

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER.....	I
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	III
TABLolar LİSTESİ.....	V
SİMGELER LİSTESİ.....	VII
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
ÖZET.....	IX
ABSTRACT.....	X
1.GİRİŞ	1
2. İYONKÜRE VE TABAKALARI.....	4
3.İYONKÜREDEKİ DİNAMİK SÜREÇLER.....	10
3.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu.....	10
3.2. Nötr Rüzgârlar.....	11
3.3. Atmosferde Elektromanyetik Sürüklenme.....	13
3.4. Atmosferin Genişlemesi Ve Büzülmesi.....	13
3.5.İyonküre ve Protonküre Arasında Plazma Akımı	13
4. İYONKÜREDEKİ FOTOKİMYASAL SÜREÇLER.....	15
4.1. Yük Değişim Reaksiyonları.....	17
4.2. Yeniden Birleşme Reaksiyonları.....	17
4.3. Uyarılış Durum Reaksiyonları.....	18
4.4. Negatif İyon Oluşumu.....	19
5. FOTO İYONLAŞMA.....	22
5.1. 1-10 Å Arasındaki X-Işınlarının İyonlaştırması.....	24
5.2. 10–100 Å Arasındaki X-Işınlarının İyonlaştırması.....	26
5.3. 1000 Å'dan Daha Kısa UV Işınların İyonlaştırması	27
5.3.1. Atomik Oksijen.....	29
5.3.2. Atomik Nitrojen.....	33
5.3.3. Helyum.....	37
5.3.4. Atomik Hidrojen.....	39

5.3.5. Moleküler Oksijen.....	40
5.3.6. Moleküler Nitrojen.....	41
5.4. DALGA BOYU 1000 Å'DAN DAHA BÜYÜK OLAN ULTRAVİYOLE RADYASYONUN İYONLAŞTIRMASI.....	43
6. SONUÇLAR.....	44
7. KAYNAKLAR	47
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1 Atmosfer tabakalarının yükseklik ve sıcaklıkla değişimi [3].....	3
Şekil 2.1 Işın spektrumu [10].....	5
Şekil 2.2 Atmosferin tabakaları ve iyonkürenin bölgelerindeki elektron yoğunluğunun yükseklik ile değişimi[11].....	6
Şekil 2.3 Nötr gazlar, iyonlar ve elektronların yükseklikle değişimi [7].].....	9
Şekil 3.1 Nötr rüzgârın düşey bileşeni [12].....	12
Şekil 4.1 . Oksijen atomunun enerji seviyeleri [18].....	16
Şekil 4.2 Nitrojen atomunun enerji seviyeleri [18].....	19
Şekil 5.1 $0.01 \leq \lambda \leq 10 \text{ Å}$ için yükseklik ile dalga boyunun değişimi [26]	24
Şekil 5.2 Atomik oksijenin iyonlaşma kesit alanı. Eğri deneysel değerleri gösterir [30].....	27
Şekil 5.3 $100\text{--}450 \text{ Å}$ dalga boyu aralığında atomik oksijen için elde edilen fotoiyonlaşma kesit alanları[35].....	31
Şekil 5.4 O(II) sebep olan atomik oksijen iyonları için teorik fotoiyonlaşma kesit alanları [33].....	33
Şekil 5.5 İyonlaşma eşiğinden 250 Å kadar atomik nitrojenin fotoiyonlaşma kesit alanı [34].....	34

Şekil 5.6 . 300 Å'dan K sürekliliğinin olduğu 31 Å kadar Atomik Nitrojenin için Ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları [35].....	36
Şekil 5.7 İyonlaşma eşiğinden 150 Å kadar atomik nitrojenin fotoiyonlaşma kesit alanı. [39].....	37
Şekil 5.8 7–300 Å arasında Helyumun fotoiyonlaşma kesit alanı [39].....	38
Şekil 5.9 İyonlaşma eşiğinden 300 Å kadar atomik hidrojenin fotoiyonlaşma kesit alanı.[41]..	40
Şekil 5.10 İyonlaşma sürekliliği bölgesinde moleküler nitrojenin soğurulma ve fotoiyonlaşma kesit alanları. Kesikli eğri iyonlaşma, normal eğri soğurulma [43].....	42

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa

Tablo 5.1. İyonlaşma Eşik Potansiyelleri.....	24
Tablo 5.2. $\lambda \leq 1028 \text{ Å}$ için atom ve moleküllerin iyonlaşma eşikleri.....	28
Tablo 5.3. Atomik oksijenin iyonlaşma eşikleri.....	30
Tablo 5.4. 375-910 Å için Atomik oksijen için iyonlaşma kesit alanları.....	30
Tablo 5.5. $O^+(^4P)$ ve $O^+(^2P)$ iyon durumları için atomik oksijen iyonlaşma kesit alanları.....	31
Tablo 5.6. Atomik oksijen atomları için soğurulmuş foton başına iyonlaşma sayısı.....	32
Tablo 5.7. 2-100 Å için Atomik oksijenin fotoiyonlaşma kesit alanları.....	32
Tablo 5.8. O(III) sebep olan $O^+(^4S)$ 'ün fotoiyonlaşma kesit alanları.....	33
Tablo 5.9. Atomik Nitrojenin İyonlaşma Eşikleri.....	34
Tablo 5.10. 150-850 Å için Atomik Nitrojenin fotoiyonlaşma kesit alanları.....	35
Tablo 5.11. 80-852 Å için Atomik Nitrojen atomları için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları.....	35
Tablo 5.12. 2-100 Å için Atomik Nitrojen için fotoiyonlaşma kesit alanları.....	36
Tablo 5.13. Helyum için fotoiyonlaşma kesit alanı	37
Tablo 5.14. Helyum için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları.....	38
Tablo 5.15. Atomik Hidrojen için fotoiyonlaşma kesit alanı	39
Tablo 5.16. Atomik Hidrojen için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları.....	39

