

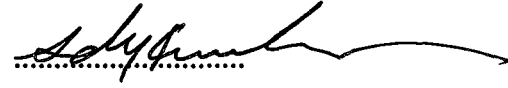
JÜRİ ÜYELERİ

Prof.Dr.Yusuf ŞAHİN

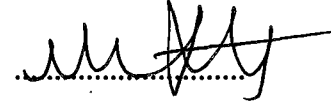


Prof.Dr.Erdoğan BÜYÜKKASAP


Doç.Dr.Adnan KÜÇÜKÖNDER



Doç.Dr.Mehmet ERTUĞRUL



Doç.Dr.Yakup KURUCU



30.06.2000 tarihinde 13/118 kararla kurulan jürimiz iş bu Doktora
tezini 11/09/2000 tarihinde kabul etmiştir.

96374

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**BİLEŞİKLERİN KÜTLE AZALTMA KATSAYILARININ TAYİNİ VE
KARIŞIM KURALININ GEÇERLİLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ümit TURGUT

YÖNETİCİ: Prof. Dr. Erdoğan BÜYÜKKASAP

**TC. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

Doktora Tezi

ÖZET

Bileşiklerin kütle azaltma katsayılarının hesaplanması için kullanılan karışım kuralının geçerliliğinin araştırılması için; Fe, Mn, Co, Cr ve Cu elementleri ile FePO_4 , FeF_3 , Fe_2O_3 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3\text{NH}_4\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2\text{NH}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MnCl_4 , MnCO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KMnO_4 , CoF_2 , CoF_3 , CoO , CoSO_4 , Co_2O_3 , CoCl_2 , $\text{Co}(\text{SCN})_2$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{CO}_7)(\text{OH})_2$, Cr_2O_3 , CrCl_2 , CrCl_3 , $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, CuCl , CuCl_2 , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CuO , Cu_2O , CuCO_3 , CuC_2O_4 , CuCN , $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bileşiklerinin toplam kütle azaltma katsayıları, 4.508 - 17.443 keV enerji aralığındaki farklı enerjiler için ikincil uyarıcı metodu kullanılmak suretiyle deneysel olarak ölçülmüştür.

TiO , V_2O_3 , Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, KBr, RbCl, $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, Y_2O_3 , ZrO_2 , Nb ve MoO_3 bileşikleri ve elementleri ikincil uyarıcı olarak seçilmiştir. İkincil uyarıcılar Am-241 halka kaynağından yayımlanan 59.5 keV' lik gamma ışınları ile uyarılmış ve ikincil uyarıcılardan yayımlanan karakteristik x-ışınları rezolüsyonu 5.9 keV'de 160 eV olan Si(Li) dedektörü ile sayılmıştır. Bileşiklerin kütle azaltma katsayılarının tayininde karışım kuralının, özellikle soğurma kıyısına yakın enerjilerde, uygun bir metot olmadığı gözlenmiştir. Elde edilen değerler mevcut teorik değerlerle karşılaştırılmıştır.

SUMMARY

To investigate the validity of the mixture rule which is used to calculate the mass attenuation coefficient of compound the total mass attenuation coefficients for Fe, Mn, Co, Cr ve Cu elements and for FePO_4 , FeF_3 , Fe_2O_3 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3 \cdot \text{NH}_4\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot \text{NH}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MnCl_4 , MnCO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KMnO_4 , CoF_2 , CoF_3 , CoO , CoSO_4 , Co_2O_3 , CoCl_2 , $\text{Co}(\text{SCN})_2$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{CO}_7)(\text{OH})_2$, Cr_2O_3 , CrCl_2 , CrCl_3 , $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, CuCl , CuCl_2 , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CuO , Cu_2O , CuCO_3 , CuC_2O_4 , CuCN , $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ compounds are determined at different energies between 4.508-17.443 keV range by using secondary excitation method.

TiO , V_2O_3 , Cr , Mn , Fe , Co , Ni , Cu , Zn , Ge , As , Se , KBr , RbCl , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, Y_2O_3 , ZrO_2 , Nb and MoO_3 compounds and elements were chosen as secondary excitor. 59.5 keV gamma rays emitted from an Am-241 annular source were used to excite secondary excitor and K x-rays emitted of secondary excitor were counted by a Si(Li) detector with a resolution 160 eV at 5.9 keV. It was observed that mixture rule is not suitable method for determination of the mass attenuation coefficients of compounds especially of energy which is near the absorption edge. Available values were compared with other theoretical values.

TEŞEKKÜR

Doktora alıŐması olarak sunduğum bu çalışmada gürüŐ ve yardımlarını esirgemeyen çok değerli tez hocam sayın Prof. Dr. Erdoğan BÜYÜKKASAP'a en içten teŐekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tüm çalıŐmalarım boyunca maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen, başta Prof. Dr. Yusuf ŞAHİN, Doç. Dr. Mehmet ERTUĞRUL, Yrd. Doç. Dr. Önder ŞİMŞEK olmak üzere Kazım Karabekir EĐitim Fakóltesi Fizik EĞitimi Ana Bilim Dalı ve Fen-Edebiyat Fakóltesi Atom ve Moleköl FiziĐi Ana Bilim Dalı elemanlarına teŐekkürlerimi sunarım.

ÜMİT TURGUT

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
1. GİRİŞ	1
2. TEORİK BİLGİLER	3
2.1. Elektromagnetik Radyasyonun Madde İle Etkileşmesi	3
2.1.1. Elektromagnetik Radyasyonun Soğurulması	4
2.1.1.a. Fotoelektrik Olay	5
2.1.1.b. Çift Oluşumu	7
2.1.2. Elektromagnetik Radyasyonun Saçılması	8
2.1.2.a. Koherent Saçılma	8
2.1.2.b. İnkohherent Saçılma	9
2.1.2.b.i. Compton Olayı	9
2.2. Kuantum Sayıları ve Atomik Yörüngeler	10
2.3. Tesir Kesiti	11
2.4. Azaltma Katsayıları ve Soğurma Kıyıları	12
2.5. Soğurma Kıyısının Tabiatı	19
2.6. Karakteristik X-Işınlının Oluşumu ve Enerji Seviyeleri	21
2.7. Floresans Verimi ve Coster-Cronig Geçişleri	23
2.8. Auger Olayı	25
2.9. Kimyasal Etkiyi Açıklamaya Yarayan Temel Kavramlar	27

3.	DENEY SİSTEMİ VE NUMUNELERİN HAZIRLANMASI	29
3.1.	Si(Li) Dedektörü ve Sayma Sistemi	29
3.2.	Numunelerin Hazırlanması	31
3.3.	Transmisyon Ölçümlerinin Alınması	33
3.4.	Spektrumların Değerlendirilmesi	40
4.	SONUÇ ve TARTIŞMA	86
	KAYNAKLAR	90

1. GİRİŞ

XRS çalışmalarında, maddelerin analizlerinde kullanılan teknikler, genellikle x-ışınlarının soğurulması yada yayımlanması esasına dayanmaktadır. Monokromatik bir radyasyon demeti, bir maddeden geçirildiğinde, şiddetinde bir azalma olduğu gözlenir. Madde içerisine giren radyasyon, madde atomları ile çeşitli etkileşmeler yaparak enerjisini kısmen ya da tamamen kaybeder. Verilen bir olayın meydana gelme ihtimalinin bir ölçüsü olarak tanımlanan tesir kesiti değerlerinin bilinmesi, radyasyon etkisini azaltma, reaktör kaplama, tıbbi teşhisler, endüstriyel radyografi, enerji taşıma ve depolama konuları başta olmak üzere pek çok araştırma alanlarında önem taşımaktadır¹. Kütle azaltma katsayısı; radyasyonun, birim kütledeki azalma ihtimalinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Bileşikler için kütle azaltma katsayısı, karışım kuralına dayanan,

$$\mu/\rho = \sum_i w_i (\mu/\rho)_i$$

bağıntısı kullanılarak hesaplanmaktadır. Burada w_i , ağırlık kesri ve $(\mu/\rho)_i$, i. elementin kütle azaltma katsayısıdır. Denklemden kullanılan, molekül içerisindeki atomlara ait μ/ρ değerleri, atomların bağımsız haldeki kütle azaltma katsayısı değerleridir. Yani, bileşiklerin kütle azaltma katsayılarının hesaplanmasında kullanılan karışım kuralı, molekülü oluşturan atomlar arasındaki kimyasal etkileşmeleri dikkate almamaktadır. Oysa molekül içerisindeki atomlar bağımsız değil, moleküldeki diğer atomlarla etkileşmektedirler. Bu etkileşimler, bağımsız atomlara ait μ/ρ ile molekül içerisindeki atomlara ait μ/ρ değerleri arasında kimyasal etkilerden kaynaklanan farklılığı ortaya çıkarmaktadır. Bu farklılık, özellikle soğurma kıyasının yüksek enerjili tarafındaki 1 keV'lik enerji aralığında daha belirgindir. Bu durum, soğurma kıyasının üzerinde osilatör olarak bilinen ince yapının varlığından kaynaklanmaktadır. Bu farklılıklar μ/ρ 'nun hesaplanmasında kullanılan karışım kuralının her durumda geçerli olmadığını göstermektedir. Kütle azaltma katsayılarının teknolojideki önemi dikkate alındığında, karışım kuralının geçerliliğinin, uygun deneysel çalışmalarla test edilmesinin gerekliliği

ortaya çıkmaktadır.

Bazı araştırmacılar, kimyasal etkileri dikkate alarak çeşitli elementlere ve onların bileşiklerine ait kütle azaltma katsayılarını²⁻²⁷, fotoelektrik tesir kesitlerini²⁸⁻³³, saçılma tesir kesitlerini³⁴⁻³⁷ deneysel olarak ölçmüşlerdir. Yapılan bu ölçümlerde numuneleri uyarmak için x-ışını tüpü, farklı enerjili radyoizotop kaynaklar ve ikincil uyarıcılar kullanılmış ve elde edilen değerler tablolar halinde verilmiştir³⁸⁻³⁹. Bazı araştırmacılar da μ/ρ 'nun hesaplanmasında önemli parametrelerden biri olan fotoelektrik tesir kesitlerini farklı enerjiler için teorik olarak hesaplamış ve tablolar halinde sunmuşlardır⁴⁰⁻⁴⁴.

Bu çalışmada, bileşiklerin kütle azaltma katsayılarının hesaplanması için kullanılan karışım kuralının geçerliliğinin araştırılması amacıyla; Fe, Mn, Co, Cr ve Cu elementleri ile bunlara ait FePO_4 , FeF_3 , Fe_2O_3 , $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_3\text{NH}_4\text{Cl} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Fe}(\text{SO}_4)_2\text{NH}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, MnCl_4 , MnCO_3 , $\text{MnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, KMnO_4 , CoF_2 , CoF_3 , CoO , CoSO_4 , Co_2O_3 , CoCl_2 , $\text{Co}(\text{SCN})_2$, $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, Cr_2O_3 , CrCl_2 , CrCl_3 , $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$, $\text{Cr}_3(\text{CH}_3\text{CO}_7)(\text{OH})_2$, CuCl , CuCl_2 , $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, CuO , Cu_2O , CuCO_3 , Cu_2O_4 , CuCN , $\text{Cu}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bileşiklerinin toplam kütle azaltma katsayıları 4.508 - 17.443 keV enerji aralığındaki farklı enerjiler için ikincil uyarıcı metodu kullanılmak suretiyle deneysel olarak ölçülmüştür. İkincil uyarıcı olarak seçilen TiO , V_2O_3 , Cr , Mn , Fe , Co , Ni , Cu , Zn , Ge , As , Se , KBr , RbCl , $\text{Sr}(\text{NO}_3)_2$, Y_2O_3 , ZrO_2 , Nb ve MoO_3 maddeleri Am-241 radyoizotop halka kaynağı ile uyarılmış ve yayımlanan karakteristik x-ışınlarının sayılmasında Si(Li) katihal sayacı kullanılmıştır. Elde edilen değerler mevcut teorik değerlerle karşılaştırılmıştır.

2. TEORİK BİLGİLER

2.1. Elektromagnetik Radyasyonun Madde ile Etkileşmesi

Elektromagnetik radyasyon bir madde üzerine düşürülecek olursa; madde içerisine giren radyasyon, atomun elektronları, çekirdeği ve çekirdek ve elektronların etrafındaki elektrik alan ile etkileşmeler yapar. Bu etkileşmeler sonucu meydana gelebilecek bazı olaylar tablo 2.1' de özetlenmiştir⁴¹.

Tablo 2.1 Elektromagnetik radyasyon etkileşmelerinin sınıflandırılması⁴¹.

Etkileşmenin Tipi	Soğurma (a)	Saçılma	
		koherent (b)	inkoherent (c)
(1) Elektronlarla etkileşme	Fotoelektrik olay	Rayleigh Saçılması (düşük enerji)	Compton Saçılması
(2) Nükleonlarla etkileşme	Fotonükleer reaksiyon (γ, n), (γ, p)fotofisyon v.b. ($E=10$ MeV)	Elastik nükleer saçılma (γ, γ)	İnelastik nükleer saçılma (γ, γ')
(3) Yüklü parçacıkları kuşatan elektrik alan ile etkileşme	1) Çekirdeğin alanında elektron-pozitron çifti oluşumu ($E \geq 1.02$ MeV) 2) Elektron alanında elektron-pozitron çifti oluşumu ($E \geq 2.04$ MeV) 3) Nükleon-Antinükleon çifti oluşumu ($E > 3$ GeV)	Delbrück saçılması	
(4) Mezonlar ile etkileşme	Fotomezon üretimi ($E > 150$ MeV)	(γ, γ)	

Monokromatik paralel bir ışın demeti t kalınlığında bir maddeden geçirildiğinde çıkan ışın demetinin şiddetinde bir azalma olduğu gözlenir. dt kalınlığındaki bir madde

üzerine düşürülen I şiddetindeki demetin, şiddetindeki azalma,

$$dI = -\mu I dt \quad (2.1)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada μ lineer azaltma katsayısıdır ve birim uzunluk başına azalma ihtimalinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Bu nicelik, atom numarasına (Z) ve foton enerjisine (E) bağlıdır. (2.1) bağıntısındaki (-) işareti kalınlık arttıkça şiddetin azalacağını ifade etmektedir. Madde üzerine I_0 şiddetinde bir ışın demeti düştüğünde, maddeyi geçen ışın şiddeti;

$$I(t) = I_0 \exp \left\{ - \int_0^t \mu (t) dt \right\} \quad (2.2)$$

olarak verilir. Eğer madde homojen ise (2.2) bağıntısı,

$$I(t) = I_0 e^{-\mu t} \quad (2.3)$$

şeklini alır.

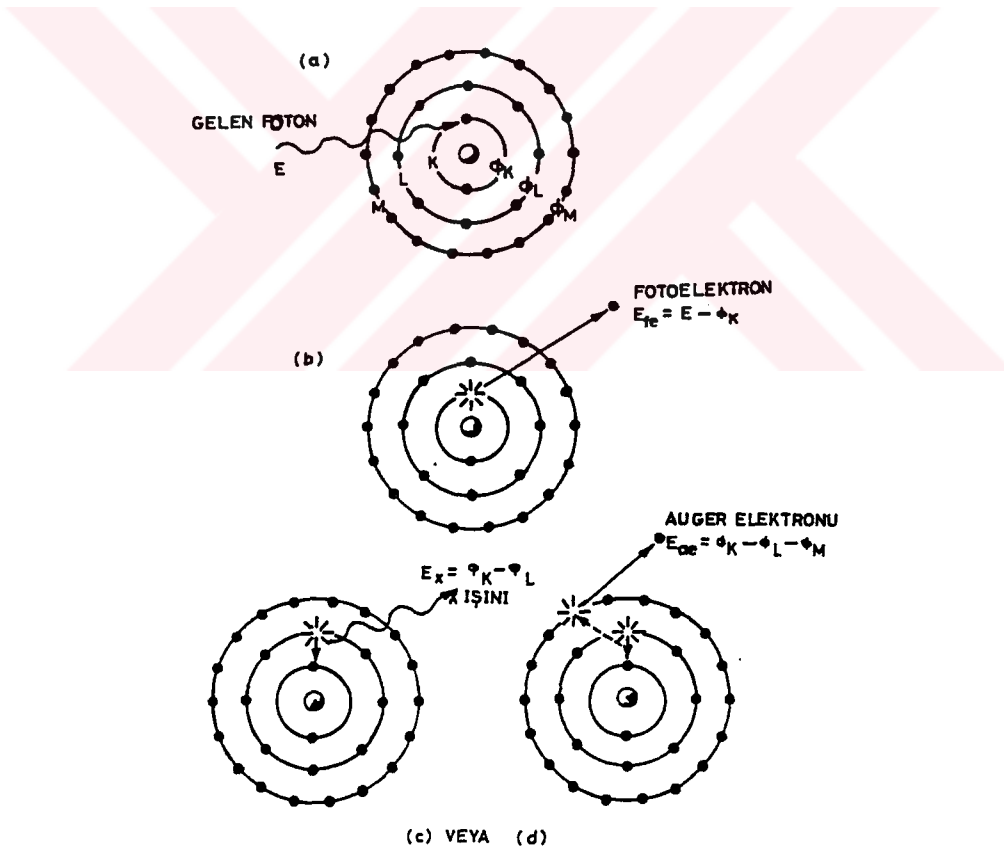
Genel olarak, radyasyonun madde ile etkileşmesini soğurma ve saçılma olayı olarak iki gurup altında toplayabiliriz.

2.1.1. Elektromagnetik Radyasyonun Soğurulması

Elektromagnetik radyasyonun soğurulması çeşitli olaylar sonucu gözlenmekle beraber bu olayların en baskın olanları fotoelektrik olay ve çift oluşumdur. Bu olayların meydana gelmesi ihtimali gelen foton enerjisiyle değişmektedir. Fotoelektrik olayı 0.001 MeV ile 0.5 MeV arasında daha etkindir. Çift oluşum olayı ise 1.02 MeV' den başlar ve artan foton enerjisi ile meydana gelme ihtimali artar.

2.1.1.a. Fotoelektrik Olay

Enerjisi, bir elektronun bağlanma enerjisinden fazla olan bir foton, söz konusu elektronla etkileşirse, elektron fotonun toplam enerjisini soğurarak serbest hale geçebilir. Bu olaya fotoelektrik olay, sökülün elektrona da fotoelektron denir. K tabakası elektronlarından birinin sökülmesi ile sonuçlanan bir fotoelektrik olay Şekil 2.1'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Fotoelektrik olay.

K tabakasından sökülen elektronun kinetik enerjisi,

$$E_K = E - \Phi_K \quad (2.4)$$

şeklinde ifade edilir. Burada E, gelen fotonun enerjisi, Φ_K ise K tabakasındaki elektronun bağlanma enerjisidir. Fotonun enerjisi elektronun bağlanma enerjisine ne kadar yakın ise fotonun soğurulma ihtimali o kadar büyüktür. Foton enerjisi, bağlanma enerjisinden uzaklaştıkça fotoelektrik olayın meydana gelme ihtimali azalır.

K tabakası için fotoelektrik tesir kesiti,

$$\sigma_K = \sigma_T \frac{64 \times (137)^3}{Z^2} \left(\frac{K_{ab}}{E} \right)^{7/2} \quad (2.5)$$

ile verilmiştir⁴⁵. Foton enerjisi, K tabakası soğurma kıyısına yakın ise bağıntı,

$$\sigma_K = \sigma_T 128\pi \frac{(137)^3}{Z^2} \left(\frac{K_{ab}}{E} \right)^4 \frac{e^{-4 \xi \text{Arccot} \xi}}{1 - e^{-2\pi}} \quad (2.6)$$

şeklini alır. Burada ξ ,

$$\xi = \sqrt{\frac{K_{ab}}{E - K_{ab}}}$$

ile verilir. Ayrıca burada σ_T Thomson tesir kesiti, K_{ab} ise K tabakası soğurma kıyısıdır. K tabakasından oluşturulan boşluk, atomun üst tabaka elektronları tarafından doldurulur. Bu işlem sonucu, iki tabakanın bağlanma enerjileri arasındaki fark kadar enerjiye sahip bir foton yayımlanır ve bu foton karakteristik x-ışını olarak adlandırılır. Oluşan karakteristik x-ışını fotonu, atomu her zaman terk etmez. Bu foton atomun dış tabakalarındaki elektronlarından birisi tarafından soğurulabilir. Bu olaya Auger olayı,

sökülen elektrona da Auger elektronu denir.

Herhangi bir tabakada oluşturulan bir boşluğun, karakteristik x-ışını yayımlanarak doldurulması ihtimaline o tabakaya ait floresans verim, Auger elektronu yayımlanarak doldurulması ihtimaline de o tabakaya ait Auger verimi denir. Floresans verim artan atom numarasıyla artarken Auger verimi azalır.

2.1.1.b. Çift Oluşumu

Çift oluşumu, çekirdeğin etki alanına giren bir fotonun bir elektron ile bir pozitrona dönüşmesi olayıdır. Elektronun ve pozitronun kütleleri birbirine eşit, yükleri ise eşit fakat zıt işaretlidir. Bu olay meydana gelirken hem yük hem çizgisel momentum ve hem de toplam enerji korunmuş olur. Bir elektron veya bir pozitronun durgun kütle enerjisi $m_0c^2 = 0.51 \text{ MeV}$ 'dir. Bu nedenle çift oluşumunun olabilmesi için foton enerjisinin en az 1.02 MeV olması gerekir. Çift oluşumunun karşıtı ise bir elektron ile bir pozitronun yan yana gelerek bir foton çifti oluşturmak suretiyle yok olmasıdır. Çift oluşumu bir çekirdek etrafında meydana gelmesine rağmen, bu olayın çekirdek etrafında olması zorunluluğu yoktur.

Çift oluşumu tesir kesiti,

$$\sigma_p = \sigma_0 Z^2 \left[\frac{28}{9} \ln(183Z)^{-1/3} - \frac{2}{27} \right] \quad (2.7)$$

ifadesiyle verilmektedir. Burada,

$$\sigma_0 = \frac{1}{137} \left(\frac{e^2}{m_0 c^2} \right)^2 = 5.796 \cdot 10^{-28} \text{ cm}^2 \quad (2.8)$$

değerinde bir sabittir⁴⁶. Görüldüğü gibi çift oluşumu tesir kesiti Z^2 ile orantılı olarak değişmektedir.

2.1.2. Elektromagnetik Radyasyonun Saçılması

Elektromagnetik radyasyonun madde ile etkileşmesi olaylarından biri olan saçılmayı, saçılan ışının enerjisine göre koherent ve inkoherent saçılma olarak iki grupta toplayabiliriz.

2.1.2.a. Koherent Saçılma

Gelen foton ile saçılan foton arasında enerji farkı olmadan meydana gelen saçılmaya koherent saçılma denir. Bu saçılmada gelen foton ile saçılan foton arasında bir korelasyon mevcuttur.

Atom başına koherent saçılma tesir kesiti,

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{koh}} &= \int_{\theta=0}^{\theta=\pi} d\sigma_{\text{T}}(\theta) [F(x, Z)]^2 \\ &= \frac{3}{8} \sigma_{\text{T}} \int_{-1}^{+1} (1 + \cos^2\theta) [F(x, Z)]^2 d(\cos\theta)\end{aligned}\quad (2.9)$$

ile verilmektedir⁴⁷. Burada σ_{T} , toplam Thomson saçılma tesir kesiti; θ , saçılma açısı; $F(x, Z)$, atomik form faktörü ve x , dalga boyu ve açığa bağlı bir parametredir.

Koherent saçılma, Thomson, Delbrück, Rayleigh ve Nükleer Rezonans saçılmaları olarak sınıflandırılabilir.

2.1.2.b. İnkohorent Saçılma

Gelen foton ile saçılan foton arasında enerji farkı meydana geliyorsa bu tür saçılmaya inkohorent saçılma denir. Yani gelen ve saçılan fotonların dalga boyları ve fazları birbirinden farklıdır.

Atoma ait toplam inkohorent saçılma tesir kesiti

$$\sigma_{\text{ink}} = \int_{\theta=0}^{\theta=\pi} d\sigma_{\text{KN}}(\theta) S(x,Z) \quad (2.10)$$

İle verilir⁴⁷. Burada $d\sigma_{\text{KN}}(\theta)$, Klein-Nishina diferansiyel tesir kesiti $S(x,Z)$ ise inkohorent saçılma fonksiyonudur.

İnkohorent saçılma olarak bilinen üç tip saçılma vardır. Bunlar Compton saçılması, Nükleer saçılma ve Raman saçılmasıdır. Bunların arasında en etkin olanı Compton saçılmasıdır.

