzeltme faktörleri ve $K\alpha$ ve $K\beta$ X-ışını enerjilerinde dedektör verimleridir.

Deneyisel K tabakası uyarma faktörü değerleri aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Q_i = J_K F_{Ki} \omega_K = [(r_K - 1)/r_K] F_{Ki} \omega_K \quad (i = \alpha, \beta) \quad (3.25)$$

J_K , K tabakası soğurma sıçrama faktörü; ω_K , K tabakası floresans verim ve $F_{K\alpha, \beta}$ ise $K\alpha, \beta$ fotonunun kısmi yayımlanma oranıdır ve eşitlik (3.24)'teki deneyisel şiddet oranları kullanılarak (3.21) ve (3.22) eşikliklerinden elde edilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Kütle Soğurma Katsayıları (μ_m), Toplam Azaltma Tesir Kesitleri (σ_{Kt}), Fotoelektrik Tesir Kesitleri (τ), $d\mu_m/dE$ ve $d\sigma_{Kt}/dE$ için Araştırma Bulguları

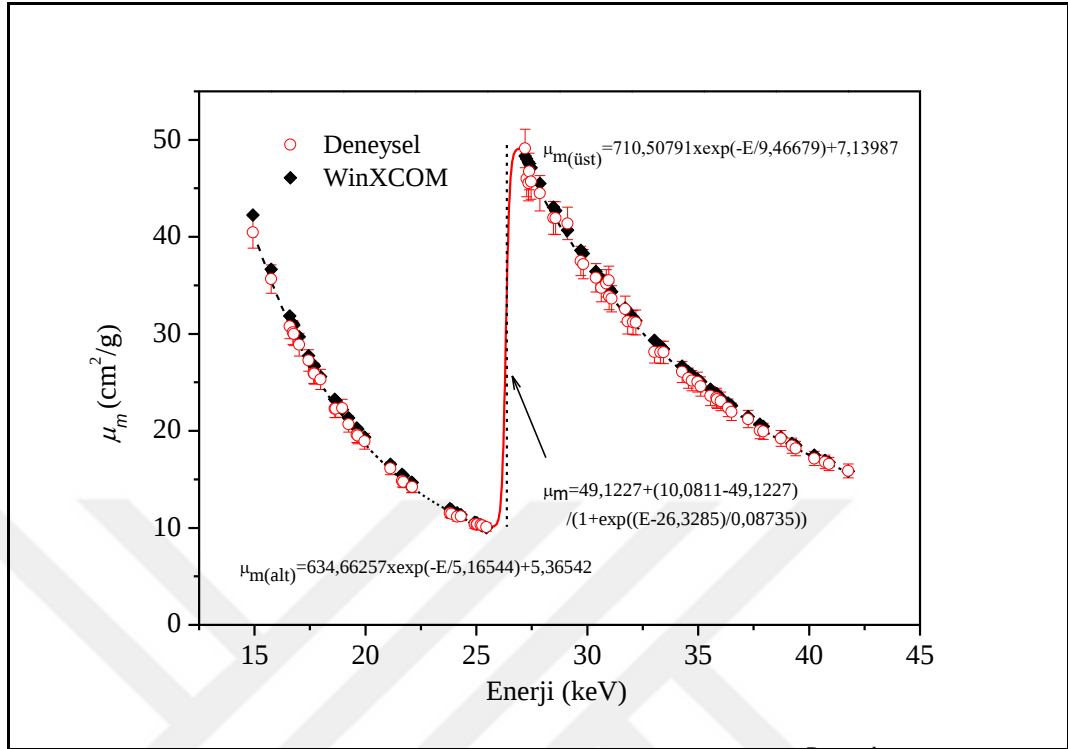
Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar ile Çizelge 3.1’de verilen ve ikincil kaynak olarak kullanılan elementler ve bileşikler uyarılmıştır. İkincil kaynaklardan yayımlanan karakteristik X-ışınları kullanılarak K tabakası soğurma kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayıları ve azaltma tesir kesitleri Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm elementleri için deneysel olarak belirlenmiştir. K tabakası soğurma kıyıları, soğurma kıyılarının alt ve üst kısmında yer alan kütle soğurma katsayıları ve azaltma tesir kesitleri arasına çizilen sigmoidal fit fonksiyonları kullanılarak deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel olarak bulunun azaltma tesir kesitleri ve WinXCOM programından elde edilen teorik saçılma tesir kesitleri kullanılarak K tabakası soğurma kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitleri belirlenmiştir. Deneysel kütle soğurma katsayıları, azaltma tesir kesitleri ve fotoelektrik tesir kesitleri, WinXCOM programından elde edilen teorik değerlerle birlikte Çizelge 4.1-4.30’da verilmiştir. K tabakası soğurma kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayıları (μ_m), kütle soğurma katsayılarının enerjiye göre türevlerinden elde edilen Gaussian dağılımlar ($d\mu_m/dE$), azaltma tesir kesitleri (σ_{Kt}), azaltma tesir kesitlerinin enerjiye göre türevlerinden elde edilen Gaussian dağılımlar ($d\sigma_{Kt}/dE$) ve fotoelektrik tesir kesitleri (τ) enerjinin fonksiyonu olarak Şekil 4.1-4.54’de (Şekil 4.21, Şekil 4.22, Şekil 4.43 ve Şekil 4.44 hariç) verilmiştir. Ayrıca K tabakası soğurma kıyısı çevresinde deneysel kütle soğurma katsayıları ve azaltma tesir kesitleri atom numarası ve enerjinin fonksiyonu olarak Şekil 4.21, 4.22, 4.43, 4.44’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. K kıyısı çevresinde Cd için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

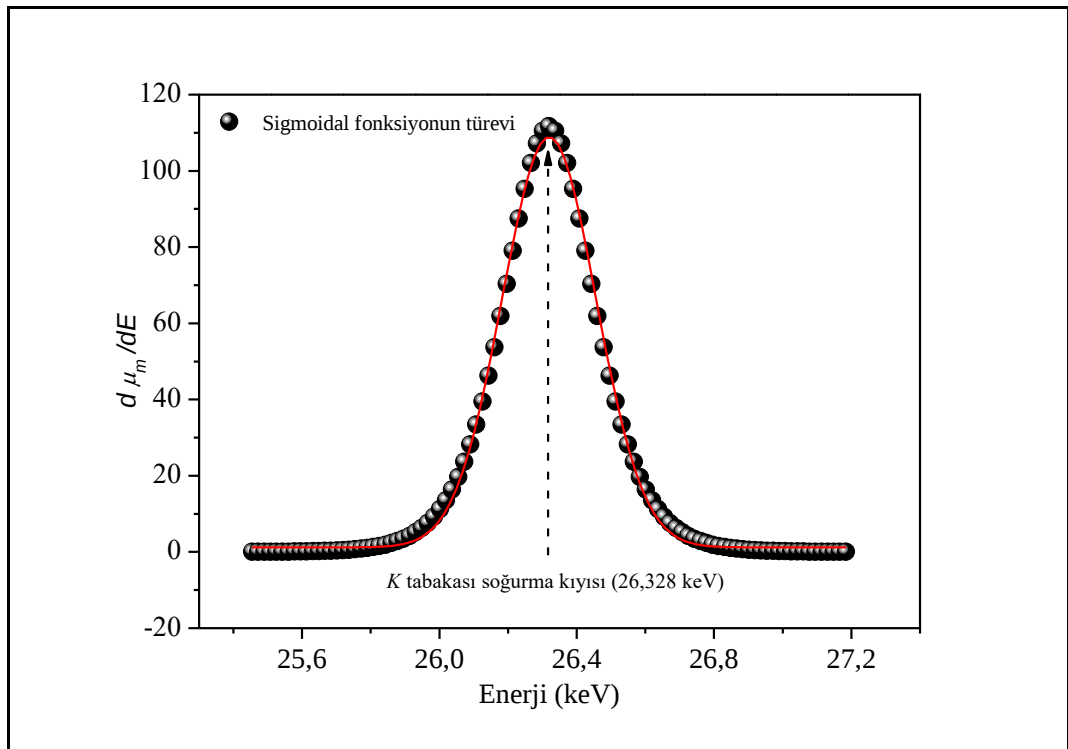
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
39	Y K _α	14,932	40,447±1,626	42,259
40	Zr K _α	15,746	35,652±1,452	36,654
41	Nb K _α	16,583	30,755±1,258	31,845
39	Y K _{β1,3}	16,734	30,154±1,245	31,073
39	Y K _β	16,765	30,001±1,214	30,911
39	Y K _{β2}	17,013	28,888±1,175	29,698
42	Mo K _α	17,442	27,258±1,113	27,748
40	Zr K _{β1,3}	17,662	25,949±1,062	26,816
40	Zr K _β	17,699	25,881±1,062	26,668
40	Zr K _{β2}	17,969	25,318±1,042	25,590
41	Nb K _{β1,3}	18,618	22,276±0,914	23,257
41	Nb K _β	18,658	22,283±0,922	23,120
41	Nb K _{β2}	18,952	22,330±0,931	22,175
44	Ru K _α	19,234	20,689±0,832	21,324
42	Mo K _{β1,3}	19,601	19,627±0,840	20,292
42	Mo K _β	19,647	19,518±0,836	20,168
42	Mo K _{β2}	19,965	18,925±0,814	19,348
46	Pd K _α	21,123	16,143±0,648	16,568
44	Ru K _{β1,3}	21,649	14,827±0,606	15,502
44	Ru K _β	21,706	14,738±0,602	15,394
44	Ru K _{β2}	22,074	14,219±0,582	14,707
47	Ag K _α	22,103	14,219±0,571	14,654
46	Pd K _{β1,3}	23,809	11,525±0,472	11,977
46	Pd K _β	23,877	11,447±0,469	11,885
49	In K _α	24,137	11,150±0,448	11,543
46	Pd K _{β2}	24,299	11,184±0,459	11,338
47	Ag K _{β1,3}	24,932	10,374±0,424	10,584
47	Ag K _β	25,007	10,309±0,421	10,501
50	Sn K _{α2}	25,044	10,362±0,415	10,458
50	Sn K _α	25,192	10,303±0,413	10,296
50	Sn K _{α1}	25,271	10,261±0,411	10,211
47	Ag K _{β2}	25,455	10,081±0,412	10,018
52	Te K _{α2}	27,202	49,123±1,981	48,319
49	In K _{β1,3}	27,263	45,978±1,850	48,049
49	In K _β	27,353	45,551±1,844	47,689
52	Te K _α	27,377	46,752±1,888	47,550
52	Te K _{α1}	27,472	45,706±1,846	47,139
49	In K _{β2}	27,862	44,491±1,826	45,496
50	Sn K _{β1,3}	28,472	41,954±1,688	43,072
50	Sn K _β	28,570	41,934±1,694	42,697

Çizelge 4.1. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	41,387±1,681	40,696
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	37,515±1,523	38,622
51	Sb K_{β}	29,817	37,187±1,513	38,266
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	35,768±1,470	36,421
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	34,734±1,415	35,711
55	Cs K_{α}	30,851	35,207±1,425	35,037
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	35,529±1,443	34,680
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	33,867±1,377	34,669
52	Te K_{β}	31,094	33,618±1,362	34,334
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	32,569±1,333	32,642
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	31,280±1,284	32,342
56	Ba K_{α}	32,061	31,183±1,256	31,706
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	31,174±1,272	31,367
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	28,140±1,152	29,337
57	La K_{α}	33,298	28,101±1,136	28,737
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	28,090±1,151	28,418
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	26,074±1,087	26,660
58	Ce K_{α}	34,564	25,438±1,030	26,098
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	25,168±1,043	25,798
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	25,036±1,025	25,339
55	Cs K_{β}	35,109	24,576±1,002	25,074
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	23,599±0,984	24,287
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	23,404±0,973	23,828
59	Pr K_{α}	35,857	23,249±0,935	23,763
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	23,045±0,946	23,419
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	22,374±0,916	22,876
56	Ba K_{β}	36,509	21,970±0,899	22,621
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	21,217±0,903	21,451
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	20,031±0,832	20,685
57	La K_{β}	37,941	19,947±0,831	20,446
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	19,227±0,824	19,367
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	18,467±0,776	18,717
58	Ce K_{β}	39,403	18,182±0,762	18,497
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	17,158±0,744	17,508
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	16,795±0,692	16,957
59	Pr K_{β}	40,901	16,592±0,686	16,753
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	15,874±0,707	15,851



Şekil 4.1. Cd için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



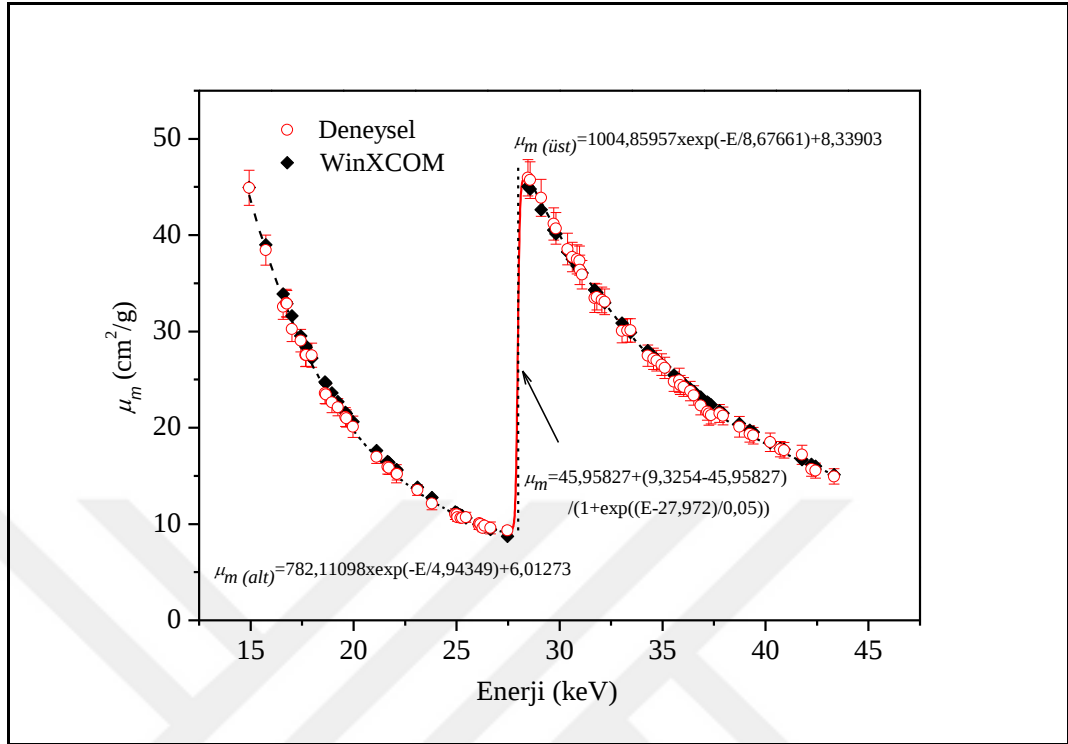
Şekil 4.2. Cd için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.2. K kıyısı çevresinde In için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

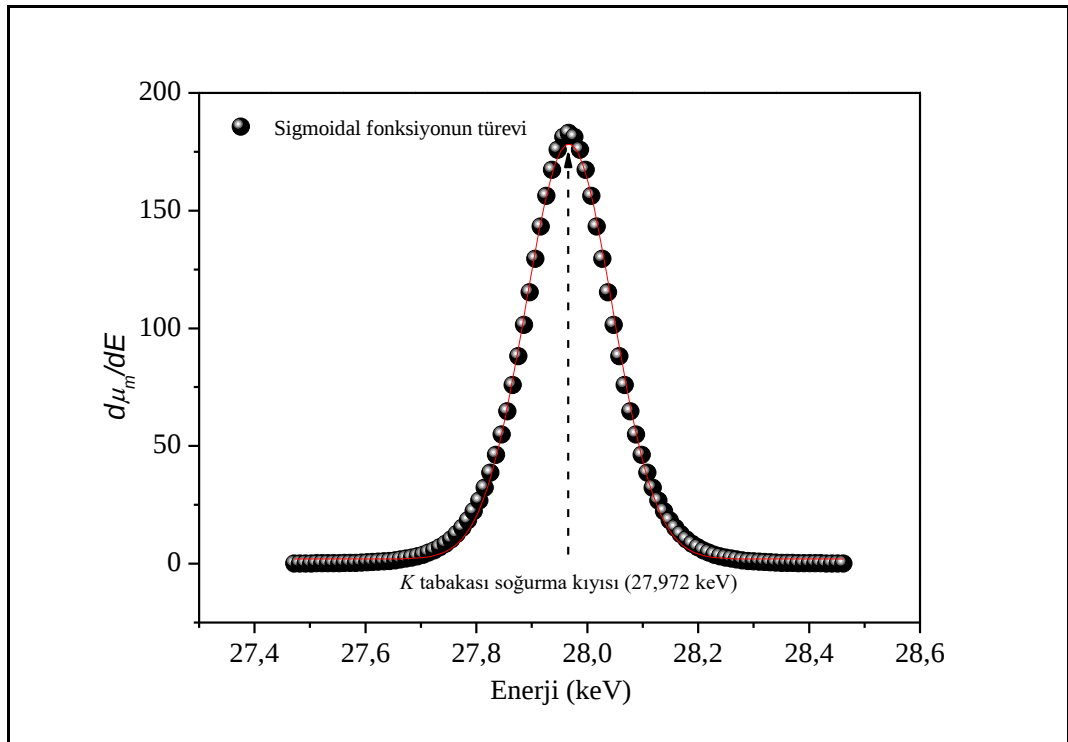
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
39	Y K _α	14,932	44,905±1,819	44,965
40	Zr K _α	15,746	38,446±1,561	38,999
41	Nb K _α	16,583	32,558±1,317	33,883
39	Y K _{β1,3}	16,734	32,951±1,438	33,057
39	Y K _β	16,765	32,870±1,392	32,890
39	Y K _{β2}	17,013	30,249±1,302	31,600
42	Mo K _α	17,442	29,038±1,174	29,527
40	Zr K _{β1,3}	17,662	27,541±1,200	28,538
40	Zr K _β	17,699	27,538±1,164	28,376
40	Zr K _{β2}	17,969	27,528±1,261	27,235
41	Nb K _{β1,3}	18,618	23,589±1,065	24,754
41	Nb K _β	18,658	23,459±0,996	24,613
41	Nb K _{β2}	18,952	22,644±1,071	23,609
44	Ru K _α	19,234	22,133±0,896	22,706
42	Mo K _{β1,3}	19,601	21,107±0,986	21,611
42	Mo K _β	19,647	20,968±0,894	21,480
42	Mo K _{β2}	19,965	20,105±1,102	20,610
46	Pd K _α	21,123	16,974±0,693	17,634
44	Ru K _{β1,3}	21,649	15,935±0,733	16,505
44	Ru K _β	21,706	15,839±0,686	16,388
44	Ru K _{β2}	22,074	15,217±0,943	15,660
47	Ag K _α	22,103	15,199±0,619	15,604
48	Cd K _α	23,108	13,528±0,546	13,829
46	Pd K _{β1,3}	23,809	12,148±0,680	12,749
47	Ag K _{β1,3}	24,932	11,034±0,558	11,252
47	Ag K _β	25,007	10,985±0,519	11,162
50	Sn K _{α2}	25,044	10,698±0,436	11,117
50	Sn K _α	25,192	10,651±0,434	10,942
50	Sn K _{α1}	25,271	10,623±0,433	10,851
47	Ag K _{β2}	25,455	10,694±0,522	10,642
48	Cd K _{β1,3}	26,083	9,876±0,439	9,974
51	Sb K _{α2}	26,111	10,082±0,406	9,945
48	Cd K _β	26,165	9,992±0,430	9,891
51	Sb K _α	26,272	9,595±0,387	9,785
51	Sb K _{α1}	26,359	9,826±0,396	9,700
48	Cd K _{β2}	26,644	9,599±0,610	9,431
52	Te K _{α1}	27,472	9,325±0,377	8,713
50	Sn K _{β1,3}	28,472	45,958±1,891	45,058
50	Sn K _β	28,570	45,723±1,901	44,793
50	Sn K _{β2}	29,111	43,872±1,913	42,638
51	Sb K _{β1,3}	29,710	41,161±1,665	40,512
51	Sb K _β	29,817	40,699±1,644	40,146

Çizelge 4.2. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneyssel	WinXCOM
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	38,558±1,634	38,245
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	37,728±1,522	37,510
55	Cs K_{α}	30,851	37,492±1,513	36,812
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	37,347±1,507	36,442
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	36,399±1,517	36,427
52	Te K_{β}	31,094	35,896±1,486	36,079
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	33,482±1,506	34,320
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	33,577±1,355	34,006
56	Ba K_{α}	32,061	33,275±1,343	33,341
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	33,086±1,336	32,985
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	30,044±1,212	30,851
57	La K_{α}	33,298	30,098±1,214	30,217
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	30,111±1,215	29,879
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	27,496±1,109	28,012
58	Ce K_{α}	34,564	27,159±1,096	27,412
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	26,963±1,088	27,091
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	26,556±1,114	26,600
55	Cs K_{β}	35,109	26,220±1,105	26,314
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	24,783±1,006	25,470
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	24,919±1,262	24,976
59	Pr K_{α}	35,857	24,431±0,992	24,905
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	24,230±0,984	24,602
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	23,814±1,014	24,030
56	Ba K_{β}	36,509	23,367±1,007	23,763
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	22,307±0,982	23,201
60	Nd K_{α}	37,179	21,670±0,882	22,668
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	21,477±1,209	22,549
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	21,296±0,888	22,384
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	21,489±0,932	21,760
57	La K_{β}	37,941	21,225±0,922	21,513
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	20,096±1,070	20,415
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	19,344±0,845	19,758
58	Ce K_{β}	39,403	19,176±0,849	19,537
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	18,496±0,969	18,447
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	17,774±0,810	17,868
59	Pr K_{β}	40,901	17,656±0,820	17,754
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	17,198±0,994	16,701
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	15,723±0,749	16,209
60	Nd K_{β}	42,430	15,560±0,777	16,011
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	14,942±0,791	15,132



Şekil 4.3. In için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



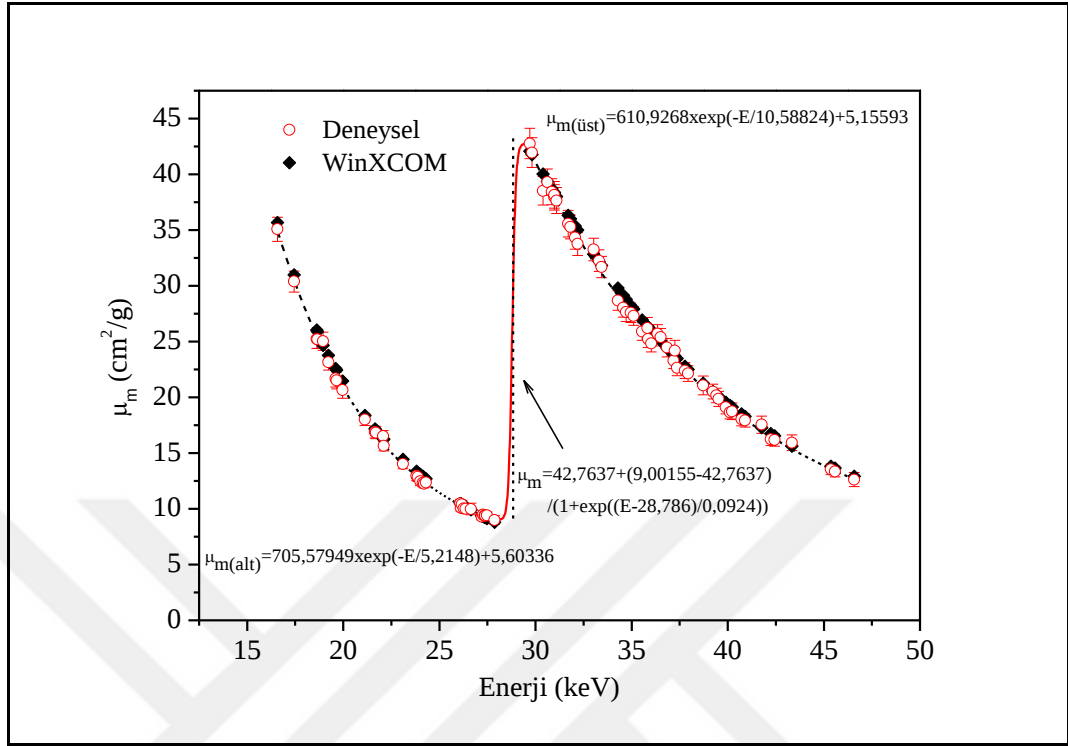
Şekil 4.4. In için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.3. K kıyısı çevresinde Sn için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

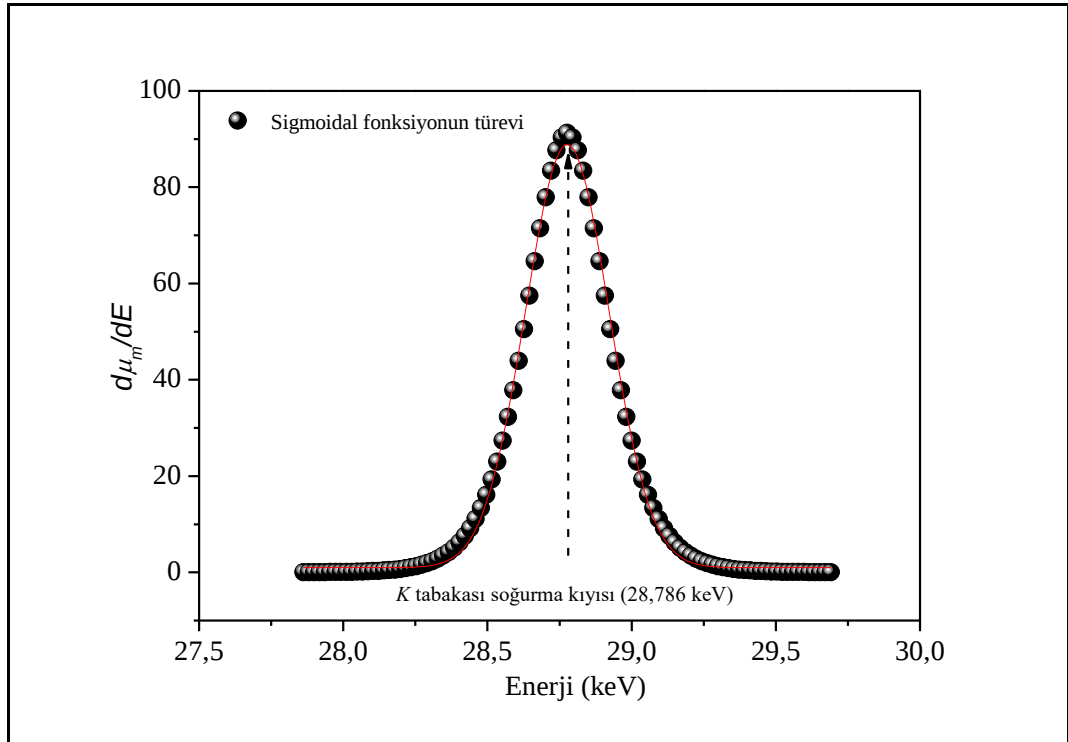
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
41	Nb K _α	16,583	35,070±1,083	35,684
42	Mo K _α	17,442	30,389±0,941	30,975
41	Nb K _{β1,3}	18,618	25,221±0,828	26,052
41	Nb K _β	18,658	25,200±0,827	25,898
41	Nb K _{β2}	18,952	25,028±0,823	24,670
44	Ru K _α	19,234	23,155±0,700	23,772
42	Mo K _{β1,3}	19,601	21,687±0,753	22,581
42	Mo K _β	19,647	21,521±0,749	22,434
42	Mo K _{β2}	19,965	20,643±0,729	21,455
46	Pd K _α	21,123	18,014±0,547	18,357
44	Ru K _{β1,3}	21,649	16,884±0,528	17,164
44	Ru K _β	21,706	16,832±0,526	17,042
44	Ru K _{β2}	22,074	16,518±0,518	16,286
47	Ag K _α	22,103	15,659±0,476	16,228
48	Cd K _α	23,108	14,028±0,427	14,428
46	Pd K _{β1,3}	23,809	12,960±0,422	13,364
46	Pd K _β	23,877	12,873±0,420	13,269
49	In K _{α2}	24,002	12,475±0,387	13,096
49	In K _α	24,137	12,345±0,383	12,914
49	In K _{α1}	24,210	12,260±0,381	12,818
46	Pd K _{β2}	24,299	12,368±0,409	12,702
48	Cd K _{β1,3}	26,083	10,475±0,356	10,481
51	Sb K _{α2}	26,111	10,071±0,309	10,451
48	Cd K _β	26,165	10,398±0,343	10,393
51	Sb K _α	26,272	10,035±0,309	10,281
51	Sb K _{α1}	26,359	10,010±0,307	10,191
48	Cd K _{β2}	26,644	9,981±0,520	9,902
52	Te K _{α2}	27,202	9,309±0,287	9,369
49	In K _{β1,3}	27,263	9,468±0,398	9,313
49	In K _β	27,353	9,393±0,349	9,231
52	Te K _α	27,377	9,379±0,289	9,210
52	Te K _{α1}	27,472	9,419±0,290	9,125
49	In K _{β2}	27,862	9,002±0,380	8,789
51	Sb K _{β1,3}	29,710	42,764±1,358	42,092
51	Sb K _β	29,817	41,950±1,340	41,765
51	Sb K _{β2}	30,393	38,522±1,285	40,040
55	Cs K _{α2}	30,625	39,300±1,189	39,362
55	Cs K _α	30,851	38,440±1,163	38,710
55	Cs K _{α1}	30,973	37,938±1,148	38,361
52	Te K _{β1,3}	30,978	38,154±1,194	38,347
52	Te K _β	31,094	37,654±1,176	38,018

Çizelge 4.3. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	35,570±1,196	36,326
56	Ba K_{a2}	31,817	35,273±1,067	36,019
56	Ba K_a	32,061	34,312±1,039	35,363
56	Ba K_{a1}	32,194	33,752±1,022	35,010
57	La K_{a2}	33,034	33,263±1,008	32,840
57	La K_a	33,298	32,261±0,978	32,180
57	La K_{a1}	33,442	31,688±0,961	31,824
58	Ce K_{a2}	34,279	28,688±0,867	29,815
58	Ce K_a	34,564	28,024±0,847	29,154
58	Ce K_{a1}	34,720	27,632±0,835	28,796
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	27,587±0,863	28,243
55	Cs K_{β}	35,109	27,312±0,848	27,919
59	Pr K_{a2}	35,550	25,908±0,788	26,948
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	26,218±0,939	26,370
59	Pr K_a	35,857	25,230±0,768	26,287
59	Pr K_{a1}	36,026	24,837±0,756	26,006
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	25,692±0,817	25,360
56	Ba K_{β}	36,509	25,390±0,797	25,059
60	Nd K_{a2}	36,847	24,465±0,829	24,423
60	Nd K_a	37,179	23,300±0,710	23,818
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	24,172±0,931	23,683
60	Nd K_{a1}	37,361	22,646±0,711	23,496
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	22,401±0,715	22,786
57	La K_{β}	37,941	22,133±0,701	22,505
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	21,064±0,850	21,255
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	20,517±0,655	20,505
58	Ce K_{β}	39,403	20,169±0,641	20,251
62	Sm K_{a2}	39,522	19,861±0,684	20,083
62	Sm K_a	39,906	19,092±0,585	19,550
62	Sm K_{a1}	40,118	18,642±0,591	19,260
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	18,746±0,741	19,117
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	18,032±0,598	18,502
59	Pr K_{β}	40,901	17,933±0,591	18,276
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	17,544±0,777	17,270
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	16,231±0,565	16,754
60	Nd K_{β}	42,430	16,169±0,553	16,546
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	15,930±0,706	15,631
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	13,540±0,480	13,828
62	Sm K_{β}	45,588	13,346±0,477	13,657
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	12,619±0,632	12,910



Şekil 4.5. Sn için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



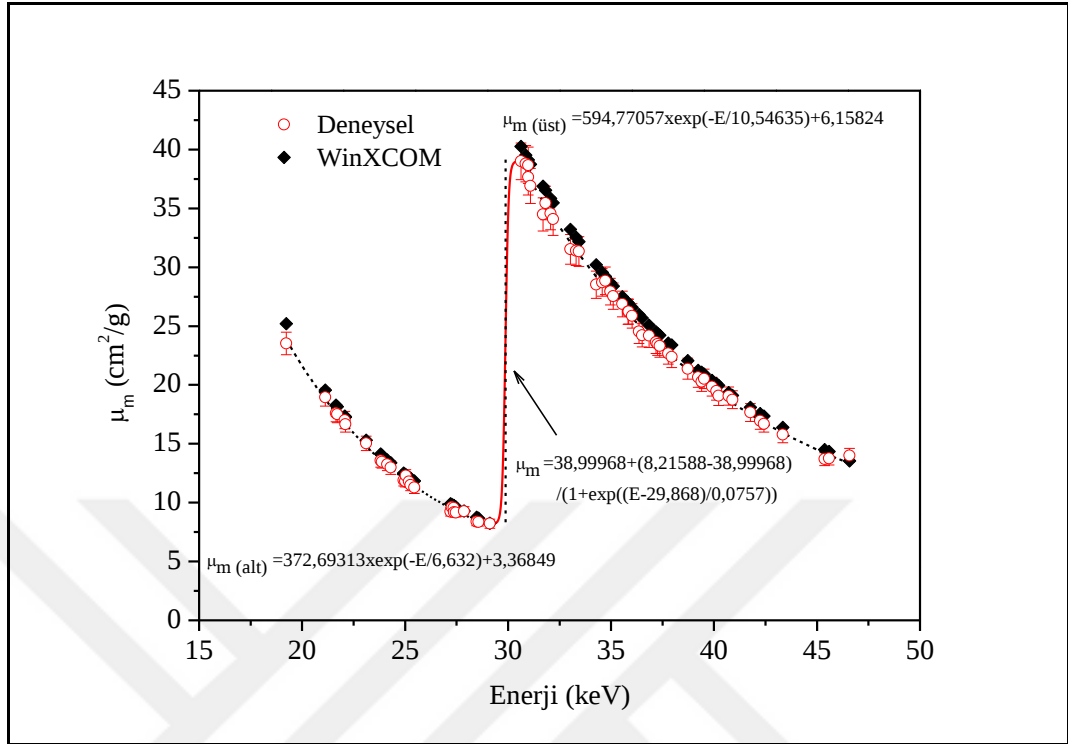
Şekil 4.6. Sn için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.4. K kıyısı çevresinde Sb için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

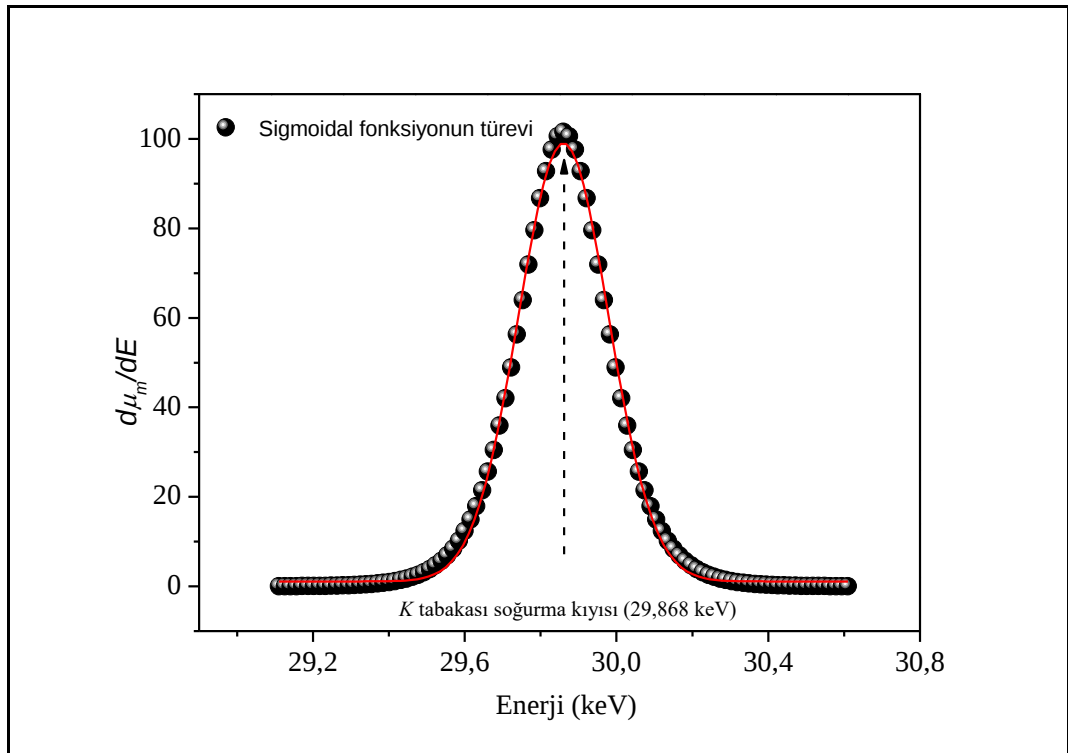
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
44	Ru K _α	19,234	23,522±0,951	25,209
46	Pd K _α	21,123	18,960±0,760	19,562
44	Ru K _{β1,3}	21,649	17,602±0,728	18,290
44	Ru K _β	21,706	17,512±0,721	18,159
44	Ru K _{β2}	22,074	17,011±0,728	17,344
47	Ag K _α	22,103	16,648±0,667	17,282
48	Cd K _α	23,108	15,033±0,608	15,311
46	Pd K _{β1,3}	23,809	13,566±0,553	14,126
46	Pd K _β	23,877	13,473±0,546	14,018
49	In K _α	24,137	13,247±0,532	13,618
46	Pd K _{β2}	24,299	12,974±0,575	13,378
47	Ag K _{β1,3}	24,932	11,897±0,485	12,501
47	Ag K _β	25,007	11,802±0,478	12,403
50	Sn K _{α2}	25,044	12,282±0,517	12,356
50	Sn K _α	25,192	11,788±0,477	12,168
50	Sn K _{α1}	25,271	11,484±0,460	12,069
47	Ag K _{β2}	25,455	11,276±0,494	11,845
52	Te K _{α2}	27,202	9,231±0,371	9,899
49	In K _{β1,3}	27,263	9,619±0,394	9,840
49	In K _β	27,353	9,558±0,391	9,754
52	Te K _α	27,377	9,188±0,369	9,731
52	Te K _{α1}	27,472	9,162±0,368	9,642
49	In K _{β2}	27,862	9,252±0,421	9,285
50	Sn K _{β1,3}	28,472	8,383±0,346	8,764
50	Sn K _β	28,570	8,355±0,343	8,684
50	Sn K _{β2}	29,111	8,216±0,385	8,261
55	Cs K _{α2}	30,625	38,999±1,562	40,253
55	Cs K _α	30,851	38,797±1,555	39,516
55	Cs K _{α1}	30,973	38,660±1,548	39,125
52	Te K _{β1,3}	30,978	37,652±1,521	39,109

Çizelge 4.4. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			DeneySEL	WinXCOM
52	Te K_{β}	31,094	36,914±1,481	38,742
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	34,498±1,412	36,882
56	Ba K_{a2}	31,817	35,456±1,430	36,550
56	Ba K_{a}	32,061	34,571±1,387	35,846
56	Ba K_{a1}	32,194	34,087±1,371	35,470
57	La K_{a2}	33,034	31,527±1,269	33,210
57	La K_{a}	33,298	31,412±1,263	32,538
57	La K_{a1}	33,442	31,344±1,260	32,180
58	Ce K_{a2}	34,279	28,516±1,152	30,198
58	Ce K_{a}	34,564	28,712±1,164	29,561
58	Ce K_{a1}	34,720	28,836±1,173	29,221
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	27,930±1,128	28,699
55	Cs K_{β}	35,109	27,551±1,114	28,394
59	Pr K_{a2}	35,550	26,874±1,097	27,497
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	26,225±1,074	26,971
59	Pr K_{a}	35,857	26,232±1,052	26,895
59	Pr K_{a1}	36,026	25,872±1,041	26,572
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	24,534±1,010	25,963
56	Ba K_{β}	36,509	24,210±0,986	25,680
60	Nd K_{a2}	36,847	24,185±0,995	25,081
60	Nd K_{a}	37,179	23,626±0,961	24,512
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	23,462±0,955	24,385
60	Nd K_{a1}	37,361	23,304±0,955	24,209
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	22,686±0,930	23,543
57	La K_{β}	37,941	22,393±0,926	23,379
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	21,382±0,895	22,049
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	20,637±0,845	21,236
58	Ce K_{β}	39,403	20,285±0,836	21,080
62	Sm K_{a2}	39,522	20,517±0,830	20,916
62	Sm K_{a}	39,906	19,853±0,795	20,395
62	Sm K_{a1}	40,118	19,482±0,782	20,114
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	19,091±0,841	19,970
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	19,060±0,770	19,348
59	Pr K_{β}	40,901	18,737±0,760	19,119
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	17,660±0,751	18,094
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	16,953±0,715	17,564
60	Nd K_{β}	42,430	16,695±0,708	17,351
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	15,782±0,701	16,405
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	13,694±0,553	14,515
62	Sm K_{β}	45,588	13,762±0,558	14,333
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	14,010±0,593	13,538



Şekil 4.7. Sb için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



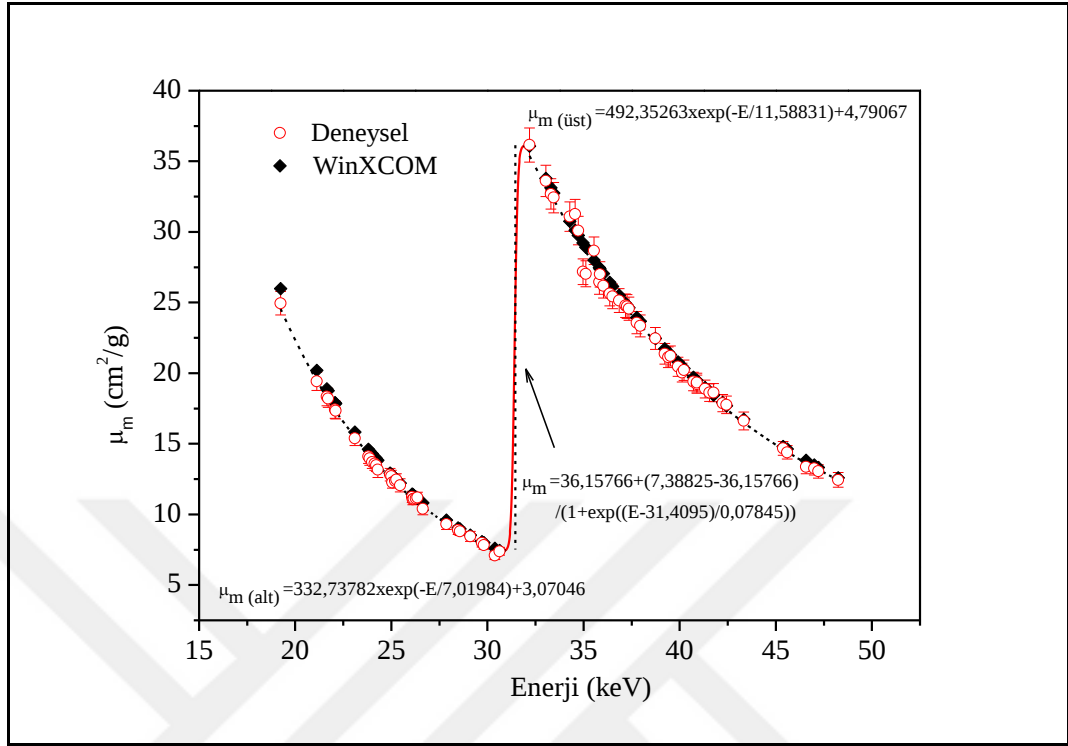
Şekil 4.8. Sb için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.5. K kıyısı çevresinde Te için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

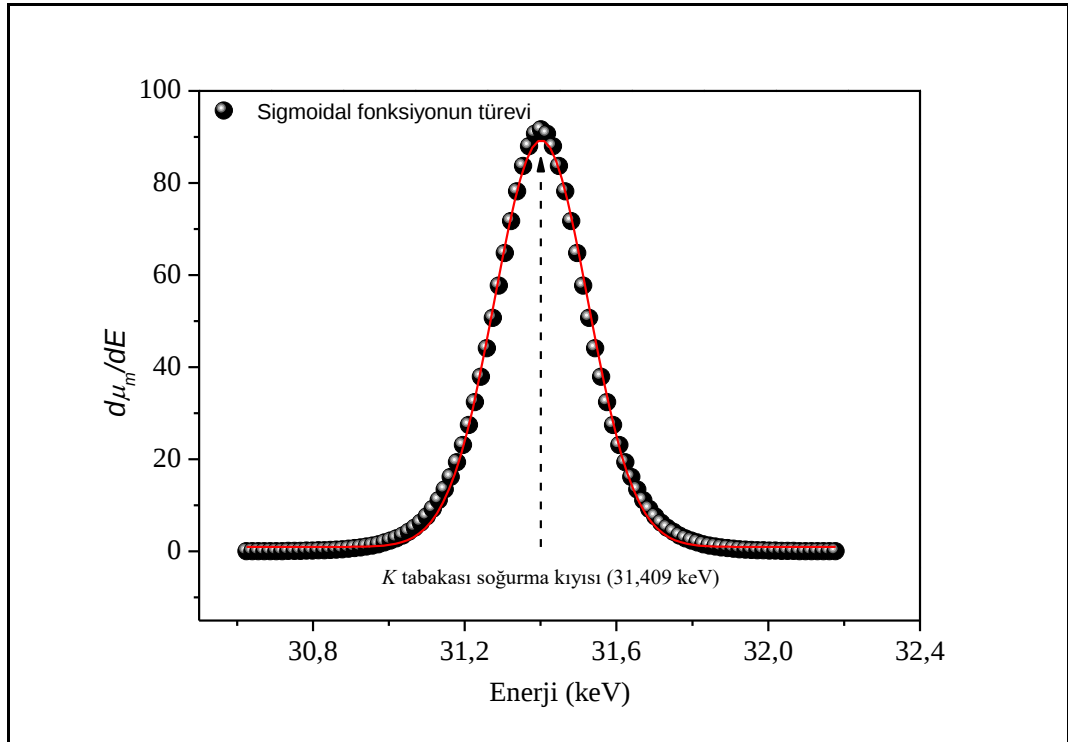
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
44	Ru K_{α}	19,234	24,952±0,833	25,986
46	Pd K_{α}	21,123	19,424±0,643	20,197
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	18,336±0,641	18,890
44	Ru K_{β}	21,706	18,199±0,621	18,756
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	17,426±0,626	17,917
47	Ag K_{α}	22,103	17,344±0,574	17,853
48	Cd K_{α}	23,108	15,375±0,511	15,825
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	14,098±0,486	14,604
46	Pd K_{β}	23,877	13,958±0,472	14,493
49	In $K_{\alpha 2}$	24,002	13,703±0,454	14,292
49	In K_{α}	24,137	13,583±0,450	14,080
49	In $K_{\alpha 1}$	24,210	13,473±0,446	13,968
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	13,169±0,548	13,832
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	12,814±0,439	12,927
47	Ag K_{β}	25,007	12,698±0,427	12,826
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	12,266±0,407	12,741
50	Sn K_{α}	25,192	12,375±0,411	12,545
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	12,454±0,414	12,442
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	12,060±0,473	12,206
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	11,234±0,393	11,441
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	11,049±0,369	11,409
48	Cd K_{β}	26,165	11,097±0,380	11,346
51	Sb K_{α}	26,272	11,126±0,369	11,223
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	11,188±0,373	11,125
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	10,385±0,416	10,810
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	9,302±0,374	9,590
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	8,880±0,309	9,049
50	Sn K_{β}	28,570	8,807±0,303	8,966
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	8,443±0,366	8,528
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	7,968±0,278	8,077
51	Sb K_{β}	29,817	7,813±0,269	8,000
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	7,090±0,296	7,605
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	7,388±0,283	7,454
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	36,158±1,209	36,069
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	33,613±1,114	33,794
57	La K_{α}	33,298	32,691±1,084	33,117
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	32,431±1,075	32,755
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	31,084±1,042	30,749
58	Ce K_{α}	34,564	31,268±1,047	30,102
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	30,098±1,009	29,756
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	27,182±0,915	29,225

Çizelge 4.5. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
55	Cs K_{β}	35,109	27,037±0,922	28,915
59	Pr K_{a2}	35,550	28,671±0,973	27,999
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	26,460±0,883	27,462
59	Pr K_{α}	35,857	26,998±0,894	27,385
59	Pr $K_{\alpha1}$	36,026	26,191±0,870	27,055
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	25,635±0,866	26,431
56	Ba K_{β}	36,509	25,440±0,870	26,140
60	Nd K_{a2}	36,847	25,142±0,839	25,525
60	Nd K_{α}	37,179	24,779±0,824	24,941
56	Ba $K_{\beta2}$	37,255	24,724±0,840	24,809
60	Nd $K_{\alpha1}$	37,361	24,571±0,817	24,628
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	23,575±0,785	23,941
57	La K_{β}	37,941	23,340±0,780	23,669
57	La $K_{\beta2}$	38,726	22,458±0,784	22,454
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	21,375±0,727	21,725
58	Ce K_{β}	39,403	21,122±0,727	21,479
62	Sm K_{a2}	39,522	21,208±0,710	21,314
62	Sm K_{α}	39,906	20,455±0,676	20,795
62	Sm $K_{\alpha1}$	40,118	20,039±0,663	20,480
58	Ce $K_{\beta2}$	40,228	20,210±0,716	20,336
59	Pr $K_{\beta1,3}$	40,716	19,407±0,647	19,710
59	Pr K_{β}	40,901	19,211±0,643	19,479
63	Eu K_{a2}	40,902	19,332±0,655	19,478
63	Eu K_{α}	41,314	18,881±0,627	18,976
63	Eu $K_{\alpha1}$	41,542	18,628±0,622	18,705
59	Pr $K_{\beta2}$	41,764	18,619±0,644	18,446
60	Nd $K_{\beta1,3}$	42,235	17,875±0,608	17,912
60	Nd K_{β}	42,430	17,758±0,615	17,696
60	Nd $K_{\beta2}$	43,335	16,616±0,629	16,738
62	Sm $K_{\beta1,3}$	45,373	14,667±0,490	14,818
62	Sm K_{β}	45,588	14,397±0,487	14,633
62	Sm $K_{\beta2}$	46,578	13,369±0,501	13,821
63	Eu $K_{\beta1,3}$	46,993	13,259±0,466	13,499
63	Eu K_{β}	47,218	13,054±0,477	13,329
63	Eu $K_{\beta2}$	48,249	12,441±0,524	12,587



Şekil 4.9. Te için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



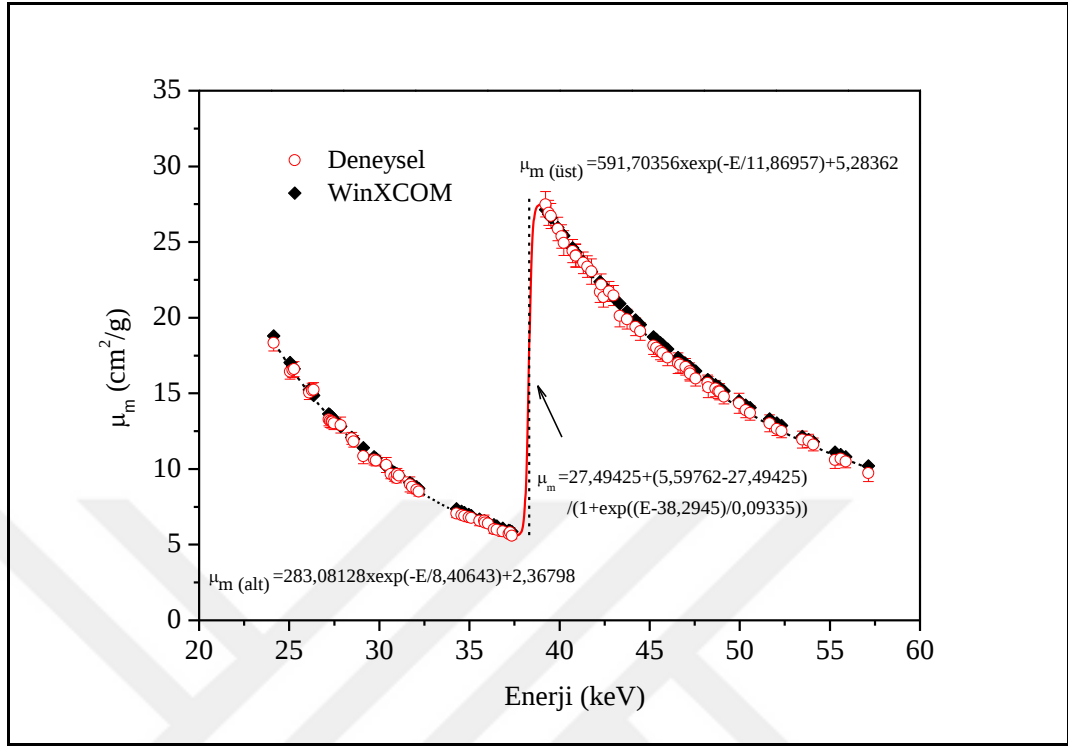
Şekil 4.10. Te için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.6. K kıyısı çevresinde La için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