Tablo 5.17. Moleküler Oksijen için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları.....	41
Tablo 5.18. N_2^+ nın iyonlaşma eşikleri.....	41
Tablo 5.19. 80-796 Å için ortalama moleküler nitrojen iyonlaşma kesit alanları.....	42
Tablo 5.20. $\lambda > 1028$ Å için atom ve moleküllerin iyonlaşma eşikleri.....	43

SİMGELER LİSTESİ

[A]	: Atmosferde Atom Veya Moleküllerin Sayıca Yoğunlukları
B	: Manyetik Alan
d	: Deklinasyon Açısı (Dik Açısı)
D	: Difüzyon sabiti
g	: Yerçekimi Sabiti
h	: Yükseklik
H	: Ölçek Yüksekliği
H _p	: Plazma Ölçek Yüksekliği
I	: Manyetik Dip Açısı
k	: Boltzman Sabiti
m	: Kütle
m _i	: İyon Kütlesi
n	: Yoğunluk
N	: Birim Hacimdeki Elektron Yoğunluğu
n ₀	: Başlangıçtaki Elektron Yoğunluğu
n[A]	: Atmosferde Atom Veya Moleküllerin Sayıca Yoğunlukları
n _A	: Atmosferde Atom Veya Moleküllerin Sayıca Yoğunlukları
P	: Basınç
T	: Sıcaklık
T _e	: Elektron Sıcaklığı
T _i	: İyon Sıcaklığı
T _p	: Plazma Sıcaklığı
U	: Rüzgarın Hızı
U _D	: Doğu Yönde Esen Rüzgarın Hızı
U _K	: Kuzey Yönde Esen Rüzgarın Hızı
U _{II}	: Yatay Rüzgarın Manyetik Alan Boyunca İzdüşümü
V	: Hız
V _D	: Difüzyon Hızı
W _D	: V _D Hızının Düşey Doğrultudaki Bileşeni
W _E	:
Z ₀	: Referans Yüksekliği
Θ	: Açısı
v	: Frekans

KISALTMALAR LİSTESİ

Å	: Armstrong
°C	: Santigrat Derece
eV	: Elektron volt
$h_m F2$	: F2 Bölgesi Tepe Yüksekliği
K	: Kelvin Derece
km	:Kilometre
nm	: Nanometre
µm	: Mikrometre
UV	: Ultraviole
EUV	: Extreme Ultraviole
YZ	: Yerel Zaman
I_p	: İyonlaşma potansiyeli

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İYONKÜREDE FOTOİYONLAŞMA SÜREÇLERİ

Serap CEZİBARAK

Fırat Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı

2005, Sayfa:50

Bu çalışmada, iyonkürede foto-iyonlaşma süreçleri araştırılmış, fiziksel ve kimyasal süreçlerin oluşturduğu kayıp ve kazançların iyonküreyi nasıl etkilediği incelenmiştir. Güneş'ten gelen farklı dalga boylarına sahip ışınlar iyonkürede farklı atom ve molekülleri iyonlaştırırlar. Güneş EUV ve X-Işınlarının meydana getirdikleri foto-iyonlaşma ışınların akı şiddetine, dalga boylarına bağlı olarak değişirken iyonküredeki atom ve moleküllerin yoğunluklarına, iyonlaşma kesit alanlarına ve bulundukları yüksekliğe bağlı olarak da değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca İkinci ve üçüncü foto-iyonlaşmalar meydana gelirken daha fazla enerjiye ihtiyaç duyulduğu ve iyonküre bileşenlerinin yapısal özelliklerine bağlı olarak iyonlaşma kesit alanlarının da değiştiği anlaşılmıştır. Yük değişim reaksiyonlarının, kozmik ışınların ve çarpışmaların da foto-iyonlaşmaya sebep olduğu belirlenmiştir. İyonkürede serbest elektron oluşumuna en fazla oksijen atomu, oksijen molekülü ve moleküler nitrojen'in katkıda bulunduğu anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İyonküre, Foto-iyonlaşma, Foto-iyonlaşma kesit alanı

ABSTRACT

Ms.c.Thesis

PHOTOIONIZATION PROCESS IN THE IONOSPHERE

Serap CEZİBARAK

Fırat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Physics

2005, Page: 50

In this study, photoionization processes in the ionosphere and the effects of loss and gain, due to by physical and chemical processes on the ionosphere have been investigated. Photoionization due to the Solar EUV and X-rays has been changed by the the flux strength, different wavelength solar radiations ionizes different atoms and molekules, density of atom molecules, their present height in the ionosphere and ionization cross sections. Also, It has been needed more energy when the second and third ionization happened and ionization cross sections changed with the structural features of the ionospheric components. It has been determined that charge exchange reactions, cosmic radiation and collisions cause the photoionization. Mostly atomic oxygen, moleculer oxygen and molecular nitrogen assist to the free electron production in the ionosphere.

Keywords: Ionosphere, Photoionization, Photoionization cross section

1. GİRİŞ

Atmosfer, Dünya gezegenini çevreleyen bir hava tabakasıdır. Atmosfer, bulutların gezindiği ve meteorolojik olayların olup bittiği alanla sınırlı değildir. Atmosfer, Dünya kütlesinin milyonda biri kadar olduğu kabul edilen, toplam kütlesinin % 99'u 30 km nin altında yer alır. Bundan yaklaşık 4.7 milyar yıl önce Güneş sisteminin oluşumu sırasında, Dünya atmosferi, bir toz ve gaz bulutundaki yoğunlaşma sonucunda oluşmuştur. Çekim ve dönüş hareketlerinin etkisi ile küresel bir biçim kazanmıştır. Esas olarak hidrojen ve helyumdan oluşmaktaydı. Bu hafif gazların büyük bir bölümü atmosferden hızla uzaklaşırken, yerkürenin içinde başlayan radyoaktif ısınma sonucunda, yoğun bir gaz çıkışına neden olan yanardağ püskürmeleri meydana gelmiş, böylece büyük ölçüde su buharı, karbon gazı ve azottan oluşmuş ikinci bir atmosfer ortaya çıkmıştır. Sıcaklık yavaş yavaş düşmüş, su yağışlar biçiminde yoğunlaşmış ve karbondioksit, yeni oluşmuş olan okyanusların içinde karbonatları meydana getirmiştir. Oksijenin fotosentez ile biyolojik olarak ortaya çıkışı ile birlikte bugünkü atmosfer meydana gelmiştir [1-4].