2.1.2.b.i. Compton Olayı

Compton saçılması, ışığın tanecikli yapıda olduğunu gösteren olaylardan biridir. Bu saçılmada, gelen foton çok zayıf bağlı veya serbest bir elektron ile etkileşerek enerjisinin bir kısmını kaybeder ve geliş doğrultusundan sapar. Compton saçılması, elektronun bağlanma enerjisinin, gelen fotonun enerjisi yanında ihmal edilecek kadar küçük olduğu durumlarda da meydana gelir.

Compton olayının meydana gelişi Şekil 2.2'de şematik olarak gösterilmiştir. Bu saçılmada enerji ve momentum korunur. Saçılan fotonun enerjisi,

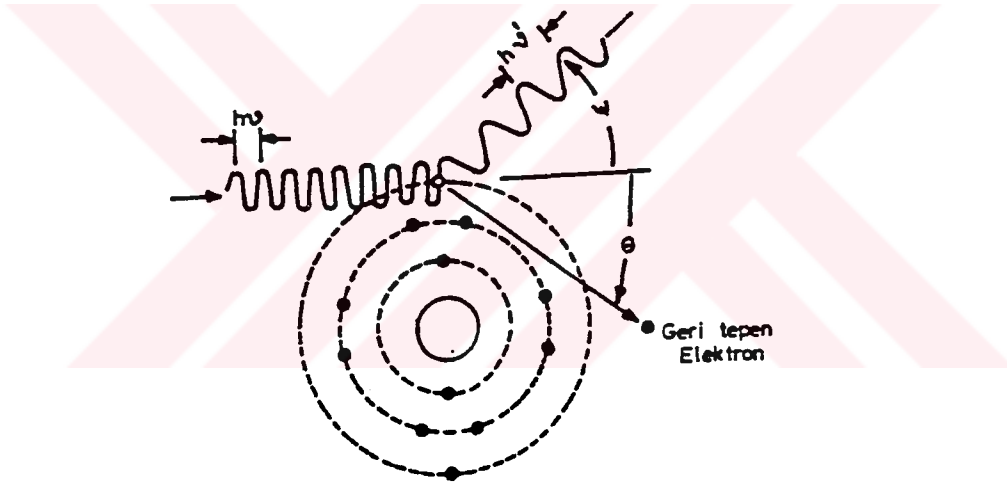
$$E' = \frac{E}{1 + k(1 - \cos\psi)} \quad (2.11)$$

ifadesi ile verilir. Burada E , gelen fotonun enerjisi ve $k=E/m_0c^2$ 'dir. m_0 , elektronun durgun kütlesi ve m_0c^2 , elektronun durgun kütle enerjisidir.

Geri tepen elektronun kinetik enerjisi ise,

$$E_K = E - \frac{E}{1 + k(1 - \cos\psi)} \quad (2.12)$$

ile verilir.



Şekil 2.2 Compton olayı.

2.2. Kuantum Sayıları ve Atomik Yörüngeler

Bohr Atom Teorisine göre her atom, merkezinde bir çekirdek ve çekirdeğin etrafındaki yörüngelerde dolanan elektron veya elektronlardan meydana gelmiştir. Elektronlar çekirdekten uzaklıklarına göre gruplandırılmışlardır. Her belli bir enerji değerine karşılık gelen yörüngede bulunan bir elektron aşağıda verilen kuantum sayılarıyla tanımlanır.

a) Baş kuantum sayısı (n): 1, 2, 3, 4, ... gibi tam sayı değerlerini alır ve yazıldıkları sıra ile K, L, M, N, ... kabuklarına karşılık gelirler. Çekirdek ile elektron arasındaki bağlanma enerjisi kabaca $1/n^2$ ile orantılıdır.

b) Yörüngesel kuantum sayısı (l): Bu kuantum sayısı dalga fonksiyonunun açısal kısmında kullanıldığı için orbitalin şeklini tanımlar. $l = 0, 1, 2, 3, \dots, (n-1)$ değerlerini alır ve yazıldığı sıra ile s, p, d, f, ... alt kabuklarına karşılık gelirler.

c) Yörünge magnetik kuantum sayısı (m_l): Yörünge açısal momentumun magnetik alan üzerindeki iz düşümüdür ve magnetik alanda yörünge yerleşimini gösterir. $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ değerlerini alır.

d) Spin magnetik kuantum sayısı (m_s): Elektron spininin saat yönünde veya ters yönde olduğunu gösterir ve sadece $m_s = \pm 1/2$ değerlerini alır.

e) Toplam açısal kuantum sayısı (j): Elektronun spini ile birlikte yörünge açısal momentumunu belirler. $J = l \pm 1/2$ değerlerini alır.

f) Toplam magnetik kuantum sayısı (m_j): Toplam açısal momentumun magnetik alan üzerindeki iz düşümüdür. $m_j = 1/2$ 'nin tek katlarına eşit $2j+1$ sayıda değer alır.

Bir elektron için n, l ve m_l'nin belirttiği dalga fonksiyonuna orbital denir. Her hangi bir l alt kabuğundaki orbital sayısı (2l + 1) ve herhangi bir n kabuğundaki orbital sayısı ise n² ile verilir

2.3. Tesir Kesiti

Tesir kesiti verilen bir olayın meydana gelme ihtimalinin ölçüsüdür. A yüzeyine ve t kalınlığına sahip ince bir levha üzerine I şiddetinde bir parçacık şuası düşün. σ bir atomu kuşatan etkin alan, n birim hacimdeki atom sayısı olmak üzere, her bir atom olaya σ etkin alanıyla iştirak edeceğinden toplam etkin alan $Ant\sigma$ olur. $nt\sigma = f$ etkin

alan kesri adını alır ve bu şuanın levhadan geçerken şiddetindeki değişimin kesrini temsil eder. Madde üzerine gelen şuanın şiddeti parçacık sayısı ile orantılı olduğundan N parçacıktan N_s tanesi s türündeki olaya katkıda bulunuyorsa tesir kesiti klasik olarak,

$$\sigma = \frac{N_s}{nNt} \quad (2.13)$$

ifadesi ile verilir⁴⁸.

Saçılma meydana geldikten veya atom uyarıldıktan sonra dışarı gönderilen radyasyon çoğu kez izotropik olmayan bir dağılım gösterir. Bu yüzden tesir kesiti farklı açılarda farklı değerler alır. Dolayısıyla geliş doğrultusu ile θ açısı yapacak şekilde, $d\Omega$ katı açısı içinde saniyede saçılan radyasyonun şiddetinin bilinmesi önemlidir. Bunun için açığa bağlı yeni bir tesir kesiti tanımlanır. Bu tesir kesitine diferansiyel tesir kesiti adı verilir ve birim katı açı başına düşen tesir kesiti diye ifade edilir. Herhangi bir etkileşimde diferansiyel saçılma tesir kesiti, θ doğrultusundaki $d\Omega$ katı açısı içinde sayılan radyasyon şiddetinin, gelen radyasyon şiddetine oranının bir ölçüsüdür ve gelen radyasyonun birim katı açı başına saçılma ihtimalini vermektedir.

2.4. Azaltma Katsayıları ve Soğurma Kırılıları

Bölüm 2.1'de tanımlanan lineer azaltma katsayısından faydalanılarak, maddeye ait, kütle azaltma katsayısı, molar azaltma katsayısı, atomik azaltma katsayısı ve elektronik azaltma katsayısına ait ifadeleri elde etmek mümkündür. Maddenin yoğunluğu ρ (g/cm^3) olmak üzere kütle azaltma katsayısı,

$$\mu_K = \frac{\mu}{\rho} \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{g}} \right) \quad (2.14)$$

şeklinde verilir ve radyasyon enerjisinin, birim kütledeki azalma ihtimali olarak tanımlar. Bir mol maddenin, birim kütledeki azaltma ihtimali olarak tanımlanan molar azaltma katsayısı,

$$\mu_{\text{mol}} = \mu_{\text{K}} M \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{mol}} \right) \quad (2.15)$$

ile verilir. Burada M, elementin atomik kütesidir.

Atomik azaltma katsayısı, kütle azaltma katsayısı cinsinden,

$$\mu_{\text{a}} = \mu_{\text{K}} \frac{M}{N_0} \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{atom}} \right) \quad (2.16)$$

şeklinde ifade edilir ve radyasyonun bir atom ile etkileşme ihtimalinin bir ölçüsü olarak tanımlanır. Burada N_0 , Avogadro sayısıdır. Elementlerin yoğunlukları ve barn/atom cinsinden verilen ($1 \text{ barn} = 10^{-24} \text{ cm}^2$) atomik azaltma katsayıları ile cm^2/g olarak verilen kütle azaltma katsayıları arasındaki dönüşüm sabitleri Tablo 2.2'de verilmiştir. Radyasyonun bir elektron ile etkileşme ihtimalinin bir ölçüsü olarak tanımlanan elektronik azaltma katsayısı,

$$\mu_{\text{e}} = \mu_{\text{K}} \frac{M}{N_0 Z} \left(\frac{\text{cm}^2}{\text{elektron}} \right) \quad (2.17)$$

ile verilir. Burada Z, elementin atom numarasıdır.

Yukarıda tanımlanan azaltma katsayıları, ilgili element için toplam azaltma katsayılarıdır. Fotoelektrik olay, saçılma ve çift oluşumu olaylarının üçü de radyasyonun şiddetinde azalmaya sebep olduklarından; toplam kütle azaltma katsayısı, bu olayların kütle azaltma katsayılarının toplamı olarak,

$$\frac{\mu}{\rho} = \frac{\tau}{\rho} + \frac{\sigma}{\rho} + \frac{\kappa}{\rho} \quad (2.18)$$

şeklinde ifade edilir. Burada (τ/ρ) fotoelektrik kütle azaltma katsayısı, (σ/ρ) saçılma kütle azaltma katsayısı (κ/ρ) ise çift oluşumu kütle azaltma katsayısıdır. Toplam fotoelektrik kütle azaltma katsayısı, atomdaki bütün tabakalar için iyonlaşma ihtimalini kapsadığından, bu tabakaların iyonlaşma ihtimallerinin toplamı

$$\left(\frac{\tau}{\rho}\right)_E = \sum_i \left(\frac{\tau}{\rho}\right)_{E,i} \quad (2.19)$$

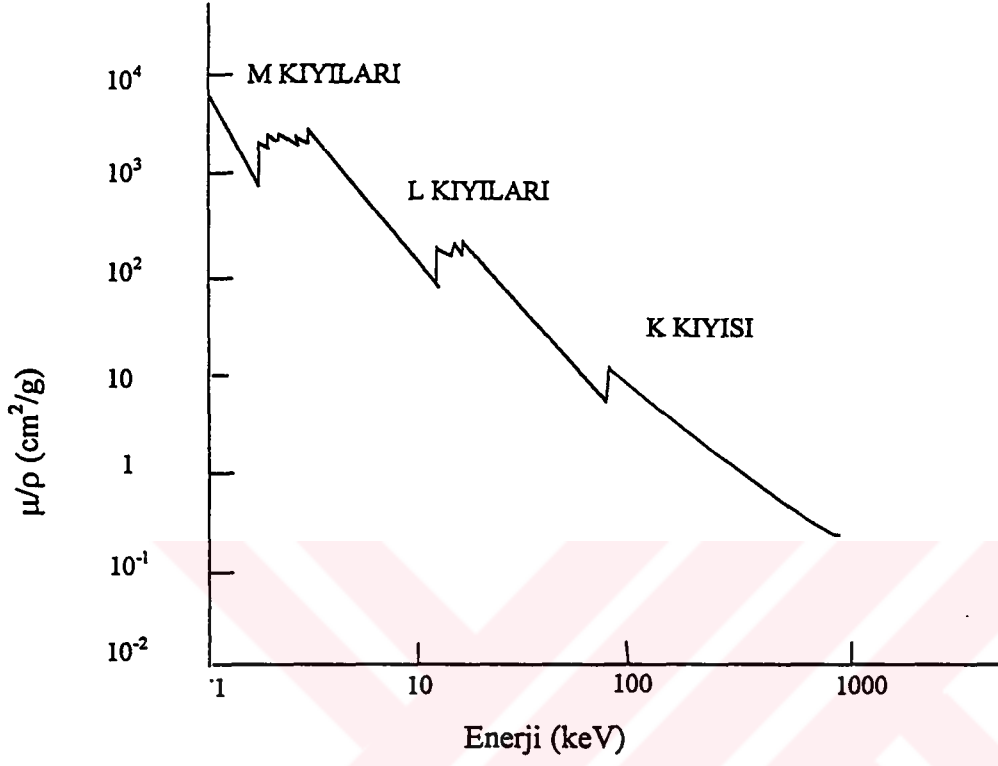
şeklinde ifade edilir. Burada $(\tau/\rho)_{E,i}$ i. elektron seviyesinin ($i=K, L_1, L_{11}, L_{111}, \dots$) E enerjili foton için fotoelektrik kütle azaltma katsayısıdır.

Fotoelektrik etkileşme ihtimali, gelen radyasyonun enerjisi elektronun bağlanma enerjisine yaklaştıkça artmaktadır. Gelen radyasyonun enerjisi elektronun bağlanma enerjisine yaklaşık olarak eşit olduğunda, radyasyonun soğurulması en fazladır. Herhangi bir tabakadan bir elektron sökebilmek için gerekli olan minimum enerjiye, o tabakaya ait soğurma kıyısı denir. Şekil 2.3 μ/ρ 'nun enerji ile değişimini göstermektedir.

Elementlerin K tabakasına ve L ile M alt tabakalarına ait soğurma kıyısı değerleri de Tablo 2.3' de gösterilmiştir. Saf elementlerin homojen karışımından meydana gelmiş bir numunenin toplam kütle azaltma katsayısı,

$$\mu/\rho = \sum_i w_i (\mu/\rho)_i \quad (2.20)$$

ile verilir. Burada w_i ve $(\mu/\rho)_i$, sırasıyla, i. elementin ağırlık kesri ve kütle azaltma katsayısıdır.



Şekil 2.3 Gelen foton enerjisinin fonksiyonu olarak kütle azaltma katsayısı ve soğurma kıyıları.

Tablo 2.2 Elementlerin, atomik azaltma katsayıları (barn/atom) ile kütle azaltma katsayıları (cm^2/g) arasındaki dönüşüm sabitleri ve yoğunlukları⁴⁴.

Element	Z	Dönüşüm Katsayısı	ρ (g/cm^3)	Z/A	Element	Z	Dönüşüm Katsayısı	ρ (g/cm^3)	Z/A
H	1	0.597500	8.375E-05	0.99212	Sb	51	0.004947	6.691E+00	0.41889
He	2	0.150500	1.663E-04	0.49968	Te	52	0.004720	6.240E+00	0.40752
Li	3	0.086790	5.340E-01	0.43221	I	53	0.004746	4.930E+00	0.41764
Be	4	0.066830	1.848E+00	0.44384	Xe	54	0.004587	5.485E-03	0.41130
B	5	0.055710	2.370E+00	0.46245	Cs	55	0.004531	1.873E+00	0.41383
C	6	0.050140	1.700E+00	0.49954	Ba	56	0.004385	3.500E+00	0.40779
N	7	0.043000	1.165E-03	0.49976	La	57	0.004336	6.154E+00	0.41035
O	8	0.037640	1.332E-03	0.50002	Ce	58	0.004298	6.657E+00	0.41395
F	9	0.031700	1.580E-03	0.47372	Pr	59	0.004274	6.710E+00	0.41871
Ne	10	0.029840	8.385E-04	0.49555	Nd	60	0.004175	6.900E+00	0.41597
Na	11	0.026200	9.710E-01	0.47847	Pm	61	0.004153	7.220E+00	0.42094
Mg	12	0.024770	1.740E+00	0.49373	Sm	62	0.004006	7.460E+00	0.41234
Al	13	0.022320	2.699E+00	0.48181	Eu	63	0.003963	5.243E+00	0.41457
Si	14	0.021440	2.330E+00	0.49848	Gd	64	0.003830	7.900E+00	0.40699
P	15	0.019440	2.200E+00	0.48428	Tb	65	0.003790	8.229E+00	0.40900
S	16	0.018780	2.000E+00	0.49897	Dy	66	0.003706	8.550E+00	0.40615
Cl	17	0.016990	2.995E-03	0.47951	Ho	67	0.003652	8.795E+00	0.40623
Ar	18	0.015080	1.662E-03	0.45059	Er	68	0.003601	9.066E+00	0.40655
K	19	0.015400	8.620E-01	0.48595	Tm	69	0.003565	9.321E+00	0.40844
Ca	20	0.015030	1.550E+00	0.49903	Yb	70	0.003480	6.730E+00	0.40453
Sc	21	0.013400	2.989E+00	0.46712	Lu	71	0.003442	9.840E+00	0.40579
Ti	22	0.012570	4.540E+00	0.45948	Hf	72	0.003374	1.331E+01	0.40338
V	23	0.011820	6.110E+00	0.45150	Ta	73	0.003328	1.665E+01	0.40343
Cr	24	0.011580	7.180E+00	0.46157	W	74	0.003276	1.930E+01	0.40250
Mn	25	0.010960	7.440E+00	0.45506	Re	75	0.003234	2.102E+01	0.40278
Fe	26	0.010780	7.874E+00	0.46556	Os	76	0.003166	2.257E+01	0.39958
Co	27	0.010220	8.900E+00	0.45815	Ir	77	0.003133	2.242E+01	0.40058
Ni	28	0.010260	8.902E+00	0.47708	Pt	78	0.003087	2.145E+01	0.39984
Cu	29	0.009478	8.960E+00	0.45636	Au	79	0.003058	1.932E+01	0.40108
Zn	30	0.009213	7.133E+00	0.45879	Hg	80	0.003002	1.355E+01	0.39882
Ga	31	0.008638	5.904E+00	0.44462	Tl	81	0.002947	1.172E+01	0.39631
Ge	32	0.008297	5.323E+00	0.44071	Pb	82	0.002907	1.135E+01	0.39575
As	33	0.008038	5.730E+00	0.44046	Bi	83	0.002882	9.747E+00	0.39717
Se	34	0.007627	4.500E+00	0.43060	Po	84	0.002868	9.320E+00	0.40195
Br	35	0.007537	7.072E-03	0.43803	At	85	0.002868	1.000E+01	0.40479
Kr	36	0.007187	3.478E-03	0.42959	Rn	86	0.002713	9.066E-03	0.38736
Rb	37	0.007046	1.532E+00	0.43291	Fr	87	0.002701	1.000E+01	0.39010
Sr	38	0.006873	2.540E+00	0.43369	Ra	88	0.002665	5.000E+00	0.38934
Y	39	0.006774	4.469E+00	0.43867	Ac	89	0.002653	1.007E+01	0.39202
Zr	40	0.006602	6.506E+00	0.43848	Th	90	0.002595	1.172E+01	0.38787
Nb	41	0.006482	8.570E+00	0.44130	Pa	91	0.002607	1.537E+01	0.39388
Mo	42	0.006277	1.022E+01	0.43777	U	92	0.002530	1.895E+01	0.38651
Tc	43	0.006083	1.150E+01	0.43919	Np	93	0.002541	-	-
Ru	44	0.005959	1.241E+01	0.43534	Pu	94	0.002489	-	-
Rh	45	0.005853	1.241E+01	0.43729	Am	95	0.002478	-	-
Pd	46	0.005660	1.202E+01	0.43225	Cm	96	0.002438	-	-
Ag	47	0.005583	1.050E+01	0.43572	Bk	97	0.002419	-	-
Cd	48	0.005358	8.650E+00	0.42700	Cf	98	0.002399	-	-
In	49	0.005245	7.310E+00	0.42676	Es	99	0.002371	-	-
Sn	50	0.005074	7.310E+00	0.42120	Fm	100	0.002380	-	-

Tablo 2.3 Elementlerin K tabakasına ve L ile M alt tabakalarına ait soğurma kıyısı (keV) değerleri⁴⁰.

Element	Z	K	L _I	L _{II}	L _{III}	M _I	M _{II}	M _{III}	M _{IV}	M _V
H	1	0.014	-	-	-	-	-	-	-	-
He	2	0.025	0.001	-	-	-	-	-	-	-
Li	3	0.055	0.003	0.001	0.001	-	-	-	-	-
Be	4	0.111	0.006	0.002	0.002	-	-	-	-	-
B	5	0.118	0.009	0.004	0.004	-	-	-	-	-
C	6	0.284	0.013	0.005	0.005	-	-	-	-	-
N	7	0.400	0.018	0.007	0.007	-	-	-	-	-
O	8	0.533	0.024	0.009	0.009	-	-	-	-	-
F	9	0.687	0.032	0.012	0.012	-	-	-	-	-
Ne	10	0.867	0.045	0.018	0.018	0.001	-	-	-	-
Na	11	1.073	0.063	0.032	0.032	0.002	-	-	-	-
Mg	12	1.305	0.088	0.050	0.050	0.003	-	-	-	-
Al	13	1.560	0.118	0.073	0.073	0.005	-	-	-	-
Si	14	1.839	0.151	0.099	0.100	0.007	0.001	0.001	-	-
P	15	2.144	0.188	0.130	0.130	0.010	0.002	0.002	-	-
S	16	2.472	0.227	0.165	0.165	0.014	0.004	0.004	-	-
Cl	17	2.824	0.270	0.203	0.202	0.018	0.007	0.007	-	-
Ar	18	3.203	0.320	0.247	0.245	0.025	0.012	0.012	-	-
K	19	3.607	0.377	0.296	0.294	0.034	0.018	0.018	-	-
Ca	20	4.037	0.438	0.350	0.346	0.044	0.025	0.025	-	-
Sc	21	4.491	0.500	0.406	0.401	0.053	0.032	0.032	-	-
Ti	22	4.966	0.563	0.462	0.456	0.060	0.035	0.035	-	-
V	23	5.465	0.628	0.521	0.513	0.066	0.038	0.038	-	-
Cr	24	5.989	0.696	0.584	0.575	0.074	0.042	0.042	0.001	0.001
Mn	25	6.539	0.769	0.651	0.640	0.084	0.047	0.047	0.002	0.002
Fe	26	7.112	0.846	0.721	0.708	0.093	0.053	0.053	0.003	0.003
Co	27	7.709	0.926	0.794	0.779	0.101	0.060	0.060	0.004	0.004
Ni	28	8.332	1.008	0.871	0.854	0.111	0.067	0.067	0.005	0.005
Cu	29	8.981	1.096	0.953	0.933	0.122	0.074	0.074	0.007	0.007
Zn	30	9.659	1.193	1.043	1.020	0.138	0.088	0.087	0.010	0.010
Ga	31	10.367	1.300	1.142	1.115	0.158	0.106	0.103	0.017	0.017
Ge	32	11.104	1.413	1.248	1.217	0.180	0.126	0.121	0.028	0.028
As	33	11.867	1.530	1.359	1.323	0.204	0.146	0.140	0.041	0.041
Se	34	12.658	1.652	1.475	1.434	0.230	0.168	0.161	0.055	0.055
Br	35	13.474	1.782	1.597	1.551	0.257	0.191	0.184	0.072	0.071
Kr	36	14.323	1.921	1.727	1.675	0.288	0.219	0.210	0.091	0.090
Rb	37	15.200	2.065	1.863	1.805	0.322	0.248	0.239	0.112	0.110
Sr	38	16.105	2.216	2.007	1.940	0.358	0.280	0.269	0.135	0.133
Y	39	17.038	2.373	2.155	2.079	0.394	0.312	0.299	0.158	0.156
Zr	40	17.998	2.533	2.307	2.223	0.430	0.344	0.330	0.182	0.180
Nb	41	18.986	2.698	2.464	2.370	0.467	0.377	0.361	0.206	0.204
Mo	42	20.000	2.867	2.625	2.521	0.505	0.410	0.392	0.230	0.228
Tc	43	21.044	3.043	2.793	2.677	0.545	0.445	0.426	0.256	0.253
Ru	44	22.117	3.224	2.967	2.838	0.585	0.483	0.461	0.284	0.280
Rh	45	23.220	3.412	3.146	3.004	0.627	0.521	0.496	0.312	0.307
Pd	46	24.350	3.605	3.330	3.174	0.670	0.559	0.532	0.340	0.335
Ag	47	25.514	3.806	3.524	3.351	0.718	0.602	0.571	0.373	0.367
Cd	48	26.711	4.018	3.727	3.537	0.770	0.651	0.616	0.410	0.404
In	49	27.940	4.238	3.938	3.730	0.826	0.702	0.664	0.451	0.443
Sn	50	29.200	4.465	4.156	3.929	0.884	0.756	0.714	0.493	0.485

Tablo 2.3 'ün devamı.

