

**ASETİLEN MOLEKÜLÜNÜN İKİLİ İYONLAŞMA  
TESİR KESİTLERİNİN ÖLÇÜLMESİ**  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ümran ATMACA

DANIŞMAN

Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

FİZİK ANABİLİM DALI

HAZİRAN, 2016

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**ASETİLEN MOLEKÜLÜNÜN İKİLİ İYONLAŞMA TESİR**  
**KESİTLERİNİN ÖLÇÜLMESİ**

**Ümran ATMACA**

**DANIŞMAN**  
**Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN**

**FİZİK ANABİLİM DALI**

**HAZİRAN, 2016**

## TEZ ONAY SAYFASI

Ümran Atmaca tarafından hazırlanan “Asetilen Molekülünün İkili İyonlaşma Tesir Kesitlerinin Ölçülmesi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 29/06/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Fizik Anabilim Dalı’nda** **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

**Başkan** : Prof. Dr. Mevlüt Doğan  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. Melike Ulu  
Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi

**Üye** : Yrd. Doç. Dr. Mehmet Taşer  
Selçuk Üniversitesi Fen Fakültesi

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. Hüseyin ENGİNAR  
Enstitü Müdürü

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**29/06/2016**  
**Ümran Atmaca**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### ASETİLEN MOLEKÜLÜNÜN İKİLİ İYONLAŞMA TESİR KESİTLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

Ümran ATMACA

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Fizik Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

Bu tez çalışmasında asetilen ( $C_2H_2$ ) molekülünün farklı enerjilerdeki elektron demeti ile çarpışması sonrası ikili diferansiyel tesir kesiti (DDCS) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler e-COL Laboratuvarında elektron çarpışma deneyleri için kullanılan elektron spektrometresi kullanılarak alınmıştır. Elektron spektrometresi ile yapılan çarpışma deneylerinde belirli enerjideki elektron demeti ile hedef gazın çarpışması sonucu ortaya çıkan elektronlar açı ve enerjilerine göre dedekte edilmektedirler.

DDCS, çarpışma sonucu iyonlaşma olayında açığa çıkan elektronlardan birinin açısına ve enerjisine bağlı olarak yapılmaktadır. Bu çalışmada ikili diferansiyel tesir kesiti ölçümleri, gelen elektron enerjisi 50-350 eV aralığında iken açığa çıkan elektronlardan birinin  $30^\circ$ - $130^\circ$  aralıkta açısal dağılımı belirlenerek elde edilmiştir.

Bu çalışma ile asetilen molekülünün ikili diferansiyel tesir kesitleri ilk kez geniş bir enerji ve açı aralığında ölçülmüştür. Alınan bu ölçümlerin, teorik olarak analizi ve bu alanda kullanılan teorik modellerin testi üzerine teorik gruplarla ortak çalışmaların yapılması planlanmaktadır.

**2016, xi + 58 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Elektron-molekül çarpışmaları, İkili diferansiyel tesir kesiti, Elektron spektrometresi, Asetilen molekülü.

## **ABSTRACT**

M. Sc Thesis

### **DOUBLE DIFFERENTIAL CROSS SECTION MEASUREMENTS OF ACETYLENE MOLECULE**

Ümran Atmaca

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

**Supervisor:** Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN

In this thesis, experimental double differential cross sections (DDCSs) of acetylene ( $C_2H_2$ ) molecule are presented. The angle dependent measurements are taken at different ejected electron energies. Experimental data is taken in e-COL Laboratory using electron spectrometer that is used for electron collision experiments. Electron spectrometer is used for collision experiments and in this type experiments a determined electron gun is collided by a target gas and the electrons occurred from collision event is detected by their angles and energies.

DDCS measurements are taken by energy and angle dependence of one of the outgoing electrons after ionization event. DDCS measurements are taken at 50-350 eV incident electron energies and  $30^\circ$ - $130^\circ$  angular distribution of one of the outgoing electrons.

A wide energy range of DDCS for acetylene molecule is taken for the first time. The experimental data is planned to use in theoretical analysis by collaboration with theoreticians that work on acetylene molecule.

**2016, xi + 58 pages**

**Key Words:** Electron-molecule collisions, Double differential cross section, Electron spectrometer, Acetylene molecule.

## TEŞEKKÜR

Deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mevlüt DOĞAN' a, araştırma ve yazım süresince yardımlarını esirgemeyen Sayın, Öğr. Grv. Dr. Zehra Nur ÖZER' e her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm Sayın Doç. Dr. Melike ULU' ya ve desteklerinden dolayı e-COL grubu çalışma arkadaşlarım Murat YAVUZ ve Ali ALPERGÜN' e ve her zaman desteğini esirgemeyen Özgün AĞAR' a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Ümran ATMACA  
AFYONKARAHİSAR, 2016

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR .....	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xi
1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ.....	3
2.1 Elektron Çarpışmalarında Saçılma Olayları .....	3
2.2 Tesir Kesiti Kavramı.....	5
2.3 Saçılma Tesir Kesiti Çeşitleri .....	6
2.4 Elektron-Asetilen Molekülü Çarpışmaları Üzerine Literatürdeki Çalışmalar..	8
2.5 Asetilen Molekülü .....	24
3. MATERYAL ve METOT .....	27
3.1 Vakum Sistemi.....	27
3.2 Elektron Tabancası .....	29
3.3 Faraday Elektron Toplayıcısı (FET) .....	32
3.4 Elektron Enerji Analizörü.....	33
4. BULGULAR.....	37
4.1 Enerji Kayıp Spektrumu .....	37
4.2 İkili Diferansiyel Tesir Kesitleri (DDCS).....	39
5. TARTIŞMA ve SONUÇ .....	52
6. KAYNAKLAR.....	53



ÖZGEÇMİŞ.....	58
---------------	----

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

---

C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	Asetilen molekülü
C	Karbon
H	Hidrojen
eV	Elektron volt
$\sigma$	Tesir kesiti
$\theta$	Saçılma açısı
$\mu$ A	Mikroamper
mbar	Milibar
$\Omega$	Katı açı (steradyan)
J	Akı

### Kısaltmalar

---

CEM	Tek Kanallı Elektron Çoğaltıcı (Channel Electron Multiplier)
TCS	Toplam Tesir Kesiti (Total Cross Section)
SDCS	Tekli Diferansiyel Tesir Kesiti (Single Differential Cross Section)
DDCS	İkili Diferansiyel Tesir Kesiti (Double Differential Cross Section)
TDCS	Üçlü Diferansiyel Tesir Kesiti (Triple Differential Cross Section)
FET	Faraday Cup (Faraday Elektron Toplayıcı)
TMP	Turbo Moleküler Pompa (Turbo Molecular Pump)
G.K.	Güç Kaynağı
DCS	Diferansiyel Tesir Kesiti (Differential Cross Section)
BEB	İkili Karşılaştırma (The Binary-Encounter-Bethe)
DM	Yarı Klasik Metot (Deutsch-Mork)
SP	Splash elektrodu
FC	Faraday elektrodu
A.u.	Atomik birim (Atomic Unit)
RC	Resistor Condensator
BNC	Bayonet Neill-Concelman

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Saçılma olayının şematik olarak gösterimi. ....	3
Şekil 2.2 Küresel koordinatlarda gösterilen katı açısı.....	5
Şekil 2.3 Asetilen molekülünün uyarılma spektrumu (Bowman and Miller 1964). ....	10
Şekil 2.4 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> için (A) 50 eV çarpışma enerjisi ve 0° saçılma açısında ve (B) ve (C) saçılan elektron enerjisi 10 eV ve saçılma açısı 40° için enerji kayıp spektrumu (Wilden <i>et al.</i> 1977). ....	10
Şekil 2.5 Yüksek saçılma açılarında ve düşük enerjilerde asetilen molekülünün enerji kayıp spektrumu (Wilden <i>et al.</i> 1980). ....	11
Şekil 2.6 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> için 90° elastik saçılmanın enerji bağımlılığı (Kochem <i>et al.</i> 1985). ....	12
Şekil 2.7 2 eV da alınan elastik diferansiyel tesir kesiti (Kochem <i>et al.</i> 1985). ....	12
Şekil 2.8 E <sub>0</sub> = 0.6 eV 10°'de C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> için enerji kayıp spektrumu. 164 meV'daki pik (v <sub>4</sub> +v <sub>5</sub> ) modlarının kombinasyonlarından meydana gelmiştir. Kızılötesi aktif mod olan v <sub>3</sub> ve v <sub>5</sub> spektruma en çok katkı sağlayan modlardır (Kochem <i>et al.</i> 1985 ). ....	13
Şekil 2.9 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> için (a) 10 eV (b) 50 eV enerjilerde DCS elastik saçılma spektrumu. Düz çizgi hesaplanan sonuçlar, kısa kesikli çizgi Jain (1993) tarafından hesaplanan sonuçları, kesik çizgi Gianturco ve Stoecklin (1994) tarafından hesaplanan sonuçları, çizgi Mu-Tao vd. (1990) tarafından hesaplanan teorik sonuçları, açık daireler Khakoo vd.. (1993) tarafından alınan deneysel sonuçları, daireler ise Iga vd. (2004) tarafından alınan deney sonuçlarını göstermektedir. ....	14
Şekil 2.10 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> molekülü için alınan deneysel tesir kesiti ile teorik BEB modelinin karşılaştırılması (Kim <i>et al.</i> 1997). ....	15
Şekil 2.11 C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> için toplam iyonlaşma tesir kesiti (Vinodkumar <i>et al.</i> 2006).....	16

<b>Şekil 2.12</b> 1-10 eV aralığındaki elektron-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> saçılımı için TCS sonuçları (Vinodkumar <i>et al.</i> 2012).....	18
<b>Şekil 2.13</b> 1-4000 eV aralığındaki enerjilerde elektron C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> saçılımı için TCS sonuçları (Vinodkumar <i>et al.</i> 2012).....	18
<b>Şekil 2.14</b> $e + C_2H_2 \rightarrow C_2H_2^+$ , $e + C_2H_2 \rightarrow C_2H^+$ ve $e + C_2H_2 \rightarrow C_2^+$ işlemleri için iyonlaşma tesir kesitlerinin elektron çarpışma enerjisinin bir fonksiyonu olarak gösterimi (Zheng <i>et al.</i> 1996). Elmaslar Gaudin ve Hagemann (1967), boş daireler Tate vd. (1935) datalarıdır.....	19
<b>Şekil 2.15</b> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> molekülünün elektron çarpışması yoluyla elde edilen 0-400 eV enerji aralığında Lyman $\alpha$ , Lyman $\beta$ ve C <sub>1</sub> (165.7 nm) bağıl emisyon tesir kesitleri (Pang <i>et al.</i> 1986).....	19
<b>Şekil 2.16</b> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> molekülü için elektron çarpışma iyonlaşma tesir kesiti deneysel verilerinin BEB ve DM hesaplamalarının karşılaştırılması (Deutsch <i>et al.</i> 2000).....	20
<b>Şekil 2.17</b> 60 <sup>0</sup> 'lik koparılan elektron açısında alınan (e, 2e) spektrumu (Avaldi <i>et al.</i> 1990). .....	21
<b>Şekil 2.18</b> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> molekülü için $E_b = 1500.0$ eV için C $\sigma$ 1s iyonlaşmasının açısall dağılımını gösteren TDCS spektrumu. (a) $E_0 = 1801.2$ eV, $E_b = 9.6$ eV, $\Theta_a = 4^\circ$ , ve $K = 1.26$ a.u. ; (b) $E_0 = 1832.4$ eV, $E_b = 41.0$ eV, $\Theta_a = 5^\circ$ , ve $K = 1.46$ a.u. (Avaldi <i>et al.</i> 1990).....	21
<b>Şekil 2.19</b> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> için toplam saçılma tesir kesiti. Açık kareler mevcut sonuçlardır. Açık daireler Xing vd. (1995) tarafından bulunan sonuçlardır. Açık üçgenler ise Sueoka ve Mori (1989) tarafından belirtilen sonuçlardır. Noktalı ve kesikli çizgiler sırasıyla, SCOP metodu (Jain and Baluja (1992) teorik tahminler vardır) ve Bethe-Born teoriyle (Jain and Baluja (1992)) düz çizgi ise Garcia ve Manero (1997) deneysel bir model ile tahmin edilmiştir (Ariyasinghe <i>et al.</i> 2002).....	22

<b>Şekil 2.20</b> 20 -100 eV aralığındaki C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> molekülü için DCS sonuçları (Gauf vd. 2013). Üçgenler Iga vd. (2004) sonuçlarıdır.....	23
<b>Şekil 2.21</b> 10 eV'da alınan DDCS ölçümü (Opal <i>et al.</i> 1971).....	24
<b>Şekil 2.22</b> Asetilen molekülünün orbital teoremi.....	25
<b>Şekil 3.1</b> Elektron çarpışma spektrometresinin genel görünümü (Özer 2013). ....	27
<b>Şekil 3.2</b> Sistemin zamana göre vakum basıncının değişimi. (a) Sistemde kaçak meydana geldiğinde, (b) sistemde kaçak olmadığı durumu göstermektedir..	29
<b>Şekil 3.3</b> Tungsten Hairpin tipi Filament ve filamentin sisteme bağlanışının görünümü. .....	30
<b>Şekil 3.4</b> Wehnelt elektrodunun elektron tabancasındaki konumu (Şişe 2011).....	31
<b>Şekil 3.5</b> Elektron tabancasının AutoCAD programındaki teknik çizimi. ....	31
<b>Şekil 3.6</b> Elektron tabancasının spektrometre üzerine sabitlenmiş hali. ....	32
<b>Şekil 3.7</b> FET'e bağlanan pikoampermetreler ile akım değerlerinin ölçülmesi.....	32
<b>Şekil 3.8</b> Faraday Elektron toplayıcısı üzerine yerleştirilen küçük boyuttaki FET' in fotoğrafı.....	33
<b>Şekil 3.9</b> Elektron enerji analizörünün SIMION programında çizilen kesit görünümü.34	
<b>Şekil 3.10</b> Tek kanallı elektron çoğaltıcı dedektör içinde çoğalma işleminin gösterimi (Yavuz 2014).....	35
<b>Şekil 3.11</b> CEM besleme bağlantıları ve çıkış sinyalinin elde edilmesi (Murray 2005).36	
<b>Şekil 4.1</b> E <sub>0</sub> = 250 eV enerjide alınan elastik pik enerji kayıp spektrumu. ....	38
<b>Şekil 4.2</b> E <sub>0</sub> = 250 eV enerjide alınan inelastik pik enerji kayıp spektrumu. ....	38
<b>Şekil 4.3</b> E <sub>0</sub> = 50 eV için 10, 15, 20, 30 eV'de alınan DDCS sonuçları. ....	40
<b>Şekil 4.4</b> E <sub>0</sub> = 100 eV için 10,15, 20, 30 eV' de alınan DDCS ölçümleri. ....	41
<b>Şekil 4.5</b> E <sub>0</sub> = 100 eV için 40, 50, 75 eV'de alınan DDCS ölçümleri. ....	41

<b>Şekil 4.6</b> $E_0 = 150$ eV için 10, 15, 20, 30 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	42
<b>Şekil 4.7</b> $E_0 = 150$ eV için 50, 75, 100, 125 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	43
<b>Şekil 4.8</b> $E_0 = 200$ eV için 10, 15, 20, 25 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	44
<b>Şekil 4.9</b> $E_0 = 200$ eV için 40, 50, 75, 100 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	44
<b>Şekil 4.10</b> $E_0 = 200$ eV için 125, 150, 175 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	45
<b>Şekil 4.11</b> $E_0 = 250$ eV için 10, 15, 20, 25 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	46
<b>Şekil 4.12</b> $E_0 = 250$ eV için 50, 75, 100, 150 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	46
<b>Şekil 4.13</b> $E_0 = 250$ eV için 200, 225 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	47
<b>Şekil 4.14</b> $E_0 = 300$ eV için 15, 20, 25, 50 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	48
<b>Şekil 4.15</b> $E_0 = 300$ eV için 75, 100, 125, 150 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	48
<b>Şekil 4.16</b> $E_0 = 300$ eV için 200, 225, 250 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	49
<b>Şekil 4.17</b> $E_0 = 350$ eV için 10, 15, 20, 25 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	50
<b>Şekil 4.18</b> $E_0 = 350$ eV için 50, 75, 100, 125 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	50
<b>Şekil 4.19</b> $E_0 = 350$ eV için 150, 200, 250, 300 eV’de alınan DDCS ölçümleri. ....	51

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

<b>Çizelge 2.1</b> Elektron molekül çarpışma sonucu oluşabilecek olaylar. ....	4
<b>Çizelge 2.2</b> Moleküler uyarılma potansiyelinin deneysel olarak ölçülerek ilgili tesir kesitinin tablolaştırılması. Parantez içinde verilen bağıl yoğunluklar ve uyarılma potansiyelleri (elektron volt) (Bowman and Miller, 1964). ....	9
<b>Çizelge 2.3</b> C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> ( <sup>1</sup> Σ <sub>g</sub> <sup>+</sup> ) için molekül orbital (MO) sabitleri. * ile işaretlenmiş B değeri deneysel bir değerdir (Kim <i>et al.</i> 1997). ....	15
<b>Çizelge 2.4</b> Literatürdeki elektron-asetilen saçılma tesir kesiti çalışmaları (Vinodkumar <i>et al.</i> 2012). ....	17
<b>Çizelge 2.5</b> Moleküler orbital sabitleri (İnt.Kyn.1). ....	25
<b>Çizelge 2.6</b> Asetilen Gazının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri. ....	26

## 1. GİRİŞ

Maddenin yapısını anlamada atom ve moleküllerin önemli bir yeri vardır. Bu yüzden öncelikle atom ve moleküllerin yapısının ayrıntılı olarak anlaşılmasına yönelik araştırmalar yapılmaktadır. 1900'lü yılların başında atom ve moleküllerin yapısını incelemeye elektron ve foton gibi temel parçacıklar kullanılmaya başlandı. Rutherford'un 1911 yılında çekirdeğin keşfini, ince altın levhadan  $\alpha$  parçacıklarının saçılma yöntemiyle ortaya koymuştur. Daha sonra Franck ve Hertz'in 1914 yılında yaptıkları deneyde atomik enerji düzeylerinin varlığını civa buharından saçılan elektronların dedekte edilmesiyle göstermişlerdir. Ayrıca nükleer fizikteki atom altı parçacıklar da saçılma deneyleriyle ortaya çıkmıştır. 1920 yılından günümüze kadar elektron-atom /molekül çarpışma deneyleri farklı hedeflerle gelişimini sürdürmektedir.

Deneysel olarak elektron çarpışma olayları her ne kadar basit gözükse de teorik anlamda etkileşme potansiyelinin ve dalga fonksiyonunun ifade edilmesinde zorluklar bulunmaktadır. Moleküler hedeflerin elektronlarla etkileşmesi için teorik modellerin geliştirilmesi sayesinde basit yapıları moleküllerin çalışılması, ayrıca teknolojik değeri olan moleküllerin etkileşim dinamiklerinin anlaşılması önem kazanmıştır. Daha karmaşık çok elektronlu moleküler hedefler kullanılarak yapılan deneyler, son yıllarda ilgi noktası olmuştur.

Asetilen molekülünün hem kimyada hem de astrofizik çalışmalarında oldukça önemi bulunmaktadır. Deneysel zorluklar içermesi nedeni ile bu molekül üzerine yapılan tesir kesiti ölçümleri yok denecek kadar azdır. Dolayısı ile bu tip deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen sonuçların hem literatürdeki eksiklikleri gidermesi hem de bu konu üzerine geliştirilen teorik modellerin sınanmasında veri üretmesi açısından önemi büyüktür. Bu çalışmada Alkin sınıfı hidrokarbonların en basit üyesi olan asetilen ( $C_2H_2$ ) molekülünün ikili diferansiyel tesir kesiti (Double differential cross sections, DDCS) ölçümleri yapılmıştır. Ölçümler 50-350 eV gelen elektron enerji aralığında alınmıştır ve farklı enerjilerdeki elektronların açısal dağılımları incelenmiştir.



Bu tez çalışması beş bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde çarpışma dinamikleri ve asetilen molekülünün ikili iyonlaşma tesir kesiti ile ilgili literatürde yer alan bilgiler anlatılacaktır. Üçüncü bölümde ise deneyin yapıldığı elektron çarpışma spektrometresinden ayrıntılı olarak bahsedilecektir. Dördüncü bölümde asetilen molekülünün farklı enerji ve farklı açılarda alınmış olan deneysel ölçümlerine yer verilecektir. Son bölümde ise sonuçlar yorumlanacak ve karşılaştırılacaktır.

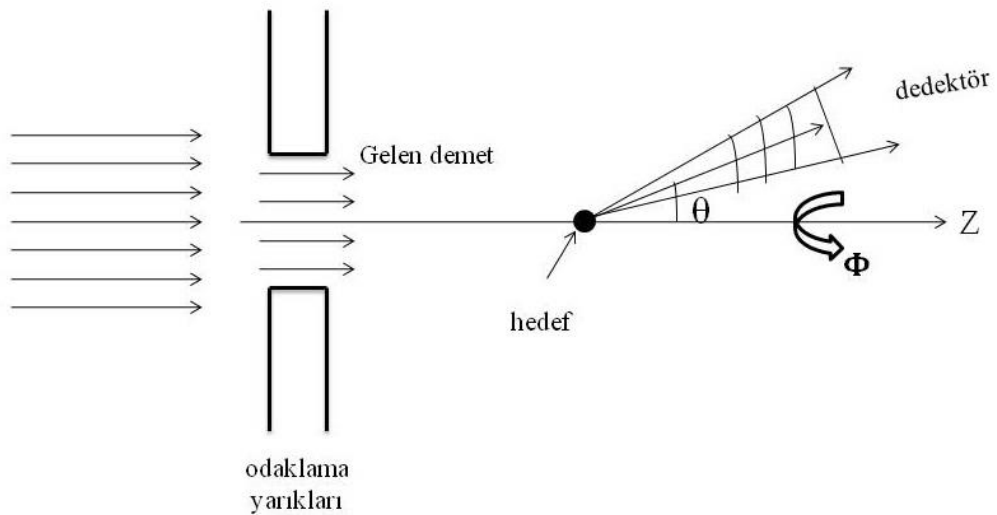
## 2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Çarpışma deneylerinin amacı; hedef molekülün yapısını ve elektron ile molekül arasındaki etkileşme dinamiklerini incelemektir. Yapılan tesir kesiti ölçümleriyle incelenen numunenin kuantum mekaniksel olarak anlaşılmasını sağlamaktadır. Bu bölümde, elektron molekül çarpışmaları, tesir kesiti kavramı, çarpışma sonucu meydana gelebilecek olaylar ve asetilen molekülüyle ilgili literatürde yer alan bilgiler aktarılacaktır.

### 2.1 Elektron Çarpışmalarında Saçılma Olayları

Laboratuvar ortamında gerçekleşen çarpışma olayları, hedef gaz olan molekülün üzerine elektron demeti gönderilerek gerçekleştirilir. Çarpışma olayında gelen parçacıkların aynı enerjide ve iyi odaklanmış olduğu ve gönderilen hedef molekülün durgun halde olduğu kabul edilir.

Hedef molekülden saçılan elektronların açısal dağılımlarını etkileyen önemli etkenlerden birisi saçılan parçacıklar arasındaki etkileşme potansiyelidir (Şekil 2.1). Kuantum mekaniksel dalga fonksiyonlarının anlaşılabilmesi için molekülün kuantum durumlarındaki değişim olasılıklarının belirlenmesi gerekir.