Atmosfer, canlıları çok çeşitli dış etkenlere karşı korur. Güneş'ten gelen yüksek enerjili parçacıklar manyetoküre tarafından engellenirken, Dünya'nın dışından gelen kayaç parçaları, üst atmosferde durdurulur, akan yıldızlar veya meteorlar haline gelerek yok olur. Zararlı mor ötesi (UV) ışınlar, fotokimyasal tepkimeler sırasında soğurulurken, X-ışınları ve mor ötesi ışınların, atmosfer tarafından emilmesi atmosfer gazlarının iyonlaşmasına neden olur [2,3].

Dünya yüzeyini çevreleyen atmosfer, yerden uzaklaştıkça, yoğunluk ve bileşim olarak değişir. Bu yoğunluk ve bileşimlere bağlı olarak genelde şu bölgelere ayrılır: Tropoküre, stratoküre, mezoküre, termoküre, iyonküre. Şekil 1.1'de atmosfer tabakalarının yükseklik ve sıcaklıkla değişimi gösterilmiştir [2-4].

Tropoküre: Atmosferin, bulutların bulunduğu ve içinde hava hareketlerinin yer aldığı en alt tabaksı Tropoküre (Troposphere) olarak adlandırılır. Bu tabaka yüzeyden yaklaşık 10 km yüksekliğe kadar uzanır. Su buharı, basınç ve sıcaklık değişiklikleri nedeniyle, bu ortam homojen değildir. 800 nm dalga boyundan daha büyük ışınlar, temelde H₂O ve CO₂ tarafından soğurulur. Bu tabakada en çok bulunan gazlar oksijen ve azot molekülleridir. Günlük hava (iklim) olaylarının tümü burada meydana gelir.[1-5]

Stratoküre: 10 km üzerindeki atmosfer bölgesine Stratoküre (Stratosphere) denilmektedir. Bu bölgede gazlar yaklaşık olarak 35 km yüksekliğe kadar yoğunluklarını korurlar. Stratoküre içinde yaklaşık 25 km yükseklikte Ozon tabakası bulunur. Ozon tabakası doğal olarak UV ışınları ile ve O₂ moleküllerinin etkilenmesinden oluşmuştur. Ozon tabakası,

Dünya üzerindeki yaşam için çok önemlidir ve yaşam şekillerine zararlı olan Güneş'ten gelen UV radyasyonunu soğurur [1-5].

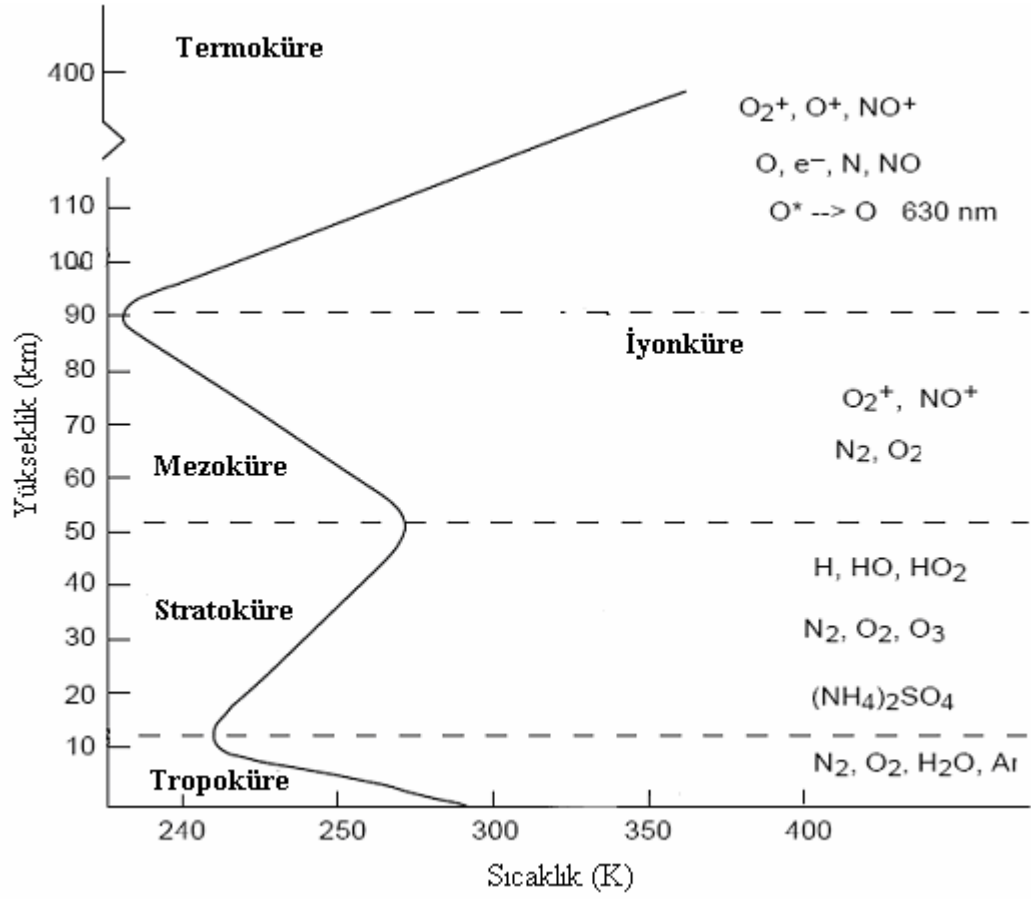
Mezoküre: Stratoküreden sonra gelen bölgeye mezoküre denir. Üst sınır 85 km'ye kadar uzanır. Burası atmosferin hemen hemen en soğuk bölgesidir. Isı üstten taşınma ile mezokürenin içine doğru esen bir rüzgâra neden olur. Bu rüzgâr ısının taşınmasına neden olur. 175–200 nm dalga boyu arasındaki ışınlar oksijen tarafından soğurularak bu bölgeyi meydana getirmiştir [1-5].