Element	Z	K	L _I	L _{II}	L _{III}	M _I	M _{II}	M _{III}	M _{IV}	M _V
Sb	51	30.491	4.698	4.381	4.132	0.944	0.812	0.766	0.537	0.528
Te	52	31.814	4.939	4.612	4.341	1.006	0.870	0.819	0.583	0.572
I	53	33.170	5.188	4.852	4.557	1.072	0.931	0.876	0.633	0.619
Xe	54	34.561	5.445	5.102	4.782	1.143	0.997	0.936	0.686	0.672
Cs	55	35.985	5.713	5.360	5.012	1.217	1.065	0.998	0.740	0.726
Ba	56	37.441	5.987	5.623	5.247	1.291	1.135	1.061	0.794	0.780
La	57	38.925	6.266	5.891	5.484	1.363	1.204	1.124	0.848	0.832
Ce	58	40.443	6.549	6.164	5.723	1.435	1.273	1.185	0.901	0.883
Pr	59	41.991	6.835	6.440	5.964	1.505	1.337	1.242	0.951	0.931
Nd	60	43.569	7.128	6.722	6.208	1.575	1.403	1.298	1.001	0.978
Pm	61	45.184	7.428	7.013	6.459	1.648	1.471	1.357	1.052	1.027
Sm	62	46.834	7.736	7.312	6.716	1.723	1.541	1.419	1.106	1.078
Eu	63	48.519	8.052	7.618	6.977	1.800	1.614	1.481	1.161	1.131
Gd	64	50.239	8.375	7.930	7.243	1.881	1.688	1.544	1.217	1.185
Tb	65	51.996	8.708	8.252	7.514	1.963	1.765	1.610	1.274	1.240
Dy	66	53.788	9.046	8.580	7.790	2.046	1.842	1.676	1.332	1.295
Ho	67	55.618	9.394	8.918	8.072	2.130	1.923	1.743	1.392	1.351
Er	68	57.486	9.752	9.264	8.358	2.217	2.006	1.812	1.453	1.409
Tm	69	59.390	10.116	9.617	8.648	2.306	2.090	1.881	1.515	1.468
Yb	70	61.332	10.489	9.978	8.943	2.398	2.175	1.950	1.577	1.528
Lu	71	63.316	10.874	10.349	9.245	2.494	2.264	2.024	1.641	1.591
Hf	72	65.345	11.272	10.739	9.560	2.600	2.364	2.108	1.716	1.662
Ta	73	67.416	11.680	11.136	9.880	2.709	2.469	2.194	1.793	1.735
W	74	69.525	12.098	11.541	10.204	2.820	2.575	2.281	1.871	1.809
Re	75	71.676	12.528	11.957	10.534	2.934	2.682	2.368	1.950	1.883
Os	76	73.871	12.969	12.385	10.871	3.052	2.792	2.457	2.031	1.960
Ir	77	76.111	13.419	12.824	11.215	3.173	2.908	2.551	2.116	2.040
Pt	78	78.395	13.880	13.273	11.564	3.297	3.027	2.645	2.202	2.122
Au	79	80.725	14.353	13.734	11.919	3.425	3.150	2.743	2.291	2.206
Hg	80	83.102	14.842	14.209	12.283	3.562	3.280	2.847	2.285	2.295
Tl	81	85.530	15.346	14.697	12.656	3.704	3.416	2.956	2.485	2.389
Pb	82	88.004	15.861	15.200	13.035	3.851	3.554	3.066	2.586	2.484
Bi	83	90.526	16.391	15.714	13.420	4.000	3.696	3.177	2.689	2.581
Po	84	93.105	16.936	16.244	13.814	4.156	3.849	3.295	2.798	2.683
At	85	95.730	17.491	16.785	14.214	4.317	4.006	3.416	2.909	2.787
Rn	86	98.404	18.055	17.337	14.619	4.482	4.164	3.538	3.022	2.892
Fr	87	101.137	18.639	17.904	15.030	4.652	4.325	3.664	3.136	3.000
Ra	88	103.922	19.237	18.484	15.446	4.824	4.490	3.791	3.253	3.109
Ac	89	106.759	19.845	19.083	15.870	5.002	4.658	3.918	3.371	3.219
Th	90	109.651	20.466	19.693	16.300	5.182	4.830	4.046	3.490	3.332
Pa	91	112.601	21.105	20.314	16.733	5.364	5.003	4.174	3.609	3.442
U	92	115.606	21.759	20.948	17.170	5.548	5.181	4.304	3.728	3.552
Np	93	118.670	22.427	21.600	17.613	5.735	5.366	4.435	3.850	3.664
Pu	94	121.797	23.109	22.270	18.063	5.927	5.555	4.568	3.973	3.778
Am	95	124.990	23.812	22.958	18.519	6.122	5.748	4.703	4.100	3.894
Cm	96	128.253	24.535	23.663	18.982	6.322	5.945	4.839	4.230	4.012
Bk	97	131.590	25.275	24.385	19.452	6.526	6.147	4.977	4.364	4.132
Cf	98	135.005	26.030	25.125	19.929	6.735	6.353	5.117	4.502	4.254
Es	99	138.502	26.803	25.883	20.414	6.949	6.564	5.259	4.644	4.378
Fm	100	142.085	27.594	26.659	20.907	7.168	6.780	5.403	4.790	4.504

2.5. Soğurma Kıyısının Tabiatı

Soğurma kıyısı genellikle üç bölgede incelenir⁴⁹.

1- **XAMES** (x-ray absorption main edge structure): Ana kıyı olarak isimlendirilen bu bölge herhangi bir ince yapı içermez. Soğurma limitinin alt ve üst tarafında 10 eV' a kadar bir genişleme olur. Düşük foton enerjileri için yüksek tesir kesiti mevcuttur. Soğurma katsayısında kuvvetli bir değişiklik vardır⁴⁹.

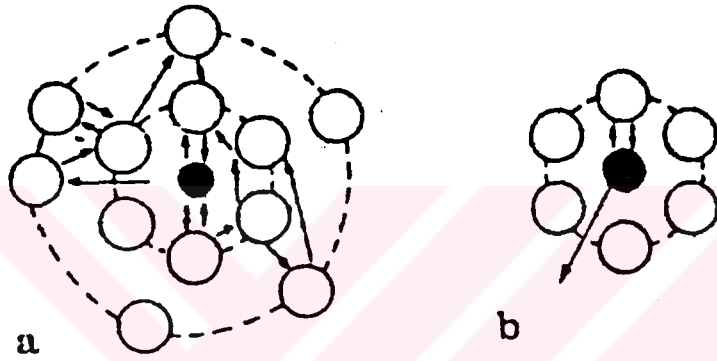
2- **XANES** (x-ray absorption near edge structure): Yakın kıyı yapısı olarak isimlendirilir. Ana kıyının yüksek enerji bölgesinde (10–40) eV arasında genişlemenin olduğu bir bölgedir. Şekil 2.4.a' da görüldüğü gibi bu bölgenin oluşumuna kopan fotoelektronların çoklu saçılmaları neden olur. Çoklu saçılmalar, saçılmanın olduğu atomların atomik pozisyonlarına bağlıdır ve kopan fotoelektronların dalga boyu iç atomlar arası mesafeden büyüktür. Her madde için bu bölgenin genişliği değişir. XANES bölgesi bize koordinasyon geometrisi ve bağ açıları hakkında bilgi verir⁴⁹.

3- **EXAFS** (extended x-ray absorption fine structure): Genişlemiş ince yapı, maddeyi geçen şiddetin dalgalanması ya da soğurma katsayısının dalgalanması olarak isimlendirilen bu bölge, ana kıyının hemen üzerinde (40–1500) eV arasında genişlemenin olduğu bir bölgedir⁴⁹. Bu bölge bize merkez atomun yakın bölgesi hakkında, koordinasyon sayısı ve iç atomlar arası mesafeler hakkında bilgiler verir⁴⁹. Bu bölgenin oluşumuna, XANES bölgesinin aksine, koparılan fotoelektronların tekli saçılmaları sebep olur (Şekil 2.4.b). Koparılan fotoelektron dalgası en yakın komşu atomdan geri saçılarak kendisiyle girişim yapar. Bu girişim başlangıç durumundaki fotoelektron dalga fonksiyonunu değiştirir. Girişim yapıcı ise dalga fonksiyonunda bir artma, yıkıcı ise bir azalma olur. Dalga fonksiyonundaki bu değişim soğurmayı değiştirir⁴⁹. Şekil 2.5.a yıkıcı girişimi, Şekil 2.5.b ise yapıcı girişimi göstermektedir.

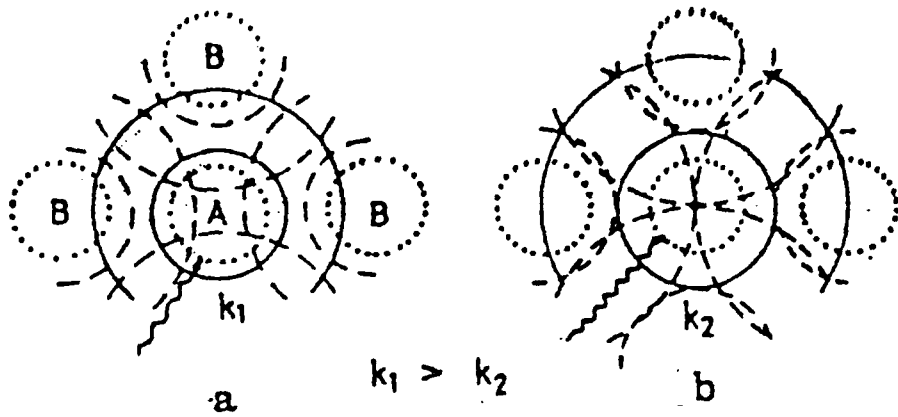
EXAFS bir girişim etkisidir. Titreşimin fazı, geri saçılmanın olduğu atomların merkez atoma olan uzaklığına bağlıdır. Kısa mesafeler büyük titreşimler verir. Ayrıca EXAFS' nin genişliği de yakın komşu atomlarının sayısına bağlıdır. Atom sayısı

artıkça genişlik artmaktadır⁴⁹. Şekil 2.6, Cu' nun K soğurma kıyısında genişlemiş ince yapıyı göstermektedir.

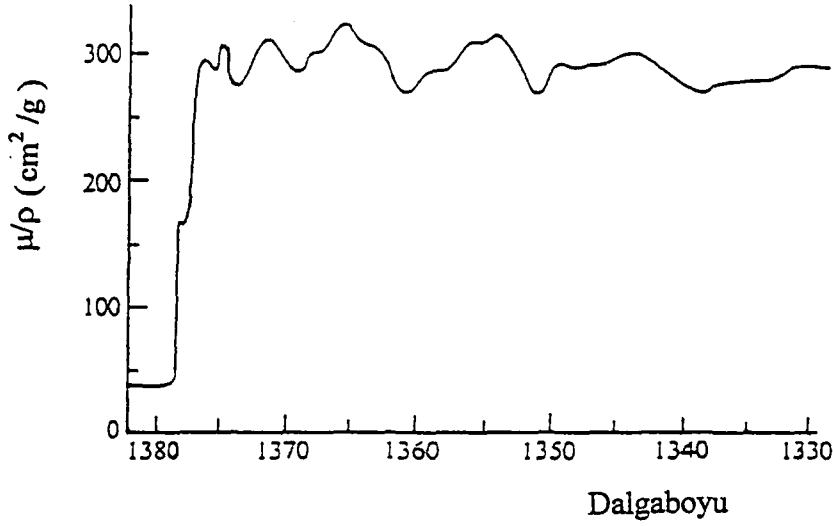
EXAFS' nin zaman aralığı atomik titreşimlerden daha kısadır. Dolayısıyla EXAFS' ye biz, atomik konfigürasyonun bir anlık resmi olarak bakabiliriz.



Şekil 2.4.a; fotoelektronların çoklu saçılmaları, b; fotoelektronların tekli saçılmaları.



Şekil 2.5.a; fotoelektronların yıkıcı girişimi, b; fotoelektronların yapıcı girişimi.



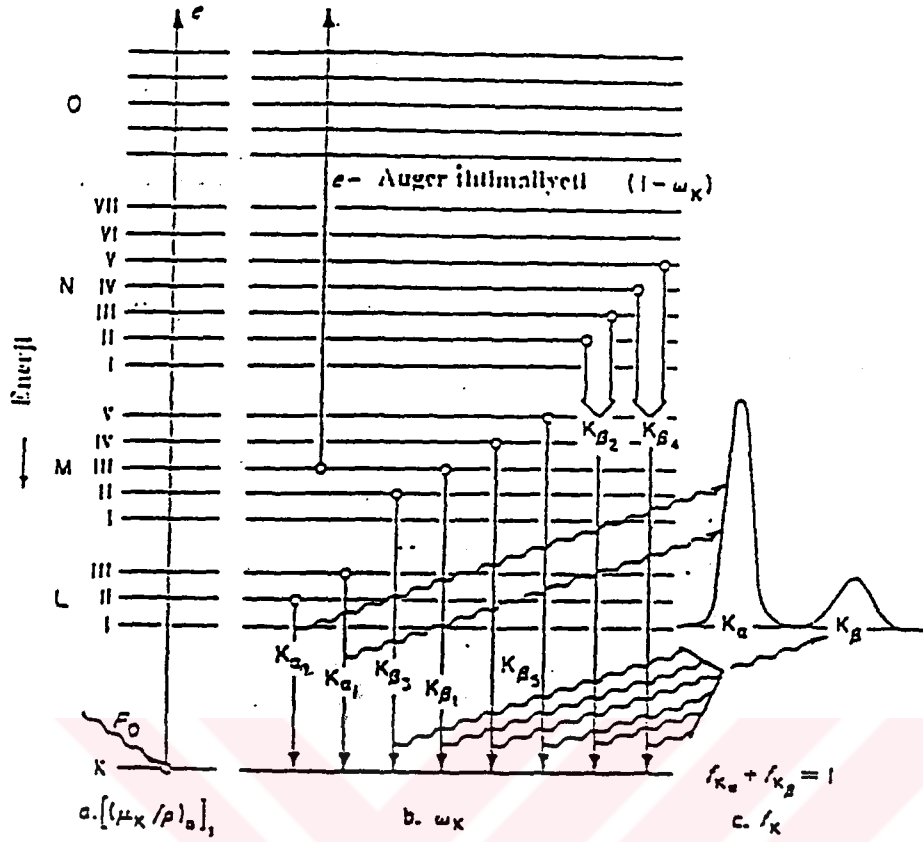
Şekil 2.6 Cu'nun K soğurma kıyısındaki genişlemiş ince yapı.

2.6. Karakteristik X-Işınlarnın Oluşumu ve Enerji Seviyeleri

Bir atomdan herhangi bir yolla elektron sökülürse atom iyonlaştırılmış olur. Bu iyonlaşma genellikle; hızlandırılmış elektronlarla, proton, nötron ve α -parçacıklarıyla, x-ışını tüpünden yayımlanan x-ışınları ile, radyoizotop kaynak tarafından yayımlanan fotonlarla ve sekonder x-ışınları ile meydana getirilir.

Atomun herhangi bir tabakasından sökülen elektronun yerine yaklaşık 10^{-8} saniye içerisinde üst tabakalardan bir elektron geçer. Bu geçişten bir foton yayımlanır. İç tabakalar arasındaki elektron geçişinden yayımlanan bu fotona, o elementin karakteristik x-ışını fotonu veya karakteristik x-ışını denir. Bu durum Şekil 2.7'de şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca Tablo 2.4'de Siegbahn gösterimleri verilmiştir.

Bir foton tarafından, atomun K tabakasından bir elektron söküldüğünde, oluşan boşluk L, M, N, ... tabakalarındaki elektronlar tarafından doldurulur. Bu boşluk L tabakasından doldurulursa meydana gelen karakteristik x-ışını K_{α} , diğer üst tabakalardaki elektronlar tarafından doldurulursa meydana gelen karakteristik x-ışını K_{β} olarak adlandırılır.



Şekil 2.7 Atomlarda elektron geçişlerinin ve karakteristik x-ışını yayımlanmasının şematik gösterimi.

Tablo 2.4 Siegbahn Gösterimleri.

Siegbahn Gösterimi	Tabakalar Arası Geçiş	Siegbahn Gösterimi	Tabakalar Arası Geçiş
Kα ₂	KL _{II}	Lγ ₁₃	L _I P _{II:III}
Kα ₁	KL _{III}	Lη	L _{II} M _I
Kβ ₃	KM _{II}	Lβ ₁	L _{II} M _{IV}
Kβ ₁	KM _{III}	Lγ ₅	L _{II} N _I
Kβ ₂	KN _{II}	Lγ ₁	L _{II} N _{IV}
Kβ ₅	KN _{III}	Lγ ₈	L _{II} O _I
Kβ ₅	KM _{IV.V}	Lγ ₆	L _{II} O _{IV}
Kβ ₄	KN _{IV.V}	L/	L _{III} M _I
Lβ ₄	L _I M _I	Lα ₂	L _{III} M _{IV}
Lβ ₃	L _I M _{III}	Lα ₁	L _{III} M _V
Lγ ₂	L _I N _{II}	Lβ ₆	L _{III} N _I
Lγ ₃	L _I N _{III}	Lβ ₁₅	L _{III} N _{IV}
Lγ ₄	L _I O _{II}	Lβ ₂	L _{III} N _V
Lγ ₄	L _I O _{III}	Lβ ₇	L _{III} O _I

2.7. Floresans Verimi ve Coster-Kronig Geçişleri

Atomun tabaka veya alt tabaka floresans verimi, tabaka veya alt tabakada herhangi bir yolla meydana getirilmiş bir boşluğun karakteristik x-ışını yayımlanarak doldurulması ihtimalidir. Atomda bir boşluk meydana getirilmiş ise o atom uyarılmış haldedir. Uyarılmış halin ortalama ömrü τ ise, halin tabii çizgi genişlemesine göre toplam seviye genişliği, belirsizlik ilkesine göre, $\Gamma = h / \tau$ ile verilir. Ayrıca Γ_R , ışımalı kısmi genişliği (geçiş hızlarının toplamı) ve Γ , toplam seviye genişliği olmak tuzere ω floresans verimi,

$$\omega = \frac{\Gamma_R}{\Gamma} \quad (2.21)$$

ile verilir⁵⁰. Bir atomda, herhangi bir yolla K tabakasında oluşturulan bir boşluğun karakteristik x-ışını yayımlanarak doldurulması ihtimaliyetine K tabakasına ait floresans verim denir ve

$$\omega_K = \frac{I_K}{n_K} \quad (2.22)$$

ile verilir. Burada I_K , numuneden yayımlanmış K x-ışınlarının toplam sayısı ve n_K , K tabakasında meydana gelen boşlukların sayısıdır. Daha yüksek atomik tabakaların ortalama floresans verimlerinin tarifi iki sebepten dolayđ daha karmařıktır⁵⁰.

1- K tabakasının haricindeki tabakalar birden fazla alt tabakadan meydana gelmiştir. Ortalama floresans verimi tabakaların iyonize ediliş şekillerine bağlıdır. Çünkü farklı iyonizasyon metotları farklı boşluk dağılımlarını ortaya çıkarır. Bu nedenle ortalama floresans verim ancak belli boşluk dağılımları için tarif edilebilir.

2- Ayrıca alt tabakalara sahip tabakalarda Coster-Kronig geçişleri söz konusudur. Bu geçişler, aynı baş kuantum sayısına sahip alt tabakalar arasında elektron veya boşluk geçişleridir.

Herhangi bir yol ile x tabakasının x_i alt tabakasında meydana getirilmiş bir boşluğun daha yüksek x_j alt tabakasına geçmesi ihtimali f_{ij}^x ile gösterilir. Mesela, f_{12}^x Coster-Kronig geçişi $2P_{1/2}$ (L_2 alt tabakası)' den $2S_{1/2}$ (L_1 alt tabakası)'ye bir elektronun geçiş ihtimalidir. Coster-Kronig geçişleri ışıklı ve ışısız olmak üzere iki kısımdan ibarettir. Bunlar f_{ij}^x 'in ışıklı bir kısım olan $f_{ij}^x(R)$ ve f_{ij}^x 'in ışısız kısmı olan $f_{ij}^x(A)$ dır. $f_{ij}^x(R) \ll f_{ij}^x(A)$ ' dır ve x tabakasının i ve j alt tabakaları arasındaki Coster-Kronig geçişi,

$$f_{ij}^x = f_{ij}^x(R) + f_{ij}^x(A) \quad (2.23)$$

ile verilmektedir⁵⁰. Coster-Kronig geçişlerinin olmaması durumunda x tabakası için ortalama floresans verimi,

$$\bar{\omega}_x = \sum_{i=1}^k N_i^x \omega_i^x \quad (2.24)$$

olarak yazılabilir. Burada N_i^x , x tabakasının i. alt tabakasındaki ana (başlangıçta elektron sökülmesi ile meydana gelen) boşlukların relatif sayısı ω_i^x , x tabakasının i. alt tabakasına ait floresans verim olup $N_i^x \omega_i^x$, i. alt tabakadan bir ışın yayımlanması ihtimalidir. Ayrıca denklemde,

$$N_i^x = \frac{n_i^x}{\sum_{i=1}^k n_i^x} \quad \text{ve} \quad \sum_{i=1}^k N_i^x = 1 \quad (2.25)$$

dir. Denklem (2.24) ve (2.25)' deki toplamlar, x tabakasının bütün alt tabakaları üzerindedir. x tabakası boşluklarının (bütün alt tabakalarda) toplam sayısı,

$$n_x = \sum_{i=1}^k n_i^x \quad (2.26)$$

ile gösterilir. Bu durumda x tabakası ortalama floresans verimi,

$$\bar{\omega} = \frac{I_x}{n_x} \quad (2.27)$$

şeklinde verilir. Burada I_x , yayımlanmış karakteristik x-ışını fotonlarının sayısıdır.

2.8. Auger Olayı

Atomlarda herhangi bir yolla meydana getirilen bir boşluk diğer üst tabaka elektronları tarafından ışımalı olarak doldurulabildiği gibi ışımasız olarak da doldurulabilir. Auger olayında yayımlanan ışın atomun üst tabaka elektronlarından birini daha söker ve böylelikle atom iki kere iyonlaşmış duruma geçer. Bu olay bir iç dönüşüm olayı olup sökülen elektrona Auger elektronu denir.