Şekil 2.1 Saçılma olayının şematik olarak gösterimi.

Çarpışma deneylerinde; elastik, elastik olmayan ve süper elastik çarpışmalar meydana gelebilmektedir. Gelen elektronun ve hedefin kuantum durumu saçılma türünü belli etmektedir.

- Eğer gelen elektronun enerjisi değişmeden saçılmışsa bu elastik çarpışmadır. Bu çarpışmada, hedefin iç kuantum yapısında bir değişiklik olmaz, momentumu ve kinetik enerjisi tamamen korunur.
- Eğer çarpışma elastik olmayan (inelastik) bir çarpışma ise; bu durumda gelen elektronun enerjisi hedef moleküle aktarılır. Böylece molekülün iç yapısında değişiklikler meydana gelir. İnelastik çarpışma olayında, momentum korunurken kinetik enerji korunmaz.
- Son olarak süper elastik çarpışmada ise; çarpışma sonucunda gelen elektronun enerji kazandığı çarpışmadır. Genel olarak çarpışma olayları Çizelge 2.1’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.

**Çizelge 2.1** Elektron molekül çarpışma sonucu oluşabilecek olaylar.

<i>Etkileşme olayları</i>		<i>Gösterim</i>
Elastik	Elastik saçılma	$e^- + A^+ \rightarrow A + e^-$
	Dönüsel uyarılma	$A(j) + e^- \rightarrow A(j') + e^-$
İnelastik	Titreşimsel uyarılma	$A(v) + e^- \rightarrow A(v') + e^-$
	Elektronik uyarılma	$A + e^- \rightarrow A^* + e^-$
	Tekli iyonlaştırma	$A + e^- \rightarrow A^+ + 2e^-$
	İkili iyonlaşma	$A + e^- \rightarrow A^{++} + 3e^-$
Ayrışma	Elektron yakalama ile ayrışma	$AB + e^- \rightarrow A^- + B$
	Rekombinasyon ayrışma	$AB^+ + e^- \rightarrow A + B$
	Nötral ayrışma	$AB + e^- \rightarrow A + B + e^-$
Süperelastik	Süperelastik saçılma	$e^- + A^* \rightarrow A + e^-$

Elektron çarpışma deneylerinde saçılma olayının teorik olarak anlaşılması, açığa çıkan yüklü parçacıkların Shrödinger dalga denklemi ile doğru ifade edilmesine bağlıdır. Tek



$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \frac{[dA \text{ yüzeyinden birim zamanda geçen saçılmış parçacık sayısı}]}{\text{gelen parçacık demetinin akısı}} \quad (2.1)$$

Diferansiyel tesir kesitinin tüm açılar üzerinden integral alınmasıyla toplam tesir kesiti ( $\sigma$ ) elde edilir.

$$\sigma = \int d\Omega \frac{d\sigma}{d\Omega} = \int_0^\pi \int_0^{2\pi} \frac{d\sigma}{d\Omega} \sin\theta d\theta d\phi \quad (2.2)$$

$$\sigma = 2\pi \int_0^\pi \sigma(\theta) \sin\theta d\theta \quad (2.3)$$

Bu bağıntılar hem klasik fizikte hem de kuantum fiziğinde geçerlidir. Bir çarpışma olayında  $|i\rangle = |k_i, \phi_i, X_i\rangle$  ilk durumundan  $|j\rangle = |k_j, \phi_j, X_j\rangle$  son duruma geçişte diferansiyel tesir kesiti;  $d\Omega$  katı açısında saçılan parçacık akısının gelen parçacık akısına oranından diferansiyel tesir kesiti;

$$\frac{d\sigma_{ji}}{d\Omega} = \frac{k_j}{k_i} |f(\theta, \phi)|^2 \quad (2.4)$$

denklemleri ile bulunur (Byron and Joachain 1989). Burada  $f(\theta, \phi)$  saçılma genliğini,  $k_i, k_j$  ise dalga sayılarını göstermektedir. Denklem 2.4'de görüldüğü gibi tesir kesiti saçılma genliği ile orantılıdır. Denklemin sol tarafı teorik diferansiyel tesir kesitini, sağ tarafı ise deneysel olarak ölçülen olasılık genliğini göstermektedir.

### 2.3 Saçılma Tesir Kesiti Çeşitleri

Molekülün elektron etkisiyle iyonlaşma olayının sonucunda hesaplamaların yapılabilmesi için dört farklı diferansiyel tesir kesiti kavramı tanımlanır. Bunlar;

- Toplam tesir kesiti (Total Cross Section; TCS)
- Tekli diferansiyel tesir kesiti (Single Differential Cross Section; SDCS)
- İkili diferansiyel tesir kesiti (Double Differential Cross Section; DDCS)
- Üçlü diferansiyel tesir kesiti (Triple Differential Cross Section; TDCS)

ölçümleridir.

Toplam iyonlaşma tesir kesiti (TCS),  $\sigma(E_0)$ , gelen elektron enerjisinin bir fonksiyonudur. Elektron molekül çarpışmalarından sonra açığa çıkan saçılan ve koparılan elektronların enerjileri ve momentumlarından bağımsız olarak ortaya çıkan parçacıkların sayısının ölçüsü olarak da bilinir. Fakat çarpışma sonrasında oluşacak iyonlaşma dinamikleri ve hedefin yapısı hakkında görece olarak daha az bilgi vermektedir. İyonlaşma sonrasında birbirinden ayırt edilemez iki elektron olacağından;

$$\sigma_i = \int \frac{d\sigma_i}{dE_i} dE_i \quad (2.5)$$

denklemi ile verilmektedir.

Elastik çarpışma sonucu oluşan; belirli bir  $E_0$  enerjiye sahip elektronla çarpışma sonucunda ortaya çıkan saçılan ve koparılan iki elektronun enerji dağılımları bize tekli diferansiyel tesir kesitini ( $d\sigma/dE$ ) verir. Tekli diferansiyel tesir kesiti koparılan elektronun enerji dağılımı ile ifade edilir. Bu yüzden ikili diferansiyel tesir kesitinin tüm açılar üzerinden entegre edilmesiyle de tekli diferansiyel tesir kesiti elde edilir (Ehrhardt *et al.* 1986).

$$\frac{d\sigma_b}{dE_b} = \int d\Omega_b \frac{d^2\sigma_b}{d\Omega_b dE_b} \quad (2.6)$$

İkili diferansiyel tesir kesiti (DDCS),  $d\sigma^2/d\Omega dE$ ; çarpışma sonucu ortaya çıkan iki elektrondan (saçılan ve koparılan) birinin enerjisi sabit tutulurken, diğersinin ise enerjisi ve açısına bağlı olarak dedekte edilme olayıdır. İkili diferansiyel tesir kesiti iki farklı değişkene bağlı olduğu için, iki farklı türde yapılabilmektedir.

Deneysel olarak dedekte edilemeyen elektronun enerjisi sabit tutulmaktadır. Böylece dedekte edilen öbür elektron enerji ve saçılma açısının bir fonksiyonu olarak ifade edilir. Ayrıca DDCS ölçümleri, dedekte edilen elektronun yönelimi üzerinden üçlü diferansiyel tesir kesitinin (TDCS) entegre edilmesiyle elde de edilebilir. İkili iyonlaşma

tesir kesiti hedefin yapısı ve iyonlaşma mekanizması hakkında temel bilgileri vermektedir. Fakat iyonlaşma dinamikleri hakkında bilgiyi doğrudan vermez. Bunun nedeni çarpışma sonucunda oluşan tüm parçacıkların dedekte edilememesinden kaynaklanmaktadır. Ölçümler sonucunda bir elektronun son durumu hakkında bilgiye sahip olunurken diğer dedekte edilemeyen elektron için enerji ve momentum bilgileri de integre edilerek bulunur. İkili diferansiyel tesir kesiti ölçümleri için;

$$\frac{d^2\sigma}{d\Omega_s dE_s} = \sum_i \int d\Omega_i \frac{d^3\sigma}{d\Omega_i d\Omega_s dE_s} \quad (2.7)$$

bağıntısı verilir. Ayrıca ikili diferansiyel tesir kesiti ölçümleri teorik modellerin hassas olarak sınanması için oldukça önemlidir.

Üçlü diferansiyel tesir kesiti (TDCS),  $d^3\sigma/d\Omega_i d\Omega_s dE_s$ ; iyonlaşma sonucu oluşan saçılan ve koparılan her iki elektronun eş zamanlı olarak ölçülmesi olayıdır. Ayrıca üçlü diferansiyel tesir kesiti ölçümlerine (e,2e) diferansiyel tesir kesiti de denir. Ölçümler sonucunda çarpışma sonucu oluşan saçılan ve koparılan tüm elektronların enerji ve momentumları belirlenmiş olur. TDCS ölçümleri tüm elektronların enerji ve saçılma açıları belirlendiğinden iyonlaşma dinamikleri tam olarak bilinmektedir. (e,2e) diferansiyel tesir kesiti ile yapılan deneysel ölçümler atom-molekül iyonlaşma mekanizmaları ve hedef parçacığın yapısını inceleme de önemli sonuçlar vermektedir.

## 2.4 Elektron-Asetilen Molekülü Çarpışmaları Üzerine Literatürdeki Çalışmalar

Elektron ile asetilen molekülünün çarpışması üzerine literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunun nedeni bu molekül ile deneysel ortamda çalışmanın zorluğudur. Bu bölümde elektron-asetilen çarpışmaları üzerine literatürde yapılan çalışmalar özetlenmiştir.

Bowman ve Miller (1964) düşük enerjili inelastik elektron çarpışmalarını hidrokarbonlar için iyonlaşma enerji seviyelerinin altında; metan, etan, asetilen, etilen için iyon tuzak elektron tekniği ile incelemişler ve moleküler uyarılma potansiyellerini

ölçerek ilgili tesir kesitlerini çizelgeleştirmişlerdir (Çizelge 2.2). Hidrokarbon moleküllerin elektron uyarılma olayını elektron enerjisinin bir fonksiyonu olarak inelastik saçılan elektronları analiz edilerek incelemiştir.

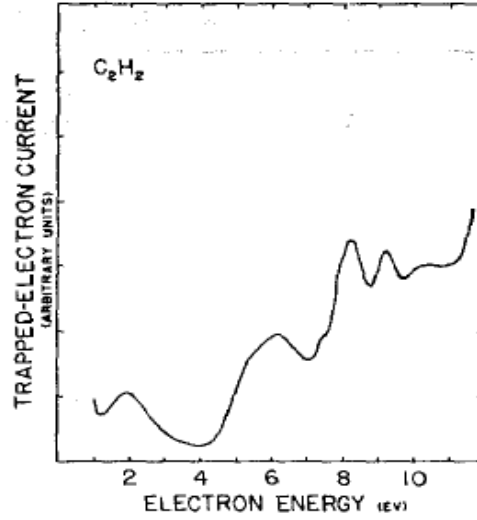
**Çizelge 2.2** Moleküler uyarılma potansiyelinin deneysel olarak ölçülerek ilgili tesir kesitinin çizelgeleştirilmesi. Parantez içinde verilen bağıl yoğunluklar ve uyarılma potansiyelleri (elektron volt) (Bowman and Miller,1964).

<i>Gaz</i>	<i>Bowman and Miller (1964)</i>	<i>Diğer deneyler</i>	<i>Ultraviyole absorpsiyon</i>	<i>İyonlaşma potansiyeli (eV)</i>
Metan	10,2 (0,73)	10,12	9,87, 10,5	13,12
	11,8 (1,00)	11,8		
Etan	~10	9,87		11,65
Asetilen	2,0 (0,54)			11,42
	6,2 (0,60)		5,23, 6,15	
	7,7 (0,60)		6,8	
	7,9 (0,96)			
	8,2 (1,00)		8,15	
	9,2 (0,90)		9,2	
Etilen	10,0 (0,81)		9,95	
	1,7 (0,19)			10,56
	4,4 (0,29)	4,4 – 4,8	4,6	
	7,7 (1,00)	7,66, 7,7	7,66	
	9,2 (0,71)	9,03, 9,95, 8,8	7,1, 8,9, 9,6	

8-15 ve 9-25 eV değerlerinde 1050 ile 2000 Å Rydberg dalga boyu geçişleri bölgesinde incelemiştir. Ancak Bowman'ın kendi çalışmasına yakın tarihte yapılmış olan başka bir çalışmada 9.2 ve 9.95 eV değerlerindeki geçişlerin Rydberg geçişleri olmadığını söylemişlerdir. Daha önceki çalışmalarda 6.15 ve 6.8 eV'de bu geçişlerden bahsedilmiştir (Herzberg 1931). 1953 yılında yapılan başka bir çalışmada ise bu geçişin 5.23 eV' luk olduğu ve bunun en düşük titreşim seviyesi olduğu bildirilmiştir (Ingold and King 1953). Molekül orbital teorisine dayanarak bu absorpsiyon (soğurma) taban seviyesindeki ilk singlete bağlanmış, bu noktada da dikey geçiş enerjisi yaklaşık 6.5 eV

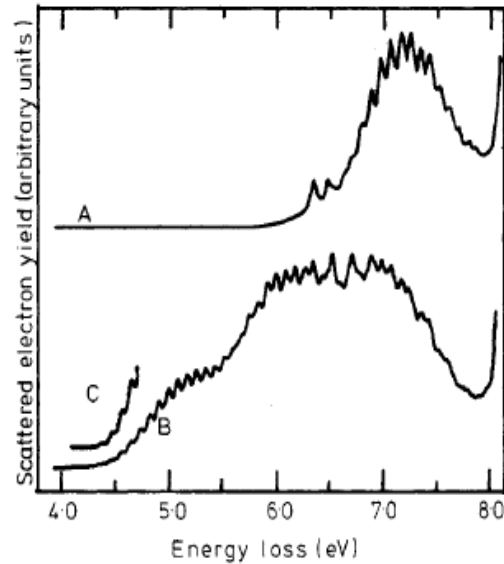


olarak tahmin edilmiştir (Bowman and Miller 1964). Şekil 2.3’de asetilen molekülü için verilen uyarılma spektrumu gösterilmiştir.



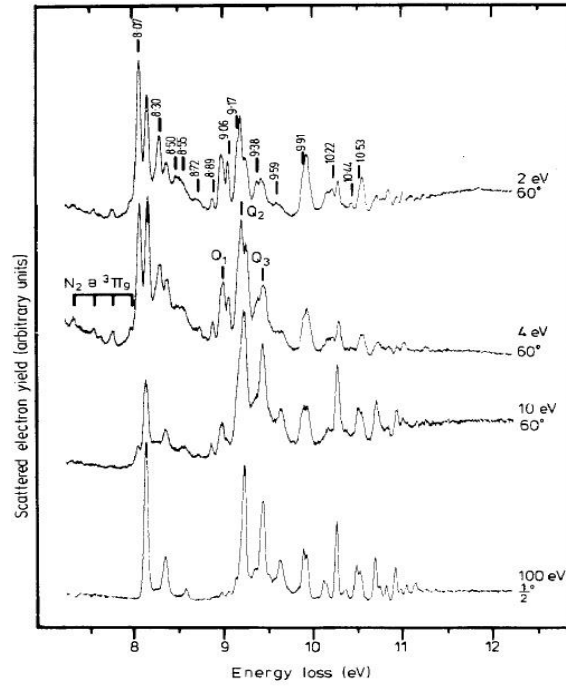
Şekil 2.3 Asetilen molekülünün uyarılma spektrumu (Bowman and Miller 1964).

Wilden vd. (1977) yaptıkları çalışmada asetilen için enerji kayıp spektrumunu incelemiştir. Enerji kaybı spektrumunu 4-8 eV aralığında çeşitli çarpışma enerjilerinde ve saçılma açılarında elde etmişlerdir (Şekil 2.4). Deney düzeneğinde 180° yarı küresel analizör kullanmışlardır. Düşük çarpışma enerjilerinde iki adet triplet durumu uzun titreşimsel süreçler olarak gözlemlemiştir.



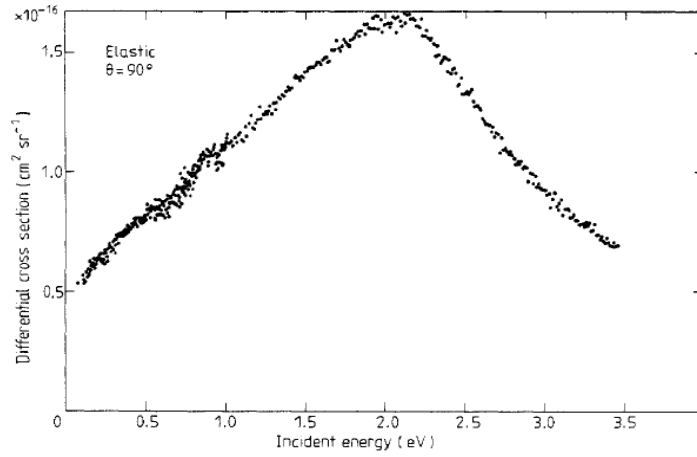
Şekil 2.4 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için (A) 50 eV çarpışma enerjisi ve 0° saçılma açısında ve (B) ve (C) saçılan elektron enerjisi 10 eV ve saçılma açısı 40° için enerji kayıp spektrumu (Wilden *et al.* 1977).

Wilden vd. (1980) yaptıkları çalışmada elektron enerji kaybı spektrumlarını 0.015eV çözünürlükle ve 7-11 eV enerji aralığındaki elektronik durumlarını incelemişlerdir. Yüksek enerjilerde ve düşük saçılma açılarında ölçümleri alınan elektronların dört kutuplu tekli izinli geçişlerin etkileşimlerini dikkate almışlardır ve bu etkileşimleri  $^1\Sigma_g^-$ ,  $^1\Delta_g$  ve  $^1\Pi_g$  izinli geçişleri olarak tanımlamışlardır. Şekil 2.5’de asetilen molekülü için enerji kayıp spektrumu verilmiştir.

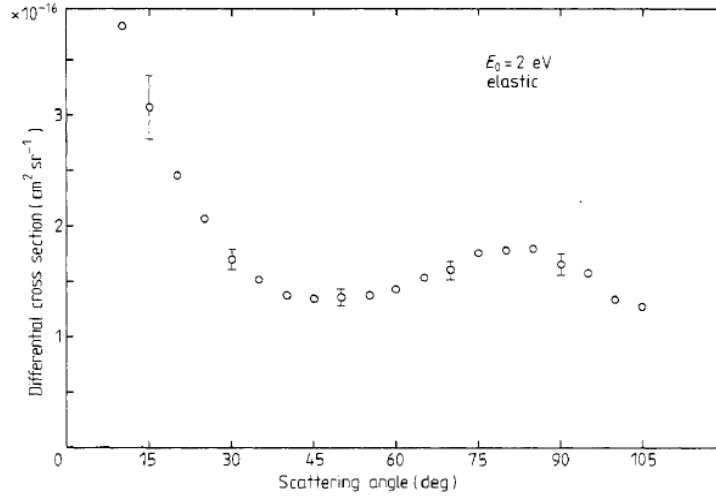


**Şekil 2.5** Yüksek saçılma açılarında ve düşük enerjilerde asetilen molekülünün enerji kayıp spektrumu (Wilden *et al.* 1980).

Kochem vd. (1985) yaptıkları çalışmada  $C_2H_2$  için 0 ile 3.6 eV enerji aralığında elastik saçılmanın ve uyarılmanın açısız bağıllığını  $\nu_2, \nu_3, \nu_5$  titreşim modları için 5 ile  $180^\circ$  arasında toplam diferansiyel tesir kesitlerini ölçmüşlerdir.  $\nu_1$  ve  $\nu_4$  titreşim modları için ise çalıştıkları enerji aralığında Raman aktif modlarının yeteri kadar uyarılmış olmamasından dolayı bu noktayı incelememişlerdir. Kochem vd. (1985) yaptıkları çalışmada asetilen molekülü için şekil 2.6’da elastik saçılmada enerji bağımlılığı ve şekil 2.7 ise elastik diferansiyel tesir kesiti sonuçları verilmiştir.

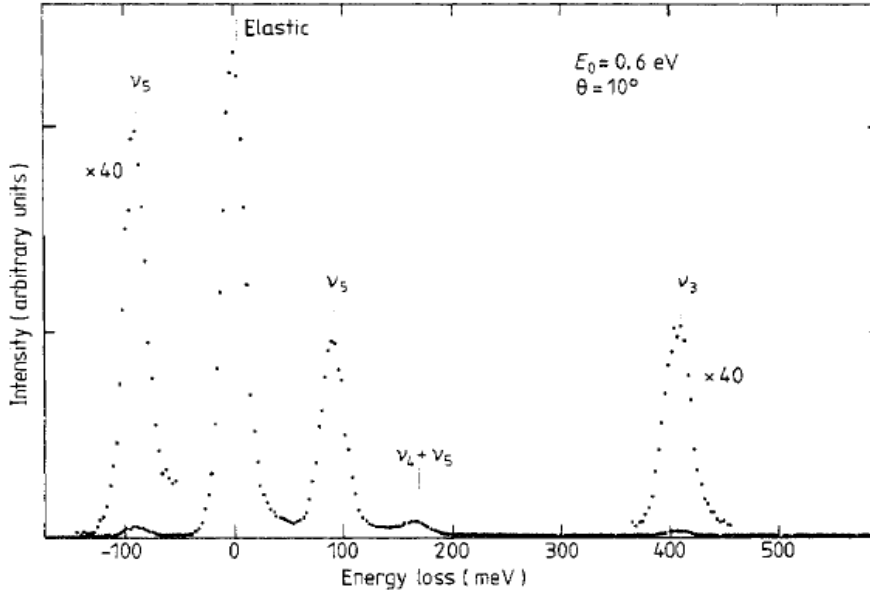


Şekil 2.6 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için 90° elastik saçılmanın enerji bağımlılığı (Kochem *et al.* 1985).



Şekil 2.7 2 eV da alınan elastik diferansiyel tesir kesiti (Kochem *et al.* 1985).

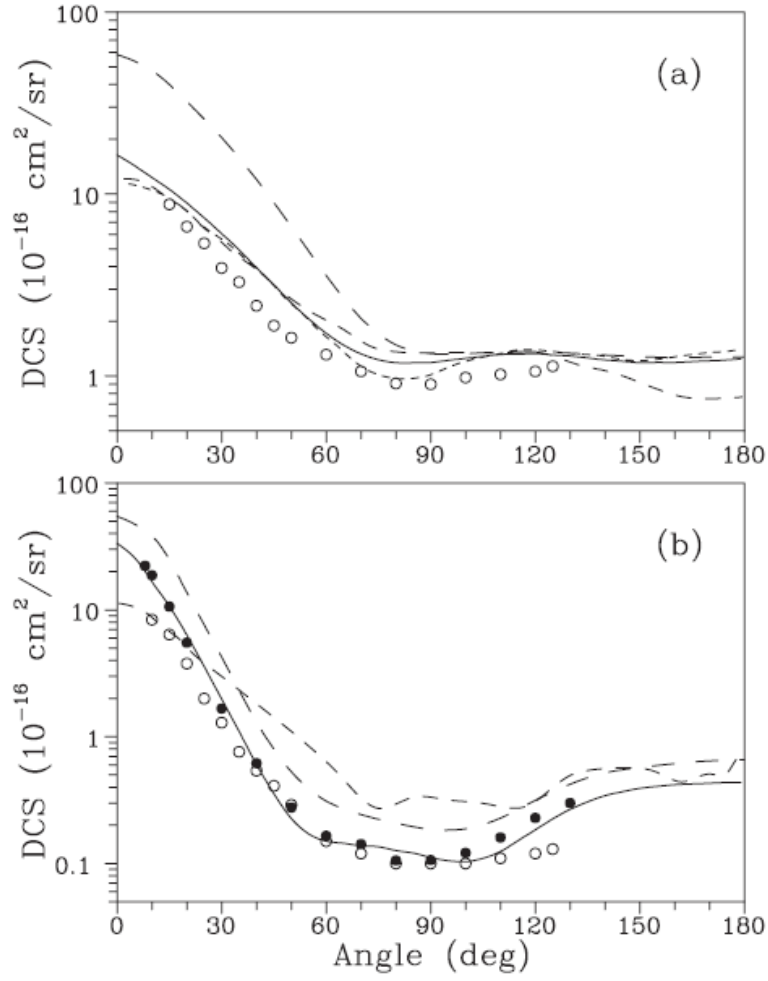
Kochem vd. (1985) çalışmalarında asetilenin farklı titreşim modlarının direk uyarılma ile ilişkili olmasını ve asetilen molekülünün  $^2\pi_g$  rezonans simetrisine 2.6 eV civarında bulunduğunu belirtmişlerdir. Bu durumda C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> molekülünün N<sub>2</sub> molekülüne benzer olduğunu ifade etmişlerdir. Bu benzerliğin sebebi de N<sub>2</sub> molekülünün C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>'ye izoelektronik olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca asetilen molekülü için enerji kayıp spektrumu ölçümlerini vermişlerdir (Şekil 2.8).