İyonküre: İyonküre atmosferin iyonlaşmış kısmıdır ve elektriksel olarak nötrdür. Bu özelliğinden dolayı doğal bir plazma olarak kabul edilir. İyonkürenin oluşumu Güneş ışınlarına bağlı olduğu için, iyonküredeki elektron yoğunluğu yerden yüksekliğe, mevsime ve saate göre değişkenlik gösterir. İyonkürenin alt sınırı yaklaşık 50 km yükseklikten başlar ve He^+ ve H^+ iyonlarının baskın olduğu üst yüksekliklere kadar devam ettiği kabul edilir [1-5].

Termoküre: Mezokürenin üzerindeki bölgeye Termoküre adı verilir. Bölgede iyonlaşmanın temel sebebi 175 nm dalga boyundan küçük radyasyonlardır. Yaklaşık 500 km yükseklikteki sıcaklığı 1700 °C'dır [1-3].

Ekzoküre: Buradaki moleküller arasındaki çarpışma çok azdır. Bu bölgede iyonlaşmış parçacıklar manyetik alan tarafından, nötr parçacıklar ise yer çekimi tarafından kısa mesafelerde hareket ettirilebilir [1–4].

Bu çalışmada iyonküredeki fotoiyonlaşma süreçleri literatür taraması ve derlemesi yapılarak incelenmiştir. Fiziksel ve kimyasal süreçlerin iyonküre üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Bu süreçlerin fotoiyonlaşmanın oluşumundaki etkileri verilmiştir. Güneş'ten gelen farklı dalga boylarına sahip ışınların iyonkürede meydana getirdikleri iyonlaşması iyonküre bileşenleri için farklı bir şekilde kesit alanları ve yüksekliğe bağlı olarak değişmektedir. Bu değişimin sebepleri incelenmiş ve literatürde ortaya koyulan açıklamalar derlenmiştir.



Şekil 1. Atmosferin sıcaklık ve kimyasal bileşenlerine göre bölgelere ayrılışı [3].

2. İYONKÜRE VE TABAKALARI

İyonkürenin varlığı 18. yüzyılın ortalarında anlaşılmasına karşılık, 1878’de Balfur Stewart tarafından ilk kez öne sürülmüştür. İyonküre ile ilgili soruların cevapları 1950’lerde başlayan uydulu çalışmalardan sonra sağlanabilinmiştir. Dünya’nın üst atmosferini incelemek için uzaya 1960’larda gönderilen uydular içindeki ARIEL uyduları, ABD ve İngiltere tarafından uzaya gönderilmiştir. 1901 yılında Guglielmo Marconi’nin Atlantik ötesine radyo dalgalarını iletmesiyle daha fazla bilgi sağlandı. 1902’de Kennely ve Heaviside’nin bağımsız çalışmalarında, radyo dalgalarının atmosferdeki iyonlaşmış tabakalardan yansmasıyla haberleşmelerin yapıldığını ileri sürdüler. 1957’de Sputnik ilk yapma uydusu ve bundan bir yıl sonrada uzaya fırlatılan Explorer I ile atmosferin keşfi başlamıştır. Burada elde edilen veriler ile nötr atmosfer ve iyonküre anlaşılmaya başlanmıştır. İlk deneyler, yansımaya belirgin bir şekilde etkiyen değişimlere bağlı olarak, farklı tabakaların varlığını ortaya koydu. Atmosferin değişik tabakalarının zaman, mevsim, coğrafi konum ve Güneş aktivitesinden nasıl etkilendiği açıklanmaya çalışılmıştır. Teorik yapılan çalışmalar Sydney Chapman ve E.O Hulburt tarafından 1930’larda başlandı ve günümüze kadar devam edildi. [6,7].

Güneş’ten gelen ışınlamalar atmosfer tarafından emilerek sıcaklığın değişmesine, moleküllerin iyonlaşmasına ve elektronların serbest kalmasına neden olur. Böylece atmosfer içinde serbest elektron ve iyonlardan meydana gelen bu bölgeye İyonküre denir. Atmosferin parçacık yoğunluğu yükseklikle değiştiğinden atmosfer içindeki iyonlaşmada yüksekliğe bağlı olarak değişir. Atom veya moleküller her yükseklikte farklı miktarlarda bulunduğundan dolayı Güneş’ten gelen ışınlar her yükseklikte farklı oranlarda soğurulur [8].

Yer küreyi saran atmosfer, yer çekimi ve gazların kinetik enerjileri sonucunda meydana gelir. Atmosferdeki her hava molekülü yerin merkezine doğru çekilirken, moleküllerin çarpışmasından dolayı ortaya çıkan kuvvet yeryüzüne düşmeyi önlemektedir. Kütlesi m olan molekülden birim hacimde n tane bulunuyorsa, bu gazın basıncı $P = nkT$ ifadesi ile verilir. Bu ifadeye göre basınç, sıcaklık ve yoğunluk arttıkça artmaktadır. Eğer yükseklik ile sıcaklığın sabit olduğu düşünülürse basınçtaki değişiklik sadece yoğunluk değişikliğine bağlı olacaktır. Basınç ile yükseklik arasındaki ilişki denklem (2.1) ile verilebilir [9,10].

$$-\frac{dP}{dh} = nmg = -kT \frac{dn}{dh} \quad (2.1)$$

$$P = P_0 \exp(-h / H) \quad (2.2)$$

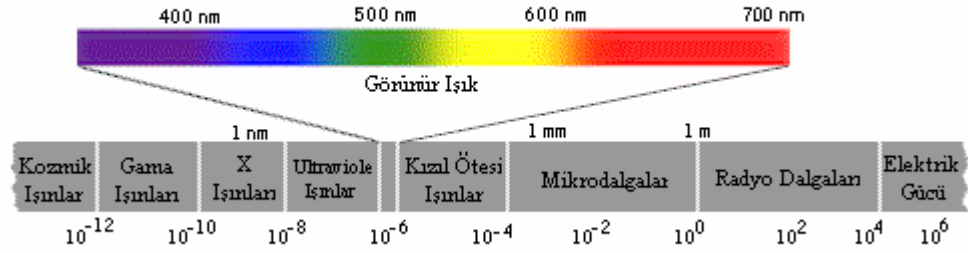
$$n = n_0 \exp(-h / H) \quad (2.3)$$

$$H = \frac{kT}{mg} \quad (2.4)$$

Burada, k: Boltzman sabiti, H, ölçek yüksekliği, n, yoğunluk, P, basınçtır. Denklem (2.1)'deki eksi işaretinin anlamı yükseklik artarken basıncın azaldığını göstermek içindir [10].