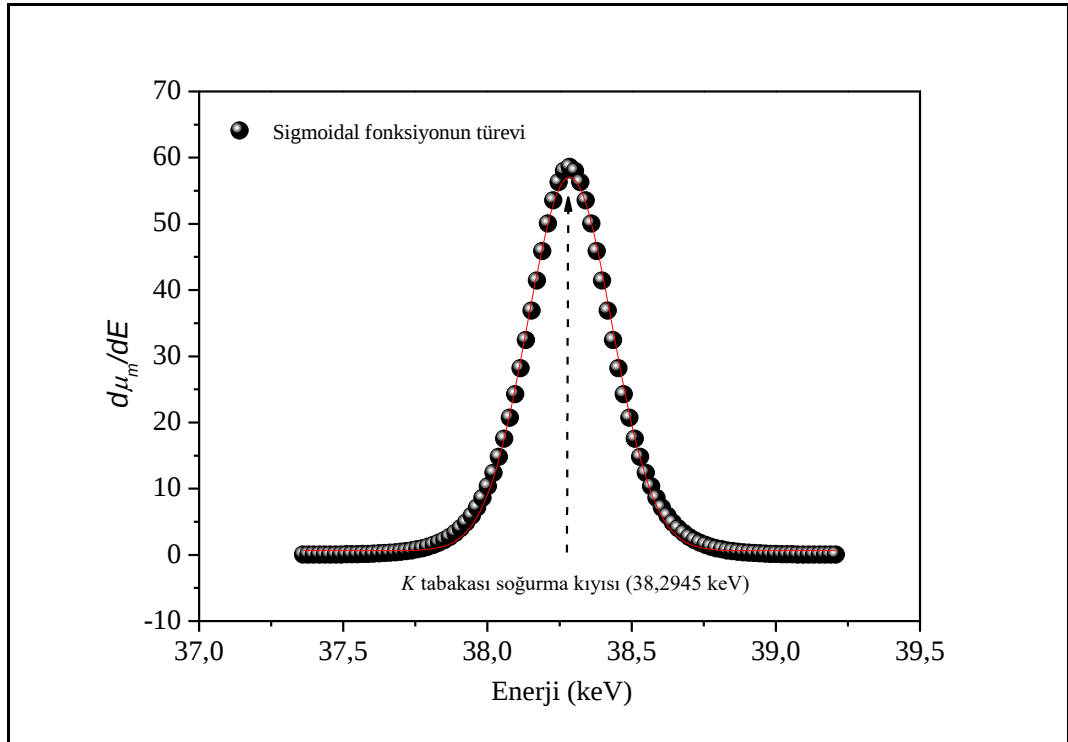
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
49	In K_{α}	24,137	18,347±0,554	18,788
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	16,436±0,497	17,033
50	Sn K_{α}	25,192	16,532±0,500	16,767
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	16,598±0,502	16,628
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	15,050±0,457	15,234
51	Sb K_{α}	26,272	15,202±0,461	14,985
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	15,241±0,462	14,852
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	13,267±0,407	13,650
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	13,178±0,424	13,568
49	In K_{β}	27,353	13,134±0,416	13,449
52	Te K_{α}	27,377	13,122±0,403	13,418
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	13,012±0,400	13,294
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	12,902±0,529	12,803
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	12,021±0,392	12,086
50	Sn K_{β}	28,570	11,825±0,378	11,976
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	10,847±0,492	11,397
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	10,618±0,361	10,805
51	Sb K_{β}	29,817	10,557±0,347	10,704
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	10,268±0,498	10,158
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	9,656±0,302	9,956
55	Cs K_{α}	30,851	9,493±0,297	9,764
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	9,387±0,294	9,662
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	9,671±0,364	9,658
52	Te K_{β}	31,094	9,554±0,345	9,563
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	8,979±0,490	9,081
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	8,811±0,406	8,995
56	Ba K_{α}	32,061	8,635±0,275	8,814
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	8,513±0,305	8,717
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	7,061±0,266	7,370
58	Ce K_{α}	34,564	6,962±0,216	7,208
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	6,902±0,230	7,122
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	6,804±0,287	6,990
55	Cs K_{β}	35,109	6,761±0,284	6,914
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	6,575±0,314	6,688
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	6,587±0,374	6,556
59	Pr K_{α}	35,857	6,461±0,209	6,537
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	6,392±0,236	6,456
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	6,015±0,285	6,304
56	Ba K_{β}	36,509	5,976±0,293	6,233
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	5,885±0,332	6,084
60	Nd K_{α}	37,179	5,706±0,183	5,943
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	5,816±0,316	5,911
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	5,598±0,207	5,867
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	27,494±0,841	27,131
58	Ce K_{β}	39,403	26,936±0,829	26,818
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	26,714±0,829	26,608
62	Sm K_{α}	39,906	25,864±0,780	25,946

Çizelge 4.6. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
62	Sm K _{α1}	40,118	25,365±0,773	25,590
58	Ce K _{β2}	40,228	24,936±0,822	25,407
59	Pr K _{β1,3}	40,716	24,413±0,766	24,619
59	Pr K _β	40,901	24,122±0,758	24,329
63	Eu K _{α2}	40,902	24,088±0,753	24,328
63	Eu K _α	41,314	23,634±0,715	23,698
63	Eu K _{α1}	41,542	23,368±0,714	23,359
59	Pr K _{β2}	41,764	23,049±0,834	23,036
60	Nd K _{β1,3}	42,235	21,692±0,675	22,370
64	Gd K _{α2}	42,309	22,181±0,717	22,267
60	Nd K _β	42,430	21,366±0,667	22,102
64	Gd K _α	42,751	21,730±0,659	21,670
64	Gd K _{α1}	42,996	21,458±0,659	21,349
60	Nd K _{β2}	43,335	20,126±0,726	20,916
65	Tb K _{α2}	43,744	19,900±0,647	20,410
65	Tb K _α	44,218	19,402±0,590	19,846
65	Tb K _{α1}	44,482	19,103±0,589	19,541
66	Dy K _{α2}	45,208	18,158±0,588	18,739
62	Sm K _{β1,3}	45,373	18,001±0,573	18,564
62	Sm K _β	45,588	17,783±0,568	18,339
66	Dy K _α	45,714	17,658±0,539	18,209
66	Dy K _{α1}	45,998	17,361±0,537	17,922
62	Sm K _{β2}	46,578	16,994±0,679	17,357
67	Ho K _{α2}	46,700	16,887±0,539	17,242
63	Eu K _{β1,3}	46,993	16,753±0,553	16,970
63	Eu K _β	47,218	16,455±0,563	16,766
67	Ho K _α	47,242	16,314±0,500	16,744
67	Ho K _{α1}	47,547	15,972±0,498	16,474
68	Er K _{α2}	48,221	15,686±0,522	15,902
63	Eu K _{β2}	48,249	15,402±0,691	15,879
64	Gd K _{β1,3}	48,646	15,316±0,529	15,559
68	Er K _α	48,801	15,122±0,466	15,436
64	Gd K _β	48,883	15,106±0,532	15,372
68	Er K _{α1}	49,128	14,771±0,462	15,142
64	Gd K _{β2}	49,959	14,342±0,656	14,503
65	Tb K _{β1,3}	50,331	13,890±0,496	14,228
65	Tb K _β	50,577	13,711±0,489	14,049
65	Tb K _{β2}	51,648	13,017±0,559	13,304
66	Dy K _{β1,3}	52,056	12,651±0,443	13,033
66	Dy K _β	52,313	12,506±0,441	12,867
66	Dy K _{β2}	53,476	11,940±0,554	12,145
67	Ho K _{β1,3}	53,814	11,867±0,431	11,946
67	Ho K _β	54,082	11,621±0,429	11,790
67	Ho K _{β2}	55,293	10,600±0,564	11,121
68	Er K _{β1,3}	55,608	10,678±0,402	10,956
68	Er K _β	55,886	10,485±0,402	10,812
68	Er K _{β2}	57,142	9,718±0,548	10,195



Şekil 4.11. La için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



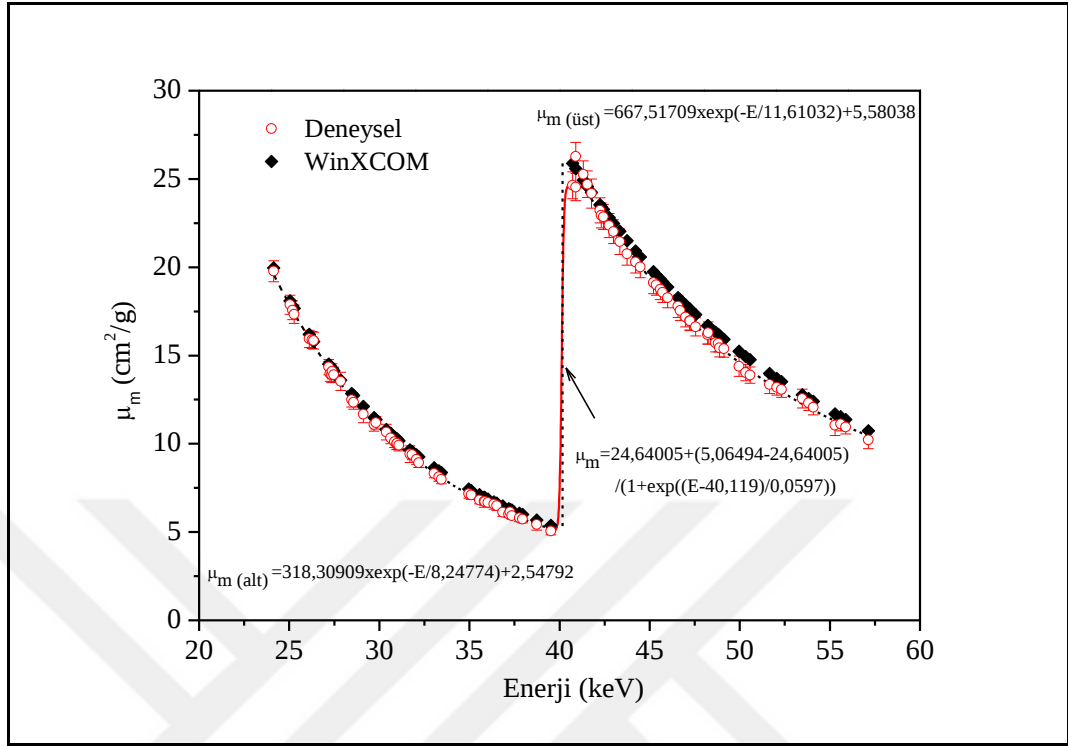
Şekil 4.12. La için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.7. K kıyısı çevresinde Ce için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

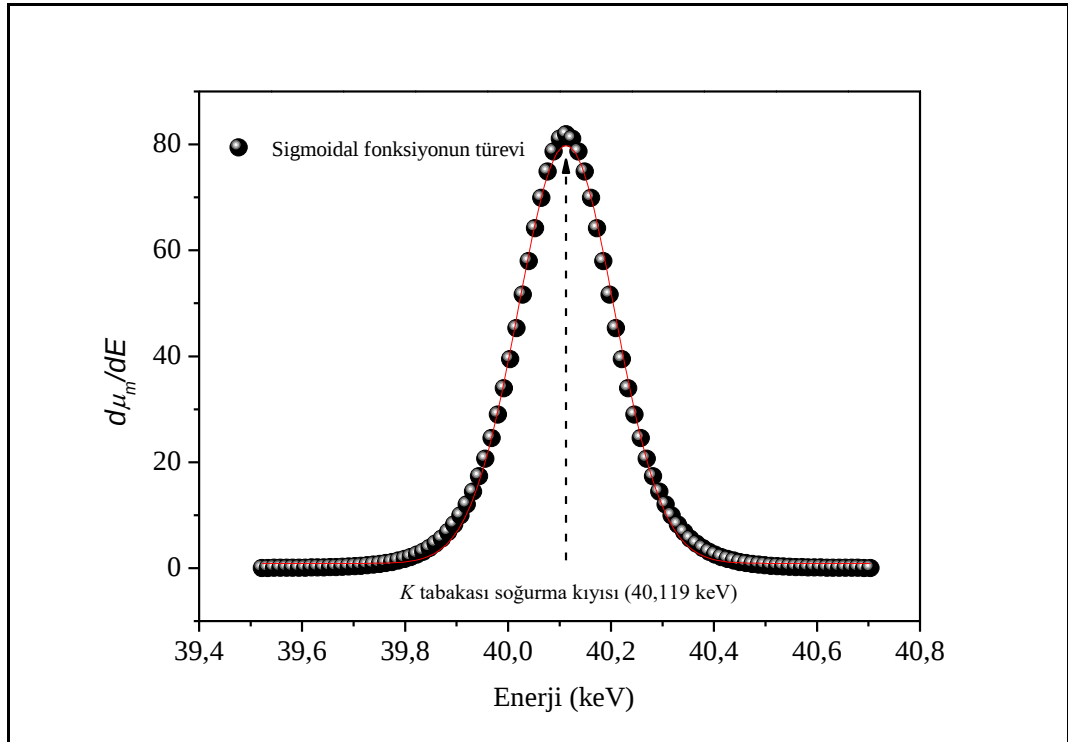
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
49	In K_{α}	24,137	19,775±0,597	19,965
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	17,875±0,540	18,102
50	Sn K_{α}	25,192	17,562±0,531	17,820
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	17,339±0,525	17,671
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	15,942±0,482	16,191
51	Sb K_{α}	26,272	15,878±0,481	15,927
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	15,837±0,479	15,786
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	14,349±0,437	14,509
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	13,971±0,441	14,422
49	In K_{β}	27,353	13,900±0,433	14,296
52	Te K_{α}	27,377	14,102±0,430	14,262
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	13,916±0,424	14,131
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	13,536±0,517	13,609
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	12,488±0,401	12,847
50	Sn K_{β}	28,570	12,354±0,390	12,731
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	11,673±0,485	12,116
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	11,081±0,364	11,486
51	Sb K_{β}	29,817	11,197±0,356	11,379
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	10,662±0,452	10,804
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	10,321±0,314	10,586
55	Cs K_{α}	30,851	10,106±0,308	10,380
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	9,964±0,304	10,272
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	10,030±0,348	10,267
52	Te K_{β}	31,094	9,925±0,335	10,165
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	9,412±0,463	9,650
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	9,390±0,291	9,558
56	Ba K_{α}	32,061	9,112±0,283	9,365
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	8,928±0,278	9,262
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	8,327±0,255	8,645
57	La K_{α}	33,298	8,118±0,249	8,464
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	7,982±0,245	8,367
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	7,175±0,254	7,437
55	Cs K_{β}	35,109	7,091±0,247	7,352
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	6,807±0,214	7,114
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	6,740±0,340	6,974
59	Pr K_{α}	35,857	6,723±0,212	6,954
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	6,672±0,210	6,868
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	6,575±0,271	6,706
56	Ba K_{β}	36,509	6,485±0,265	6,631
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	6,128±0,242	6,471
60	Nd K_{α}	37,179	6,007±0,187	6,319
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	6,140±0,330	6,285
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	5,934±0,204	6,238
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	5,804±0,219	6,060
57	La K_{β}	37,941	5,733±0,220	5,990
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	5,434±0,323	5,676

Çizelge 4.7. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			DeneySEL	WinXCOM
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	5,065±0,223	5,381
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	24,640±0,763	25,891
59	Pr K_{β}	40,901	24,544±0,769	25,589
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	26,275±0,804	25,588
63	Eu K_{α}	41,314	25,258±0,761	24,933
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	24,703±0,749	24,580
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	24,177±0,823	24,243
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	23,226±0,715	23,548
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	22,936±0,713	23,441
60	Nd K_{β}	42,430	22,848±0,705	23,268
64	Gd K_{α}	42,751	22,363±0,676	22,818
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	22,024±0,674	22,482
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	21,451±0,729	22,029
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	20,750±0,638	21,499
65	Tb K_{α}	44,218	20,289±0,613	20,908
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	20,014±0,608	20,588
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	19,118±0,611	19,742
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	19,003±0,589	19,557
62	Sm K_{β}	45,588	18,754±0,585	19,319
66	Dy K_{α}	45,714	18,580±0,565	19,182
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	18,265±0,561	18,877
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	17,785±0,636	18,274
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	17,538±0,559	18,150
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	17,173±0,543	17,858
63	Eu K_{β}	47,218	16,952±0,539	17,638
67	Ho $K_{\alpha 1,2}$	47,242	16,966±0,518	17,615
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	16,627±0,514	17,323
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	16,180±0,527	16,701
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	16,277±0,621	16,676
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	15,725±0,512	16,326
68	Er K_{α}	48,801	15,684±0,480	16,191
64	Gd K_{β}	48,883	15,435±0,507	16,121
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	15,377±0,478	15,913
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	14,396±0,580	15,237
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	14,030±0,458	14,944
65	Tb K_{β}	50,577	13,893±0,461	14,757
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	13,361±0,519	13,976
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	13,198±0,441	13,694
66	Dy K_{β}	52,313	13,067±0,439	13,519
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	12,562±0,537	12,766
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	12,309±0,424	12,558
67	Ho K_{β}	54,082	12,063±0,424	12,396
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	11,045±0,572	11,700
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	11,128±0,392	11,528
68	Er K_{β}	55,886	10,942±0,389	11,379
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	10,216±0,502	10,739



Şekil 4.13. Ce için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



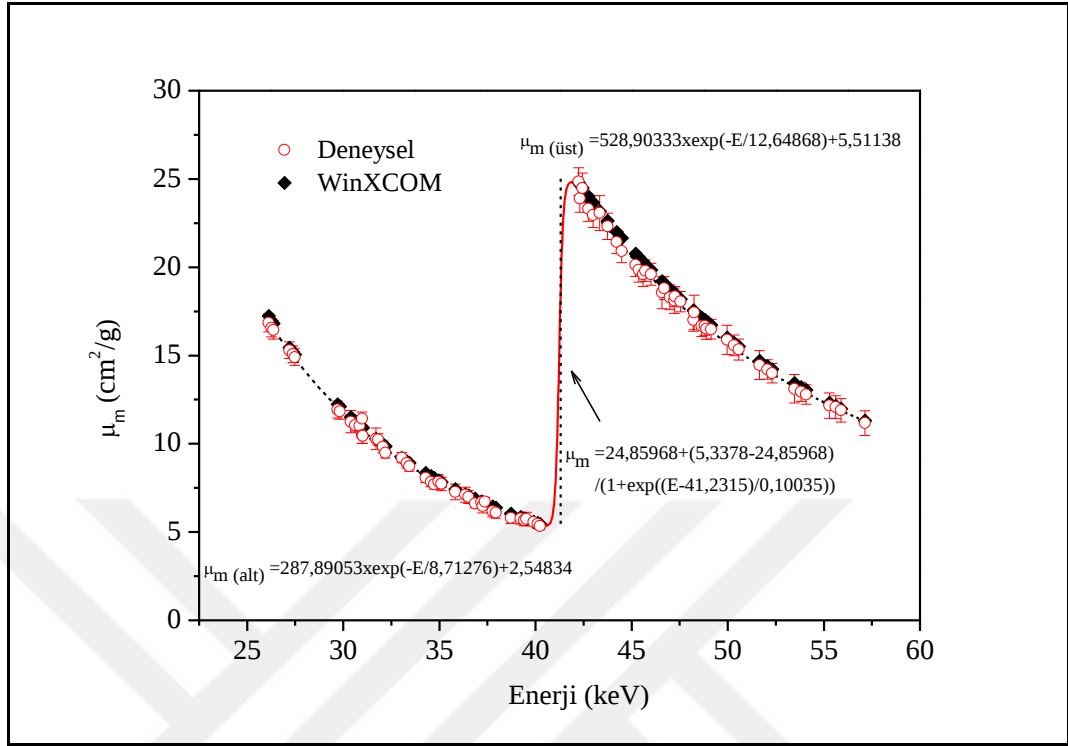
Şekil 4.14. Ce için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.8. K kıyısı çevresinde Pr için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

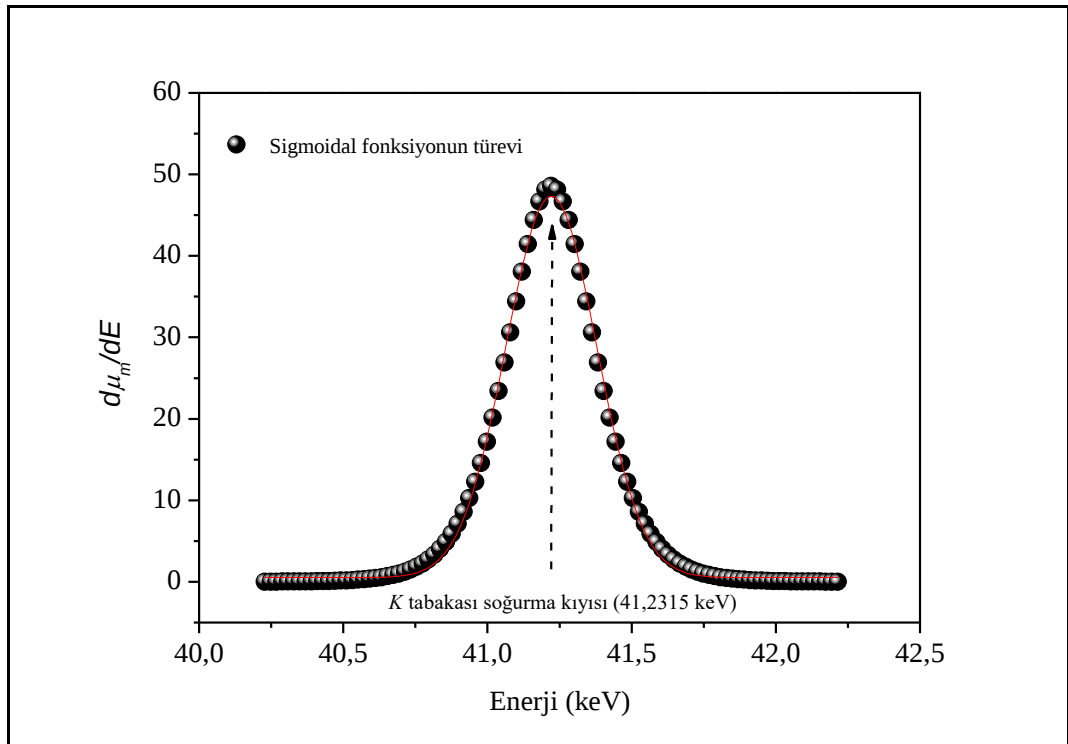
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{a2}	26,111	16,855±0,521	17,247
51	Sb K_{a1}	26,272	16,576±0,513	16,966
51	Sb K_{a1}	26,359	16,440±0,509	16,817
52	Te K_{a2}	27,202	15,297±0,474	15,461
52	Te K_{a1}	27,377	15,072±0,467	15,199
52	Te K_{a1}	27,472	14,911±0,462	15,059
51	Sb $K_{\beta1,3}$	29,710	11,941±0,476	12,235
51	Sb $K_{\beta2}$	29,817	11,828±0,440	12,120
51	Sb $K_{\beta2}$	30,393	11,256±0,627	11,512
55	Cs K_{a2}	30,625	11,061±0,354	11,281
55	Cs K_{a1}	30,851	11,017±0,353	11,062
55	Cs K_{a1}	30,973	11,424±0,365	10,946
52	Te $K_{\beta1,3}$	30,978	10,477±0,448	10,941
52	Te $K_{\beta2}$	31,004	10,446±0,421	10,916
52	Te $K_{\beta2}$	31,704	10,280±0,616	10,284
56	Ba K_{a2}	31,817	10,233±0,334	10,186
56	Ba K_{a1}	32,061	9,822±0,323	9,980
56	Ba K_{a1}	32,194	9,496±0,315	9,870
57	La K_{a2}	33,034	9,215±0,297	9,214
57	La K_{a1}	33,298	8,910±0,288	9,020
57	La K_{a1}	33,442	8,725±0,283	8,917
58	Ce K_{a2}	34,279	8,076±0,265	8,351
58	Ce K_{a1}	34,564	7,840±0,259	8,170
58	Ce K_{a1}	34,720	7,694±0,255	8,073
55	Cs $K_{\beta1,3}$	34,964	7,836±0,410	7,925
55	Cs $K_{\beta2}$	35,109	7,727±0,375	7,839
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	7,273±0,456	7,436
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	7,117±0,424	7,150
56	Ba $K_{\beta2}$	36,509	6,992±0,378	7,070
60	Nd K_{a2}	36,847	6,609±0,242	6,899
60	Nd K_{a1}	37,179	6,681±0,237	6,737
56	Ba $K_{\beta2}$	37,255	6,480±0,395	6,701
60	Nd K_{a1}	37,361	6,725±0,242	6,650
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	6,181±0,332	6,460
57	La $K_{\beta2}$	37,941	6,109±0,325	6,385
57	La $K_{\beta2}$	38,726	5,807±0,327	6,048
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	5,762±0,322	5,846
58	Ce $K_{\beta2}$	39,403	5,674±0,309	5,778
62	Sm K_{a2}	39,522	5,743±0,385	5,733
62	Sm K_{a1}	39,906	5,573±0,201	5,589
62	Sm K_{a1}	40,118	5,470±0,251	5,512
58	Ce $K_{\beta2}$	40,228	5,338±0,189	5,473

Çizelge 4.8. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	24,860±0,779	24,794
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	23,892±0,778	24,682
60	Nd K_{β}	42,430	24,486±0,840	24,500
64	Gd K_{α}	42,751	23,306±0,712	24,025
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	22,954±0,715	23,671
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	23,078±0,987	23,192
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	22,312±0,747	22,631
65	Tb K_{α}	44,218	21,433±0,658	22,004
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	20,911±0,659	21,665
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	20,138±0,652	20,769
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	19,850±0,688	20,571
62	Sm K_{β}	45,588	19,596±0,685	20,320
66	Dy K_{α}	45,714	19,805±0,609	20,174
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	19,601±0,618	19,850
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	18,571±0,914	19,212
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	18,813±0,641	19,082
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	18,298±0,698	18,773
63	Eu K_{β}	47,218	18,110±0,719	18,541
67	Ho K_{α}	47,242	18,337±0,572	18,517
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	18,053±0,580	18,210
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	17,020±0,642	17,557
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	17,437±0,976	17,531
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	16,668±0,602	17,163
68	Er K_{α}	48,801	16,685±0,539	17,023
64	Gd K_{β}	48,883	16,514±0,598	16,950
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	16,483±0,558	16,733
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	15,891±0,828	16,028
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	15,575±0,588	15,715
65	Tb K_{β}	50,577	15,338±0,600	15,519
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	14,454±0,812	14,705
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	14,211±0,543	14,410
66	Dy K_{β}	52,313	14,002±0,548	14,228
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	13,119±0,810	13,442
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	12,944±0,534	13,225
67	Ho K_{β}	54,082	12,789±0,546	13,056
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	12,169±0,718	12,329
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	12,074±0,646	12,150
68	Er K_{β}	55,886	11,898±0,663	11,994
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	11,174±0,700	11,327



Şekil 4.15. Pr için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



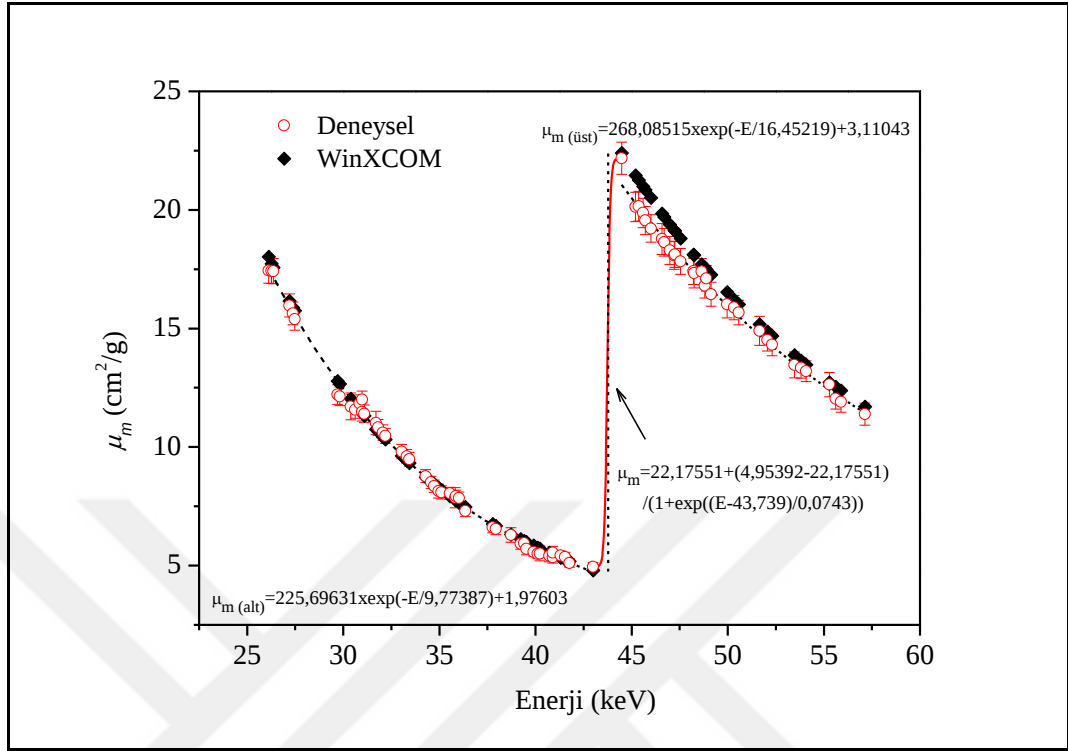
Şekil 4.16. Pr için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.9. K kıyısı çevresinde Nd için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

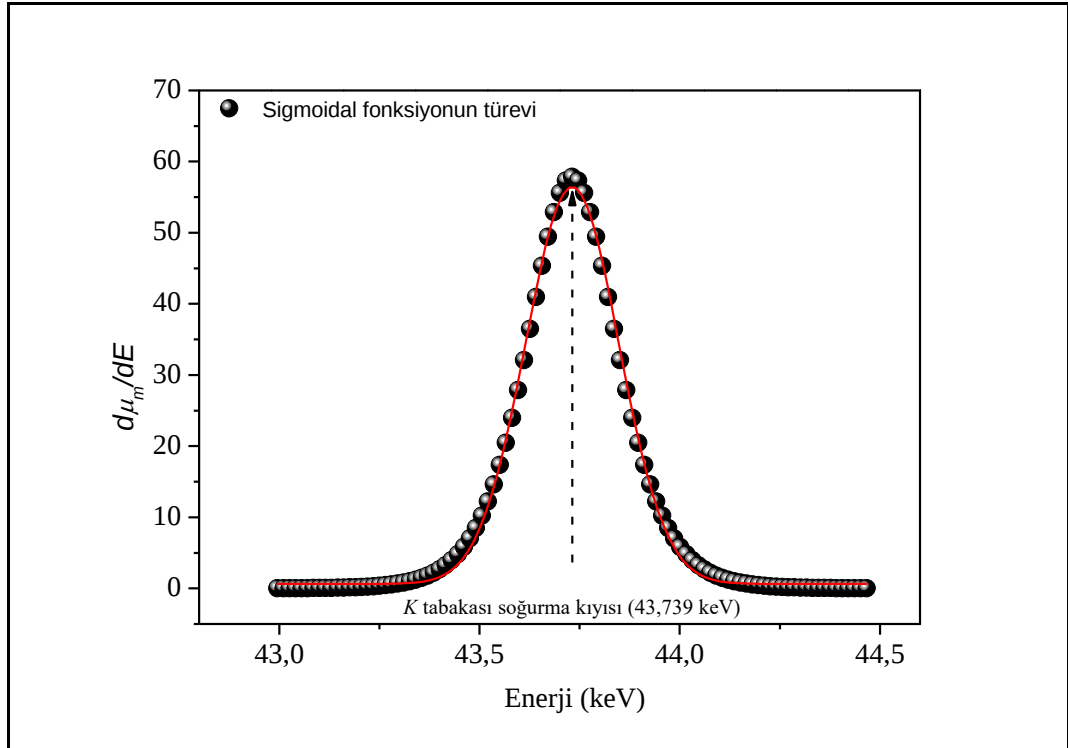
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{a2}	26,111	17,443±0,528	18,024
51	Sb K_a	26,272	17,425±0,528	17,732
51	Sb K_{a1}	26,359	17,415±0,528	17,577
52	Te K_{a2}	27,202	15,971±0,484	16,166
52	Te K_a	27,377	15,632±0,474	15,892
52	Te K_{a1}	27,472	15,395±0,467	15,746
51	Sb $K_{\beta1,3}$	29,710	12,217±0,411	12,791
51	Sb K_β	29,817	12,138±0,397	12,670
51	Sb $K_{\beta2}$	30,393	11,713±0,562	12,037
55	Cs K_{a2}	30,625	11,575±0,354	11,796
55	Cs K_a	30,851	11,838±0,362	11,566
55	Cs K_{a1}	30,973	11,994±0,367	11,445
52	Te $K_{\beta1,3}$	30,978	11,479±0,386	11,440
52	Te K_β	31,094	11,397±0,372	11,327
52	Te $K_{\beta2}$	31,704	11,012±0,494	10,753
56	Ba K_{a2}	31,817	10,823±0,332	10,651
56	Ba K_a	32,061	10,607±0,326	10,436
56	Ba K_{a1}	32,194	10,468±0,322	10,321
57	La K_{a2}	33,034	9,808±0,299	9,634
57	La $K_{a1,2}$	33,298	9,609±0,292	9,432
57	La K_{a1}	33,442	9,489±0,290	9,324
58	Ce K_{a2}	34,279	8,770±0,270	8,732
58	Ce K_a	34,564	8,509±0,262	8,543
58	Ce K_{a1}	34,720	8,350±0,258	8,442
55	Cs $K_{\beta1,3}$	34,964	8,144±0,294	8,288
55	Cs K_β	35,109	8,089±0,283	8,194
59	Pr K_{a2}	35,550	8,047±0,253	7,928
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	7,863±0,424	7,772
59	Pr K_a	35,857	7,925±0,250	7,750
59	Pr K_{a1}	36,026	7,852±0,248	7,654
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	7,302±0,239	7,473
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	6,615±0,233	6,753
57	La K_β	37,941	6,549±0,240	6,675
57	La $K_{\beta2}$	38,726	6,293±0,307	6,324
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	5,914±0,227	6,114
58	Ce K_β	39,403	5,943±0,223	6,044
62	Sm K_{a2}	39,522	5,708±0,252	5,996
62	Sm K_a	39,906	5,571±0,176	5,847

Çizelge 4.9. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			DeneySEL	WinXCOM
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	5,489±0,186	5,765
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	5,511±0,317	5,723
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	5,416±0,249	5,545
59	Pr K_{β}	40,901	5,351±0,245	5,479
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	5,551±0,259	5,479
63	Eu K_{α}	41,314	5,432±0,179	5,336
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	5,356±0,206	5,260
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	5,113±0,182	5,187
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	4,954±0,170	4,806
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	22,176±0,679	22,399
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	20,127±0,618	21,466
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	20,162±0,627	21,261
62	Sm K_{β}	45,588	19,875±0,619	20,999
66	Dy K_{α}	45,714	19,555±0,590	20,847
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	19,218±0,584	20,510
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	18,772±0,649	19,846
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	18,635±0,582	19,710
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	18,288±0,594	19,389
63	Eu K_{β}	47,218	18,077±0,585	19,148
67	Ho K_{α}	47,242	18,123±0,550	19,123
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	17,825±0,546	18,803
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	17,414±0,560	18,124
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	17,333±0,616	18,097
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	17,397±0,547	17,715
68	Er K_{α}	48,801	16,801±0,514	17,569
64	Gd K_{β}	48,883	17,113±0,539	17,492
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	16,444±0,509	17,267
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	16,024±0,577	16,534
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	15,882±0,515	16,214
65	Tb K_{β}	50,577	15,671±0,518	16,013
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	14,898±0,613	15,175
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	14,518±0,467	14,871
66	Dy K_{β}	52,313	14,310±0,461	14,684
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	13,464±0,547	13,877
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	13,343±0,441	13,654
67	Ho K_{β}	54,082	13,198±0,438	13,480
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	12,633±0,508	12,735
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	12,042±0,442	12,551
68	Er K_{β}	55,886	11,913±0,440	12,392
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	11,393±0,465	11,708



Şekil 4.17. Nd için K kıyası çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



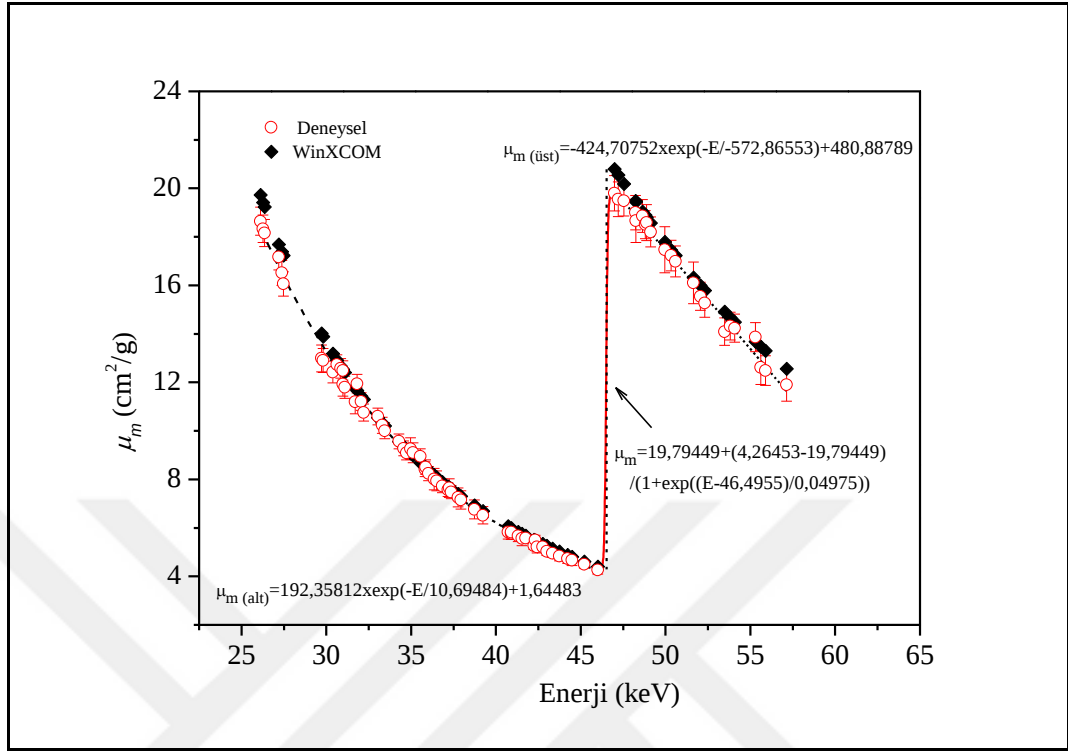
Şekil 4.18. Nd için K kıyası çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.10. K kıyısı çevresinde Sm için deneysel ve teorik kütle soğurma katsayısı değerleri

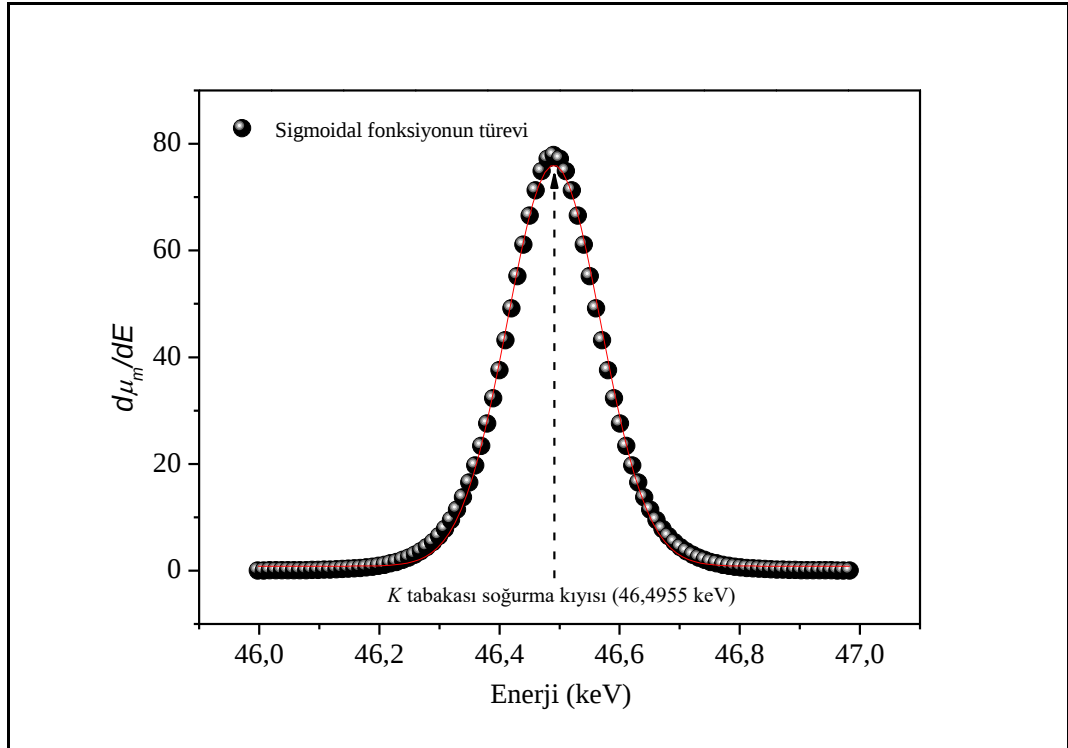
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{a2}	26,111	18,644±0,575	19,736
51	Sb K_{a1}	26,272	18,329±0,566	19,414
51	Sb $K_{\beta1,3}$	26,359	18,157±0,561	19,244
52	Te K_{a2}	27,202	17,166±0,532	17,693
52	Te K_{a1}	27,377	16,515±0,513	17,393
52	Te $K_{\beta1,3}$	27,472	16,060±0,500	17,233
51	Sb $K_{\beta2}$	29,710	12,991±0,552	14,017
51	Sb K_{γ}	29,817	12,903±0,496	13,886
51	Sb K_{δ}	30,393	12,425±0,451	13,185
55	Cs K_{a2}	30,625	12,736±0,405	12,920
55	Cs K_{a1}	30,851	12,580±0,401	12,670
55	Cs $K_{\beta1,3}$	30,973	12,491±0,398	12,537
52	Te $K_{\beta2}$	30,978	11,924±0,494	12,531
52	Te K_{γ}	31,094	11,798±0,458	12,407
52	Te K_{δ}	31,704	11,194±0,495	11,779
56	Ba K_{a2}	31,817	11,943±0,383	11,667
56	Ba K_{a1}	32,061	11,214±0,363	11,431
56	Ba $K_{\beta1,3}$	32,194	10,754±0,350	11,305
57	La K_{a2}	33,034	10,595±0,344	10,553
57	La K_{a1}	33,298	10,229±0,334	10,332
57	La $K_{\beta1,3}$	33,442	10,007±0,328	10,214
58	Ce K_{a2}	34,279	9,567±0,309	9,565
58	Ce K_{a1}	34,564	9,276±0,303	9,357
58	Ce $K_{\beta1,3}$	34,720	9,096±0,296	9,247
55	Cs K_{γ}	34,964	9,265±0,454	9,078
55	Cs K_{δ}	35,109	9,100±0,408	8,980
59	Pr K_{a2}	35,550	8,948±0,307	8,684
55	Cs K_{δ}	35,818	8,415±0,306	8,513
59	Pr K_{a1}	35,857	8,507±0,296	8,489
59	Pr $K_{\beta1,3}$	36,026	8,241±0,289	8,384
56	Ba K_{γ}	36,353	8,009±0,440	8,186
56	Ba K_{δ}	36,509	7,937±0,411	8,093
60	Nd K_{a2}	36,847	7,729±0,281	7,898
60	Nd K_{a1}	37,179	7,572±0,276	7,713
56	Ba K_{δ}	37,255	7,641±0,381	7,671
60	Nd $K_{\beta1,3}$	37,361	7,479±0,275	7,614
57	La K_{γ}	37,773	7,252±0,390	7,396
57	La K_{δ}	37,941	7,152±0,374	7,310
57	La K_{ϵ}	38,726	6,761±0,387	6,926
58	Ce K_{γ}	39,228	6,517±0,360	6,696

Çizelge 4.10. (devam)

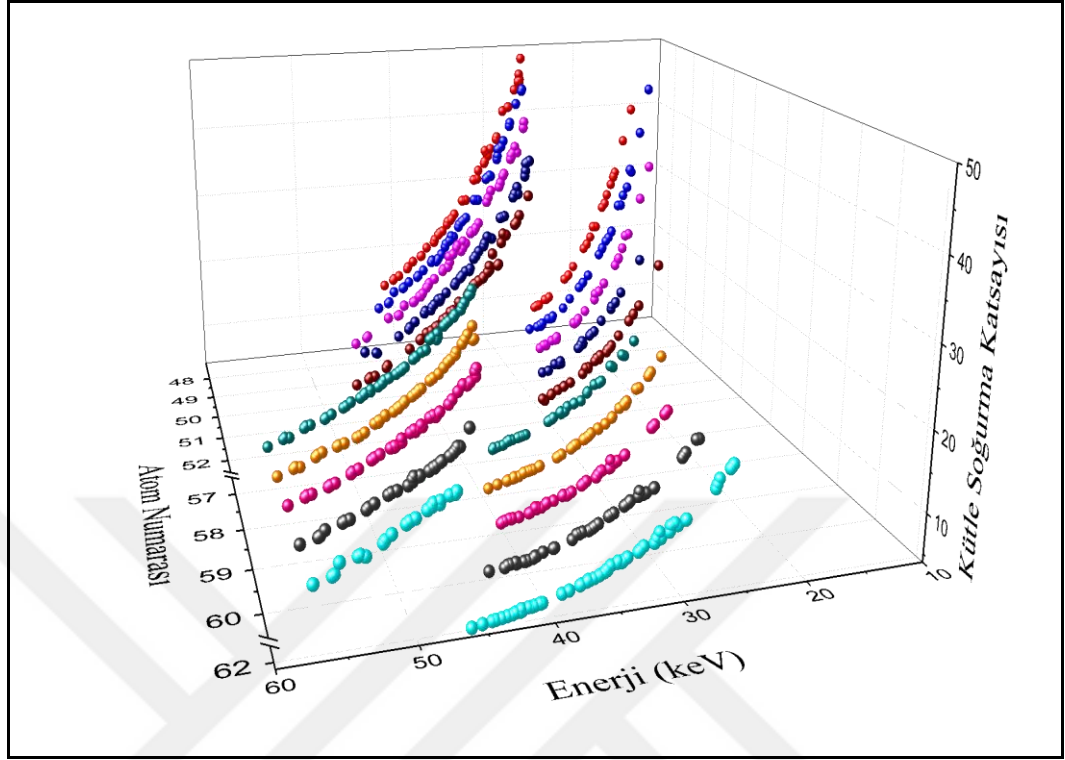
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Soğurma Katsayısı (cm ² /g)	
			Deneyisel	WinXCOM
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	5,825±0,292	6,071
59	Pr K_{β}	40,901	5,773±0,248	5,999
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	5,819±0,225	5,999
63	Eu K_{α}	41,314	5,665±0,229	5,843
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	5,569±0,297	5,759
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	5,581±0,198	5,679
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	5,271±0,163	5,514
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	5,498±0,195	5,488
60	Nd K_{β}	42,430	5,207±0,241	5,447
64	Gd K_{α}	42,751	5,207±0,192	5,341
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	5,029±0,163	5,261
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	4,953±0,164	5,154
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	4,839±0,196	5,028
65	Tb K_{α}	44,218	4,730±0,187	4,889
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4,662±0,216	4,813
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4,492±0,156	4,614
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4,265±0,168	4,411
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	19,794±0,729	20,799
63	Eu K_{β}	47,218	19,550±0,718	20,549
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	19,480±0,625	20,190
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	19,002±0,707	19,480
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	18,668±0,895	19,451
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	18,865±0,679	19,049
68	Er K_{α}	48,801	18,504±0,579	18,894
64	Gd K_{β}	48,883	18,587±0,747	18,813
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	18,203±0,614	18,574
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	17,470±0,951	17,790
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	17,229±0,634	17,454
65	Tb K_{β}	50,577	16,993±0,638	17,235
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	16,105±0,861	16,326
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	15,550±0,575	15,998
66	Dy K_{β}	52,313	15,273±0,582	15,794
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	14,091±0,561	14,917
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	14,324±0,573	14,675
67	Ho K_{β}	54,082	14,234±0,582	14,487
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	13,867±0,594	13,678
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	12,617±0,707	13,478
68	Er K_{β}	55,886	12,487±0,609	13,305
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	11,904±0,674	12,562



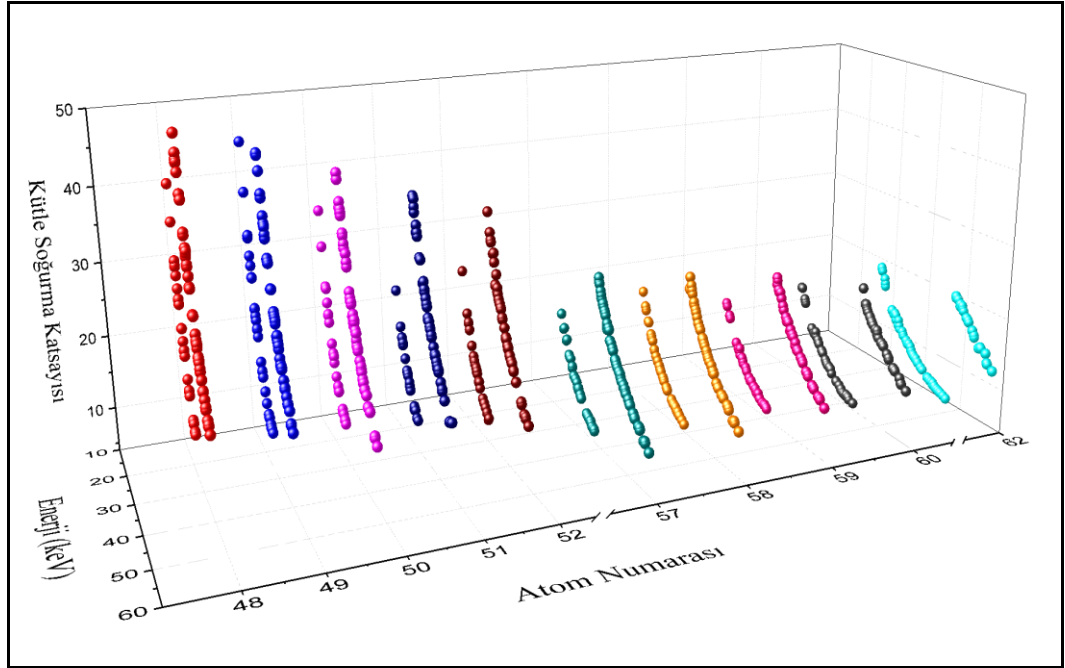
Şekil 4.19. Sm için K kıyısı çevresinde kütle soğurma katsayısının enerjiye göre değişimi



Şekil 4.20. Sm için K kıyısı çevresinde $d\mu_m/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.21. *K* kıyısı çevresinde deneysel kütle soğurma katsayılarının enerjiye ve atom numarasına göre değişimi