**Şekil 2.8**  $E_0 = 0.6$  eV  $10^\circ$ 'de  $C_2H_2$  için enerji kayıp spektrumu. 164 meV'daki pik ( $v_4+v_5$ ) modlarının kombinasyonlarından meydana gelmiştir. Kızılötesi aktif mod olan  $v_3$  ve  $v_5$  spektruma en çok katkı sağlayan modlardır (Kochem *et al.* 1985 ).

Iga vd. (2004) yaptıkları çalışmada  $C_2H_2$  için 10 ile 500 eV aralığında elastik diferansiyel, integral, momentum transferi, toplam (elastik + inelastik) ve soğurma tesir kesitlerini hesaplamışlardır. Ayrıca 50 ile 500 eV enerji aralığında deneysel elastik tesir kesiti sonuçlarını raporlamışlardır. Saçılma denklemlerini çözümlemek amacı ile de tekrarlamalı Schwinger varyasyon metodu ile bozunmuş dalga yaklaşımını kullanmışlardır. Deneysel olarak saçılan elektronların açısal dağılımları bağlı akış tekniğini kullanarak tesir kesitine dönüştürmüşlerdir (Şekil 2.9).

$C_2H_2$  de CH radikali için alınan toplam iyonlaşma tesir kesitlerini Kim vd. (1997) ikili karşılaşma-Bethe modelini kullanarak hesaplamışlar ve mevcut deneysel verilerle karşılaştırmışlardır. The Binary-Encounter-Bethe (BEB) modelini kullanarak elde ettikleri bu tesir kesitlerinin iyonlaşma sınırından yüzlerce eV kadar deneysel veriler ile uyum içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir.

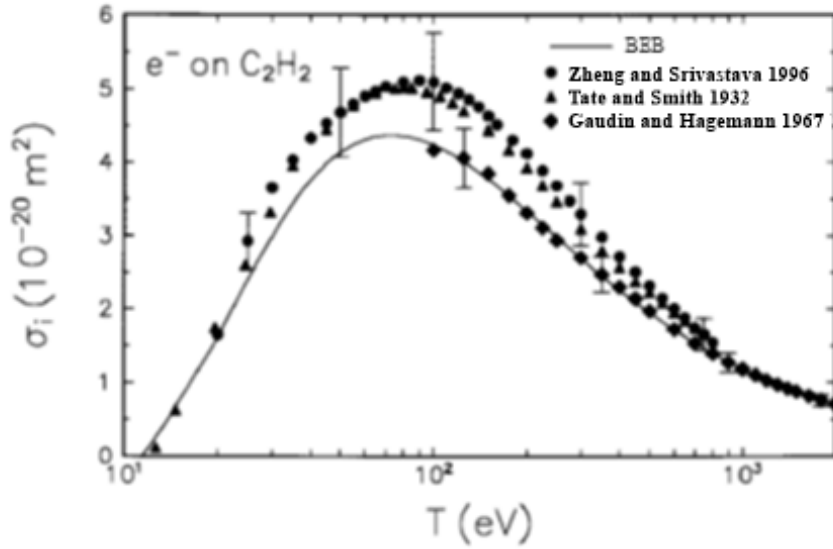


**Şekil 2.9** C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için (a) 10 eV (b) 50 eV enerjilerde DCS elastik saçılma spektrumu. Düz çizgi hesaplanan sonuçlar, kısa kesikli çizgi Jain (1993) tarafından hesaplanan sonuçları, kesik çizgi Gianturco ve Stoecklin (1994) tarafından hesaplanan sonuçları, çizgi Mu-Tao vd. (1990) tarafından hesaplanan teorik sonuçları, açık daireler Khakoo vd.. (1993) tarafından alınan deneysel sonuçları, daireler ise Iga vd. (2004) tarafından alınan deney sonuçlarını göstermektedir.

Asetilen için moleküler orbital sabitleri Çizelge 2.3’de listelemişlerdir ve BEB modelini mevcut deneysel verilerle şekil 2.10’da karşılaştırmışlardır. Zheng ve Srivastava (1996) tarafından deneysel veriler birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür. Fakat tepe noktaları teoriden % 15 daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Ayrıca, Gaudin ve Hagemann’ın (1967) verilerinin 100 eV ile 2 keV elektron enerji aralığında teori ile mükemmel bir uyum içerisinde olduğu belirtilmiştir. BEB modeli, şekil 2.10’da gösterilen T’nin tamamı iyonlaşma tesir kesiti için uygun olduğundan ve Tate ve Smith (1932) verileri <30 eV için teori ile uyduğundan, Kim vd. (1997) BEB kesitlerinin plazma modelleme uygulamaları için uygun ve yararlı olacağı vurgulanmıştır.

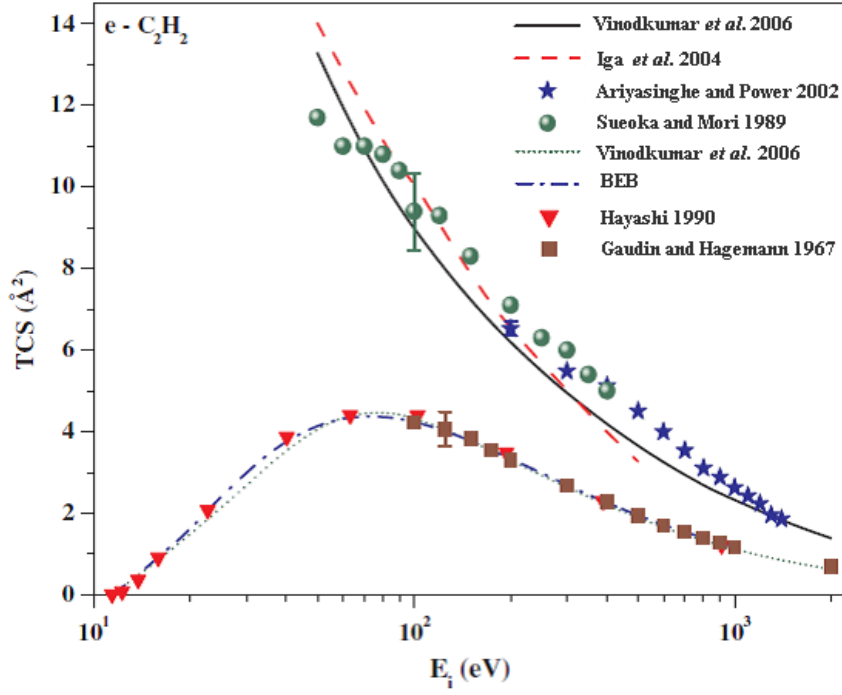
**Çizelge 2.3** C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> (<sup>1</sup>Σ<sub>g</sub><sup>+</sup>) için molekül orbital (MO) sabitleri. \* ile işaretlenmiş B değeri deneysel bir değerdir (Kim *et al.* 1997).

Molekül Orbital	Bağlanma Enerjisi (eV)	Kinetik Enerji (eV)	İşgal Numarası
1σ <sub>g</sub>	305,62	435,15	2
1σ <sub>u</sub>	305,50	436,31	2
2σ <sub>g</sub>	28,18	49,60	2
2σ <sub>u</sub>	20,80	32,79	2
3σ <sub>g</sub>	18,55	33,64	2
1π <sub>g</sub>	11,4*	28,99	4



**Şekil 2.10** C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> molekülü için alınan deneysel tesir kesiti ile teorik BEB modelinin karşılaştırılması (Kim *et al.* 1997).

Vinodkumar vd. (2006) yaptıkları çalışmada C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> gibi hidrokarbonlar ve radikaller için toplam elektron çarpışma tesir kesitlerini 50 ile 2000 eV enerji aralığında ve iyonlaşma tesir kesitlerini 2000 eV'a kadar olan enerji aralığında hesaplamışlardır. Elde ettikleri sonuçları mevcut deneysel veriler ile karşılaştırmışlar ve sonuçların uyum içerisinde olduğunu ifade etmişlerdir. Radikal türler için de (CH<sub>x</sub>(x=1-3)) toplam tesir kesitlerini hesaplamışlardır (Şekil 2.11).



Şekil 2.11 C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için toplam iyonlaşma tesir kesiti (Vinodkumar *et al.* 2006).

Şekil 2.11’de Vinodkumar vd. (2006)’nin sonuçları ölçümler ve teorik verilerle uyum içerisinde olduğu görülmektedir. Şekilde üst eğriler Iga vd. (2004) teorileri ile Ariyasinghe and Power (2002) ve Sueoka and Mori (1989) deneylerinin C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için Vinodkumar vd. (2006) Q<sub>T</sub> değerinin karşılaştırılması görülmektedir. Ayrıca Q<sub>ion</sub> C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için düşük eğridir. Bu sonuçlar % 10 belirsizlikle BEB teorisi ve Hayashi (1990), Gaudin and Hagemann (1967), ölçümleri ile mükemmel bir uyum içerisinde olduğu görülmüştür.

Vinodkumar vd. (2012)’nin yaptıkları çalışmada asetilen molekülünün 1-5000 eV aralığında toplam tesir kesiti, elektronik uyarılma tesir kesitleri ve öz fonksiyon faz diyagramı hesaplamalarını gerçekleştirmişlerdir (Şekil 2.12). Bu genişlikteki bir enerji aralığında literatürde ilk kez yapılan bu çalışmada; çarpışma enerjileri için tesir kesiti elde etmede iki farklı yaklaşım kullanmışlardır. Başlangıçta hedef iyonlaşma enerjisi sınırı 1 eV iken başlangıçta R-matris metodu ve bu sınırdan sonra ise küresel kompleks optik potansiyel metodu kullanmışlardır. Sınır bölgesinden geçiş enerjisinde her iki teoride birbiri ile uyum göstermiş ve bu uyumda her iki teorinin de tutarlı olduğunun bir kanıtı olarak kabul etmişlerdir (Şekil 2.13). Literatürde asetilen üzerine yapılmış ve

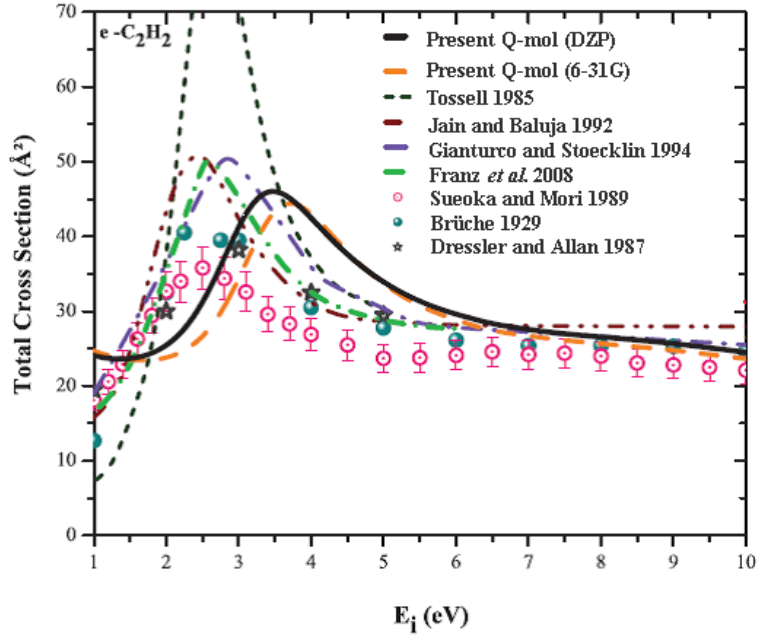
bildirilmiş olan mevcut çalışmaların kısa bir incelenmesi aşağıdaki çizelge 2.4 ile verilmiş (Vinodkumar *et al.* 2012).

**Çizelge 2.4** Literatürdeki elektron-asetilen saçılma tesir kesiti çalışmaları (Vinodkumar *et al.* 2012).

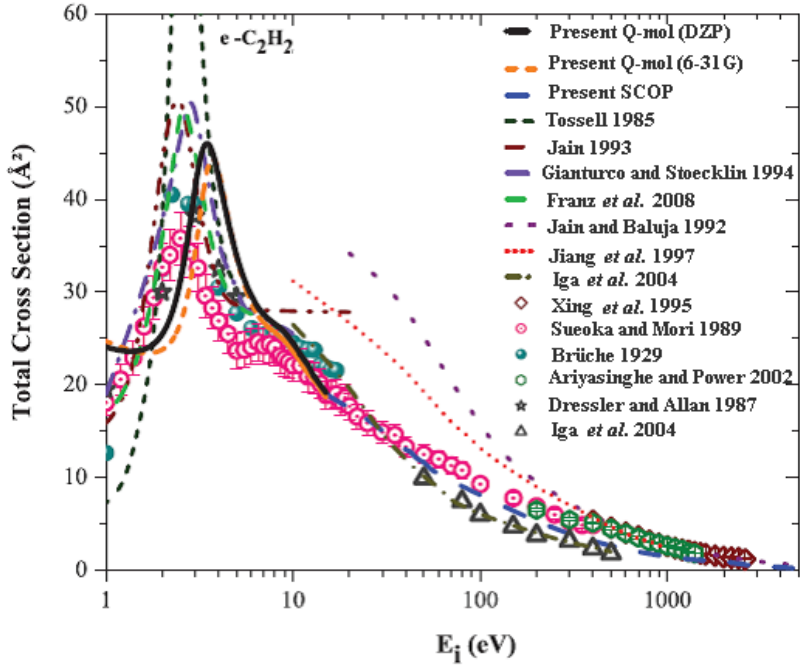
<i>Enerji aralığı (eV)</i>	<i>Referans</i>	<i>Metot</i>
0-5	Tossell (1985)	Teorik
0-10	Franz <i>et al.</i> (2008)	Teorik
0,05-5	Dressler and Allan (1987)	Deneysel
0,01-20	Jain (1993)	Teorik
1-10	Gianturco and Stoecklin (1994)	Teorik
1-40	Brüche (1929)	Deneysel
1-400	Sueako and Mori (1989)	Deneysel
10-500	Iga <i>et al.</i> (2004)	Teorik
10-1000	Jiang <i>et al.</i> (1997)	Teorik
10-5000	Jaing and Baluja (1992)	Teorik
50-500	Iga <i>et al.</i> (2004)	Deneysel
200-1400	Ariyasinghe and Power (2002)	Deneysel
400-2600	Xing <i>et al.</i> (1995)	Deneysel

Bu çizelgede de görüldüğü üzere düşük enerjili elektronlarla saçılmalar için oldukça yeterli teorik ve deneysel çalışma mevcuttur. Ancak bu çalışmalar farklı amaçlar ile farklı enerji aralıkları arasında yapılmış ve geniş çarpılma enerji aralığında termal seviyeden (meV) keV seviyesine kadar olan enerji aralığını kapsayacak tek bir çalışma yapılmamıştır.



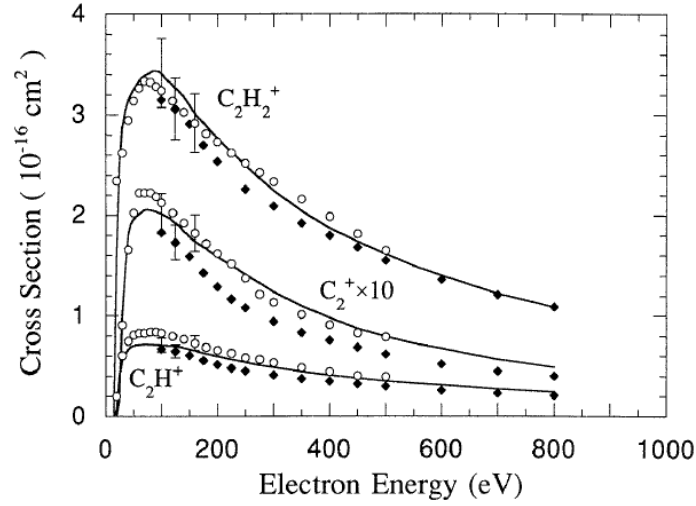


Şekil 2.12 1-10 eV aralığındaki elektron-C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> saçılımı için TCS sonuçları (Vinodkumar *et al.* 2012).



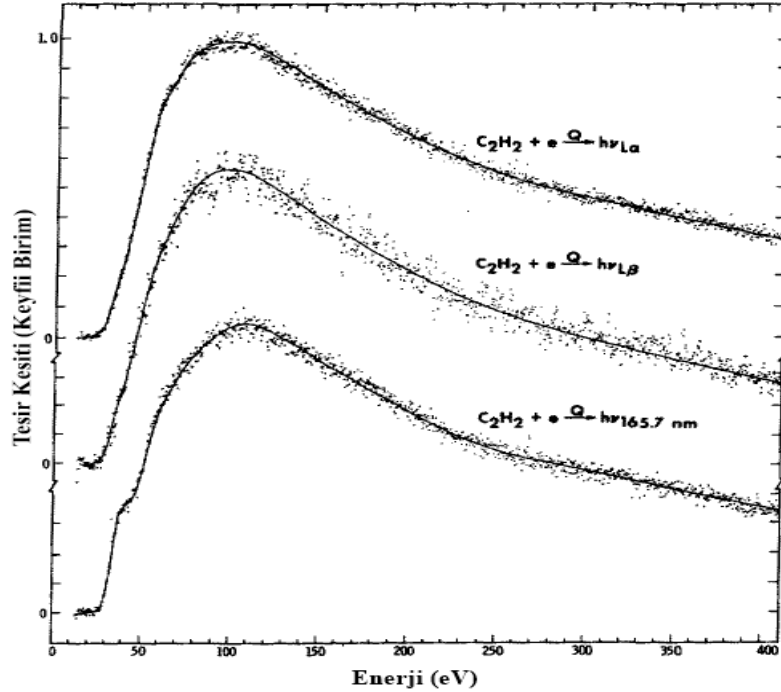
Şekil 2.13 1-4000 eV aralığındaki enerjilerde elektron C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> saçılımı için TCS sonuçları (Vinodkumar *et al.* 2012).

Zheng vd. (1996) yaptıkları çalışmada 0-800 eV enerji aralığında bağlı akış tekniğini kullanarak C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> için elektron çarpışma tesir kesitlerini literatürde bildirilmiş olan görünüm potansiyelleriyle karşılaştırmışlardır (Şekil 2.14).



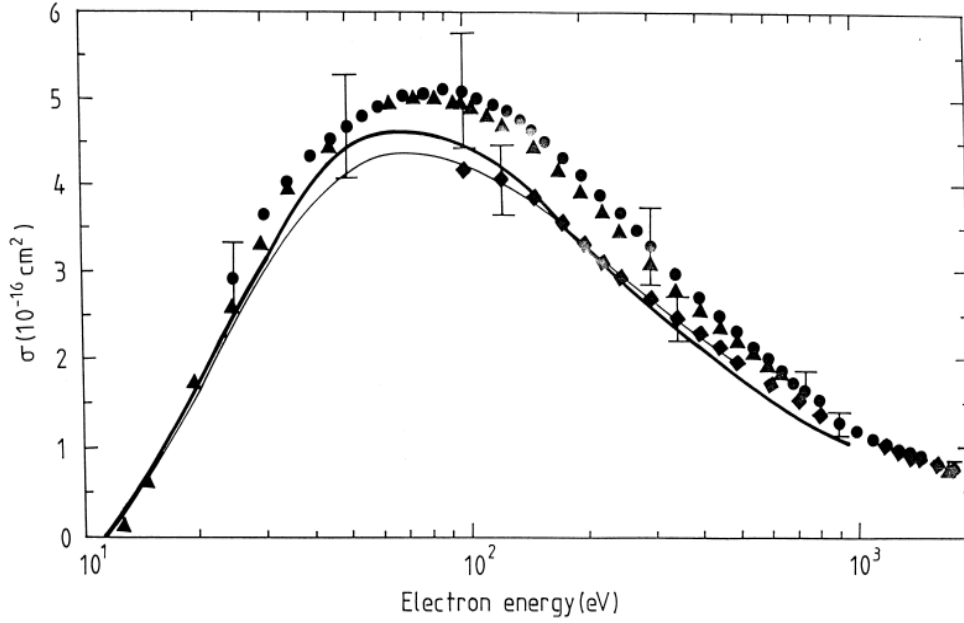
**Şekil 2.14**  $e + C_2H_2 \rightarrow C_2H_2^+$ ,  $e + C_2H_2 \rightarrow C_2H^+$  ve  $e + C_2H_2 \rightarrow C_2^+$  işlemleri için iyonlaşma tesir kesitlerinin elektron çarpışma enerjisinin bir fonksiyonu olarak gösterimi (Zheng *et al.* 1996). Elmaslar Gaudin ve Hagemann (1967), boş daireler Tate vd. (1935) datalarıdır.

Pang vd. (1986) yaptıkları çalışmada  $C_2H_2$  ve  $CH_4$  için elektron çarpışma tesir kesitlerini 200 eV'de ölçmüşlerdir ve çalışmalarında buna ek olarak 40 ile 200 nm arasında ultraviyole vakum emisyon özelliklerinden bahsetmişlerdir (Şekil 2.15).