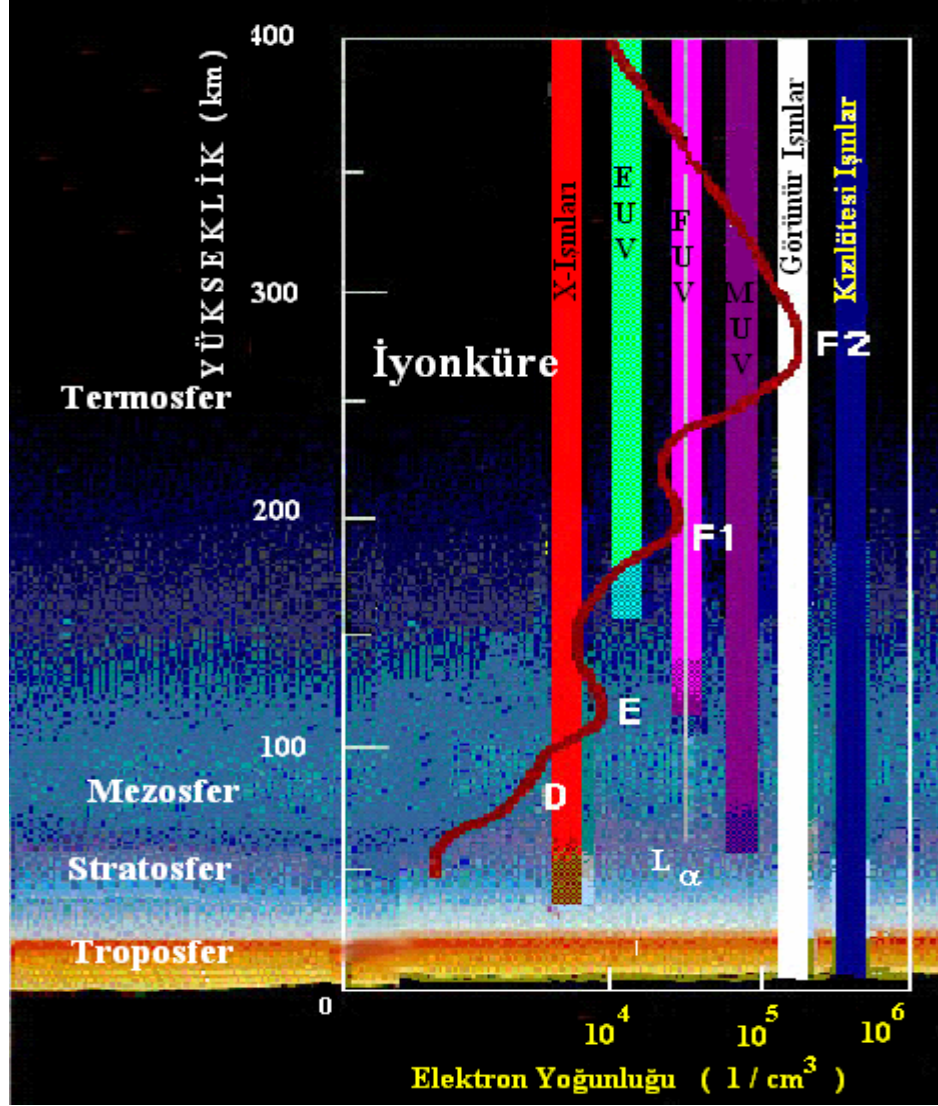
Yaklaşık 200 km ye kadar fotokimyasal süreçler etkili olmaktadır. Bu yüksekliğe kadar, elektron yoğunluğu üretim ve kayıp işlemleriyle belirlenmektedir. Fakat $h_m F2$ yüksekliğinden sonra dinamik süreçlerin, elektron yoğunluğu üzerindeki etkileri fotokimyasal süreçlerinkinden daha fazla olmaktadır. Bu süreçler üçüncü bölümde ifade edilmektedir [11].

İyonküre D, E, F (F1, F2) olmak üzere üç temel bölgeye ayrılmıştır. Güneş'ten gelen ışınımın atmosfer içinde şiddetlerini kaybederek yol alırlar. Şekil 2.1'de bu ışınların sahip oldukları dalga boyları gösterilmektedir[11,12].



Şekil 2.1. Işın spektrumu [10].

Emilmenin fazla olduğu bölgelerde iyonlaşmada fazla olmaktadır. Şekil 2.2'de atmosferin tabakaları ve iyonkürenin bölgelerindeki elektron yoğunluğunun yükseklik ile değişimi gösterilmektedir. Burada da görüldüğü gibi elektron yoğunluğu yükseklik ile artmaktadır. Elektronun kütlesi hafif olduğu için üst bölgelerde daha fazla bulunmaktadır. Elektron yoğunluğunun maksimum bulunduğu yüksekliğin F2 bölgesi olduğu Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.2. Atmosferin tabakaları ve iyonkürenin bölgelerindeki elektron yoğunluğunun yükseklik ile değişimi[11].

D Bölgesi: D Bölgesi 50 km ile 90 km arasındaki iyonkürenin en alt bölgesi olarak adlandırılır. 1–10 Å X- ışınları ve 1216 Å UV ışınları tarafından meydana getirilir. Elektron yoğunluğu yaklaşık 10^3 cm^{-3} civarındadır. Gece boyunca D bölgesi kayıp süreçlerine bağlı olarak yok olur. Sadece gündüz saatlerinde D bölgesinden bahsedilebilir. Gündüz saatlerinde serbest elektron yoğunlukları artar. Bu bölgenin diğer bölgelerden farkı karışıklıkların daha fazla yaşanmasıdır. Bu karışıklıkların iki temel sebebi vardır. Bunlardan birincisi Güneş patlamalarından daha fazla etkilenmesi, ikincisi de meteorolojik olaylardan etkilenmesidir [1-12].