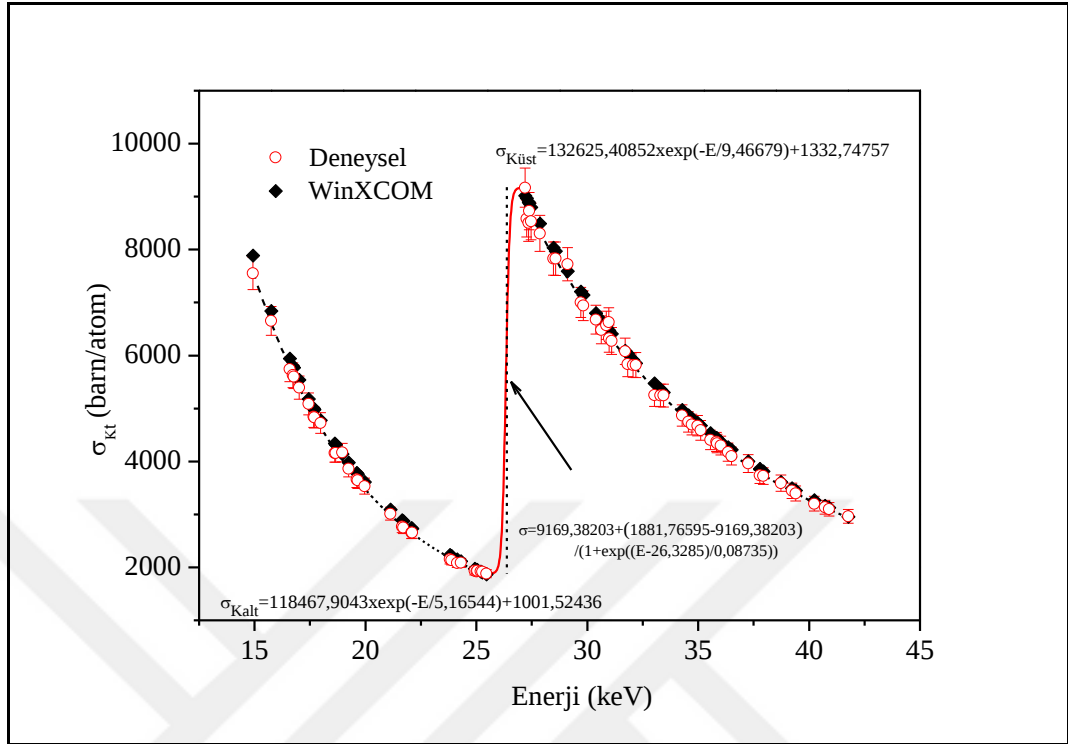
Şekil 4.22. *K* kıyısı çevresinde deneysel kütle soğurma katsayılarının enerjiye ve atom numarasına göre değişimi

Çizelge 4.11. K kıyısı çevresinde Cd için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

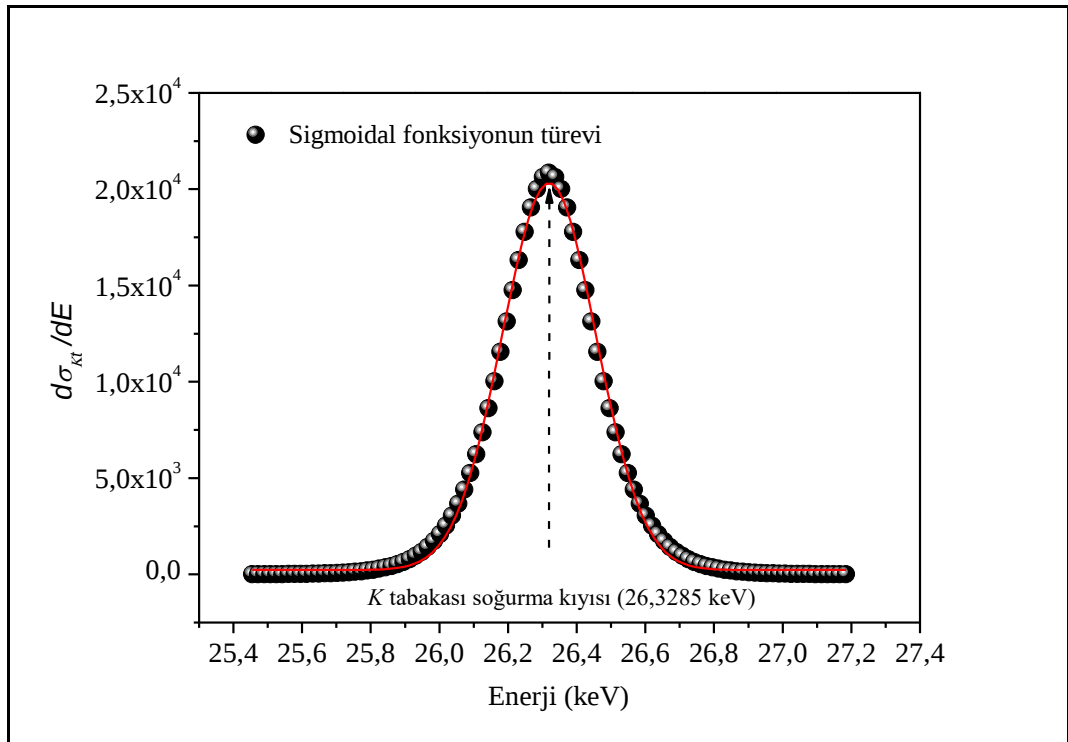
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
39	Y K_{α}	14,932	7549,84±303,55	7888,23
40	Zr K_{α}	15,746	6654,88±271,00	6842,01
41	Nb K_{α}	16,583	5740,79±234,85	5944,36
39	Y $K_{\beta 1,3}$	16,734	5628,69±232,43	5800,17
39	Y K_{β}	16,765	5600,02±226,67	5769,93
39	Y $K_{\beta 2}$	17,013	5392,40±219,25	5543,45
42	Mo K_{α}	17,442	5088,08±207,75	5179,44
40	Zr $K_{\beta 1,3}$	17,662	4843,62±198,22	5005,55
40	Zr K_{β}	17,699	4831,02±198,19	4977,92
40	Zr $K_{\beta 2}$	17,969	4725,89±194,49	4776,70
41	Nb $K_{\beta 1,3}$	18,618	4158,14±170,65	4341,22
41	Nb K_{β}	18,658	4159,45±172,08	4315,64
41	Nb $K_{\beta 2}$	18,952	4168,16±173,85	4139,28
44	Ru K_{α}	19,234	3861,92±155,32	3980,39
42	Mo $K_{\beta 1,3}$	19,601	3663,68±156,75	3787,76
42	Mo K_{β}	19,647	3643,36±155,99	3764,61
42	Mo $K_{\beta 2}$	19,965	3532,64±151,86	3611,49
46	Pd K_{α}	21,123	3013,22±121,03	3092,67
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	2767,63±113,10	2893,65
44	Ru K_{β}	21,706	2751,10±112,46	2873,49
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	2654,09±108,66	2745,16
47	Ag K_{α}	22,103	2654,18±106,53	2735,39
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2151,33±88,05	2235,66
46	Pd K_{β}	23,877	2136,72±87,48	2218,49
49	In K_{α}	24,137	2081,33±83,67	2154,71
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2087,58±85,66	2116,29
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	1936,47±79,07	1975,64
47	Ag K_{β}	25,007	1924,36±78,59	1960,15
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	1934,23±77,45	1952,21
50	Sn K_{α}	25,192	1923,25±77,01	1921,94
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	1915,43±76,70	1906,09
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	1881,77±76,99	1869,94
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	9169,38±369,87	9019,31
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	8582,41±345,32	8968,96
49	In K_{β}	27,353	8502,59±344,25	8901,76
52	Te K_{α}	27,377	8726,92±352,33	8875,80
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	8531,65±344,52	8799,07
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	8304,80±340,94	8492,50
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	7831,22±315,16	8039,94
50	Sn K_{β}	28,570	7827,44±316,15	7969,94
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	7725,36±313,87	7596,39
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	7002,61±284,31	7209,29
51	Sb K_{β}	29,817	6941,41±282,35	7142,84
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	6676,60±274,44	6798,47

Çizelge 4.11. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyssel	WinXCOM
55	Cs K_{a2}	30,625	6483,53±264,18	6665,95
55	Cs K_{α}	30,851	6571,85±265,97	6540,14
55	Cs K_{a1}	30,973	6631,98±269,40	6473,54
52	Te $K_{\beta1,3}$	30,978	6321,79±257,02	6471,41
52	Te K_{β}	31,094	6275,29±254,24	6408,88
52	Te $K_{\beta2}$	31,704	6079,36±248,90	6093,06
56	Ba K_{a2}	31,817	5838,74±239,75	6036,99
56	Ba K_{α}	32,061	5820,77±234,42	5918,30
56	Ba K_{a1}	32,194	5818,94±237,51	5854,97
57	La K_{a2}	33,034	5252,71±215,04	5476,09
57	La K_{α}	33,298	5245,39±212,04	5364,21
57	La K_{a1}	33,442	5243,37±214,79	5304,57
58	Ce K_{a2}	34,279	4867,12±202,97	4976,37
58	Ce K_{α}	34,564	4748,23±192,26	4871,48
58	Ce K_{a1}	34,720	4697,93±194,78	4815,47
55	Cs $K_{\beta1,3}$	34,964	4673,20±191,40	4729,85
55	Cs K_{β}	35,109	4587,47±187,00	4680,38
59	Pr K_{a2}	35,550	4405,11±183,59	4533,44
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	4368,71±181,69	4447,85
59	Pr K_{α}	35,857	4339,70±174,60	4435,61
59	Pr K_{a1}	36,026	4301,54±176,49	4371,55
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	4176,29±170,93	4270,10
56	Ba K_{β}	36,509	4101,05±167,85	4222,50
56	Ba $K_{\beta2}$	37,255	3960,35±168,57	4004,17
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	3738,95±155,30	3861,12
57	La K_{β}	37,941	3723,44±155,15	3816,51
57	La $K_{\beta2}$	38,726	3589,03±153,88	3615,11
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	3447,06±144,83	3493,77
58	Ce K_{β}	39,403	3393,93±142,18	3452,70
58	Ce $K_{\beta2}$	40,228	3202,52±138,93	3268,02
59	Pr $K_{\beta1,3}$	40,716	3134,99±129,13	3165,24
59	Pr K_{β}	40,901	3097,07±128,00	3127,16
59	Pr $K_{\beta2}$	41,764	2963,08±131,73	2958,81



Şekil 4.23. Cd için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



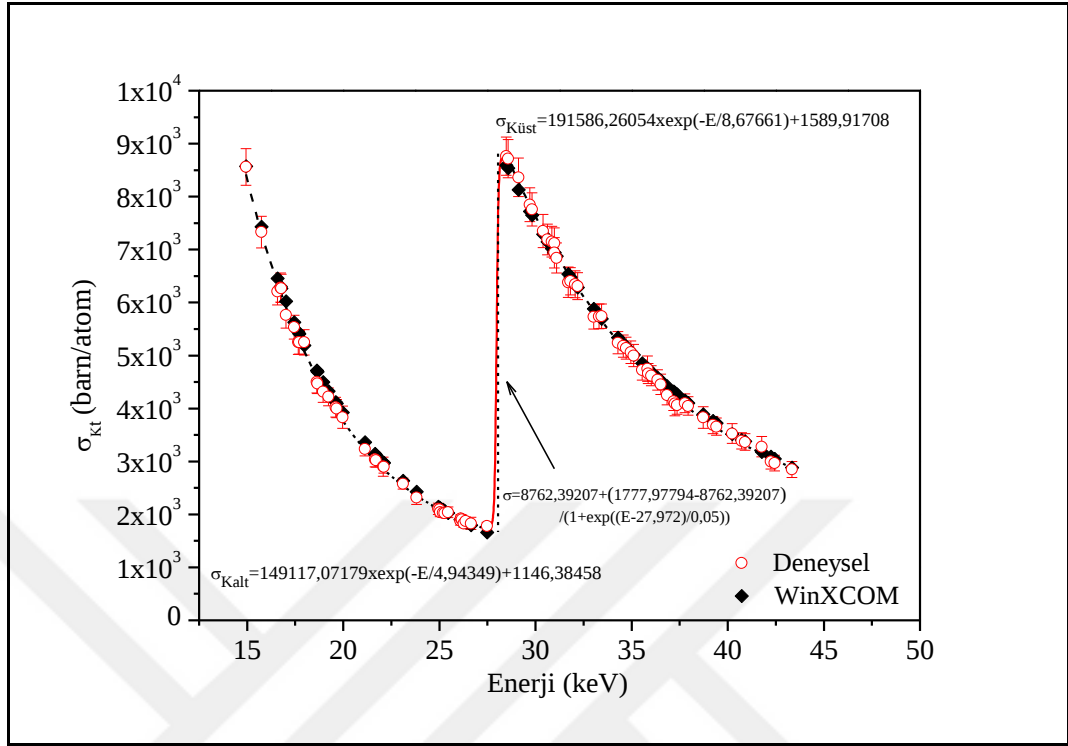
Şekil 4.24. Cd için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.12. *K* kıyısı çevresinde *In* için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

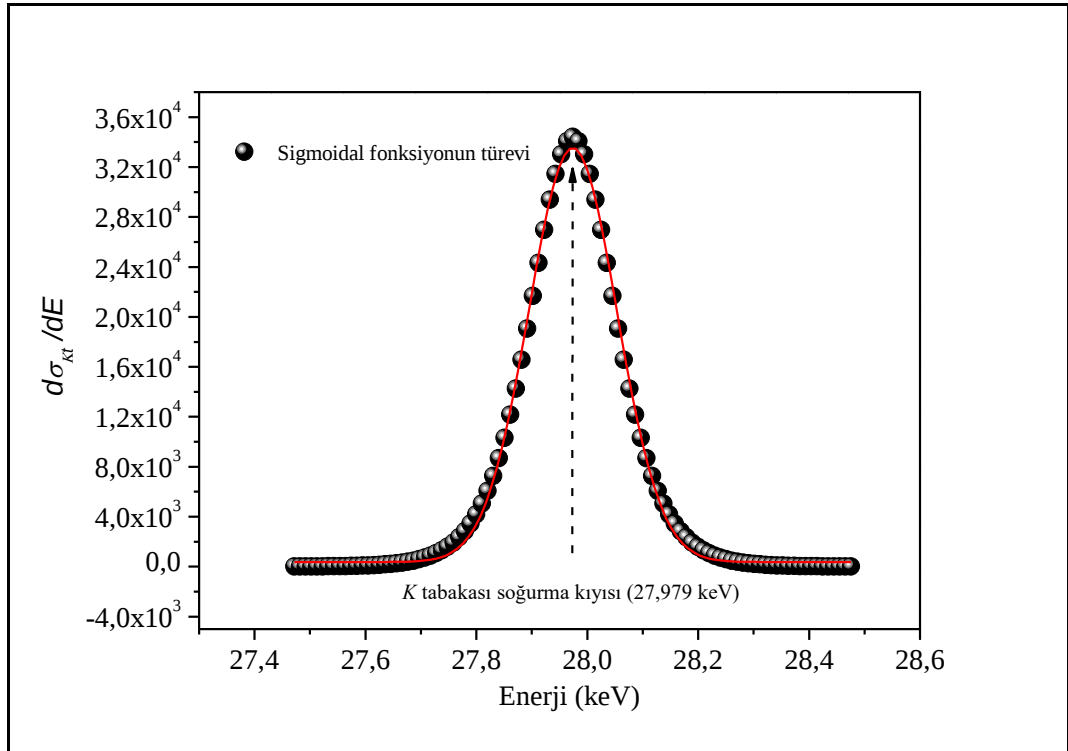
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
39	Y K_{α}	14,932	8561,57±346,79	8572,98
40	Zr K_{α}	15,746	7330,15±297,60	7435,51
41	Nb K_{α}	16,583	6207,56±251,14	6460,21
39	Y $K_{\beta 1,3}$	16,734	6282,40±274,14	6302,64
39	Y K_{β}	16,765	6266,93±265,47	6270,80
39	Y $K_{\beta 2}$	17,013	5767,28±248,35	6024,84
42	Mo K_{α}	17,442	5536,35±223,87	5629,68
40	Zr $K_{\beta 1,3}$	17,662	5250,96±228,77	5441,05
40	Zr K_{β}	17,699	5250,14±221,88	5410,16
40	Zr $K_{\beta 2}$	17,969	5248,53±240,49	5192,65
41	Nb $K_{\beta 1,3}$	18,618	4497,38±203,07	4719,59
41	Nb K_{β}	18,658	4472,64±189,96	4692,71
41	Nb $K_{\beta 2}$	18,952	4317,38±204,24	4501,35
44	Ru K_{α}	19,234	4219,78±170,81	4329,12
42	Mo $K_{\beta 1,3}$	19,601	4024,17±188,01	4120,35
42	Mo K_{β}	19,647	3997,73±170,47	4095,37
42	Mo $K_{\beta 2}$	19,965	3833,19±210,11	3929,41
46	Pd K_{α}	21,123	3236,19±132,05	3362,09
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3038,17±139,68	3146,84
44	Ru K_{β}	21,706	3019,81±130,73	3124,53
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	2901,23±179,89	2985,74
47	Ag K_{α}	22,103	2897,81±118,06	2975,14
48	Cd K_{α}	23,108	2579,18±104,14	2636,58
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2316,10±129,58	2430,72
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	2103,78±106,36	2145,30
47	Ag K_{β}	25,007	2094,36±98,95	2128,14
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	2039,60±83,10	2119,61
50	Sn K_{α}	25,192	2030,69±82,75	2086,29
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	2025,32±82,54	2068,83
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	2038,84±99,69	2029,00
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	1882,94±83,75	1901,64
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	1922,16±77,39	1896,16
48	Cd K_{β}	26,165	1905,11±82,03	1885,81
51	Sb K_{α}	26,272	1829,33±73,71	1865,64
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	1873,44±75,46	1849,47
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	1830,24±116,31	1798,04
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	1777,98±71,89	1661,29
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	8762,39±360,50	8590,74
50	Sn K_{β}	28,570	8717,53±362,52	8540,16
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	8364,61±364,75	8129,41
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	7847,78±317,40	7724,01
51	Sb K_{β}	29,817	7759,76±313,47	7654,22

Çizelge 4.12. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	7351,49±311,51	7291,70
55	Cs K_{a2}	30,625	7193,21±290,21	7151,72
55	Cs K_{a1}	30,851	7148,26±288,43	7018,57
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	30,973	7120,65±287,34	6947,99
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	6939,77±289,29	6945,16
52	Te $K_{\beta 2}$	31,094	6843,99±283,41	6878,81
52	Te K_{α}	31,704	6383,58±287,12	6543,41
56	Ba K_{a2}	31,817	6401,82±258,39	6483,58
56	Ba K_{a1}	32,061	6344,24±256,13	6356,76
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	32,194	6308,25±254,72	6288,98
57	La K_{a2}	33,034	5728,16±231,14	5881,98
57	La K_{a1}	33,298	5738,49±231,55	5761,26
57	La $K_{\beta 1,3}$	33,442	5740,87±231,64	5696,80
58	Ce K_{a2}	34,279	5242,30±211,43	5340,72
58	Ce K_{a1}	34,564	5178,10±208,88	5226,39
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	34,720	5140,71±207,39	5165,24
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5063,11±212,44	5071,55
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,109	4999,20±210,59	5017,02
59	Pr K_{a2}	35,550	4725,16±191,81	4856,11
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	4751,01±240,64	4761,88
59	Pr K_{a1}	35,857	4657,99±189,11	4748,39
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	36,026	4619,70±187,58	4690,54
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	4540,31±193,40	4581,55
56	Ba $K_{\beta 2}$	36,509	4455,17±191,96	4530,65
60	Nd K_{a2}	36,847	4253,07±187,23	4423,59
60	Nd K_{a1}	37,179	4131,53±168,19	4321,98
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	4094,83±230,44	4299,20
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	37,361	4060,31±169,36	4267,74
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	4097,17±177,61	4148,76
57	La $K_{\beta 2}$	37,941	4046,80±175,83	4101,66
57	La K_{α}	38,726	3831,54±203,98	3892,24
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	3688,17±161,11	3767,05
58	Ce $K_{\beta 2}$	39,403	3656,01±161,89	3724,92
58	Ce K_{α}	40,228	3526,43±184,68	3517,11
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3388,75±154,42	3406,70
59	Pr $K_{\beta 2}$	40,901	3366,24±156,37	3384,97
59	Pr K_{α}	41,764	3279,02±189,49	3184,15
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	2997,73±142,73	3090,40
60	Nd $K_{\beta 2}$	42,430	2966,59±148,16	3052,65
60	Nd K_{α}	43,335	2848,90±150,94	2885,12



Şekil 4.25. In için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



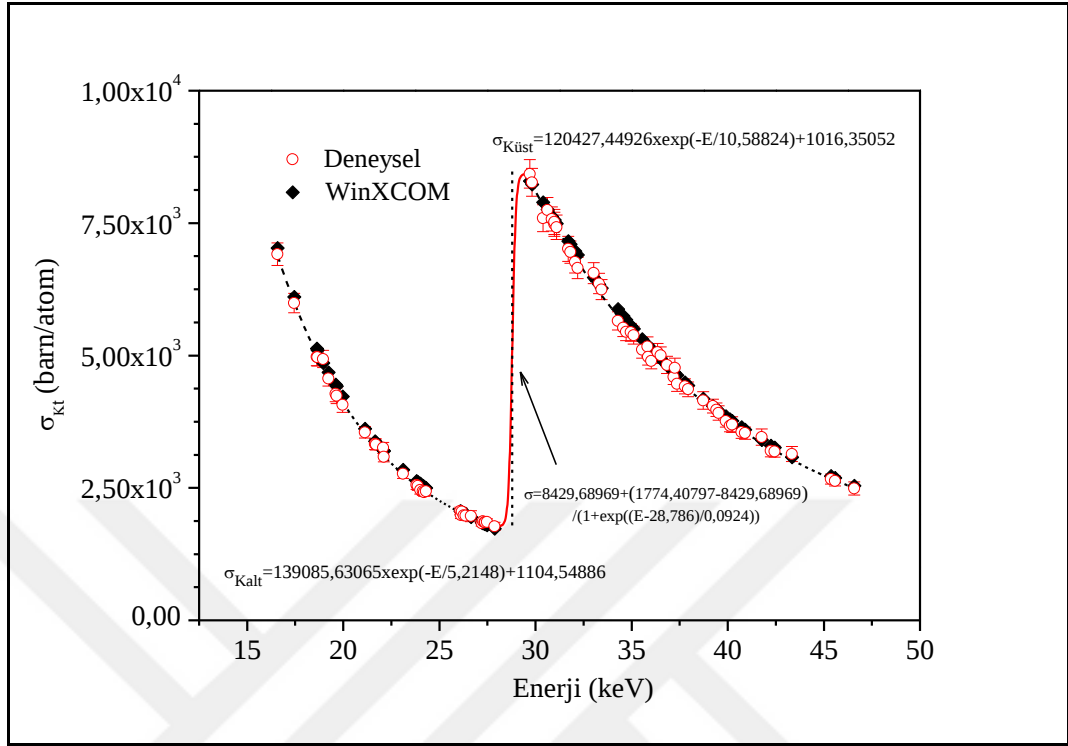
Şekil 4.26. In için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.13. K kıyısı çevresinde Sn için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

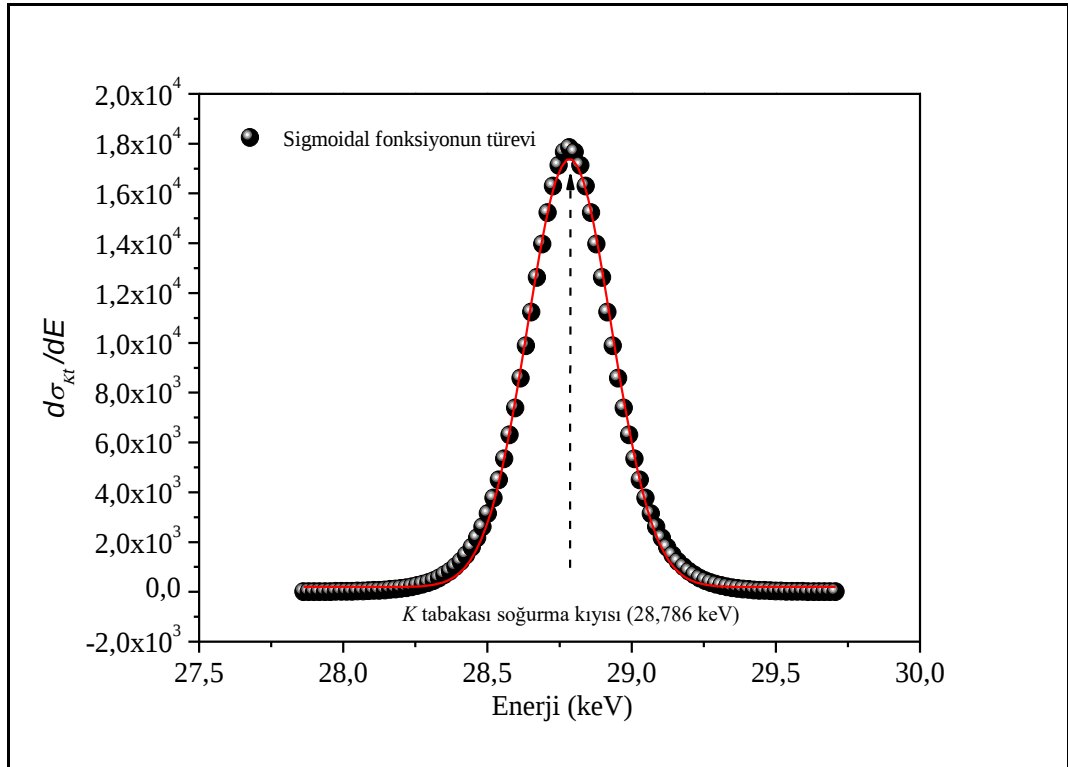
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
41	Nb K_{α}	16,583	6913,17±213,50	7034,12
42	Mo K_{α}	17,442	5990,36±185,55	6105,87
41	Nb $K_{\beta 1,3}$	18,618	4971,63±163,21	5135,44
41	Nb K_{β}	18,658	4967,51±163,07	5105,08
41	Nb $K_{\beta 2}$	18,952	4933,60±162,22	4863,01
44	Ru K_{α}	19,234	4564,40±138,05	4686,01
42	Mo $K_{\beta 1,3}$	19,601	4275,01±148,46	4451,22
42	Mo K_{β}	19,647	4242,29±147,62	4422,25
42	Mo $K_{\beta 2}$	19,965	4069,12±143,64	4229,19
46	Pd K_{α}	21,123	3550,94±107,87	3618,63
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3328,16±103,99	3383,41
44	Ru K_{β}	21,706	3317,99±103,68	3359,36
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	3255,99±102,14	3210,31
47	Ag K_{α}	22,103	3086,83±93,87	3199,00
48	Cd K_{α}	23,108	2765,20±84,23	2844,04
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2554,70±83,27	2634,35
46	Pd K_{β}	23,877	2537,59±82,89	2615,62
49	In $K_{\alpha 2}$	24,002	2459,15±76,30	2581,53
49	In K_{α}	24,137	2433,56±75,56	2545,70
49	In $K_{\alpha 1}$	24,210	2416,67±75,08	2526,71
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2437,96±80,67	2503,92
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	2064,79±70,16	2066,04
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	1985,24±60,91	2060,08
48	Cd K_{β}	26,165	2049,73±67,67	2048,69
51	Sb K_{α}	26,272	1978,13±60,89	2026,58
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	1973,18±60,57	2008,79
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	1967,39±102,54	1951,94
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	1834,95±56,55	1846,84
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	1866,32±78,41	1835,80
49	In K_{β}	27,353	1851,66±68,87	1819,64
52	Te K_{α}	27,377	1848,88±56,95	1815,50
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	1856,66±57,16	1798,79
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	1774,41±74,90	1732,42
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	8429,69±267,71	8297,28
51	Sb K_{β}	29,817	8269,38±264,10	8232,82
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	7593,48±253,29	7892,79
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	7746,94±234,35	7759,07
55	Cs K_{α}	30,851	7577,37±229,28	7630,57
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	7478,45±226,37	7561,90
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	7520,98±235,47	7559,06
52	Te K_{β}	31,094	7422,37±231,81	7494,21

Çizelge 4.13. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	7011,60±235,79	7160,66
56	Ba K_{a2}	31,817	6953,16±210,44	7100,16
56	Ba K_a	32,061	6763,71±204,79	6970,90
56	Ba K_{a1}	32,194	6653,22±201,50	6901,21
57	La K_{a2}	33,034	6556,97±198,61	6473,50
57	La K_a	33,298	6359,37±192,71	6343,39
57	La K_{a1}	33,442	6246,46±189,38	6273,27
58	Ce K_{a2}	34,279	5655,08±170,88	5877,26
58	Ce K_a	34,564	5524,19±166,99	5746,82
58	Ce K_{a1}	34,720	5446,80±164,68	5676,33
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5437,99±170,04	5567,33
55	Cs K_{β}	35,109	5383,87±167,09	5503,46
59	Pr K_{a2}	35,550	5107,13±155,32	5312,04
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	5168,32±185,16	5198,16
59	Pr K_a	35,857	4973,43±151,32	5181,74
59	Pr K_{a1}	36,026	4895,96±149,01	5126,38
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	5064,55±161,08	4999,03
56	Ba K_{β}	36,509	5004,97±157,08	4939,69
60	Nd K_{a2}	36,847	4822,56±163,34	4814,23
60	Nd K_a	37,179	4593,03±139,97	4695,14
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	4764,75±183,52	4668,44
60	Nd K_{a1}	37,361	4463,95±140,06	4631,53
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	4415,77±140,89	4491,63
57	La K_{β}	37,941	4362,92±138,09	4436,24
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	4152,22±167,55	4189,75
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	4044,38±129,18	4041,99
58	Ce K_{β}	39,403	3975,76±126,34	3991,93
62	Sm K_{a2}	39,522	3915,15±134,83	3958,75
62	Sm K_a	39,906	3763,50±115,41	3853,76
62	Sm K_{a1}	40,118	3674,83±116,46	3796,49
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	3695,24±146,05	3768,40
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3554,61±117,91	3647,16
59	Pr K_{β}	40,901	3534,96±116,52	3602,61
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	3458,23±153,19	3404,31
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	3199,49±111,41	3302,59
60	Nd K_{β}	42,430	3187,31±109,09	3261,59
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	3140,18±139,16	3081,28
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	2669,11±94,70	2725,81
62	Sm K_{β}	45,588	2630,86±94,00	2692,10
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	2487,49±124,62	2544,78



Şekil 4.27. Sn için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



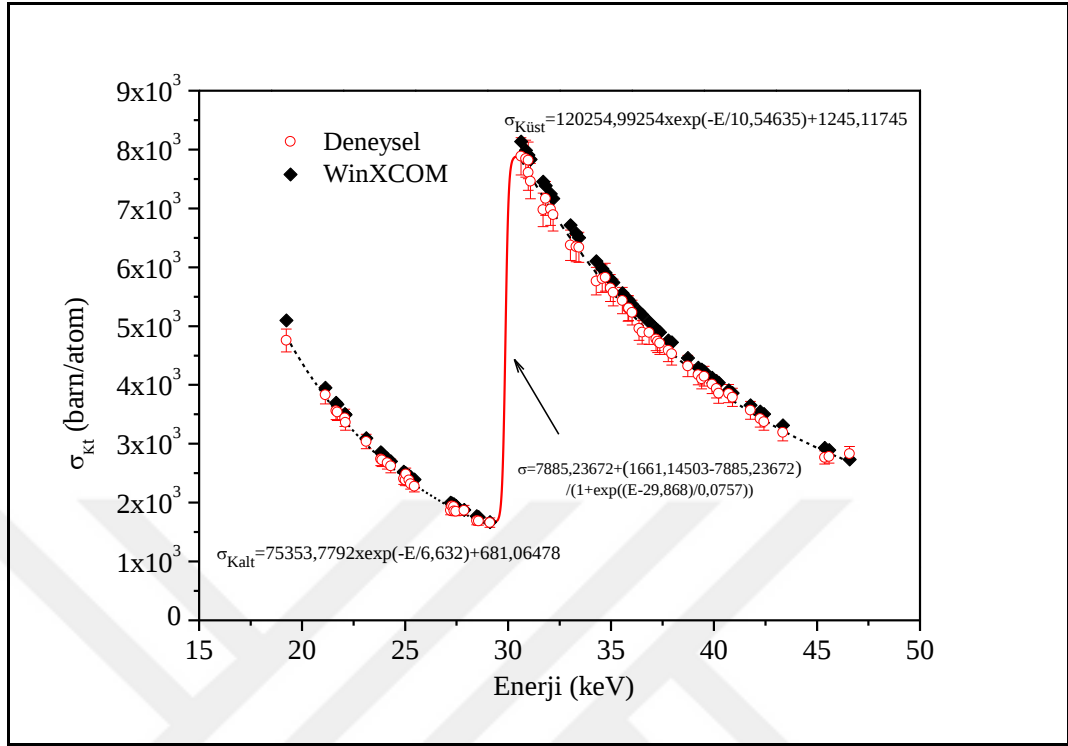
Şekil 4.28. Sn için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.14. K kıyısı çevresinde Sb için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

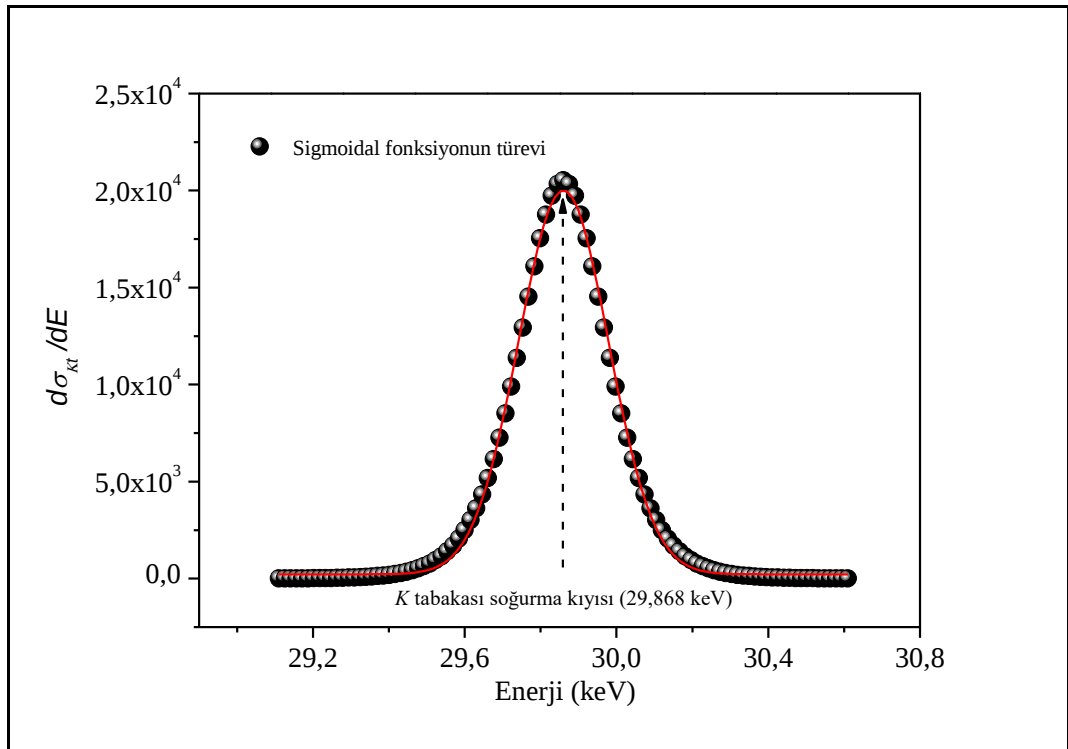
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
44	Ru K_{α}	19,234	4755,94±192,38	5096,89
46	Pd K_{α}	21,123	3833,45±153,73	3955,18
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3558,86±147,27	3698,01
44	Ru K_{β}	21,706	3540,60±145,74	3671,51
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	3439,43±147,13	3506,73
47	Ag K_{α}	22,103	3366,00±134,91	3494,17
48	Cd K_{α}	23,108	3039,41±122,84	3095,75
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2742,84±111,91	2856,10
46	Pd K_{β}	23,877	2724,13±110,39	2834,26
49	In K_{α}	24,137	2678,35±107,53	2753,42
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2623,24±116,21	2704,85
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	2405,38±98,07	2527,54
47	Ag K_{β}	25,007	2386,26±96,74	2507,73
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	2483,31±104,52	2498,14
50	Sn K_{α}	25,192	2383,36±96,47	2460,14
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	2321,93±93,08	2440,26
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	2279,91±99,96	2394,97
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	1866,38±74,98	2001,56
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	1944,82±79,72	1989,52
49	In K_{β}	27,353	1932,59±78,97	1972,13
52	Te K_{α}	27,377	1857,72±74,62	1967,57
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	1852,50±74,42	1949,44
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	1870,60±85,11	1877,38
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	1695,04±70,05	1771,97
50	Sn K_{β}	28,570	1689,27±69,35	1755,79
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	1661,14±77,82	1670,25
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	7885,24±315,73	8138,61
55	Cs K_{α}	30,851	7844,30±314,09	7989,53
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	7816,63±312,98	7910,48
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	7612,66±307,62	7907,34

Çizelge 4.14. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyssel	WinXCOM
52	Te K_{β}	31,094	7463,46±299,51	7833,14
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	6975,11±285,56	7457,04
56	Ba K_{a2}	31,817	7168,85±289,05	7389,94
56	Ba K_{α}	32,061	6989,73±280,37	7247,67
56	Ba K_{a1}	32,194	6892,02±277,30	7171,61
57	La K_{a2}	33,034	6374,39±256,62	6714,54
57	La K_{α}	33,298	6351,09±255,41	6578,85
57	La K_{a1}	33,442	6337,34±254,72	6506,37
58	Ce K_{a2}	34,279	5765,51±233,09	6105,69
58	Ce K_{α}	34,564	5805,29±235,39	5976,94
58	Ce K_{a1}	34,720	5830,22±237,15	5908,04
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5647,14±228,09	5802,57
55	Cs K_{β}	35,109	5570,48±225,20	5740,90
59	Pr K_{a2}	35,550	5433,63±221,86	5559,49
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	5302,31±217,10	5453,15
59	Pr K_{α}	35,857	5303,83±212,71	5437,92
59	Pr K_{a1}	36,026	5231,06±210,58	5372,62
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	4960,51±204,25	5249,39
56	Ba K_{β}	36,509	4894,94±199,39	5192,17
60	Nd K_{a2}	36,847	4889,90±201,21	5071,01
60	Nd K_{α}	37,179	4776,95±194,37	4956,09
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	4743,63±193,14	4930,33
60	Nd K_{a1}	37,361	4711,86±193,10	4894,74
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	4586,83±188,11	4760,09
57	La K_{β}	37,941	4527,49±187,19	4726,93
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	4323,15±181,05	4458,08
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	4172,62±170,79	4293,65
58	Ce K_{β}	39,403	4101,43±168,94	4262,11
62	Sm K_{a2}	39,522	4148,32±167,87	4228,86
62	Sm K_{α}	39,906	4014,04±160,83	4123,53
62	Sm K_{a1}	40,118	3938,98±158,13	4066,79
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	3860,06±169,96	4037,74
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3853,74±155,62	3911,92
59	Pr K_{β}	40,901	3788,50±153,65	3865,62
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	3570,70±151,79	3658,34
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	3427,73±144,62	3551,22
60	Nd K_{β}	42,430	3375,48±143,24	3508,15
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	3190,93±141,90	3316,83
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	2768,73±111,73	2934,75
62	Sm K_{β}	45,588	2782,44±112,92	2897,95
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	2832,62±119,90	2737,13



Şekil 4.29. Sb için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



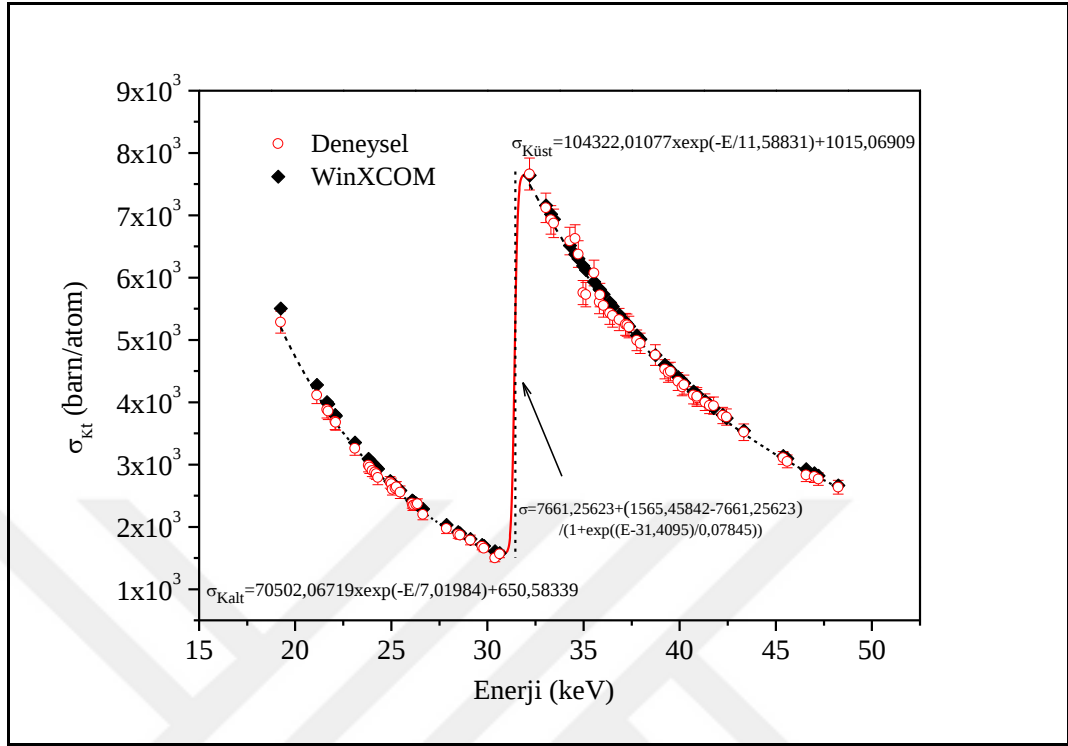
Şekil 4.30. Sb için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.15. K kıyısı çevresinde Te için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

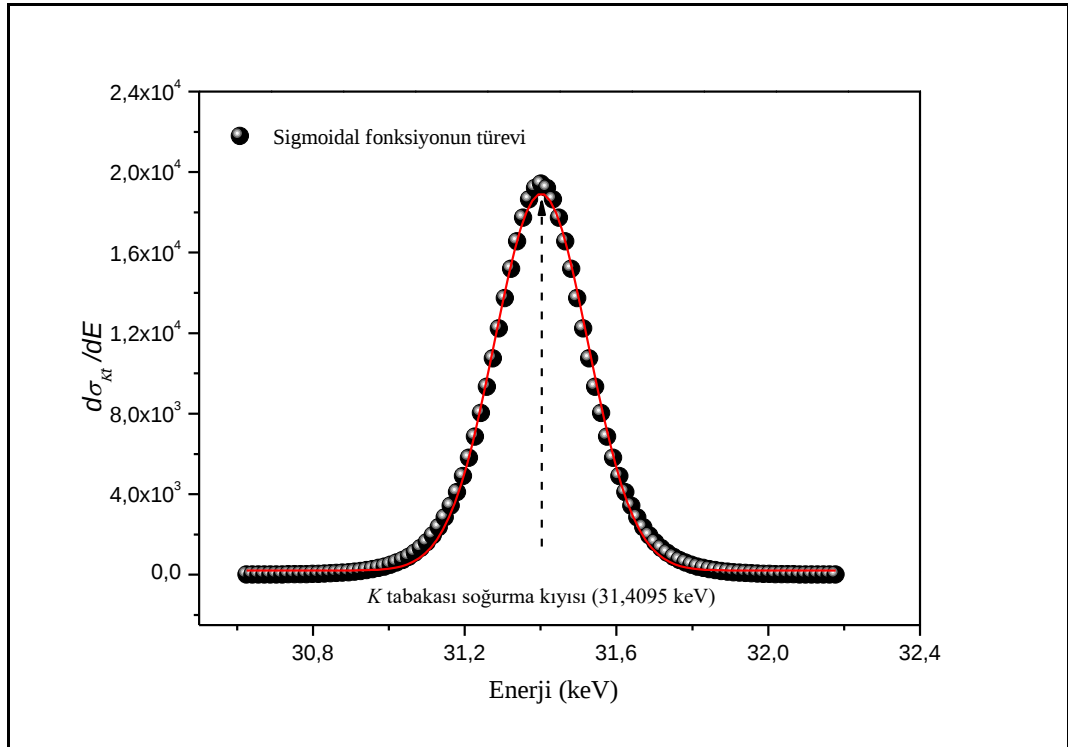
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
44	Ru K_{α}	19,234	5287,01±176,59	5506,11
46	Pd K_{α}	21,123	4115,56±136,30	4279,32
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3885,20±135,72	4002,50
44	Ru K_{β}	21,706	3856,01±131,52	3974,11
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	3692,36±132,63	3796,39
47	Ag K_{α}	22,103	3674,98±121,64	3782,86
48	Cd K_{α}	23,108	3257,81±108,16	3353,16
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2987,10±102,92	3094,36
46	Pd K_{β}	23,877	2957,43±99,91	3070,85
49	In $K_{\alpha 2}$	24,002	2903,56±96,12	3028,27
49	In K_{α}	24,137	2878,07±95,28	2983,38
49	In $K_{\alpha 1}$	24,210	2854,71±94,51	2959,54
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2790,26±116,06	2930,87
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	2715,17±92,94	2739,03
47	Ag K_{β}	25,007	2690,60±90,54	2717,63
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	2598,99±86,33	2699,73
50	Sn K_{α}	25,192	2622,14±87,12	2658,14
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	2638,90±87,67	2636,27
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	2555,34±100,31	2586,21
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	2380,40±83,17	2424,17
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	2341,20±78,11	2417,31
48	Cd K_{β}	26,165	2351,34±80,57	2404,04
51	Sb K_{α}	26,272	2357,43±78,23	2378,05
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	2370,48±79,06	2357,18
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	2200,47±88,05	2290,46
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	1971,02±79,32	2032,03
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	1881,60±65,58	1917,35
50	Sn K_{β}	28,570	1866,11±64,10	1899,76
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	1789,02±77,50	1806,85
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	1688,39±58,98	1711,39
51	Sb K_{β}	29,817	1655,51±57,06	1695,08
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	1502,30±62,65	1611,31
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	1565,46±59,87	1579,32
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	7661,26±256,17	7642,49
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	7122,22±236,11	7160,49
57	La K_{α}	33,298	6926,74±229,66	7017,01
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	6871,69±227,85	6940,29
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	6586,21±220,68	6515,17
58	Ce K_{α}	34,564	6625,21±221,81	6378,17
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	6377,37±213,82	6304,79
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5759,45±193,79	6192,33

Çizelge 4.15. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
55	Cs K_{β}	35,109	5728,71±195,26	6126,65
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	6075,03±206,22	5932,65
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	5606,52±187,16	5818,80
59	Pr K_{α}	35,857	5720,51±189,40	5802,48
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	5549,38±184,36	5732,48
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	5431,56±183,59	5600,33
56	Ba K_{β}	36,509	5390,42±184,34	5538,67
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	5327,27±177,82	5408,39
60	Nd K_{α}	37,179	5250,28±174,52	5284,55
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	5238,72±177,94	5256,76
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	5206,13±173,11	5218,35
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	4995,09±166,35	5072,73
57	La K_{β}	37,941	4945,45±165,21	5015,10
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	4758,23±166,13	4757,70
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	4528,95±153,96	4603,19
58	Ce K_{β}	39,403	4475,53±153,98	4551,07
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	4493,73±150,42	4516,15
62	Sm K_{α}	39,906	4334,21±143,30	4406,18
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	4245,95±140,58	4339,43
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	4282,19±151,72	4308,84
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	4112,08±137,08	4176,25
59	Pr K_{β}	40,901	4070,59±136,33	4127,30
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	4096,08±138,75	4127,13
63	Eu K_{α}	41,314	4000,61±132,82	4020,75
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	3947,03±131,73	3963,37
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	3945,06±136,55	3908,49
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	3787,39±128,76	3795,28
60	Nd K_{β}	42,430	3762,55±130,23	3749,51
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	3520,78±133,36	3546,60
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	3107,77±103,90	3139,71
62	Sm K_{β}	45,588	3050,43±103,17	3100,51
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	2832,69±106,18	2928,42
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	2809,29±98,76	2860,23
63	Eu K_{β}	47,218	2766,03±101,08	2824,21
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	2636,13±111,18	2666,98



Şekil 4.31. Te için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



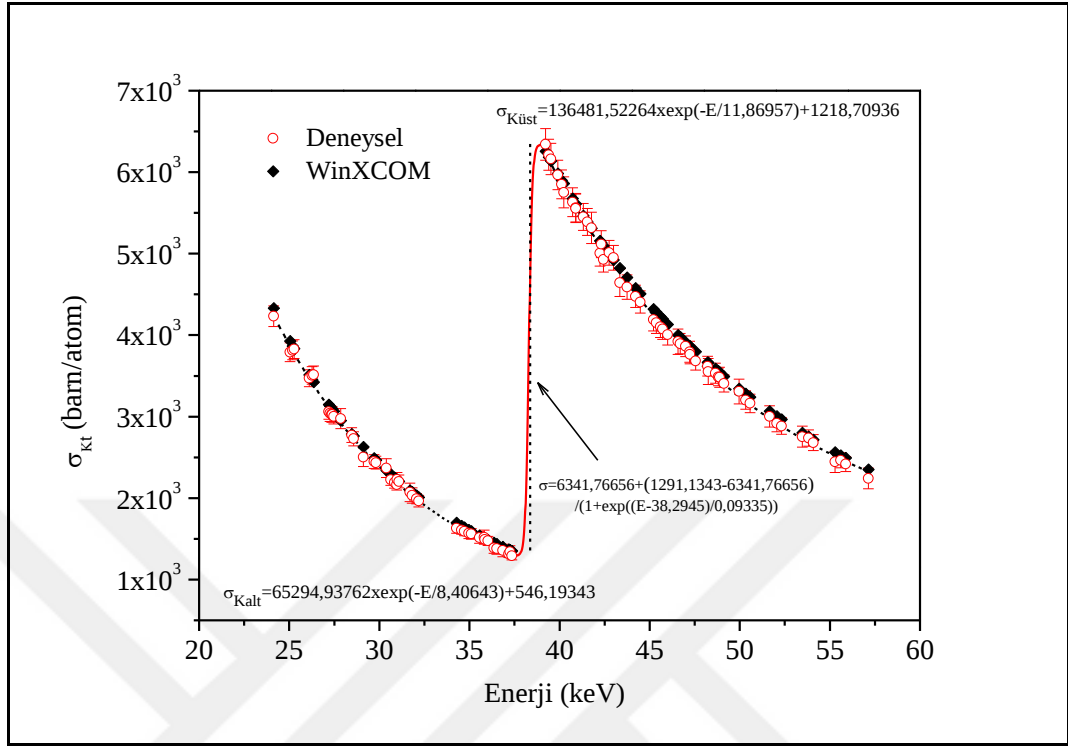
Şekil 4.32. Te için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.16. K kıyısı çevresinde La için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