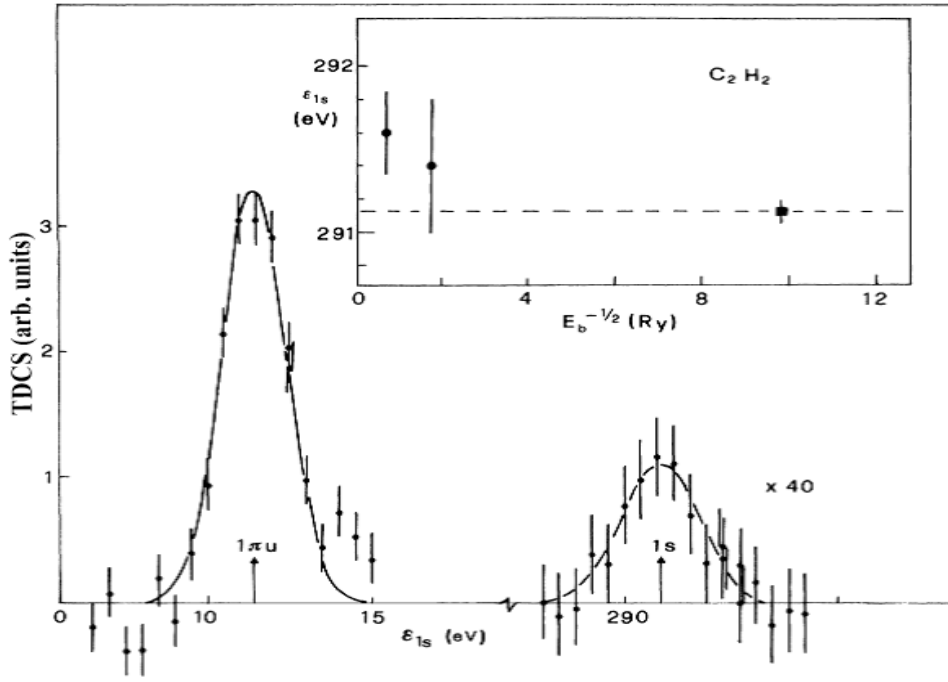
**Şekil 2.15**  $C_2H_2$  molekülünün elektron çarpışması yoluyla elde edilen 0-400 eV enerji aralığında Lyman  $\alpha$ , Lyman  $\beta$  ve  $C_1$  (165.7 nm) bağılı emisyon tesir kesitleri (Pang *et al.* 1986).

Deutsch vd. (2000) yaptıkları çalışmada  $C_2H_2$ 'nin de içinde olduğu bazı molekül ve radikallerin teorik ve deneysel verilerin karşılaştırmaları yapılarak raporlamışlardır (Şekil 2.16).

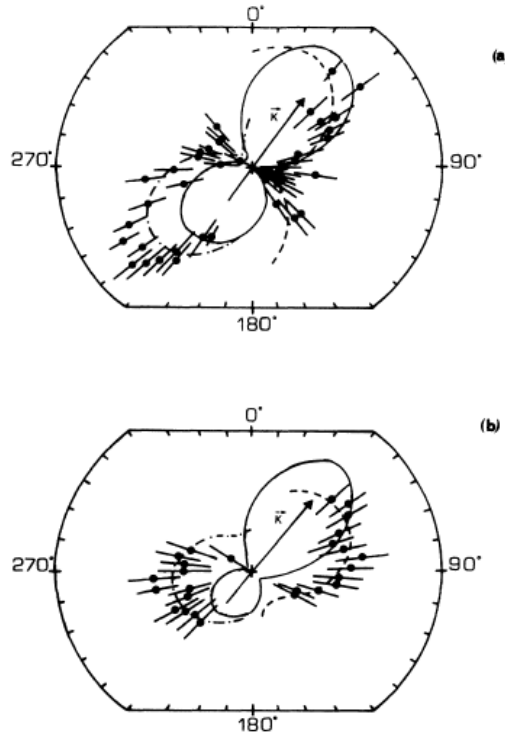


**Şekil 2.16**  $C_2H_2$  molekülü için elektron çarpışma iyonlaşma tesir kesiti deneysel verilerinin BEB ve DM hesaplamalarının karşılaştırılması (Deutsch *et al.* 2000).

Avaldi vd. (1990) elektron çarpışması ile asetilen molekülünde C ( $\sigma 1s$ ) orbitali için 9.6, 41.0 ve 1500 eV'luk elektron saçılması ile küçük saçılma açılarında (e, 2e) deneylerini gerçekleştirmişlerdir (Şekil 2.17). Ölçülen açısal dağılımlar, momentum aktarım yönü etrafındaki simetrinin kırılmasıyla birlikte büyük hacimli geri tepme olarak karakterize edildiğini ifade etmişlerdir. X-ışını foto elektron spektroskopu ile ölçüldüğü gibi beklenen değere göre C ( $\sigma 1s$ ) pikinin polarizasyondaki (e, 2e) spektrumunda bir kayma gözlemlemişlerdir (Şekil 2.18).

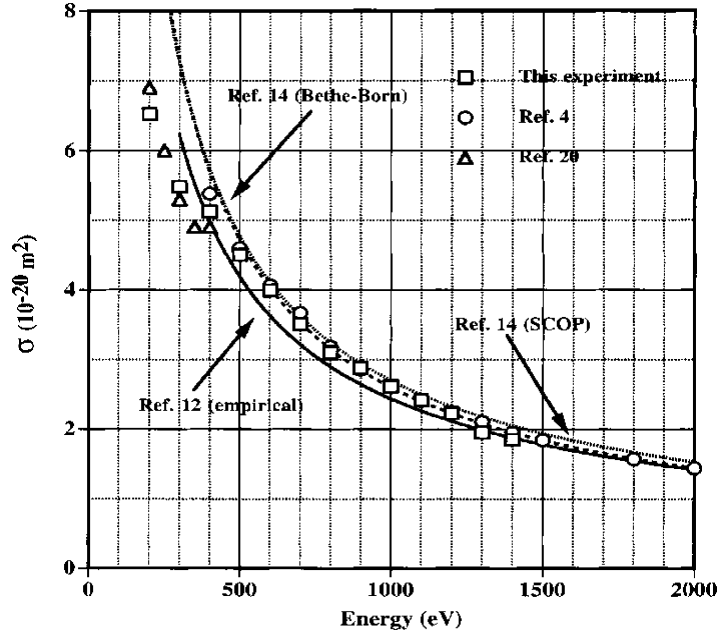


Şekil 2.17  $60^\circ$ 'lik koparılan elektron açısında alınan  $(e, 2e)$  spektrumu (Avaldi *et al.* 1990).



Şekil 2.18  $C_2H_2$  molekülü için  $E_b = 1500.0$  eV için  $C\sigma 1s$  iyonlaşmasının açısal dağılımını gösteren TDCS spektrumu. (a)  $E_0 = 1801.2$  eV,  $E_b = 9.6$  eV,  $\Theta_a = 4^\circ$ , ve  $K = 1.26$  a.u. ; (b)  $E_0 = 1832.4$  eV,  $E_b = 41.0$  eV,  $\Theta_a = 5^\circ$ , ve  $K = 1.46$  a.u. (Avaldi *et al.* 1990).

Ariyasinghe ve Power (2002) yaptıkları çalışmada  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  ve  $\text{C}_2\text{H}_6$  moleküllerinin toplam elektron saçılım kesitini 200-1400 eV enerji aralığında elde etmişlerdir (Şekil 2.19). Sonuçlar mevcut deneysel ve teorik sonuçlarla karşılaştırmışlardır. Toplam elektron saçılma tesir kesiti ve hedef molekül elektron sayısı arasındaki korelasyonu tartışmışlardır.

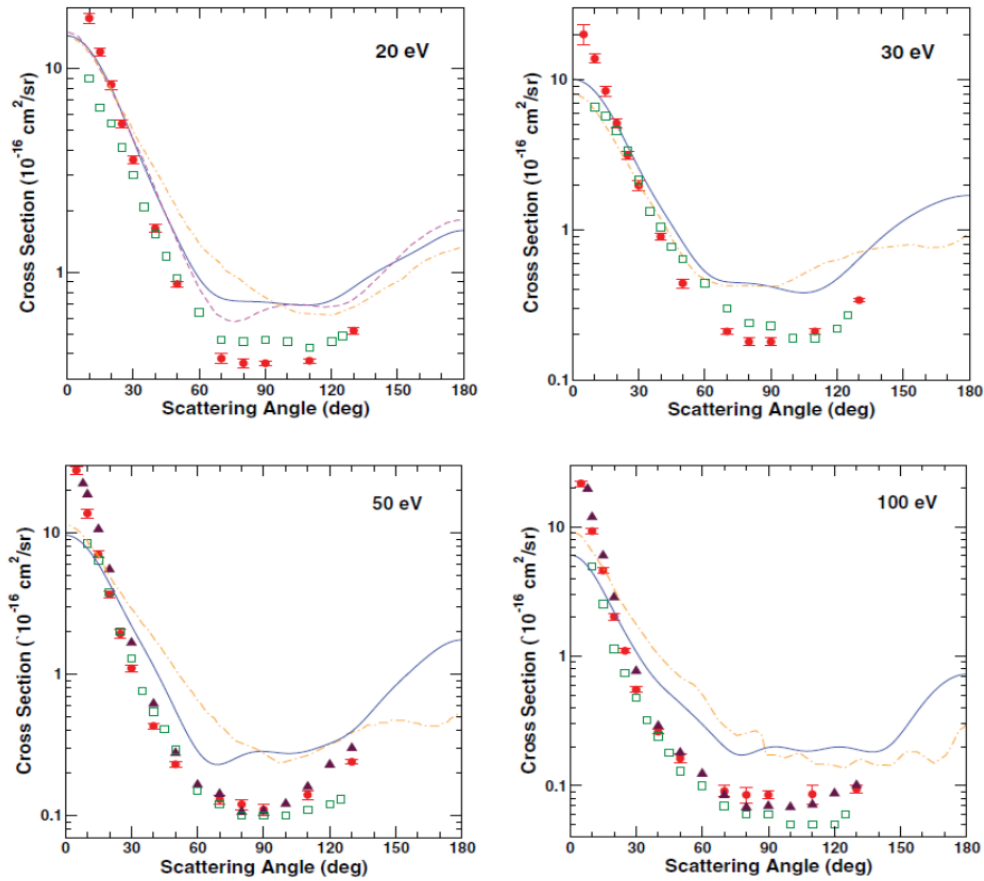


**Şekil 2.19**  $\text{C}_2\text{H}_2$  için toplam saçılma tesir kesiti. Açık kareler mevcut sonuçlardır. Açık daireler Xing vd. (1995) tarafından bulunan sonuçlardır. Açık üçgenler ise Sueoka ve Mori (1989) tarafından belirtilen sonuçlardır. Noktalı ve kesikli çizgiler sırasıyla, SCOP metodu (Jain and Baluja (1992) teorik tahminler vardır) ve Bethe-Born teoriyle (Jain and Baluja (1992)) düz çizgi ise Garcia ve Manero (1997) deneysel bir model ile tahmin edilmiştir (Ariyasinghe *et al.* 2002).

Toplam tesir kesiti ölçümleri 200-1400 eV aralığında Garcia ve Manero (1997) tarafından önerilen deneysel model ile  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4$  ve  $\text{C}_2\text{H}_6$  uyum içerisinde olduğunu ama  $\text{C}_2\text{H}_2$  kesitleri bu modelin altında olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 2.19'da da görüldüğü gibi bu araştırmada üretilen  $\text{C}_2\text{H}_2$  deneysel kesitleri 400-1400 eV enerji aralığı için Xing vd. (1995) ile iyi bir uyum içinde olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca, 400 eV enerji altında bu laboratuvarında üretilen kesitleri, Sueoka ve Mori (1989) ile uyum içinde olduğunu söylemişlerdir.  $\text{C}_2\text{H}_2$  için Jain ve Baluja (1992) teorik sonuçları yüksek enerjiler için deneysel değerler ile uyum içinde olduğunu söylemişlerdir. Ama 500 eV'den daha düşük enerjiler için, her iki model tarafından öngörüler deneysel

kesitlere göre % 10-20 daha yüksektir. Ayrıca, Garcia ve Manero (1997) tarafından önerilen modele dayalı tahminler 500 eV enerjiler için ve model uygulanabilir olduğu üzerinde deneysel değerlerden % 2-10 daha düşük olduğunu belirtmişlerdir (Ariyasinghe *et al.* 2002).

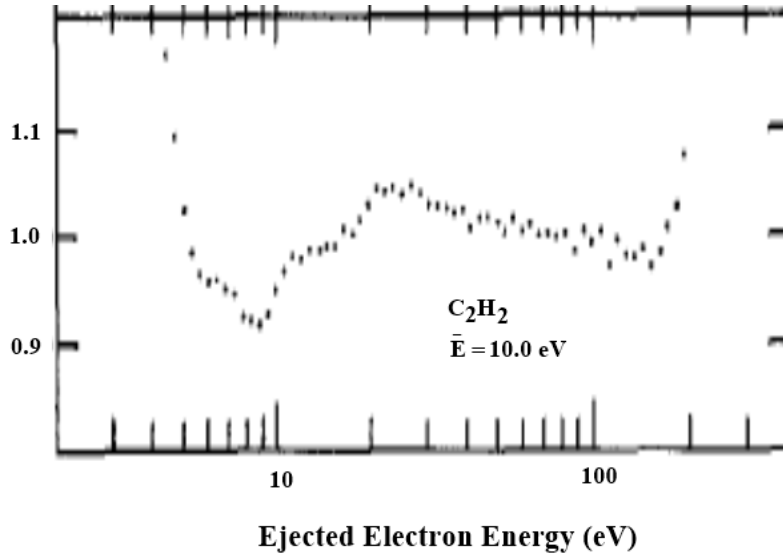
Gauf vd. (2013) yaptıkları çalışmada 1 ile 100 eV enerji aralığında ve 5-130° arasında ölçülmüş asetilen molekülü için DCS ölçümleri alınmış literatürde bulunan teorik ve deneysel veriler karşılaştırılmışlardır. Ayrıca teorik hesaplamalar için schwinger multi kanal (smc) metodu kullanılmışlardır. Şekil 2.20'dede görüldüğü gibi Gauf vd. (2013) asetilen molekülü için 20-100 eV aralığında ölçümler almışlar ve bu ölçümleri Iga vd. (2004) yaptığı ölçümlerle kıyaslamışlardır.



Şekil 2.20 20 -100 eV aralığındaki C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> molekülü için DCS sonuçları (Gauf vd. 2013). Üçgenler Iga vd. (2004) sonuçlarıdır.

Opal vd. (1971) yaptıkları çalışmada He, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> gazlarının 100–2000 eV’luk elektronlar ile çarpışmasından, Ne, Ar, Kr, Xe, H<sub>2</sub>, NO, CO, H<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub>, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> gazlarının 500 eV elektronlar ile çarpışmasından ortaya çıkan ikincil elektronların 4-200 eV aralığında enerji dağılımı ve açısal bağlılığı ölçülmüşlerdir. Bu ölçümler döndürülebilir elektron tabancası, sabit yarım küresel elektrostatik analizör ve çapraz ışın cihazı ile gerçekleştirmişlerdir. Gözlenen spektrumlar ikincil elektron üretiminin bağlı tesir kesitini elde etmek için açısal olarak entegre etmişlerdir.

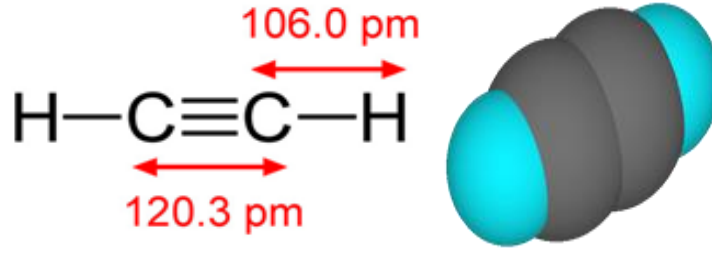
Literatürde bu tez kapsamında yapılan çalışma Opal vd. 1971 yılında yaptıkları 10 eV da asetilen molekülü için tek bir DDCS ölçümü bulunmaktadır (Şekil 2.21).



Şekil 2.21 10 eV ‘da alınan DDCS ölçümü (Opal *et al.* 1971).

## 2.5 Asetilen Molekülü

Bu tezin konusu olan asetilen molekülü; simetrik yapıda olan çok atomlu moleküllerden birisi ve hidrokarbonların en küçük üyesidir. Yani Alkin sınıfının ilk üyesidir. Asetilen, kimyasal formülü C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> olan doğrusal bir moleküldür. Şekil 2.22’de görüldüğü gibi asetilen molekülünün yapısı ve bağ yapma uzunlukları gösterilmiştir.



**Şekil 2.22** Asetilen molekülünün orbital teoremi.

Asetilen molekülü ( $C_2H_2$ ) karbon-karbon atomlarında üç bağ bulunur. Karbon atomları arasında iki  $\pi$  bağı ve bir  $\sigma$  bağı vardır. Molekül doğrusal olduğu için geometrisini ve bağ oluşumunu, her karbon (C) atomunun 2s ve  $2p_x$  orbitallerinin sp hibritleşmesiyle açıklanabilir.

Tablo 2.5’de asetilen molekülünün moleküler orbital sabitleri, tablo 2.6’da ise asetilen molekülünün fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir. Asetilen molekülü ile elektron çarpışmaları kimyada da oldukça önemlidir. Jüpiter, Satürn, Titan, Neptün ve Uranüs gibi gezegenlerin yapısında asetilen molekülü bulunmaktadır. Ayrıca asetilen molekülünün su ile reaksiyonu sonucunda bakteri tanımlamada önemli olduğu gibi Ay’daki katalitik reaksiyonların oluşumunda da yeri oldukça büyüktür (Gauf *et al.* 2013).

**Çizelge 2.5** Moleküler orbital sabitleri (İnt. Kyn.1).

Moleküler Orbital	Bağlama Enerjisi (eV)	Ortalama Kinetik Enerjisi (eV)	Elektron İşgal Numarası (N)	Dipol Sabiti (Q)
1 $\sigma_g$	305,62	435,15	2	1
1 $\sigma_u$	305,50	436,31	2	1
2 $\sigma_g$	28,18	49,60	2	1
2 $\sigma_u$	28,80	32,79	2	1
3 $\sigma_g$	18,55	33,64	2	1
1 $\sigma_u$	11,4	28,99	4	1



Asetilen özellikle benzen, vinil klorür, akrilik asit, esterler vb. bulunan bir sanayi kimyasalıdır ve kaynak sektöründe yüksek sıcaklıkta yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu tatsız bir kokusu olan renksiz bir gazdır ve kolayca sıvılaştırılabilir. Endotermik özelliği nedeni ile basınç altında kolayca ayrışabilen şiddetli bir patlayıcıdır. Bu nedenle kullanımında büyük özen gösterilmelidir. Asetilen bakır ile patlayıcı bileşik oluşturur ve bu nedenle bu birleşimden kaçınılmalıdır. Ayrıca asetilenin hava içerisinde yayılması diğer gazlardan çok daha fazladır. Bu yüzden bu gaz kaçağlarının hava ile teması tamamen önlenmelidir. Asetilenin tüm bu özellikleri laboratuvar ortamında çalışılmasını tamamen zorlaştırmaktadır (Vinodkumar *et al.* 2012).

**Çizelge 2.6** Asetilen Gazının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.

<i>Fiziksel Hali</i>	<i>Gaz</i>
Koku/Renk	Sarımsak kokusuna benzer kokuda, Renksiz
Molekül Ağırlık	26,04 gr/mol-gr
Kaynama Noktası	-75 °C (0,69 bar'da)
Kritik Sıcaklık	36 °C
Kritik Basınç	62,5 bar (mutlak)
Tutuşma Sıcaklığı	305 °C (%30 asetilen + Hava)
Patlama Sınırı	%2,2 – 85
Gazın Özgül Ağırlığı	0,91 (Hava=1)
Gaz Yoğunluğu	1,11 kg/m <sup>3</sup> (15 °C, 1 bar )
Çözünürlük (H <sub>2</sub> O)	1185 mg/l
Diğer Bilgiler	Zehirsiz, Narkotik (Anestezik) Aşırı Derece Yanıcı

### 3. MATERYAL ve METOT

Çarpışma deneylerinin yapıldığı deney düzeneği ve elektron spektrometresinin çalışma prensibi ve parçaları bu bölümde anlatılacaktır. Deney düzeneği Afyon Kocatepe Üniversitesi Fizik Bölümünde yer alan e-COL Laboratuvarında yer almaktadır. Elektron çarpışma spektrometresinin genel görünümü Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 Elektron çarpışma spektrometresinin genel görünümü (Özer 2013).

#### 3.1 Vakum Sistemi

Elektron molekül çarpışmalarının gerçekleşmesi için elektron spektrometre parçalarının vakum altında olması gerekmektedir. Tesir kesiti ölçümlerinin yapılabilmesi için vakum altında çalışılması zorunludur. Böylece ortamda sadece gönderilen hedef gaz kalır ve test ölçümleri yapılabilir. Vakum odası iki parçadan oluşmaktadır. Vakum odasının alt kısmında; spektrometre parçalarının döner tabla üzerine yerleştiği, mekanik ve elektrik

bağlantı flançlarının bağlandığı kısım, üst kısımda ise sistemin üzerini kaplayan kapalı kısım bulunmaktadır. Bağlantılar sırasında KF tipi flançlar için o-ring halkaları, CF tipi flanç bağlantıları için ise bakır contalar kullanılmıştır. Vakum odası AISI 304 paslanmaz çelikten yapılmıştır. Vakum odacığının içerisine ayrıca çarpışma bölgesinde manyetik alan etkisini engellemek amacı ile  $\mu$ -metalden yapılmış ayrı bir çember daha yerleştirilmiştir. Çarpışma bölgesinde manyetik alanı daha da azaltmak için vakum odasının dış kısmına X, Y ve Z yönlerinde Helmholtz bobinler yerleştirilmiştir.

Vakum odasının içinde spektrometre parçalarının yerleştiği kısım silindirik bir gövde üzerinde dört farklı döner tabla bulunmaktadır. Bu dört döner tabla birbirinden bağımsız halde hareket edebilmektedir. Bu döner tablaların altına manyetik özelliği bulunmayan bilyeler bulunmakta ve bu bilyeler sayesinde döner tablalar rahatça dönebilmektedir. Döner tablaların her biri makara sistemiyle vakum odacığının dışındaki bağlantı elemanlarına bağlanarak dışarıdan kontrol edilmektedir. Spektrometre parçaları olan Faraday elektron toplayıcı ve iki elektron enerji analizörü bu döner tablolara yerleştirilmiştir.

İki aşamalı pompa sistemi vakum odacığının altında bulunan bir flanca bağlanmıştır. Bu iki aşamalı pompa sistemi mekanik pompa ve turbo moleküler pompadan (TMP) oluşmaktadır. Sistemin alt tablasına direkt bağlanan TMP ve ona bağlantı elemanlarıyla bağlanan mekanik pompadır. Bu pompa sistemi boşaltma işlemine başlarken önce mekanik pompa çalıştırılır, daha sonra TMP devreye girmektedir.

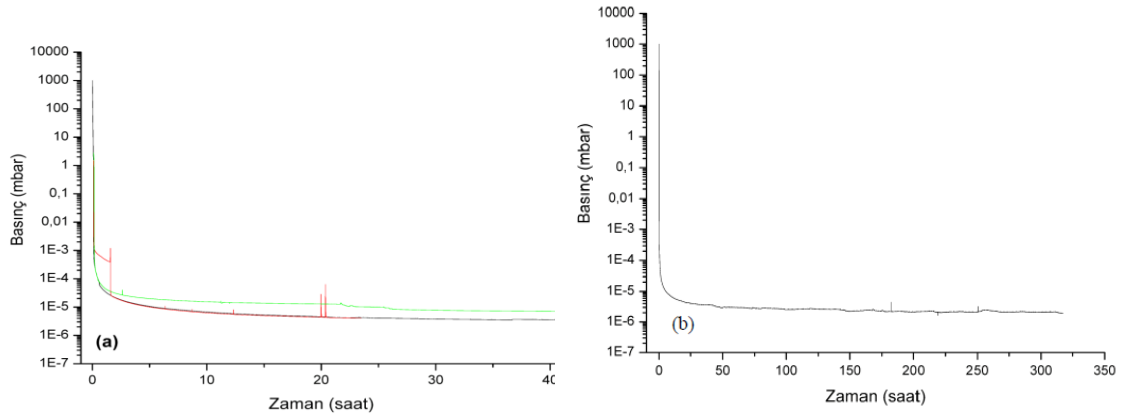
Vakum odacığının basıncı  $\sim 8 \times 10^{-8}$  mbar'a kadar düşürülebilmektedir. Sistemin içerisine hedef gaz gönderilmesiyle birlikte basınç  $10^{-6}$  mbar'a kadar yükselmekte ve sabitlendikten sonra ölçüm alınmaya başlanmaktadır. Sistemin basınç değeri dijital göstergelerle görüntülenmekte ve iyon ölçerle (iyon gauge) ölçülmektedir.