D Bölgesi için iyonlaşmasının üç kaynağı vardır.

1. Güneş'ten Gelen X-Işınlari (10 Å dalga boyundan küçük X-ışınları ve 1000 Å dalga boyundan büyük UV ışınları).
2. Kozmik Işınlari (10⁹ eV'tan büyük enerjiye sahip yüksek enerjili ışınlar)
3. Güneş'ten Gelen Lyman- α ışını (1216 Å dalga boylu) [10]

X-Işınlari ve kozmik ışınlar tüm atmosferdeki gazların iyonlaşma sebebidir. Dalga boyu 1027 –1118 Å olan ışınlar O₂ molekülünün iyonlaşmasını sağlamaktadır. Yüksek enerjili kozmik ışınlar atmosferde tamamen soğurulmadan D bölgesine kadar inebilmekte ve bu bölgenin alt kısımlarında iyonlaşmaya neden olmaktadır. Lyman- α ise sadece NO'nin iyonlaşma sebebidir [6-11].

Pozitif iyonlar ve serbest elektronlar iki yolla üretilir; Güneş'ten gelen X-Işınlariyla N₂ ve O₂ nin foto iyonlaşması ve atmosferin küçük bileşeni NO'nin Güneş'ten gelen Lyman- α iyonlaşması yani,



Buradaki A; N₂, O₂ veya NO' i temsil eder. D Bölgesinin kimyası pozitif iyonlar nötürleştiği zaman durur. Serbest elektronlarla birleşerek yok olması için temel süreç denklem (2.6)'deki gibidir [9].



Ayrıca bu süreçte elektronlar yok olabilirler.



veya

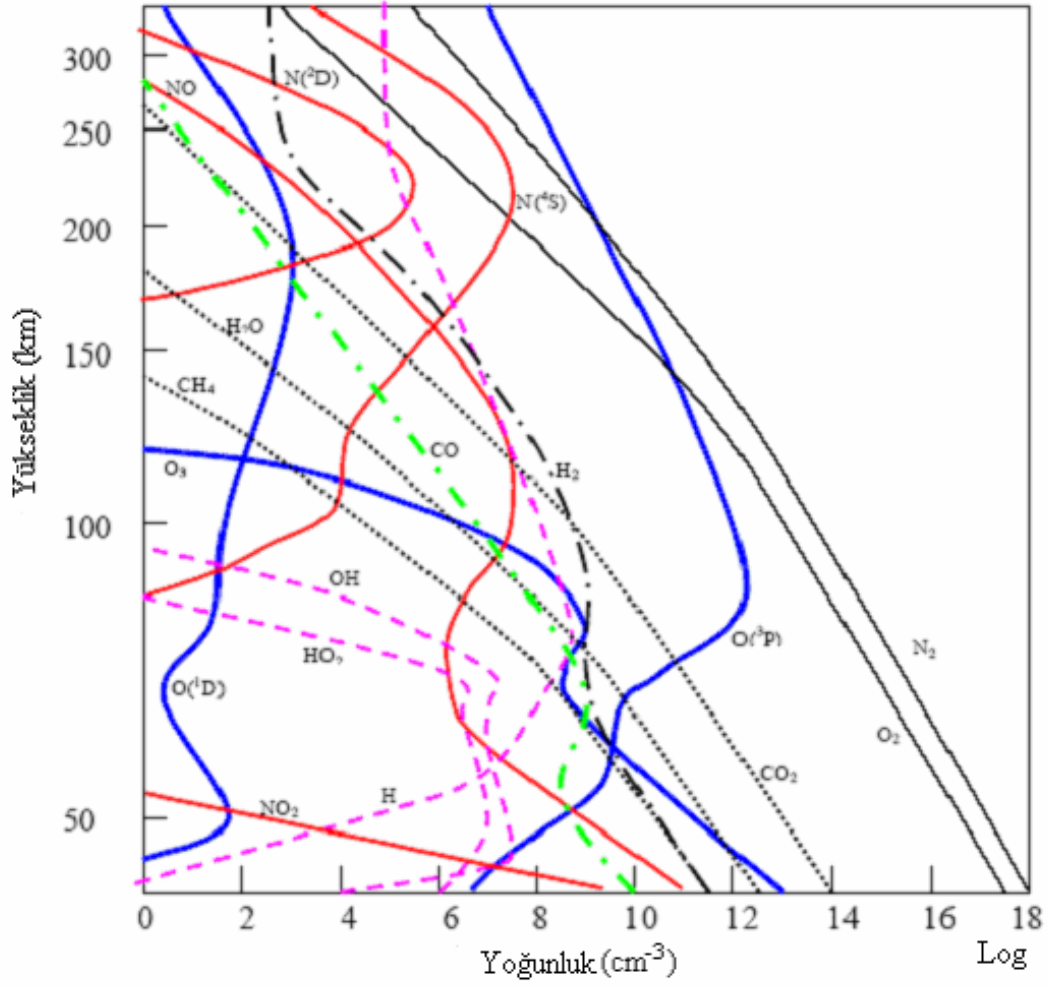


E Bölgesi: Genel olarak iyonkürenin E bölgesinin 10- 100 Å X-ışını ve 800–1026 Å UV ışınları tarafından oluşturulan fotoiyonlaşmalar sonucunda meydana geldiği kabul edilmektedir. UV ışınları 100–120 km yüksekliklerinde tamamen soğurularak O₂ molekülünün iyonlaşmasını sağlar. Aynı ışınımlar 125. km'de O ve N₂ nin maksimum iyonlaşmasını sağlar. Bu nedenle E bölgesindeki maksimum elektron yoğunluğu bu yüksekliklerde ölçülmektedir. E bölgesinde en fazla NO⁺ iyonu bulunmaktadır. Daha sonra sırasıyla O₂⁺, O⁺ ve N₂⁺ iyonları

bulunmaktadır. E bölgesinde NO^+ ve O_2^+ iyonları O^+ ve N_2^+ iyonlarına göre çok fazla bulunduğundan foto kimyasal süreçlerle elektron kaybı büyük ölçüde olmaktadır. Bu nedenle gece elektron yoğunluğu gündüz elektron yoğunluğundan daha düşüktür. E bölgesi radyo haberleşmelerinde büyük bir etkiye sahip olabilir. Elektron yoğunluğu yaklaşık olarak $10^4\text{--}10^5 \text{ cm}^{-3}$ civarındadır [3-9].