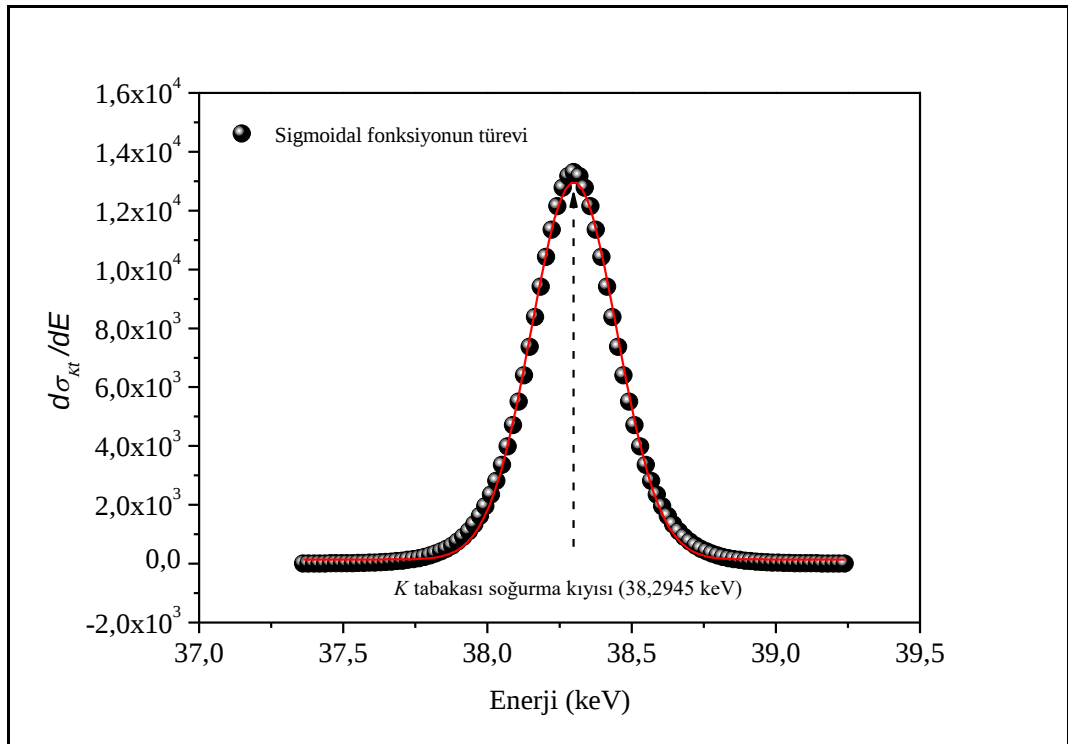
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
49	In K_{α}	24,137	4231,78±127,88	4333,55
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	3791,20±114,68	3928,84
50	Sn K_{α}	25,192	3813,15±115,34	3867,52
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	3828,45±115,80	3835,29
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	3471,38±105,33	3513,75
51	Sb K_{α}	26,272	3506,57±106,38	3456,30
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	3515,40±106,66	3425,78
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	3060,05±93,97	3148,50
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	3039,52±97,81	3129,57
49	In K_{β}	27,353	3029,37±95,94	3102,12
52	Te K_{α}	27,377	3026,75±92,99	3094,91
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	3001,39±92,24	3066,36
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	2975,89±122,09	2953,02
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	2772,82±90,32	2787,73
50	Sn K_{β}	28,570	2727,63±87,24	2762,36
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	2501,97±113,48	2628,83
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2449,04±83,28	2492,26
51	Sb K_{β}	29,817	2435,16±80,07	2468,96
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2368,33±114,96	2343,04
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2227,14±69,64	2296,43
55	Cs K_{α}	30,851	2189,54±68,55	2252,15
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	2165,26±67,85	2228,71
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2230,68±83,93	2227,69
52	Te K_{β}	31,094	2203,67±79,60	2205,78
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	2071,20±113,05	2094,64
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	2032,26±93,60	2074,87
56	Ba K_{α}	32,061	1991,71±63,39	2032,99
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	1963,53±70,30	2010,64
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	1628,59±61,40	1699,84
58	Ce K_{α}	34,564	1605,75±49,80	1662,64
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	1591,94±53,08	1642,77
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	1569,34±66,21	1612,30
55	Cs K_{β}	35,109	1559,55±65,42	1594,77
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	1516,47±72,50	1542,59
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1519,25±86,36	1512,15
59	Pr K_{α}	35,857	1490,28±48,29	1507,80
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	1474,46±54,36	1489,14
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1387,34±65,74	1454,07
56	Ba K_{β}	36,509	1378,49±67,57	1437,69
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1357,38±76,58	1403,29
60	Nd K_{α}	37,179	1316,09±42,21	1370,72
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1341,58±72,92	1363,43
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1291,13±47,85	1353,37
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	6341,77±194,02	6257,98
58	Ce K_{β}	39,403	6212,92±191,15	6185,78
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	6161,87±191,21	6137,45

Çizelge 4.16. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
62	Sm K_{α}	39,906	5965,75±180,01	5984,67
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	5850,72±178,34	5902,49
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	5751,81±189,51	5860,43
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	5630,99±176,58	5678,57
59	Pr K_{β}	40,901	5564,04±174,81	5611,69
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	5556,03±173,76	5611,37
63	Eu K_{α}	41,314	5451,29±164,83	5466,15
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	5390,09±164,69	5387,99
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	5316,35±192,39	5313,36
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	5003,37±155,70	5159,82
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	5116,33±165,33	5136,14
60	Nd K_{β}	42,430	4928,25±153,80	5098,00
64	Gd K_{α}	42,751	5012,24±152,00	4998,44
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	4949,38±151,93	4924,37
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	4642,31±167,49	4824,44
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	4590,14±149,21	4707,73
65	Tb K_{α}	44,218	4475,18±136,20	4577,55
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4406,16±135,96	4507,34
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4188,34±135,72	4322,36
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4152,03±132,20	4281,93
62	Sm K_{β}	45,588	4101,72±131,09	4230,04
66	Dy K_{α}	45,714	4072,90±124,31	4200,16
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4004,37±123,79	4133,89
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	3919,76±156,69	4003,53
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	3895,02±124,21	3976,93
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	3864,10±127,59	3914,26
63	Eu K_{β}	47,218	3795,37±129,85	3867,21
67	Ho K_{α}	47,242	3762,91±115,24	3862,13
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	3684,12±114,77	3799,87
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	3618,17±120,31	3667,98
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	3552,69±159,43	3662,67
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	3532,84±122,01	3588,81
68	Er K_{α}	48,801	3487,92±107,52	3560,51
64	Gd K_{β}	48,883	3484,37±122,73	3545,67
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3406,94±106,64	3492,74
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3308,12±151,38	3345,21
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3203,92±114,30	3281,80
65	Tb K_{β}	50,577	3162,65±112,88	3240,51
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3002,50±128,91	3068,66
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	2918,07±102,25	3006,16
66	Dy K_{β}	52,313	2884,53±101,81	2967,88
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	2754,04±127,75	2801,41
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	2737,21±99,52	2755,44
67	Ho K_{β}	54,082	2680,46±98,88	2719,46
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2445,04±130,19	2565,23
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2463,07±92,75	2527,09
68	Er K_{β}	55,886	2418,45±92,83	2493,87
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2241,45±126,46	2351,67



Şekil 4.33. La için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



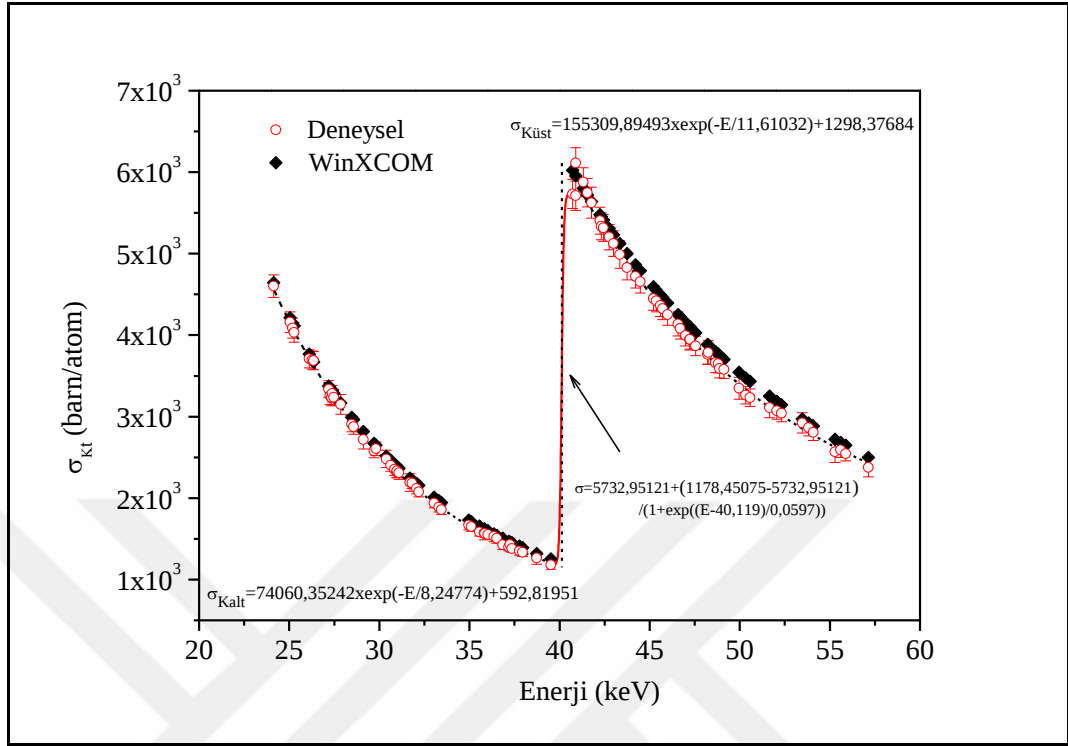
Şekil 4.34. La için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.17. K kıyası çevresinde Ce için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

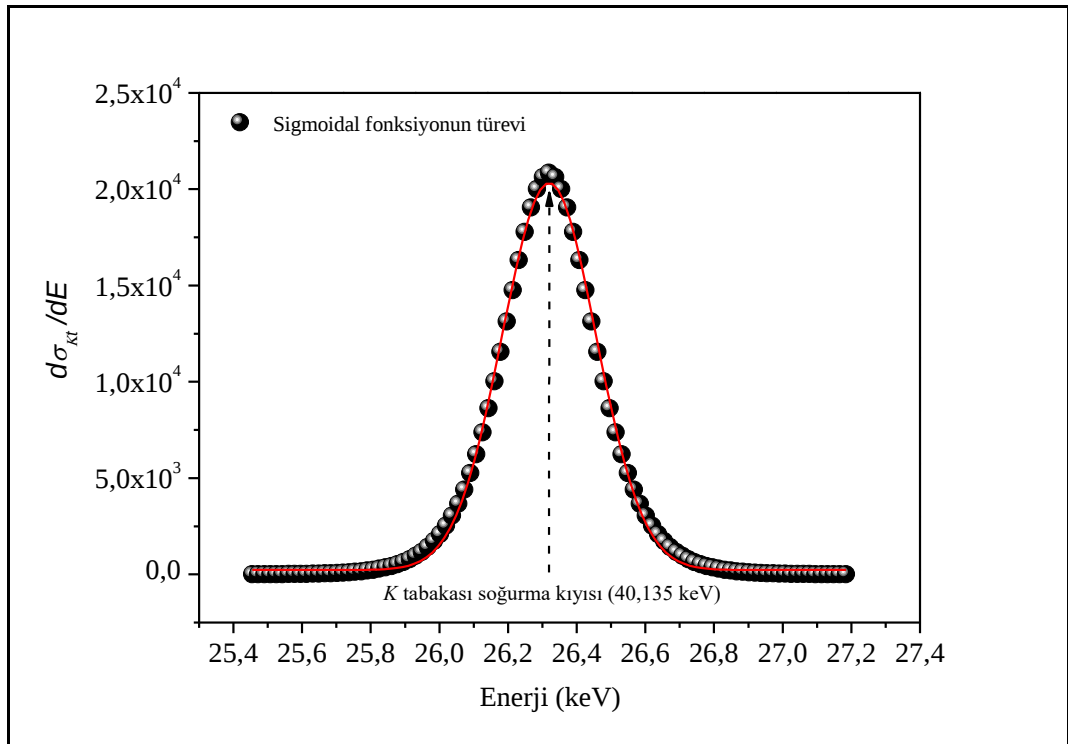
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
49	In K_{α}	24,137	4601,12±138,83	4645,28
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	4158,90±125,76	4211,79
50	Sn K_{α}	25,192	4086,05±123,59	4146,11
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	4034,17±122,05	4111,59
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	3709,11±112,25	3767,14
51	Sb K_{α}	26,272	3694,37±111,82	3705,59
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	3684,76±111,52	3672,90
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	3338,45±101,72	3375,81
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	3250,52±102,73	3355,54
49	In K_{β}	27,353	3234,18±100,68	3326,22
52	Te K_{α}	27,377	3281,08±100,02	3318,39
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	3237,75±98,73	3287,79
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	3149,32±120,29	3166,35
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	2905,46±93,35	2989,09
50	Sn K_{β}	28,570	2874,37±90,73	2962,10
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	2716,04±112,93	2818,91
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2578,22±84,58	2672,43
51	Sb K_{β}	29,817	2605,18±82,78	2647,53
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2480,80±105,22	2513,65
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2401,29±73,07	2463,14
55	Cs K_{α}	30,851	2351,28±71,59	2415,21
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	2318,39±70,62	2389,85
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2333,70±80,95	2388,80
52	Te K_{β}	31,094	2309,29±78,01	2365,07
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	2189,85±107,81	2245,21
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	2184,77±67,77	2223,92
56	Ba K_{α}	32,061	2120,07±65,88	2178,89
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	2077,25±64,63	2154,88
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	1937,48±59,40	2011,46
57	La K_{α}	33,298	1888,80±57,98	1969,19
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	1857,19±57,07	1946,67
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	1669,41±59,14	1730,35
55	Cs K_{β}	35,109	1649,86±57,50	1710,58
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	1583,77±49,91	1655,19
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1568,18±79,00	1622,68
59	Pr K_{α}	35,857	1564,17±49,32	1618,02
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	1552,42±48,97	1598,03
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1529,70±63,07	1560,27
56	Ba K_{β}	36,509	1508,78±61,55	1542,82
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1425,82±56,31	1505,61
60	Nd K_{α}	37,179	1397,64±43,61	1470,34
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1428,72±76,77	1462,42
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1380,63±47,56	1451,49
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	1350,37±51,08	1409,97
57	La K_{β}	37,941	1333,96±51,20	1393,68
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	1264,35±75,04	1320,55

Çizelge 4.17. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyssel	WinXCOM
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	1178,45±51,99	1252,03
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	5732,95±177,48	6024,01
59	Pr K_{β}	40,901	5710,60±179,02	5953,74
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	6113,27±186,95	5953,46
63	Eu K_{α}	41,314	5876,63±177,08	5801,03
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	5747,61±174,25	5718,92
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	5625,26±191,51	5640,48
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	5403,94±166,26	5478,87
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	5336,58±165,82	5454,02
60	Nd K_{β}	42,430	5315,92±164,07	5413,72
64	Gd K_{α}	42,751	5203,23±157,31	5308,98
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	5124,34±156,71	5230,88
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	4991,02±169,68	5125,43
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	4827,77±148,40	5002,17
65	Tb K_{α}	44,218	4720,62±142,54	4864,53
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4656,71±141,55	4790,23
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4448,19±142,09	4593,29
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4421,44±137,08	4550,29
62	Sm K_{β}	45,588	4363,51±136,22	4494,91
66	Dy K_{α}	45,714	4323,03±131,38	4462,99
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4249,74±130,51	4392,01
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	4138,12±147,94	4251,67
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	4080,58±130,17	4222,93
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	3995,51±126,44	4154,99
63	Eu K_{β}	47,218	3944,29±125,49	4103,80
67	Ho K_{α}	47,242	3947,40±120,48	4098,37
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	3868,54±119,69	4030,48
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	3764,68±122,59	3885,89
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	3787,25±144,54	3880,04
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	3658,69±119,14	3798,53
68	Er K_{α}	48,801	3649,14±111,72	3767,21
64	Gd K_{β}	48,883	3591,15±117,86	3750,84
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3577,85±111,15	3702,55
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3349,58±134,96	3545,23
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3264,31±106,60	3476,99
65	Tb K_{β}	50,577	3232,47±107,28	3433,48
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3108,67±120,83	3251,88
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3070,72±102,68	3186,16
66	Dy K_{β}	52,313	3040,35±102,19	3145,44
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	2922,86±124,87	2970,27
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	2863,97±98,58	2921,85
67	Ho K_{β}	54,082	2806,60±98,60	2884,15
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2569,84±133,08	2722,18
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2589,16±91,22	2682,20
68	Er K_{β}	55,886	2545,83±90,56	2647,53
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2376,86±116,71	2498,58



Şekil 4.35. Ce için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



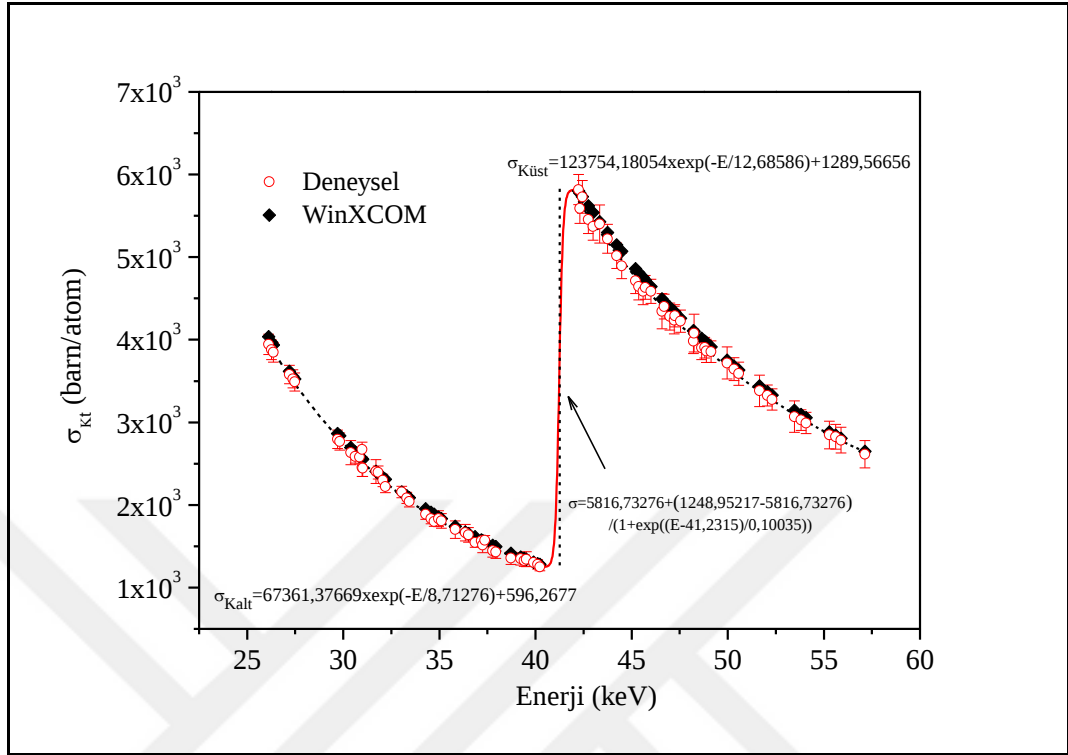
Şekil 4.36. Ce için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.18. K kıyası çevresinde Pr için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

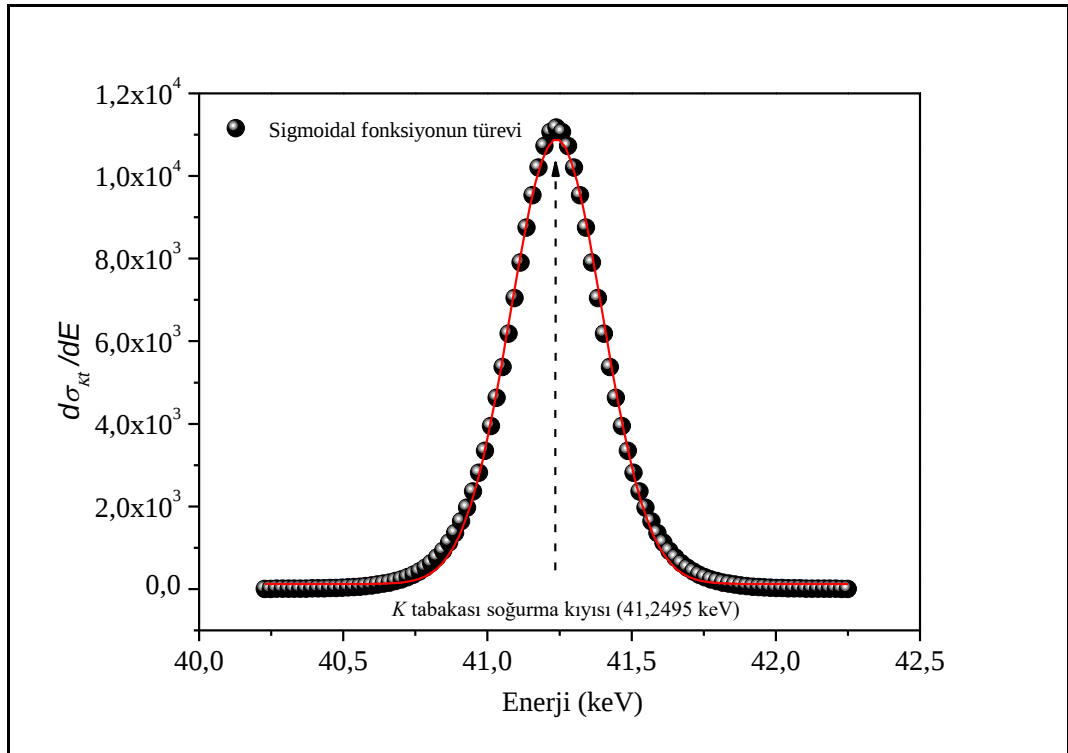
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{α}	26,111	3943,86±121,96	4035,46
51	Sb K_{α}	26,272	3878,51±120,01	3969,85
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	3846,80±119,07	3934,98
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	3579,18±110,82	3617,68
52	Te K_{α}	27,377	3526,49±109,29	3556,25
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	3488,91±108,20	3523,51
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2794,03±111,32	2862,78
51	Sb K_{β}	29,817	2767,51±102,90	2835,87
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2633,72±146,71	2693,60
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2588,16±82,86	2639,52
55	Cs K_{α}	30,851	2577,69±82,67	2588,22
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	2673,06±85,37	2561,07
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2451,43±104,92	2560,01
52	Te K_{β}	31,094	2444,16±98,48	2554,15
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	2405,37±144,05	2406,20
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	2394,43±78,20	2383,41
56	Ba K_{α}	32,061	2298,08±75,63	2335,19
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	2221,82±73,63	2309,48
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	2156,10±69,39	2155,89
57	La K_{α}	33,298	2084,89±67,41	2110,62
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	2041,52±66,18	2086,50
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	1889,55±62,07	1953,99
58	Ce K_{α}	34,564	1834,41±60,56	1911,72
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	1800,28±59,61	1888,85
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	1833,41±96,00	1854,31
55	Cs K_{β}	35,109	1808,02±87,82	1834,19
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1701,67±104,29	1739,93
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1665,25±99,29	1672,98
56	Ba K_{β}	36,509	1635,97±88,44	1654,26
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1546,35±56,70	1614,26
60	Nd K_{α}	37,179	1563,32±55,45	1576,35
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1516,11±92,32	1567,85
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1573,44±56,54	1556,10
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	1446,23±77,73	1511,53
57	La K_{β}	37,941	1429,48±76,13	1493,98
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	1358,72±76,58	1415,21
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	1348,19±75,44	1367,86
58	Ce K_{β}	39,403	1327,55±72,21	1351,95
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	1343,70±89,98	1341,38
62	Sm K_{α}	39,906	1304,01±47,01	1307,78
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	1279,84±58,72	1289,77
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	1248,95±44,31	1280,58

Çizelge 4.18. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	5816,73±182,37	5801,36
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	5590,38±182,10	5775,14
60	Nd K_{β}	42,430	5729,29±196,60	5732,57
64	Gd K_{α}	42,751	5453,19±166,52	5621,45
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	5370,91±167,32	5538,57
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	5399,81±230,87	5426,54
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	5220,62±174,71	5295,36
65	Tb K_{α}	44,218	5015,02±153,96	5148,61
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4892,89±154,23	5069,25
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4711,89±152,62	4859,47
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4644,53±160,99	4813,26
62	Sm K_{β}	45,588	4585,02±160,29	4754,53
66	Dy K_{α}	45,714	4633,98±142,52	4720,30
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4586,36±144,69	4644,63
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	4345,31±213,91	4495,32
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	4401,89±149,92	4464,78
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	4281,43±163,32	4392,56
63	Eu K_{β}	47,218	4237,47±168,33	4338,27
67	Ho K_{α}	47,242	4290,53±133,77	4332,68
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	4224,07±135,73	4260,82
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	3982,40±150,16	4108,10
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	4079,91±228,37	4101,93
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	3899,99±140,92	4015,84
68	Er K_{α}	48,801	3904,06±126,23	3983,12
64	Gd K_{β}	48,883	3864,09±139,97	3966,01
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3856,63±130,58	3915,17
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3718,24±193,78	3750,29
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3644,18±137,60	3677,04
65	Tb K_{β}	50,577	3588,87±140,42	3631,18
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3381,91±190,09	3440,72
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3325,14±127,13	3371,69
66	Dy K_{β}	52,313	3276,13±128,15	3329,10
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	3069,59±189,70	3145,17
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	3028,56±124,91	3094,42
67	Ho K_{β}	54,082	2992,27±127,66	3054,88
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2847,33±168,13	2884,83
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2825,20±151,16	2842,89
68	Er K_{β}	55,886	2783,91±155,22	2806,39
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2614,62±163,90	2650,21



Şekil 4.37. Pr için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



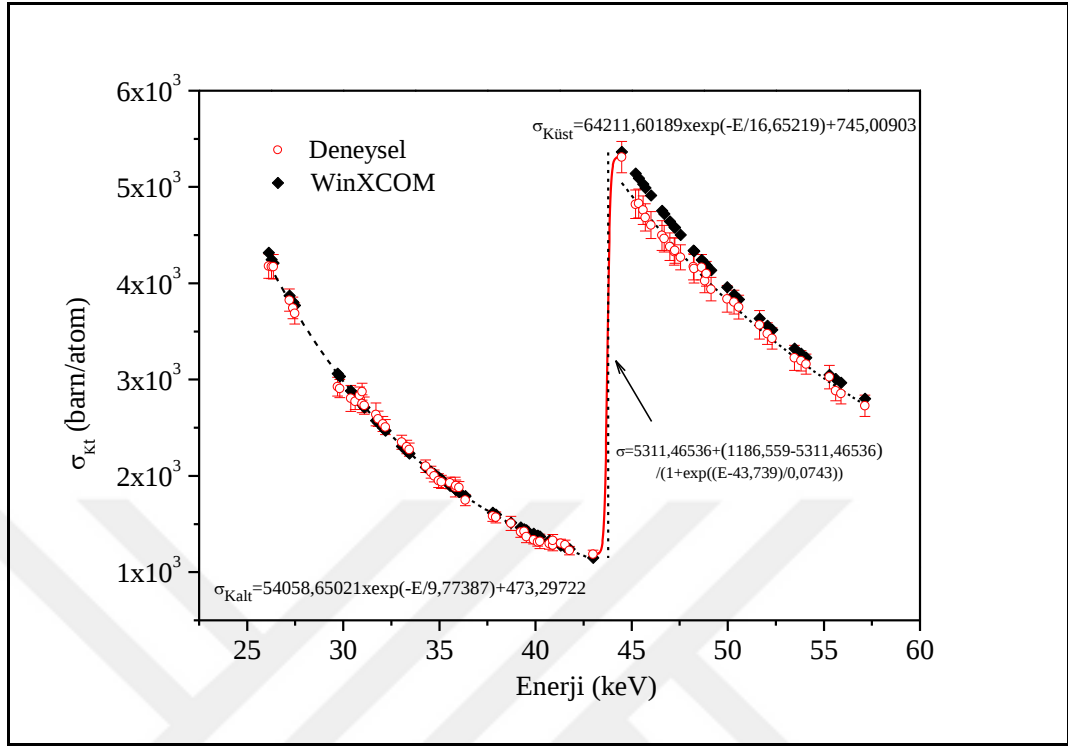
Şekil 4.38. Pr için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.19. K kıyısı çevresinde Nd için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

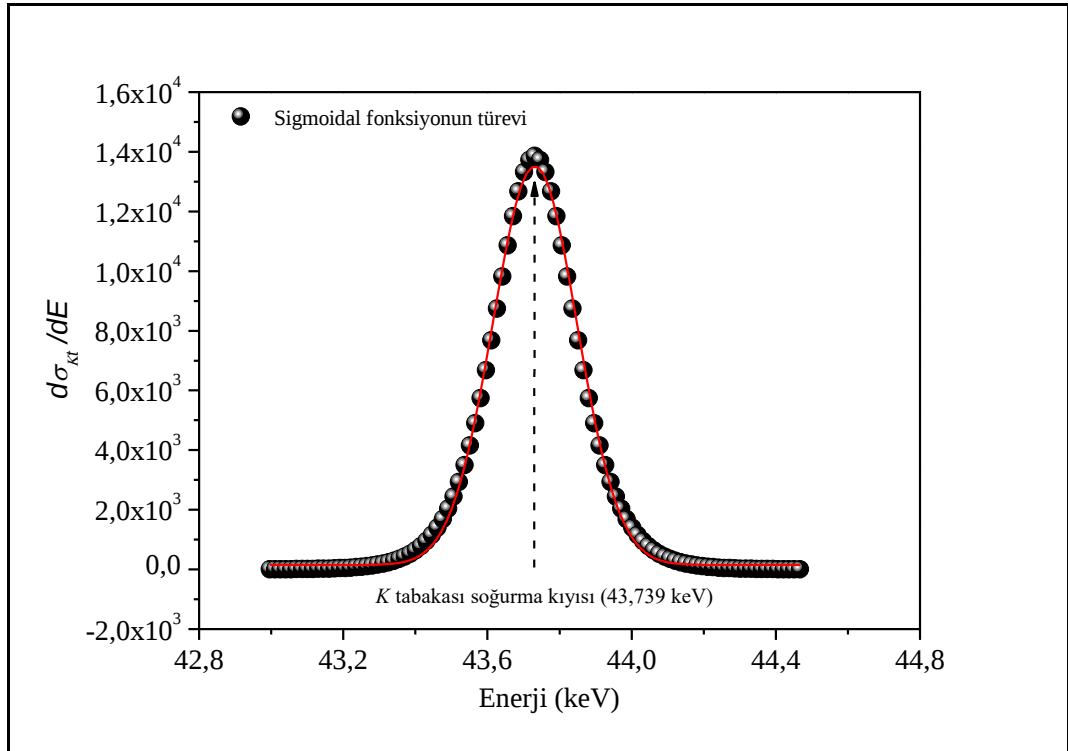
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{a2}	26,111	4177,99±126,57	4317,05
51	Sb K_a	26,272	4173,58±126,44	4247,25
51	Sb K_{a1}	26,359	4171,14±126,35	4210,15
52	Te K_{a2}	27,202	3825,33±116,02	3872,03
52	Te K_a	27,377	3744,27±113,62	3806,47
52	Te K_{a1}	27,472	3687,32±111,92	3771,51
51	Sb $K_{\beta1,3}$	29,710	2926,20±98,37	3063,69
51	Sb K_β	29,817	2907,29±94,99	3034,71
51	Sb $K_{\beta2}$	30,393	2805,54±134,62	2883,20
55	Cs K_{a2}	30,625	2772,37±84,84	2825,31
55	Cs K_a	30,851	2835,42±86,71	2770,39
55	Cs K_{a1}	30,973	2872,87±87,82	2741,33
52	Te $K_{\beta1,3}$	30,978	2749,35±92,39	2740,10
52	Te K_β	31,094	2729,84±89,16	2713,04
52	Te $K_{\beta2}$	31,704	2637,49±118,31	2575,55
56	Ba K_{a2}	31,817	2592,43±79,57	2551,15
56	Ba K_a	32,061	2540,54±78,06	2499,53
56	Ba K_{a1}	32,194	2507,31±77,09	2472,01
57	La K_{a2}	33,034	2349,19±71,70	2307,57
57	La K_a	33,298	2301,59±70,06	2259,10
57	La K_{a1}	33,442	2272,78±69,45	2233,28
58	Ce K_{a2}	34,279	2100,71±64,65	2091,39
58	Ce K_a	34,564	2038,16±62,81	2046,13
58	Ce K_{a1}	34,720	1999,98±61,69	2021,97
55	Cs $K_{\beta1,3}$	34,964	1950,54±70,35	1985,14
55	Cs K_β	35,109	1937,56±67,77	1962,62
59	Pr K_{a2}	35,550	1927,33±60,68	1898,92
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	1883,26±101,58	1861,60
59	Pr K_a	35,857	1898,27±59,87	1856,25
59	Pr K_{a1}	36,026	1880,61±59,38	1833,32
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	1749,08±57,14	1789,93
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	1584,50±55,78	1617,47
57	La K_β	37,941	1568,70±57,50	1598,79
57	La $K_{\beta2}$	38,726	1507,28±73,60	1514,83
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	1416,56±54,44	1464,42
58	Ce K_β	39,403	1423,42±53,32	1447,66
62	Sm K_{a2}	39,522	1367,11±60,44	1436,19
62	Sm K_a	39,906	1334,44±42,09	1400,44

Çizelge 4.19. (devam)

Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyssel	WinXCOM
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	1314,74±44,54	1380,80
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	1320,04±75,81	1370,89
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	1297,23±59,57	1328,14
59	Pr K_{β}	40,901	1281,59±58,67	1312,33
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	1329,67±62,05	1312,27
63	Eu K_{α}	41,314	1300,98±42,86	1278,15
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	1282,96±49,43	1259,80
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	1224,63±43,77	1242,29
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	1186,56±40,71	1151,20
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	5311,46±162,68	5365,08
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4820,76±148,14	5141,50
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4829,22±150,08	5092,42
62	Sm K_{β}	45,588	4760,41±148,32	5029,67
66	Dy K_{α}	45,714	4683,71±141,28	4993,20
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4603,15±139,79	4912,57
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	4496,20±155,41	4753,50
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	4463,53±139,32	4720,98
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	4380,30±142,33	4644,04
63	Eu K_{β}	47,218	4329,68±140,08	4586,32
67	Ho K_{α}	47,242	4340,92±131,80	4580,27
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	4269,37±130,75	4503,74
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	4171,02±134,20	4341,12
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	4151,59±147,58	4334,56
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	4167,01±131,11	4243,09
68	Er K_{α}	48,801	4024,12±123,21	4208,06
64	Gd K_{β}	48,883	4098,97±128,99	4189,67
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3938,56±121,84	4135,73
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3837,99±138,22	3960,24
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3804,16±123,40	3883,57
65	Tb K_{β}	50,577	3753,43±124,06	3835,42
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3568,42±146,76	3634,69
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3477,36±111,98	3561,89
66	Dy K_{β}	52,313	3427,63±110,48	3517,10
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	3224,87±130,91	3323,72
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	3195,85±105,73	3270,40
67	Ho K_{β}	54,082	3161,30±104,82	3228,72
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	3025,78±121,79	3050,31
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2884,37±105,77	3006,21
68	Er K_{β}	55,886	2853,45±105,36	2968,12
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2728,80±111,28	2804,37



Şekil 4.39. Nd için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



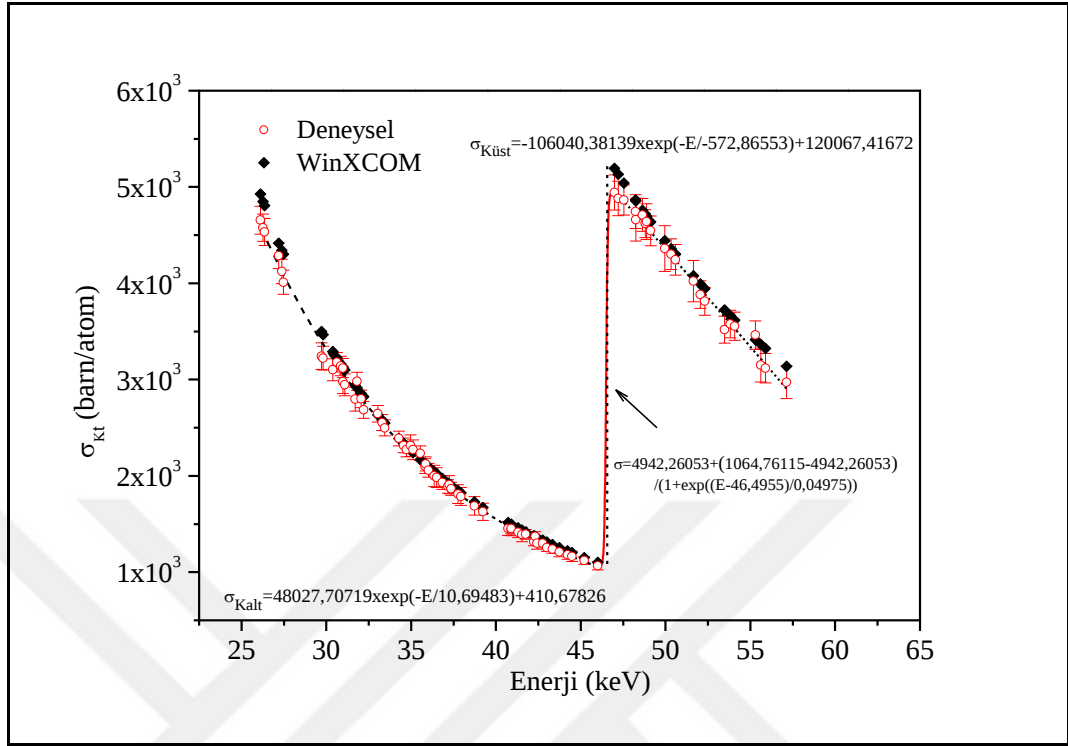
Şekil 4.40. Nd için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi

Çizelge 4.20. K kıyası çevresinde Sm için deneysel ve teorik kütle azaltma tesir kesiti değerleri

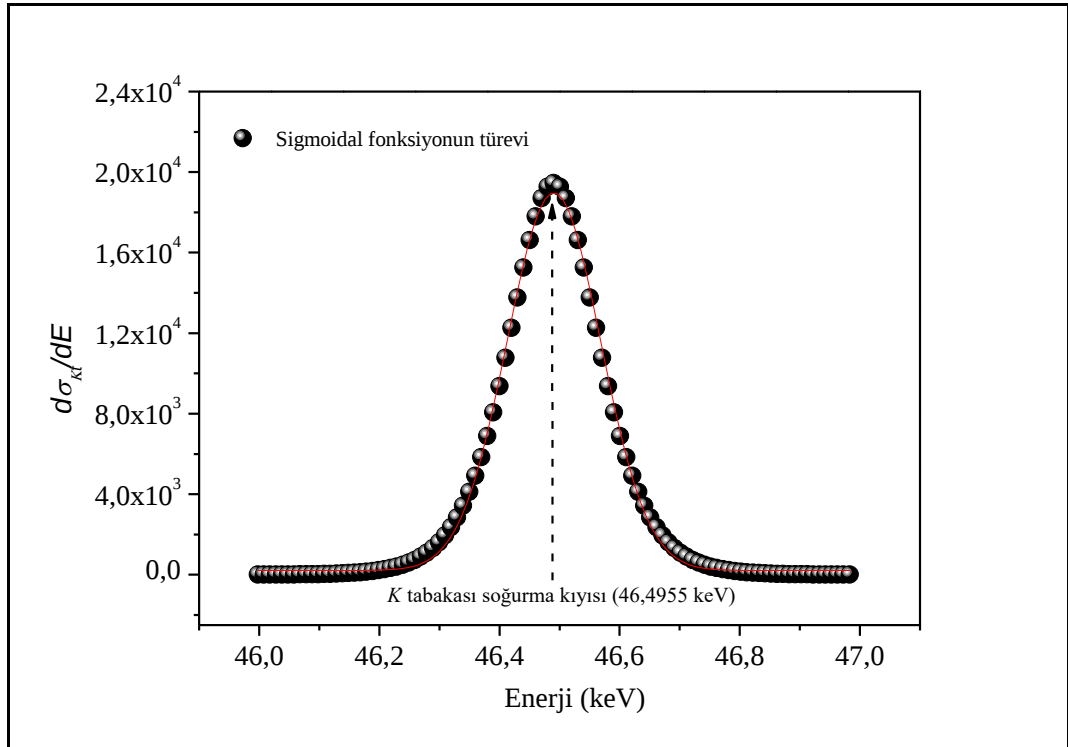
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{a2}	26,111	4655,10±143,59	4927,58
51	Sb K_{α}	26,272	4576,48±141,35	4847,37
51	Sb K_{a1}	26,359	4533,53±140,12	4804,77
52	Te K_{a2}	27,202	4286,05±132,73	4417,46
52	Te K_{α}	27,377	4123,58±128,07	4342,57
52	Te K_{a1}	27,472	4009,94±124,76	4302,67
51	Sb $K_{\beta1,3}$	29,710	3243,49±137,74	3499,74
51	Sb K_{β}	29,817	3221,64±123,91	3467,04
51	Sb $K_{\beta2}$	30,393	3102,19±112,72	3292,04
55	Cs K_{a2}	30,625	3179,98±101,10	3225,97
55	Cs K_{α}	30,851	3141,07±100,06	3163,29
55	Cs K_{a1}	30,973	3118,78±99,39	3130,13
52	Te $K_{\beta1,3}$	30,978	2977,29±123,36	3128,72
52	Te K_{β}	31,094	2945,67±114,29	3097,76
52	Te $K_{\beta2}$	31,704	2794,94±123,59	2940,90
56	Ba K_{a2}	31,817	2981,96±95,61	2913,04
56	Ba K_{α}	32,061	2799,94±90,59	2854,12
56	Ba K_{a1}	32,194	2685,17±87,47	2822,69
57	La K_{a2}	33,034	2645,29±85,82	2634,95
57	La K_{α}	33,298	2553,94±83,32	2579,59
57	La K_{a1}	33,442	2498,52±81,77	2550,11
58	Ce K_{a2}	34,279	2388,65±77,08	2388,06
58	Ce K_{α}	34,564	2316,03±75,74	2336,36
58	Ce K_{a1}	34,720	2271,12±73,84	2308,77
55	Cs $K_{\beta1,3}$	34,964	2313,33±113,46	2266,58
55	Cs K_{β}	35,109	2272,10±101,94	2242,11
59	Pr K_{a2}	35,550	2234,19±76,68	2168,20
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	2101,14±76,47	2125,56
59	Pr K_{α}	35,857	2123,92±73,96	2119,44
59	Pr K_{a1}	36,026	2057,57±72,20	2093,24
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	1999,58±109,79	2043,87
56	Ba K_{β}	36,509	1981,72±102,57	2020,65
60	Nd K_{a2}	36,847	1929,70±70,10	1972,03
60	Nd K_{α}	37,179	1890,53±69,03	1925,77
56	Ba $K_{\beta2}$	37,255	1907,80±95,13	1915,39
60	Nd K_{a1}	37,361	1867,30±68,57	1901,05
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	1810,65±97,41	1846,62
57	La K_{β}	37,941	1785,66±93,29	1825,15
57	La $K_{\beta2}$	38,726	1688,02±96,67	1729,28
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	1627,22±89,95	1671,85

Çizelge 4.20. (devam)

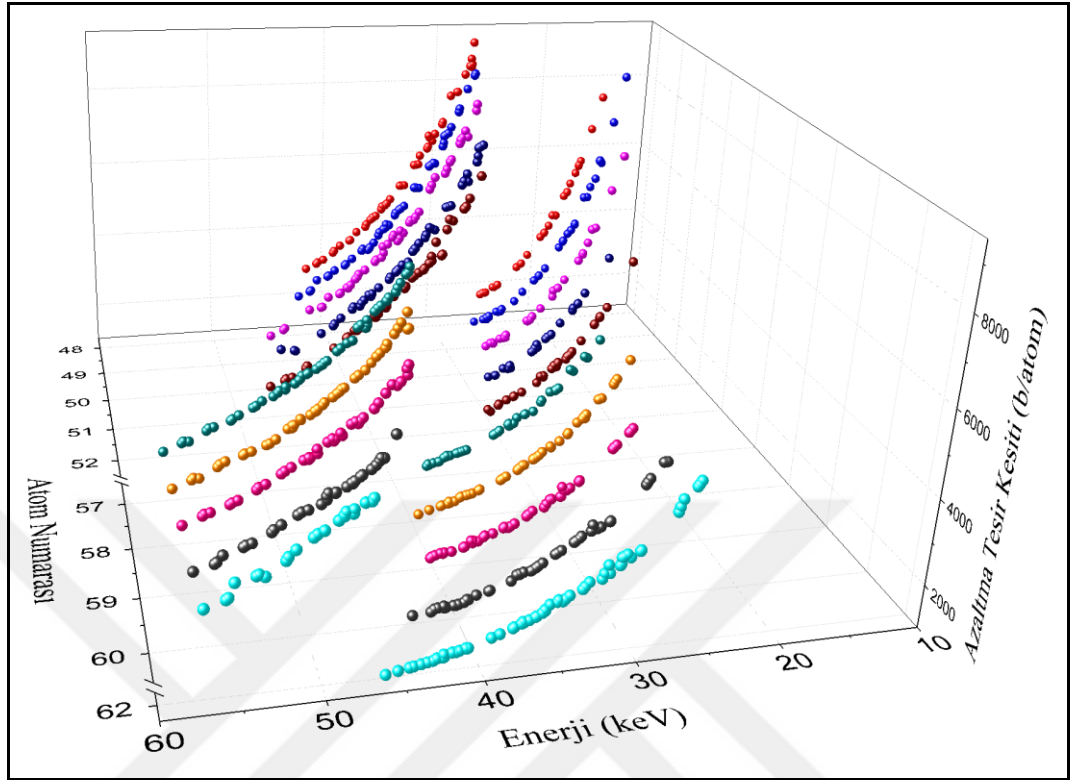
Kütle Azaltma Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	1454,42±73,06	1515,80
59	Pr K_{β}	40,901	1441,40±61,95	1497,82
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	1452,85±56,30	1497,76
63	Eu K_{α}	41,314	1414,54±57,29	1458,84
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	1390,35±74,21	1437,88
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	1393,39±49,46	1417,87
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	1315,99±40,68	1376,73
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	1372,63±48,40	1370,35
60	Nd K_{β}	42,430	1300,13±60,36	1360,00
64	Gd K_{α}	42,751	1300,08±47,87	1333,41
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	1255,68±40,71	1313,54
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	1236,73±41,16	1286,72
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	1208,28±49,06	1255,40
65	Tb K_{α}	44,218	1181,04±46,67	1220,45
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	1164,07±54,03	1201,60
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	1121,52±38,87	1151,92
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	1064,76±42,03	1101,28
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	4942,26±181,91	5193,07
63	Eu K_{β}	47,218	4881,33±179,19	5130,64
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	4863,80±156,17	5041,12
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	4744,32±176,62	4863,83
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	4661,08±223,56	4856,63
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	4710,20±169,48	4756,13
68	Er K_{α}	48,801	4620,07±144,52	4717,53
64	Gd K_{β}	48,883	4640,82±186,46	4697,20
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	4545,03±153,41	4637,52
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	4361,87±237,48	4441,90
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	4301,80±158,21	4357,89
65	Tb K_{β}	50,577	4242,78±159,24	4303,21
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	4021,10±214,88	4076,33
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3882,45±143,56	3994,36
66	Dy K_{β}	52,313	3813,31±145,28	3943,42
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	3518,32±140,15	3724,58
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	3576,34±143,13	3664,03
67	Ho K_{β}	54,082	3553,98±145,21	3617,09
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	3462,34±148,50	3415,11
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	3150,21±176,49	3365,17
68	Er K_{β}	55,886	3117,74±152,03	3321,97
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2972,24±168,42	3136,56



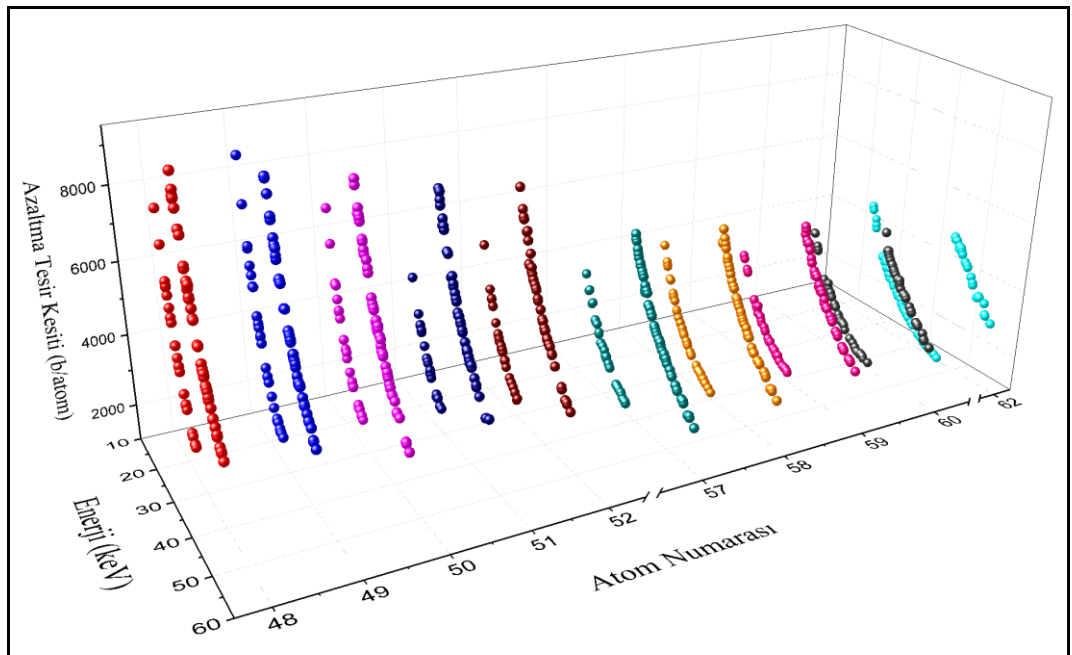
Şekil 4.41. Sm için K kıyısı çevresinde azaltma tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.42. Sm için K kıyısı çevresinde $d\sigma_{Kt}/dE$ 'nin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.43. K kıyısı çevresinde deneysel azaltma tesir kesitlerinin enerjiye ve atom numarasına göre değişimi



Şekil 4.44. K kıyısı çevresinde deneysel azaltma tesir kesitlerinin enerjiye ve atom numarasına göre değişimi

Çizelge 4.21. K kıyısı çevresinde Cd için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
39	Y K_{α}	14,932	7220,44±290,31	7558,79
40	Zr K_{α}	15,746	6343,20±258,31	6530,26
41	Nb K_{α}	16,583	5446,04±222,79	5649,53
39	Y $K_{\beta 1,3}$	16,734	5336,86±220,38	5508,35
39	Y K_{β}	16,765	5308,79±214,88	5478,70
39	Y $K_{\beta 2}$	17,013	5105,87±207,60	5256,99
42	Mo K_{α}	17,442	4809,46±196,38	4900,89
40	Zr $K_{\beta 1,3}$	17,662	4568,93±186,98	4730,86
40	Zr K_{β}	17,699	4556,98±186,95	4703,89
40	Zr $K_{\beta 2}$	17,969	4456,56±183,41	4507,38
41	Nb $K_{\beta 1,3}$	18,618	3899,69±160,04	4082,77
41	Nb K_{β}	18,658	3901,65±161,42	4057,84
41	Nb $K_{\beta 2}$	18,952	3915,07±163,29	3886,15
44	Ru K_{α}	19,234	3613,23±145,32	3731,71
42	Mo $K_{\beta 1,3}$	19,601	3420,55±146,34	3544,64
42	Mo K_{β}	19,647	3400,93±145,61	3522,18
42	Mo $K_{\beta 2}$	19,965	3294,86±141,63	3373,77
46	Pd K_{α}	21,123	2791,34±112,11	2870,75
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	2552,46±104,31	2678,48
44	Ru K_{β}	21,706	2536,64±103,69	2659,02
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	2444,12±100,07	2535,27
47	Ag K_{α}	22,103	2444,55±98,12	2525,73
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	1960,63±80,24	2044,97
46	Pd K_{β}	23,877	1946,72±79,70	2028,49
49	In K_{α}	24,137	1893,96±76,13	1967,28
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	1901,82±78,04	1930,62
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	1756,77±71,74	1795,94
47	Ag K_{β}	25,007	1745,35±71,29	1781,14
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	1755,57±70,30	1773,46
50	Sn K_{α}	25,192	1745,95±69,91	1744,57
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	1738,84±69,63	1729,42
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	1706,82±69,83	1695,05
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	9008,83±363,39	8858,81
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	8422,32±338,88	8808,87
49	In K_{β}	27,353	8343,18±337,80	8742,36
52	Te K_{α}	27,377	8567,69±345,90	8716,59
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	8373,13±338,12	8640,58
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	8149,14±334,55	8336,74
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	7679,82±309,07	7888,54
50	Sn K_{β}	28,570	7676,71±310,06	7819,21
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	7578,19±307,89	7449,26
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	6859,19±278,49	7065,87
51	Sb K_{β}	29,817	6798,64±276,55	7000,07
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	6537,23±268,71	6659,07