Herhangi bir x tabakasının x_i tabakasına ait Auger verimi bu alt tabakada meydana getirilmiş bir boşluğun diğer üst tabaka elektronları tarafından ışımasız geçiş ile doldurulması ihtimali olarak tarif edilir ve a_i^x şeklinde gösterilir. Buna göre Auger verimi, Floresans verim ve Coster - Kronig verimleri arasında,

$$\omega_i^x + a_i^x + \sum_{j=i+1}^k f_{ij}^x = 1 \quad (2.28)$$

ile verilen bir bağıntı vardır⁵⁰. Bu olayların meydana gelişi şematik olarak Şekil 2.8' de gösterilmiştir. (2.28) bağıntısı K tabakası için,

$$\omega_k + a_k = 1 \quad (2.29)$$

şeklinde yazılır. Herhangi bir tabakaya ait ortalama Auger verimi (\bar{a}_x),

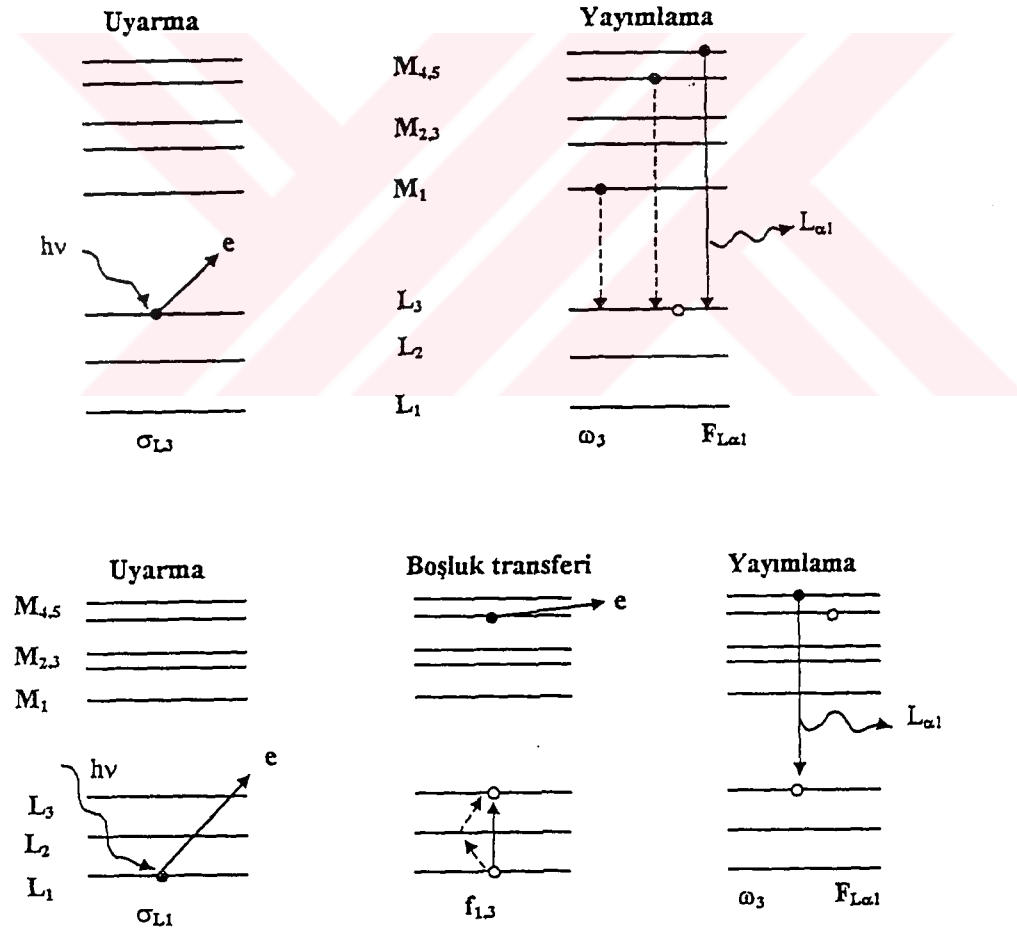
$$\bar{a}_x = \sum_{i=1}^k V_i^x a_i^x \quad (2.30)$$

şeklindedir. Burada V_i^x belli bir boşluk dağılımı için bir tabakanın ortalama floresans

verimi ($\bar{\omega}_x$) ile ortalama Auger verimi (\bar{a}_x) arasındaki bağıntı

$$\bar{\omega}_x + \bar{a}_x = 1 \quad (2.31)$$

şeklindedir⁵⁰.



Şekil 2.8. Floresans olayı ve Coster –Kronig geçişleri.

2.9. Kimyasal Etkiyi Açıklamaya Yarayan Temel Kavramlar

Valans Bağ Teorisi: Bağda genel bir moleküler orbital mevcut değildir. Bağ, her atomdan alınan birer orbitalin birleşmesiyle oluşur. Bir atomun orbitalindeki çiftlenmemiş elektron, diğer atomun orbitalindeki çiftlenmemiş elektronla etkileşir. Bu etkileşimde iki elektron karşılıklı olarak birbirlerinin yerini alabilirler. Etkileşme sonucunda sistemde meydana gelen enerji azalması bağ etkisini meydana getirir ve bu teoride molekülü meydana getiren atomlar, orijinal karakterlerinin büyük bir kısmını korur⁵¹.

Kristal Alan Teorisi: Kimyasal bileşiklerin Valans Bağ Teorisine göre açıklanamayan bazı özelliklerini açıklayabilmek için 1929'da Bethe tarafından ortaya atılmıştır. Kristal Alan Teorisi, kompleks yapıcı ile ligand arasındaki elektrostatik etkileşme düşüncesine dayandırılmıştır⁵². Kristal Alan Teorisi, merkez atomuyla ligand arasındaki bağı tamamen iyonik kabul eder⁵³.

Ligand Alan Teorisi: Kristal Alan Teorisi komplekslerin bazı özelliklerini tam olarak açıklayamamıştır. Bu durum Ligand Alan Teorisinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Ligand Alan Teorisi, Kristal Alan Teorisinin değiştirilmiş şeklidir⁵⁴. Kristal Alan Teorisinde, sadece ligandlar tarafından oluşturulan alan dikkate alınırken, ligand elektronlarının etkileri ihmal edilir. Ligand Alan Teorisinde merkez atomu ile ligand alanı arasında π bağı söz konusudur. Bu bağ, merkez atomun bir d orbitaliyle ligand atomunun belirli bir orbitali arasında meydana gelir ve bağın elektronları merkez atomu tarafından sağlanır.

Moleküler Orbital Teori: Daha önceki teorilerle anlaşılamayan bazı özellikleri izah etmek için geliştirilmiştir. Dalga mekaniği açısından değerlilik orbitali, iki atomlu moleküllerde, her iki A ve B çekirdeklerine ait orbital olarak tarif edilir. Bu orbital de moleküler orbital olarak tanımlanır. Moleküler orbitaller, bağ orbitalleri (σ), Anti-bağ orbitalleri (σ^*) ve bağ yapmayan orbitaller olarak üç gruba ayrılır. Bağ yapmayan orbitaller merkez atomun orbitalleridir. Moleküler orbitaller atomik orbitallerin

birleşmesiyle meydana gelir ve molekülü meydana getiren atomların çekirdekleri birbirlerinden uzaklaştırdıkları zaman tekrar atomik orbitallere ayrılır.

Elektronegatiflik: Bir atomun bir kimyasal bağda (molekülde) elektronları çekme kabiliyetidir. Molekül içerisinde, atomların elektron çekme kabiliyetlerinin kantitatif bir ölçüsü, her atomun iyonlaşma enerjisi ile elektron ilgisinin ortalaması alınarak elde edilebilir. Ancak çok az elementin elektron ilgisi ölçülebilmektedir. Bağ oluşturan atomların hangisinin elektron alacağı hangisinin elektron vereceği, ne iyonlaşma enerjisi ne de elektron ilgisiyle açıklanabilir.

Elektron İlgisi: Gaz fazındaki nötral bir atomun bir elektron aldığı zaman ortaya çıkardığı enerjiye elektron ilgisi denir. Atom numarası küçük atomun elektron ilgisi, büyük atom numaralı olandan daha da fazladır. Bu durum, küçük atom numaralı atoma katılan elektronun çekirdeğe daha yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Elektron ilgisi, bu fazla elektronun atoma ne kadar sıkı bağlandığının bir ölçüsüdür.

Koordinasyon Sayısı: Bir koordinasyon bileşiğinde merkez atoma bağlanan atomların sayısına, o bileşiğin koordinasyon sayısı denir. Bu sayı 2 ile 12 arasında değişir. En çok rastlananları 4 ile 6 olanlarıdır⁵³.

Oksidasyon Sayısı: Atomun pozitif veya negatif yük sayısıdır. Bir atomun bir bileşikteki oksidasyon sayısı, bileşik içerisindeki elektronların belirli şekilde atomlar arasında bölüşüldüğü zaman, o atomun payına düşen elektrik yükünün büyüklüğü ve işaretidir⁵⁴.

Hibritleşme: Temel halde bulunan bir atomun değerlik tabakasındaki atomik orbitallerin hepsinin veya bir kısmının dalga fonksiyonlarının melez orbitali olarak adlandırılan orbitalleri meydana getirmek üzere yeniden birleşmesidir.

Mevcut çalışma karakteristik x-ışınlarının şiddetleri ölçümüne dayalıdır. Çalışmada kullanılan karakteristik x-ışınları genel olarak düşük enerji bölgesindedirler ve birbirlerine çok yakındırlar. Bundan dolayı bu enerji bölgesinde sayaç verimliliği ve ayırma gücü en iyi olan yarı iletken sayaç tercih edilmiştir.

x-ışını şiddet ölçümlerinde en önemli gelişmelerinden birini lityum sürüklenmiş katı hal sayaçlarının yapılması teşkil eder. Lityum sürüklenmiş katı hal sayacı pozitif ve negatif (p-tipi ve n-tipi) bölgeleri arasında intrinsik (i-tipi) bölgesine sahip bir kristalden ibarettir. Dolayısıyla böyle bir sayaç p-i-n tipi bir diyottur. Sürüklenme bölgesi p-tipi germanyuma uygun şartlar altında lityum sürüklenerek elde edilir. Sayaç yüzeyinin ince p-tipi tabakası aktif değildir. Dedeksiyon işleminde katkısı olmayan bu tabakaya ölü tabaka denir. Sayacın iki önemli özelliği alanı ve kalınlığıdır. Sayım için önemli bir faktör olan geometrik verimlilik, sayaç alanı arttıkça artar. Ancak bu ayırma gücünü (rezolüsyon) azaltır. Soğurma verimliliği de sayaç kalınlığı arttıkça artar. Kullandığımız sayacın aktif alanı 12 mm^2 ve kalınlığı 3 mm dir. Elektrotlar, lityum sürüklenmesiyle elde edilmiş silisyum yüzeyine yaklaşık 200 Å kalınlığında altın buharlaştırılmasıyla elde edilir. Sayaç, en uygun ayırma gücünü elde etmek ve gürültüyü azaltmak için sıvı azot sıcaklığında ($-196 \text{ }^\circ\text{C}$) tutulmalıdır. Bunun için sayaç 30 lt sıvı azot alabilecek bir kaba yerleştirilmiştir. Sayaç, dış ortamdan gelebilecek yüzey kirlenmesini önlemek için 25 μm kalınlığında berilyum pencere ile koruma altına alınmıştır. E enerjili bir foton sayacın aktif bölgesine düştüğünde silisyum atomlarını iyonlaştırır. Foton, enerjisinin tamamını fotoelektronlara verir. Fotoelektron, enerjisi bitinceye kadar yolu boyunca elektron-boşluk çifti meydana getirerek sayaç içinde hareket eder. Si(Li) sayacına yaklaşık 500 voltluk ters beslenme potansiyeli uygulanır. Meydana gelen elektrik alan, fotonların oluşturduğu elektron- boşluk çiftlerini toplar. Ters beslenmeden dolayı elektronlar n-tipi bölgeye, boşluklar ise p-tipi bölgeye yönelirler. Neticede sayaç içine gelen fotonun enerjisi ile orantılı sayıda elektron-boşluk çifti oluşur. p ve n-tipi bölgelerde elektrik alan vasıtasıyla toplanan yükler, akım pulsundan potansiyel pulsuna dönüştürülür. Deney sisteminde kullanılan elektronik sistem vasıtasıyla potansiyel pulsu, puls-yükseklik analizöründe enerjisine karşılık gelen kanala yerleştirilir.

3.2. Numunelerin Hazırlanması

Bu çalışmada Fe, Cu, Co, Cr ve Mn elementleri ile bunların farklı bileşiklerine ait toz numuneler kullanılmıştır. Toz numuneler değirmende öğütüldükten sonra en küçük parçacık büyüklüğünü elde etmek için 400 Mesh'lik eleklerde elenmişlerdir. Daha sonra toz numuneler bir selefona bant üzerine 10 mm çapında bir alana mümkün olduğunca homojen olarak dökülmek suretiyle hazırlanmışlardır. Bu numunelerin kütleleri, 10^{-5} g hassasiyete sahip Metler H-10 terazisi kullanılmak suretiyle tespit edilmiştir. Kullandığımız numunelerin özellikleri Tablo 3.1'de verilmiştir. İkincil uyarıcı olarak TiO, V₂O₃, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ge, As, Se, KBr, RbCl, Sr(NO₃)₂, Y₂O₃, ZrO₂, Nb ve MoO₃'ün toz numuneleri kullanılmıştır. Numuneleri sağlamlaştıracak oranda selüloz ilave edilmiştir. Selüloz ilaveli numuneler tüplere doldurularak Spex marka karıştırıcıda homojenlik sağlanıncaya kadar (25 dakika) karıştırılmışlardır. Homojen karışımdan yeterli miktar alınarak 3.14 cm çaplı tabletler elde etmek için Beckman presinde 20 ton sabit basınç altında preslenmiştir. Yapılan çalışmada ikincil uyarıcı numunelerin kalınlıklarının, parçacık büyüklüklerinin etkisi yoktur.

Tablo 3.1 Çalışmada kullanılan numunelerin özellikleri.

Kimyasal Formül	Cinsi	Parçacık büyüklüğü (Mesh)	Saflığı %
Fe	Toz	400 <	99.90
FePO ₄	Toz	400 <	99.98
FeF ₃	Toz	400 <	99.00
Fe ₂ O ₃	Toz	400 <	99.00
FeCl ₃ 2NH ₄ ClH ₂ O	Toz	400 <	99.90
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	Toz	400 <	99.98
FeCl ₃ 6H ₂ O	Toz	400 <	99.90
FeCl ₂ 4H ₂ O	Toz	400 <	99.98
Mn	Toz	400 <	99.00
MnSO ₄ H ₂ O	Toz	400 <	99.00
MnCl ₂ 2H ₂ O	Toz	400 <	99.90
MnCl ₂ 4H ₂ O	Toz	400 <	99.98
MnCO ₃	Toz	400 <	99.90
MnCl ₄	Toz	400 <	99.98
KMnO ₄	Toz	400 <	99.00
Co	Toz	400 <	99.00
CoF ₃	Toz	400 <	99.90
CoF ₂	Toz	400 <	99.98
CoO	Toz	400 <	99.90
CoSO ₄	Toz	400 <	99.98
CoCl ₂	Toz	400 <	99.00
CoCl ₂ 6H ₂ O	Toz	400 <	99.00
Co(SCN) ₂	Toz	400 <	99.90
CoSO ₄ 7H ₂ O	Toz	400 <	99.98
CO ₂ O ₃	Toz	400 <	99.90
Co(CH ₃ COO) ₂	Toz	400 <	99.98
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	Toz	400 <	99.00
Cr	Toz	400 <	99.00
Cr ₂ O ₃	Toz	400 <	99.90
CrCl ₂	Toz	400 <	99.90
CrCl ₃	Toz	400 <	99.98
Cr(NO ₃) ₃	Toz	400 <	99.90
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	Toz	400 <	99.98
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	Toz	400 <	99.00
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	Toz	400 <	99.00
Cu	Toz	400 <	99.90
CuCl	Toz	400 <	99.90
CuCl ₂	Toz	400 <	99.98
CuCl ₂ 2H ₂ O	Toz	400 <	99.90
CuO	Toz	400 <	99.98
CuCO ₃	Toz	400 <	99.00
Cu ₂ O	Toz	400 <	99.00
CuC ₂ O ₄	Toz	400 <	99.90
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	Toz	400 <	99.90
CuCN	Toz	400 <	99.90

3.3. Transmisyon Ölçümlerinin Alınması

Ölçümlerin alınmasında kullanılan ve ikincil uyarma metoduna uygun olarak hazırlanan deney geometrisi Şekil 3.2' de gösterilmiştir. İkincil uyarıcı numuneler, 100 mCi'lik Am-241 radyoizotop halka kaynağından yayımlanan 59.5 keV'lik gamma ışınları ile uyarılmıştır. İkincil uyarıcılar seçilirken, kaynağın enerjisinin, ikincil uyarıcıların K tabakası soğurma kıyılarından büyük olmasına ve aynı zamanda ikincil uyarıcı numunelerden yayımlanan karakteristik K x-ışınlarının, spektrumdaki temiz bölgelere düşmesine dikkat edilmiştir.

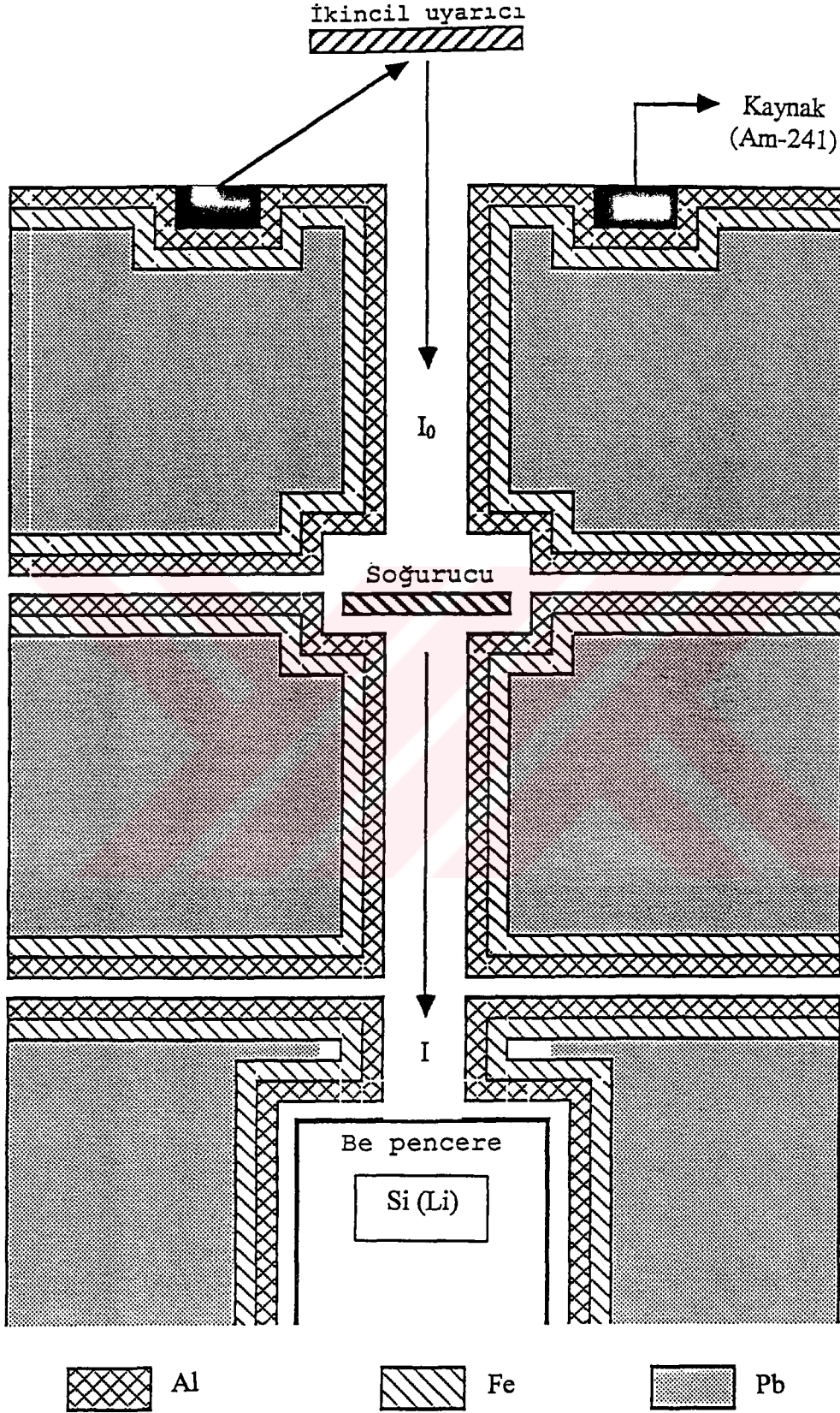
İkincil uyarıcılardan yayımlanan karakteristik K x-ışınları uygun bir kolimatör kullanmak suretiyle paralel bir demet halinde soğurucular üzerine kolime edilmiştir. Aynı zamanda, soğurucudan küçük açılardaki istenmeyen saçılmaları en aza indirmek için sayaç ile soğurucu arasına uygun bir kolimatör yerleştirilmiştir. Bir radyasyonun kolime edilmesi için en uygun element, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı kurşun elementidir. Fakat radyasyonun kurşunu uyarmasıyla kurşundan yayımlanan karakteristik x-ışınları hem incelediğimiz numuneyi uyarabilmekte hem de spektrum içerisinde istenmeyen pikler meydana getirebilmektedir. Bunu önlemek için kurşun kolimatörün içine, kurşunun L x-ışınlarını tutabilmesi için demir kolimatör yerleştirilmiştir. Yine kurşunun, karakteristik x-ışınlarının demir atomlarını uyarması sonucu demirden yayımlanan K x-ışınlarının da tutulabilmesi için demir kolimatörün içine alüminyum kolimatör yerleştirilmiştir. Böylece soğurucu numune üzerine sadece ikincil uyarıcı numuneden çıkan K x-ışınlarının kolime edilmesi temin edilmiştir. Soğurucu elementlerin ince numunelerinde yaklaşık olarak $\mu t < 1$ şartının sağlanması hedeflenmiştir. Böylelikle numune içerisinde sürekli x-ışını üretimi ve çoklu saçılmalar en aza indirilmiştir⁵⁵.

Önce soğurucu numuneler olmadan, ikincil uyarıcılardan yayımlanan K x-ışınları belli bir süre sayılmıştır. Daha sonra aynı süre için, ikincil uyarıcı numuneler ile sayaç arasına soğurucu numuneler yerleştirilerek K x-ışınları sayılmıştır.

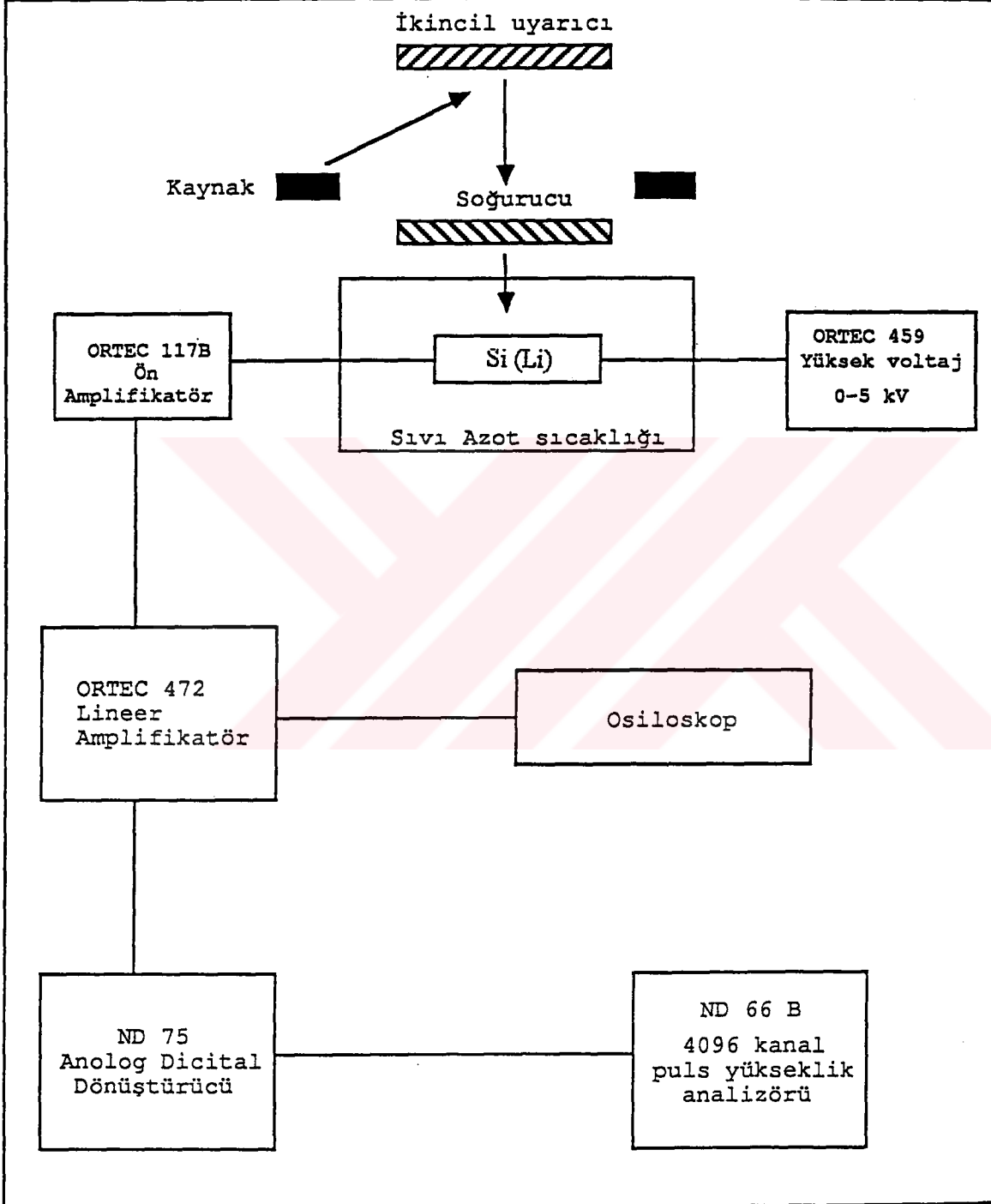
Söz konusu elementler ve bu elementlere ait farklı kimyasal bileşiklerin kütle azaltma katsayıları yukarıda anlatılan transmisyon geometrisi kullanılmak suretiyle deneysel olarak ölçülmüştür. Karşılaştırma yapmak amacıyla kütle azaltma katsayılarının teorik değerleri de Hubbell et al.^{42,44} ile Storm et al.⁴⁰ in tabloları kullanılmak suretiyle hesaplanmıştır. Mevcut deneysel ve hesaplanan teorik değerler Tablo 3.2-6'da karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Bu çalışmada özellikle transmisyon ölçümlerindeki hata kaynaklarının azaltılması için gayret sarfedildi. İdeal bir transmisyon deneyinde bütün fotonların, paralel bir demet halinde soğurucu numune üzerine düşmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için uygun bir kolimatör kullanılmak suretiyle ikincil uyarıcı numune ile soğurucu numune arasındaki yol oldukça dar ve uzun yapılmıştır. Ayrıca soğurucu numuneden küçük açılarda Compton ve koherent saçılmasına uğrayan fotonlar dedektörde sayılmaktadır. Bu durum, kütle azaltma katsayılarının daha küçük olarak ölçülmesine sebep olmaktadır. Küçük açılarda saçılarak sayacı sayılan fotonların sayısını en aza indirmek için, soğurucu numune ile dedektör arasındaki yol da dar ve uzun yapılmıştır. Sayma istatistiğinden gelebilecek hataları azaltmak için uzun süreli sayımlar yapılmıştır. K x-ışını sayımları 10^4 den az olmayacak şekilde her numune farklı süreler için sayılmıştır. Aynı zamanda (temel sayma/toplam sayma) oranlarının düşük olmasına dikkat edilmiştir.