F Bölgesi: İyonkürenin 150 km den sonraki bölgesi F bölgesi olarak tanımlanır. Üst sınırı kesin olarak belli olmamakla beraber H^+ ve He^+ gibi hafif iyonların O^+ iyonuna göre hâkim olmaya başladıkları yükseklik kabul edilmektedir. İyonkürenin F bölgesi F1 ve F2 olmak üzere iki tabakaya ayrılmaktadır. F1 bölgesi yaklaşık 150–180 km yüksekliğinde, F2 bölgesi 180–450 km yükseklik civarındadır. F1 bölgesi iyonlaşmanın, F2 bölgesi de elektron yoğunluğunun maksimum olduğu bölgelerdir. 200–800 Å UV ışınimleri temel iyonlaşma kaynağıdır. Bu dalga boyuna sahip Güneş ışınımının büyük bir kısmı 160–180 km arasında emilmektedir. F1 bölgesindeki elektron yoğunluğu 10^5 cm^{-3} , F2 bölgesinde 10^6 cm^{-3} civarındadır. F1 bölgesinden fazla NO^+ ve O_2^+ iyonları bulunurken ikinci dereceden O^+ ve N^+ iyonları bulunur. F2 bölgesinde O^+ temel iyondur. Bunun yanı sıra H^+ , He^+ ve N^+ iyonları da bulunmaktadır [1-13].

Yüksekliğe bağlı olarak atmosferdeki nötr gazların, iyonların ve elektronların yoğunluk değişimleri Şekil 2.3’de gösterilmektedir. Şekilde yükseklik artıkça nötr gaz atomlarının ve moleküllerinin yoğunluklarının azaldığı görülmektedir. OH, HO₂, NO₂ gibi ağır moleküller alt iyonkürede yer almakla beraber yaklaşık 100 km’den sonra görülmemektedir. Yani bunlar maksimum yoğunluklarını D bölgesinde vermektedirler. CO₂, CO, H₂O, CH₄, O₂ ve N₂ ters orantılı bir şekilde yükseklikle azalmaktadır. N (²D), N(⁴S), O(³P), O₂, N₂, O(¹D), H₂, N(⁴D) gibi atom ve moleküller 300 km’den yani F2 bölgesi ve yukarısında mevcuttur [1-13].



Şekil 2.3. Nötr gazlar, iyonlar ve elektronların yükseklikle değişimi [7].

3. İYONKÜREDEKİ DİNAMİK SÜREÇLER

İyonkürede, elektronlar bir süreçle oluşurken diğer bir süreçle de kaybolmaktadır. İyonküredeki dinamik süreçler elektronların bir bölgeden diğer bir bölgeye taşınmasını sağlamaktadır. Taşınma işlemleri bir bölge için kazanç sağlarken diğer bölge için kayıp oluşturmaktadır. D ve E bölgeleri için fotokimyasal süreçler, en önemli faktörlerdir. F2 bölgesinde fotokimyasal süreçlerin yanı sıra dinamik süreçlerde etili olmaktadır [12].

3.1. Ambipolar Plazma Difüzyonu

İyon ve elektronlar kısmi basınç ve yer çekimi etkisi ile dağılırlar. Bu dağılma gaz molekülleri arasındaki çarpışmalardan dolayı engellenmektedir. Bu nedenle dağılma (difüzyon) hızı gazların yoğunluğuna bağlıdır [6].

F2 tepesinden sonraki, difüzyon dengesinin hâkim olduğu, yüksekliklerde her gaz kendi ölçek yüksekliğine göre dağılmaktadır. Elektronun kütlesi, iyonunkinden çok küçük olduğundan dolayı elektronlar daha büyük yüksekliklere çıkarken iyonlar daha alt kısımlarda dağılırlar. Elektronlar ve iyonlar arasında oluşan bu ayırmadan dolayı meydana gelen elektrostatik kuvvet, elektronları aşağı doğru çekerken iyonları yukarı doğru çekmeye çalışır. Bunun sonucunda elektronun ölçek yüksekliği azalırken, iyonun ölçek yüksekliği artmaktadır. Elektronun ölçek yüksekliği, iyonun ölçek yüksekliğinin iki katı olduğu zaman iyon ve elektronlar, aynı ölçek yüksekliğine göre dağılmaktadır. Sonuçta iyon ve elektronlar aynı hızla beraber dağılmaya başlamaktadır. Bu tür dağılmaya, ambipolar dağılma denir [5,12].

Yerin manyetik alanından dolayı difüzyon manyetik alan boyunca olmaktadır. Difüzyon hızı denklem (3.1)'deki gibidir.

$$V_D = -D \left[\frac{1}{N} \frac{dN}{dh} + \frac{1}{T_p} \frac{dT_p}{dh} + \frac{1}{H_p} \right] \quad (3.1)$$

Burada $T_p = \frac{1}{2}(T_e + T_i)$ plazma sıcaklığı, $D = k \frac{T_e + T_i}{m_i v}$ difüzyon sabiti,

$H_p = k \frac{T_e + T_i}{m_i g}$ plazma ölçek yüksekliği, N elektron yoğunluğudur [5,12].