Çizelge 4.21. (devam)

Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyssel	WinXCOM
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	6345,47±258,55	6527,86
55	Cs K_{α}	30,851	6435,05±260,43	6403,31
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	6495,85±263,87	6337,34
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	6185,69±251,49	6335,31
52	Te K_{β}	31,094	6139,82±248,75	6273,41
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	5947,10±243,48	5960,78
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	5707,05±234,34	5905,36
56	Ba K_{α}	32,061	5690,30±229,16	5787,86
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	5689,13±232,21	5725,24
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	5126,86±209,88	5350,28
57	La K_{α}	33,298	5120,72±207,01	5239,48
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	5119,35±209,71	5180,56
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	4746,63±197,95	4855,94
58	Ce K_{α}	34,564	4628,89±187,43	4752,18
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	4579,21±189,86	4696,80
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	4555,41±186,58	4612,07
55	Cs K_{β}	35,109	4470,24±182,22	4563,15
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	4289,52±178,78	4417,89
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	4254,08±176,92	4333,17
59	Pr K_{α}	35,857	4225,21±169,99	4321,18
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	4187,65±171,82	4257,56
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	4063,52±166,32	4157,33
56	Ba K_{β}	36,509	3988,80±163,25	4110,25
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	3850,51±163,89	3894,27
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	3630,70±150,80	3752,87
57	La K_{β}	37,941	3615,68±150,66	3708,76
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	3483,51±149,35	3509,58
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	3342,89±140,45	3389,60
58	Ce K_{β}	39,403	3290,21±137,83	3348,99
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	3100,87±134,52	3166,44
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3034,48±124,99	3064,74
59	Pr K_{β}	40,901	2996,98±123,86	3027,08
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	2864,88±127,36	2860,59

Çizelge 4.22. K kıyısı çevresinde In için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
39	Y K_{α}	14,932	8218,01±332,87	8229,42
40	Zr K_{α}	15,746	7004,70±284,38	7110,05
41	Nb K_{α}	16,583	5899,46±238,68	6152,11
39	Y $K_{\beta 1,3}$	16,734	5977,30±260,83	5997,54
39	Y K_{β}	16,765	5962,43±252,58	5966,31
39	Y $K_{\beta 2}$	17,013	5467,62±235,44	5725,18
42	Mo K_{α}	17,442	5244,81±212,08	5338,14
40	Zr $K_{\beta 1,3}$	17,662	4963,47±216,24	5153,56
40	Zr K_{β}	17,699	4963,33±209,76	5123,34
40	Zr $K_{\beta 2}$	17,969	4966,57±227,57	4910,69
41	Nb $K_{\beta 1,3}$	18,618	4226,63±190,84	4448,84
41	Nb K_{β}	18,658	4202,57±178,48	4422,63
41	Nb $K_{\beta 2}$	18,952	4052,17±191,69	4236,14
44	Ru K_{α}	19,234	3959,12±160,25	4068,46
42	Mo $K_{\beta 1,3}$	19,601	3769,27±176,10	3865,45
42	Mo K_{β}	19,647	3743,54±156,63	3841,18
42	Mo $K_{\beta 2}$	19,965	3583,83±196,44	3680,05
46	Pd K_{α}	21,123	3003,35±122,55	3129,25
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	2812,30±129,29	2920,98
44	Ru K_{β}	21,706	2794,68±120,99	2899,40
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	2680,78±166,22	2765,29
47	Ag K_{α}	22,103	2677,73±109,09	2755,05
48	Cd K_{α}	23,108	2371,11±95,74	2428,51
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2115,82±118,37	2230,44
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	1915,06±96,82	1956,58
47	Ag K_{β}	25,007	1906,37±90,07	1940,15
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	1851,97±75,46	1931,98
50	Sn K_{α}	25,192	1844,48±75,16	1900,09
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	1839,87±74,98	1883,38
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	1855,13±90,71	1845,29
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	1704,96±75,83	1723,66
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	1744,43±70,24	1718,43
48	Cd K_{β}	26,165	1727,85±74,40	1708,55
51	Sb K_{α}	26,272	1653,01±66,60	1689,32
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	1697,88±68,39	1673,91
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	1657,12±105,31	1624,92
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	1611,63±65,16	1494,94
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	8603,61±353,97	8431,95
50	Sn K_{β}	28,570	8559,45±355,94	8382,08
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	8210,33±358,02	7975,13
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	7697,50±311,32	7573,73
51	Sb K_{β}	29,817	7610,17±307,42	7504,64

Çizelge 4.22. (devam)

Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyssel	WinXCOM
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	7205,54±305,33	7145,75
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	7048,70±284,37	7007,18
55	Cs K_{α}	30,851	7005,06±282,65	6875,38
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	6978,17±281,59	6805,51
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	6797,32±283,35	6802,71
52	Te K_{β}	31,094	6702,22±277,54	6737,04
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	6245,25±280,90	6405,08
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	6264,11±252,84	6345,87
56	Ba K_{α}	32,061	6207,85±250,62	6220,36
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	6172,56±249,24	6153,29
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	5596,74±225,84	5750,56
57	La K_{α}	33,298	5608,35±226,30	5631,12
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	5611,42±226,41	5567,35
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	5116,67±206,36	5215,09
58	Ce K_{α}	34,564	5053,71±203,86	5102,01
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	5016,99±202,40	5041,52
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	4940,42±207,29	4948,86
55	Cs K_{β}	35,109	4877,11±205,45	4894,93
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	4604,84±186,93	4735,79
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	4631,74±234,60	4642,61
59	Pr K_{α}	35,857	4538,87±184,27	4629,27
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	4501,23±182,76	4572,07
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	4423,07±188,41	4464,30
56	Ba K_{β}	36,509	4338,50±186,94	4413,98
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	4137,61±182,15	4308,13
60	Nd K_{α}	37,179	4017,23±163,53	4207,68
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	3980,79±224,01	4185,16
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	3946,64±164,62	4154,06
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	3984,87±172,74	4036,45
57	La K_{β}	37,941	3935,04±170,97	3989,90
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	3722,23±198,16	3782,93
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	3580,34±156,40	3659,22
58	Ce K_{β}	39,403	3548,68±157,14	3617,59
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	3421,37±179,17	3412,05
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3284,96±149,69	3302,91
59	Pr K_{β}	40,901	3262,92±151,57	3281,65
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	3177,78±183,64	3082,91
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	2897,56±137,96	2990,23
60	Nd K_{β}	42,430	2866,86±143,18	2952,92
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	2751,08±145,75	2787,30

Çizelge 4.23. K kıyısı çevresinde Sn için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
41	Nb K_{α}	16,583	6591,57±203,57	6712,53
42	Mo K_{α}	17,442	5685,81±176,12	5801,32
41	Nb $K_{\beta 1,3}$	18,618	4688,52±153,91	4852,33
41	Nb K_{β}	18,658	4685,09±153,79	4822,66
41	Nb $K_{\beta 2}$	18,952	4656,21±153,10	4585,62
44	Ru K_{α}	19,234	4291,71±129,80	4413,32
42	Mo $K_{\beta 1,3}$	19,601	4008,29±139,20	4184,49
42	Mo K_{β}	19,647	3976,29±138,36	4156,26
42	Mo $K_{\beta 2}$	19,965	3808,13±134,42	3968,20
46	Pd K_{α}	21,123	3307,08±100,46	3374,77
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3091,55±96,60	3146,80
44	Ru K_{β}	21,706	3082,14±96,31	3123,52
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	3025,01±94,89	2979,33
47	Ag K_{α}	22,103	2856,23±86,86	2968,40
48	Cd K_{α}	23,108	2547,13±77,58	2625,96
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2344,76±76,43	2424,41
46	Pd K_{β}	23,877	2328,41±76,06	2406,44
49	In $K_{\alpha 2}$	24,002	2251,36±69,85	2373,75
49	In K_{α}	24,137	2227,27±69,15	2339,40
49	In $K_{\alpha 1}$	24,210	2211,18±68,70	2321,21
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2233,43±73,90	2299,39
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	1878,20±63,82	1879,45
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	1798,91±55,20	1873,75
48	Cd K_{β}	26,165	1863,90±61,54	1862,86
51	Sb K_{α}	26,272	1793,29±55,20	1841,74
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	1789,14±54,92	1824,75
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	1785,91±93,08	1770,46
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	1658,33±51,11	1670,22
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	1690,22±71,01	1659,70
49	In K_{β}	27,353	1676,31±62,34	1644,30
52	Te K_{α}	27,377	1673,74±51,55	1640,36
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	1682,31±51,79	1624,44
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	1603,25±67,68	1561,26
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	8272,31±262,72	8139,90
51	Sb K_{β}	29,817	8112,74±259,10	8076,18
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	7440,69±248,19	7739,99
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	7595,64±229,78	7607,77
55	Cs K_{α}	30,851	7427,50±224,74	7480,70
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	7329,35±221,85	7412,80
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	7371,90±230,80	7409,99
52	Te K_{β}	31,094	7274,01±227,18	7345,85

Çizelge 4.23. (devam)

Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	6866,90±230,92	7015,96
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	6809,12±206,09	6956,12
56	Ba K_{α}	32,061	6621,07±200,47	6828,26
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	6511,33±197,20	6759,32
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	6419,63±194,44	6336,16
57	La K_{α}	33,298	6223,40±188,59	6207,42
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	6111,23±185,28	6138,03
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	5523,94±166,92	5746,11
58	Ce K_{α}	34,564	5394,37±163,06	5617,01
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	5317,70±160,78	5547,23
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5309,98±166,03	5439,32
55	Cs K_{β}	35,109	5256,50±163,14	5376,10
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	4981,68±151,50	5186,58
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	5043,99±180,71	5073,83
59	Pr K_{α}	35,857	4849,26±147,54	5057,57
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	4772,48±145,25	5002,91
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	4942,40±157,20	4876,87
56	Ba K_{β}	36,509	4883,43±153,26	4818,15
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	4702,33±159,27	4693,99
60	Nd K_{α}	37,179	4474,04±136,34	4576,15
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	4646,05±178,95	4549,73
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	4345,63±136,35	4513,21
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	4298,93±137,16	4374,79
57	La K_{β}	37,941	4246,67±134,41	4319,99
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	4038,62±162,97	4076,15
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	3932,38±125,60	3929,99
58	Ce K_{β}	39,403	3864,31±122,80	3880,47
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	3804,06±131,01	3847,66
62	Sm K_{α}	39,906	3653,56±112,03	3743,82
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	3565,51±112,99	3687,17
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	3586,24±141,74	3659,40
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3446,99±114,34	3539,54
59	Pr K_{β}	40,901	3427,84±112,99	3495,49
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	3353,38±148,47	3299,46
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	3095,81±107,80	3198,91
60	Nd K_{β}	42,430	3084,10±105,55	3158,38
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	3039,06±134,68	2980,16
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	2572,15±91,26	2628,86
62	Sm K_{β}	45,588	2534,30±90,55	2595,54
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	2392,69±119,87	2449,98

Çizelge 4.24. K kıyısı çevresinde Sb için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
44	Ru K_{α}	19,234	4473,83±180,96	4814,78
46	Pd K_{α}	21,123	3579,91±143,56	3701,63
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3312,55±137,07	3451,70
44	Ru K_{β}	21,706	3295,06±135,64	3425,97
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	3198,75±136,83	3266,05
47	Ag K_{α}	22,103	3125,71±125,28	3253,87
48	Cd K_{α}	23,108	2811,70±113,63	2868,04
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2523,34±102,95	2636,60
46	Pd K_{β}	23,877	2505,40±101,53	2615,53
49	In K_{α}	24,137	2462,54±98,87	2537,61
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2409,23±106,73	2490,83
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	2198,14±89,62	2320,30
47	Ag K_{β}	25,007	2179,81±88,37	2301,28
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	2277,24±95,84	2292,07
50	Sn K_{α}	25,192	2178,81±88,19	2255,59
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	2118,19±84,91	2236,52
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	2078,04±91,10	2193,09
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	1680,89±67,52	1816,08
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	1759,88±72,13	1804,57
49	In K_{β}	27,353	1748,43±71,44	1787,97
52	Te K_{α}	27,377	1673,77±67,23	1783,61
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	1669,36±67,06	1766,30
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	1690,77±76,92	1697,54
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	1520,12±62,83	1597,09
50	Sn K_{β}	28,570	1515,17±62,20	1581,69
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	1491,22±69,86	1500,33
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	7726,11±309,36	7979,49
55	Cs K_{α}	30,851	7686,69±307,78	7831,91
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	7659,82±306,70	7753,67
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	7455,88±301,28	7750,56

Çizelge 4.24. (devam)

Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
52	Te K_{β}	31,094	7307,43±293,25	7677,11
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	6822,84±279,33	7304,88
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	7017,38±282,94	7238,47
56	Ba K_{α}	32,061	6839,75±274,35	7097,69
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	6742,83±271,30	7022,42
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	6230,05±250,81	6570,19
57	La K_{α}	33,298	6208,21±249,66	6435,96
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	6195,24±249,01	6364,26
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	5627,79±227,52	5967,96
58	Ce K_{α}	34,564	5668,99±229,86	5840,64
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	5694,69±231,64	5772,51
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5512,79±222,67	5668,22
55	Cs K_{β}	35,109	5436,83±219,80	5607,25
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	5302,03±216,49	5427,89
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	5171,94±211,76	5322,77
59	Pr K_{α}	35,857	5173,63±207,49	5307,72
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	5101,61±205,37	5243,17
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	4832,49±198,98	5121,37
56	Ba K_{β}	36,509	4767,59±194,20	5064,82
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	4763,98±196,02	4945,08
60	Nd K_{α}	37,179	4652,38±189,30	4831,52
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	4619,36±188,08	4806,07
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	4588,02±188,03	4770,90
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	4464,61±183,10	4637,87
57	La K_{β}	37,941	4405,92±182,16	4605,36
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	4204,48±176,08	4339,41
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	4055,72±166,01	4176,75
58	Ce K_{β}	39,403	3985,12±164,14	4145,81
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	4032,43±163,17	4112,96
62	Sm K_{α}	39,906	3899,42±156,24	4008,91
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	3825,04±153,56	3952,86
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	3746,48±164,95	3924,16
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	3741,69±151,09	3799,87
59	Pr K_{β}	40,901	3677,02±149,13	3754,14
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	3461,75±147,16	3549,39
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	3320,09±140,07	3443,58
60	Nd K_{β}	42,430	3268,36±138,69	3401,04
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	3086,17±137,24	3212,07
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	2668,71±107,69	2834,73
62	Sm K_{β}	45,588	2682,87±108,88	2798,38
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	2735,06±115,77	2639,57

Çizelge 4.25. K kıyısı çevresinde Te için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
44	Ru K_{α}	19,234	4993,29±166,77	5212,39
46	Pd K_{α}	21,123	3851,29±127,55	4015,05
44	Ru $K_{\beta 1,3}$	21,649	3628,40±126,85	3745,71
44	Ru K_{β}	21,706	3600,01±122,79	3718,11
44	Ru $K_{\beta 2}$	22,074	3441,39±123,61	3545,42
47	Ag K_{α}	22,103	3424,40±113,35	3532,29
48	Cd K_{α}	23,108	3020,26±100,28	3115,61
46	Pd $K_{\beta 1,3}$	23,809	2758,07±95,03	2865,33
46	Pd K_{β}	23,877	2729,20±92,20	2842,62
49	In $K_{\alpha 2}$	24,002	2676,79±88,61	2801,50
49	In K_{α}	24,137	2652,87±87,83	2758,18
49	In $K_{\alpha 1}$	24,210	2630,35±87,08	2735,18
46	Pd $K_{\beta 2}$	24,299	2566,92±106,77	2707,53
47	Ag $K_{\beta 1,3}$	24,932	2498,87±85,53	2522,73
47	Ag K_{β}	25,007	2475,12±83,29	2502,14
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	2383,90±79,18	2484,64
50	Sn K_{α}	25,192	2408,64±80,02	2444,64
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	2426,24±80,60	2423,61
47	Ag $K_{\beta 2}$	25,455	2344,61±92,04	2375,48
48	Cd $K_{\beta 1,3}$	26,083	2176,07±76,03	2219,84
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	2137,16±71,30	2213,26
48	Cd K_{β}	26,165	2147,83±73,60	2200,53
51	Sb K_{α}	26,272	2154,97±71,51	2175,59
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	2168,87±72,34	2155,57
48	Cd $K_{\beta 2}$	26,644	2001,61±80,09	2091,60
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	1783,26±71,76	1844,27
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	1699,02±59,21	1734,77
50	Sn K_{β}	28,570	1684,34±57,86	1717,99
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	1611,62±69,81	1629,45
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	1515,62±52,94	1538,63
51	Sb K_{β}	29,817	1483,55±51,13	1523,12
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	1334,57±55,66	1443,58
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	1399,38±53,52	1413,24
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	7505,61±250,95	7486,84
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	6971,66±231,11	7009,94
57	La K_{α}	33,298	6777,73±224,72	6867,99
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	6723,49±222,93	6792,09
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	6442,64±215,87	6371,59
58	Ce K_{α}	34,564	6483,15±217,05	6236,11
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	6236,11±209,09	6163,54
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	5619,44±189,07	6052,33

Çizelge 4.25. (devam)

Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneyisel	WinXCOM
55	Cs K_{β}	35,109	5589,44±190,51	5987,38
59	Pr K_{a2}	35,550	5937,94±201,56	5795,55
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	5470,71±182,63	5682,99
59	Pr K_{α}	35,857	5584,89±184,91	5666,86
59	Pr K_{a1}	36,026	5414,56±179,88	5597,65
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	5298,25±179,08	5467,02
56	Ba K_{β}	36,509	5257,81±179,81	5406,07
60	Nd K_{a2}	36,847	5196,17±173,44	5277,29
60	Nd K_{α}	37,179	5120,63±170,20	5154,89
56	Ba $K_{\beta2}$	37,255	5109,39±173,55	5127,43
60	Nd K_{a1}	37,361	5077,25±168,82	5089,47
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	4867,93±162,11	4945,57
57	La K_{β}	37,941	4818,97±160,98	4888,62
57	La $K_{\beta2}$	38,726	4634,84±161,82	4634,31
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	4407,44±149,83	4481,68
58	Ce K_{β}	39,403	4354,66±149,82	4430,19
62	Sm K_{a2}	39,522	4373,28±146,39	4395,70
62	Sm K_{α}	39,906	4215,12±139,37	4287,09
62	Sm K_{a1}	40,118	4127,59±136,66	4221,08
58	Ce $K_{\beta2}$	40,228	4164,21±147,54	4190,86
59	Pr $K_{\beta1,3}$	40,716	3995,73±133,19	4059,90
59	Pr K_{β}	40,901	3954,85±132,45	4011,56
63	Eu K_{a2}	40,902	3980,34±134,83	4011,39
63	Eu K_{α}	41,314	3886,19±129,02	3906,32
63	Eu K_{a1}	41,542	3833,31±127,93	3849,65
59	Pr $K_{\beta2}$	41,764	3832,01±132,64	3795,45
60	Nd $K_{\beta1,3}$	42,235	3675,75±124,97	3683,64
60	Nd K_{β}	42,43	3651,47±126,38	3638,44
60	Nd $K_{\beta2}$	43,335	3412,23±129,25	3438,05
62	Sm $K_{\beta1,3}$	45,373	3004,30±100,44	3036,24
62	Sm K_{β}	45,588	2947,45±99,69	2997,53
62	Sm $K_{\beta2}$	46,578	2731,87±102,40	2827,60
63	Eu $K_{\beta1,3}$	46,993	2709,33±95,25	2760,27
63	Eu K_{β}	47,218	2666,52±97,44	2724,70
63	Eu $K_{\beta2}$	48,249	2538,61±107,07	2569,46

Çizelge 4.26. K kıyısı çevresinde La için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
49	In K_{α}	24,137	3958,77±119,63	4060,54
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	3529,49±106,77	3667,13
50	Sn K_{α}	25,192	3553,22±107,48	3607,59
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	3569,47±107,97	3576,31
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	3222,16±97,77	3264,53
51	Sb K_{α}	26,272	3259,16±98,88	3208,89
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	3268,95±99,18	3179,34
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	2822,74±86,68	2911,19
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	2802,85±90,20	2892,90
49	In K_{β}	27,353	2793,64±88,48	2866,39
52	Te K_{α}	27,377	2791,28±85,75	2859,43
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	2766,90±85,03	2831,87
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	2745,39±112,63	2722,52
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	2548,37±83,01	2563,28
50	Sn K_{β}	28,570	2504,13±80,09	2538,86
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	2283,62±103,58	2410,47
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2236,17±76,04	2279,39
51	Sb K_{β}	29,817	2223,25±73,10	2257,05
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2161,46±104,92	2136,17
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2022,25±63,23	2091,54
55	Cs K_{α}	30,851	1986,55±62,19	2049,17
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	1963,29±61,52	2026,74
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2028,75±76,33	2025,76
52	Te K_{β}	31,094	2002,70±72,34	2004,81
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	1875,15±102,35	1898,59
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	1837,11±84,61	1879,71
56	Ba K_{α}	32,061	1798,45±57,24	1839,73
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	1771,29±63,42	1818,41
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	1451,33±54,71	1522,58
58	Ce K_{α}	34,564	1430,38±44,36	1487,27
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	1417,60±47,27	1468,43
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	1396,58±58,92	1439,54
55	Cs K_{β}	35,109	1387,71±58,21	1422,93
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	1347,40±64,42	1373,52
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1351,83±76,84	1344,73
59	Pr K_{α}	35,857	1323,09±42,87	1340,61
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	1308,29±48,23	1322,97
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1223,11±57,96	1289,85
56	Ba K_{β}	36,509	1215,18±59,57	1274,37
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1196,01±67,48	1241,93
60	Nd K_{α}	37,179	1156,60±37,09	1211,23
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1182,51±64,27	1204,36
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1132,65±41,97	1194,89
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	6192,99±189,47	6109,20
58	Ce K_{β}	39,403	6064,99±186,60	6037,85
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	6014,52±186,64	5990,09

Çizelge 4.26. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
62	Sm K_{α}	39,906	5820,22±175,62	5839,14
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	5706,18±173,94	5757,95
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	5607,77±184,77	5716,39
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	5489,16±172,13	5536,74
59	Pr K_{β}	40,901	5423,02±170,38	5470,68
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	5415,03±169,35	5470,36
63	Eu K_{α}	41,314	5312,07±160,62	5326,93
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	5251,84±160,47	5249,74
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	5179,03±187,42	5176,04
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	4867,98±151,49	5024,43
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	4981,24±160,97	5001,05
60	Nd K_{β}	42,430	4793,65±149,60	4963,39
64	Gd K_{α}	42,751	4878,90±147,96	4865,10
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	4816,99±147,86	4791,98
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	4511,22±162,76	4693,34
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	4460,56±144,99	4578,15
65	Tb K_{α}	44,218	4347,32±132,31	4449,69
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4279,23±132,04	4380,41
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4063,89±131,69	4197,91
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4028,13±128,26	4158,03
62	Sm K_{β}	45,588	3978,52±127,15	4106,85
66	Dy K_{α}	45,714	3950,12±120,56	4077,38
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	3882,49±120,02	4012,02
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	3799,69±151,89	3883,47
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	3775,33±120,39	3857,24
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	3745,29±123,67	3795,45
63	Eu K_{β}	47,218	3677,23±125,81	3749,07
67	Ho K_{α}	47,242	3644,84±111,63	3744,06
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	3566,93±111,12	3682,68
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	3502,88±116,47	3552,69
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	3437,48±154,26	3547,46
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	3418,70±118,07	3474,68
68	Er K_{α}	48,801	3374,20±104,02	3446,79
64	Gd K_{β}	48,883	3370,87±118,73	3432,17
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3294,08±103,11	3379,88
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3197,37±146,31	3234,46
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3094,07±110,38	3171,95
65	Tb K_{β}	50,577	3053,39±108,98	3131,25
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	2895,70±124,32	2961,86
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	2812,16±98,54	2900,25
66	Dy K_{β}	52,313	2779,17±98,09	2862,52
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	2651,06±122,98	2698,43
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	2634,89±95,80	2653,12
67	Ho K_{β}	54,082	2578,65±95,12	2617,65
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2345,44±124,89	2465,63
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2364,02±89,02	2428,04
68	Er K_{β}	55,886	2319,88±89,05	2395,29
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2144,92±121,01	2255,13

Çizelge 4.27. K kıyısı çevresinde Ce için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
49	In K_{α}	24,137	4316,98±130,26	4361,13
50	Sn $K_{\alpha 2}$	25,044	3886,50±117,52	3939,39
50	Sn K_{α}	25,192	3815,51±115,41	3875,57
50	Sn $K_{\alpha 1}$	25,271	3764,62±113,89	3842,04
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	3449,70±104,40	3507,74
51	Sb K_{α}	26,272	3436,85±104,02	3448,07
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	3428,25±103,76	3416,39
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	3091,45±94,20	3128,81
49	In $K_{\beta 1,3}$	27,263	3004,19±94,95	3109,20
49	In K_{β}	27,353	2988,83±93,04	3080,87
52	Te K_{α}	27,377	3035,99±92,55	3073,29
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	2993,69±91,29	3043,72
49	In $K_{\beta 2}$	27,862	2909,41±111,13	2926,44
50	Sn $K_{\beta 1,3}$	28,472	2671,84±85,84	2755,48
50	Sn K_{β}	28,570	2641,75±83,39	2729,48
50	Sn $K_{\beta 2}$	29,111	2488,77±103,48	2591,64
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2356,67±77,31	2450,87
51	Sb K_{β}	29,817	2384,62±75,77	2426,97
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2265,50±96,09	2298,35
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2188,06±66,58	2249,90
55	Cs K_{α}	30,851	2140,02±65,16	2203,96
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	2108,19±64,22	2179,65
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2123,55±73,66	2178,65
52	Te K_{β}	31,094	2100,14±70,94	2155,91
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	1985,83±97,76	2041,18
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	1981,67±61,48	2020,82
56	Ba K_{α}	32,061	1918,95±59,63	1977,77
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	1877,20±58,41	1954,83
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	1743,97±53,47	1817,95
57	La K_{α}	33,298	1697,27±52,10	1777,66
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	1666,73±51,21	1756,21
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	1489,66±52,77	1550,60
55	Cs K_{β}	35,109	1471,08±51,27	1531,80
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	1407,88±44,36	1479,29
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1394,01±70,23	1448,50
59	Pr K_{α}	35,857	1390,24±43,83	1444,09
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	1379,55±43,51	1425,17
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1358,87±56,03	1389,43
56	Ba K_{β}	36,509	1338,90±54,62	1372,94
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1257,97±49,68	1337,76
60	Nd K_{α}	37,179	1231,74±38,44	1304,44
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1263,26±67,88	1296,96
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1215,78±41,87	1286,65
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	1187,87±44,93	1247,47
57	La K_{β}	37,941	1172,39±44,99	1232,11
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	1107,03±65,70	1163,23

Çizelge 4.27. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	1025,23±45,23	1098,81
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	5585,50±172,91	5876,56
59	Pr K_{β}	40,901	5564,01±174,42	5807,14
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	5966,67±182,47	5806,87
63	Eu K_{α}	41,314	5731,91±172,72	5656,31
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	5603,89±169,89	5575,21
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	5482,52±186,65	5497,74
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	5263,22±161,92	5338,15
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	5196,18±161,45	5313,61
60	Nd K_{β}	42,430	5176,02±159,75	5273,82
64	Gd K_{α}	42,751	5064,66±153,12	5170,41
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	4986,76±152,50	5093,30
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	4854,79±165,05	4989,19
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	4693,13±144,27	4867,53
65	Tb K_{α}	44,218	4587,77±138,52	4731,68
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4524,84±137,54	4658,35
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4318,92±127,96	4464,01
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4292,73±133,09	4421,59
62	Sm K_{β}	45,588	4235,55±132,22	4366,95
66	Dy K_{α}	45,714	4195,49±127,51	4335,45
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4123,16±126,63	4265,43
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	4013,43±143,49	4126,98
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	3956,28±126,20	4098,63
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	3872,13±122,53	4031,61
63	Eu K_{β}	47,218	3821,61±121,59	3981,12
67	Ho K_{α}	47,242	3824,79±116,74	3975,76
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	3746,87±115,93	3908,80
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	3644,98±118,69	3766,20
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	3667,64±139,98	3760,43
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	3540,21±115,28	3680,05
68	Er K_{α}	48,801	3531,09±108,11	3649,16
64	Gd K_{β}	48,883	3473,34±113,99	3633,02
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3460,70±107,51	3585,40
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3234,64±130,33	3430,29
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3150,32±102,88	3363,01
65	Tb K_{β}	50,577	3119,09±103,51	3320,11
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	2997,87±116,52	3141,08
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	2960,85±99,01	3076,29
66	Dy K_{β}	52,313	2931,07±98,51	3036,15
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	2816,07±120,31	2863,48
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	2757,87±94,93	2815,75
67	Ho K_{β}	54,082	2701,04±94,89	2778,59
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2466,59±127,74	2618,93
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2486,49±87,61	2579,53
68	Er K_{β}	55,886	2443,66±86,93	2545,36
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2276,83±111,79	2398,55

Çizelge 4.28. K kıyısı çevresinde Pr için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{α}	26,111	3674,74±113,64	3766,34
51	Sb K_{α}	26,272	3611,32±111,74	3702,65
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	3580,63±110,83	3668,81
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	3322,69±102,88	3361,19
52	Te K_{α}	27,377	3271,94±101,40	3301,71
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	3235,41±100,33	3270,02
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2563,55±102,13	2632,30
51	Sb K_{β}	29,817	2538,06±94,37	2606,41
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2409,66±134,23	2469,54
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2366,22±75,76	2417,57
55	Cs K_{α}	30,851	2357,78±75,62	2368,31
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	2454,24±78,38	2342,25
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2232,65±95,56	2341,23
52	Te K_{β}	31,094	2225,61±89,67	2335,60
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	2192,89±131,32	2193,72
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	2182,91±71,29	2171,89
56	Ba K_{α}	32,061	2088,60±68,74	2125,71
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	2013,44±66,73	2101,09
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	1954,45±62,91	1954,25
57	La K_{α}	33,298	1885,29±60,95	1911,02
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	1843,03±59,74	1888,01
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	1697,28±55,75	1761,72
58	Ce K_{α}	34,564	1644,19±54,28	1721,49
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	1611,16±53,35	1699,73
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	1645,99±86,19	1666,89
55	Cs K_{β}	35,109	1621,61±78,77	1647,78
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1520,03±93,16	1558,29
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1487,09±88,67	1494,81
56	Ba K_{β}	36,509	1458,79±78,67	1477,08
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1371,28±50,28	1439,19
60	Nd K_{α}	37,179	1390,29±49,31	1403,32
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1343,53±81,81	1395,27
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1401,49±50,36	1384,16
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	1276,74±68,62	1342,03
57	La K_{β}	37,941	1260,96±67,16	1325,46
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	1194,63±67,34	1251,12
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	1186,82±66,41	1206,49
58	Ce K_{β}	39,403	1167,11±63,48	1191,51
62	Sm $K_{\alpha 2}$	39,522	1183,89±79,28	1181,57
62	Sm K_{α}	39,906	1146,19±41,32	1149,96
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	1123,09±51,53	1133,03
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	1092,76±38,77	1124,39

Çizelge 4.28. (devam)

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	5670,03±177,78	5654,66
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	5444,01±177,33	5628,77
60	Nd K_{β}	42,430	5583,44±191,59	5586,73
64	Gd K_{α}	42,751	5308,74±162,11	5477,01
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	5227,51±162,85	5395,17
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	5257,83±224,80	5284,56
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	5080,32±170,02	5155,06
65	Tb K_{α}	44,218	4876,61±149,71	5010,19
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	4755,51±149,90	4931,87
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4577,26±148,26	4724,83
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4510,51±156,35	4679,23
62	Sm K_{β}	45,588	4451,77±155,63	4621,28
66	Dy K_{α}	45,714	4501,19±138,44	4587,51
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4454,58±140,53	4512,85
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	4215,53±207,52	4365,54
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	4272,52±145,52	4335,42
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	4153,04±158,43	4264,18
63	Eu K_{β}	47,218	4109,83±163,26	4210,63
67	Ho K_{α}	47,242	4162,96±129,79	4205,11
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	4097,49±131,66	4134,24
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	3857,93±145,47	3983,64
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	3955,53±221,41	3977,55
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	3776,82±136,47	3892,66
68	Er K_{α}	48,801	3781,34±122,26	3860,41
64	Gd K_{β}	48,883	3741,62±135,54	3843,54
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3734,88±126,46	3793,42
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3598,85±187,56	3630,89
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3525,79±133,13	3558,66
65	Tb K_{β}	50,577	3471,15±135,82	3513,46
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3266,95±183,63	3325,75
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3211,17±122,77	3257,72
66	Dy K_{β}	52,313	3162,78±123,72	3215,75
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	2958,93±182,87	3034,51
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	2918,64±120,38	2984,50
67	Ho K_{β}	54,082	2882,93±122,99	2945,54
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2740,49±161,82	2777,99
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2718,98±145,48	2736,67
68	Er K_{β}	55,886	2678,23±149,33	2700,71
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2511,26±157,42	2546,85

Çizelge 4.29. K kıyısı çevresinde Nd için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
51	Sb K_{a2}	26,111	3897,83±118,08	4036,89
51	Sb K_{α}	26,272	3895,42±118,01	3969,09
51	Sb K_{a1}	26,359	3894,05±117,96	3933,07
52	Te K_{a2}	27,202	3558,36±107,93	3605,05
52	Te K_{α}	27,377	3479,33±105,58	3541,52
52	Te K_{a1}	27,472	3423,47±103,91	3507,66
51	Sb $K_{\beta1,3}$	29,710	2686,37±90,31	2823,86
51	Sb K_{β}	29,817	2668,53±87,19	2795,94
51	Sb $K_{\beta2}$	30,393	2572,40±123,43	2650,06
55	Cs K_{a2}	30,625	2541,44±77,77	2594,38
55	Cs K_{α}	30,851	2606,61±79,71	2541,59
55	Cs K_{a1}	30,973	2645,20±80,86	2513,66
52	Te $K_{\beta1,3}$	30,978	2521,73±84,74	2512,48
52	Te K_{β}	31,094	2503,29±81,76	2486,49
52	Te $K_{\beta2}$	31,704	2416,45±108,39	2354,50
56	Ba K_{a2}	31,817	2372,39±72,82	2331,10
56	Ba K_{α}	32,061	2322,62±71,36	2281,61
56	Ba K_{a1}	32,194	2290,54±70,43	2255,24
57	La K_{a2}	33,034	2139,46±65,30	2097,84
57	La K_{α}	33,298	2093,99±63,74	2051,50
57	La K_{a1}	33,442	2066,33±63,14	2026,83
58	Ce K_{a2}	34,279	1900,76±58,49	1891,44
58	Ce K_{α}	34,564	1840,35±56,72	1848,31
58	Ce K_{a1}	34,720	1803,31±55,63	1825,31
55	Cs $K_{\beta1,3}$	34,964	1755,66±63,33	1790,26
55	Cs K_{β}	35,109	1743,73±60,99	1768,79
59	Pr K_{a2}	35,550	1736,62±54,68	1708,21
55	Cs $K_{\beta2}$	35,818	1694,41±91,39	1672,75
59	Pr K_{α}	35,857	1709,69±53,92	1667,67
59	Pr K_{a1}	36,026	1693,18±53,47	1645,89
56	Ba $K_{\beta1,3}$	36,353	1563,85±51,09	1604,70
57	La $K_{\beta1,3}$	37,773	1408,32±49,58	1441,29
57	La K_{β}	37,941	1393,54±51,08	1423,63
57	La $K_{\beta2}$	38,726	1336,75±65,27	1344,30
58	Ce $K_{\beta1,3}$	39,228	1248,88±47,99	1296,73
58	Ce K_{β}	39,403	1256,71±47,07	1280,95
62	Sm K_{a2}	39,522	1201,05±53,10	1270,13
62	Sm K_{α}	39,906	1170,46±36,92	1236,46

Çizelge 4.29. (devam)

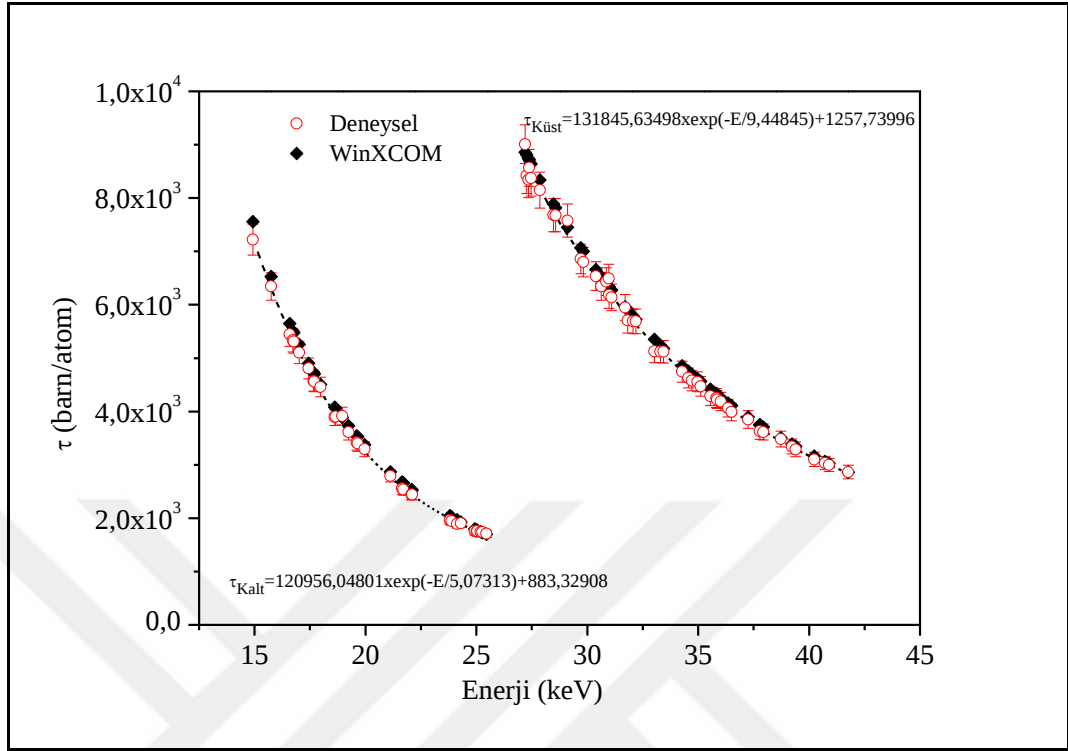
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
62	Sm $K_{\alpha 1}$	40,118	1151,89±39,02	1217,95
58	Ce $K_{\beta 2}$	40,228	1157,77±66,49	1208,62
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	1137,48±52,23	1168,39
59	Pr K_{β}	40,901	1122,78±51,40	1153,51
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	1170,86±54,64	1153,46
63	Eu K_{α}	41,314	1144,22±37,69	1121,39
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	1127,31±43,43	1104,15
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	1070,05±38,25	1087,71
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	1037,64±35,60	1002,28
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	5168,83±158,31	5222,45
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	4680,99±143,84	5001,73
62	Sm $K_{\beta 1,3}$	45,373	4690,09±145,76	4953,29
62	Sm K_{β}	45,588	4622,09±144,01	4891,36
66	Dy K_{α}	45,714	4545,87±137,13	4855,36
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	4466,37±135,63	4775,78
62	Sm $K_{\beta 2}$	46,578	4361,51±150,75	4618,81
67	Ho $K_{\alpha 2}$	46,700	4329,28±135,13	4586,72
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	4247,07±137,99	4510,81
63	Eu K_{β}	47,218	4197,22±135,79	4453,86
67	Ho K_{α}	47,242	4208,55±127,78	4447,89
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	4138,03±126,72	4372,39
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	4041,88±130,04	4211,98
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	4022,54±142,99	4205,51
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	4039,22±127,09	4115,30
68	Er K_{α}	48,801	3896,81±119,31	4080,75
64	Gd K_{β}	48,883	3971,91±124,99	4062,62
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	3812,26±117,93	4009,43
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	3714,15±133,76	3836,39
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	3681,38±119,42	3760,79
65	Tb K_{β}	50,577	3631,34±120,03	3713,33
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3449,21±141,86	3515,48
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3359,19±108,17	3443,72
66	Dy K_{β}	52,313	3310,11±106,70	3399,58
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	3110,15±126,26	3209,01
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	3081,91±101,96	3156,46
67	Ho K_{β}	54,082	3047,97±101,07	3115,39
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	2915,06±117,33	2939,59
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	2774,30±101,73	2896,14
68	Er K_{β}	55,886	2743,94±101,32	2858,61
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2621,72±106,92	2697,29

Çizelge 4.30. K kıyısı çevresinde Sm için deneysel ve teorik fotoelektrik tesir kesiti değerleri

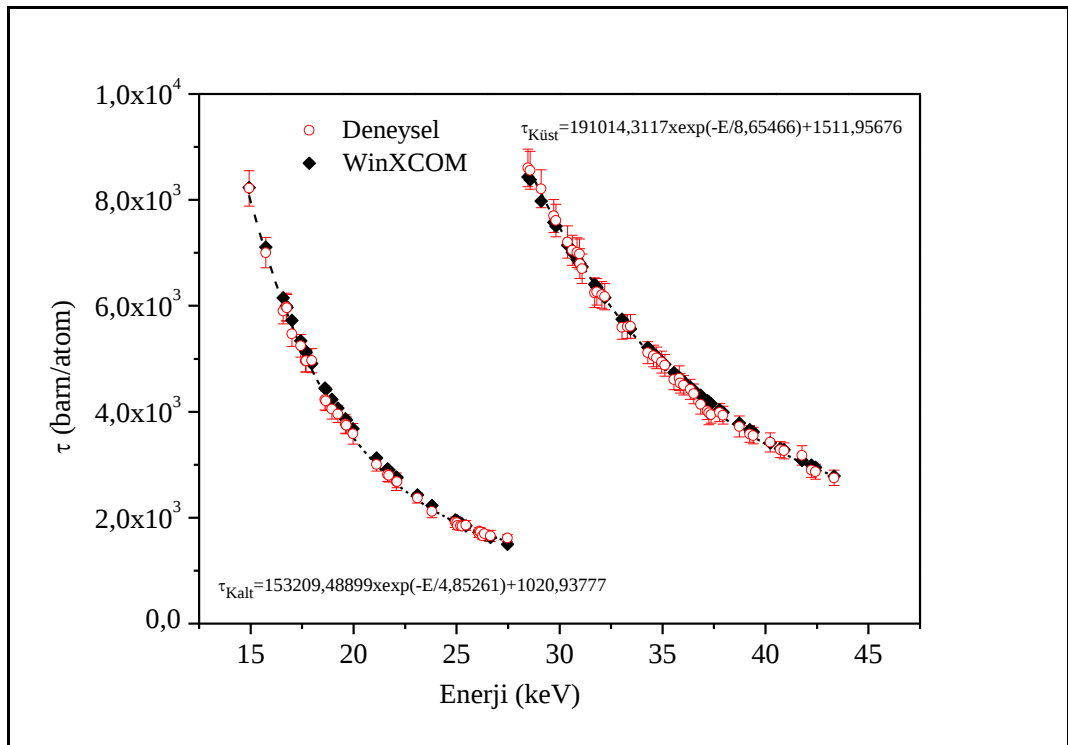
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)	
			Deneysel	WinXCOM
51	Sb $K_{\alpha 2}$	26,111	4352,01±134,24	4624,48
51	Sb K_{α}	26,272	4275,55±132,05	4546,44
51	Sb $K_{\alpha 1}$	26,359	4233,77±130,86	4505,01
52	Te $K_{\alpha 2}$	27,202	3997,24±123,78	4128,65
52	Te K_{α}	27,377	3836,97±119,17	4055,97
52	Te $K_{\alpha 1}$	27,472	3724,52±115,88	4017,25
51	Sb $K_{\beta 1,3}$	29,710	2984,13±126,73	3240,38
51	Sb K_{β}	29,817	2963,43±113,98	3208,84
51	Sb $K_{\beta 2}$	30,393	2850,10±103,56	3039,95
55	Cs $K_{\alpha 2}$	30,625	2930,29±93,16	2976,28
55	Cs K_{α}	30,851	2893,69±92,18	2915,90
55	Cs $K_{\alpha 1}$	30,973	2872,63±91,55	2883,98
52	Te $K_{\beta 1,3}$	30,978	2731,19±113,16	2882,62
52	Te K_{β}	31,094	2700,73±104,79	2852,82
52	Te $K_{\beta 2}$	31,704	2555,98±113,03	2701,94
56	Ba $K_{\alpha 2}$	31,817	2744,08±87,98	2675,16
56	Ba K_{α}	32,061	2564,37±82,97	2618,56
56	Ba $K_{\alpha 1}$	32,194	2450,85±79,84	2588,37
57	La $K_{\alpha 2}$	33,034	2418,61±78,47	2408,28
57	La K_{α}	33,298	2329,59±76,01	2355,24
57	La $K_{\alpha 1}$	33,442	2275,42±74,47	2327,01
58	Ce $K_{\alpha 2}$	34,279	2172,61±70,11	2172,02
58	Ce K_{α}	34,564	2102,31±68,75	2122,64
58	Ce $K_{\alpha 1}$	34,720	2058,66±66,93	2096,31
55	Cs $K_{\beta 1,3}$	34,964	2102,80±103,13	2056,06
55	Cs K_{β}	35,109	2062,71±92,54	2032,72
59	Pr $K_{\alpha 2}$	35,550	2028,20±69,61	1962,21
55	Cs $K_{\beta 2}$	35,818	1897,18±69,05	1921,59
59	Pr K_{α}	35,857	1920,25±66,87	1915,77
59	Pr $K_{\alpha 1}$	36,026	1855,15±65,10	1890,82
56	Ba $K_{\beta 1,3}$	36,353	1799,56±98,81	1843,84
56	Ba K_{β}	36,509	1782,82±92,27	1821,75
60	Nd $K_{\alpha 2}$	36,847	1733,19±62,96	1775,53
60	Nd K_{α}	37,179	1696,33±61,94	1731,58
56	Ba $K_{\beta 2}$	37,255	1714,13±85,47	1721,72
60	Nd $K_{\alpha 1}$	37,361	1674,36±61,48	1708,10
57	La $K_{\beta 1,3}$	37,773	1620,47±87,18	1656,45
57	La K_{β}	37,941	1596,59±83,41	1636,09
57	La $K_{\beta 2}$	38,726	1503,99±86,14	1545,25
58	Ce $K_{\beta 1,3}$	39,228	1446,29±79,95	1490,92

Çizelge 4.30. (devam)

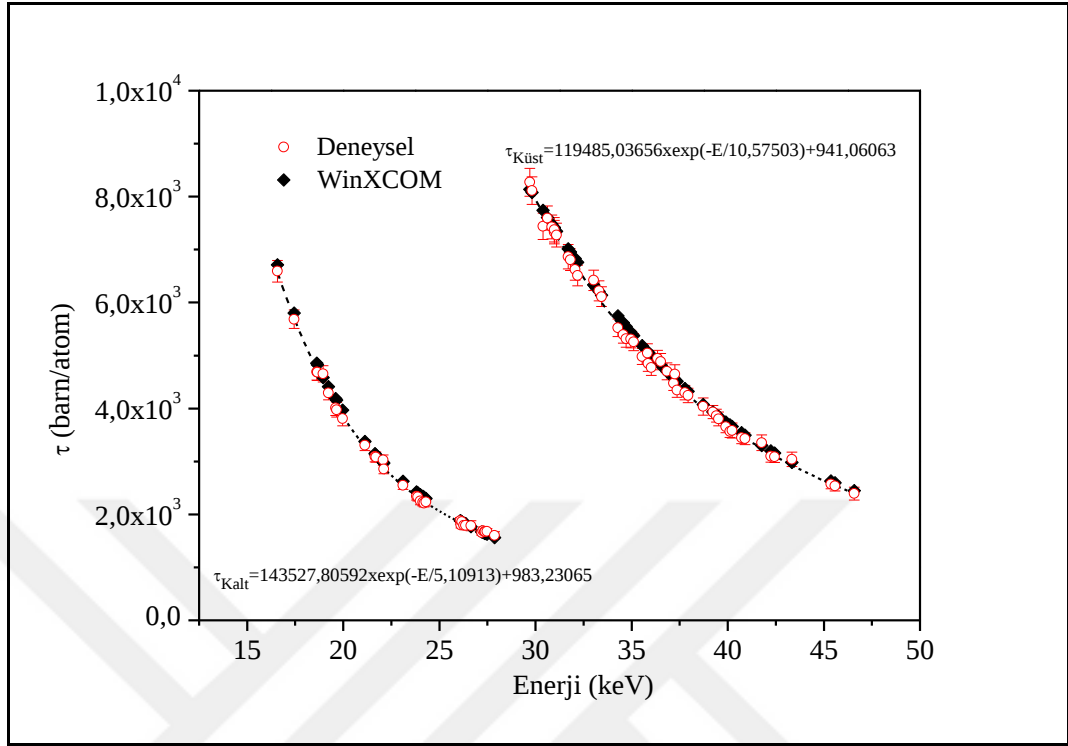
Fotoelektrik Tesir Kesiti (barn/atom)				
Z	Element Çizgisi	Enerji (keV)	Deneysel	WinXCOM
59	Pr $K_{\beta 1,3}$	40,716	1282,14±64,41	1343,51
59	Pr K_{β}	40,901	1270,13±54,59	1326,55
63	Eu $K_{\alpha 2}$	40,902	1281,59±49,67	1326,50
63	Eu K_{α}	41,314	1245,51±50,44	1289,81
63	Eu $K_{\alpha 1}$	41,542	1222,54±65,26	1270,06
59	Pr $K_{\beta 2}$	41,764	1226,73±43,55	1251,22
60	Nd $K_{\beta 1,3}$	42,235	1151,76±35,60	1212,49
64	Gd $K_{\alpha 2}$	42,309	1208,77±42,62	1206,49
60	Nd K_{β}	42,430	1136,87±52,78	1196,74
64	Gd K_{α}	42,751	1138,42±41,91	1171,74
64	Gd $K_{\alpha 1}$	42,996	1095,20±35,51	1153,06
60	Nd $K_{\beta 2}$	43,335	1077,87±35,87	1127,86
65	Tb $K_{\alpha 2}$	43,744	1051,34±42,68	1098,45
65	Tb K_{α}	44,218	1026,25±40,55	1065,66
65	Tb $K_{\alpha 1}$	44,482	1010,45±46,90	1047,98
66	Dy $K_{\alpha 2}$	45,208	971,04±33,66	1001,43
66	Dy $K_{\alpha 1}$	45,998	917,53±36,22	954,05
63	Eu $K_{\beta 1,3}$	46,993	4798,91±176,64	5049,72
63	Eu K_{β}	47,218	4738,82±173,96	4988,13
67	Ho $K_{\alpha 1}$	47,547	4722,50±151,63	4899,83
68	Er $K_{\alpha 2}$	48,221	4605,44±171,45	4724,95
63	Eu $K_{\beta 2}$	48,249	4522,29±216,91	4717,85
64	Gd $K_{\beta 1,3}$	48,646	4572,79±164,54	4618,72
68	Er K_{α}	48,801	4483,19±140,24	4580,65
64	Gd K_{β}	48,883	4504,21±180,97	4560,59
68	Er $K_{\alpha 1}$	49,128	4409,24±148,82	4501,74
64	Gd $K_{\beta 2}$	49,959	4228,77±230,23	4308,81
65	Tb $K_{\beta 1,3}$	50,331	4169,87±153,36	4225,96
65	Tb K_{β}	50,577	4111,59±154,32	4172,03
65	Tb $K_{\beta 2}$	51,648	3893,07±208,04	3948,30
66	Dy $K_{\beta 1,3}$	52,056	3755,57±138,87	3867,48
66	Dy K_{β}	52,313	3687,14±140,47	3817,25
66	Dy $K_{\beta 2}$	53,476	3395,21±135,24	3601,47
67	Ho $K_{\beta 1,3}$	53,814	3454,09±138,24	3541,78
67	Ho K_{β}	54,082	3432,39±140,24	3495,49
67	Ho $K_{\beta 2}$	55,293	3343,61±143,41	3296,38
68	Er $K_{\beta 1,3}$	55,608	3032,19±169,88	3247,15
68	Er K_{β}	55,886	3000,34±146,30	3204,57
68	Er $K_{\beta 2}$	57,142	2857,50±161,92	3021,82