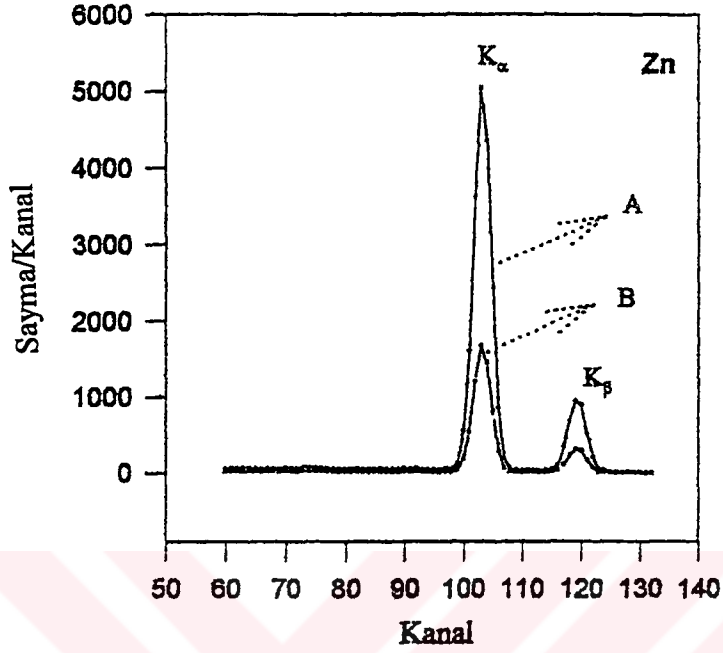
Karakteristik x-ışınlarının sayılmasında sayacı olarak rezolüsyonu 5.9 keV'de 160 eV olan Si(Li) katıhal sayacı kullanılmıştır. Elde edilen pulslar önce ORTEC 117 B ön amplifikatöründe ve daha sonrada ORTEC 472 lineer amplifikatöründe büyütülerek NUCLEAR DATA firmasınca imal edilmiş 4096 kanallı ND66B çok kanallı puls-yükseklik analizörünün 1024 kanalında kaydedilmiştir. Elde edilen spektrumların çizilmesinde ise EPSON LX-810 printer-plotter kullanılmıştır. Deney sisteminin blok diyagramı Şekil 3.3'de, bazı elementlerin soğuruculu ve soğurucusuz spektrumları da Şekil 3.4-3.9'da verilmiştir.



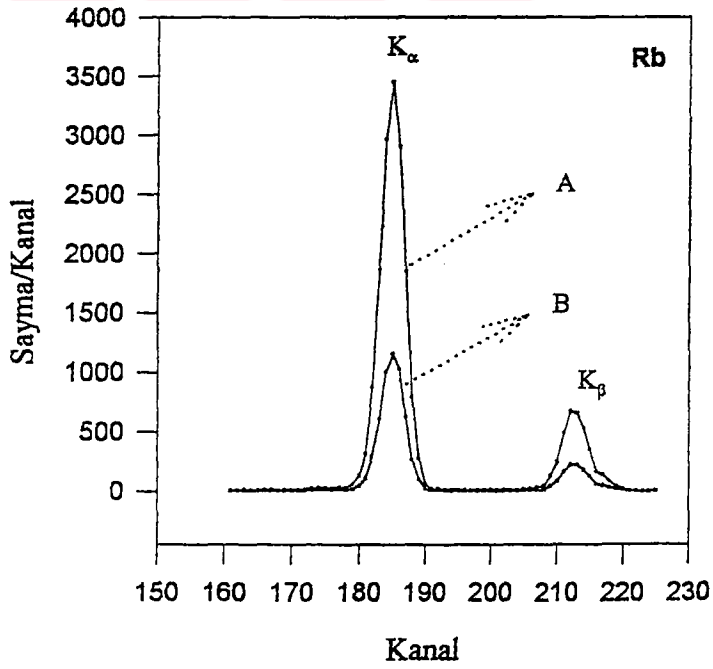
Şekil 3.2 Transmisyon geometrisi.



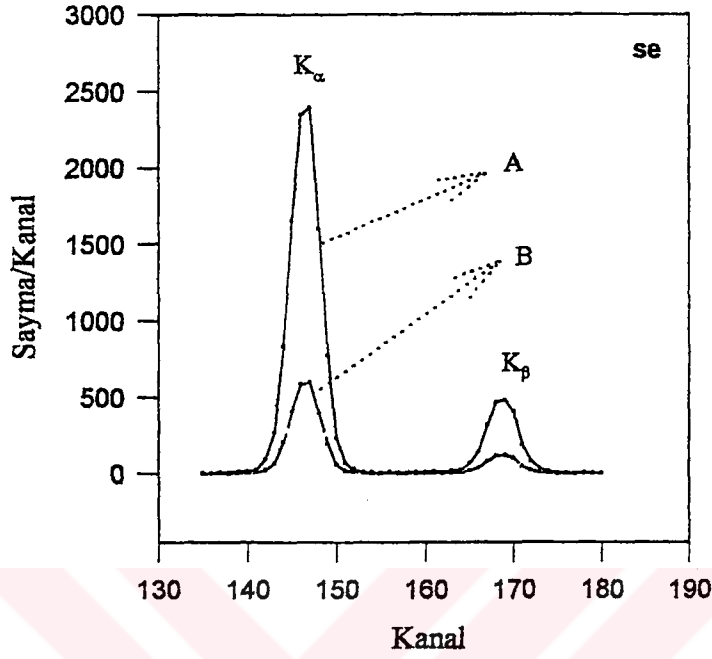
Şekil 3.3 Deney sisteminin blok diyagramı.



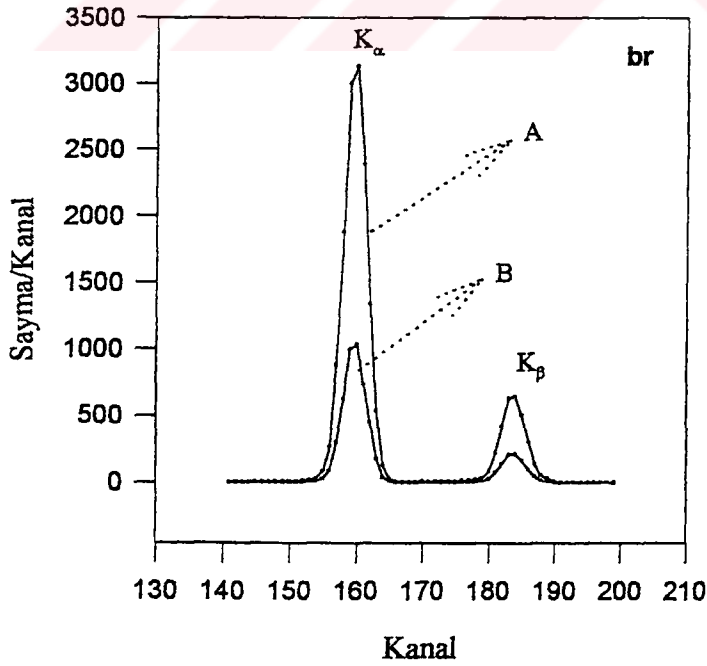
Şekil 3.4 Zn'nun K-x ışını spektrumu. A: Soğurucusuz, B: MnCO₃ soğuruculu.



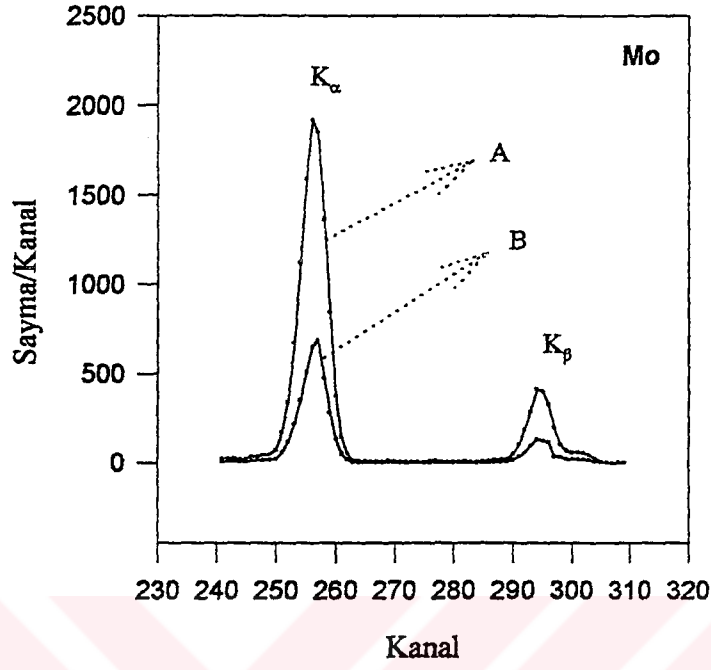
Şekil 3.5 Rb'un K-x ışını spektrumu. A: Soğurucusuz, B: FeF₃ soğuruculu.



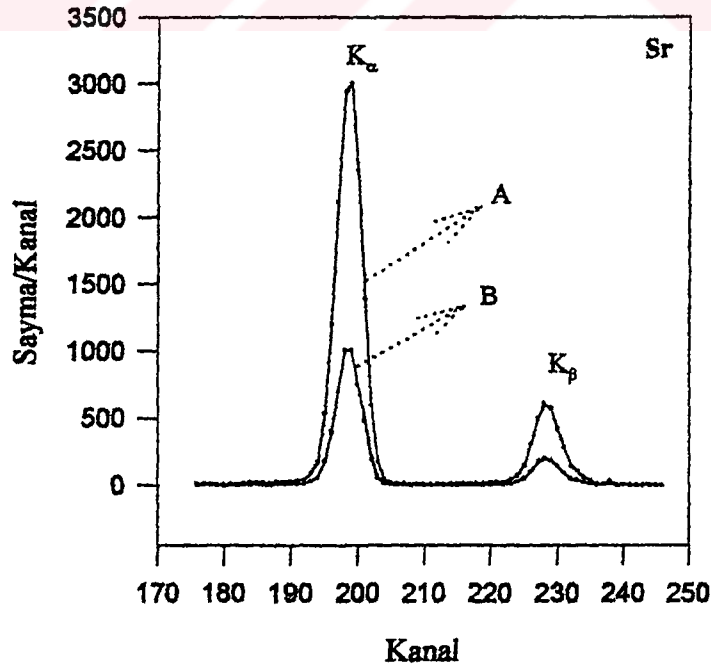
Şekil 3.6 Se'un K-x ışını spektrumu. A: Soğurucusuz, B: $Cr(NO_3)_3$ soğuruculu.



Şekil 3.7 Br'un K-x ışını spektrumu. A: Soğurucusuz, B: CoO soğuruculu.



Şekil 3.8 Mo'nin K-x ışını spektrumu. A: Soğurucusuz, B: CuCl_2 soğurucu.



Şekil 3.9 Sr'un K-x ışını spektrumu. A: Soğurucusuz, B: CuC_2O_4 soğurucu.

3.4. Spektrumların Değerlendirilmesi

Tablo 3.1’de bahsedilen elementler ile bu elementlerin bileşiklerine ait toplam kütle azaltma katsayıları, ikincil uyarıcılardan yayımlanan karakteristik K x-ışınlarının transmisyon ölçümleri ile hesaplanmıştır. İlk önce soğurucu numuneler olmadan, ikincil uyarıcılardan yayımlanan K x-ışınları daha sonra da ikincil uyarıcı numuneler ile dedektör arasına soğurucu numuneler yerleştirilmek suretiyle, soğurucu numuneden geçen K x-ışınları sayılmıştır.

Bütün ölçümlerde, temel sayma spektrumlarını elde etmek için, deney şartları muhafaza edilmek suretiyle ikincil uyarıcı numuneler yerinden alınarak numunesiz sayımlar yapılmıştır. Numuneli spektrumlardan, temel sayma spektrumları çıkartılarak net spektrumlar elde edilmiştir. Elde edilen net spektrumların alanları deney sistemine bağlı puls-yükseklik analizöründen hesaplanmıştır. Soğurucu elementlerin lineer azaltma katsayıları,

$$\mu = -\frac{1}{t} \ln \frac{I}{I_0} \quad (3.1)$$

bağıntısı yardımıyla hesaplanmıştır. Burada t (cm) numunenin kalınlığı, I ve I₀ ise sırasıyla soğurucu numune varken ve soğurucu numune yokken ikincil uyarıcı numuneden yayımlanarak dedektörde sayılan K x-ışınlarının şiddetidir. Çalışmada kullanılan soğurucu numunelerin kalınlıkları bilinmektedir. I ve I₀ değerleri ise spektrumlardaki fotopik alanlarından elde edilmiştir. Mevcut deneysel değerler teorik değerlerle karşılaştırmalı olarak tablo 3.2-6’da verilmiştir. Elde edilen deneysel değerler ile Hubbell et al.⁴⁴’in teorik değerleri arasındaki relatif farklılıklar

$$RF(\%) = \frac{(\mu/\rho)_{Deney} - (\mu/\rho)_{Teori}}{(\mu/\rho)_{Teori}} \times 100 \quad (3.2)$$

bağıntısı yardımıyla elde edilmiştir⁸. Hesaplanan bu değerler de tablo 3.2-6’ da % olarak gösterilmiştir.

Tablo 3.2 Cu elementi ve bileşikleri için elde edilen kütle azaltma katsayısı değerlerinin diğer teorik değerlerle karşılaştırılması. (Cu için K tabakası elektronlarının bağlanma enerjisi: 8.981 keV dir).

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	ΔE (keV)	$\mu_{TEORİK}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{TEORİK}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{TEORİK}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cu	4.508	-4.473	251.32	249.28	242.48	256.10 ±4.58	+1.9
Cu	4.949	-4.032	195.24	193.01	188.54	199.92 ±4.23	+2.4
Cu	5.411	-3.570	153.15	151.06	148.00	149.02 ±2.51	-2.7
Cu	5.895	-3.086	121.29	119.38	117.28	116.92 ±2.88	-3.6
Cu	8.631	-0.350	42.66	42.42	41.44	40.62 ±2.66	-4.8
Cu	9.876	+0.895	222.34	223.18	221.16	212.34 ±7.69	-4.5
Cu	10.532	+1.551	188.29	188.40	186.65	196.20 ±5.38	+4.2
Cu	11.210	+2.229	159.71	159.74	158.32	164.98 ±3.64	+3.3
Cu	11.907	+2.926	136.21	136.18	135.03	132.27 ±2.90	-2.9
Cu	13.375	+4.394	100.22	100.12	99.36	102.72 ±2.76	+2.5
Cu	14.142	+5.161	86.50	86.39	85.77	84.60 ±1.26	-2.2
Cu	14.933	+5.952	74.93	74.80	74.30	72.53 ±1.95	-3.2
Cu	15.746	+6.765	64.87	64.76	64.33	63.83 ±1.37	-1.6
Cu	16.584	+7.603	56.31	56.22	55.85	57.78 ±1.37	+2.6
Cu	17.443	+8.462	49.07	48.99	48.67	47.94 ±1.25	-2.3

(%; deneysel değerler ile Hubbell et al.⁴⁴'in teorik değerleri arasındaki relatif farklılıklardır).

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuO	4.508	213.32	212.01	206.42	221.21 ±5.24	+3.7
CuO	4.949	165.73	163.93	160.23	158.55 ±3.80	-4.3
CuO	5.411	129.81	128.12	125.57	135.78 ±3.64	+4.6
CuO	5.895	102.66	100.94	99.36	105.95 ±2.69	+3.2
CuO	8.631	35.90	35.66	34.90	33.14 ±2.16	-7.7
CuO	9.876	178.67	179.29	177.70	165.45 ±4.32	-7.4
CuO	10.532	151.29	151.34	149.95	159.00 ±4.56	+5.1
CuO	11.210	128.30	128.30	127.44	135.39 ±3.44	+5.5
CuO	11.907	109.41	109.37	108.46	106.44 ±2.53	-2.7
CuO	13.375	80.48	80.39	79.79	77.59 ±1.53	-3.6
CuO	14.142	69.46	69.36	68.87	67.07 ±1.56	-3.4
CuO	14.933	60.16	60.60	59.65	62.63 ±1.30	+4.1
CuO	15.746	52.09	51.99	51.65	54.12 ±1.43	+3.9
CuO	16.584	45.22	45.14	44.84	46.41 ±1.94	+2.6
CuO	17.443	39.40	39.33	39.08	38.06 ±0.54	-3.4

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cu ₂ O	4.508	230.41	228.58	222.46	235.71 ±5.20	+2.3
Cu ₂ O	4.949	178.85	176.86	172.82	185.29 ±3.56	+3.6
Cu ₂ O	5.411	140.19	138.32	135.55	134.72 ±2.89	-3.9
Cu ₂ O	5.895	110.94	109.15	107.33	115.49 ±2.58	+4.1
Cu ₂ O	8.631	38.91	38.67	37.81	41.98 ±1.50	+7.9
Cu ₂ O	9.876	198.13	198.84	197.06	183.66 ±4.57	-7.3
Cu ₂ O	10.532	167.77	167.85	166.30	178.34 ±4.22	+6.3
Cu ₂ O	11.210	142.29	142.30	141.05	151.54 ±3.25	+6.5
Cu ₂ O	11.907	121.35	121.31	120.29	126.69 ±2.55	+4.4
Cu ₂ O	13.375	89.27	89.18	88.51	91.69 ±2.36	+2.7
Cu ₂ O	14.142	77.05	76.95	76.40	74.51 ±2.20	-3.3
Cu ₂ O	14.933	66.74	66.63	66.18	69.54 ±1.53	-4.2
Cu ₂ O	15.746	47.78	57.68	57.30	59.74 ±1.02	+3.4
Cu ₂ O	16.584	50.16	50.08	49.74	48.49 ±1.46	-3.3
Cu ₂ O	17.443	43.71	43.64	43.35	41.87 ±0.77	-4.2

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuCl	4.508	344.74	343.14	336.55	351.98 ±6.53	+2.1
CuCl	4.949	268.64	266.85	262.39	261.38 ±5.53	-2.7
CuCl	5.411	210.99	209.37	206.18	217.74 ±4.23	+3.2
CuCl	5.895	167.22	165.83	163.52	175.24 ±3.57	+4.8
CuCl	8.631	58.40	57.94	57.22	62.73 ±1.40	+7.4
CuCl	9.876	163.75	164.10	162.72	176.52 ±4.50	+7.8
CuCl	10.532	138.35	138.25	137.07	132.26 ±3.93	-4.4
CuCl	11.210	117.13	116.98	116.06	123.92 ±2.56	+5.8
CuCl	11.907	99.71	99.53	98.81	104.80 ±1.88	+5.1
CuCl	13.375	73.12	72.92	72.46	76.55 ±1.69	+4.7
CuCl	14.142	63.01	62.81	62.45	60.74 ±1.83	-3.6
CuCl	14.933	54.50	54.30	54.02	52.37 ±0.84	-3.9
CuCl	15.746	47.13	46.96	46.71	45.76 ±0.81	-2.9
CuCl	16.584	40.87	40.63	40.51	42.38 ±1.81	+3.7
CuCl	17.443	35.57	35.46	35.26	36.53 ±0.54	+2.7

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuCl ₂	4.508	388.97	387.57	381.08	399.47 ±9.64	+2.7
CuCl ₂	4.949	303.38	301.79	297.35	293.37 ±6.57	-3.3
CuCl ₂	5.411	238.37	236.97	233.72	226.68 ±5.41	-4.9
CuCl ₂	5.895	188.96	187.82	185.41	197.46 ±4.97	+4.5
CuCl ₂	8.631	65.86	65.30	64.69	60.65 ±2.06	-7.9
CuCl ₂	9.876	136.20	136.31	135.24	147.50 ±3.41	+8.3
CuCl ₂	10.532	114.86	114.65	113.76	108.09 ±2.44	-5.9
CuCl ₂	11.210	97.11	96.87	96.18	101.37 ±2.20	+4.4
CuCl ₂	11.907	82.55	82.30	81.77	85.19 ±2.94	+3.2
CuCl ₂	13.375	60.37	60.12	59.82	62.48 ±1.53	+3.5
CuCl ₂	14.142	51.96	51.72	51.49	54.25 ±1.65	+4.4
CuCl ₂	14.933	44.89	44.65	44.48	42.78 ±0.54	-4.7
CuCl ₂	15.746	38.78	38.58	38.43	37.57 ±0.57	-3.1
CuCl ₂	16.584	33.60	33.30	33.30	34.57 ±0.41	+2.9
CuCl ₂	17.443	29.22	29.06	28.96	30.30 ±0.36	+3.7

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuC ₂ O ₄	4.508	136.97	136.04	132.74	131.63 ±3.22	-3.9
CuC ₂ O ₄	4.949	105.76	104.77	102.53	109.78 ±2.43	+3.8
CuC ₂ O ₄	5.411	82.48	81.55	79.98	86.11 ±2.69	+4.4
CuC ₂ O ₄	5.895	64.97	63.74	63.01	61.33 ±1.58	-5.6
CuC ₂ O ₄	8.631	22.36	22.12	21.75	20.46 ±0.50	-8.5
CuC ₂ O ₄	9.876	96.16	96.39	95.59	104.42 ±4.64	+8.6
CuC ₂ O ₄	10.532	81.36	81.33	80.63	87.30 ±4.20	+7.3
CuC ₂ O ₄	11.210	68.99	68.93	68.37	65.06 ±1.40	-5.7
CuC ₂ O ₄	11.907	58.82	58.74	58.28	55.93 ±1.57	-4.9
CuC ₂ O ₄	13.375	43.24	43.16	42.85	45.01 ±0.72	+4.1
CuC ₂ O ₄	14.142	37.31	37.22	36.98	39.28 ±0.93	+5.3
CuC ₂ O ₄	14.933	32.31	32.23	32.02	33.66 ±0.82	+4.2
CuC ₂ O ₄	15.746	27.97	27.91	27.73	27.02 ±0.50	-3.4
CuC ₂ O ₄	16.584	24.29	24.23	24.08	23.20 ±0.66	-4.5
CuC ₂ O ₄	17.443	21.17	21.12	20.99	20.24 ±0.58	-4.4

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuCO ₃	4.508	157.03	155.92	152.04	151.06 ±4.36	-3.8
CuCO ₃	4.949	121.43	120.23	117.63	116.08 ±2.67	-4.4
CuCO ₃	5.411	94.83	93.72	91.90	98.05 ±2.28	+3.4
CuCO ₃	5.895	74.79	73.43	72.50	70.53 ±1.54	-5.7
CuCO ₃	8.631	25.87	25.63	25.17	23.70 ±0.52	-8.4
CuCO ₃	9.876	116.92	117.24	116.25	126.97 ±2.64	+8.6
CuCO ₃	10.532	98.96	98.94	98.07	91.24 ±2.34	-7.8
CuCO ₃	11.210	83.92	83.86	83.16	79.47 ±1.56	-5.3
CuCO ₃	11.907	71.54	71.47	70.91	67.18 ±1.59	-6.1
CuCO ₃	13.375	52.61	52.52	52.14	50.03 ±1.44	-4.9
CuCO ₃	14.142	45.40	45.31	45.00	43.40 ±1.19	-4.4
CuCO ₃	14.933	39.31	39.22	38.97	41.51 ±0.50	+5.6
CuCO ₃	15.746	34.04	33.96	33.74	32.71 ±0.55	-3.9
CuCO ₃	16.584	29.55	28.49	29.30	28.40 ±0.60	-3.9
CuCO ₃	17.443	25.75	25.70	25.54	26.94 ±0.39	+4.6