İstenilen vakum düzeyine kısa sürede inebilmek için vakum odasının içinin temiz olması gerekmektedir. Bir parmak izi bile basıncın istenilen düzeye inme süresini geciktirmektedir. Bu yüzden vakum ortamında çalışırken eldiven kullanılmalı ve sistemi kapatmadan önce bütün parçaları aseton yardımıyla güzelce temizlemek gerekmektedir. Bu sayede istenilen vakum değerine zaman kaybı yaşamadan ve ekonomik kayıp

yapmadan ulaşmamızı sağlayacaktır.

Vakum ortamında kullanılan malzemeler vakum ortamına uyumlu olmasına, malzemenin geçirgen ve gözenekli olmamasına, gönderilen gaz ile tepkimeye girmemesine, atmosfer basıncında oksitlenmemesine dikkat edilmesi gereklidir. Ayrıca tüm malzemeler manyetik özelliği bulunmayan paslanmaz çelik, pirinç ve duraliminden yapılmıştır.

Elektron molekül çarpışmaları vakum ortamında gerçekleşmektedir. Vakum çemberinin iç basıncı hep kararlı olması gerekmektedir. Ölçüm sırasında vakum değerinde kaçaklar olabilmektedir. Bu kaçakların test edilmesi gerekmektedir. Vakum ortamında eğer kaçak varsa sistemin iç basıncı düşmektedir. Şekil 3.2(a)'da bilgisayar ortamında kaydedilen vakum değerinin zamana göre değişim grafiği verilmektedir. Görüldüğü gibi eğer sistemde kaçak meydana geldiyse kırmızı çizgi, kaçak tespiti sırasında meydana gelen basınç değişimini göstermektedir. Yeşil çizgi ise sistemde kaçak olduğunu bize göstermektedir. Şekil 3.2(b)'de ise sistemin zamanla düzenli bir şekilde basıncın düştüğü görülmektedir.



Şekil 3.2 Sistemin zamana göre vakum basıncının değişimi. (a) Sistemde kaçak meydana geldiğinde, (b) sistemde kaçak olmadığı durumu göstermektedir.

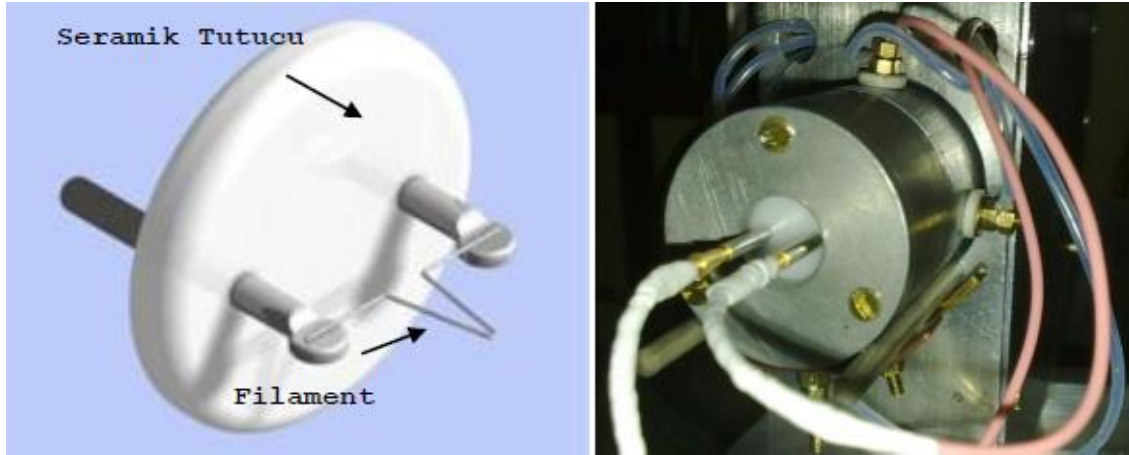
### 3.2 Elektron Tabancası

Elektron molekül çarpışmaları için gerekli olan elektronların üretildiği kısımdır. Ayrıca elektronların belli bir enerjiye kadar hızlandığı ve hedef gaz ile çarpışma bölgesinde çarpışmak üzere elektrostatik lensler sayesinde bir demet halinde odaklamamıza yarayan kısımdır. Deney düzeneğinin etkin çalışabilmesi için elektron demetinin

enerjisi ve çapı düzgün bir şekilde olması gerekmektedir. Bu şekilde elektron tabancasında oluşturulan elektron demetinin çapı ve enerjisi uzun süre sabit kalması amaçlanmıştır.

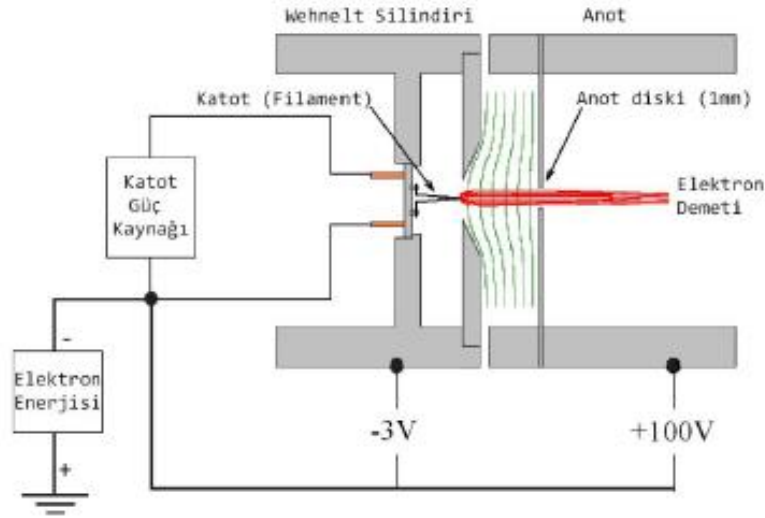
Deney düzeneğinde 30-300 eV enerji aralığında 1  $\mu$ A akımda ve yaklaşık 2 mm çapında elektron demeti üretecek şekilde dizayn edilen bir elektron tabancası kullanılmıştır. Elektron tabancası; elektronun üretildiği katot bölgesi, elektron demetinin odaklanmasını ve yönlendirilmesini sağlayan elektrostatik lens sistemi ve demetin açılmal dağılımını sağlayan delikli disklerden oluşmaktadır. Demetin eksenden kaymasını engellemek için ayrıca x ve y yönlerinde deflektörler kullanılmıştır.

Elektron tabancasında elektron kaynağı olarak Tungsten Hairpin Filament kullanılmıştır (Şekil 3.3). Bu filamentin tel kalınlığı yaklaşık 100  $\mu$ m'dir. Filament 2700 K sıcaklıkta birkaç ay çalışabilmektedir. Düşük sıcaklıkta daha uzun ömürlü olmaktadır. Elektron tabancasında filamentin yeri Wehnelt silindirinine içine anot elektrodu ile arasında belli bir mesafe kalacak şekilde yerleştirilmiştir.



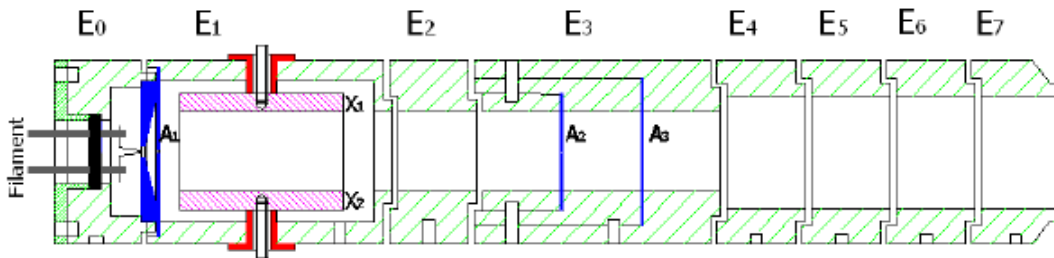
**Şekil 3.3** Tungsten Hairpin tipi Filament ve filamentin sisteme bağlantısının görünümü.

Filament bölgesindeki katotta üretilen elektronlar anoda doğru hızlandırılarak Wehnelt elektrodu yardımı ile anot diskinde doğru odaklanırlar. Wehnelt elektrodunun yeri katot ve anot arasına yerleştirilir. Bu elektrot anot voltajına göre pozitif veya negatif potansiyelde tutulabilmektedir. Wehnelt elektrodu 2 mm çaplı diske sahiptir ve  $E_0$  merceğinin uç kısmına  $A_1$  diskinden 4 mm uzaklığa yerleştirilmiştir. Şekil 3.4'de Wehnelt elektrodunun elektron tabancasındaki konumu gösterilmiştir.



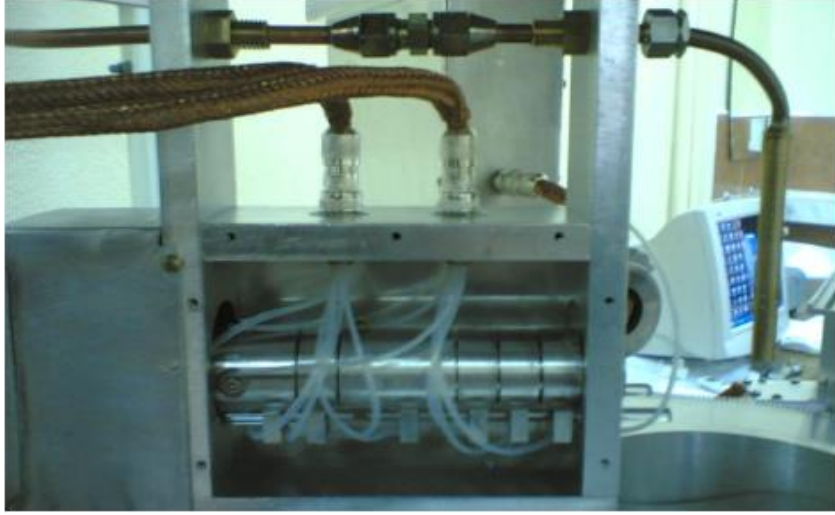
Şekil 3.4 Wehnelt elektrodunun elektron tabancasındaki konumu (Şişe 2011).

Katod bölgesinden sonra istenilen çapta elektron demeti elde etmek için anot çıkışına silindirik elektrotlardan oluşan elektrostatik lens sistemi bulunmaktadır. Elektron tabancasının filament kısmında üretilen elektronlar önce birinci lens sistemi ( $E_1, E_2, E_3$ ) ile aperture'den geçirilir. İkinci lens sistemi ise ( $E_3, E_4, E_5, E_6$ ) elektron demetinin çarpışmanın gerçekleştirileceği etkileşme bölgesine taşır. Bu aperture lensler elektron demetinin çapını ve açısal dağılımını kontrol etmek amacı ile kullanılmaktadır. Lens sistemindeki eleman sayılarının artmasının sebebi filamentten çıkan demetin paralel (odaksız) olması amacı ile oluşturulmuştur. Şekil 3.5'de elektron tabancasının AutoCAD çizimi gösterilmiştir.



Şekil 3.5 Elektron tabancasının AutoCAD programındaki teknik çizimi.

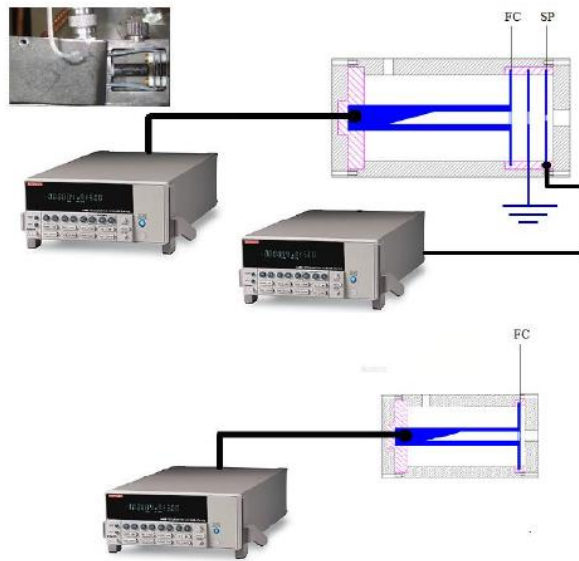
Elektrotlara uygulanan voltajlar vakum çemberinin dışında elektronik kontrol kutuları sayesinde gerçekleştirilir. Bu paneller sayesinde elektrotların voltaj değerleri kontrol altında tutulmaktadır. Şekil 3.6'da elektron tabancasının elektron spektrometresi üzerine sabitlenmiş fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 3.6 Elektron tabancasının spektrometre üzerine sabitlenmiş hali.

### 3.3 Faraday Elektron Toplayıcısı (FET)

Elektron tabancasında üretilen elektron demetinin çarpışma bölgesinde hedef gaz ile çarpışması sonucunda çarpışmaya katılmayan ikincil elektronların topraklanmasını sağlamak amacı ile FET kullanılır. Ayrıca FET elektron tabancasında üretilen elektron demetinin odaklama kalitesini ve akımını ölçmemizi sağlamaktadır. Şekil 3.7’de FET ve pikoampermetrelerin bağlantısı gösterilmiştir.



Şekil 3.7 FET’e bağlanan pikoampermetreler ile akım değerlerinin ölçülmesi.



FET üç elektroda sahiptir. Birincisi Splash plakası (Splash Plate-SP)'dır ve 2 mm çapında bir deliğe sahiptir. İkincisi faraday elektrodu (Faraday Cup -FC)'dur ve 3 mm çapında bir deliğe sahiptir. Üçüncüsü bu iki elektrodun arasında topraklanmış 5 mm çapında deliğe sahip bir levhadır. Bu SP ve FC elektrotlarından ölçülen akımlar demetin odaklama kalitesini ve akımı hakkında bilgi sahibi olmamıza yardımcı olurlar.

Şekil 3.8'de görüldüğü gibi faraday elektron toplayıcısına sabitlenen daha küçük boyutta bir FET daha vardır. Bu FET, saçılan analizörün açısı sınırlılığını ortadan kaldırmak için eklenmiştir. Bundan dolayı daha küçük açısı değerlerinde ölçüm alma kolaylığı sağlanmıştır.

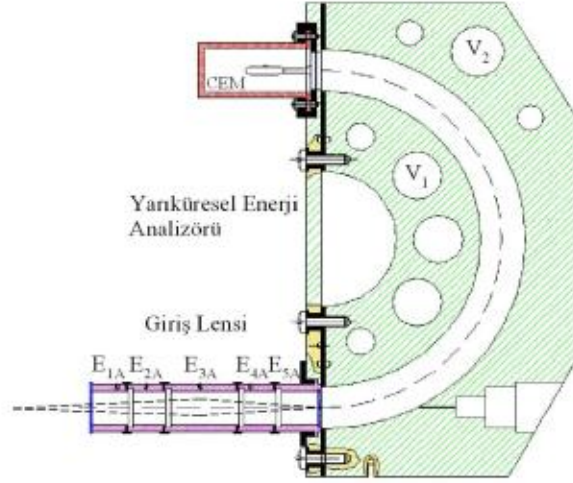


**Şekil 3.8** Faraday Elektron toplayıcısına üzerine yerleştirilen küçük boyuttaki FET' in fotoğrafı.

### **3.4 Elektron Enerji Analizörü**

Elektron enerji analizörleri elektron tabancasından gelen elektron demetinin hedef gaz ile çarpıştıktan sonra saçılan ve koparılan elektronların enerjilerine göre ayırt etmek için kullanılır. Elektron enerji analizörü, faraday elektron toplayıcısı ve elektron tabancası aynı düzlemde ve döner tabla üzerinde hareket edebilecek şekilde yerleştirilmiştir. Şekil 3.9'da elektron enerji analizörünün SIMION programında çizilen kesit görünümü verilmektedir.





**Şekil 3.9** Elektron enerji analizörünün SIMION programında çizilen kesit görünümü.

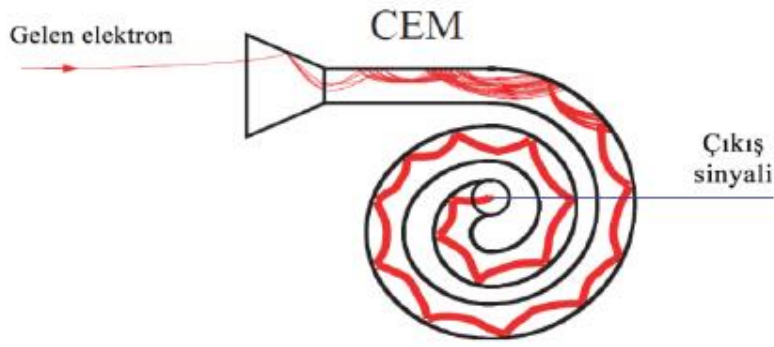
Elektron enerji analizörü üç kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar; giriş optiği,  $180^\circ$  elektrostatik yarı küresel analizör ve dedektörden oluşmaktadır. Giriş optiğinin amacı, gelen elektronların hızlandırılarak ya da yavaşlatılarak yarıküresel kısma ulaşmasını sağlamaktır. Giriş optiğinde beş adet elektrostatik lens sistemi bulunur ve bu sistem ikili ve üçlü lens grubundan oluşmaktadır. Giriş optiğinde bulunan bu lensler sayesinde saçılan ve koparılan elektronlar odaklanarak  $180^\circ$  elektrostatik yarıküresel analizöre ulaşırlar.

Yarıküresel analizör kısmı iki elektrot arasında oluşan elektrik alan sayesinde elektronların  $180^\circ$  döndürülerek deflektörün çıkışına odaklanmasını sağlar. Bu deflektörlerin iç ve dış kürelerine istenilen voltaj değerleri uygulanarak istenilen enerjideki elektronların çıkışa doğru hareket etmesi sağlanmaktadır. İstenmeyen enerjilerdeki elektronlar ise dış ve iç küresel deflektörlere çarparak çıkışa ulaşmaları engellenir.  $180^\circ$  yarıküresel deflektör kullanılmasının sebebi ise diğer analizör tiplerine göre daha yüksek çözünürlüğe sahip olmasından kaynaklanmaktadır.

Elektron enerji analizörünün son kısmı yarıküresel deflektörlerin çıkışına yerleştirilen dedektör kısmıdır. Burada bulunan elektron çoğaltıcı dedektörler sayesinde dedekte edilen elektronlar çoğaltılarak bir sinyale dönüştürülür.

Elektron enerji analizöründe deflektörler sayesinde sadece belirli enerjilerdeki

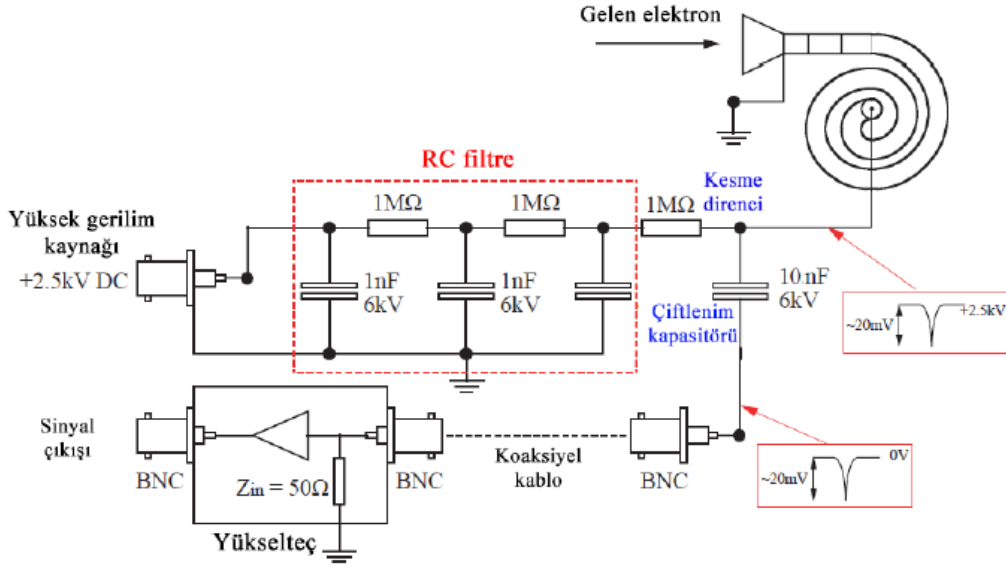
elektronların deflektör çıkışına ulaşarak bu çıkışa yerleştirilen dedektör sayesinde elektronların sayılması gerçekleştirilir. Bu çıkışta tek bir elektron sinyali ölçülemeyecek kadar küçük olması nedeniyle elektronlar çoğaltılarak ölçülebilir bir sinyal elde etmek için tek kanallı elektron çoğaltıcı (Channel Electron Multiplier; CEM) kullanılır (Şekil 3.10). CEM'e gelen her bir elektron çarpmalar sonucu yüzeyden elektron kopartarak yaklaşık  $10^8$  elektron üreterek dedeksiyon sinyalini işlenebilecek büyüklüğe getirmiş olur.



Şekil 3.10 Tek kanallı elektron çoğaltıcı içinde çoğalma işleminin gösterimi (Yavuz 2014).

CEM giriş ve çıkışı arasındaki uçlarına yüksek gerilim ( $\sim 2,5$  kV) uygulanarak elektronların çıkışa yönelimini ve hızlanmaları sağlanmaktadır. Yüksek gerilim kaynaklarının ve taşıma hatlarının gürültü ürettiği bilinmektedir. Bu nedenle, yüksek gerilim kaynağı CEM'e alçak frekans geçiren RC (Resistor Condensator) filtre devresi üzerinden bağlanmaktadır (Şekil 3.11). CEM çıkışındaki sinyal yüksek gerilim uygulanan ucu üzerinden alınmaktadır. Bu nedenle, çıkış sinyali yüksek gerilim üzerinden negatif atma şeklindedir. Sinyali toprağa göre ölçmek için CEM çıkışına çiftlenim (dekuplaj) kapasitörü bağlanmaktadır. Bu kapasitör DC gerilimi süzerek yalnızca atma şeklindeki sinyali geçirmektedir. Ayrıca, yüksek gerilim kaynağı çıkışındaki akımı sınırlamak ve devre kapandığında kapasitörlerin üzerinden boşalabileceği bir kesme direnci yerleştirilmektedir. Devre üzerindeki elemanlar arası bağlantılar standart  $50 \Omega$  dirençli koaksiyel kablolar ve BNC (Bayonet Neill-Concelman) konnektörler yardımı ile yapılmaktadır. CEM çıkışında, toprağa göre negatif işlenebilir büyüklükte bir atma elde edilmiş olur. Bu atma yükseltece

aktarılarak sinyal işleme ünitesine aktarılmaktadır.



Şekil 3.11 CEM besleme bağlantıları ve çıkış sinyalinin elde edilmesi (Murray 2005).