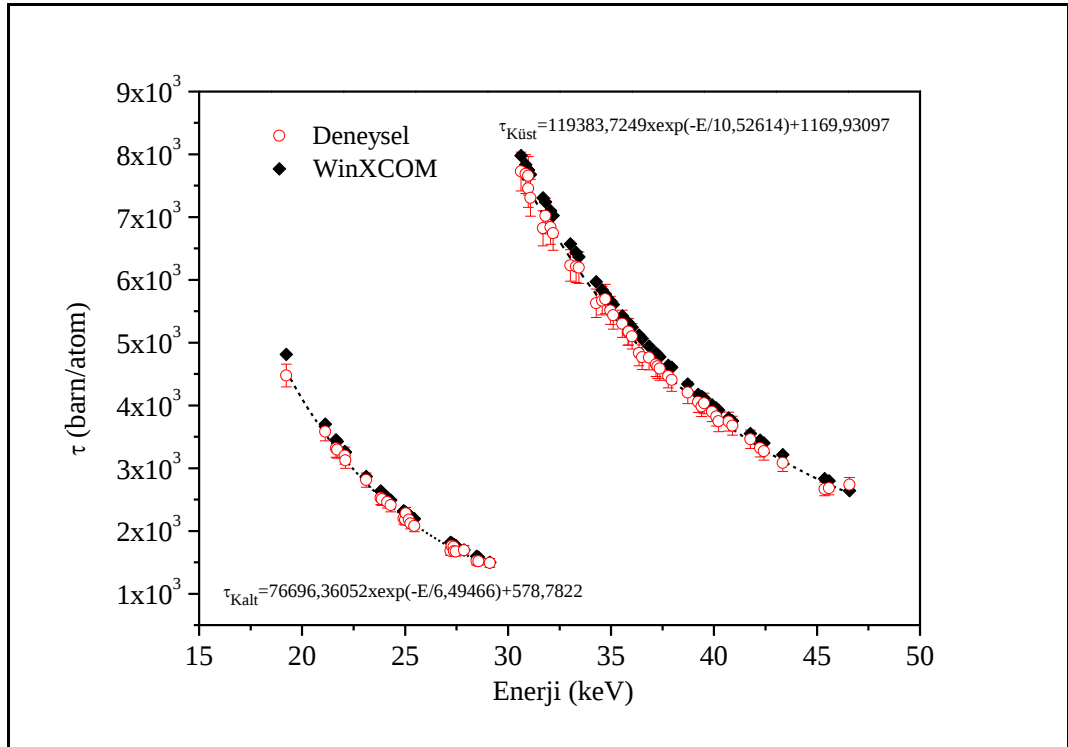
Şekil 4.45. Cd için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



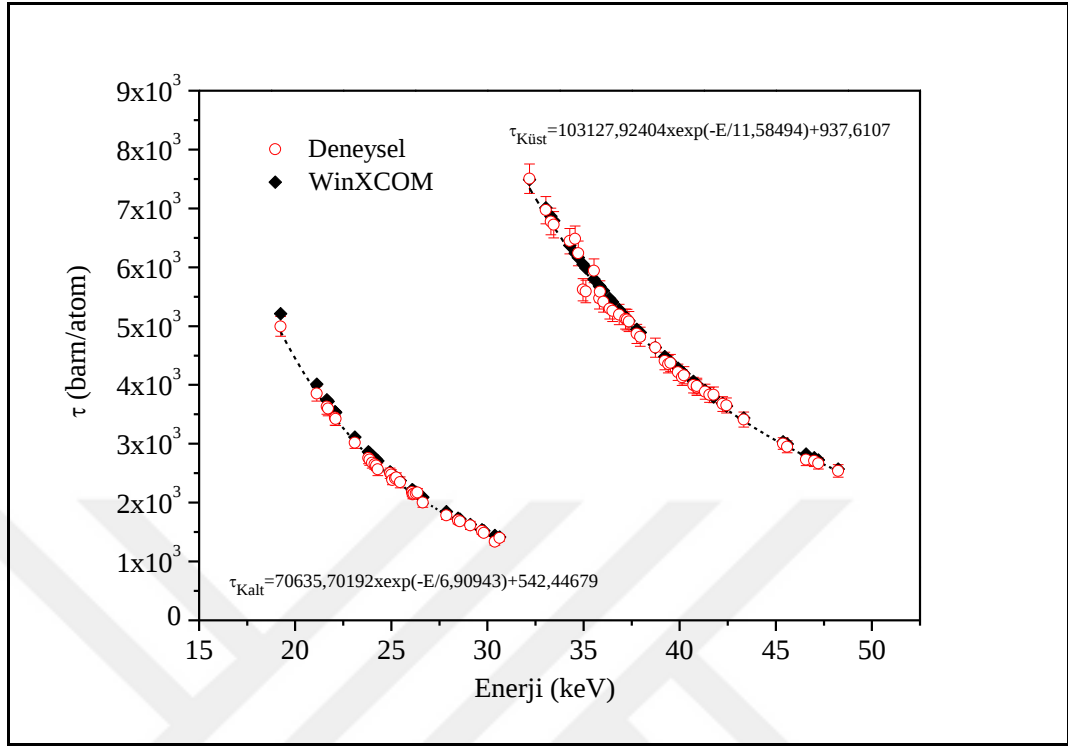
Şekil 4.46. In için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



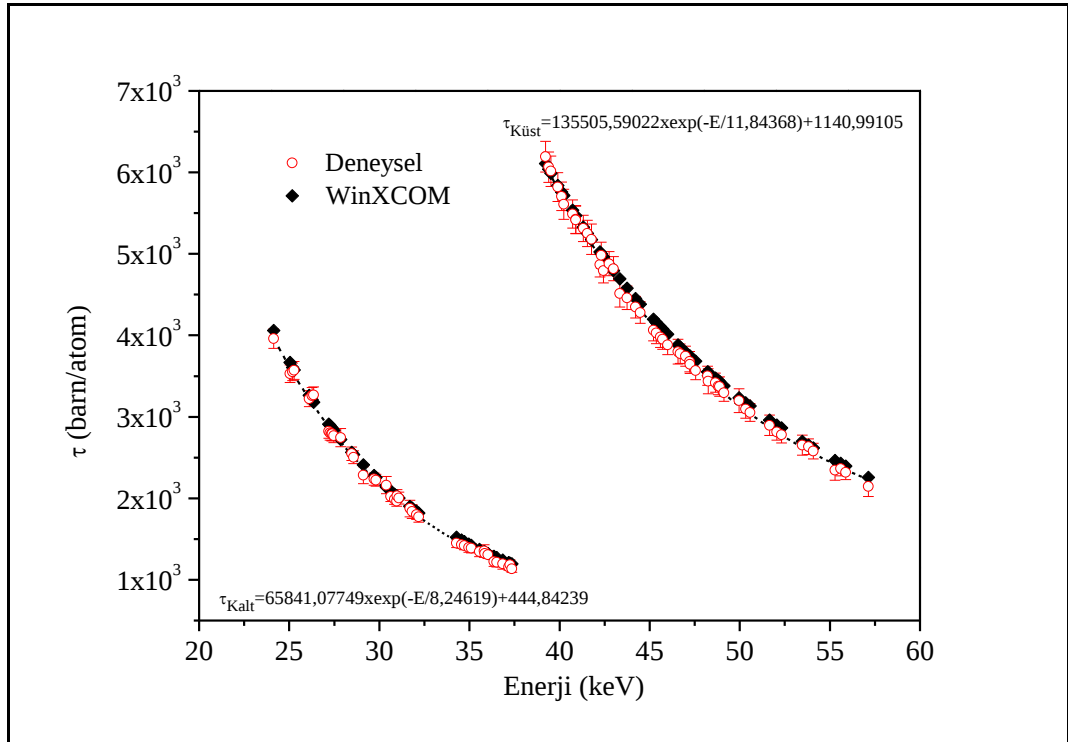
Şekil 4.47. Sn için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



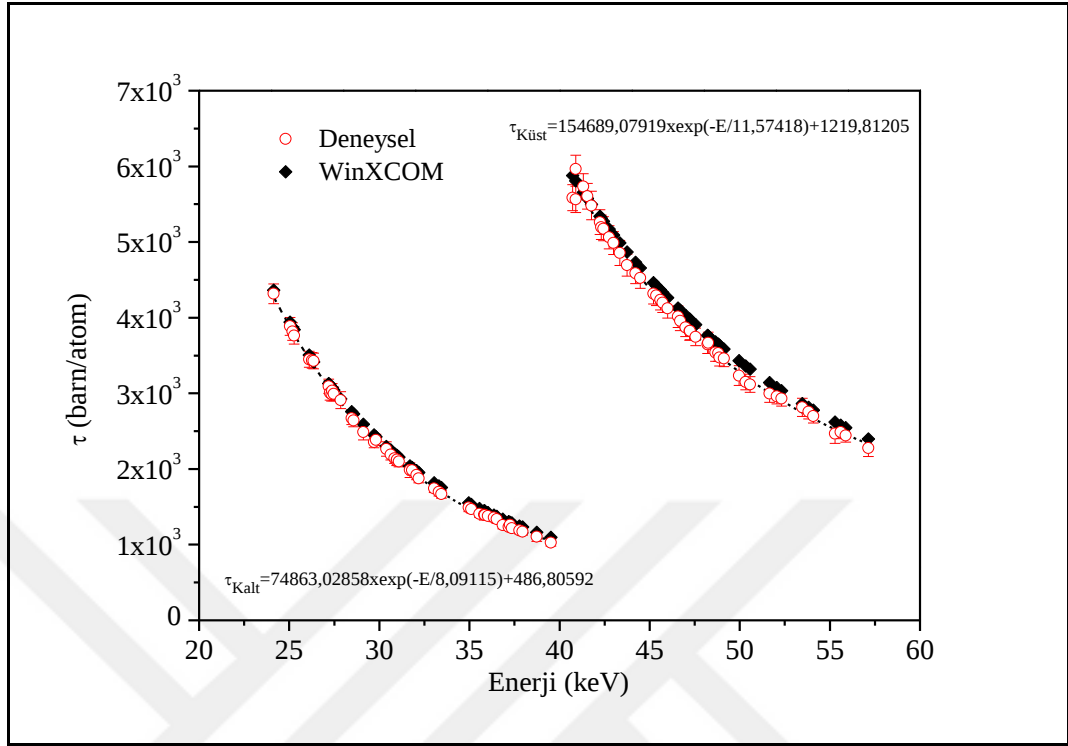
Şekil 4.48. Sb için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



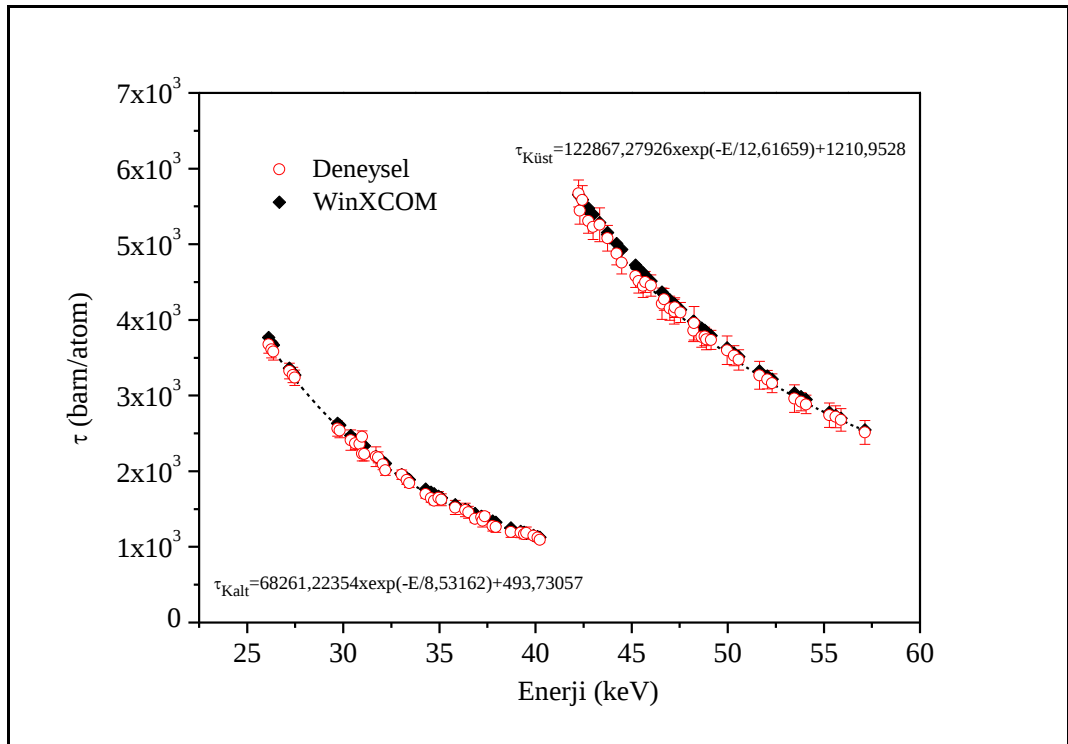
Şekil 4.49. Te için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



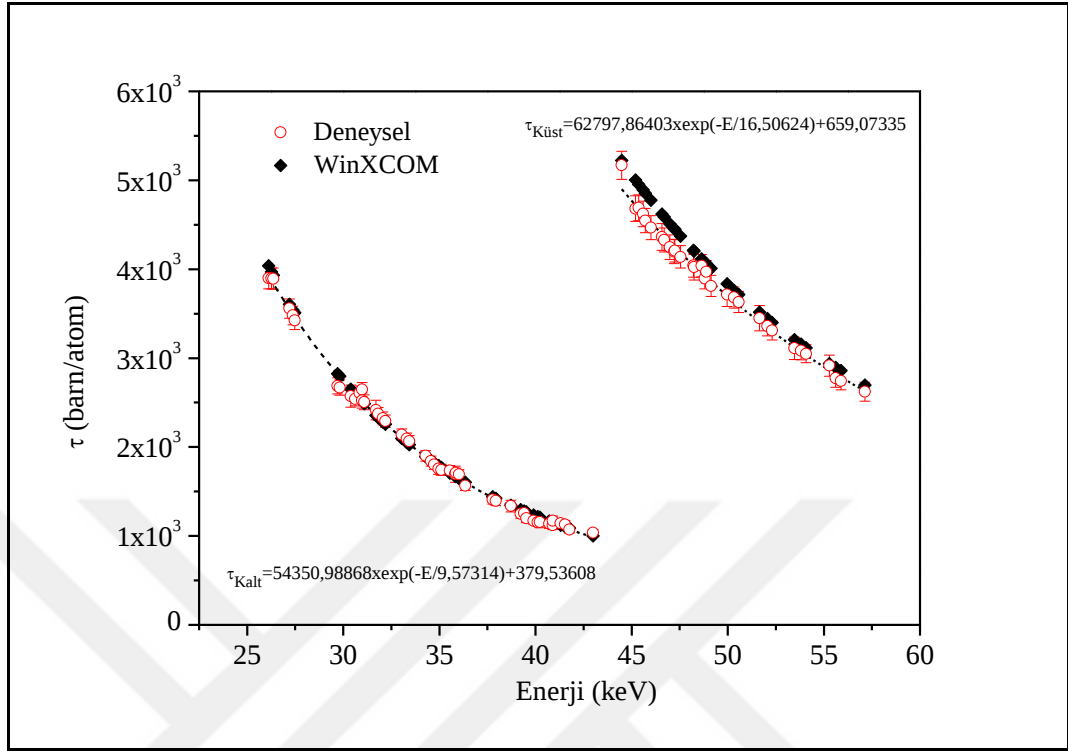
Şekil 4.50. La için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



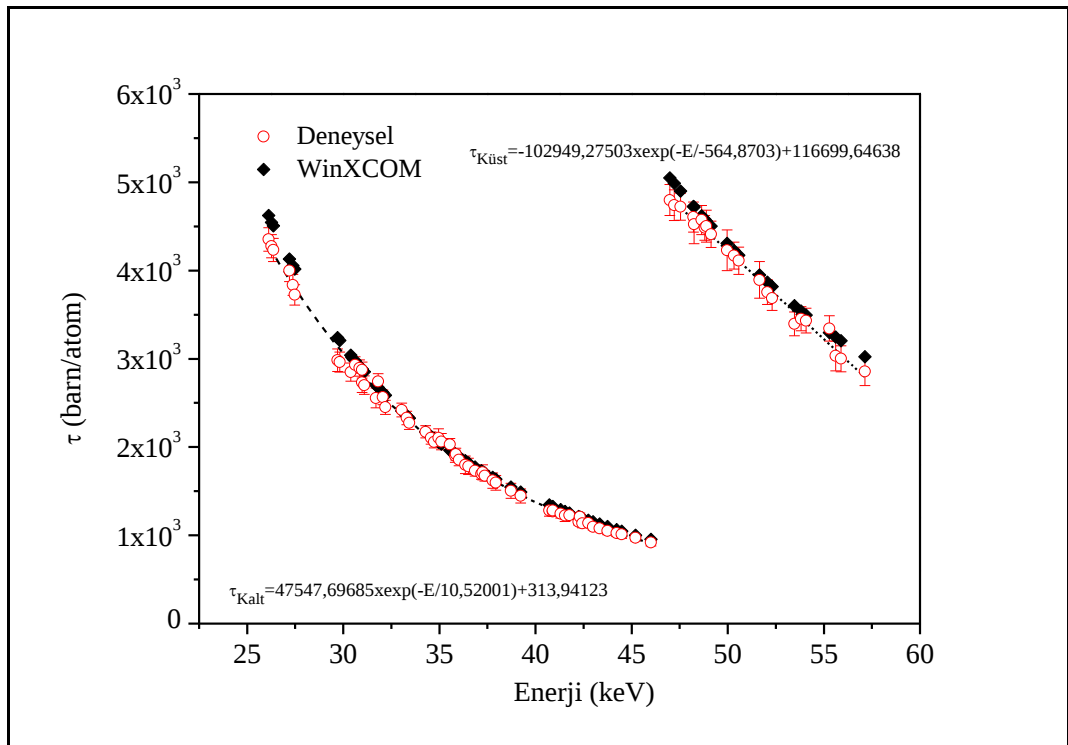
Şekil 4.51. Ce için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.52. Pr için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



Şekil 4.53. Nd için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi



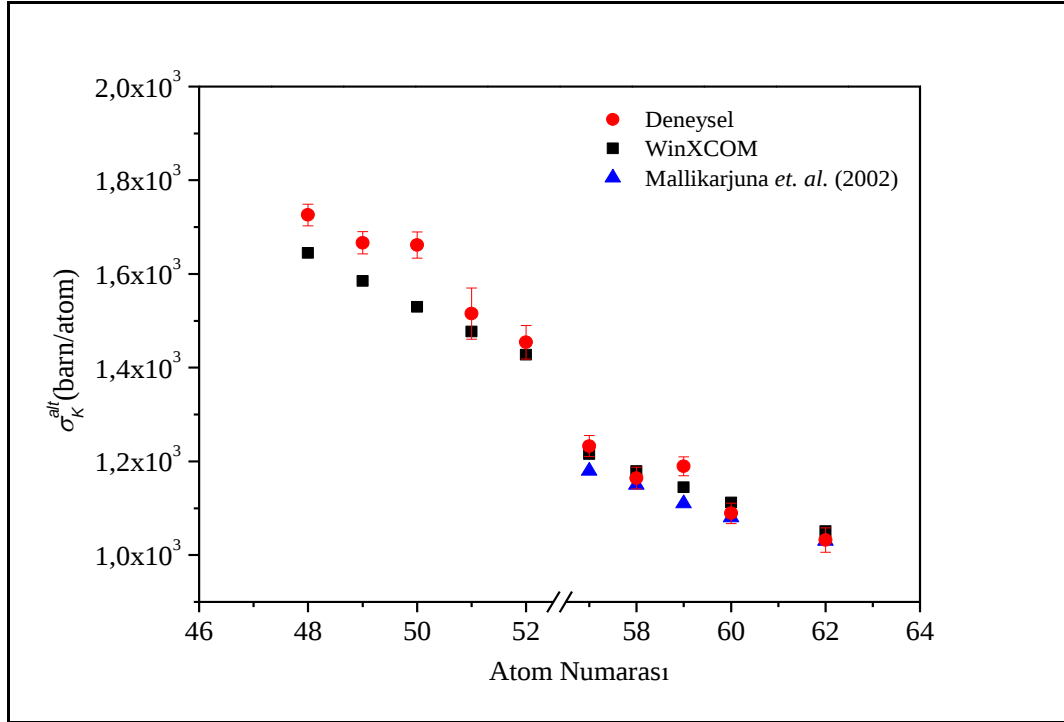
Şekil 4.54. Sm için K kıyısı çevresinde fotoelektrik tesir kesitinin enerjiye göre değişimi

4.2. K Tabakası Soğurma Kıyısının Alt ve Üst Enerji Bölgelerindeki Azaltma Tesir Kesitleri, Fotoelektrik Tesir Kesitleri, K Tabakası Fotoelektrik Tesir Kesitleri ve Eğim için Araştırma Bulguları

Deneysel olarak elde edilen K tabakası soğurma kıyısı enerjileri ve K tabakası soğurma kıyısı civarındaki azaltma tesir kesitlerinin Microcal Origin 7.5 programıyla fit edilerek elde edilen denklemlerden K tabakası soğurma kıyısının alt (σ_K^{alt}) ve üst ($\sigma_K^{üst}$) enerji bölgelerindeki azaltma tesir kesitleri belirlenmiştir. Alt (σ_K^{alt}) ve üst ($\sigma_K^{üst}$) enerji bölgelerindeki azaltma tesir kesiti değerleri literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan elde edilen teorik değerler ile birlikte Çizelge 4.31-4.32'de verilmiştir. Çizelge 4.31, 4.32, 4.34'te deneysel olarak elde edilen K tabakası soğurma kıyısı enerji (E_K) değerleri teorik değerle birlikte verilmiştir. Ayrıca K tabakası soğurma kıyısının alt ve üst enerji bölgelerindeki azaltma tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi Şekil 4.55-4.66'da verilmiştir. Deneysel olarak belirlenen K tabakası civarındaki azaltma tesir kesitlerinden toplam atomik saçılma tesir kesitlerinin çıkarılmasıyla elde edilen K tabakası civarındaki fotoelektrik tesir kesitleri Microcal Origin 7.5 programıyla fit edilmiş, elde edilen denklemler yardımıyla K tabakası soğurma kıyısının alt (τ_K^{alt}) ve üst ($\tau_K^{üst}$) enerji bölgelerindeki fotoelektrik tesir kesitleri belirlenmiştir (Çizelge 4.33, Şekil 4.57,58). K tabakası soğurma kıyısının alt ve üst enerji bölgelerindeki fotoelektrik tesir kesitleri kullanılarak elde edilen K tabakası fotoelektrik tesir kesiti (τ_K) değerleri Çizelge 4.34'te literatürden elde edilen teorik ve deneysel değerlerle birlikte verilmiştir. Deneysel fotoelektrik tesir kesiti (τ_K) değerleri literatürden elde edilen teorik ve deneysel değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak Şekil 4.59'da verilmiştir. K tabakası soğurma kıyısı üzerinde $\ln\tau_K^{üst}$ değerleri $\ln E$ değerlerine Microcal Origin 7.5 programıyla fit edilmiş ve elde edilen lineer fit denkleminin eğim (n) değerleri Çizelge 4.35'de literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan elde edilen teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Ayrıca $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln\tau_K^{üst}$ 'ün deneysel değişim değerleri Şekil 4.60-4.69'da verilmiştir.

Çizelge 4.31. K tabakası soğurma kıyısının alt enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri (barn/atom)

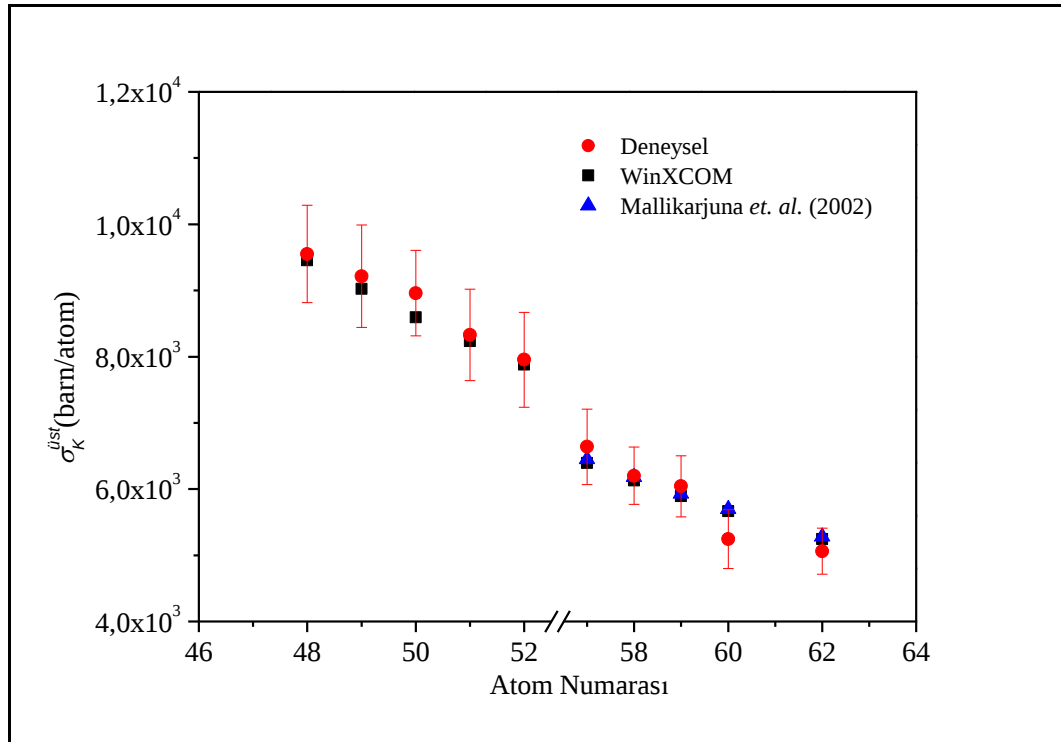
Z	Element	σ_K^{alt}					
		Deneysel		Deneysel		Teorik	
		E_K (keV)	Mevcut	E_K (keV)	Mallikarjuna <i>et al.</i> (2002)	E_K (keV)	WinXCOM
48	Cd	26,3285	1725,92±22,95	-	-	26,7112	1644,61
49	In	27,972	1666,66±23,66	-	-	27,9399	1585,08
50	Sn	28,786	1661,67±28,08	-	-	29,2001	1529,54
51	Sb	29,868	1515,15±54,54	-	-	30,4912	1477,01
52	Te	31,4095	1454,11±35,63	-	-	31,8138	1427,36
57	La	38,2945	1232,48±22,43	38,92	1180	38,9246	1215,49
58	Ce	40,119	1164,39±23,29	40,44	1150	40,4430	1179,19
59	Pr	41,2315	1189,46±20,22	41,99	1110	41,9906	1144,57
60	Nd	43,739	1088,98±21,78	43,57	1080	43,5689	1112,06
62	Sm	46,4955	1032,13±25,80	46,83	1030	46,8342	1050,91



Şekil 4.55. σ_K^{alt} 'in atom numarasına göre değişimi

Çizelge 4.32. K tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri (barn/atom)

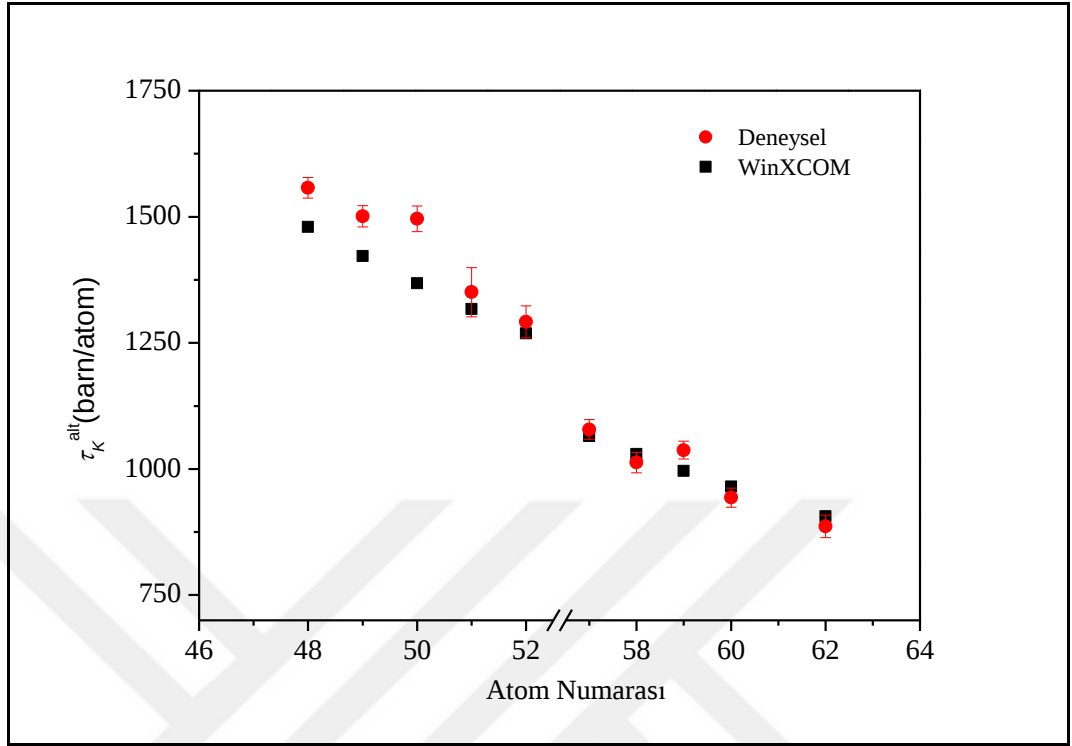
Z	Element	$\sigma_K^{üst}$					
		Deneysel		Deneysel		Teorik	
		E_K (keV)	Mevcut	E_K (keV)	Mallikarjuna <i>et al.</i> (2002)	E_K (keV)	WinXCOM
48	Cd	26,3285	9551,23±735,44	-	-	26,7112	9453,61
49	In	27,972	9215,42±774,09	-	-	27,9399	9023,08
50	Sn	28,786	8959,98±645,12	-	-	29,2001	8591,54
51	Sb	29,868	8327,03±691,14	-	-	30,4912	8234,01
52	Te	31,4095	7953,22±715,79	-	-	31,8138	7881,36
57	La	38,2945	6637,72±570,84	38,92	6450	38,9246	6395,49
58	Ce	40,119	6201,94±434,14	40,44	6180	40,4430	6130,19
59	Pr	41,2315	6041,49±459,15	41,99	5930	41,9906	5891,17
60	Nd	43,739	5243,01±445,66	43,57	5700	43,5689	5666,06
62	Sm	46,4955	5061,57±349,25	46,83	5280	46,8342	5242,71



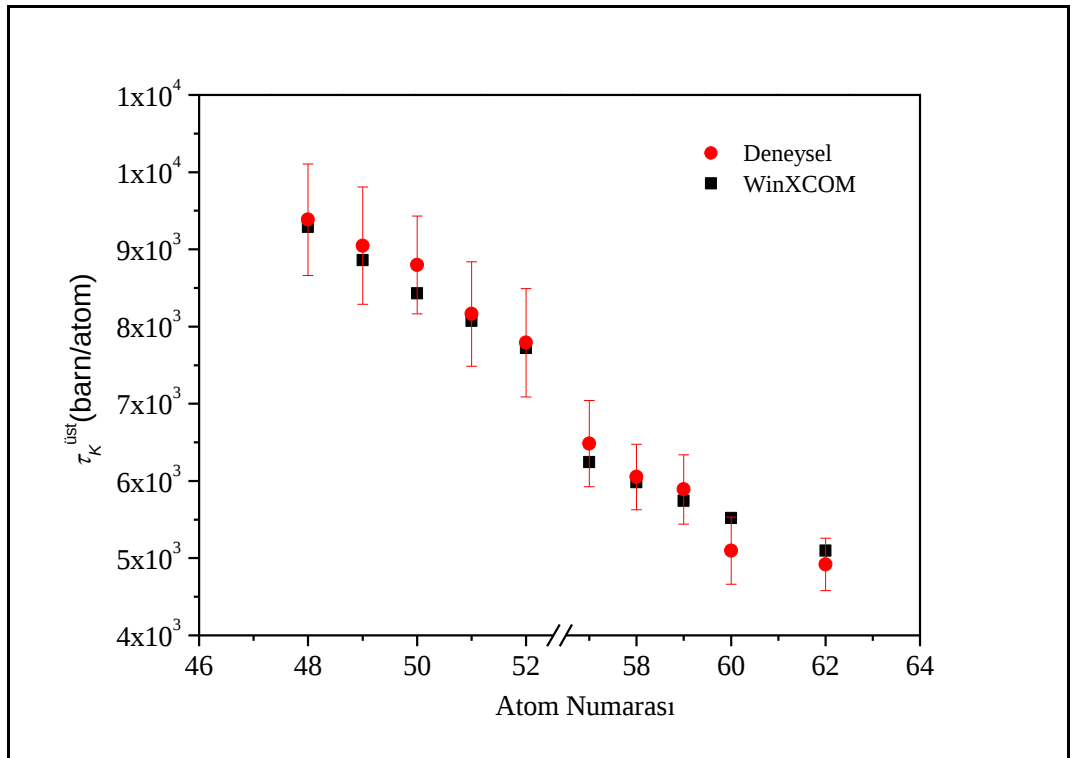
Şekil 4.56. $\sigma_K^{üst}$ 'ün atom numarasına göre değişimi

Çizelge 4.33. *K* tabakası soğurma kıyısının alt ve üst enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesitleri (barn/atom)

Z	Element	τ_K^{alt}		$\tau_K^{üst}$	
		Deneysel	WinXCOM	Deneysel	WinXCOM
48	Cd	1557,44±20,71	1480	9383,91±722,56	9289
49	In	1500,94±21,31	1422	9046,69±759,92	8860
50	Sn	1496,12±25,28	1368	8795,81±633,30	8430
51	Sb	1350,61±48,62	1317	8162,41±677,48	8074
52	Te	1291,99±31,65	1269	7791,24±701,21	7723
57	La	1078,24±19,62	1065	6483,44±557,58	6245
58	Ce	1012,67±20,25	1030	6051,36±423,59	5981
59	Pr	1037,38±17,63	996,4	5889,87±447,63	5743
60	Nd	943,10±18,86	965	5096,50±433,20	5519
62	Sm	886,30±22,16	906,2	4917,91±339,34	5098



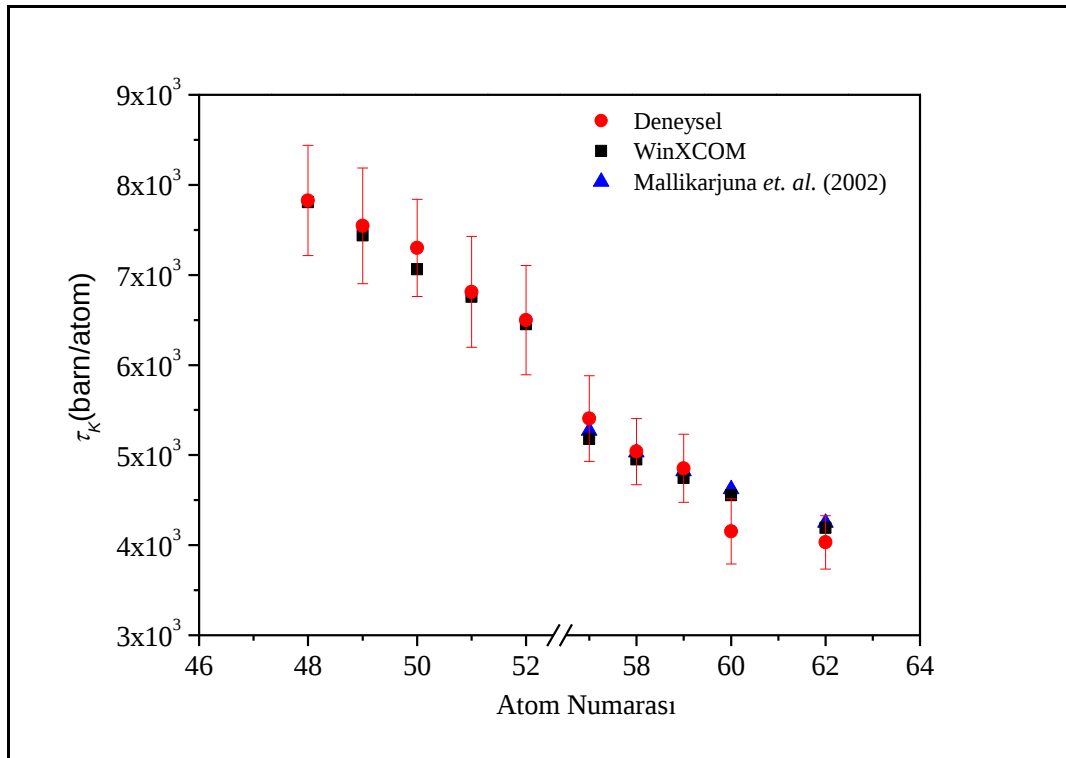
Şekil 4.57. τ_K^{alt} , in atom numarasına göre değişimi



Şekil 4.58. $\tau_K^{üst}$, in atom numarasına göre değişimi

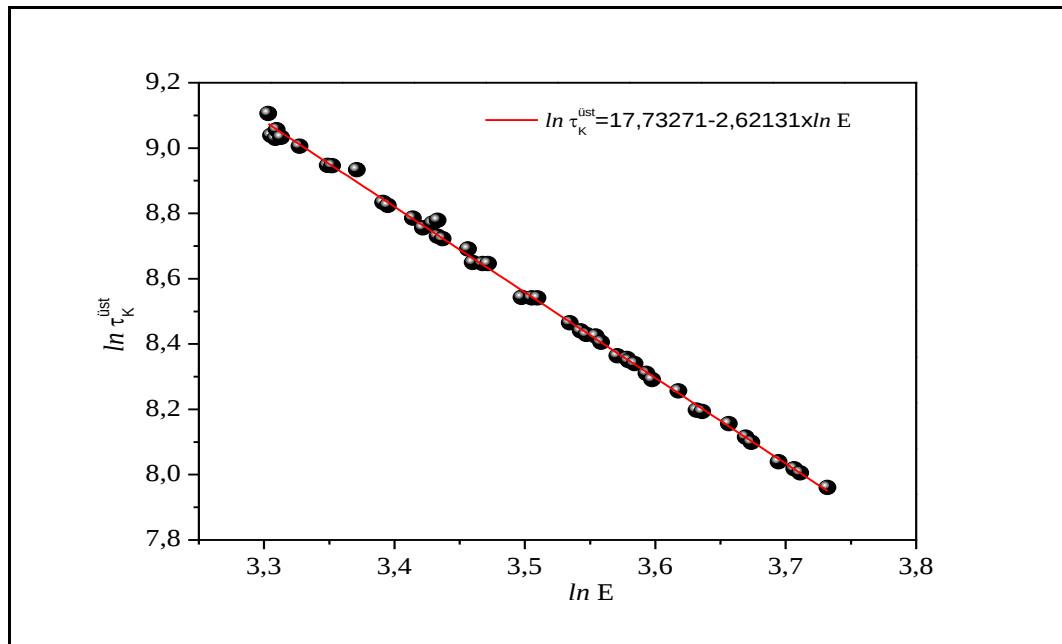
Çizelge 4.34. K tabakası fotoelektrik tesir kesiti (barn/atom)

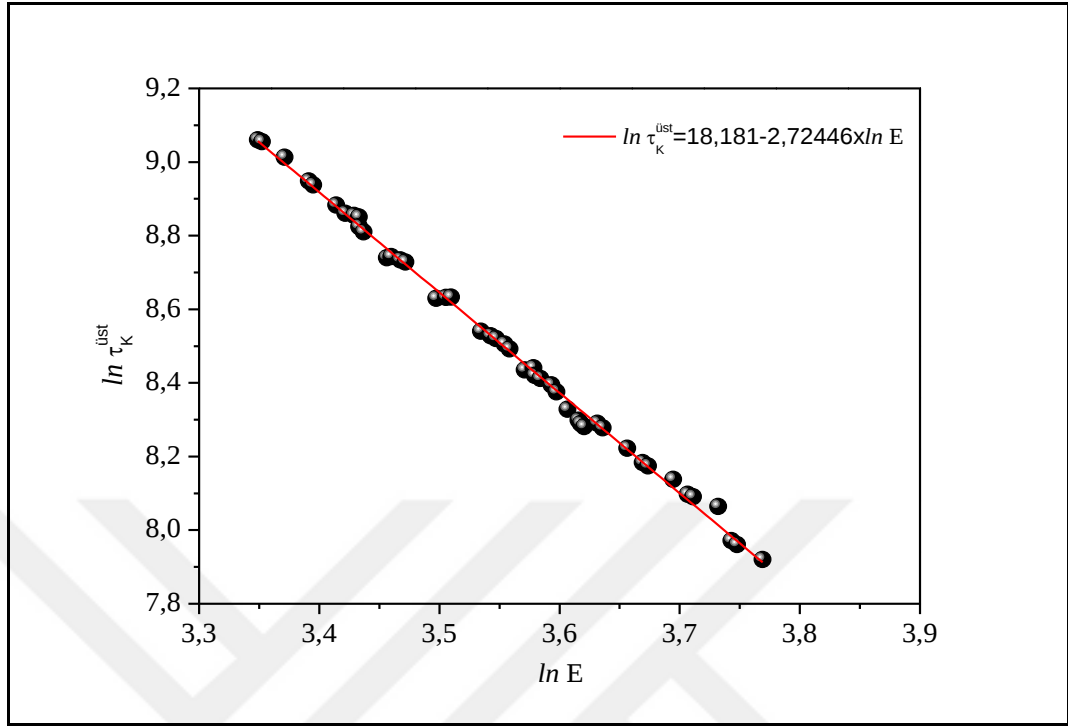
Z	Element	τ_K					
		Deneyssel		Deneyssel		Teorik	
		E_K (keV)	Mevcut	E_K (keV)	Mallikarjuna <i>et al.</i> (2002)	E_K (keV)	WinXCOM
48	Cd	26,3285	7826,48±611,56	-	-	26,7112	7809,00
49	In	27,972	7545,75±642,83	-	-	27,9399	7438,00
50	Sn	28,786	7299,69±539,86	-	-	29,2001	7062,00
51	Sb	29,868	6811,81±616,27	-	-	30,4912	6757,00
52	Te	31,4095	6499,41±606,23	-	-	31,8138	6454,00
57	La	38,2945	5405,21±475,14	38,92	5270	38,9246	5180,00
58	Ce	40,119	5038,70±366,82	40,44	5030	40,4430	4951,00
59	Pr	41,2315	4852,48±377,90	41,99	4820	41,9906	4746,60
60	Nd	43,739	4153,40±362,68	43,57	4620	43,5689	4554,00
62	Sm	46,4955	4031,61±295,88	46,83	4250	46,8342	4191,80

Şekil 4.59. τ_K 'nın atom numarasına göre değişimi

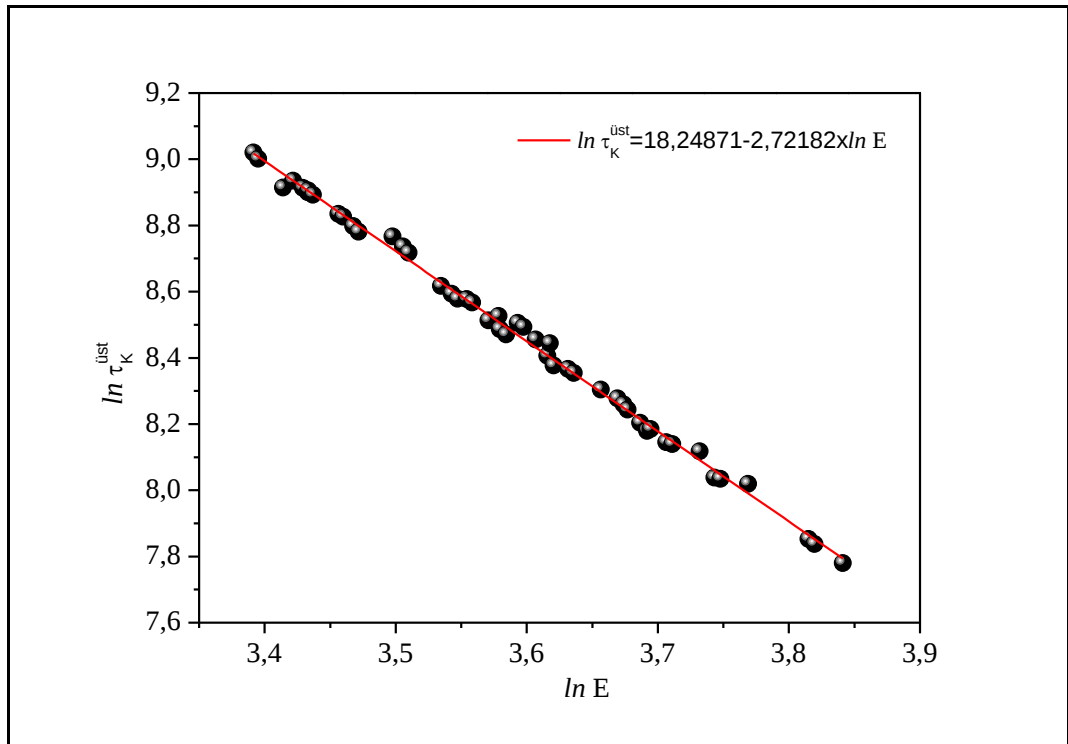
Çizelge 4.35. K tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki eğim

Z	Element	n		
		Deneysel		Teorik
		Mevcut	Mallikarjuna <i>et al.</i> (2002)	WinXCOM
48	Cd	2,62131±0,01798	-	2,63157
49	In	2,72446±0,02141	-	2,63465
50	Sn	2,72182±0,02287	-	2,63412
51	Sb	2,60158±0,02137	-	2,62777
52	Te	2,65023±0,02928	-	2,64238
57	La	2,71413±0,01629	2,63480	2,63696
58	Ce	2,74070±0,02396	2,63139	2,64066
59	Pr	2,60987±0,02026	2,63803	2,63805
60	Nd	2,49094±0,03743	2,62472	2,63705
62	Sm	2,69354±0,07776	2,61828	2,62852

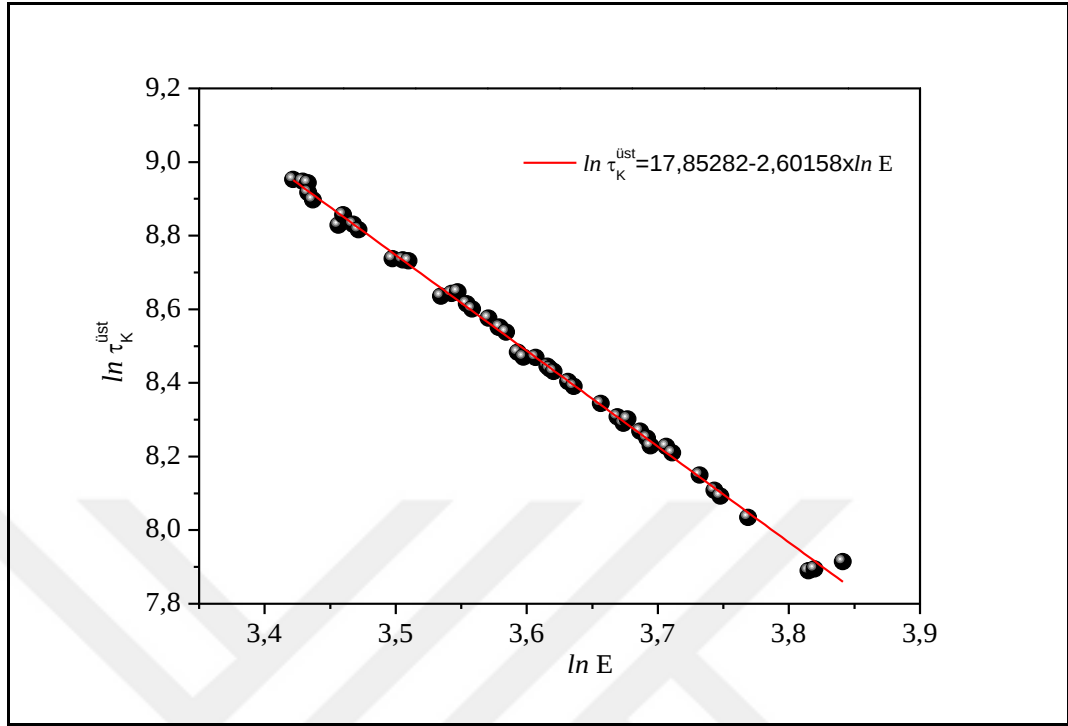
Şekil 4.60. Cd'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



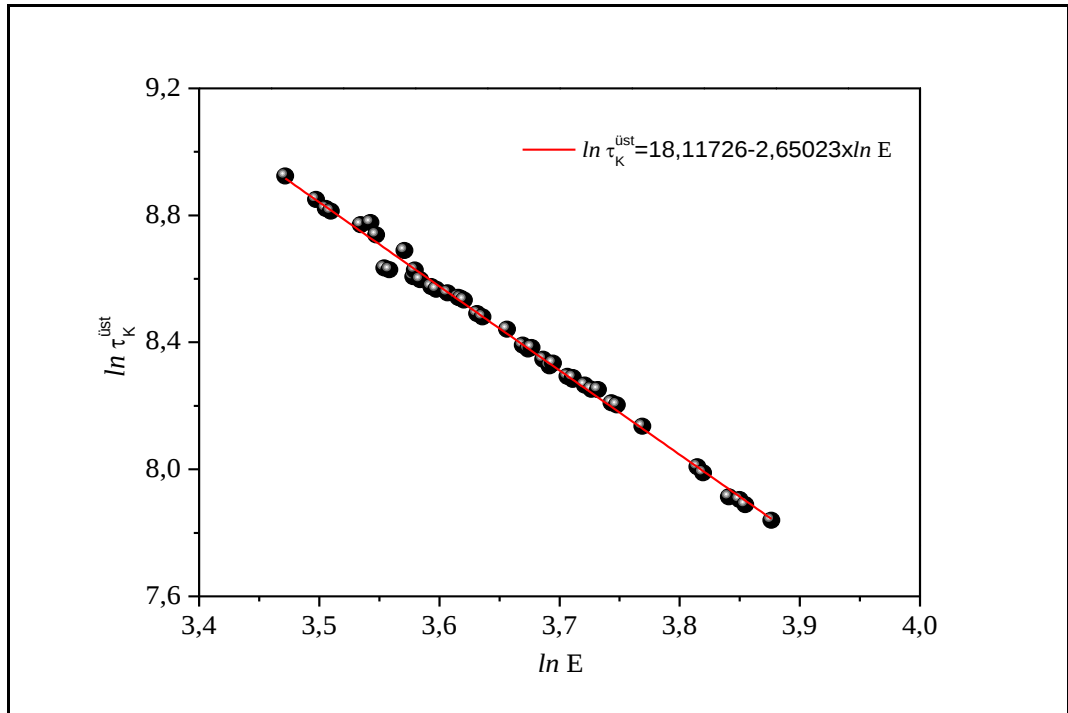
Şekil 4.61. In'nin soğurma kısıtı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