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuCN	4.508	188.40	186.93	181.93	196.32 ±4.21	+4.2
CuCN	4.949	146.12	144.53	141.21	152.99 ±3.79	+4.7
CuCN	5.411	114.45	112.95	110.67	108.39 ±2.50	-5.3
CuCN	5.895	90.52	89.15	87.57	84.99 ±2.54	-6.1
CuCN	8.631	31.68	31.44	30.77	28.92 ±0.58	-8.7
CuCN	9.876	158.60	159.15	157.73	172.08 ±4.11	+8.5
CuCN	10.532	134.28	134.35	133.11	124.34 ±3.67	-7.4
CuCN	11.210	113.90	113.90	112.90	121.08 ±3.01	+6.3
CuCN	11.907	97.14	97.10	96.29	101.70 ±2.54	+4.7
CuCN	13.375	71.46	71.38	70.85	74.04 ±1.59	+3.6
CuCN	14.142	61.68	61.59	61.16	63.78 ±1.60	+3.4
CuCN	14.933	53.43	53.33	52.97	51.13 ±1.33	-4.3
CuCN	15.746	46.26	46.17	45.87	47.74 ±1.13	+3.2
CuCN	16.584	40.16	40.09	39.83	41.66 ±0.54	+3.7
CuCN	17.443	35.00	34.94	34.71	35.92 ±0.50	+2.6

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CuCl ₂ 2H ₂ O	4.508	319.10	317.97	312.71	336.01 ±9.04	+5.3
CuCl ₂ 2H ₂ O	4.949	248.61	241.73	243.71	261.29 ±6.79	+5.1
CuCl ₂ 2H ₂ O	5.411	195.14	194.03	191.37	206.66 ±6.31	+5.9
CuCl ₂ 2H ₂ O	5.895	154.56	153.48	151.66	144.97 ±3.64	-6.2
CuCl ₂ 2H ₂ O	8.631	53.70	53.20	52.75	58.42 ±3.44	+8.8
CuCl ₂ 2H ₂ O	9.876	108.54	108.59	107.76	98.66 ±5.01	-9.1
CuCl ₂ 2H ₂ O	10.532	91.53	91.32	90.63	98.12 ±4.87	+7.2
CuCl ₂ 2H ₂ O	11.210	77.36	77.15	76.62	72.26 ±1.54	-6.6
CuCl ₂ 2H ₂ O	11.907	65.76	65.54	65.13	70.23 ±1.57	+6.8
CuCl ₂ 2H ₂ O	13.375	48.08	47.87	47.63	45.34 ±1.25	-5.7
CuCl ₂ 2H ₂ O	14.142	41.38	41.17	40.99	43.12 ±1.78	+4.2
CuCl ₂ 2H ₂ O	14.933	35.74	35.54	35.41	37.39 ±0.58	+4.6
CuCl ₂ 2H ₂ O	15.746	30.88	30.72	30.63	31.81 ±0.54	+3.0
CuCl ₂ 2H ₂ O	16.584	26.76	26.33	26.52	25.83 ±0.33	-3.5
CuCl ₂ 2H ₂ O	17.443	23.28	23.16	23.07	24.16 ±0.47	+3.8

Tablo 3.2' nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	4.508	112.38	111.66	108.99	107.21 ±2.57	-4.6
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	4.949	86.64	85.87	84.05	82.04 ±1.56	-5.3
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	5.411	67.47	66.75	65.46	62.81 ±1.48	-6.9
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	5.895	53.07	52.05	51.49	56.36 ±1.32	+6.2
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	8.631	18.16	17.94	17.67	20.27 ±0.47	+11.6
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	9.876	73.78	73.92	73.33	83.89 ±1.71	+13.7
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	10.532	62.41	62.38	61.86	57.29 ±0.53	-8.2
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	11.210	52.93	52.86	52.44	56.85 ±1.34	+7.4
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	11.907	45.12	45.05	44.71	48.10 ±1.66	+6.6
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	13.375	33.17	33.10	32.87	34.89 ±0.90	+5.2
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	14.142	28.62	28.55	28.36	26.96 ±0.62	-5.8
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	14.933	24.78	24.71	24.56	23.56 ±0.32	-4.9
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	15.746	21.46	21.40	21.27	22.58 ±0.38	+5.2
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	16.584	18.64	18.59	18.48	19.68 ±0.38	+5.6
Cu(C ₂ H ₃ O ₂) ₂ H ₂ O	17.443	16.25	16.21	16.11	17.11 ±0.34	+5.3

Tablo 3.3 Cr elementi ve bileşikleri için elde edilen kütle azaltma katsayısı değerlerinin diğer teorik değerlerle karşılaştırılması. (Cr için K tabakası elektronlarının bağlanma enerjisi: 5.989 keV dir).

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	ΔE (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cr	4.508	-1.481	143.36	141.71	-	148.38 ±3.50	+3.5
Cr	6.400	+0.411	439.09	449.29	-	418.01 ±9.63	-4.8
Cr	6.925	+0.936	360.51	365.90	-	345.37 ±7.44	-4.2
Cr	7.472	+1.483	298.09	300.18	-	309.12 ±6.51	+3.7
Cr	8.041	+2.052	247.89	247.85	-	243.68 ±5.74	-1.7
Cr	8.631	+2.642	205.24	204.83	-	200.72 ±3.64	-2.2
Cr	10.532	+4.543	120.27	119.60	-	117.98 ±2.30	-1.9
Cr	11.210	+5.221	101.40	100.85	-	98.96 ±2.25	-2.4
Cr	11.907	+5.918	85.97	85.53	-	87.35 ±1.54	+1.6
Cr	13.375	+7.386	62.55	62.25	-	61.42 ±1.42	-1.8
Cr	14.142	+8.153	53.70	53.45	-	52.35 ±1.46	-2.5
Cr	14.933	+8.944	46.27	46.07	-	47.56 ±1.02	+2.8
Cr	15.746	+9.757	39.88	39.70	-	40.40 ±0.77	+1.3
Cr	16.584	+10.595	34.48	34.31	-	33.89 ±0.51	-1.7
Cr	17.443	+11.454	29.92	29.77	-	30.73 ±0.37	+2.7

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CrCl ₂	4.508	356.49	355.32	-	335.46 ±7.80	-5.9
CrCl ₂	6.400	300.34	304.17	-	272.41 ±6.36	-9.3
CrCl ₂	6.925	244.62	246.30	-	222.36 ±5.84	-9.1
CrCl ₂	7.472	200.73	200.96	-	187.28 ±3.59	-6.7
CrCl ₂	8.041	165.75	165.08	-	172.05 ±4.34	+3.8
CrCl ₂	8.631	136.67	135.99	-	130.52 ±3.74	-4.5
CrCl ₂	10.532	79.21	78.64	-	82.06 ±2.11	+3.6
CrCl ₂	11.210	66.57	66.06	-	69.77 ±1.47	+4.8
CrCl ₂	11.907	56.28	55.82	-	58.02 ±1.31	+3.1
CrCl ₂	13.375	40.71	40.35	-	41.72 ±1.45	+2.5
CrCl ₂	14.142	34.85	34.53	-	33.53 ±0.58	-3.8
CrCl ₂	14.933	29.95	29.67	-	28.93 ±0.36	-3.4
CrCl ₂	15.746	25.77	25.53	-	25.10 ±0.47	-2.6
CrCl ₂	16.584	22.24	21.88	-	21.44 ±0.30	-3.6
CrCl ₂	17.443	19.27	19.09	-	18.45 ±0.19	-4.2

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CrCl ₃	4.508	391.24	390.14	–	415.10 ±8.87	+6.1
CrCl ₃	6.400	277.81	280.60	–	249.47 ±7.44	-10.2
CrCl ₃	6.925	225.80	226.88	–	250.19 ±7.82	+10.8
CrCl ₃	7.472	184.91	184.84	–	200.44 ±5.04	+8.4
CrCl ₃	8.041	152.41	151.64	–	144.33 ±3.87	-5.3
CrCl ₃	8.631	125.53	124.81	–	118.75 ±2.52	-5.4
CrCl ₃	10.532	72.54	71.99	–	70.44 ±2.21	-2.9
CrCl ₃	11.210	60.92	60.41	–	59.63 ±1.64	-2.1
CrCl ₃	11.907	51.45	51.09	–	53.41 ±1.48	+3.8
CrCl ₃	13.375	37.16	36.79	–	38.35 ±1.69	+3.2
CrCl ₃	14.142	31.79	31.46	–	33.16 ±0.50	+4.3
CrCl ₃	14.933	27.30	27.01	–	25.99 ±0.77	-4.8
CrCl ₃	15.746	23.48	23.23	–	24.08 ±0.39	+2.6
CrCl ₃	16.584	20.25	19.86	–	20.84 ±0.37	+2.9
CrCl ₃	17.443	17.54	17.36	–	18.10 ±0.23	+3.2

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cr ₂ O ₃	4.508	118.60	117.43	-	127.85 ±3.26	+7.8
Cr ₂ O ₃	6.400	307.52	314.33	-	340.11 ±7.45	+10.6
Cr ₂ O ₃	6.925	252.25	255.87	-	273.18 ±6.09	+8.3
Cr ₂ O ₃	7.472	208.39	209.75	-	195.68 ±5.34	-6.1
Cr ₂ O ₃	8.041	173.17	173.05	-	180.78 ±4.72	+4.4
Cr ₂ O ₃	8.631	143.30	142.94	-	150.89 ±3.50	+5.3
Cr ₂ O ₃	10.532	83.88	83.36	-	80.35 ±2.74	-4.2
Cr ₂ O ₃	11.210	70.70	70.28	-	68.79 ±1.52	-2.7
Cr ₂ O ₃	11.907	59.94	59.59	-	57.78 ±1.49	-3,6
Cr ₂ O ₃	13.375	43.59	43.36	-	41.67 ±1.73	-4.4
Cr ₂ O ₃	14.142	37.42	37.22	-	38.54 ±0.51	+3.0
Cr ₂ O ₃	14.933	32.23	32.07	-	33.39 ±0.67	+3.6
Cr ₂ O ₃	15.746	27.79	27.65	-	26.98 ±0.56	-2.9
Cr ₂ O ₃	16.584	24.03	23.90	-	24.82 ±0.37	+3.3
Cr ₂ O ₃	17.443	20.85	20.74	-	20.29 ±0.39	-2.7

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cr(NO ₃) ₃	4.508	78.28	77.82	–	83.13 ±2.88	+6.2
Cr(NO ₃) ₃	6.400	112.13	114.54	–	102.82 ±3.04	-8.3
Cr(NO ₃) ₃	6.925	91.53	92.52	–	100.13 ±3.53	+9.4
Cr(NO ₃) ₃	7.472	75.26	75.51	–	80.61 ±1.59	+7.1
Cr(NO ₃) ₃	8.041	62.28	62.05	–	59.04 ±1.43	-5.2
Cr(NO ₃) ₃	8.631	51.40	51.11	–	48.63 ±1.46	-5.4
Cr(NO ₃) ₃	10.532	29.1	29.62	–	30.83 ±0.80	+3.1
Cr(NO ₃) ₃	11.210	25.19	24.95	–	24.54 ±0.55	-2.6
Cr(NO ₃) ₃	11.907	21.33	21.14	–	22.01 ±0.57	+3.2
Cr(NO ₃) ₃	13.375	15.48	15.35	–	15.90 ±0.32	+2.7
Cr(NO ₃) ₃	14.142	13.28	13.17	–	13.66 ±0.24	+2.9
Cr(NO ₃) ₃	14.933	11.43	11.34	–	11.04 ±0.27	-3.4
Cr(NO ₃) ₃	15.746	9.86	9.79	–	9.53 ±0.26	-3.4
Cr(NO ₃) ₃	16.584	8.54	8.47	–	8.72 ±0.14	+2.1
Cr(NO ₃) ₃	17.443	7.42	7.36	–	7.68 ±0.11	+3.6

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	4.508	177.02	175.79	-	190.83 ±4.97	+7.8
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	6.400	163.98	165.98	-	182.84 ±4.31	+11.5
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	6.925	133.48	134.41	-	122.40 ±3.67	-8.3
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	7.472	109.47	109.55	-	100.49 ±2.44	-8.2
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	8.041	90.35	89.91	-	95.41 ±3.27	+5.6
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	8.631	74.46	73.99	-	70.22 ±1.57	-5.7
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	10.532	43.12	42.74	-	41.64 ±1.23	-3.4
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	11.210	36.25	35.93	-	37.95 ±1.66	+4.7
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	11.907	30.65	30.38	-	31.84 ±0.55	+3.9
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	13.375	22.18	21.98	-	23.24 ±0.57	+4.8
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	14.142	18.99	18.83	-	18.30 ±0.49	-3.6
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	14.933	16.32	16.18	-	16.99 ±0.12	+4.1
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	15.746	14.06	13.94	-	14.46 ±0.26	+2.9
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	16.584	12.15	12.04	-	12.59 ±0.18	+3.7
Cr ₂ (SO ₄) ₃ H ₂ O	17.443	10.53	10.44	-	10.08 ±0.17	-4.3

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	4.508	98.35	97.51	-	89.59 ±2.23	-8.9
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	6.400	218.74	223.34	-	191.62 ±4.47	-12.4
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	6.925	179.25	181.69	-	195.74 ±4.28	+9.2
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	7.472	147.95	148.81	-	160.23 ±3.30	+8.3
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	8.041	122.84	122.68	-	116.45 ±2.55	-5.2
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	8.631	101.60	101.28	-	97.74 ±2.16	-3.8
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	10.532	59.39	58.99	-	56.78 ±1.44	-4.4
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	11.210	50.06	49.73	-	48.31 ±1.05	-3.5
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	11.907	42.43	42.16	-	44.43 ±1.38	+4.7
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	13.375	30.85	30.67	-	31.81 ±0.56	+3.1
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	14.142	26.48	26.33	-	25.84 ±0.54	-2.4
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	14.933	22.81	22.68	-	21.96 ±0.40	-3.7
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	15.746	19.67	19.56	-	20.12 ±0.39	+2.3
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	16.584	17.01	16.91	-	17.59 ±0.20	+3.4
Cr ₃ (CH ₃ CO ₇)(OH) ₂	17.443	14.77	14.68	-	15.34 ±0.26	+3.9

Tablo 3.3' ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	4.508	168.83	168.09	–	154.98 ±4.55	-8.2
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	6.400	103.89	104.41	–	122.80 ±5.90	+18.2
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	6.925	84.12	84.30	–	97.15 ±4.46	+15.5
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	7.472	68.63	68.45	–	73.50 ±3.81	+7.1
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	8.041	56.38	55.97	–	59.64 ±1.30	+5.8
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	8.631	46.40	45.94	–	44.40 ±1.37	-4.3
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	10.532	26.65	26.34	–	27.93 ±0.62	+4.8
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	11.210	22.37	22.11	–	21.48 ±0.77	-4.0
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	11.907	18.88	18.66	–	18.21 ±0.31	-3.6
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	13.375	13.63	13.47	–	14.08 ±0.38	+3.3
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	14.142	11.66	11.52	–	12.25 ±0.32	+5.1
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	14.933	10.01	9.88	–	9.55 ±0.26	-4.6
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	15.746	8.62	8.52	–	9.03 ±0.11	+4.7
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	16.584	7.45	7.36	–	7.73 ±0.17	+3.8
Cr ₂ (SO ₄) ₃ K ₂ SO ₄ 24H ₂ O	17.443	6.46	6.38	–	6.67 ±0.10	+3.3

Tablo 3.4 Co elementi ve bileşikleri için elde edilen kütle azaltma katsayısı değerlerinin diğer teorik değerlerle karşılaştırılması. (Co için K tabakası elektronlarının bağlanma enerjisi: 7.709 keV dir).

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	ΔE (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Co	4.508	-3.201	203.03	202.43	-	206.68 ±3.89	+1.8
Co	4.949	-2.760	158.66	157.57	-	154.85 ±3.41	-2.4
Co	5.411	-2.298	124.31	122.98	-	120.33 ±2.81	-3.2
Co	5.895	-1.814	98.33	96.84	-	101.58 ±2.57	+3.3
Co	8.041	+0.332	320.60	324.69	-	303.93 ±6.32	-5.2
Co	8.631	+0.922	267.75	269.49	-	256.50 ±5.29	-4.2
Co	10.532	+2.823	158.14	159.21	-	162.72 ±4.80	+2.9
Co	11.210	+3.501	135.49	134.71	-	138.88 ±3.10	+2.5
Co	11.907	+4.198	115.24	114.60	-	119.16 ±2.63	+3.4
Co	13.375	+5.666	84.35	83.93	-	82.83 ±2.41	-1.8
Co	14.142	+6.433	72.63	72.28	-	74.59 ±1.80	+2.7
Co	14.933	+7.224	62.76	62.47	-	63.26 ±1.52	+0.8
Co	15.746	+8.037	54.23	53.95	-	53.47 ±1.87	-1.4
Co	16.584	+8.875	47.00	46.73	-	46.01 ±0.60	-2.1
Co	17.443	+9.734	40.89	40.62	-	40.27 ±0.54	-1.5

Tablo 3.4'tün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoF ₂	4.508	157.98	157.65	–	163.83 ±4.04	+3.7
CoF ₂	4.949	122.71	122.11	–	126.88 ±3.24	+3.4
CoF ₂	5.411	95.72	94.90	–	100.41 ±2.47	+4.9
CoF ₂	5.895	75.40	74.43	–	71.40 ±2.90	-5.3
CoF ₂	8.041	201.09	203.56	–	218.08 ±5.64	+8.4
CoF ₂	8.631	167.78	168.83	–	154.19 ±3.39	-8.1
CoF ₂	10.532	98.90	99.55	–	92.18 ±2.45	-6.8
CoF ₂	11.210	84.67	84.18	–	87.31 ±1.89	+3.1
CoF ₂	11.907	71.98	71.58	–	75.51 ±1.71	+4.9
CoF ₂	13.375	52.66	52.36	–	54.51 ±1.37	+3.5
CoF ₂	14.142	45.31	45.07	–	43.19 ±1.68	-4.7
CoF ₂	14.933	39.14	38.94	–	40.24 ±0.97	+2.8
CoF ₂	15.746	33.83	33.63	–	34.57 ±0.86	+2.2
CoF ₂	16.584	29.32	29.13	–	27.96 ±0.55	-4.6
CoF ₂	17.443	25.50	25.32	–	24.63 ±0.59	-3.4

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoF ₃	4.508	146.52	146.26	—	142.35 ±3.11	-2.8
CoF ₃	4.949	113.56	113.08	—	117.19 ±2.57	+3.2
CoF ₃	5.411	88.44	87.75	—	84.55 ±2.64	-4.4
CoF ₃	5.895	69.56	68.73	—	72.97 ±1.33	+4.9
CoF ₃	8.041	170.61	172.66	—	185.45 ±4.05	+8.7
CoF ₃	8.631	142.28	143.15	—	154.54 ±4.80	+8.6
CoF ₃	10.532	83.79	84.33	—	79.27 ±1.55	-5.4
CoF ₃	11.210	71.71	71.29	—	68.62 ±1.79	-4.3
CoF ₃	11.907	60.95	60.60	—	57.72 ±1.59	-5.3
CoF ₃	13.375	44.58	44.31	—	46.32 ±0.91	+3.9
CoF ₃	14.142	38.35	38.14	—	39.96 ±0.93	+4.2
CoF ₃	14.933	33.12	32.94	—	31.93 ±0.84	-3.6
CoF ₃	15.746	28.62	28.45	—	27.93 ±0.54	-2.4
CoF ₃	16.584	24.81	24.64	—	25.60 ±0.36	+3.2
CoF ₃	17.443	21.58	21.42	—	22.29 ±0.48	+3.3

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoO	4.508	173.47	172.97	-	177.12 ±4.66	+2.1
CoO	4.949	135.22	134.35	-	140.36 ±3.25	+3.8
CoO	5.411	105.75	104.69	-	100.86 ±2.91	-4.6
CoO	5.895	83.53	82.12	-	87.96 ±2.57	+5.3
CoO	8.041	254.43	257.59	-	235.86 ±5.95	-7.3
CoO	8.631	212.42	213.74	-	196.49 ±5.56	-7.5
CoO	10.532	125.38	126.19	-	131.15 ±3.52	+4.6
CoO	11.210	107.41	106.75	-	102.68 ±2.58	-4.4
CoO	11.907	91.34	90.81	-	94.91 ±2.26	+3.9
CoO	13.375	66.85	66.49	-	68.93 ±1.58	+3.1
CoO	14.142	57.55	57.26	-	59.68 ±1.54	+3.7
CoO	14.933	49.72	49.48	-	47.63 ±1.31	-4.2
CoO	15.746	42.97	42.74	-	44.22 ±1.79	+2.9
CoO	16.584	37.24	37.02	-	38.55 ±0.55	+3.5
CoO	17.443	32.40	32.18	-	31.65 ±0.66	-2.3

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Co ₂ O ₃	4.508	163.00	162.53	-	158.18 ±3.56	-2.9
Co ₂ O ₃	4.949	126.92	126.12	-	132.76 ±3.64	+4.6
Co ₂ O ₃	5.411	99.18	98.21	-	103.04 ±2.93	+3.9
Co ₂ O ₃	5.895	78.28	76.91	-	82.74 ±2.54	+5.7
Co ₂ O ₃	8.041	230.94	233.76	-	249.18 ±6.78	+7.9
Co ₂ O ₃	8.631	192.78	193.94	-	177.12 ±4.86	-8.1
Co ₂ O ₃	10.532	113.76	114.46	-	107.38 ±2.67	-5.6
Co ₂ O ₃	11.210	97.43	96.83	-	92.66 ±2.20	-4.9
Co ₂ O ₃	11.907	82.86	82.37	-	86.01 ±1.90	+3.7
Co ₂ O ₃	13.375	60.63	60.30	-	62.38 ±1.54	+2.9
Co ₂ O ₃	14.142	52.19	51.93	-	53.76 ±1.47	+3.0
Co ₂ O ₃	14.933	45.09	44.87	-	43.56 ±1.25	-3.4
Co ₂ O ₃	15.746	38.97	38.76	-	39.79 ±0.94	+2.1
Co ₂ O ₃	16.584	33.78	33.57	-	32.90 ±0.78	-2.6
Co ₂ O ₃	17.443	29.39	29.19	-	28.56 ±0.36	-2.8

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Co(SCN) ₂	4.508	244.06	242.68	–	252.36 ±5.83	+3.4
Co(SCN) ₂	4.949	190.00	188.48	–	179.93 ±4.21	-5.3
Co(SCN) ₂	5.411	148.71	147.47	–	141.13 ±3.64	-5.1
Co(SCN) ₂	5.895	117.49	116.47	–	124.78 ±2.84	+6.2
Co(SCN) ₂	8.041	142.22	143.03	–	127.54 ±4.27	-10.3
Co(SCN) ₂	8.631	118.13	117.88	–	106.55 ±4.65	-9.8
Co(SCN) ₂	10.532	69.02	69.19	–	72.61 ±2.50	+5.2
Co(SCN) ₂	11.210	58.78	58.35	–	55.45 ±2.45	-5.7
Co(SCN) ₂	11.907	49.87	49.49	–	47.67 ±1.88	-4.4
Co(SCN) ₂	13.375	36.30	36.03	–	38.44 ±1.84	+5.9
Co(SCN) ₂	14.142	31.18	30.95	–	32.25 ±0.76	+3.4
Co(SCN) ₂	14.933	26.87	26.68	–	25.74 ±0.89	-4.2
Co(SCN) ₂	15.746	23.19	23.01	–	23.91 ±0.58	+3.1
Co(SCN) ₂	16.584	20.07	19.90	–	19.33 ±0.46	-3.7
Co(SCN) ₂	17.443	17.43	17.28	–	17.84 ±0.46	+2.3