Dedektörden elde edilen sinyaller yükseltilmekte ve ayırt edilmektedir. Puls sayım sistemlerinde kullanılan elektron çoğaltıcılardan elde edilen sinyal yükselticiler yardımıyla yükseltilerek, ayırt ediciden geçmektedir. Ayırt edici birimi, gürültü sinyallerini gerçek sinyalden ayırt etmek için kullanılmaktadır. Sinyal işleme ünitesinde yer alan sayıcılar yardımı ile elektron sayımı kaydedilir. (e,2e) deneylerinde çarpışma sonrası açığa çıkan her iki elektronu dedekte etmek için iki analizör kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında DDCS ölçümleri (e,2e) deneylerinde kullanılan sinyal işleme üniteleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. DDCS ölçümleri için (e,2e) deneylerindeki iki elektronun eş zamanlı olarak dedekte edilmesi yerine çarpışma sonrası açığa çıkan saçılan veya koparılan elektron dedekte edilir. DDCS ölçümleri alınırken, detekte edilmeyen elektronun enerjisi sabit tutulur ve detekte edilen diğer elektronun enerji ve saçılma açısına bakılmıştır.

## 4. BULGULAR

Bu tez çalışmasında, elektron–molekül çarpışma spektrometresini kullanarak asetilen molekülünün ikili iyonlaşma tesir kesiti (DDCS) ölçümleri yapılmıştır.

Ölçüm sırasında kullanılan koparılan elektronların dedekte edildiği analizörde 30°-130° aralığında ölçüm alınmıştır. Analizör vakum odası içerisinde döner tabla üzerinde hareket ettirilmesiyle belli enerji değerlerindeki elektronların dedekte edilecek şekilde konumu ayarlanmıştır. Asetilen molekülünün laboratuvar ortamında çalışmak zor olması nedeniyle bu molekül üzerine çalışma yapılmış ikili diferansiyel tesir kesiti ölçümleri yoktur. Literatürde sadece tek bir tane DDCS sonucu bulunmaktadır (Opal *et al.* 1971).

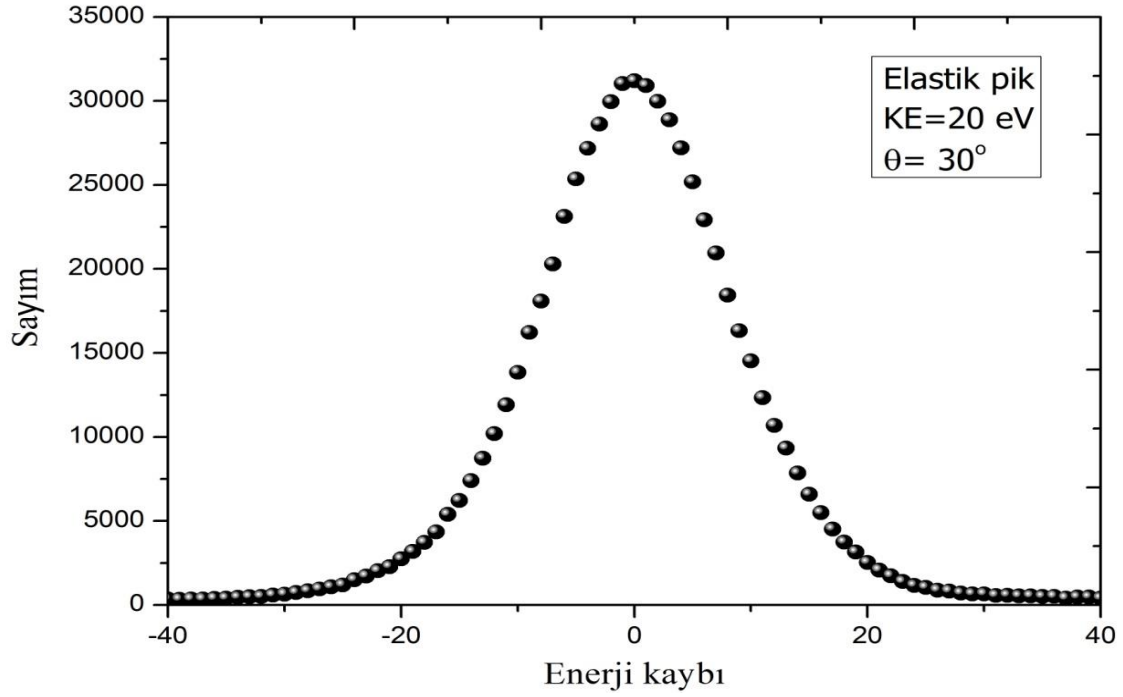
Opal vd. 1971 yılında yaptıkları çalışmada  $E_0 = 500$  eV elektronlarla 10 eV de bir tane ölçüm almışlardır. Bu tez çalışmasında da ikili iyonlaşma tesir kesiti (DDCS) spektrumları  $E_0 = 50-350$  eV aralığında ve  $\theta = 30^\circ-130^\circ$  açısal dağılımına göre ölçümler alınmıştır.

### 4.1 Enerji Kayıp Spektrumu

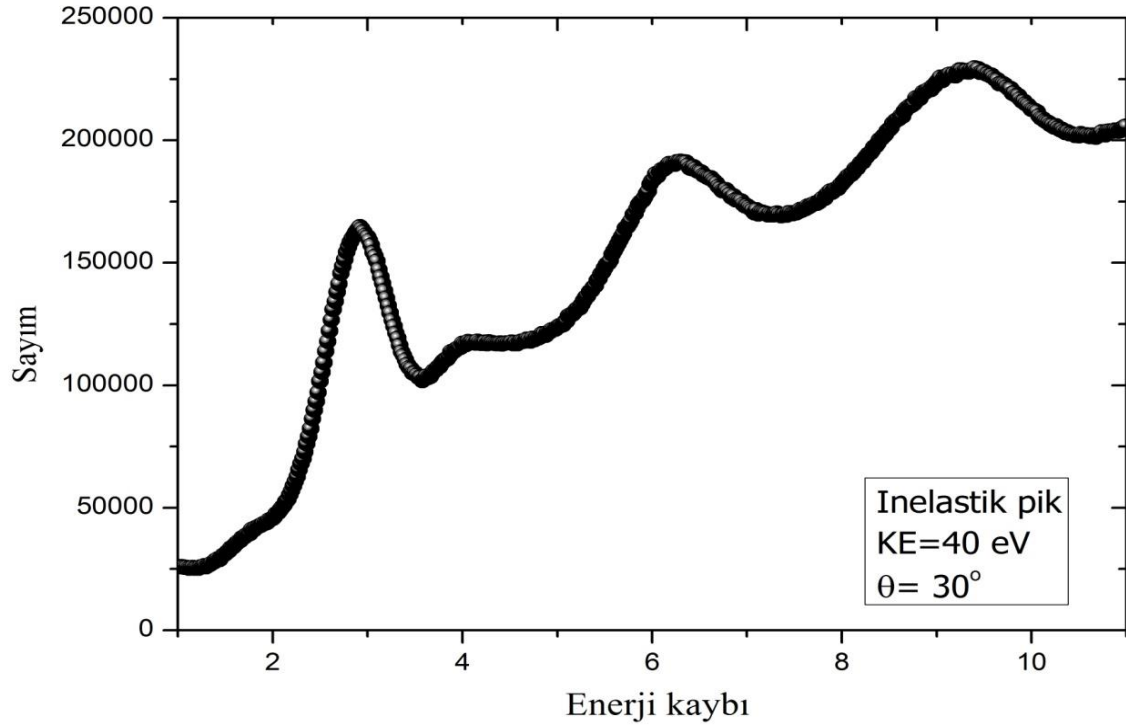
Hedef gaz ile elektronun etkileşmesi sonucu farklı enerji kayıplarındaki elektronların birbirinden ayırt edilmesi için elastik ve elastik olmayan enerji kayıp spektrumları alınmıştır. Elastik saçılma enerji kayıp spektrumumu ile her bir analizörün dedekte edebildiği en küçük enerji değişimi yani çözünürlüğü ölçülür. Asetilen molekülünün 250 eV enerjili elektron demeti ile etkileşmesi sonucunda açığa çıkan 20 eV enerjiye sahip elektronlar için alınmış elastik saçılma spektrumu Şekil 4.1’de verilmiştir.

Asetilen molekülünün gelen elektron demetiyle inelastik çarpışması durumunda, elektron asetilen molekülünü uyararak saçılma meydana getirir ve böylece uyarılma sonucunda enerji kayıp spektrumu alınır. Gelen elektron enerjisinin bir bölümünü çarpışma durumunda asetilen molekülüne aktarır. Bu durumda gelen elektronun kaybettiği enerji, uyarılma enerji seviyeleri arasında geçişe sebep olmaktadır. MCS (Multi-Channel Scaler) bilgisayar kartı yardımıyla molekülün iyonlaşma potansiyelinden küçük enerji aktarımına karşılık gelecek şekilde enerji kayıp spektrumu

oluşmaktadır. 250 eV enerjili elektron demeti ile asetilen molekülünün etkileşmesi sonucunda açığa çıkan 40 eV enerjiye sahip elektronlar için alınmış inelastik saçılma spektrumu şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.1  $E_0 = 250$  eV enerjide alınan elastik pik enerji kayıp spektrumu.



Şekil 4.2  $E_0 = 250$  eV enerjide alınan inelastik pik enerji kayıp spektrumu.

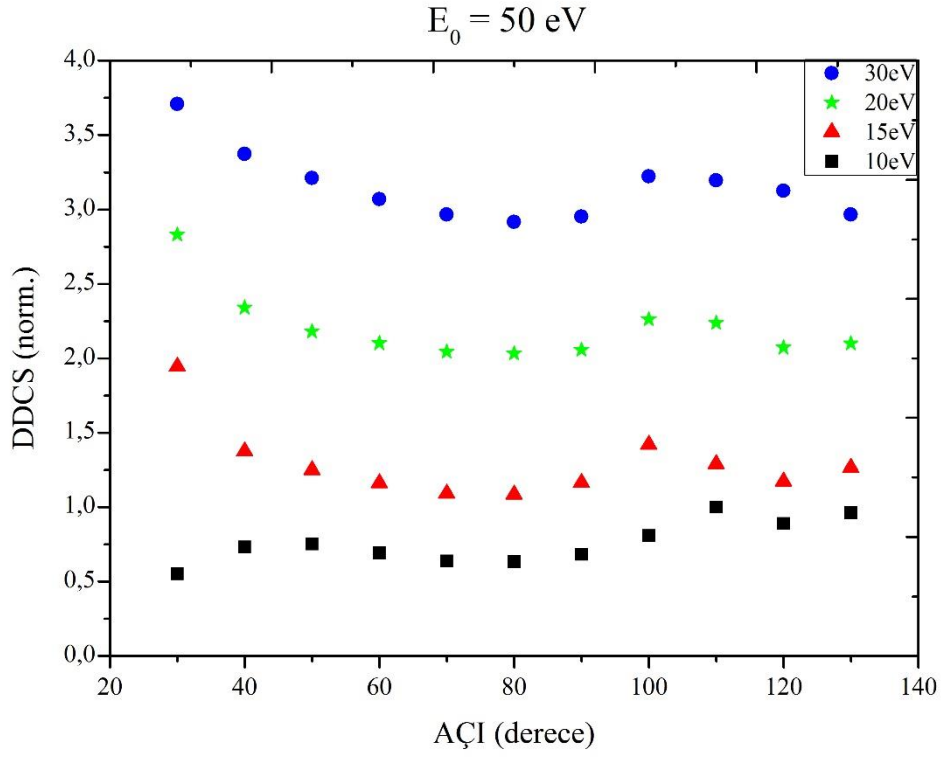
## 4.2 İkili Diferansiyel Tesir Kesitleri (DDCS)

Hedef molekül ile elektronun çarpışması sonucunda molekülü iyonlaştıracak kadar elektronun enerji aktardığı durumlarda iyonlaşma olayları gerçekleşir. İkili iyonlaşma tesir kesiti (DDCS) ölçümlerinde, asetilen molekülünün elektron demetiyle çarpışması sonucunda açığa çıkan koparılan ve saçılan elektronlardan bir tanesinin enerjisi ve açısal dağılımı ölçülmüştür.

İkili iyonlaşma tesir kesiti (DDCS); asetilen molekülünün iyonlaştırılmasıyla oluşacak elektronlardan birinin enerji ve açısal dağılımını vermektedir. Çarpışma sonucu ortaya çıkan elektronlardan birinin göz ardı edilmesine rağmen diferansiyel tesir kesiti ölçümlerinden iyonlaşma mekanizması hakkında bilgi edinilebilmektedir. Tek bir analizör kullanılarak alınan DDCS ölçümlerinde; çıkan elektronlardan bir tanesinin enerji ve açısal dağılımına bakılırken, diğer dedekte edilemeyen elektronun enerjisi ise sabit tutulur. Bu durumda, dedekte edilen diğer elektronun enerji ve saçılma açısının bir fonksiyonu olarak ifade edilir.

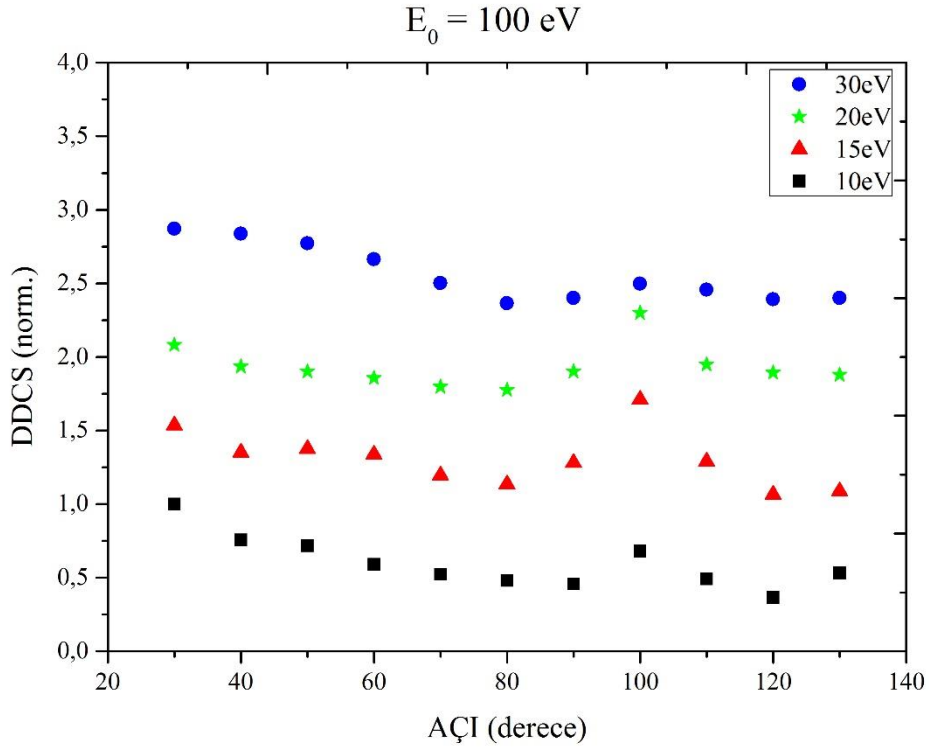
Bu tez çalışmasında, dedekte edilen elektronun enerjisi sabit tutularak açığa bağlı olarak elektron sayımları alınmıştır. Alınan ölçümlerin açısal dağılım aralığı  $30^{\circ}$ - $130^{\circ}$  arasında değişmektedir. Analizör ile dedekte edilen elektronun enerjisi ise 50-350 eV aralığında, gelen elektronun enerjisine yakın değerlerine kadar ölçümler alınmıştır. Alınan ölçümler bire normalize edilmiş ve her bir enerji için grafik çizilirken sırasıyla 1x, 2x, 3x, 4x katsayıları ile genişletilerek çizilmiştir.

$E_0 = 50$  eV enerji ile gelen elektron demetinin asetilen molekülüyle çarpışması sonucu açığa çıkan elektronlar (koparılan ve saçılan) dedekte edilmiş ve açığa göre değişimleri incelenmiştir. Sırasıyla 10, 20, 30, 40 eV enerjilerdeki elektronların çarpışma sonucu oluşan grafikleri şekil 4.3'de gösterilmiştir. Grafikten de anlaşıldığı gibi düşük enerji ve açılarda düzensiz yapılar görülmektedir. Bu yapıların bir bölümünde düzensiz de olsa  $100^{\circ}$  de bir pik meydana geldiği görülmüştür. Bu düzensiz yapıların sebebi, düşük enerjilerdeki kompleks etkileşmelerden kaynaklanabileceği düşünülmüştür.

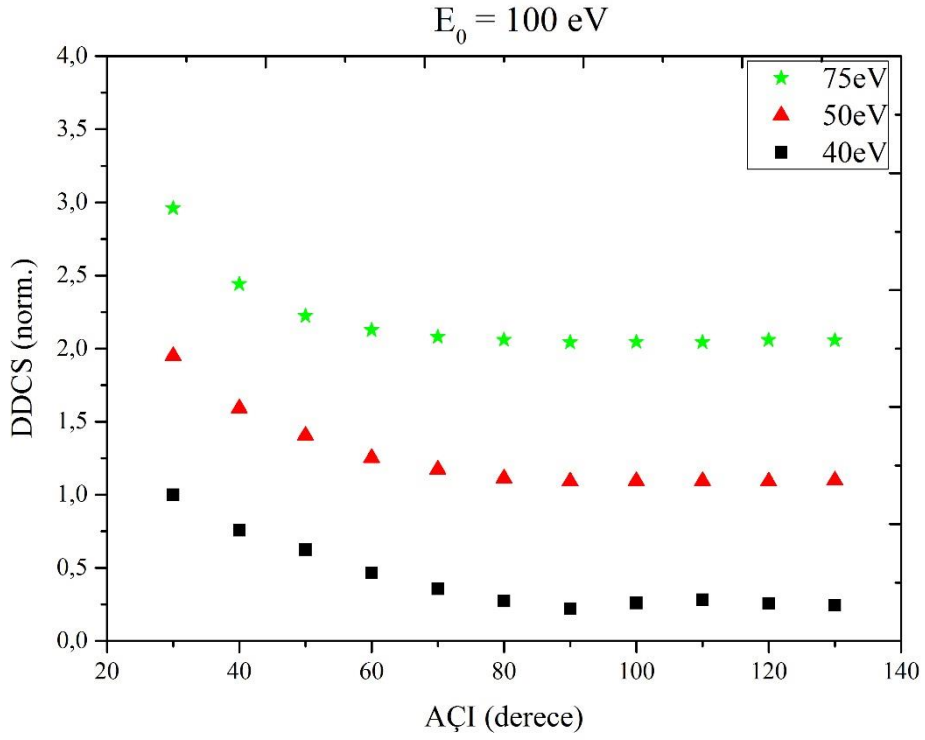


**Şekil 4.3**  $E_0 = 50 \text{ eV}$  için 10, 15, 20, 30 eV’de alınan DDCS sonuçları.

$E_0 = 100 \text{ eV}$  enerji ile gelen elektron demetinin asetilen molekülüyle çarpışması sonucunda 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 eV enerjili elektronlar dedekte edilmiş ve açığa göre değişimleri incelenmiştir. 10-40 eV enerji aralığındaki elektronların şekil 4.4’de görüldüğü gibi  $100^\circ$  civarında bir pik görülmektedir. Görünen bu pik enerji aralığı büyüdükçe  $100^\circ$ ’den  $120^\circ$ ’ye doğru kaymaktadır. 50-75 eV enerjili elektronlarda ise bu pik kaybolmuş ve yerini düzgün azalan bir eğriye bırakmıştır (Şekil 4.5).



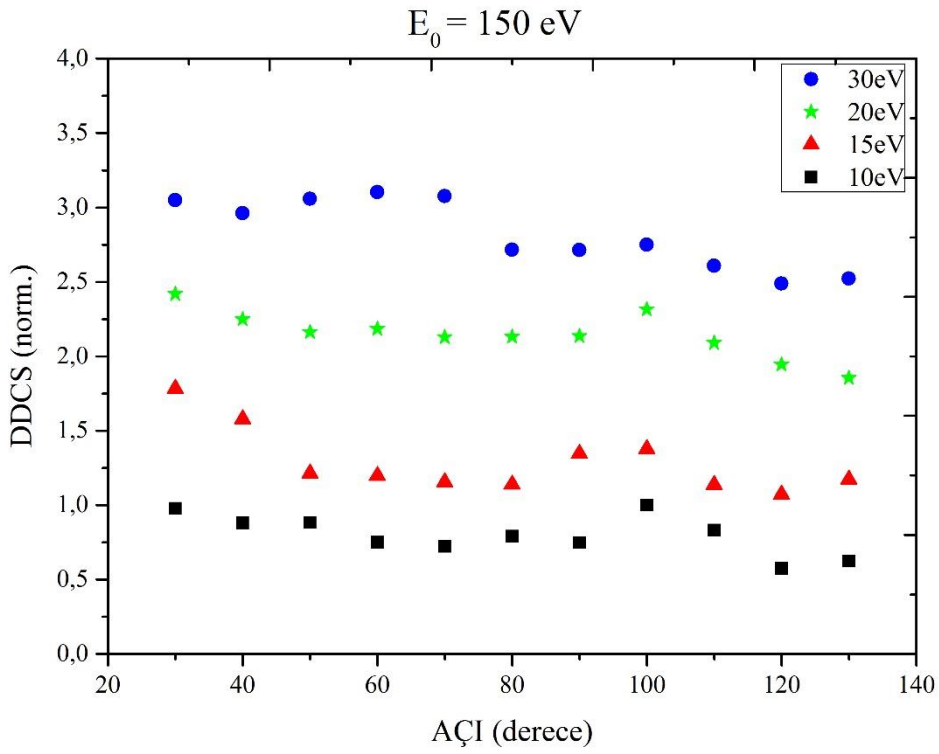
Şekil 4.4  $E_0 = 100 \text{ eV}$  için 10,15, 20, 30 eV' de alınan DDCS ölçümleri.



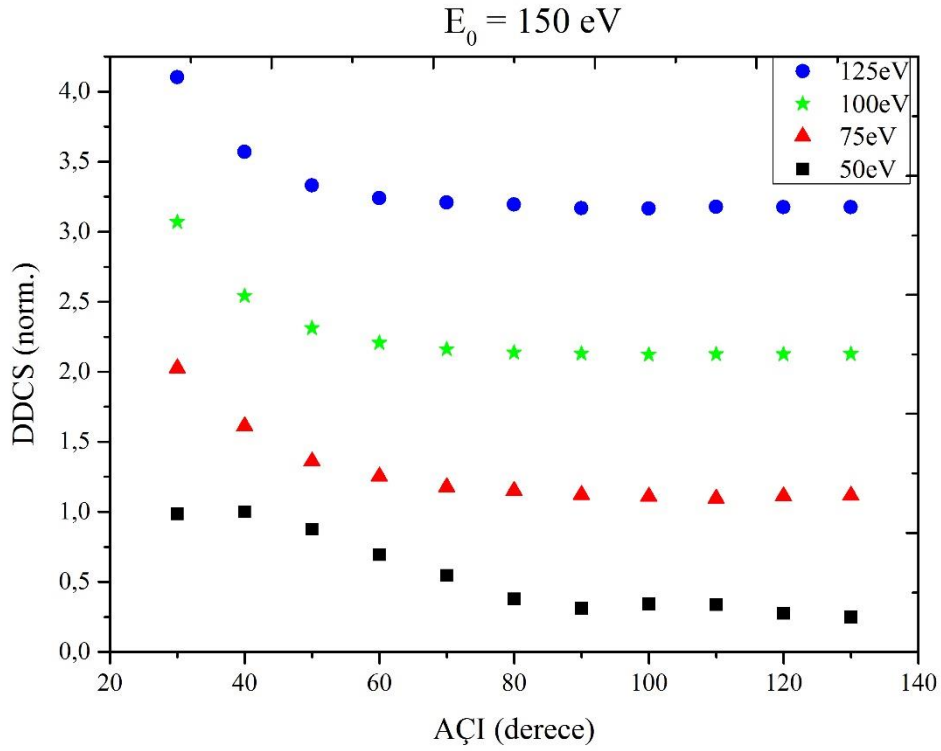
Şekil 4.5  $E_0 = 100 \text{ eV}$  için 40, 50, 75 eV' de alınan DDCS ölçümleri.