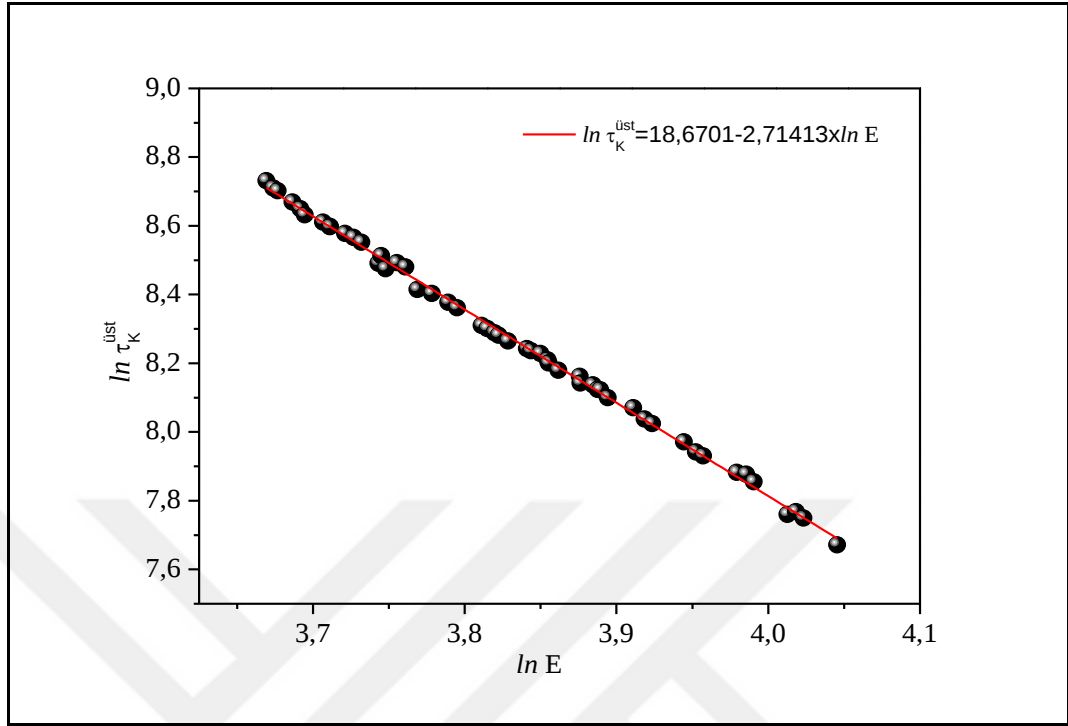
Şekil 4.62. Sn'nin soğurma kısıtı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



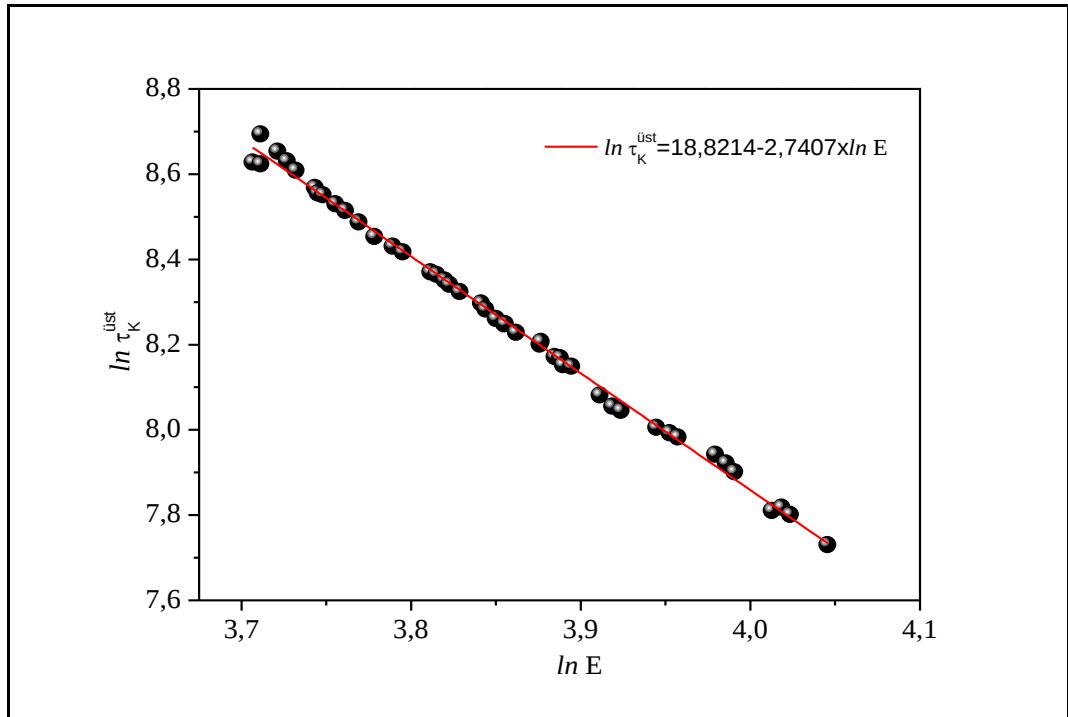
Şekil 4.63. Sb'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



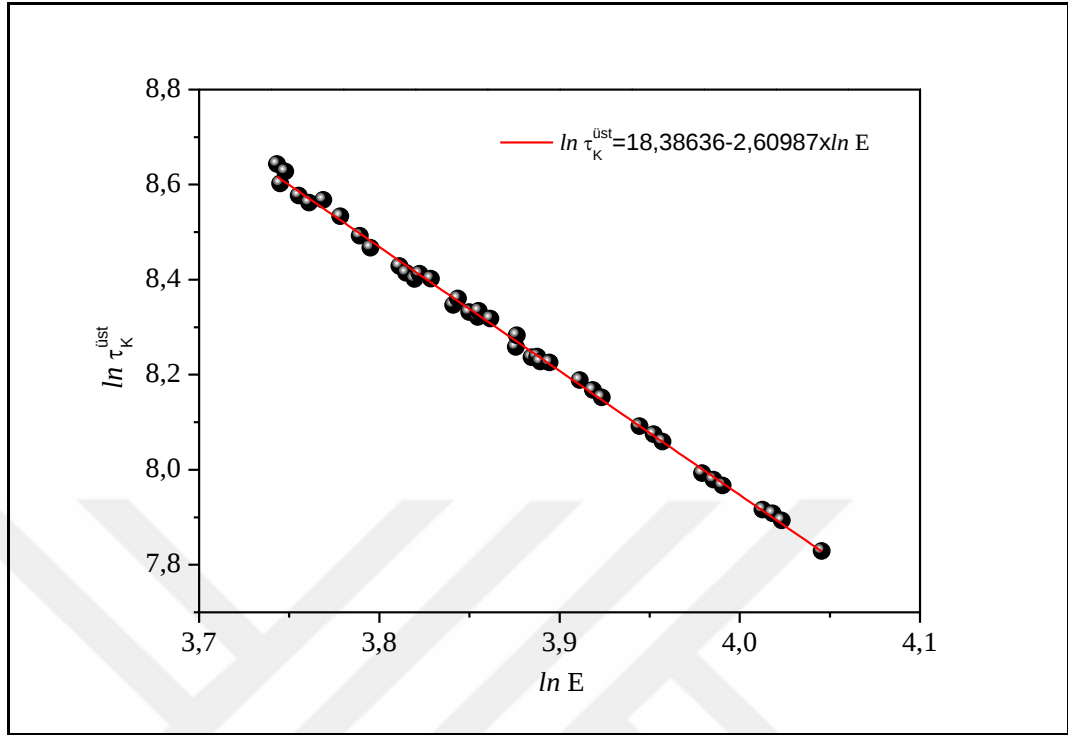
Şekil 4.64. Te'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



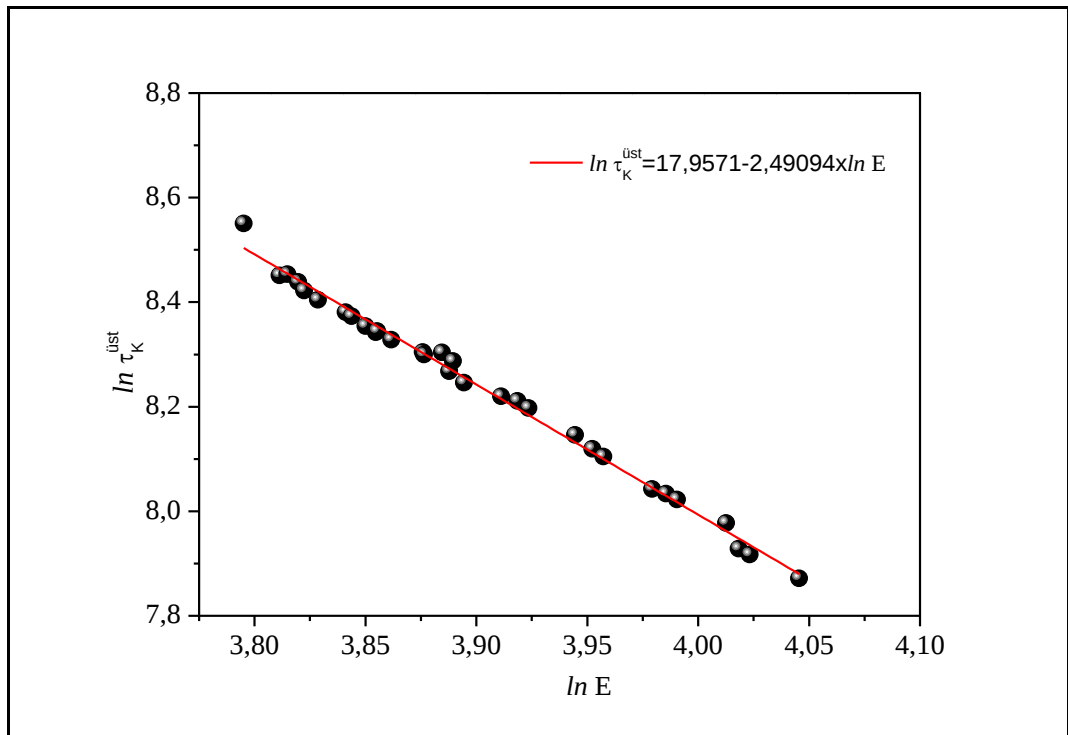
Şekil 4.65. La'nın soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



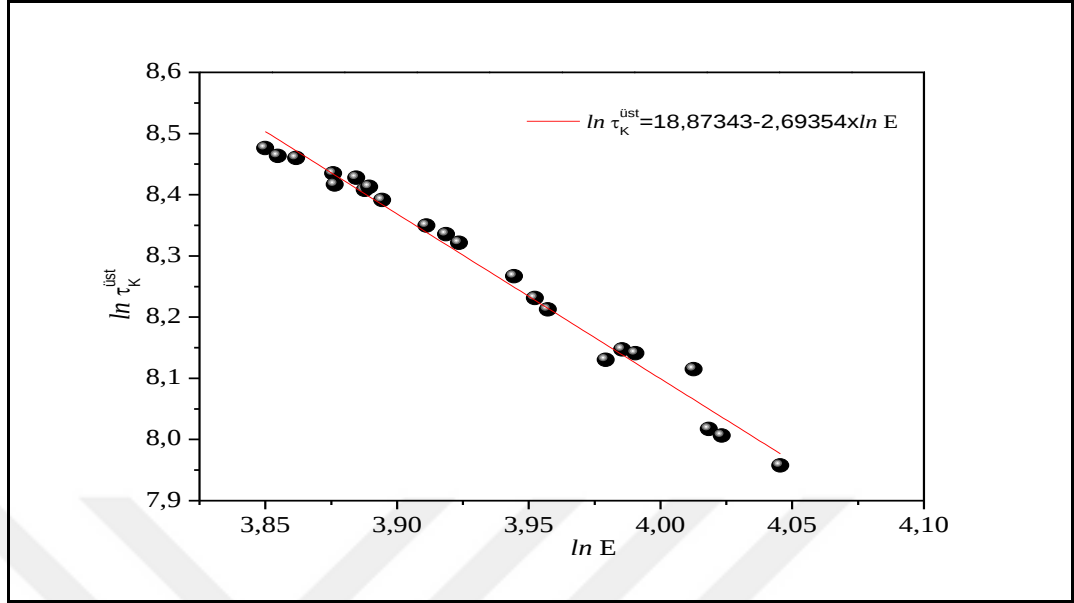
Şekil 4.66. Ce'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



Şekil 4.67. Pr'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



Şekil 4.68. Nd'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi



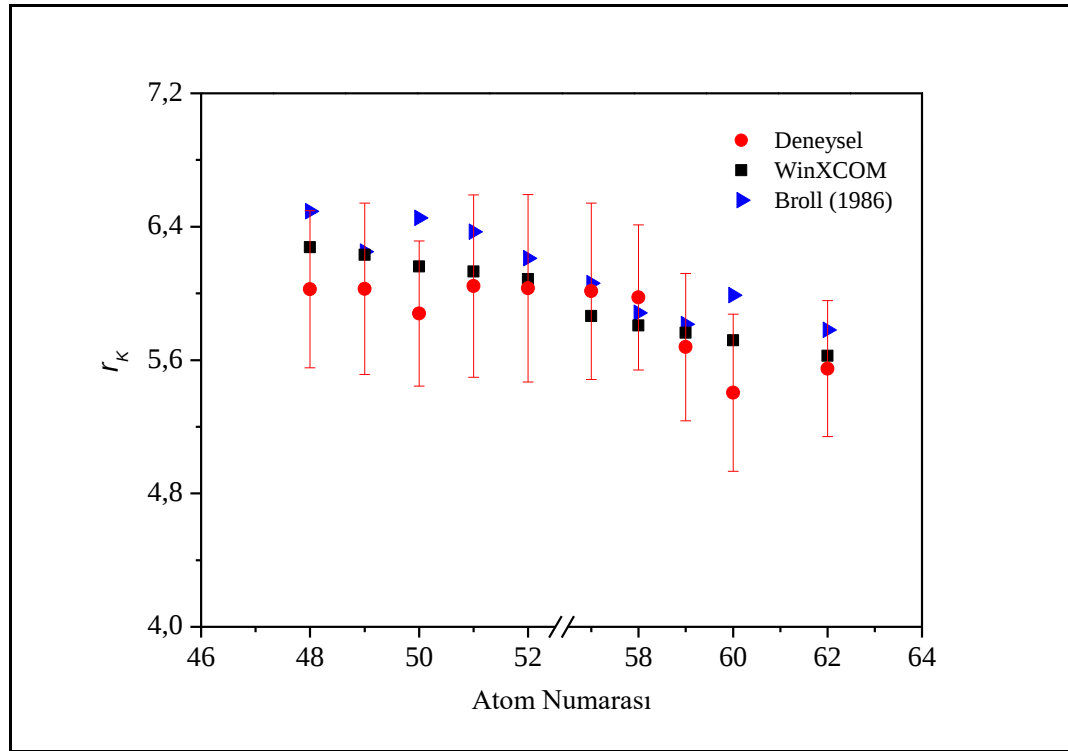
Şekil 4.69. Sm'nin soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ 'ün değişimi

4.3. K Tabakası Soğurma Sıçrama Oranları, Soğurma Sıçrama Faktörleri ve Osilatör Şiddetleri için Araştırma Bulguları

K tabakası soğurma kıyılarının üst enerji bölgesindeki ve alt enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri kullanılarak K tabakası soğurma sıçrama oranları (r_K) ve soğurma sıçrama faktörleri (J_K) deneysel olarak belirlenmiştir. Soğurma sıçrama oranı ve sıçrama faktörü değerleri literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan elde edilen teorik değerler ile birlikte Çizelge 4.36-4.37'de verilmiştir. Ayrıca K tabakası soğurma sıçrama oranları ve soğurma sıçrama faktörlerinin atom numarası ile değişimi Şekil 4.70-4.71'de verilmiştir. K tabakası osilatör şiddetleri (g_K) deneysel olarak belirlenen K tabakası soğurma kıyı enerjileri (E_K), fotoelektrik tesir kesitleri (τ_K) ve $\ln \tau_K^{\text{üst}}$ değerlerinin $\ln E$ değerlerine lineer olarak fit edilmesiyle elde edilen eğim (n) değerleri kullanılarak hesaplanmıştır. K tabakası osilatör şiddetleri (g_K) literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan elde edilen teorik değerler ile birlikte Çizelge 4.38'de verilmiştir. Ayrıca Şekil 4.72'de K tabakası osilatör şiddetleri (g_K), literatürden elde edilen deneysel ve hesaplanan teorik değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak verilmiştir.

Çizelge 4.36. K tabakası soğurma sıçrama oranı değerleri

Z	Element	r_K		
		Deneysel	Teorik	
		Mevcut	Broll N. (1986)	WinXCOM
48	Cd	6,025±0,471	6,493	6,276
49	In	6,027±0,513	6,250	6,231
50	Sn	5,879±0,434	6,452	6,162
51	Sb	6,044±0,547	6,369	6,131
52	Te	6,030±0,562	6,211	6,086
57	La	6,013±0,529	6,061	5,864
58	Ce	5,976±0,435	5,882	5,807
59	Pr	5,678±0,442	5,814	5,764
60	Nd	5,404±0,472	5,988	5,719
62	Sm	5,549±0,407	5,780	5,626

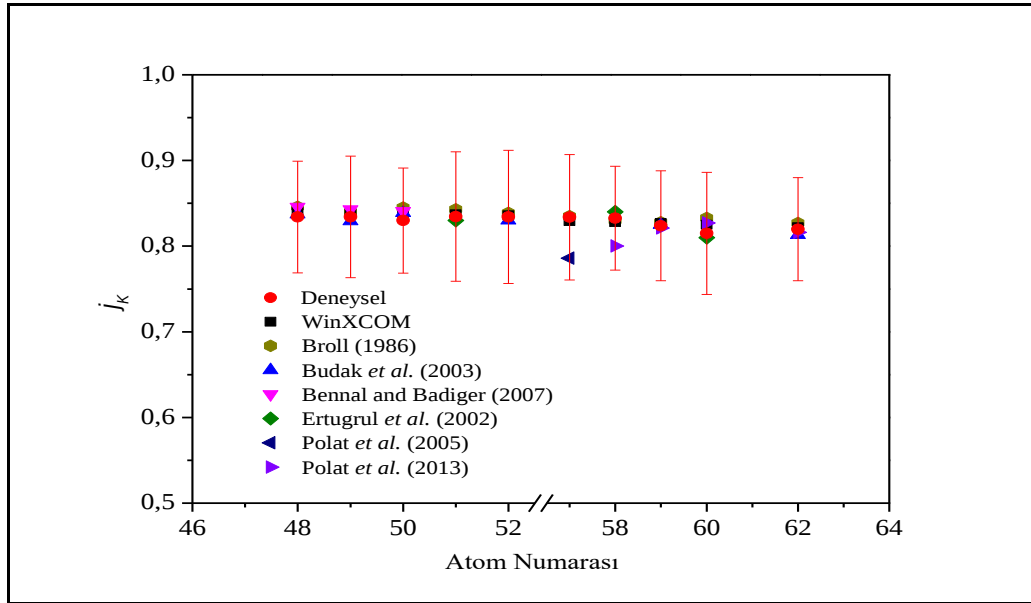


Şekil 4.70. K tabakası soğurma sıçrama oranlarının atom numarası ile değişimi

Çizelge 4.37. K tabakası soğurma sıçrama faktörü değerleri

Z	Element	J_K			
		Deneyssel		Teorik	
		Mevcut	Literatür	Broll N. (1986)	WinXCOM
48	Cd	0,834±0,065	0,837±0,06 ^a 0,846±0,006 ^b	0,846	0,840
49	In	0,834±0,071	0,829±0,05 ^a 0,843±0,006 ^b	0,840	0,839
50	Sn	0,830±0,061	0,839±0,05 ^a 0,841±0,006 ^b	0,845	0,838
51	Sb	0,835±0,076	0,83±0,05 ^c	0,843	0,837
52	Te	0,834±0,078	0,830±0,05 ^a	0,839	0,836
57	La	0,834±0,073	0,786±0,022 ^d	0,835	0,829
58	Ce	0,833±0,061	0,84 ±0,05 ^c 0,800±0,016 ^e	0,830	0,828
59	Pr	0,824±0,064	0,825±0,05 ^a 0,821±0,021 ^e	0,828	0,827
60	Nd	0,815±0,071	0,81±0,05 ^c 0,827±0,025 ^e	0,833	0,825
62	Sm	0,820±0,060	0,813±0,05 ^a 0,816±0,019 ^e	0,827	0,822

^aBudak *et al.* (2003), ^bBennal and Badiger (2007), ^cErtuğrul *et al.* (2002), ^dPolat *et al.* (2005), ^ePolat *et al.* (2013)

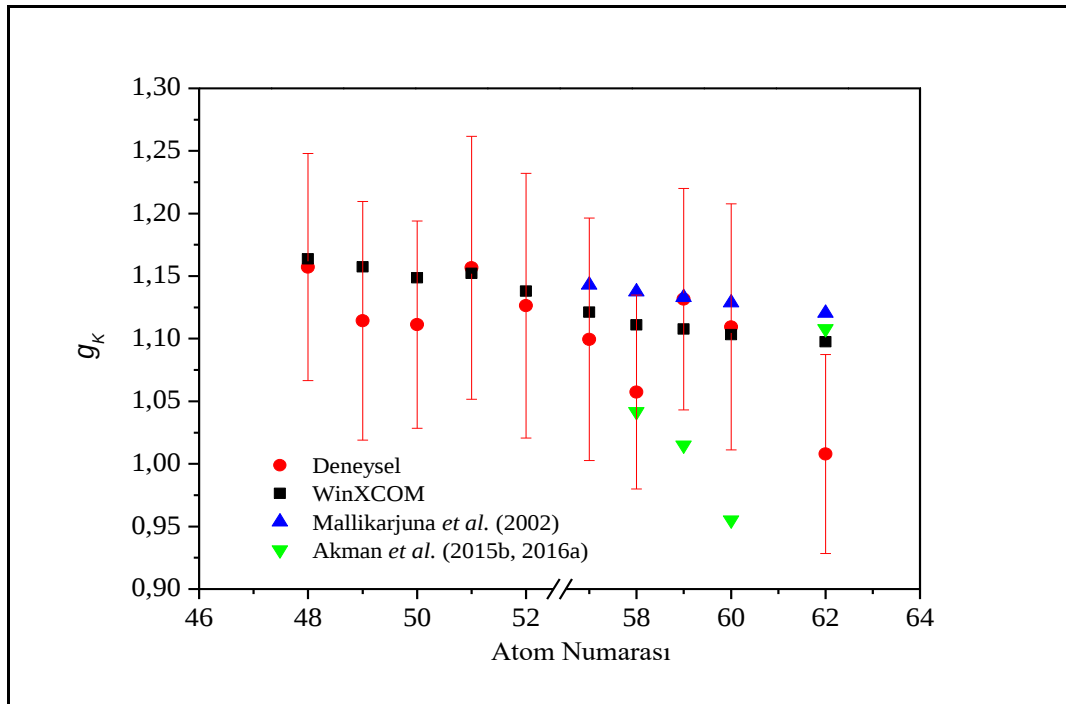


Şekil 4.71. K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin atom numarası ile değişimi

Çizelge 4.38. K tabakası osilatör şiddeti değerleri

Z	Element	g_K		
		Deneysel		Teorik
		Mevcut	Literatür	WinXCOM
48	Cd	1,1572±0,0908	-	1,1638
49	In	1,1144±0,0953	-	1,1573
50	Sn	1,1112±0,0827	-	1,1487
51	Sb	1,1566±0,1051	-	1,1522
52	Te	1,1264±0,1058	-	1,1380
57	La	1,0995±0,0969	1,1429 ^a	1,1212
58	Ce	1,0574±0,0775	1,1376 ^a	1,1110
			1,0417±0,1218 ^b	
59	Pr	1,1316±0,0886	1,1329 ^a	1,1076
			1,015±0,076 ^c	
60	Nd	1,1094±0,0983	1,1287 ^a	1,1033
			0,955±0,065 ^c	
62	Sm	1,0078±0,0794	1,1204 ^a	1,0974
			1,108±0,184 ^c	

^aMallikarjuna *et al.* (2002), ^bAkman *et al.* (2016a), ^cAkman *et al.* (2015b)



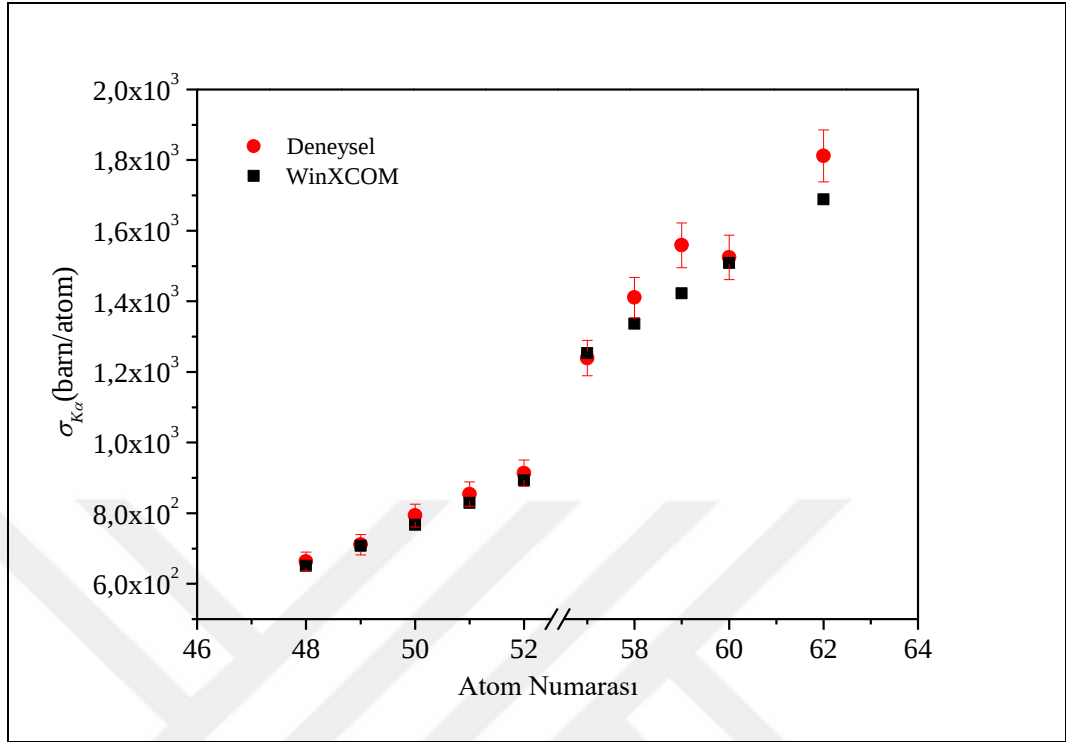
Şekil 4.72. K tabakası osilatör şiddetlerinin atom numarası ile değişimi

4.4. K Tabakası Floresans Tesir Kesitleri, Floresans Verimleri, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ Şiddet Oranları ve $K\alpha$, $K\beta$ Uyarma Faktörleri için Araştırma Bulguları

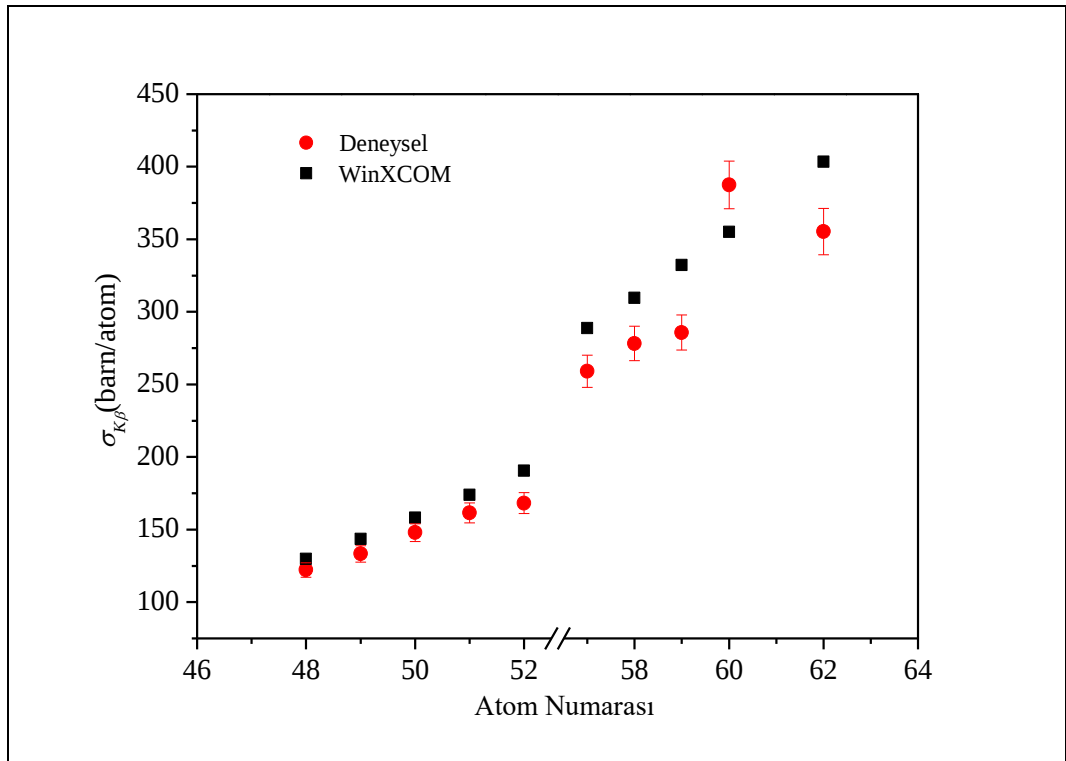
Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV enerjili fotonlar ile uyarılmış ve elde edilen karakteristik X-ışınları yardımıyla $\sigma_{K\alpha}$, $\sigma_{K\beta}$ ve $\sigma_{Ktoplam}$ floresans tesir kesitleri deneysel olarak elde edilmiştir. Elde edilen deneysel floresans tesir kesitleri yardımıyla K tabakası floresans verim (ω_K) değerleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.39-4.40'da floresans tesir kesitleri ve floresans verim değerleri hesaplanan teorik değerlerle ve literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte verilmiştir. Ayrıca bu parametreler atom numarasının bir fonksiyonu olarak Şekil 4.73-4.76'da deneysel ve teorik değerlerle karşılaştırılmıştır. Uyarma geometrisinden elde edilen K X-ışını pikleri ile $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları belirlenmiş ve diğer deneysel ve teorik değerlerle birlikte Çizelge 4.41 ve Şekil 4.77'de karşılaştırılmıştır. Geçiş geometrisi ile deneysel olarak belirlenen sıçrama faktörleri ve uyarma geometrisi ile belirlenen floresans verim ve şiddet oranları kullanılarak $K\alpha$, $K\beta$ uyarma faktörleri ($Q_{K\alpha}$, $Q_{K\beta}$) deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel $K\alpha$, $K\beta$ uyarma faktörü değerleri WinXCOM'dan elde edilen teorik değerler ve literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerler ile birlikte Çizelge 4.42-4.43'de verilmiştir. Ayrıca $K\alpha$, $K\beta$ uyarma faktörlerinin atom numarası ile değişimi Şekil 4.78-4.79'da verilmiştir.

Çizelge 4.39. K tabakası floresans tesir kesitleri (barn/atom)

Z	Element	$\sigma_{K\alpha}$		$\sigma_{K\beta}$	
		Deneysel	Teorik	Deneysel	Teorik
48	Cd	663,43±26,71	650,94	122,17±5,00	129,86
49	In	710,69±28,71	707,76	133,22±5,63	143,46
50	Sn	793,23±32,03	767,13	147,85±6,10	158,11
51	Sb	854,19±34,76	829,21	161,47±6,95	173,81
52	Te	913,14±37,11	893,29	168,16±7,21	190,45
57	La	1239,14±50,17	1253,54	259,01±11,11	288,82
58	Ce	1410,76±57,10	1336,73	278,22±11,89	309,58
59	Pr	1558,74±63,75	1422,63	285,76±12,12	332,33
60	Nd	1524,45±62,84	1508,48	387,47±16,36	355,09
62	Sm	1812,13±73,66	1688,27	355,33±15,88	403,33



Şekil 4.73. $K\alpha$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi

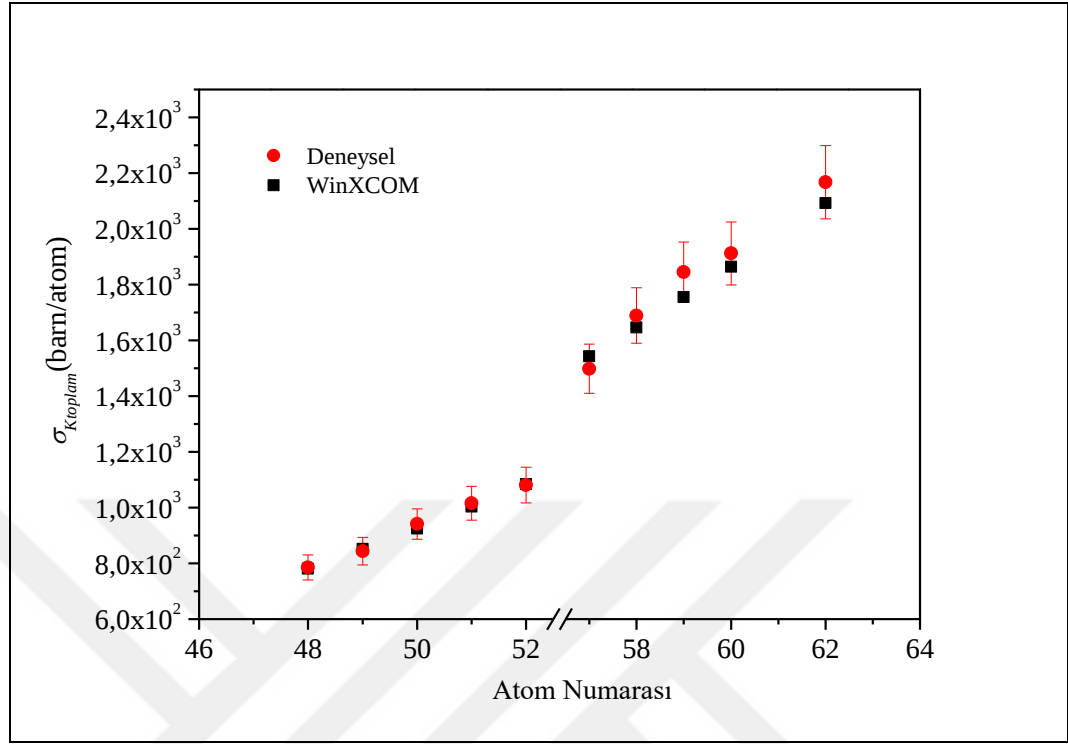


Şekil 4.74. $K\beta$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi

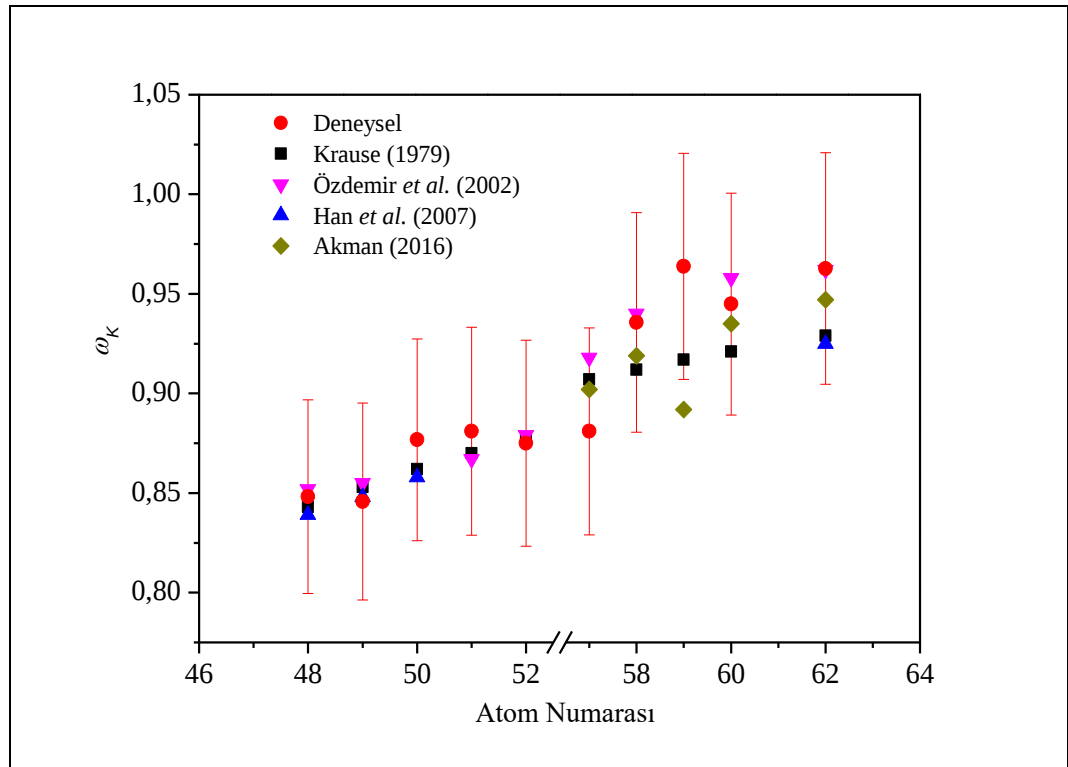
Çizelge 4.40. *K* tabakası toplam floresans tesir kesitleri (barn/atom) ve floresans verimleri

Z	Element	$\sigma_{Ktoplam}$		ω_K		
		Deneyssel	Teorik	Deneyssel		Teorik
				Mevcut	Literatür	Krause (1979)
48	Cd	785,60±45,09	780,80	0,848±0,049	0,852±0,042 ^a 0,839±0,067 ^b	0,843
49	In	843,91±49,34	851,22	0,847±0,049	0,855±0,053 ^a 0,848±0,068 ^b	0,853
50	Sn	941,08±54,35	925,24	0,877±0,051	0,858±0,069 ^b	0,862
51	Sb	1015,67±60,18	1003,01	0,881±0,052	0,867±0,054 ^a	0,870
52	Te	1081,31±63,90	1083,74	0,875±0,052	0,879±0,054 ^a	0,877
57	La	1498,15±88,38	1542,36	0,881±0,052	0,918±0,058 ^a 0,902±0,051 ^c	0,907
58	Ce	1689,01±99,43	1646,31	0,936±0,055	0,940±0,059 ^a 0,919±0,041 ^c	0,912
59	Pr	1844,50±108,67	1754,96	0,964±0,057	0,892±0,041 ^c	0,917
60	Nd	1911,92±112,80	1863,57	0,945±0,056	0,958±0,059 ^a 0,935±0,055 ^c	0,921
62	Sm	2167,46±130,95	2091,60	0,963±0,058	0,962±0,057 ^a 0,925±0,074 ^b 0,947±0,051 ^c	0,929

^aÖzdemir *et al.* (2002), ^bHan *et al.* (2007), ^cAkman (2016d)



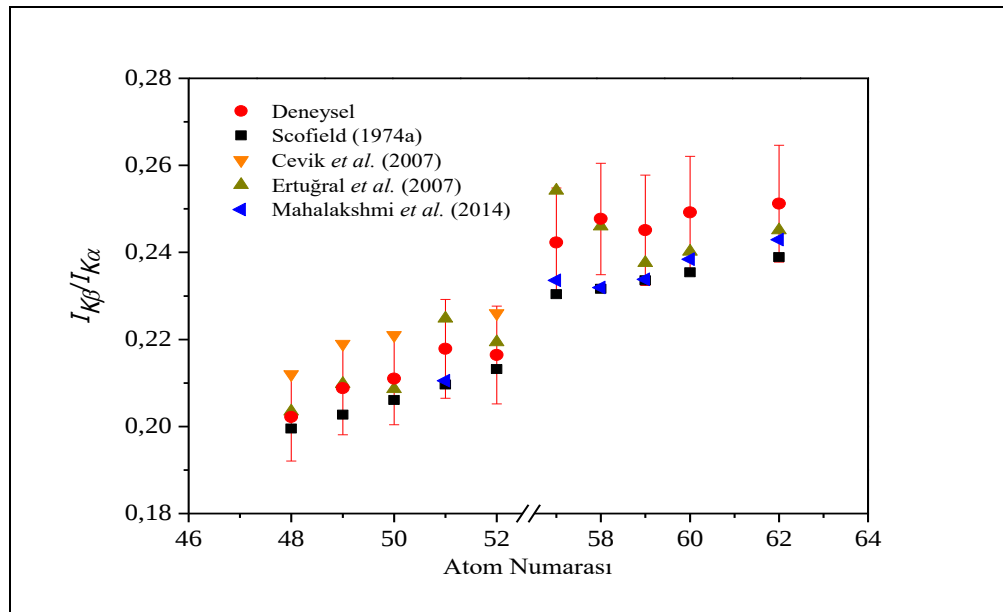
Şekil 4.75. K_{toplam} X-ışını floresans tesir kesitlerinin atom numarası ile değişimi



Şekil 4.76. K tabakası floresans verimlerinin atom numarası ile değişimi

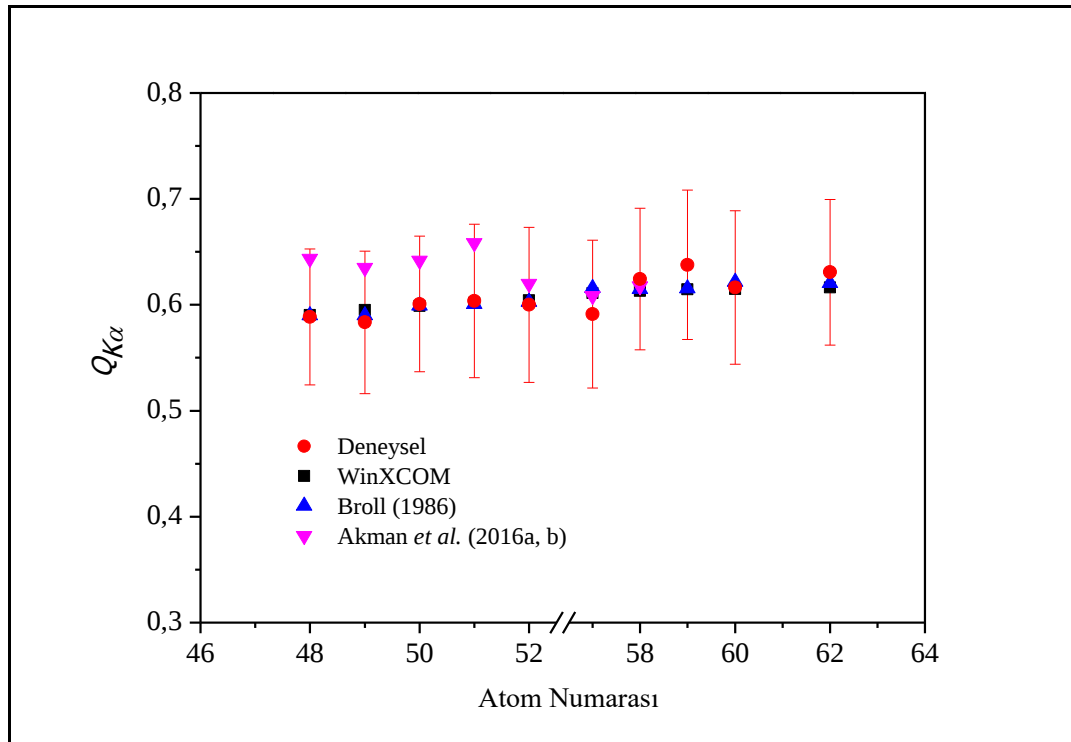
Çizelge 4.41. $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları

Z	Element	$I_{K\beta}/I_{K\alpha}$		
		Deneyssel		Teorik
		Mevcut	Literatür	Scofield (1974a)
48	Cd	0,2022±0,0100	0,212±0,007 ^a 0,2035±0,006 ^b	0,1995
49	In	0,2088±0,0107	0,219±0,008 ^a 0,2098±0,009 ^b	0,2027
50	Sn	0,2110±0,0106	0,221±0,009 ^a 0,2086±0,011 ^b	0,2061
51	Sb	0,2178±0,0113	0,2248±0,005 ^b 0,2105±0,007 ^c	0,2096
52	Te	0,2164±0,0112	0,226±0,009 ^a 0,2194±0,008 ^b	0,2132
57	La	0,2423±0,0125	0,2542±0,005 ^b 0,2336±0,007 ^c	0,2304
58	Ce	0,2477±0,0128	0,2460±0,005 ^b 0,2319±0,007 ^c	0,2316
59	Pr	0,2451±0,0127	0,2376±0,005 ^b 0,2338±0,007 ^c	0,2336
60	Nd	0,2492±0,0129	0,2402±0,005 ^b 0,2384±0,007 ^c	0,2354
62	Sm	0,2512±0,0134	0,2451±0,008 ^b 0,2429±0,007 ^c	0,2389

^aCevik *et al.* (2007), ^bErtuğral *et al.* (2007), ^cMahalakshmi *et al.* (2014)Şekil 4.77. $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının atom numarası ile değişimi

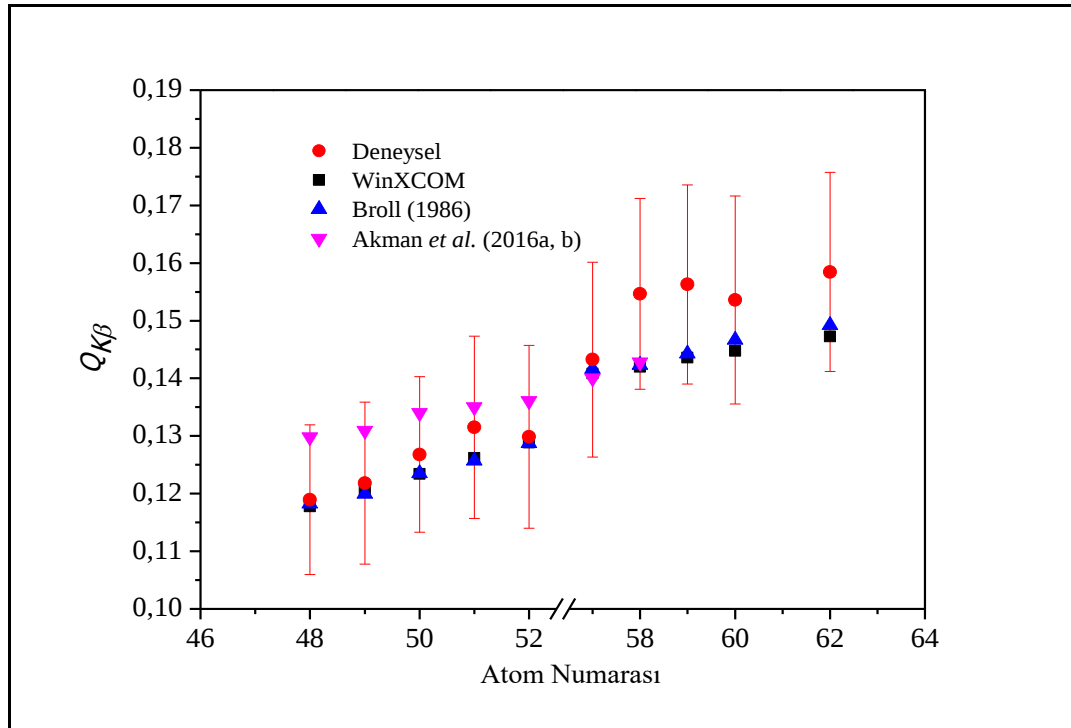
Çizelge 4.42. $K\alpha$ uyarma faktörü değerleri

Z	Element	$Q_{K\alpha}$			
		Deneysel		Teorik	
		Mevcut	Literatür	Broll (1986)	WinXCOM
48	Cd	0,5884±0,0642	0,6436±0,0145 ^a	0,5900	0,5903
49	In	0,5835±0,0673	0,6349±0,0148 ^a	0,5900	0,5950
50	Sn	0,6008±0,0640	0,6419±0,0146 ^a	0,5993	0,5989
51	Sb	0,6037±0,0725	0,6583±0,0154 ^a	0,6006	0,6020
52	Te	0,6001±0,0732	0,6198±0,0145 ^a	0,6028	0,6043
57	La	0,5912±0,0697	0,6084±0,0477 ^b	0,6159	0,6111
58	Ce	0,6244±0,0668	0,6177±0,0442 ^b	0,6150	0,6131
59	Pr	0,6377±0,0705	-	0,6155	0,6147
60	Nd	0,6164±0,0724	-	0,6216	0,6150
62	Sm	0,6308±0,0688	-	0,6205	0,6163

^aAkman *et al.* (2016c), ^bAkman *et al.* (2016b)Şekil 4.78. $K\alpha$ uyarma faktörlerinin atom numarası ile değişimi

Çizelge 4.43. $K\beta$ uyarma faktörü değerleri

$Q_{K\beta}$					
Z	Element	Deneysel		Teorik	
		Mevcut	Literatür	Broll (1986)	WinXCOM
48	Cd	0,1190±0,0130	0,1298±0,0033 ^a	0,1183	0,1178
49	In	0,1218±0,0140	0,1309±0,0032 ^a	0,1200	0,1206
50	Sn	0,1268±0,0135	0,1340±0,0035 ^a	0,1235	0,1234
51	Sb	0,1315±0,0158	0,1350±0,0034 ^a	0,1257	0,1262
52	Te	0,1299±0,0158	0,1361±0,0035 ^a	0,1288	0,1288
57	La	0,1432±0,0169	0,1400±0,0110 ^b	0,1416	0,1408
58	Ce	0,1547±0,0165	0,1428±0,0102 ^b	0,1423	0,1420
59	Pr	0,1563±0,0173	-	0,1443	0,1436
60	Nd	0,1536±0,0180	-	0,1467	0,1448
62	Sm	0,1584±0,0173	-	0,1492	0,1472

^aAkman *et al.* (2016c), ^bAkman *et al.* (2016b)Şekil 4.79. $K\beta$ uyarma faktörlerinin atom numarası ile değişimi

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

5.1. Kütle Soğurma Katsayıları (μ_m), Toplam Azaltma Tesir Kesitleri (σ_{Kt}), Fotoelektrik Tesir Kesitleri (τ), $d(\mu_m)/dE$ ve $d(\sigma_{Kt})/dE$ için Sonuçlar

Atom numarası $67 \leq Z \leq 83$ arasındaki bazı elementler için K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki farklı enerjilerde (14,932 keV-57,142 keV) kütle soğurma katsayıları eşitlik (3.3)'ten deneysel olarak belirlenmiştir. K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki farklı enerjilerde (14,932 keV-57,142 keV) azaltma tesir kesitlerini deneysel olarak belirlemek için eşitlik (3.3)'teki deneysel kütle soğurma katsayıları eşitlik (3.4)'te kullanılmıştır. K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki farklı enerjilerde (14,932 keV-57,142 keV) fotoelektrik tesir kesitlerini belirlemek için eşitlik (3.10)'da eşitlik (3.4)'ten deneysel olarak belirlenen azaltma tesir kesitleri ve WinXCOM paket programı kullanılarak hesaplanan atomik saçılma tesir kesitleri kullanılmıştır. Farklı enerjilerde kütle soğurma katsayılarını belirlemek için 100 mCi şiddetindeki Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59,54 keV'lik gama fotonları ve Çizelge 3.1'de verilen element ve bileşiklerin $K\alpha_1$, $K\alpha$, $K\alpha_2$, $K\beta_{1,3}$, $K\beta$ ve $K\beta_2$ karakteristik X-ışınları kullanılmıştır. Ayrıca deneyde karakteristik X-ışınlarının sayımı için aktif çapı 4 mm ve 5,9 keV'de yarı yükseklikteki tam genişliği (FWHM) 160 eV olan Si(Li) dedektör kullanılmıştır. Elde edilen deneysel değerler WinXCOM paket programı kullanılarak elde edilen teorik değerlerle karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.1-4.10'da sırasıyla Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki deneysel kütle soğurma katsayısı değerleri, WinXCOM'dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.1, 4.3, 4.5, 4.7, 4.9, 4.11, 4.13, 4.15, 4.17, 4.19'da bulunan K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki deneysel kütle soğurma katsayısı değerleri, hesaplanan teorik değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Ayrıca, K tabakası soğurma kıyısı yakınlarında deneysel olarak bulunan kütle soğurma katsayı değerlerinin, enerjiye ve atom numarasına göre değişimi Şekil 4.21 ve 4.22'de çizilmiştir. Çizelge 4.11-4.20'de sırasıyla Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki deneysel azaltma tesir kesiti değerleri, WinXCOM'dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir.