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Co(CH ₃ COO) ₂	4.508	98.28	98.01	-	101.76 ±2.75	+3.5
Co(CH ₃ COO) ₂	4.949	76.02	75.60	-	80.35 ±2.25	+5.7
Co(CH ₃ COO) ₂	5.411	59.12	58.62	-	61.48 ±2.55	+4.0
Co(CH ₃ COO) ₂	5.895	46.43	45.55	-	49.17 ±2.35	+5.9
Co(CH ₃ COO) ₂	8.041	112.13	113.33	-	125.25 ±5.26	+11.7
Co(CH ₃ COO) ₂	8.631	93.51	93.94	-	103.42 ±5.65	+10.6
Co(CH ₃ COO) ₂	10.532	55.04	55.34	-	59.12 ±3.85	+7.4
Co(CH ₃ COO) ₂	11.210	47.15	46.81	-	49.69 ±2.36	+5.4
Co(CH ₃ COO) ₂	11.907	40.09	39.81	-	37.95 ±1.57	-5.3
Co(CH ₃ COO) ₂	13.375	29.32	29.14	-	30.91 ±1.86	+5.4
Co(CH ₃ COO) ₂	14.142	25.24	25.09	-	26.39 ±1.64	+4.6
Co(CH ₃ COO) ₂	14.933	21.80	21.68	-	21.03 ±0.51	-3.5
Co(CH ₃ COO) ₂	15.746	18.85	18.73	-	18.23 ±0.36	-3.3
Co(CH ₃ COO) ₂	16.584	15.35	16.24	-	17.25 ±0.51	+5.5
Co(CH ₃ COO) ₂	17.443	14.23	14.13	-	14.71 ±0.23	-3.3

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoCl ₂ 6H ₂ O	4.508	229.33	228.88	-	239.19 ±6.86	+4.3
CoCl ₂ 6H ₂ O	4.949	178.55	177.94	-	185.52 ±5.68	+3.9
CoCl ₂ 6H ₂ O	5.411	139.86	139.27	-	146.57 ±3.34	+4.8
CoCl ₂ 6H ₂ O	5.895	110.56	109.66	-	117.63 ±2.97	+6.4
CoCl ₂ 6H ₂ O	8.041	115.39	115.96	-	104.55 ±2.51	-9.4
CoCl ₂ 6H ₂ O	8.631	95.74	95.80	-	87.12 ±2.64	-9.0
CoCl ₂ 6H ₂ O	10.532	55.84	55.88	-	59.30 ±1.35	+6.2
CoCl ₂ 6H ₂ O	11.210	47.49	47.09	-	44.92 ±0.84	-5.4
CoCl ₂ 6H ₂ O	11.907	40.26	39.91	-	38.12 ±0.93	-5.3
CoCl ₂ 6H ₂ O	13.375	29.28	29.02	-	30.65 ±0.58	+4.7
CoCl ₂ 6H ₂ O	14.142	25.13	24.91	-	26.16 ±0.55	+4.1
CoCl ₂ 6H ₂ O	14.933	21.65	21.46	-	20.85 ±0.65	-3.7
CoCl ₂ 6H ₂ O	15.746	18.68	18.51	-	19.33 ±0.55	+3.5
CoCl ₂ 6H ₂ O	16.584	16.17	15.94	-	16.85 ±0.49	+4.2
CoCl ₂ 6H ₂ O	17.443	14.04	13.91	-	14.34 ±0.36	+2.1

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoCl ₂	4.508	371.76	371.03	—	359.49 ±8.87	-3.3
CoCl ₂	4.949	290.47	289.43	—	280.02 ±5.58	-3.6
CoCl ₂	5.411	228.19	227.16	—	237.09 ±5.58	+3.9
CoCl ₂	5.895	180.85	179.92	—	188.63 ±3.53	+4.3
CoCl ₂	8.041	203.30	204.54	—	184.19 ±4.27	-9.4
CoCl ₂	8.631	168.84	169.15	—	183.69 ±3.78	+8.8
CoCl ₂	10.532	98.67	98.89	—	104.00 ±2.62	+5.4
CoCl ₂	11.210	83.98	83.36	—	87.22 ±1.45	+3.8
CoCl ₂	11.907	71.21	70.67	—	68.14 ±1.51	-4.3
CoCl ₂	13.375	51.82	51.40	—	53.58 ±1.57	+3.4
CoCl ₂	14.142	44.49	44.13	—	46.27 ±1.34	+4.0
CoCl ₂	14.933	38.34	38.02	—	37.07 ±0.95	-3.3
CoCl ₂	15.746	33.07	32.78	—	33.66 ±0.51	+1.8
CoCl ₂	16.584	28.60	28.21	—	29.29 ±0.20	+2.4
CoCl ₂	17.443	24.84	24.61	—	24.36 ±0.43	-1.9

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoSO ₄ 7H ₂ O	4.508	135.28	134.72	–	139.88 ±3.16	+3.4
CoSO ₄ 7H ₂ O	4.949	104.59	103.95	–	99.47 ±1.86	-4.9
CoSO ₄ 7H ₂ O	5.411	81.38	80.82	–	85.13 ±2.45	+4.6
CoSO ₄ 7H ₂ O	5.895	63.95	62.88	–	68.17 ±1.88	+6.6
CoSO ₄ 7H ₂ O	8.041	84.73	85.28	–	95.58 ±2.30	+12.8
CoSO ₄ 7H ₂ O	8.631	70.38	70.48	–	77.57 ±1.36	+10.2
CoSO ₄ 7H ₂ O	10.532	41.15	41.19	–	38.10 ±1.14	-7.4
CoSO ₄ 7H ₂ O	11.210	35.08	34.77	–	33.60 ±0.74	-4.2
CoSO ₄ 7H ₂ O	11.907	29.77	29.51	–	28.39 ±0.60	-4.6
CoSO ₄ 7H ₂ O	13.375	21.69	21.51	–	22.86 ±0.38	+5.4
CoSO ₄ 7H ₂ O	14.142	18.64	18.42	–	17.46 ±0.23	-6.3
CoSO ₄ 7H ₂ O	14.933	16.07	15.95	–	17.02 ±0.20	+5.9
CoSO ₄ 7H ₂ O	15.746	13.88	13.77	–	14.52 ±0.26	+4.6
CoSO ₄ 7H ₂ O	16.584	12.03	11.93	–	12.54 ±0.13	+4.2
CoSO ₄ 7H ₂ O	17.443	10.46	10.37	–	10.87 ±0.15	+3.9

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
CoSO ₄	4.508	198.82	197.88	-	204.38 ±5.26	+2.8
CoSO ₄	4.949	154.47	153.36	-	148.13 ±3.67	-4.1
CoSO ₄	5.411	120.65	119.67	-	116.31 ±2.86	-3.6
CoSO ₄	5.895	95.15	93.89	-	98.38 ±1.50	+3.4
CoSO ₄	8.041	145.77	146.94	-	133.23 ±2.29	-8.6
CoSO ₄	8.631	121.26	121.62	-	133.27 ±3.06	+9.9
CoSO ₄	10.532	71.08	71.31	-	74.93 ±1.34	+5.4
CoSO ₄	11.210	60.66	60.21	-	58.06 ±1.79	-4.3
CoSO ₄	11.907	51.49	51.12	-	53.25 ±1.22	+3.4
CoSO ₄	13.375	37.56	37.29	-	39.32 ±0.80	+4.7
CoSO ₄	14.142	32.28	32.06	-	31.15 ±0.54	-3.5
CoSO ₄	14.933	27.85	27.66	-	28.74 ±0.63	+3.2
CoSO ₄	15.746	24.05	23.87	-	25.05 ±0.45	+4.2
CoSO ₄	16.584	20.83	20.66	-	20.22 ±0.44	-2.9
CoSO ₄	17.443	18.10	17.95	-	17.78 ±0.16	-1.8

Tablo 3.4'ün devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	4.508	171.63	171.29	–	162.65 ±3.53	-5.2
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	4.949	133.14	132.71	–	128.07 ±2.33	-3.8
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	5.411	103.97	103.56	–	109.79 ±2.52	+5.6
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	5.895	81.95	81.03	–	87.61 ±2.39	+6.9
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	8.041	79.08	79.37	–	89.61 ±2.68	+13.3
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	8.631	65.53	65.48	–	57.79 ±1.43	-11.8
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	10.532	38.13	38.08	–	35.75 ±0.58	-6.2
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	11.210	32.39	32.08	–	34.79 ±0.76	+7.4
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	11.907	27.45	27.18	–	26.16 ±0.55	-4.7
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	13.375	19.95	19.75	–	18.92 ±0.24	-5.1
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	14.142	17.12	16.94	–	18.01 ±0.36	+5.2
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	14.933	14.74	14.59	–	15.45 ±0.15	+4.8
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	15.746	12.72	12.59	–	13.28 ±0.13	+4.4
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	16.584	11.01	10.85	–	10.62 ±0.11	-3.6
Co(ClO ₄) ₂ 6H ₂ O	17.443	9.57	9.47	–	9.05 ±0.14	-5.4

Tablo 3.5 Mn elementi ve bileşikleri için elde edilen kütle azaltma katsayısı değerlerinin diğer teorik değerlerle karşılaştırılması. (Mn için K tabakası elektronlarının bağlanma enerjisi: 6.539 keV dir).

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	ΔE (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Mn	4.508	-2.031	160.89	157.61	154.53	158.08 ±4.06	-1.7
Mn	4.949	-1.590	124.64	122.79	119.89	120.03 ±2.90	-3.7
Mn	6.925	+0.386	391.78	397.39	396.31	375.32 ±9.67	-4.2
Mn	7.472	+0.933	324.13	326.01	324.14	311.25 ±6.54	-3.8
Mn	8.041	+1.502	269.72	269.24	266.97	279.16 ±5.83	+3.5
Mn	8.631	+2.092	223.60	223.25	221.38	228.29 ±5.46	+2.1
Mn	10.532	+3.993	131.49	130.45	130.28	129.65 ±2.55	-1.4
Mn	11.210	+4.671	110.98	110.72	109.95	112.86 ±2.44	+1.7
Mn	11.907	+5.368	94.19	93.90	93.32	96.45 ±2.68	+2.4
Mn	13.375	+6.836	68.66	68.35	68.03	66.94 ±1.80	-2.5
Mn	14.142	+7.603	59.00	58.69	58.46	57.94 ±1.37	-1.8
Mn	14.933	+8.394	50.88	50.59	50.42	52.00 ±1.99	+2.2
Mn	15.746	+9.207	43.90	43.59	43.50	45.04 ±1.13	+2.6
Mn	16.584	+10.045	37.99	37.68	37.65	37.23 ±0.81	-2.0
Mn	17.443	+10.904	32.99	32.69	32.70	32.37 ±0.76	-1.9

Tablo 3.5' in devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
MnCO ₃	4.508	106.63	105.04	103.17	109.19 ±2.06	+2.4
MnCO ₃	4.949	82.09	81.16	79.46	86.47 ±0.50	+5.3
MnCO ₃	6.925	195.11	197.67	197.11	211.30 ±6.58	+8.3
MnCO ₃	7.472	161.15	161.92	161.03	171.37 ±4.51	+6.3
MnCO ₃	8.041	133.90	133.54	132.48	139.74 ±3.67	+4.3
MnCO ₃	8.631	110.89	110.61	109.75	107.99 ±2.51	-2.6
MnCO ₃	10.532	65.06	64.48	64.44	67.56 ±1.50	+3.8
MnCO ₃	11.210	54.90	54.70	54.37	53.63 ±1.33	-2.3
MnCO ₃	11.907	46.58	46.38	46.13	44.90 ±1.99	-3.6
MnCO ₃	13.375	33.93	33.74	33.60	34.74 ±0.84	+2.4
MnCO ₃	14.142	29.15	28.97	28.86	28.07 ±0.56	-3.7
MnCO ₃	14.933	25.13	24.96	24.88	26.24 ±0.50	+4.4
MnCO ₃	15.746	21.69	21.52	21.48	22.36 ±0.43	+3.1
MnCO ₃	16.584	18.78	18.61	18.59	19.49 ±0.34	+3.1
MnCO ₃	17.443	16.32	16.15	16.16	16.74 ±0.26	+2.6

Tablo 3.5' in devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
MnCl ₄	4.508	414.22	412.73	407.39	427.06 ±9.61	+3.1
MnCl ₄	4.949	323.36	322.11	318.11	337.27 ±7.36	+4.3
MnCl ₄	6.925	224.72	225.54	224.47	244.04 ±5.33	+8.6
MnCl ₄	7.472	183.94	183.65	182.72	197.18 ±3.56	+7.2
MnCl ₄	8.041	151.54	150.60	149.78	142.90 ±3.13	-5.7
MnCl ₄	8.631	124.85	124.13	123.44	130.16 ±2.90	+4.2
MnCl ₄	10.532	72.19	71.55	71.41	75.24 ±2.22	+4.2
MnCl ₄	11.210	60.64	60.22	59.98	63.31 ±1.57	+4.4
MnCl ₄	11.907	51.23	50.82	50.68	49.53 ±1.89	-3.3
MnCl ₄	13.375	37.02	36.64	36.63	35.74 ±0.63	-3.4
MnCl ₄	14.142	31.68	31.32	31.34	30.45 ±0.48	-3.8
MnCl ₄	14.933	27.21	26.88	26.92	26.54 ±0.51	-2.4
MnCl ₄	15.746	23.40	23.12	23.16	24.04 ±0.54	+2.7
MnCl ₄	16.584	20.19	19.75	19.98	19.61 ±0.29	-2.9
MnCl ₄	17.443	17.49	17.27	17.31	16.86 ±0.23	-3.6

Tablo 3.5' in devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
MnSO ₄ H ₂ O	4.508	170.09	168.39	166.39	177.41 ±5.53	+4.3
MnSO ₄ H ₂ O	4.949	131.61	130.36	128.77	139.90 ±4.46	+6.3
MnSO ₄ H ₂ O	6.925	162.61	164.07	163.57	143.42 ±4.30	-11.8
MnSO ₄ H ₂ O	7.472	133.76	133.99	133.34	145.66 ±4.80	+8.9
MnSO ₄ H ₂ O	8.041	110.71	110.18	109.48	103.84 ±2.66	-6.2
MnSO ₄ H ₂ O	8.631	91.64	91.04	90.47	95.21 ±2.10	+4.1
MnSO ₄ H ₂ O	10.532	53.29	52.79	52.76	55.22 ±1.45	+3.6
MnSO ₄ H ₂ O	11.210	44.89	44.65	44.43	47.05 ±1.67	+4.8
MnSO ₄ H ₂ O	11.907	38.03	37.79	37.63	39.21 ±0.68	+3.1
MnSO ₄ H ₂ O	13.375	27.61	27.41	27.33	28.82 ±0.73	+4.4
MnSO ₄ H ₂ O	14.142	23.68	23.49	23.44	22.66 ±0.47	-4.3
MnSO ₄ H ₂ O	14.933	20.38	20.22	20.8	19.67 ±0.32	-3.5
MnSO ₄ H ₂ O	15.746	17.58	17.42	17.40	18.35 ±0.31	+4.4
MnSO ₄ H ₂ O	16.584	15.20	15.05	15.05	15.75 ±0.29	+3.6
MnSO ₄ H ₂ O	17.443	13.20	13.05	13.07	13.79 ±0.29	+4.5

Tablo 3.5' in devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
KMnO ₄	4.508	249.21	248.56	244.69	255.49 ±5.50	+2.5
KMnO ₄	4.949	194.34	193.34	190.73	184.04 ±4.56	-5.3
KMnO ₄	6.925	196.67	198.35	197.45	180.15 ±4.22	-8.4
KMnO ₄	7.472	161.75	162.08	161.11	173.10 ±3.54	+7.0
KMnO ₄	8.041	133.86	133.36	132.38	142.43 ±3.89	+6.4
KMnO ₄	8.631	110.61	110.18	109.41	105.74 ±2.54	-4.4
KMnO ₄	10.532	64.49	63.89	63.83	67.48 ±1.40	+4.6
KMnO ₄	11.210	54.31	54.00	53.75	56.04 ±1.43	+3.2
KMnO ₄	11.907	45.99	45.70	45.52	44.01 ±1.08	-4.3
KMnO ₄	13.375	33.38	33.13	33.04	34.12 ±0.57	+2.2
KMnO ₄	14.142	28.63	28.39	28.34	29.46 ±0.57	+2.9
KMnO ₄	14.933	24.64	24.42	24.39	25.46 ±0.49	+3.3
KMnO ₄	15.746	21.24	21.03	21.03	20.37 ±0.30	-4.1
KMnO ₄	16.584	18.36	18.17	18.18	19.06 ±0.34	+3.8
KMnO ₄	17.443	15.94	15.76	15.78	16.36 ±0.21	+2.7

Tablo 3.5' in devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
MnCl ₂ 4H ₂ O	4.508	249.28	248.05	244.73	257.51 ±6.09	+3.3
MnCl ₂ 4H ₂ O	4.949	193.98	193.07	190.48	204.46 ±4.89	+5.4
MnCl ₂ 4H ₂ O	6.925	171.73	172.84	172.13	154.72 ±3.30	-9.9
MnCl ₂ 4H ₂ O	7.472	140.91	140.94	140.22	127.72 ±2.87	-9.3
MnCl ₂ 4H ₂ O	8.041	116.36	115.74	115.03	107.75 ±2.53	-7.4
MnCl ₂ 4H ₂ O	8.631	96.00	95.51	94.93	101.57 ±2.64	+5.8
MnCl ₂ 4H ₂ O	10.532	55.75	55.22	55.15	52.46 ±1.45	-5.9
MnCl ₂ 4H ₂ O	11.210	46.89	46.59	46.39	48.86 ±1.98	+4.2
MnCl ₂ 4H ₂ O	11.907	39.67	39.38	39.25	41.41 ±1.65	+4.4
MnCl ₂ 4H ₂ O	13.375	28.74	48.48	28.44	30.18 ±0.52	+5.0
MnCl ₂ 4H ₂ O	14.142	24.62	24.38	24.37	23.74 ±0.54	-3.6
MnCl ₂ 4H ₂ O	14.933	21.18	20.95	20.96	22.11 ±0.54	+4.4
MnCl ₂ 4H ₂ O	15.746	18.24	18.04	18.05	18.74 ±0.35	+2.7
MnCl ₂ 4H ₂ O	16.584	15.76	15.49	15.60	16.47 ±0.37	+4.5
MnCl ₂ 4H ₂ O	17.443	13.67	13.51	13.53	13.23 ±0.21	-3.2

Tablo 3.5' in devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
MnCl ₂ 2H ₂ O	4.508	292.07	290.59	286.67	303.16 ±6.55	+3.8
MnCl ₂ 2H ₂ O	4.949	227.55	226.45	223.41	237.11 ±5.64	+4.2
MnCl ₂ 2H ₂ O	6.925	206.57	207.98	207.13	186.74 ±4.32	-9.6
MnCl ₂ 2H ₂ O	7.472	169.58	169.68	168.79	154.66 ±3.45	-8.8
MnCl ₂ 2H ₂ O	8.041	140.11	139.40	138.53	131.14 ±2.54	-6.4
MnCl ₂ 2H ₂ O	8.631	115.63	115.08	114.35	121.06 ±3.30	+4.7
MnCl ₂ 2H ₂ O	10.532	67.19	66.58	66.49	70.05 ±1.54	+4.2
MnCl ₂ 2H ₂ O	11.210	56.52	56.19	55.94	53.30 ±1.38	-5.7
MnCl ₂ 2H ₂ O	11.907	47.82	47.50	47.33	45.96 ±1.99	-3.9
MnCl ₂ 2H ₂ O	13.375	34.65	34.35	34.29	32.64 ±0.58	-5.8
MnCl ₂ 2H ₂ O	14.142	29.69	29.42	29.39	28.62 ±0.59	-3.6
MnCl ₂ 2H ₂ O	14.933	25.54	25.28	25.28	26.36 ±0.43	+3.2
MnCl ₂ 2H ₂ O	15.746	21.99	21.76	21.77	21.23 ±0.37	-3.5
MnCl ₂ 2H ₂ O	16.584	19.00	18.67	18.81	19.82 ±0.33	+4.3
MnCl ₂ 2H ₂ O	17.443	16.48	16.28	16.31	16.83 ±0.38	+2.1

Tablo 3.6 Fe elementi ve bileşikleri için elde edilen kütle azaltma katsayısı değerlerinin diğer teorik değerlerle karşılaştırılması. (Fe için K tabakası elektronlarının bağlanma enerjisi: 7.112 keV dir).

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	ΔE (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Fe	4.508	-2.604	185.36	181.45	178.28	189.81 ±3.56	+2.4
Fe	4.949	-2.163	143.76	140.77	138.39	139.87 ±2.85	-2.7
Fe	5.411	-1.701	112.59	110.28	108.55	116.53 ±2.58	+3.5
Fe	7.472	+0.360	361.75	364.18	361.48	379.48 ±8.66	+4.9
Fe	8.041	+0.929	301.54	301.02	298.49	288.27 ±5.54	-4.4
Fe	8.631	+1.519	250.62	250.19	248.14	242.60 ±5.36	-3.2
Fe	10.532	+3.420	148.32	148.02	146.93	150.69 ±3.24	+1.6
Fe	11.210	+4.098	125.32	125.01	124.15	122.94 ±2.60	-1.9
Fe	11.907	+4.795	106.48	106.17	105.49	104.25 ±2.34	-2.1
Fe	13.375	+6.263	77.79	77.49	77.08	76.78 ±1.36	-1.3
Fe	14.142	+7.030	66.92	66.63	66.31	65.78 ±1.54	-1.7
Fe	14.933	+7.821	57.77	57.50	57.25	59.16 ±1.26	+2.4
Fe	15.746	+8.634	49.88	49.64	49.43	48.48 ±1.74	-2.8
Fe	16.584	+9.472	43.19	42.98	42.81	42.28 ±0.70	-2.1
Fe	17.443	+10.331	37.54	37.36	37.21	38.37 ±0.44	+2.2

Tablo 3.6'nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
FePO ₄	4.508	173.92	172.12	169.75	165.92 ±3.23	-4.6
FePO ₄	4.949	134.41	132.46	131.23	129.31 ±2.47	-3.8
FePO ₄	5.411	104.78	103.26	102.34	109.39 ±1.81	+4.4
FePO ₄	7.472	158.95	159.50	158.46	143.37 ±3.63	-9.8
FePO ₄	8.041	131.90	131.40	130.46	144.43 ±2.50	+9.5
FePO ₄	8.631	109.28	108.85	108.11	103.38 ±2.24	-5.4
FePO ₄	10.532	64.16	63.87	63.50	60.18 ±1.65	-6.2
FePO ₄	11.210	54.11	53.85	53.56	51.62 ±0.84	-4.6
FePO ₄	11.907	45.89	45.65	45.43	44.15 ±0.74	-3.8
FePO ₄	13.375	33.41	32.78	33.07	34.78 ±0.52	+4.1
FePO ₄	14.142	28.69	28.51	28.41	27.58 ±0.50	-3.9
FePO ₄	14.933	24.74	24.56	24.48	25.72 ±0.40	+4.0
FePO ₄	15.746	21.34	21.19	21.13	20.53 ±0.36	-3.8
FePO ₄	16.584	18.47	18.35	18.29	17.47 ±0.26	-5.4
FePO ₄	17.443	16.05	15.94	15.89	16.54 ±0.28	+3.0

Tablo 3.6'nın devam

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
FeF ₃	4.508	136.18	134.30	131.69	140.81 ±2.36	+3.4
FeF ₃	4.949	104.92	103.52	101.51	110.58 ±2.63	+5.4
FeF ₃	5.411	81.63	80.47	79.06	78.28 ±1.14	-4.1
FeF ₃	7.472	188.63	189.80	188.28	205.04 ±3.81	+8.7
FeF ₃	8.041	156.92	156.65	155.25	168.22 ±3.32	+7.2
FeF ₃	8.631	130.25	130.0	128.88	124.52 ±2.51	-4.4
FeF ₃	10.532	76.82	76.67	76.06	80.36 ±1.54	+4.6
FeF ₃	11.210	64.87	64.69	64.23	67.07 ±1.43	+3.4
FeF ₃	11.907	55.08	54.89	54.54	52.60 ±0.94	-4.5
FeF ₃	13.375	40.21	40.01	39.80	37.76 ±0.47	-6.1
FeF ₃	14.142	34.55	34.37	34.22	36.04 ±0.44	+4.3
FeF ₃	14.933	29.81	29.64	29.53	30.79 ±0.48	+3.3
FeF ₃	15.746	25.74	25.59	25.50	24.74 ±0.33	-3.9
FeF ₃	16.584	22.29	22.16	22.08	21.64 ±0.38	-2.9
FeF ₃	17.443	19.38	19.26	19.20	20.07 ±0.26	+3.6