$E_0 = 150$  eV enerji ile gelen elektron demeti ile  $C_2H_2$  molekülünün çarpışması sonucu ortaya çıkan 10, 15, 20, 30, 50, 75, 100, 125 eV enerjili elektronların DDCS sonuçları dedekte edilmiş ve açıya bağlı olarak grafikleri çizilmiştir. 10-50 eV enerji aralığında yine  $100^\circ$ ’lik açıda pik görülmektedir (Şekil 4.6). Fakat bu pik büyük enerji ve açılara gidildikçe kaybolmaktadır. 75-125 eV enerji aralığında pik tamamen kaybolmuş ve grafikte düzgün azalan bir eğri görülmektedir (Şekil 4.7). Bu durum etkileşimde saçılma etkisinin koparma etkisine göre daha baskın olduğu görülmektedir.

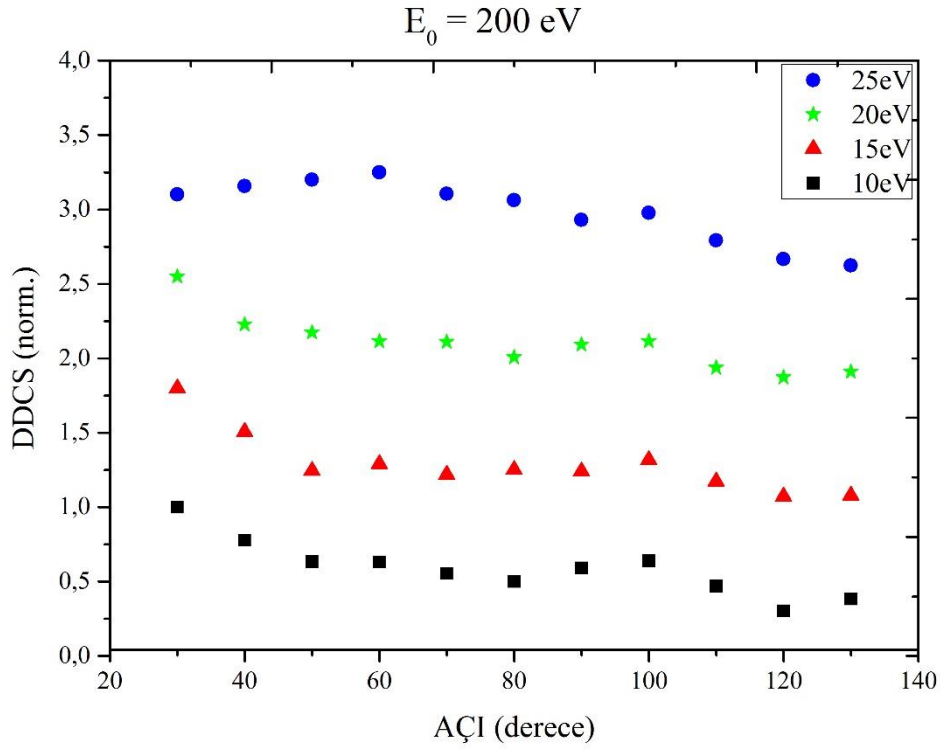


Şekil 4.6  $E_0 = 150$  eV için 10, 15, 20, 30 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

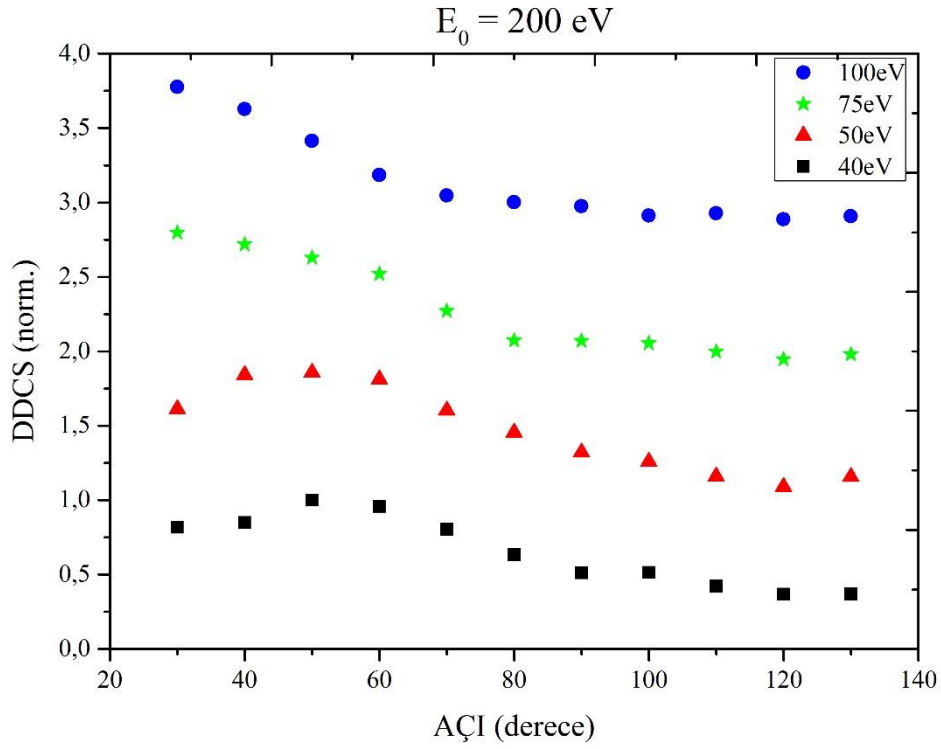


**Şekil 4.7**  $E_0 = 150 \text{ eV}$  için 50, 75, 100, 125 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

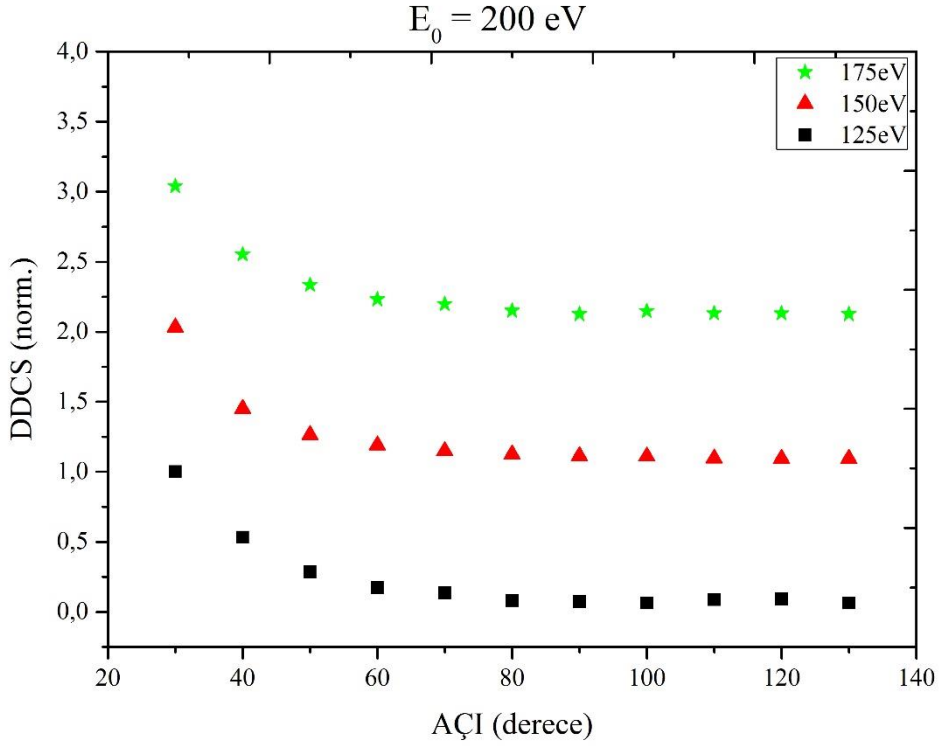
$E_0 = 200 \text{ eV}$  enerji ile gelen elektron demeti ile asetilen molekülünün çarpışması sonrası ortaya çıkan 10, 15, 20, 25, 40, 50, 75, 100, 125, 150 ve 175 eV enerjili elektronların dedekte edilmesiyle sonuçlar alınmış ve açığa göre değişimleri incelenmiştir.  $E_0 = 50, 100, 150 \text{ eV}$  de olduğu gibi 200 eV enerjiyle gelen demetin düşük enerjilerinde (10, 15, 20, 25, 40 eV) aynı noktalarda pik görülmektedir (Şekil 4.8). Öncekilerden farklı olarak düşük enerji ve düşük açılarda ikinci bir pik daha görülmektedir (Şekil 4.9). Büyük enerjilere doğru gidildikçe (50, 100, 125, 150 eV ) bu pikler kaybolmakta ve şekil 4.10’da görüldüğü gibi düzgün azalan bir eğriye dönüşmektedir.



Şekil 4.8  $E_0 = 200 \text{ eV}$  için 10, 15, 20, 25 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

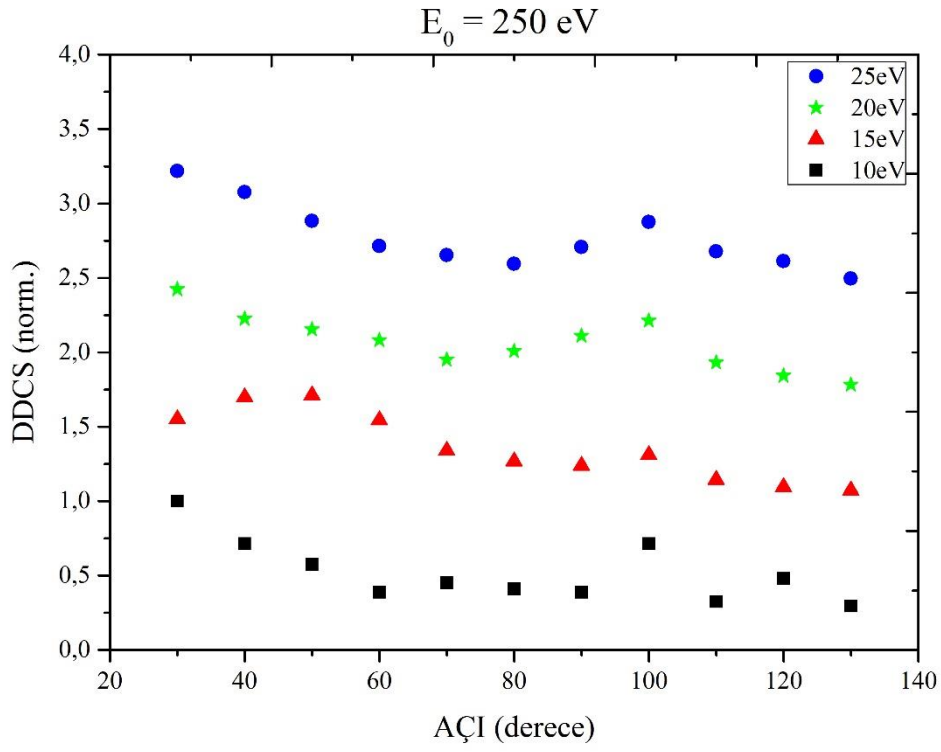


Şekil 4.9  $E_0 = 200 \text{ eV}$  için 40, 50, 75, 100 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

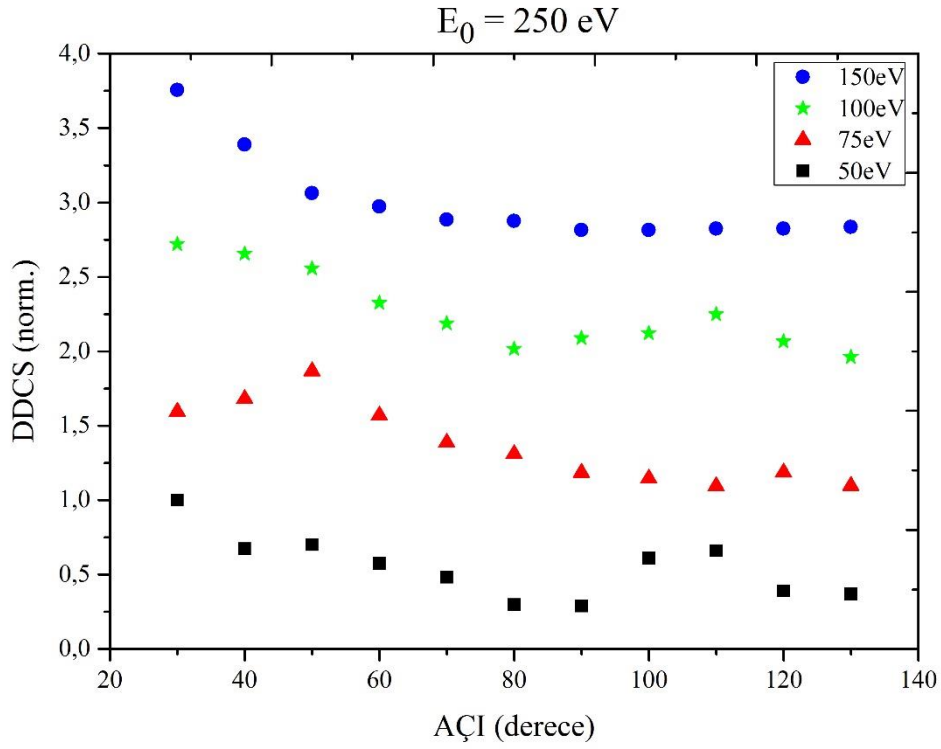


Şekil 4.10  $E_0 = 200 \text{ eV}$  için 125, 150, 175 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

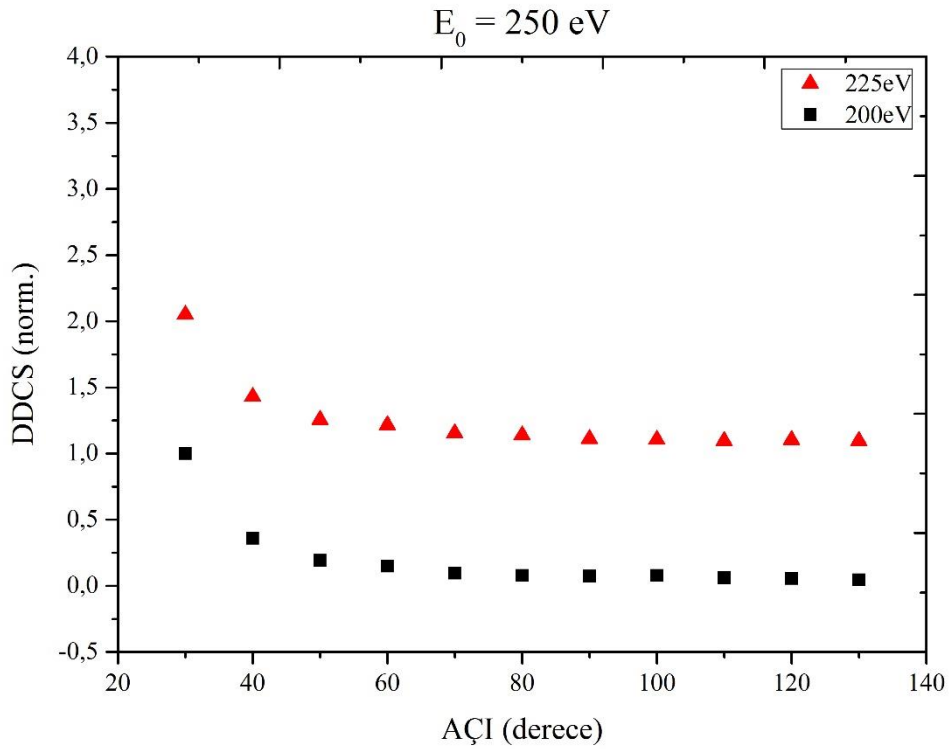
$E_0 = 250 \text{ eV}$  enerji ile gelen elektron demetinin asetilen molekülüyle çarpışması sonucu ortaya çıkan 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 225 eV enerjili elektronlar dedekte edilmiş ve açığa göre değişimler gösterilmiştir. Düşük enerjilerde iki pik görülmektedir. Düşük enerjilerdeki (10, 15, 20, 25 eV) pikler sırasıyla  $50^\circ$  ve  $100^\circ$ ’de görülürken (Şekil 4.11), orta enerjilerde (50, 75, 100 eV) sırasıyla  $50^\circ$ ’den daha düşük açılara (Şekil 4.12),  $100^\circ$ ’den de daha büyük açığa doğru kaydığı görülmektedir. Yüksek enerjilerde (150, 200, 250 eV) ise piklerin tamamen kaybolduğu ve yerini düzgün azalan bir eğriye bıraktığı görülmektedir (Şekil 4.13). Buradan da anlaşıldığı gibi düşük enerjilerde kompleks etkileşimler meydana gelmekte, orta enerjilerde koparılan etkisi baskın olmakta ve büyük enerjilerde ise saçılanın etkisi daha baskın durumda olduğu görülmektedir.



Şekil 4.11  $E_0 = 250 \text{ eV}$  için 10, 15, 20, 25 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

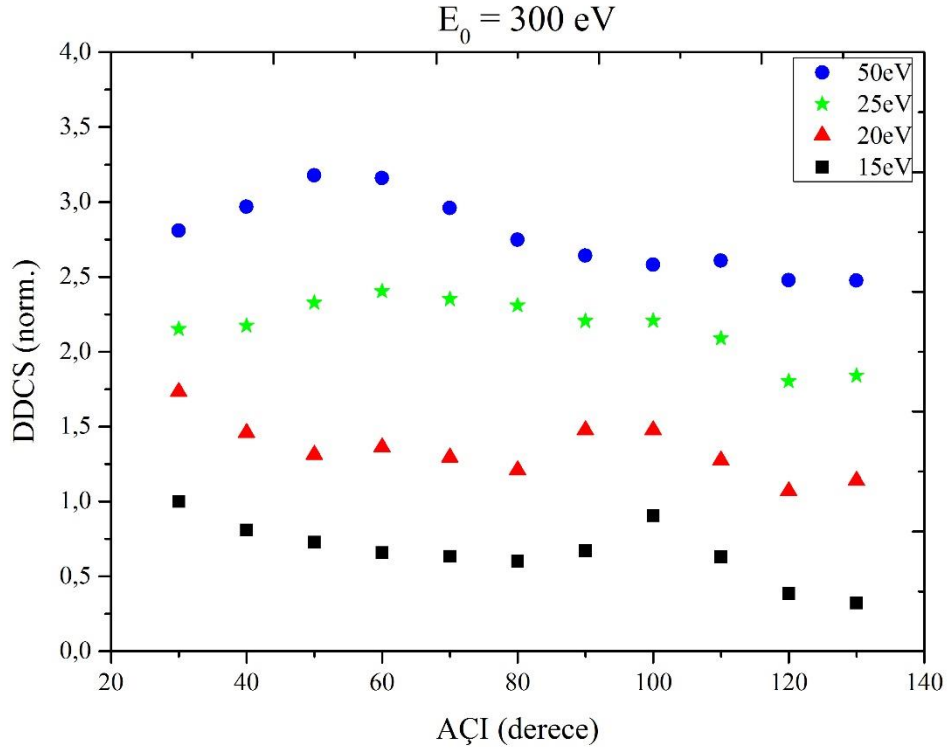


Şekil 4.12  $E_0 = 250 \text{ eV}$  için 50, 75, 100, 150 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

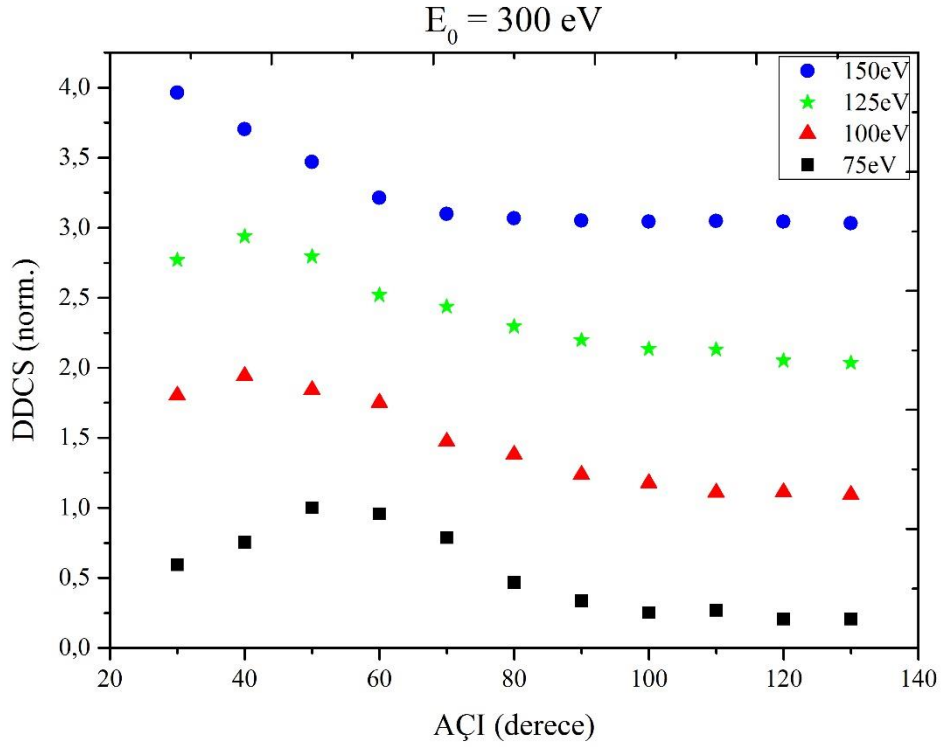


**Şekil 4.13**  $E_0 = 250 \text{ eV}$  için 200, 225 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

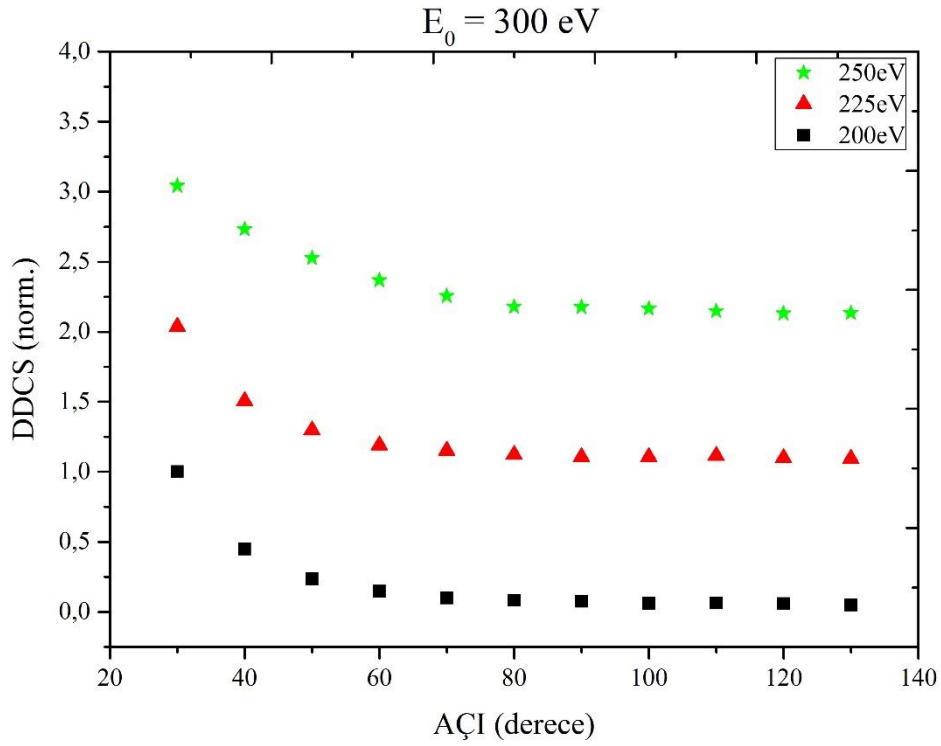
$E_0 = 300 \text{ eV}$  enerji ile gelen elektron demetinin asetilen molekülüyle çarpışması sonucu 15, 20, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 225 ve 250 eV enerjili elektronlar dedekte edilerek açığa göre değişimleri incelenmiştir. 15-20 eV enerjilerdeki pikin meydana geldiği açı  $100^\circ$ ’de iken (Şekil 4.14) enerji değeri arttıkça (50, 75, 100, 125 eV) pikin açısı değişerek daha küçük açı değerine ( $55^\circ$ ) kaydığı görülmektedir (Şekil 4.15). Bu durumda koparılan elektronun etkisi baskın olduğu anlaşılmaktadır. Enerji değeri arttıkça (150, 200, 225 eV) pik kaybolmakta ve düzgün azalan eğri görülmektedir (Şekil 4.16). Bu durumda da saçılan elektronunun etkisi baskın olduğu durumdur. 300 eV gelen elektron enerjisine sahip elektronlarda  $E_0 = 50, 100, 150 \text{ eV}$ ’de olduğu gibi tek bir pik görülmüştür.