Şekil 4.23, 4.25, 4.27, 4.29, 4.31, 4.33, 4.35, 4.37, 4.39, 4.41’de bulunan deneysel K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki azaltma tesir kesiti değerleri, hesaplanan teorik değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Ayrıca, K tabakası soğurma kıyısı yakınlarında deneysel olarak bulunan azaltma tesir kesiti değerlerinin, enerjiye ve atom numarasına göre değişimi Şekil 4.43 ve 4.44’te çizilmiştir. Çizelge 4.21-4.30’da sırasıyla Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki deneysel fotoelektrik tesir kesiti değerleri WinXCOM’dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.45-4.54’te, bulunan K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki deneysel fotoelektrik tesir kesiti değerleri, hesaplanan teorik değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir.

Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm’nin K tabakası soğurma kıyısı yakınlarındaki kütle soğurma katsayıları için yapılan belirsizlik hataların dağılımının klasik kuralına göre hesaplanmış ve maksimum fark Cd için $\leq \sim\%4,5$, In için $\leq \sim\%6,4$, Sn için $\leq \sim\%5,2$, Sb için $\leq \sim\%4,5$, Te için $\leq \sim\%4,2$, La için $\leq \sim\%5,7$, Ce için $\leq \sim\%6$, Pr için $\leq \sim\%6,7$, Nd için $\leq \sim\%5,4$, Sm için $\leq \sim\%5,6$ olarak elde edilmiştir. Bu belirsizlikler soğuruculu ve soğurucusuz olarak ölçülen K X-ışını pik alanı değerlendirmesinden ($\sim\%0,1-6,9$) ve numune kalınlığından (t) ($\leq \sim\%4$) kaynaklanmaktadır. İkincil kaynakların K X-ışını pik alanlarının değerlendirilmesinde, $K\beta$ X-ışını piklerinin deneysel belirsizlikleri, $K\alpha$ ($\sim\%0,1-4,4$) X-ışını pik alanlarının belirsizliklerine oranla daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeni $K\beta$ X-ışını çizgilerinin yayımlanma ihtimaliyetlerinin $K\alpha$ X-ışını çizgilerinin yayımlanma ihtimaliyetlerine oranla daha düşük olmasıdır. Eşitlik (3.4)’te deneysel olarak kullanılan tek parametre kütle soğurma katsayıları olduğu için azaltma tesir kesitlerinde yapılan deneysel belirsizlikler, kütle soğurma katsayısında yapılan deneysel belirsizlikle aynıdır. Fotoelektrik tesir kesitlerinin ölçülmesinde kullanılan deneysel tek parametre azaltma tesir kesitleri olduğu için bu parametrelerde de yapılan deneysel belirsizlikler, kütle soğurma katsayılarında yapılan deneysel belirsizlik ile yüzde olarak aynıdır.

Şekil 4.1-4.54'ten de görüldüğü gibi, artan enerjiye bağlı olarak kütle soğurma katsayılarının, azaltma tesir kesitlerinin ve fotoelektrik tesir kesitlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, ilgili elementin K tabakası soğurma kıyısı enerjisinde; kütle soğurma katsayısında, azaltma tesir kesitinde ve fotoelektrik tesir kesitinde ani bir artış olduğu ve sonra tekrar artan enerjiyle azaldığı gözlemlenmiştir. Çizelge 4.1-44.30 ve Şekil 4.1-4.54'ten de görüldüğü gibi ilgilenilen bir enerji için kütle soğurma katsayısı, azaltma tesir kesiti ve fotoelektrik tesir kesiti değerlerinin artan atom numarasıyla arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca deneysel değerler ile hesaplanan teorik değerler arasında iyi bir uyum olduğu gözlemlenmiştir. Deneysel kütle soğurma katsayısı ve azaltma tesir kesiti değerleri ile teorik olarak hesaplanan kütle soğurma katsayısı ve azaltma tesir kesiti değerleri arasındaki maksimum farkın Cd için $\leq \sim 4,5$, In için $\leq \sim 7$, Sn için $\leq \sim 4,8$, Sb için $\leq \sim 6,8$, Te için $\leq \sim 6,9$, La için $\leq \sim 4,8$, Ce için $\leq \sim 6,1$, Pr için $\leq \sim 4,7$, Nd için $\leq \sim 6,3$, Sm için $\leq \sim 7,4$ olduğu gözlemlenmiştir. Deneysel fotoelektrik tesir kesiti değerleri ile teorik olarak hesaplanan fotoelektrik tesir kesiti değerleri arasındaki maksimum farkın Cd için $\leq \sim 4,7$, In için $\leq \sim 7,8$, Sn için $\leq \sim 5,2$, Sb için $\leq \sim 7,5$, Te için $\leq \sim 7,6$, La için $\leq \sim 5,3$, Ce için $\leq \sim 6,7$, Pr için $\leq \sim 5,2$, Nd için $\leq \sim 6,5$, Sm için $\leq \sim 7,9$ olduğu gözlemlenmiştir.

K tabakası soğurma kıyı enerjisinde azaltma tesir kesitlerini ve bu parametrelere bağlı olan K tabakası fotoelektrik tesir kesitlerini, soğurma sıçrama oranlarını, soğurma sıçrama faktörlerini ve osilatör şiddetlerini deneysel olarak doğru bir şekilde belirlemek için elementlerin soğurma kıyı enerjilerinin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir. Kıyı enerjilerinin deneysel olarak doğru bir şekilde belirlenmesi için K tabakası soğurma kıyıların alt ve üst bölgelerindeki deneysel kütle soğurma katsayıları ve azaltma tesir kesiti değerleri en küçük kareler yöntemi kullanılarak sigmoidal fonksiyon ile fit edilmiştir. K tabakası soğurma kıyı enerjileri eşitlik (3.5 ve 3.6)'dan hesaplanmıştır. Eşitlik (3.5 ve 3.6)'da E_K , sigmoidal fonksiyonun dönüm noktasıdır. Sigmoidal bir fonksiyonun yön değiştirdiği nokta dönüm noktası olarak adlandırılır. Sigmoidal fonksiyon için bu dönüm noktası fonksiyonun enerjiye bağlı olarak türevi alındığında maksimum değeri alacaktır. Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için sigmoidal fit fonksiyonları ve fonksiyonların birinci türevlerinden elde edilen Gaussian

dağılımlar ($d(\mu_m)/dE$, $d(\sigma_{Kt})/dE$) Şekil 4.1-4.42'de (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22 hariç) verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.2, 4.4, 4.6, 4.8, 4.10, 4.12, 4.14, 4.16, 4.18, 4.20, 4.24, 4.26, 4.28, 4.30, 4.32, 4.34, 4.36, 4.38, 4.40, 4.42'de verilen piklerin Gaussian dağılımlarından hesaplanan yarı yükseklikteki tam genişlik değerleri Cd için 322,27 eV, In için 184,47 eV, Sn için 340,9 eV, Sb için 279,29 eV, Te için 289,43 eV, La için 344,41 eV, Ce için 220,25 eV, Pr için 370,23 eV, Nd için 274,14 eV, Sm için 183,56 eV olarak bulunmuştur. Yarı yükseklikteki tam genişlik değerlerinin düşük olması, soğurma kıyı enerjilerinin hassasiyetle belirlendiğinin göstergesidir.

5.2. K Tabakası Soğurma Kıyısının Alt ve Üst Enerji Bölgelerindeki Azaltma Tesir Kesitleri, K Tabakası Soğurma Kıyısının Alt ve Üst Enerji Bölgelerindeki Fotoelektrik Tesir Kesitleri, K Tabakası Fotoelektrik Tesir Kesitleri ve Eğim için Sonuçlar

İlgilenilen elementin için K tabakası soğurma kıyısı enerjisinin altındaki ve üstündeki toplam azaltma tesir kesiti ve toplam fotoelektrik tesir kesiti değerlerini belirlemek için K tabakası soğurma kıyısı civarındaki azaltma tesir kesiti ve fotoelektrik tesir kesiti değerleri Micro Origin 7.5 programıyla fit edilmiştir. Elde edilen fit denklemlerinde eşitlik (3.5 ve 3.6)'dan belirlenmiş olan K tabakası soğurma kıyısı enerjilerinin deneysel değerleri kullanılarak K tabakası soğurma kıyısı enerjisinin alt ve üst enerji dalları için azaltma tesir kesitleri ($\sigma_K^{üst}$, σ_K^{alt}) ve fotoelektrik tesir kesitleri ($\tau_K^{üst}$, τ_K^{alt}) deneysel olarak belirlenmiştir. Fotoelektrik tesir kesitlerinin üst kıyısı ($\tau_K^{üst}$) ile alt kıyısı (τ_K^{alt}) arasındaki fark incelenen element için K tabakası fotoelektrik tesir kesitini (τ_K) verir (Eşitlik 3.11). Çizelge 4.31'de K tabakası soğurma kıyısının alt enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.55'te K tabakası soğurma kıyısının alt enerji bölgesindeki azaltma tesir kesiti değerleri, hesaplanan teorik ve literatürden elde edilen deneysel değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Çizelge 4.32'de K tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.56'da K tabakası soğurma kıyısının üst enerji

bölgesindeki azaltma tesir kesiti değerleri, hesaplanan teorik ve literatürden elde edilen deneysel değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Çizelge 4.33'de K tabakası soğurma kıyısının üst ve alt enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesitleri literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.57, 4.58'de K tabakası soğurma kıyısının alt ve üst enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesiti değerleri, hesaplanan teorik ve literatürden elde edilen deneysel değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Çizelge 4.34'de K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri literatürden elde edilen deneysel ve WinXCOM'dan hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Şekil 4.59'de K tabakası fotoelektrik tesir kesiti değerleri, hesaplanan teorik ve literatürden elde edilen deneysel değerlerle birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Ayrıca, Çizelge 4.21, 4.32, 4.34'de deneysel K tabakası soğurma kıyısı enerjileri literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerler ile birlikte verilmiştir.

Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm için K tabakası soğurma kıyısının alt (σ_K^{alt}) ve üst ($\sigma_K^{üst}$) enerji bölgesindeki azaltma tesir kesitleri ve K tabakası soğurma kıyısının alt (τ_K^{alt}) ve üst ($\tau_K^{üst}$) enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesitleri için yapılan belirsizlik $\leq \sim 9\%$ 'dur.

Deneysel K tabakası soğurma kıyısının alt enerji bölgesindeki azaltma tesir kesiti (σ_K^{alt}) değerleri ile teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki fark $\sim 1,2-8,6\%$ 'dir. Mallikarjuna *et al.* (2002)'nin deneysel değerleri ile arasındaki maksimum fark ise $\leq \sim 7,2\%$ 'dir. Deneysel K tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki azaltma tesir kesiti ($\sigma_K^{üst}$) değerleri ile teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki fark $\sim 0,9-7,5\%$ 'dur. Mallikarjuna *et al.* (2002)'nin deneysel değerleri ile arasındaki maksimum fark ise $\leq \sim 8\%$ 'dir.

Deneysel K tabakası soğurma kıyısının alt enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesiti (τ_K^{alt}) değerleri ile teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki fark $\sim 1,2-9,4\%$ 'tür. Deneysel K tabakası soğurma kıyısının üst enerji bölgesindeki fotoelektrik tesir kesiti ($\tau_K^{üst}$) değerleri ile teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki fark $\sim 0,8-7,7\%$ 'dir.

K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri (τ_K) için yapılan deneysel belirsizlik $\leq \sim 9,4$ 'tür. Deneysel K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri (τ_K) ile teorik olarak hesaplanan fotoelektrik tesir kesitleri arasındaki farkın Cd için $\sim 0,2$, In için $\sim 1,4$, Sn için $\sim 3,4$, Sb için $\sim 0,8$, Te için $\sim 0,7$, La için $\sim 4,3$, Ce için $\sim 1,8$, Pr için $\sim 2,2$, Nd için $\sim 8,8$, Sm için $\sim 3,8$ olduğu gözlemlenmiştir. Mallikarjuna *et al.* (2002)'nin deneysel değerleri ile (τ_K) fotoelektrik tesir kesiti değerleri arasındaki fark ise $\leq \sim 10$ 'dur.

Şekil 4.55-4.59'den de görüldüğü gibi, atom numarası arttıkça σ_K^{alt} , $\sigma_K^{üst}$, τ_K^{alt} , $\tau_K^{üst}$ ve τ_K değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir. K tabakası soğurma kıyısı enerjisinin alt ve üst enerji dalları için azaltma tesir kesitleri, fotoelektrik tesir kesitleri ve K tabakası fotoelektrik tesir kesitlerinin deneysel değerleri genel olarak teorik ve diğer deneysel değerlerle (Mallikarjuna *et al.*, 2002) uyum göstermiştir. Fakat bazı elementler için bu değerlerin teorik ve diğer deneysel değerlerle (Mallikarjuna *et al.*, 2002) uyumsuz olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi azaltma tesir kesitlerini etkileyen numune tartımı, deney geometrisi ve sayma sisteminden gelen deneysel belirsizlikler olabilir.

Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm için soğurma kıyısı üzerinde $\ln E$ 'nin fonksiyonu olarak $\ln \tau_K^{üst}$ 'ün değişimleri Şekil 4.60-4.69'da verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.60-4.69'da $\ln \tau_K^{üst}$ değerleri Micro Origin 7.5 programıyla lineer olarak fit edilerek eğim (n) değerleri elde edilmiştir. Deneysel verilerden elde edilen eğim (n) değerleri WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler ve literatürden elde edilen diğer deneysel değerler ile birlikte Çizelge 4.35'te verilmiştir. Deneysel eğim değerlerinin bağıl hatası $\leq \sim 2,9$ 'dur.

5.3. K Tabakası Soğurma Sıçrama Oranları, Soğurma Sıçrama Faktörleri ve Osilatör Şiddetleri için Sonuçlar

K tabakası soğurma sıçrama oranları (r_K), Çizelge 4.34'te verilen K tabakası fotoelektrik tesir kesiti değerleri kullanılarak, eşitlik (3.7)'den deneysel olarak belirlenmiştir. Soğurma sıçrama faktörlerini (J_K) belirlemek için soğurma sıçrama

oranları (r_K) eşitlik (3.9)'da yerine yazılmıştır. Deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler ve literatürden elde edilen diğer deneysel ve teorik değerler ile birlikte Çizelge 4.36-4.37'de verilmiştir. Ayrıca, Şekil 4.70-4.71'de deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler ve literatürden elde edilen diğer deneysel ve teorik değerler ile birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir.

Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm'nin soğurma sıçrama oranları (r_K) için yapılan deneysel belirsizlikler Cd için ~%7,8, In için ~%8,5, Sn için ~%7,4, Sb için ~%9, Te için ~%9,3, La için ~%8,8, Ce için ~%7,3, Pr için ~%7,8, Nd için ~%8,7, Sm için ~%7,3 olarak hesaplanmıştır. Eşitlik (3.9)'da deneysel olarak kullanılan tek parametre soğurma sıçrama oranları olduğu için soğurma sıçrama faktörlerinde (J_K) yapılan deneysel belirsizlik soğurma sıçrama oranlarında yapılan deneysel belirsizlik ile yüzde olarak aynıdır.

Deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranları ile WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki farkın Cd için ~%4, In için ~%3,3, Sn için ~%4,6, Sb için ~%1,4, Te için ~%0,9, La için ~%2,5, Ce için ~%2,9, Pr için ~%1,5, Nd için ~%5,5, Sm için ~%1,4 olduğu gözlemlenmiştir. Broll (1986) ile deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranları arasındaki fark ise $\leq$ ~%9,8'dir.

Deneysel K tabakası soğurma sıçrama faktörleri ile WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki maksimum fark $\leq$ ~%1,2'tir. Broll (1986) ile deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranları arasındaki maksimum fark ise $\leq$ ~%1,8'dir. Deneysel K tabakası soğurma sıçrama faktörlerinin Budak *et al.* (2003) ile arasındaki fark Cd için ~%0,4, In için ~%0,6, Sn için ~%1, Te için ~%0,5, Pr için ~%0,1 ve Sm için ~%0,8; Bennal and Badiger (2007) ile arasındaki fark Cd için ~%1,4, In için ~%1, Sn için ~%1,3; Ertuğrul *et al.* (2002) ile arasındaki fark Sb için ~%0,5, Ce için ~%0,9, Nd için ~%0,6; Polat *et al.* (2005) ile arasındaki fark La için ~%6; Polat *et al.* (2013) ile arasındaki fark Ce için ~%4, Pr için ~%0,3, Nd için ~%1,4, Sm için ~%5,5'tir.

İlgilenilen elementin deneysel K tabakası osilatör şiddeti (g_K) değerlerini belirlemek için eşitlik (3.11)'den bulunan ve Çizelge 4.34'te verilen fotoelektrik tesir kesitleri (τ_K), Çizelge 4.35'te verilen eğim (n) değerleri ve yarı deneysel olarak belirlenen K tabakası soğurma kıyısı enerjileri (E_K) eşitlik (3.15)'te yerine yazılmıştır. Teorik hesaplar da yine aynı eşitlikten yapılmıştır. Deneysel K tabakası osilatör şiddetleri (g_K) WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler ve literatürden elde edilen deneysel değerler ile birlikte Çizelge 4.38'de verilmiştir. Ayrıca, deneysel K tabakası osilatör şiddetleri WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler ve literatürden elde edilen diğer deneysel değerler ile birlikte atom numarasının fonksiyonu olarak Şekil 4.72'de çizilmiştir.

K tabakası osilatör şiddetleri (g_K) için yapılan deneysel belirsizlik, hataların dağılımının klasik kuralına göre hesaplanmış ve Cd için $\sim\%7,9$, In için $\sim\%8,6$, Sn için $\sim\%7,4$, Sb için $\sim\%9,1$, Te için $\sim\%9,4$, La için $\sim\%8,8$, Ce için $\sim\%7,3$, Pr için $\sim\%7,8$, Nd için $\sim\%8,9$, Sm için $\sim\%7,9$ olarak bulunmuştur. Bu hatalar K tabakası fotoelektrik tesir kesitleri (τ_K) için yapılan deneysel belirsizlikler ($\leq\sim\%9,4$) ve eğim (n) değerlerinin bağıl yüzde hatasından ($\leq\sim\%2,9$) kaynaklanmaktadır.

Deneysel K tabakası osilatör şiddetleri (g_K) ile WinXCOM'dan teorik olarak hesaplanan değerler arasındaki fark Cd için $\sim\%0,6$, In için $\sim\%3,7$, Sn için $\sim\%3,3$, Sb için $\sim\%0,4$, Te için $\sim\%1$, La için $\sim\%1,9$, Ce için $\sim\%4,8$, Pr için $\sim\%2,2$, Nd için $\sim\%0,6$, Sm için $\sim\%8,2$ 'dir. Deneysel K tabakası osilatör şiddetlerinin (g_K) Mallikarjuna *et al.* (2002) ile arasındaki fark La için $\sim\%3,8$, Ce için $\sim\%7$, Pr için $\sim\%0,1$, Nd için $\sim\%1,7$, Sm için $\sim\%10$; Akman *et al.* (2016a) ile arasındaki fark Ce için $\sim\%1,5$; Akman *et al.* (2015b) ile arasındaki fark Pr için $\sim\%11,4$, Nd için $\sim\%16,1$, Sm için $\sim\%9$ 'dur.

Çizelge 4.36-4.38 ve Şekil 4.70-4.72'den da görüldüğü gibi, K tabakası sıçrama oranlarının, sıçrama faktörlerinin ve osilatör şiddetlerinin artan atom numarası ile azaldığı gözlemlenmiştir. Deneysel K tabakası soğurma sıçrama oranı, sıçrama faktörü ve osilatör şiddeti değerlerinin teorik değerler ile uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Fakat bazı elementler için bu değerlerin teorik değerlerle uyumsuz olduğu

gözlemlenmiştir. Bunun sebebi azaltma tesir kesitlerini etkileyen numune tartımı, deney geometrisi ve sayma sisteminden gelen deneysel hatalar olabilir. X-ışını azaltma tekniği maliyetli ve zaman alıcıdır. Ancak, sıçrama oranları ve sıçrama faktörleri gibi deneysel parametreleri hesaplamada kullanılan ara parametrelerin sayıca azlığından dolayı etkili bir tekniktir.

Literatürde osilatör şiddeti değerleri ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Sonuç olarak, elde edilen deneysel değerlerin güvenilirliğini test etmek; element, bileşik, alaşım, ince film...vb materyallerin floresans ve soğurma parametrelerini daha güvenilir bir şekilde ölçmek ve karşılaştırmak için K tabakası soğurma sıçrama oranları, sıçrama faktörleri ve osilatör şiddetleri gibi soğurma parametreleri hakkında daha çok deneysel çalışmalara ihtiyacımız vardır. Bildiğimiz kadarıyla Cd, In, Sn, Sb ve Te elementleri için K tabakası osilatör şiddeti değerleri yapmış olduğumuz bu çalışma ile ilk defa deneysel olarak belirlenmiştir.

5.4. K Tabakası Floresans Tesir Kesitleri, Floresans Verimleri, $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ Şiddet Oranları ve K_{α} , K_{β} Uyarma Faktörleri için Sonuçlar

Atom numarası $48 \leq Z \leq 62$ arasındaki bazı elementler için K tabakası X-ışını floresans tesir kesitleri σ_{Ki} ($i=\alpha, \beta, toplam$) eşitlik (3.16)'dan ve K tabakası floresans verimleri (ω_K) eşitlik (3.23)'den deneysel olarak belirlenmiştir. Deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları ise eşitlik (3.24)'den belirlenmiştir. K tabakası X-ışını floresans tesir kesitleri için bulunan deneysel değerler Çizelge 4.39-4.40'da eşitlik (3.20)'den hesaplanan teorik değerler ile birlikte verilmiştir. Ayrıca bulunan deneysel değerler teorik değerlerle birlikte Şekil 4.73-4.75'de atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Deneysel K tabakası floresans verimleri (ω_K) Çizelge 4.40'da literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte verilmiştir. Bulunan deneysel değerler literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte Şekil 4.76'da atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir. Çizelge 4.41'de deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte verilmiştir. Ayrıca, bulunan deneysel değerler

literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte Şekil 4.77’de atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir.

$\sigma_{K\alpha}$, $\sigma_{K\beta}$, $\sigma_{Ktoplam}$ K tabakası X-ışını floresans tesir kesitleri için yapılan belirsizler, hataların dağılımının klasik kuralına göre hesaplanmış ve sırasıyla $\sim\%4-4,2$, $\sim\%4,1-4,5$, $\sim\%5,7-6,1$ arasında olduğu gözlemlenmiştir. Bu hatalar K X-ışını pik alanı değerlendirmesinden ($\%0,3-2$), dedektör veriminden ($\%2-3,2$), β soğurma düzeltme faktöründen ($\%2$) ve t numune kalınlığından ($\%2$) kaynaklanmaktadır.

$\sigma_{K\alpha}$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin hesaplanan teorik floresans tesir kesiti değerleri ile arasındaki maksimum fark $\leq \sim\%9,6$ ’dır. $\sigma_{K\beta}$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin hesaplanan teorik floresans tesir kesiti değerleri ile arasındaki maksimum fark $\leq \sim\%14$ ’tür. $\sigma_{Ktoplam}$ X-ışını floresans tesir kesitlerinin hesaplanan teorik floresans tesir kesiti değerleri ile arasındaki maksimum fark ise $\leq \sim\%5,2$ ’dir.

Deneysel K tabakası floresans verimleri için yapılan belirsizlikler Cd için $\sim\%5,8$, In için $\sim\%5,9$, Sn için $\sim\%5,8$, Sb için $\sim\%5,9$, Te için $\sim\%5,9$, La için $\sim\%5,9$, Ce için $\sim\%5,9$, Pr için $\sim\%5,9$, Nd için $\sim\%5,9$, Sm için $\sim\%6,1$ ’dir. Deneysel K tabakası floresans verim (ω_K) değerlerinin Krause (1979)’ın teorik değerleri ile arasındaki maksimum fark $\leq \sim\%4,9$ ’dur. Deneysel K tabakası floresans verimlerinin Özdemir *et al.* (2002) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%0,5$, In için $\sim\%1$, Sb için $\sim\%1,6$, Te için $\sim\%0,5$, La için $\sim\%4,2$, Ce için $\sim\%0,5$, Nd için $\sim\%1,4$; Han *et al.* (2007) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%1,1$, In için $\sim\%0,1$, Sn için $\sim\%2,2$, Sm için $\sim\%3,9$; Akman (2016) ile arasındaki fark La için $\sim\%2,4$, Ce için $\sim\%1,8$, Pr için $\sim\%7,4$, Nd için $\sim\%1$, Sm için $\sim\%1,6$ ’dır.

Deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları için yapılan hatalar hataların dağılımının klasik kuralına göre hesaplanmış ve $\sim\%5-5,3$ arasında olduğu gözlemlenmiştir. Bu hatalar K X-ışını pik alanı değerlendirmesinden ($\%0,3-2$), dedektör veriminden ($\%2-3,2$), β soğurma düzeltme faktöründen ($\%2$) kaynaklanmaktadır.

Deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının Scofield (1974a)'ın teorik değerleri ile arasındaki maksimum fark $\leq \sim\%6,5$ 'tir. Deneysel $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranların Cevik *et al.* (2007) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%4,9$, In için $\sim\%4,9$, Sn için $\sim\%4,7$, Te için $\sim\%4,4$; Ertuğral *et al.* (2007) ile arasındaki fark $\sim\%0,5-4,9$; Mahalakshmi *et al.* (2014) ile arasındaki fark Sb için $\sim\%3,4$, La için $\sim\%3,6$, Ce için $\sim\%6,4$, Pr için $\sim\%4,6$, Nd için $\sim\%4,3$, Sm için $\sim\%3,3$ 'tür.

Çizelge 4.39-4.41 ve Şekil 4.73-4.77'den de görüldüğü gibi, K tabakası floresans tesir kesitlerinin, floresans verimlerinin ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının artan atom numarası ile arttığı gözlemlenmiştir. Deneysel K tabakası floresans tesir kesitlerinin, floresans verimlerinin ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranlarının teorik değerler ile uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir.

Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd, Sm için deneysel K tabakası uyarma faktörleri ($Q_{K\alpha}$, $Q_{K\beta}$) eşitlik (3.25)'de deneysel soğurma sıçrama faktörleri (J_K), floresans verimleri (ω_K) ve eşitlik (3.24)'ten belirlenen deneysel şiddet oranlarının eşitlik (3.21) ve (3.22)'de yerine yazılması ile elde edilen $K\alpha, \beta$ fotonlarının yayımlanma oranları ($F_{K\alpha, \beta}$) kullanılarak hesaplanmıştır. Teorik hesaplamalar için WinXCOM'da hesaplanan sıçrama oranları, Krause (1979)'den alınan floresans verimler ve Scofield (1974)'in tablolarından alınan $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ şiddet oranları kullanılmıştır. Deneysel K tabakası uyarma faktörleri ($Q_{K\alpha}$, $Q_{K\beta}$) Çizelge 4.42-43'de hesaplanan teorik ve literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte verilmiştir. Bulunan deneysel değerler literatürden elde edilen deneysel ve teorik değerlerle birlikte Şekil 4.78-4.79'da atom numarasının fonksiyonu olarak çizilmiştir.

Deneysel K tabakası uyarma faktörleri ($Q_{K\alpha}$, $Q_{K\beta}$) için yapılan deneysel belirsizlik $\leq \sim\%12,2$ 'dir. Deneysel $K\alpha$ ($Q_{K\alpha}$) uyarma faktörleri ile hesaplanan teorik değerler arasındaki fark $\leq \sim\%3,7$ 'dir. Deneysel $K\alpha$ ($Q_{K\alpha}$) uyarma faktörlerinin Broll (1986) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%0,3$, In için $\sim\%1,1$, Sn için $\sim\%0,3$, Sb için $\sim\%0,5$, Te için $\sim\%0,5$, La için $\sim\%4$, Ce için $\sim\%1,5$, Pr için $\sim\%3,6$, Nd için $\sim\%0,8$, Sm için $\sim\%1,7$;

Akman *et al.* (2016b, c) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%8,6$, In için $\sim\%8,1$, Sn için $\sim\%6,4$, Sb için $\sim\%8,3$, Te için $\sim\%3,2$, La için $\sim\%2,8$, Ce $\sim\%1,1$ 'dir. Deneysel $K\beta$ ($Q_{K\beta}$) uyarma faktörleri ile hesaplanan teorik değerler arasındaki fark $\leq\sim\%8,9$ 'dur. Deneysel $K\beta$ ($Q_{K\beta}$) uyarma faktörlerinin Broll (1986) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%0,6$, In için $\sim\%1,5$, Sn için $\sim\%2,7$, Sb için $\sim\%4,6$, Te için $\sim\%0,8$, La için $\sim\%1,2$, Ce için $\sim\%8,7$, Pr için $\sim\%8,3$, Nd için $\sim\%4,7$, Sm için $\sim\%6,2$; Akman *et al.* (2016b, c) ile arasındaki fark Cd için $\sim\%8,4$, In için $\sim\%6,9$, Sn için $\sim\%5,4$, Sb için $\sim\%2,6$, Te için $\sim\%4,6$, La için $\sim\%2,3$, Ce $\sim\%8,3$ 'tür.

Çizelge 4.42-4.43 ve Şekil 4.78-4.79'dan da görüldüğü gibi, K tabakası uyarma faktörleri artan atom numarası ile arttığı gözlemlenmiştir. Deneysel K tabakası uyarma faktörlerinin teorik ve diğer deneysel değerler ile uyum içinde olduğu gözlemlenmiştir. Çizelge 4.42-4.43 ve Şekil 4.78-4.79'dan $K\alpha$ uyarma faktörü değerlerinin $K\beta$ uyarma faktörü değerlerinden çok daha büyük olduğu görülmektedir. Ancak, deneysel ve teorik $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarma faktörü değerlerinin ikisi de eşitlik (3.25)'ten belirlenmiştir ve değişken olan tek parametre $K\alpha, \beta$ fotonlarının yayımlanma oranlarıdır. $K\alpha, \beta$ fotonlarının yayımlanma oranları ise $I_{K\alpha}/I_{K\beta}$ ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ deneysel değerleri kullanılarak belirlenmiştir. Bir atomun K ($n=1$) tabakasında meydana getirilen elektron boşluğu şayet L ($n=2$) tabakasında bulunan bir elektron tarafından doldurulacak olursa, böyle bir elektron geçişi sonucunda yayımlanan fotonun frekansı, karakteristik spektrumunun $K\alpha$ çizgisine karşılık gelir. K ($n=1$) tabakasındaki boşluk M ($n=3$), N ($n=4$) tabakasındaki bir elektron tarafından doldurulursa $K\beta$ çizgisine karşılık gelen fotonlar yayımlanır. $K\alpha$ X-ışınlarının yayımlanma ihtimaliyetleri $K\beta$ X-ışınlarının yayımlanma ihtimaliyetinden çok daha büyüktür. Bu doğrultuda $I_{K\alpha}/I_{K\beta}$ değerleri $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ değerlerine kıyasla çok çok daha büyük olacaktır. $I_{K\alpha}/I_{K\beta}$ ve $I_{K\beta}/I_{K\alpha}$ değerleri arasındaki bu büyüklük, $K\alpha$ uyarma faktörü değerlerinin $K\beta$ uyarma faktörü değerlerinden neden daha büyük olduğunu açıklar.

Literatürde K tabakası floresans tesir kesitleri, floresans verimleri ve şiddet oranları ile ilgili deneysel çalışmaların oldukça fazla olmasına rağmen $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarma faktörleri için yapılan deneysel çalışmalar neredeyse yoktur (Akman *et al.* 2016b, c). Sonuç

olarak, elde edilen deneysel değerlerin güvenilirliğini test etmek ve farklı element, bileşik, alaşıım, ince film gibi pek çok materyal için bu parametrelerin deneysel olarak belirlenmesine ihtiyaç vardır. Bildiğimiz kadarıyla Cd, In, Sn, Sb, Te, La, Ce, Pr, Nd ve Sm elementleri için $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarıma faktörleri X-ışını azaltma tekniği kullanılarak bu çalışma ile ilk defa deneysel olarak belirlenmiştir. Ayrıca, Pr, Nd ve Sm elementleri için $K\alpha$ ve $K\beta$ uyarıma faktörleri bu çalışma ile ilk defa deneysel olarak belirlenmiştir.



KAYNAKLAR

- Abdullah, K. K., Ramachandran, N., Nair, K.K., Babu, B.R.S., Joseph, A., Thomas, R., Varier, K.M., 2008. Attenuation studies near K-absorption edges using Compton scattered ^{241}Am gamma rays. *Journal of Physics*, 70 (4), 633-641.
- Akça, B. And Erzeneoğlu S.Z., 2014. The Mass Attenuation Coefficients, Electronic, Atomic, and Molecular Cross Sections, Effective Atomic Numbers, and Electron Densities for Compounds of Some Biomedically Important Elements at 59.5 keV. *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2014, 1-8.
- Akman, F., 2013. EDXRF spektrometre ile bazı elementlerin K tabakası ve L_{III} alttabakası soğurma sıçrama faktörlerinin doğrudan uyarma ve geçiş geometrileriyle ve bazı Ce, Sm ve Gd bileşiklerinin soğurma parametrelerinin belirlenmesi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi.
- Akman, F., 2016d. Experimental values of K to Li sub-shell, K to L, and K to M shell vacancy transfer probabilities for some rare earth elements. *Applied Radiation and Isotopes*, 115, 295–303.
- Akman, F., Akdemir, F., Durak, R., Kaçal, M.R., Aksakal, O., Araz, A., 2016c. Determination of $K_{\alpha,\beta}$ excitation factors in thin target for selected elements from Y to Te at 59.54 keV excitation energy. *Applied Radiation and Isotopes*, 107, 366–371.
- Akman, F., Durak, R., Kaçal, M.R., 2015b. Determination of K shell absorption parameters for some lanthanides using the X-ray attenuation method. *Canadian Journal of Physics*, 93 (12), 1532-1540.
- Akman, F., Durak, R., Kaçal, M.R., Turhan, M.F., Akdemir, F., 2015a. Determination of K-shell absorption jump factors and jump ratios for La_2O_3 , Ce and Gd using two different methods. *Radiation Physics and Chemistry*, 107, 75–81.
- Akman, F., Kaçal, M.R., Durak, R., 2016a. Chemical effect on the K shell absorption parameters of some selected cerium compounds. *Journal of Instrumentation*, 11 (08), P08006.
- Akman, F., Kaçal, M.R., Durak, R., 2016b. The excitation probabilities of $K_{\alpha,\beta}$ and $L_{\alpha 1,2}$ for some elements in $56 \leq Z \leq 68$ at 59.54 keV. *Radiation Physics and Chemistry*, 119, 29–36.
- Angelone, M., Bubba, T., Esposito, A., 2001. Measurement of the mass attenuation coefficient for elemental materials in the range $6 \leq Z \leq 82$ using X-rays from 13 up to 50 keV. *Applied Radiation and Isotopes*, 55, 505-511.
- Ayala, A.P. and Mainardi, R.T., 1996. Measurement of the K X-ray absorption jump ratio of erbium by attenuation of a compton peak. *Radiation Physics and Chemistry*, 47 (2), 177-181.
- Bambynek, W., Crasemann, B., Fink, R.W., Freund, H.U., Mark, H., Swift, C.D., Price, R.E., Rao, P.V., 1972. X-ray Fluorescence Yields, Auger and Coster-Kronig Transition Probabilities. *Reviews of Modern Physics*, 44, Num. 4.
- Bennal, A.S. and Badiger, N.M., 2007. Measurement of K shell absorption and fluorescence parameters for the elements Mo, Ag, Cd, In and Sn using a weak gamma source. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 40, 2189-2199.

- Berger, M.J. and Hubbell, J.H., 1987. XCOM photon cross sections on a personal computer. NBSIR 87-3597. National Bureau of Standards (former name of NIST). Gaithersburg, MD. Available from: <<http://physics.nist.gov/xcom>>.
- Broll, N., 1986. Quantitative X-Ray Fluorescence Analysis. Theory and Practice of the Fundamental Coefficient Method. X-ray Spectrometry, 15, 271-285.
- Budak, G. and Polat, R., 2004. Measurement of the K X-ray absorption jump factors and jump ratios of Gd, Dy, Ho and Er by attenuation of a Compton peak. Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, 88, 525-532.
- Budak, G., Karabulut, A., Ertuğrul, M., 2003. Determination of K-shell absorption jump factor for some elements using EDXRF Technique. Radiation Measurements, 37, 103-107.
- Budak, G., Karabulut, A., Şimşek, Ö., Ertuğrul, M., 1999. Measurement of total atomic attenuation, total atomic photoelectric and total atomic scattering cross sections in the range $40 \leq Z \leq 52$. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 149, 379-382.
- Campbell, J. L. and Wang, J. X., 1989. Interpolated Dirac-Fock values of *L*-subshell X-ray emission rates including overlap and exchange effects. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 43, 281-291.
- Cengiz, E., Dogan, M., Koksall, O.K., 2013. *L*_{III} subshell absorption jump ratio and jump factor of tantalum. Radiation Physics and Chemistry, 85, 8-11.
- Cevik, U., Kaya, S., Ertugral, B., Baltas, H., Karabıdak, S.M., 2007. K-shell X-ray fluorescence cross-sections and intensity ratios for some pure metals at 59.5 and 123.6 keV. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 262, 165-170.
- Chantler, C.T., 1995. Theoretical Form Factor, Attenuation, and Scattering Tabulation for $Z=1-92$ from $E=1-10$ eV to $E=0.4-1.0$ MeV. Journal of Physical and Chemical Reference Data, 24 (1), 71-643.
- Chantler, C.T., Olsen, K., Dragoset, R. A., Chang, J., Kishore, A.R., Kotochigova, S.A., Zucker, D.S., 2005. X-Ray form Factor, Attenuation and Scattering Tables (Version 2.1), National Institute of Standards and Technology. <http://www.nist.gov/pml/data/ffast/index.cfm>.
- El-Kateb, A. H. and Abdul-Hamid, A. S., 1991. Photon Attenuation Coefficient Study of some Materials Containing Hydrogen, Carbon and Oxygen. Applied Radiation and Isotopes, 42 (3), 303-307.
- El-Kateb, A. H., Rizk, R.A.M., Abdul-Kader, A.M., 2000. Determination of atomic cross sections and effective atomic numbers for some alloys. Annals of Nuclear Energy, 27, 1333-1343.
- Ertuğral, B., Apaydın, G., Çevik, U., Ertuğrul, M., Kobya, A.İ., 2007. K_{β}/K_{α} X-ray intensity ratios for elements in the range $16 \leq Z \leq 92$ excited by 5.9, 59.5 and 123.6 keV photons. Radiation Physics and Chemistry, 76, 15-22.
- Ertuğrul, M., Karabulut, A., Budak, G., 2002. Measurement of the K shell absorption jump factor of some elements. Radiation Physics and Chemistry, 64, 1-3.
- Ertuğrul, M., Şimşek, Ö., Doğan, O., Turgut, Ü., 1996. Direct Determination of Total Atomic Attenuation, Total Atomic Photoelectric and Total Atomic Scattering Cross Section of Gd, Tb, Dy and Er at 60 keV. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 213 (1), 37-44.

- Erzeneoğlu, S., İçelli, O., Gürbulak, B., Ateş, A., 2006. Measurement of mass attenuation coefficients for holmium doped and undoped layered semiconductors InSe at different energies and the validity of mixture rule for crystals around the absorption edge. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 102, 343–347.
- Gerward, L., Guilbert, N., Jensen, K.B., Levring, H., 2001. X-ray absorption in matter, reengineering XCom. *Radiation Physics and Chemistry*, 60, 23.
- Gupta, M.K., Singh, G., Dhaliwal, A.S., Kahlon, K.S., 2015. Measurement of absorption edge parameters near K edge for the compounds of Zn, Zr, Cd, Ba and Pb. *Journal of Alloys and Compounds*, 623, 407–412.
- Han, I. and Demir, L., 2009b. Mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers of Ti and Ni alloys. *Radiation Measurements*, 44, 289–294.
- Han, I. and Demir, L., 2009c. Studies on effective atomic numbers, electron densities from mass attenuation coefficients in Ti_xCo_{1-x} and Co_xCu_{1-x} alloys. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 267, 3505–3510.
- Han, I., Demir, L., Şahin, M., 2009a. Determination of mass attenuation coefficients, effective atomic and electron numbers for some natural minerals. *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 760–764.
- Han, I., Şahin, M., Demir, L., Şahin, Y., 2007. Measurement of K X-ray fluorescence cross sections, fluorescence yields and intensity ratios for some elements in the atomic range $22 \leq Z \leq 68$. *Applied Radiation and Isotopes*, 65, 669–675.
- Hosur, S.B., Badiger, N.M., Naik, L.R., 2008. Determination of the K shell oscillator strengths and the imaginary form factors of atoms using a weak beta source. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 41, 1-7.
- Hosur, S.B., Naik, L.R., Badiger, N.M., 2009. Determination of the anomalous scattering factors of high-Z atoms using bremsstrahlung radiation. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 42, 1-6.
- Hosur, S.B., Naik, L.R., Badiger, N.M., 2011. Study of the K shell photoelectric parameters of Dy, Yb and W atoms using low energy bremsstrahlung radiation. *The European Physical Journal D*, 62, 155-161.
- Hubbell, J.H. and Seltzer, S.M., 1995. Tables of X-ray attenuation coefficients and mass energy-absorption coefficients from 1 keV–20 MeV for elements Z=1 to 92 and 48 additional substances of dosimetry interest, NISTIR 5632.
- Hubbell, J.H., 1982. Photon mass attenuation and energy absorption coefficients from 1 keV to 20 MeV. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 33, 1269–1290.
- Jahagirdar, H. A., Hanumaiah, B., Thontadarya, S. R., 1996. Measurement of total and photoelectric cross sections of rare earth elements present in compounds for 123.6 keV and 145.4 keV photons. *Radiation Physics and Chemistry*, 47 (6), 801-805.
- James, R.W., 1954. *The Optical Principles of Diffraction of X-rays*. Bell and Sons, 642p, London.
- Kaçal, M.R., 2014. Measurement of L3 subshell absorption jump ratios and jump factors for high Z elements using EDXRF technique. *Radiation Physics and Chemistry*, 100, 80–84.

- Kaçal, M.R., Han, İ., Akman, F., 2015. Determination of K shell absorption jump factors and jump ratios of 3d transition metals by measuring K shell fluorescence parameters. *Applied Radiation and Isotopes*, 95, 193–199.
- Karabulut, A., Budak, G., Ertuğrul, M., 1999. Fast measurement of total atomic attenuation, total atomic photoelectric and total atomic scattering cross sections in the range $58 \leq Z \leq 68$ using radioisotope X-ray fluorescence. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 152, 202–206.
- Kaya, N., Apaydın, G., Tirasoglu, E., 2011. Measurement of K-shell jump ratios and jump factors for some elements in $76 \leq Z \leq 92$ using EDXRF spectrometer. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 677–681.
- Kaya, N., Kobya, A.I., Tirasoglu, E., Apaydın, G., 2008b. An L_{III} ($2P_{3/2}$) subshell absorption jump ratio and jump factor for bismuth. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 41, 1–6.
- Kaya, N., Tirasoglu, E., Apaydın, G., 2008a. Determination of K shell absorption jump factors and jump ratios in the elements between Tm ($Z=69$) and Os ($Z=76$) by measuring K shell fluorescence parameters. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 266, 1043–1048.
- Kaya, N., Tirasoglu, E., Apaydın, G., Aylikci, V., Cengiz, E., 2007. K-shell absorption jump factors and jump ratios in elements between Tm ($Z=69$) and Os ($Z=76$) derived from new mass attenuation coefficient measurements. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 262, 16–23.
- Krause, M.O., 1979. Atomic Radiative and Radiationless Yields for K and L Shells. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, 8, 307–327.
- Latha, P., Magudapathy, P., Abdullah, K.K., Nair, K.G.M., Babu, B.R.S., Varier, K.M., 2015. Anomalous scattering factor using proton induced X-ray emission technique. *Radiation Physics and Chemistry*, 107, 103–108.
- Mahalakshmi, N.V.S., Premachand, K., Raju, M.R., 2014. Measurement of K_{β}/K_{α} intensity ratios for elements in the range $51 \leq Z \leq 67$ at 59.54 keV. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 300, 153–156.
- Mallikarjuna, M.L., Gowda, S.B.A., Gowda, A., Umesh T.K., 2002. Studies on photon interaction around the K-edge of some rare-earth elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 65, 217–223.
- Ménesguen, Y. and Lépy, M.C., 2010. Mass attenuation coefficients in the range $3.8 \leq E \leq 11$ keV, K fluorescence yield and K_{β}/K_{α} relative X-ray emission rate for Ti, V, Fe, Co, Ni, Cu and Zn measured with a tunable monochromatic X-ray source. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, 268, 2477–2486.
- Murty, V.R.K., Devan, K.R.S., Winkoun, D.P., 2000. On discrepancies in atomic photoeffect cross sections in the low photon energy region. *Applied Radiation and Isotopes*, 53, 949–952.
- Nair, K.P.G., Gowda, C., Kumari, J.S., Anasuya, S.J., Umesh, T.K., Gowda, R., 1994. Photon Interaction Cross Sections for Some Amino Acids in the Range 30–385 keV. *Radiation Physics and Chemistry*, 43 (6), 581–584.
- Nair, K.P.G., Umesh, T.K., Gowda, R., 1995. Total attenuation cross sections of several amino acids at 661.6, 1173 and 1332.5 keV. *Radiation Physics and Chemistry*, 45 (2), 231–233.

- Nayak, S. V., Badiger, N. M., 2006. A novel method for measuring K-shell photoelectric parameters of high-Z elements. *Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, 39, 2893-2900.
- Niranjana, K.M., Badiger, N.M., 2015. K shell parameters of some lanthanide elements using bremsstrahlung. *Radiation Physics and Chemistry*, 107, 59–64.
- Niranjana, K.M., Krishnananda, Badiger, N.M., Joseph, D., Kailas, S., 2013. Determination of K shell parameters of silver using high resolution HPGe detector spectrometer. *International Journal of Nuclear Energy and Technology*, 7 (3), 179-190.
- Özdemir, Y., Durak, R., Öz, E., 2002. K-shell X-ray production cross-sections and fluorescence yields in some medium-Z elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 65 199-204.
- Pawar, P.P. and Bichile, G.K., 2013. Studies on mass attenuation coefficient, effective atomic number and electron density of some amino acids in the energy range 0.122–1.330MeV. *Radiation Physics and Chemistry*, 92, 22–27.
- Polat, R., Budak, G., Gürol, A., Karabulut, A., Ertuğrul, M., 2005. K-shell absorption jump factors for the elements Ag, Cs, Ba and La derived from new mass attenuation coefficient measurements using EDXRF technique. *Radiation Measurements*, 39, 409–415.
- Polat, R., İçelli, O., Budak, G., 2004. New method to measure the K-shell absorption jump factor in some rare-earth elements. *Analytica Chimica Acta*, 505, 307–314.
- Polat, R., İçelli, O., Yalçın, Z., Pesen, E., Orak, S., 2013. Measurement of K-shell absorption jump factors and jump ratios in some lanthanide elements using EDXRF technique. *Annals of Nuclear Energy*, 54, 267-273.
- Rettschlag, M., Berndt, R., Mortreau P., 2007. Measurement of photon mass attenuation coefficients of plutonium from 60 to 2615 keV. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 581, 765–771.
- Roy, B., Chatterjee, B. K., Roy, S. C., Bhattacharya, N., Choudhury, N., 1997. Photoelectric Cross-sections Derived from Measured Total Attenuation Coefficient of Photons Near Absorption Edges of Heavier Atoms. *Applied Radiation and Isotopes*, 48 (6), 785-788.
- Roy, B.R., Rajput, P., Jha, S.N., Rao, A.S.N., 2015. Measurement of X-ray mass attenuation coefficient of nickel around the K-edge using synchrotron radiation based X-ray absorption study. *Radiation Physics and Chemistry*, 114, 38–42.
- Scofield, J.H., 1973. Theoretical photoionization cross section from 1 to 1500 keV. Lawrence Livermore Laboratory (UCRL), Vol. 51326.
- Scofield, J.H., 1974a. Relativistic Hartree-Slater values for K and L X-ray emission rates. *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 14, 121-137.
- Scofield, J.H., 1974b. Exchange corrections of K X-ray emission rates. *Physical Review A*, 9, 1041-1049.
- Scofield, J.H., 1974c. Hartree-Fock values of L X-ray emission rates. *Physical Review A*, 10, 1507-1510.
- Sharma, S. 2008. Atomic and nuclear physics. Pearson education, 620p.
- Sidhu, B.S., Dhaliwal, A.S., Mann, K.S., Kahlon K.S., 2012. Study of mass attenuation coefficients, effective atomic numbers and electron densities for some low Z compounds of dosimetry interest at 59.54 keV incident photon energy. *Annals of Nuclear Energy*, 42, 153–157.

- Sidhu, B.S., Dhaliwal, A.S., Mann, K.S., Kahlon, K.S., 2011a. Measurement of K-shell absorption edge jump factors and jump ratios of some medium Z elements using EDXRF technique. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 28-32.
- Sidhu, B.S., Dhaliwal, A.S., Mann, K.S., Kahlon, K.S., 2011b. EDXRF technique: An alternative methodology for measuring L_{III} subshell absorption edge jump factor and jump ratio of some high Z elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 80, 688-691.
- Singh, G., Gupta, M.K., Dhaliwal, A.S., Kahlon, K.S., 2015. Measurement of attenuation coefficient, effective atomic number and electron density of oxides of lanthanides by using simplified ATM-method. *Journal of Alloys and Compounds*, 619, 356–360.
- Singh, G., Singh, A., Gupta, M.K., Kahlon, K.S., Dhaliwal A.S., 2016. Measurement of L_{III} jump ratio, jump factor and related parameters for Pt and Tl. *Journal of Alloys and Compounds*, 655, 296-300.
- Söğüt, Ö., 2002. Direct measurement of total atomic photoelectric, total atomic attenuation and total atomic scattering cross-sections in the atomic region $22 \leq Z \leq 58$ at 59.5 keV photons. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 73, 63–68.
- Turgut, Ü., Büyükkasap, E., Şimşek, Ö., Ertuğrul, M., 2005. X-ray attenuation coefficients of Fe compounds in the K-edge region at different energies and validity of the mixture rule. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 92, 143-151.
- Turgut, Ü., Büyükkasap, E., Şimşek, Ö., Ertuğrul, M., Doğan, O., 1997. Determination of total attenuation cross sections of Ti, Fe, Ni, Zn between 4.551–111.898 keV energy range. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 218 (2), 267-272.
- Turgut, Ü., Şimşek, Ö., Büyükkasap, E., Ertuğrul, M., 2002. X-Ray attenuation coefficients at different energies and the validity of the mixture rule for compounds around the absorption edge. *Spectrochimica Acta Part B*, 57, 261–266.
- Turhan, M.F., 2011. Atom numarası $67 \leq Z \leq 83$ aralığındaki bazı elementler için I alt tabaka seviye genişlikleri ve ışımalı boşluk geçiş ihtimaliyetlerinin ölçülmesi. Y. Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Atatürk Üniversitesi.
- Wheeler, J.A. and Bearden J.A., 1934. The Variation of the K Resonating Strength with Atomic Number. *Physical Review*, 46, 755-758.
- Yılmaz, D., Boydaş, E., Cömert, E., 2016. Determination of mass attenuation coefficients and effective atomic numbers for compounds of the 3d transition elements. *Radiation Physics and Chemistry*, 125, 65–68.
- Zararsız, A. and Aygün, E., 1989. A theoretical and experimental investigation of source-sample detector for geometry for an angular type radioisotope excited XRF spectrometer. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 129, 367-375

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Erzincan'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzincan'da tamamladı. 2001 yılında Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümünü kazandı ve 2006 yılında aynı bölümden mezun oldu. 2007 yılında Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda Yüksek lisans programını kazandı. Aynı yıl İngilizce hazırlık programını başarıyla tamamlayarak Yüksek lisans derslerine başladı. 2011 yılında Yüksek Lisans programını tamamlayıp aynı yıl Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Atom ve Molekül Fiziği Bilim Dalı'nda Doktora programını kazandı. 2013 yılı itibariyle Afyon Kocatepe Üniversitesi Atatürk Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Bölümünde Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.