Tablo 3.6'nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Fe ₂ O ₃	4.508	149.13	146.36	143.91	142.57 ±3.56	-4.4
Fe ₂ O ₃	4.949	115.30	113.18	111.33	119.22 ±2.35	+3.4
Fe ₂ O ₃	5.411	90.04	88.40	87.03	94.72 ±2.89	+5.2
Fe ₂ O ₃	7.472	257.15	258.77	256.88	289.81 ±9.54	+12.7
Fe ₂ O ₃	8.041	214.21	213.77	212.02	192.57 ±8.21	-10.1
Fe ₂ O ₃	8.631	177.96	177.58	176.17	166.21 ±5.59	-6.6
Fe ₂ O ₃	10.532	105.21	104.94	104.21	100.05 ±4.71	-4.9
Fe ₂ O ₃	11.210	88.88	88.73	88.0	91.81 ±3.55	+3.3
Fe ₂ O ₃	11.907	75.51	75.25	74.79	79.66 ±1.35	+5.6
Fe ₂ O ₃	13.375	55.14	55.12	54.63	53.05 ±0.85	-3.8
Fe ₂ O ₃	14.142	47.43	47.21	46.98	48.99 ±0.91	+3.3
Fe ₂ O ₃	14.933	40.94	40.73	40.56	42.29 ±0.75	+3.3
Fe ₂ O ₃	15.746	35.35	35.17	35.03	34.01 ±0.52	-3.8
Fe ₂ O ₃	16.584	30.61	30.45	30.34	29.79 ±0.34	-2.7
Fe ₂ O ₃	17.443	26.61	26.47	26.37	27.70 ±0.34	+4.1

Tablo 3.6'nin devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
FeCl ₃ 6H ₂ O	4.508	262.96	261.78	258.41	273.74 ±7.28	+4.1
FeCl ₃ 6H ₂ O	4.949	204.68	203.63	201.18	194.04 ±3.74	-5.2
FeCl ₃ 6H ₂ O	5.411	160.47	159.67	157.77	168.50 ±3.55	+5.0
FeCl ₃ 6H ₂ O	7.472	130.65	130.62	129.83	113.14 ±7.55	-13.4
FeCl ₃ 6H ₂ O	8.041	107.84	107.20	106.54	94.04 ±4.31	-12.8
FeCl ₃ 6H ₂ O	8.631	89.03	88.51	88.01	95.08 ±2.67	+6.8
FeCl ₃ 6H ₂ O	10.532	51.77	51.44	51.20	54.77 ±1.21	+5.8
FeCl ₃ 6H ₂ O	11.210	43.55	43.24	43.07	41.33 ±0.76	-5.1
FeCl ₃ 6H ₂ O	11.907	36.84	36.55	36.44	38.65 ±0.65	+4.9
FeCl ₃ 6H ₂ O	13.375	26.70	26.45	26.41	28.35 ±0.30	+6.2
FeCl ₃ 6H ₂ O	14.142	22.88	22.65	22.63	21.80 ±0.38	-4.7
FeCl ₃ 6H ₂ O	14.933	19.68	19.47	19.47	20.78 ±0.38	+5.6
FeCl ₃ 6H ₂ O	15.746	16.80	16.77	16.77	17.52 ±0.16	+4.3
FeCl ₃ 6H ₂ O	16.584	14.65	14.40	14.50	15.18 ±0.14	+3.6
FeCl ₃ 6H ₂ O	17.443	12.71	12.58	12.58	12.18 ±0.14	-4.2

Tablo 3.6'nın devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
FeCl ₂ 4H ₂ O	4.508	255.54	254.11	250.76	245.83 ±7.86	-3.8
FeCl ₂ 4H ₂ O	4.949	198.86	197.63	195.18	189.31 ±3.54	-4.8
FeCl ₂ 4H ₂ O	5.411	155.90	154.95	153.07	147.01 ±2.40	-5.7
FeCl ₂ 4H ₂ O	7.472	152.14	152.34	151.37	132.21 ±2.44	-13.1
FeCl ₂ 4H ₂ O	8.041	125.85	125.23	124.44	137.81 ±2.34	+9.5
FeCl ₂ 4H ₂ O	8.631	104.05	103.54	102.90	109.77 ±2.67	+5.5
FeCl ₂ 4H ₂ O	10.532	60.75	60.43	60.11	57.95 ±1.24	-4.6
FeCl ₂ 4H ₂ O	11.210	51.15	50.84	50.61	48.44 ±0.70	-5.3
FeCl ₂ 4H ₂ O	11.907	43.32	43.03	42.87	45.09 ±0.77	+4.1
FeCl ₂ 4H ₂ O	13.375	31.45	31.19	31.13	32.89 ±0.64	+4.6
FeCl ₂ 4H ₂ O	14.142	26.97	26.74	26.69	28.18 ±0.56	+4.5
FeCl ₂ 4H ₂ O	14.933	23.22	23.01	22.98	22.34 ±0.59	-3.8
FeCl ₂ 4H ₂ O	15.746	20.02	19.83	19.81	20.96 ±0.41	+4.7
FeCl ₂ 4H ₂ O	16.584	17.31	17.06	17.13	17.98 ±0.37	+3.9
FeCl ₂ 4H ₂ O	17.443	15.02	14.89	14.87	15.50 ±0.18	+3.2

Tablo 3.6'nın devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	4.508	399.06	358.959	354.423	418.21 ±7.78	+4.8
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	4.949	281.07	279.852	276.581	295.40 ±5.45	+5.1
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	5.411	220.78	219.841	217.331	207.97 ±4.24	-5.8
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	7.472	152.01	151.743	150.876	179.22 ±3.89	+17.9
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	8.041	125.24	124.402	123.776	146.15 ±3.54	+16.7
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	8.631	103.25	102.599	102.058	110.89 ±2.87	+7.4
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	10.532	59.82	59.435	59.157	56.35 ±1.24	-5.8
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	11.210	50.26	49.889	49.711	53.13 ±1.27	+5.7
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	11.907	42.48	42.122	42.016	44.52 ±0.79	+4.8
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	13.375	30.72	30.401	30.387	32.37 ±0.65	+5.4
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	14.142	26.29	26.002	26.014	27.45 ±0.46	+4.4
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	14.933	22.59	22.323	22.355	21.26 ±0.33	-5.9
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	15.746	19.44	19.219	19.239	20.14 ±0.35	+3.6
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	16.584	16.78	16.439	16.610	15.96 ±0.22	-4.9
FeCl ₃ 2NH ₄ Cl H ₂ O	17.443	14.55	14.392	14.395	15.08 ±0.28	+3.7

Tablo 3.6'nın devamı

KİMYASAL FORMÜL	UYARMA ENERJİSİ (keV)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{44}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{40}$ (cm ² /g)	$\mu_{\text{TEORİK}}^{42}$ (cm ² /g)	μ_{DENEY} (cm ² /g)	%
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	4.508	126.64	125.68	124.35	133.35 ±2.58	+5.3
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	4.949	97.59	96.77	95.82	91.64 ±2.68	-6.1
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	5.411	75.85	75.25	74.45	79.79 ±1.85	+5.2
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	7.472	66.50	66.43	66.08	76.21 ±1.87	+14.6
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	8.041	54.83	54.42	54.17	61.79 ±1.33	+12.7
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	8.631	45.23	44.87	44.68	49.43 ±0.97	+9.3
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	10.532	26.27	26.04	25.96	24.53 ±0.57	-6.6
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	11.210	22.11	21.90	21.85	23.76 ±0.57	+7.5
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	11.907	18.71	18.53	18.49	19.81 ±0.38	+5.9
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	13.375	13.57	13.43	13.41	12.69 ±0.22	-6.4
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	14.142	11.63	11.51	11.49	12.16 ±0.28	+4.6
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	14.933	10.01	9.90	9.89	9.54 ±0.15	-4.7
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	15.746	8.64	8.55	8.54	8.36 ±0.14	-3.2
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	16.584	7.48	7.40	7.39	7.87 ±0.12	+5.2
Fe(SO ₄) ₂ NH ₄ 12H ₂ O	17.443	6.50	6.44	6.43	6.20 ±0.12	-4.6

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Tablo 3.1’de belirtilen elementler ve bu elementlerin farklı bileşiklerinin 4.508-17.443 keV enerji aralığındaki kütle azaltma katsayıları, transmisyon geometrisi kullanılarak deneysel olarak ölçülmüştür. Deneysel değerler ve karışım kuralı ile elde edilen teorik değerler karşılaştırmalı olarak Tablo 3.2-6’da verilmiştir. Deneysel değerler ile Hubbell et al.⁴⁴’in tablolarından elde edilen teorik değerler arasındaki relatif farklar (3.2) denklemini kullanılmak suretiyle hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerler de Tablo 3.2-6’da verilmiştir.

Çalışmada, soğurma kıyısının hemen üzerindeki enerjilerde gerçekleşen ince yapıdan kaynaklanan belirsizliği gözlemek amacıyla, ikincil uyarıcıların enerjileri, özellikle soğurucu elementin soğurma kıyısına çok yakın ve soğurma kıyısından uzak olarak seçilmiştir. İkincil uyarıcıların enerjileriyle soğurucu elementin K soğurma kıyısı arasındaki enerji farkı (ΔE) elementlere ait tablolarda verilmiştir.

Tablo 3.2-6 dikkatlice incelendiğinde, belirli bir enerji değerine karşılık gelen μ/ρ değerleri ile teorik değerler arasındaki uyumsuzluğun, fazla sayıda atom içeren bileşiklerde genellikle daha büyük olduğu gözlenmektedir. Yani bileşiğin içerdiği atom sayısı arttıkça μ/ρ ’daki belirsizlik artmaktadır. Bu belirsizlik saf elementler için genellikle en küçük değeri almaktadır.

Tablolardan da görüldüğü gibi, elde ettiğimiz deneysel değerler ile Hubbell et al.⁴⁴’in teorik değerleri arasındaki relatif farklar, Fe elementi için %1.3-4.9 arasındadır. Fe elementinin bileşikleri içerisinde en küçük farklılık FeF_3 bileşiğinde %2.9-8.7 olarak, en büyük farklılık ise $FeCl_3 \cdot 2NH_4Cl \cdot H_2O$ bileşiği için %3.6-17.9 olarak gözlenmiştir.

Mn elementi için relatif farklar %1.4-4.2 arasındadır. Mn elementinin bileşikleri içerisinde en küçük farklılık $MnCO_3$ bileşiğinde %2.3-8.3 olarak, en büyük farklılık ise $MnSO_4 \cdot H_2O$ bileşiği için %3.1-11.8 olarak gözlenmiştir.

Co elementi için relatif farklar %0.8-5.2 arasındadır. Co elementinin bileşikleri

içerisinde en küçük farklılık CoO bileşiğinde %2.1-7.5 olarak, en büyük farklılık ise $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ bileşiği için %3.6-13.3 olarak gözlenmiştir.

Cr elementi için relatif farklar %1.3-4.8 arasındadır. Cr elementinin bileşikleri içerisinde en küçük farklılık CrCl_2 bileşiğinde %2.5-9.3 olarak, en büyük farklılık ise $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ bileşiği için %3.3-18.2 olarak gözlenmiştir .

Cu elementi için relatif farklar %1.6-4.8 dir. Cu elementinin bileşikleri içerisinde en küçük farklılık CuO bileşiğinde %2.6-7.7 olarak, en büyük farklılık ise $\text{Cu}(\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ bileşiği için %4.6-13.7 olarak gözlenmiştir.

Ayrıca ΔE değeri küçüldükçe, yani gelen fotonun enerjisi K soğurma kıyısına yaklaştıkça, μ/ρ değerinin teori ile olan uyumsuzluğunun arttığı Tablo 3.2-6' dan açıkça görülmektedir. Fe için, ΔE 'nin en küçük değeri olan 0.360 keV'de relatif farklar, Fe elementi için %4.9 iken, FeF_3 için %8.7, $\text{FeCl}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ için %17.9 dur. ΔE 'nin en büyük değeri olan 10.33 keV'de ise, bu relatif farklar, Fe elementi için %2.2, FeF_3 için %3.6, $\text{FeCl}_3 \cdot 2\text{NH}_4\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$ için %3.7 dir.

Benzer şekilde: Mn için, ΔE 'nin en küçük değeri olan 0.386 keV'de relatif farklar, Mn elementi için %4.2 iken, MnCO_3 için %8.3, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için %11.8 dir. ΔE 'nin en büyük değeri olan 10.9 keV'de ise bu relatif farklar, Mn elementi için %1.9, MnCO_3 için %2.6, $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için %4.5 dir.

Co için, ΔE 'nin en küçük değeri olan 0.332 keV'de relatif farklar, Co elementi için %5.2 iken, CoO için %7.3, $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için %13.3 dür. ΔE 'nin en büyük değeri olan 9.73 keV'de ise bu relatif farklar, Co elementi için %1.5, CoO için %2.3, $\text{Co}(\text{ClO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ için %5.4 dir.

Cr için, ΔE 'nin en küçük değeri olan 0.411 keV'de relatif farklar, Cr elementi için %4.8 iken, CrCl_2 için %9.3, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ için %18.2 dir. ΔE 'nin en büyük değeri olan 11.45 keV'de ise bu relatif farklar, Cr elementi için %2.7, CrCl_2 için %4.2, $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ için %3.3 dür.

Cu için, ΔE 'nin en küçük değeri olan 0.895 keV'de relatif farklar, Cu elementi için %4.5 iken, CuO için %7.4, $\text{Cu}(\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ için %13.7 dir. ΔE 'nin en büyük değeri olan 8.46 keV'de ise bu relatif farklar, Cu elementi için %2.3, CuO için %3.4,

$\text{Cu}(\text{C}_3\text{H}_2\text{O}_2)_2\text{H}_2\text{O}$ için %5.3 dür.

Bununla birlikte belirli bir E değeri için hesaplanan relatif farkların, elementler için hesaplanan relatif farklardan genel olarak daha büyük olduğu gözlenmektedir. Yani bileşikler için, saf elementlere nazaran, teori ile daha büyük bir uyumsuzluğun olduğu gözlenmiştir. Bileşiklerin kütle azaltma katsayılarının hesaplanması için kullanılan karışım kuralındaki μ/ρ değerleri atomların müstakil haldeki kütle azaltma katsayısı değerleridir. Yani karışım kuralı bileşiği oluşturan atomlar arasındaki etkileşmeleri dikkate almaz. Başka bir deyişle karışım kuralı, atomun moleküler, kimyasal ya da kristal çevresindeki değişimlerden ortaya çıkan atomik dalga fonksiyonundaki değişimleri ihmal eder⁴¹. Oysa bileşik içerisindeki atomlar izole atomlar değildir; bileşikteki diğer atomlarla etkileşmektedirler. Ayrıca bu uyumsuzluk K soğurma kıyısına yakın enerjilerde daha da artmaktadır. Literatürdeki çok az sayıda sınırlı numune için yapılan deneysel çalışmaların sonuçları da mevcut deneysel sonuçları destekler niteliktedir^{2, 7, 9}. K soğurma kıyısından büyük ve soğurma kıyısına yakın enerjiler için elde edilen deneysel ve teorik değerler arasındaki uyumsuzluğun, soğurma kıyısının üzerindeki ince yapıdan (EXAFS) kaynaklandığı kanaatindeyiz.

Ligand Alan Teorisine ve Moleküler Orbital Teoriye göre, bir elementin belirli bir fotoelektrik soğurma kıyısı enerjisinin gerçek değeri, kimyasal çevrenin yapısına ve soğurucu atomun kimyasal durumuna bağlıdır. Ayrıca soğurma kıyısının gerçek yüksekliği atomik çevreye de duyarlılık gösterir ve bu durum K sıçrama oranlarının tayininde de belirsizliğe sebep olabilir. Moleküler orbitalin oluşumuna katkıda bulunan, atomun en dış orbitallerinin şeklindeki ve bu orbitallerde bulunan elektronların bağlanma enerjilerindeki değişimin, koherent ve inkoherent saçılma olayının gerçekleşme ihtimalini de etkilemesi beklenmektedir. Bir soğurma kıyısının yüksek enerji bölgesinde, kıyının birkaç yüz eV yukarısına kadar, küçük genlikli titreşimler görülmektedir. EXAFS olarak adlandırılan bu titreşim, bileşik içerisindeki ana elementin civarındaki atomlardan geri saçılan fotoelektron dalgaları ile ana elementten çıkan fotoelektron dalgalarının girişimi neticesinde ortaya çıkmaktadır. Eğer bu girişim yok edici tarzda ise fotoelektron dalga fonksiyonunda bir azalma, buna karşılık yapıcı tarzda ise fotoelektron dalga fonksiyonunda bir artma gözlenir. Girişim dolayısıyla

fotoelektron dalga fonksiyonunda meydana gelen değişim sonucunda, x-ışını soğurulma ihtimaliyeti de deęişir⁴⁹. Bu durum deneysel çalışmalarda, soğurma kıyısına yakın enerjilerde μ/ρ da buyk bir belirsizlik olarak karşımıza çıkar.

EXAFS bir girişim etkisi olduğundan, titreşimlerinin genişliği, verilen bir r_j mesafesindeki yakın komşu atomların sayısına bağlıdır. Kısa mesafeler buyk titreşimler verir ve komşu atom sayısı arttıkça EXAFS'nin genişliği artar⁴⁹.

Sonuç olarak, karışım kuralının soğurma kıyısına yakın enerji bölgesinde kullanılmasının sağlıklı bir yöntem olmayacağı kanaatindeyiz. Yapmış olduğumuz çalışma neticesinde elde edilen bu sonuçların XRS alanında çalışan diğer araştırmacılar tarafından dikkate alınması, çalışmadaki hata kaynaklarının azaltılmasına yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Kurucu, Y., 1993, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış) Erzurum.
2. Kerur, B.R., Thontadarya, S.R. and Hanumaiah, B., 1994, Appl. Radiat. Isot., 45, 159-163.
3. Singh, N., Aulakh, H.S., Allawadhi, K.L. and Sood, B.S., 1989, J. Phys., 33, 505-511.
4. Anasuya, S.J., Umesh, T.K. and Gowda, R., 1994, Nucl. Inst. and Meth. in Phys. B 84, 421-424.
5. Jahagirdar, H.A., Hanumaiah, B. and Thontadarya, S.R., 1992, Appl. Radiat. Isot., 43, 1511-1514.
6. Nageswara Rao, A.S., Perumallu, A. and Krishna Rao, G., 1984, Phys. C 124, 96-104.
7. Jackson, D.F., 1982, Nucl. Inst. Meth., 193, 387-389.
8. Kerur, B.R., Thontaradya, S.R. and Hanumaiah, B., 1993, X-Ray Spectrom., 22, 156-159.
9. Kerur, B.R., Thontaradya, S.R. and Hanumaiah, B., 1993, X-Ray Spectrom., 22, 13-16.
10. Turgut, Ü., Büyükkasap, E., Şimşek, Ö., Ertuğrul, M. and Doğan, O., 1997, J. of Radiat. and Nucl. Chem., 218, 267-272.
11. Gerward, L., 1981, J. Phys., B 14, 3389-3395.
12. Nathuram, R., Rao, I.S.S. and Metha, M.K., 1984, Indian J. Phys., A 58, 300-304.
13. Lingam, S.C., Babu, K.S. and Reddy, D.V.K., 1984, Indian J. Phys., A 58, 285-287.
14. Ertuğrul, M., Şimşek, Ö., Doğan, O., Turgut, Ü., 1996, J. Rad. Chem., Letters 213, 37-44.
15. Umesh, T.K. and Ranganathaiah, C., 1984, Nucl. Inst. Meth., B 5, 472-475.
16. Turgut, Ü., Büyükkasap, E., Şimşek, Ö., Ertuğrul, M. and Doğan, O., 1998, Acta Phys. Polonica, A 93, 693-700.
17. Unonius, L. and Suortti, P., 1989, J. Appl. Cryst., 22, 46-52.

18. Turgut, Ü., 1996, Y. Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış) Erzurum .
19. Gullikson, E.M., Denham, P., Mrowka, S. and Underwood, J.H., 1994, Phys. Rev., B 5, 140-142.
20. Singh, M. and Mudahar, G.S., 1993, Indian J. Phys., A 67, 79-81.
21. Nair, K.P.G., Gowda, C., Kumari, J.S., Anasuya, S. J., Umesh, T.K. and Gowda, R., 1993, Nucl. Sci. Engin., 115, 300-303.
22. Maeda, K., Ueda, K. and Ito, K., 1993, J. Phys., B 26, 1541-1555.
23. Kerur, B.R., Thontaradya, S.R. and Hanumaiah, B., 1993, Indian J. Phys., A 67, 163-167.
24. Dachun, W., Hua, Y., Pingan, L. and Xunliang, D., 1992, Nucl. Inst. Meth., B 71, 249-254.
25. Dachun, W., Xunliang, D., Xinfu, W., Hua, Y., Hongyu, Z., Xinyin, S. and Guanghua, Z., 1992, Nucl. Inst. Meth., B 71, 241-248.
26. Kerur, B.R., Thontaradya, S.R. and Hanumaiah, B., 1992, X-Ray Spectrom., 21, 133-136.
27. Kerur, B.R., Thontaradya, S.R. and Hanumaiah, B., 1991, Appl. Radiat. Isot., 42, 571-575.
28. Chandra, L.S., Suresh, B.K., Prakash, K.V. and Krishna, R.D.V., 1989, Can. J. Phys., 67, 139.
29. Kefi, M., Andre, J.M. and Bonnelle, C., 1987, J. Phys 48, Colloque C 9, 907-910.
30. Umesh, T.K., Anasuya, S.J., Kumari, J.S., Gowda, C., Nair, K.P.G. and Gowda, R., 1992, Phys. Rev., A 45 (3), 2101-2103.
31. Nathuram, R., Rao, I.S.S. and Mehta, M.K., 1988, Phys. Rev., A 37, 4978-4981.
32. Büyükkasap, E., 1997, Spectrochimica Acta., B 52, 1167-1171.
33. Büyükkasap, E., 1998, Acta Phys Polonica., A 93, 701-705.
34. Kurucu, Y., Erzeneoğlu, S., Şahin, Y. and Durak, R., 1994, IL Nuovo Cimento, 16, 555-559.
35. Erzeneoğlu, S., Kurucu, Y., Durak, R. and Şahin, Y., 1994, Phys. Rev., A 51, 4628-4630.
36. Erzeneoğlu, S., Durak, R., Kurucu, Y., Şahin, Y., 1995, Tr. J. of Phys., 19, 752-757.

37. Umesh, T.K., Gowda, R. and Sanjeevaiah, B., 1982, Phys. Rev., A 25, 1986-1992.
38. Hubbell, J.H., Singh, N., Chand, B., Trehan, P.N., Mehta, D., Garg, M.L., Garg, R.R., Singh, S. and Puri, S., 1994, J. Phys. Chem. Ref. Data., 23, 2.
39. Saloman, E.B., Hubbell, J.H. and Scofield, J.H., 1988, Atomic Data and Nuclear Data Tables., 38, 1-197.
40. Storm, E. and Israel, I., 1970, Nuclear Data A 7, 565-681.
41. Hubbell, J.H., 1969, NSRDS-NBS 29, Nat. Stand. Ref. Data. Ser., Nat. Bur. Stand. 29, 85.
42. Hubbell, J.H., 1982, Int. J. Appl. Radiat. Isot., 33, 1269-1290.
43. Wilson, J.C., International Tables for Crystallography., 1992, Volume C, ed. A: 189-405.
44. Hubbell, J.H. and Seltzer, S.M., 1995, NISTIR-5632.
45. Şahin, Y., 1979, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış) Erzurum.
46. Siegbahn, K., 1974, Alpha-Beta and Gamma-Ray Spect, North-Holland Publishing Company., 1, 38-39.
47. Hubbell, J.H., Veigele, W.J., Briggs, E.A., Brown, R.T., Cromer, D.T. and Howerton, R.J., 1975, J. Phys. Chem. Ref. Data., 4, 3.
48. Şimşek, Ö., 1992, Y. Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış) Erzurum.
49. Agarwal, B.K., 1991, X- Ray Spectroscopy, Springer-Verlag New York, s. 267.
50. Erdoğan, H., 1976, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Temel Bilimler Yüksek Okulu, (Yayınlanmamış) Erzurum.
51. Küçükönder, A., 1992, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (Yayınlanmamış) Erzurum.
52. Tunalı, N. K., Özkar, S., Anorganik Kimya, 1993, Gazi Üniversitesi, Yayın No:185, Ankara, s. 572.
53. Gündüz, T., 1994, Koordinasyon Kimyası, A. Ü. Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Ankara, s. 321.
54. Bekaroğlu, Ö., 1972, Koordinasyon Kimyası, İ.T.Ü. Kimya Fakültesi, Yayın No: 1806, İstanbul, s. 564.