Şekil 4.14  $E_0 = 300 \text{ eV}$  için 15, 20, 25, 50 eV’de alınan DDCS ölçümleri.



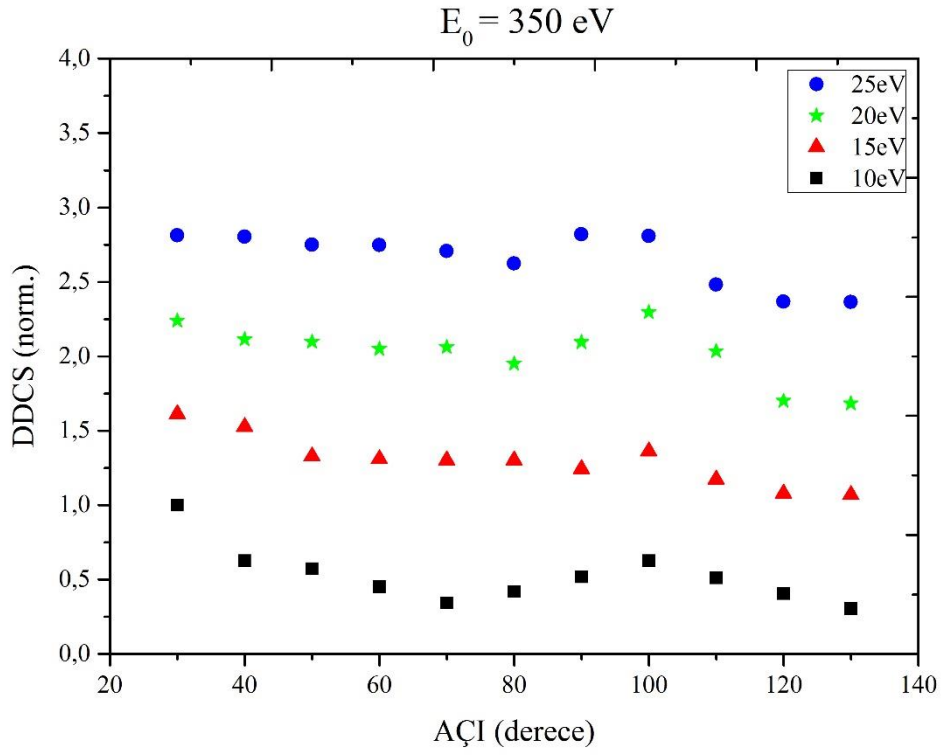
Şekil 4.15  $E_0 = 300 \text{ eV}$  için 75, 100, 125, 150 eV’de alınan DDCS ölçümleri.



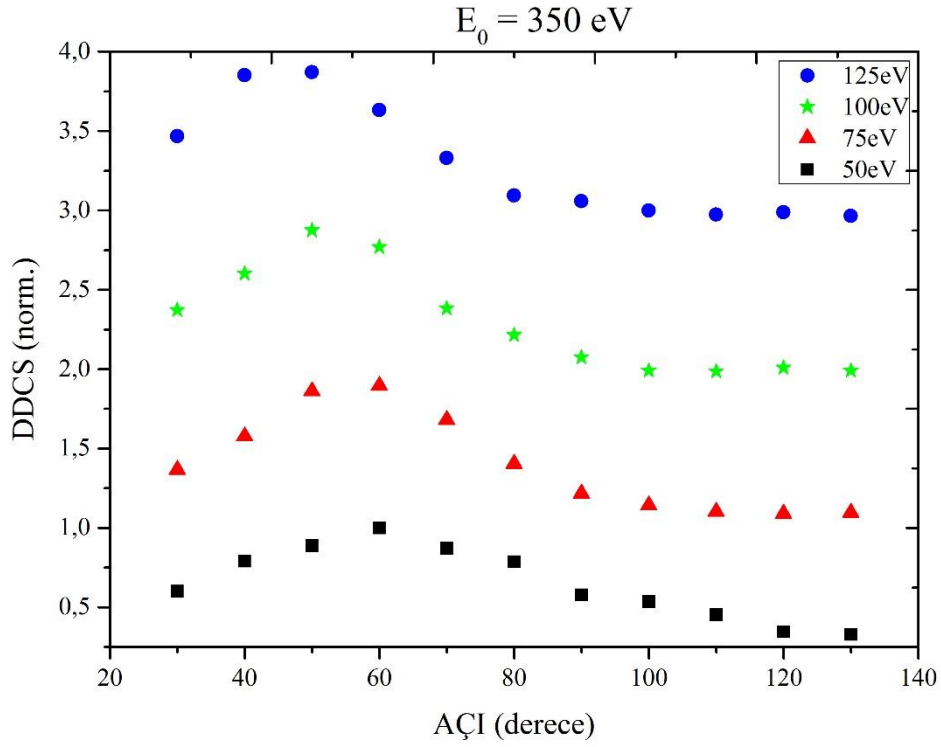
**Şekil 4.16**  $E_0 = 300 \text{ eV}$  için 200, 225, 250 eV’de alınan DDCS ölçümleri.

$E_0 = 350 \text{ eV}$  enerji ile gelen elektron demeti asetilen molekülüyle çarpışması sonucunda 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 125, 150, 200, 250 ve 300 eV enerjili elektronlar dedekte edilmiş ve açıya göre değişimi incelenmiştir. Düşük enerjilerde (10, 15, 20, 25 eV)  $100^\circ$  açıda yine pik meydana gelmiştir (Şekil 4.17). Daha sonra bu pikin enerjileri büyüdükçe (50, 75, 100, 125, 150 eV) yerinin değiştiğini ve  $50^\circ$ ’de pikin kaydığı görülmektedir (Şekil 4.18). 150 eV’den daha da yüksek enerjilere gidildikçe de bu pikin tamamen kaybolduğu ve düzgün bir azalan eğri haline dönüştüğü görülmektedir (Şekil 4.18).

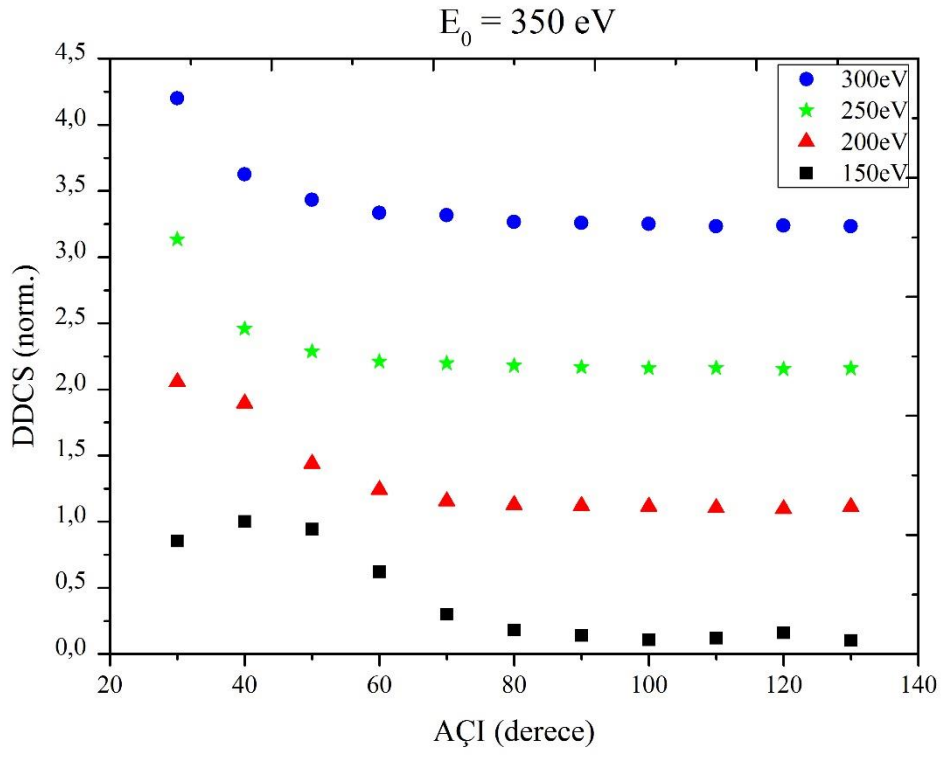




Şekil 4.17  $E_0 = 350 \text{ eV}$  için 10, 15, 20, 25 eV’de alınan DDCS ölçümleri.



Şekil 4.18  $E_0 = 350 \text{ eV}$  için 50, 75, 100, 125 eV’de alınan DDCS ölçümleri.



Şekil 4.19  $E_0 = 350 \text{ eV}$  için 150, 200, 250, 300 eV'de alınan DDCS ölçümleri.

## 5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Bu tez çalışmasında; 50-350 eV enerji aralığındaki elektron demetinin asetilen molekülü ile çarpışması sonucu açığa çıkan elektronlardan bir tanesinin enerjisi belirli bir değerde tutularak, bu enerjideki elektronlar için açığa bağlı DDCS ölçümleri alınmıştır. Elektron etkisi ile iyonlaşma olayının dinamikleri hakkında temel bilgiler veren DDCS ölçümleri alınmadan önce, spektrometrenin performansını belirlemek amacı ile enerji kayıp spektrumları alınmıştır.

Saçılma etkisinin baskın olduğu durumlarda, DDCS spektrumlarında açığa bağlı olarak tesir kesitinde üstel azalma beklenmektedir. İyonlaşma olayının baskın olduğu durumlarda ise, tesir kesitinde pik gözlenmesi beklenmektedir. Alınan DDCS spektrumlarında beklentilere uygun olarak, saçılma ve iyonlaşma etkileri gözlenmiştir.

DDCS ölçümlerinde dedekte edilen elektronun saçılan veya koparılan olduğu belirsizdir. Eğer küçük açılarda gözlemlenen elektron enerjisi yüksek ise ölçülen tesir kesiti saçılan elektrona aittir. Çünkü saçılan elektronun küçük açılarda olma ihtimali daha yüksektir. Bu enerjide açının büyümesi ile tesir kesiti küçülür. Eğer elektron enerjisi düşürülürse tesir kesiti küçük açılarda azalır ve açı arttıkça 50-60 derece civarında bir pik gözlemlenerek tesir kesiti değerinin arttığı görülür. Düşük enerjili elektronların büyük açılarda saçılma ihtimalinin yüksek olduğu bu sonuçlarda görülmüştür. Bu durumda koparılan elektrona ait yani iyonlaşma olayına ait bir yapı gözlenmiştir.

Literatürde ilk kez bu molekül üzerine bu kadar geniş enerji ve açı aralığında DDCS ölçümleri sunulmuştur. Bu çalışmanın devamında, elektron-atom/molekül etkileşmelerine yönelik teorik çalışmalar yapan farklı gruplarla iletişime geçilmiştir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ariyasinghe, W. M. and Power, D. (2002). Total electron scattering cross sections of  $\text{CH}_4$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ , and  $\text{C}_2\text{H}_6$  in the energy range 200-1400 eV. *Physical Review A*, **66**: 052716(1)-052716(6).
- Avaldi, L., Camilloni, R. and Stefani, G. (1990). C 1s ionization in  $\text{C}_2\text{H}_2$  studied by asymmetric (e,2e) experiments. *Physical Review A*, **41**: 134-139.
- Bowman, C.R. and Miller, W.D. (1964). Excitation of Methane, Ethane, Ethylene, Propylene, Acetylene, Propyne, and I-Butyne by low-energy electron beams. *The Journal of Chemical Physics*, **42**: 681-686.
- Brüche, E. (1929). Wirkungsquerschnitt und Molekelbau der isosteren Reihen:  $\text{N}_2$ - $(\text{CH})_2$  und  $\text{O}_2$ - $[(\text{NH})_2]$ - $(\text{CH}_2)_2$ . *Annalen der Physik*, **394**: 909-932.
- Burke, P.G. and Joachain, C.J. (1995). Theory of Electron-Atom Collisions, Plenum Press, New York, USA.
- Csanak, G., Taylor, H.S. and Yaris, R. (1971). Many-Body methods applied to electron scattering from atoms and molecules. II. Inelastic Processes. *Physical Review A*, **3**: 1322-1328.
- Deutscha, H., Beckerb, K., Mattc, S. and Markc, T.D. (2000). Theoretical determination of absolute electron-impact ionization cross sections of molecules. *International Journal of Mass Spectrometry*, **197**: 37-69.
- Dressler, R. and Allan, M. (1987). A dissociative electron attachment, electron transmission, and electron energyloss study of the temporary negative ion of Acetylene. *The Journal of Chemical Physics*, **87**: 4510-4518.
- Ehrhardt, H., Jung, K., Knoth, G. and Schlemmer, P. (1986). Differential cross sections of direct single electron impact ionization. *Zeitschrift für Physik D Atoms, Molecules and Clusters*, **1**: 3-32.
- Frank, J. and Hertz, G. (1914). Über die erregung der quecksilberresonanzlinie 253.6 durch wlektronenstösse. *Verhandlungen der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, **16**: 512-518.

- Franz, J., Gianturco, F.A., Baluja, K.L., Tennyson, J., Carey, R., Montuoro, R., Lucchese, R. R., Stoecklin, T., Nicholas, P. and Gibson, T.L. (2008). Correlation-polarization effects in electron/positron scattering from acetylene: A comparison of computational models. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **266**: 425-434.
- Gaudin, A. and Hagemann, R. (1967). Absolute determinations of total and partial effective ionization cross sections of Helium, Neon, Argon, and Acetylene for electrons of 100 to 2000 eV. *The Journal of Chemical Physics*, **64**: 1209 -1221.
- Gauf, A., Navarro, C., Balch, G., Hargreaves, L. R. and Khakoo, M. A. (2013). Low-energy elastic electron scattering by Acetylene. *Physical Review A*, **87**: 012710(1)-012710(9).
- Garcia, G. and Manero, F. (1997). Correlation of the total cross section for electron scattering by molecules with 10–22 electrons, and some molecular parameters at intermediate energies. *Chemical Physics Letters*, **280**: 419–422.
- Gianturco, F.A. and Stoecklin, T. (1994). Electron scattering from Acetylene: elastic integral and differential cross sections at low energies. *Journal of Physics B*, **27**: 5903-5921.
- Hayashi, M. (1990). Electron collision cross-sections determined from beam and swarm data by Boltzmann analysis. *Nonequilibrium Processes in Partially Ionized Gases*, **220**: 333-340.
- Herzberg, G. (1931). Ultraviolet absorption spectra of acetylene and formaldehyde. *Transactions of the Faraday Society*, **27**: 378-384.
- Iga, I., Lee, M.T., Rawat, P., Brescansin, L.M. and Machado, L.E. (2004). Elastic and total cross-sections for electron scattering by Acetylene in the intermediate energy range. *The European Physical Journal*, **31**: 45-51.
- Ingold, C.K. and King, G.W. (1953). Excited states of Acetylene. Part I. Possibilities of interaction between  $\sigma$ -bond hybridisation and  $\pi$ -electron excitation with resulting changes of shape during transitions. *Transactions of the Faraday Society*, **169**: 2702-2704.
- Jain, A. and Baluja, K.L. (1992). Total (elastic plus inelastic) cross sections for electron

- scattering from diatomic and polyatomic molecules at 10-5000 eV: H<sub>2</sub>, Li<sub>2</sub>, HF, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, CO, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, HCN, O<sub>2</sub>, HCl, H<sub>2</sub>S, PH<sub>3</sub>, SiH<sub>4</sub>, and CO<sub>2</sub>. *Physical Review A*, **45**: 202-218.
- Jain, A. (1993). Low energy (0.01-20 eV) electron scattering from Acetylene. *Journal of Physics B*, **26**: 4833-4844.
- Khakoo, M.A., Jayaweera, T., Wang, S. and Trajmar, S. (1993). Differential electron scattering from acetylene-elastic scattering and vibrational excitation. *Journal of Physics B*, **26**: 4845-4860.
- Kochem, K.H., Sohn, W., Jung, K., Ehrhardt, H. and Changt, E.S. (1985). Direct and resonant vibrational excitation of C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> by electron impact from 0 to 3.6eV. *Journal of Physics*, **18**: 1253-1266.
- Kim, Y.K., Ali, M.A. and Rudd, M.E., (1997). Electron-impact total ionization cross sections of CH and C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>. *Journal of Research of the National Institute of Standards and Technology*, **102**: 693-696.
- Murray, A. (2005). Experimental Collision Physics. In: QuAMP II Summer School Lecture Notes, Institute of Physics Atomic and Molecular Interactions Group, Milton Keynes, 41-53.
- Mu-Tao, L., Brescansin, L.M., Lima, M.A.P. Machado, L.E. and Leal, E. (1990). Validity of the distorted-wave approximation (DWA) for inelastic e—H<sub>2</sub>, scattering. *Journal of Physics B*, **23**: 3859-3868.
- Opal, C.B., Peterson, W.K. and Beaty, E.C. (1971). Measurements of secondary-electron spectra produced by electron impact ionization of a number of simple gases. *The Journal of Chemical Physics*, **55**: 4100-4106.
- Özer, Z. N. (2013). Elektron-elektron Çakışma Tekniği (e,2e) ile H<sub>2</sub> Molekülünde Young Tipi Girişim Etkilerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.
- Pang, K.D., Ajello, J.M. and Franklin, B. (1986). Electron impact excitation cross section studies of Methane and Acetylene. *The Journal of Chemical Physics*, **86**: 2750-2764.

- Rutherford, E. (1911). LXXIX. The scattering of  $\alpha$  and  $\beta$  particles by matter and the structure of the atom. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, **21(125)**: 669-688.
- Sueoka, O. and Mori, S. (1989). Total cross section measurements for 1-400 eV positrons and electrons in  $C_2H_2$ . *Journal of Physics B*, **22**: 963-970.
- Şişe, Ö. (2011). Helyum Atomunun Kendiliğinden İyonlaşma Tesir Kesitlerinin (e,2e) Çakışma Tekniği ile Ölçülmesi. Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Tate, J.T. and Smith, P.T. (1932). The efficiencies of ionization and ionization potentials of various gases under electron impact. *Physical Review*, **39**: 270-277.
- Tate, J.T, Smith, P.T. and Vaughan, A.L. (1935). A mass spectrum analysis of the products of ionization by electron impact in Nitrogen, Acetylene, Nitric Oxide, Cyanogen and Carbon monoxide. *Physical Review*, **48**: 525-531.
- Tossell, J.A. (1985). Multiple-scattering X alpha calculation of spectral energies involving the  $\pi$  and  $\pi^*$  orbitals of  $C_2H_2$ . *Journal of Physics B*, **18**: 387-392.
- Vinodkumar, M., Barot, A. and Antony, B. (2012). Electron impact total cross section for Acetylene over an extensive range of impact energies (1 eV–5000 eV). *The Journal of Chemical Physics*, **136**: 184308(1)-184308(8).
- Vinodkumar, M., Joshipura, K.N., Limbachiya, C.G. and Antony, B.K., (2006). Electron impact total and ionization cross-sections for some Hydrocarbon molecules and radicals. *The European Physical Journal*, **37**: 67-74.
- Yavuz, M. (2013). Elektron Etkisi İle Metan Molekülünün İkili Diferansiyel Tesir Kesitlerinin Ölçülmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Wilden, D.G, Comer, J. and Taylor, S. (1980). Energy-loss spectroscopy of the higher excited states of Acetylene. *Journal of Physics*, **13**: 2849-2857.
- Wilden, D.G., Hicks, P. J. and Comer, J. (1977). An electron impact energy-loss study of triplet states of Acetylene. *Journal of Physics*, **10**: 403-407.
- Xing, S. L., Shi, Q.C., Chen, X.J., Xu, K.Z., Yang, B.X., Wu, S.L. and Feng, R.F.

(1995). Absolute total-cross-section measurements for intermediate-energy electron scattering on C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> and CO. *Physical Review A*, **51**: 414-417.

Zheng, S.H. and Srivastava, S.K. (1996). Electron-impact ionization and dissociative ionization of Acetylene. *Journal of Physics*, **29**: 3235-3244.

### **İnternet Kaynakları**

1- <http://www.nist.gov/pml/data/ionization/index.cfm>, 26.05.2016

2- <http://webbook.nist.gov/cgi/cbook.cgi?ID=C74862&Mask=800#Electronic-Spec>,  
26.05.2016



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ümran Atmaca  
Doğum Yeri ve Tarihi : Amasya/20.07.1988  
Yabancı Dili : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0538 268 26 02

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Amasya 12 Haziran Lisesi – Mezuniyet notu: 3.30  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Mezuniyet notu: 3.26  
Pedagojik Formasyon: Afyon Kocatepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi – Mezuniyet notu: 3.93

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : Atatürk Anadolu Lisesi – Stajyer / 2015  
: Çobanlar Çok Programlı Lise – Öğretmen / 2015

### Bitirilen Lisans Tezi :

1. Atmaca, Ümran (2014). *Güneş Bacaları ve Kuleleri*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi

### Uluslararası Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler:

1. Atmaca, Ü., Özer, Z.N. ve Doğan, M., (2016). Vakum Ortamında Kullanılan Numunelerin Önemi: C<sub>2</sub>H<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> Örneği. IV. YUKPOP International Vacuum Workshop. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 28-30 Mart, 196.

### Ulusal Bilimsel Toplantılarda Sunulan ve Bildiri Kitabında Basılan Bildiriler:

1. Atmaca, Ü., Yavuz, M., Özer, Z.N. ve Doğan, M. (2015). CO<sub>2</sub> (1 $\pi_g$ ) Molekülünün Üçlü Diferansiyel Tesir Kesiti Ölçümleri. Adım Fizik Günleri IV Bildirileri. Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, 28-29 Mayıs, 90.
2. Atmaca, Ü., Özer, Z.N. ve Doğan, M. (2016). Asetilen Molekülünün İkili Diferansiyel Tesir Kesitlerinin Ölçülmesi. Adım Fizik Günleri V Bildirileri. Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 21-23 Nisan, 112.