Plazma sıcaklığının yüksekliğe göre sabit olduğu ve yerin manyetik alanının yatayla (I) kadar açı yaptığı kabul edilirse, yerin manyetik alanı boyunca difüzyon hızı denklem (3.2)'deki gibidir [5,12].

$$V_D = -D \left[\frac{1}{N} \frac{dN}{dh} + \frac{1}{H_p} \right] \sin(I) \quad (3.2)$$

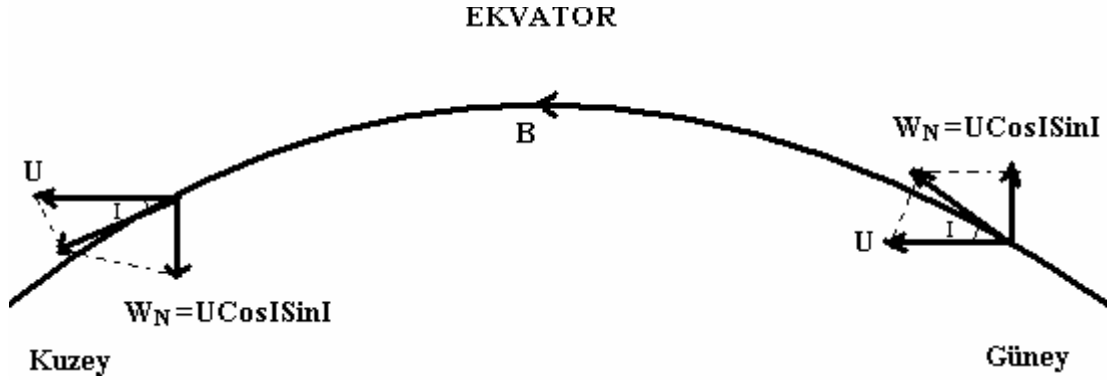
$$W = -D \left[\frac{1}{N} \frac{dN}{dh} + \frac{1}{H_p} \right] \sin^2(I) \quad (3.3)$$

W_D hızı, F2 bölgesinde elektron dağılımına etki eden hızdır. Bu hız iyonküreyi yukarı doğru kaldırdığında elektron yoğunluğunun artmasına, aşağı doğru indirdiğinde de elektron yoğunluğunun azalmasına neden olur. Ekvator bölgelerinde difüzyon hızı en düşük değerini alırken, kutup bölgelerinde en büyük değerini almaktadır [5,12].

3.2. Nötr Rüzgârlar

Atmosfer tarafından emilen Güneş ışınları, atmosferin sıcaklığının artmasına neden olur. Atmosferin farklı bölgelerinde Güneş ışınları farklı oranlarda emildiklerinden, farklı sıcaklıklar meydana getirirler. Buna bağlı olarak farklı basınç alanları oluştururlar. Bu basınç farkından dolayı, yüksek basınçtan alçak basınç bölgelerine doğru esen rüzgârlara nötr rüzgârlar denir. Geceleri kozmik ışınların büyük bir kısmı atmosferin alt kısımlarına doğru aktığı için gece ve gündüz arasında oluşan sıcaklık farkı atmosferin üst kısımlarında daha fazladır [9-12].

Gece rüzgârın hızı gündüzden daha büyüktür. Saat 1900–2400 YZ arasında düşük enlemlerde, gecenin ikinci yarısından sonra ise yüksek enlemlerde yüksek hıza ulaşırlar. Bunun yanı sıra 0001–0500 YZ ve 1300–1500 YZ arasında düşük enlemlerde en düşük hızlarına ulaşırlar. Bütün enlemlerde rüzgârın enlem doğrultusundaki bileşeni günde iki kez yön değiştirir [12]. Yön değiştirme kuzey yarım kürede saat yönünde, güney yarım kürede ise saatin aksi yönünde oluşur. Ayrıca rüzgârlar ekvatora göre simetrik değildir. İyonkürede rüzgârla taşınan yüklü parçacıklar manyetik alandan etkilenirler. Rüzgârların hareketlerinin yatay yönde olmasına rağmen, iyon ve elektronlar yerin manyetik alanı boyunca hareket ettirirler. Bu nedenle iyonkürede etkili olan hız, rüzgârın manyetik alan çizgileri üzerindeki izdüşümünün düşey bileşenidir. Şekil 3.2.1’de nötr rüzgarın düşey hızının geometrisi gösterilmektedir. Yatay rüzgarın manyetik alan boyunca olan izdüşümü denklem (3.4)’de verilmektedir [12,13].



Şekil 3.1. Nötr rüzgârın düşey bileşeni [12].

$$U_{II} = U \cos (d - \theta) \cos I \quad (3.4)$$

Düşey bileşen denklem (3.5) ile verilmektedir.

$$W_N = -(U_D \sin d + U_K \cos d) \cos I \sin I \quad (3.5)$$

Burada D dik açıklık (deklınasyon), I manyetik dip açısı, U rüzgârın hızı, U_D ve U_K sırasıyla doğu ve kuzey yönünde esen rüzgâr hızlarıdır [12].

Gündüz ekvator'dan kutuplara doğru esen rüzgâr iyonküreyi, aşağı doğru indirir. Gece ise rüzgâr kutuplardan ekvatora doğru estiğinden iyonküreyi yukarı doğru taşır. İyonküreyi aşağı doğru iniyorsa elektronların buradaki iyonlarla birleşmesi çok fazla olur ve elektron kayıpları artar. Gece yukarı doğru kalktığına ise elektronların iyonlarla birleşmesi zorlaştığı için kayıplar azalır. İyonküreyi yukarı çıktığında iyonlarla birleşme ihtimalinin düşmesinin nedeni, üst yüksekliklerde iyonların sayıca yoğunluklarının az olmasıdır. Rüzgârlar gündüz elektron yoğunluğunun azalmasına, gece ise artmasına neden olurlar [12,13].

Atmosferin tüm yüksekliklerinde kuvvetli rüzgârlar vardır ve bu rüzgârlar iyonküredeki elektron dağılımını etkiler. İki adet ana rüzgâr sistemi vardır. Her ikisi de Güneş tarafından meydana getirilir. Birincisi gel-git rüzgârları olup atmosferin alt tabakalarında soğurulmuş Güneş enerjisi tarafından oluşturulur. Özellikle 20 ile 50 km arasındaki ozon tabakasında meydana gelir. İkincisi daha büyük yüksekliklerde gece gündüz arasındaki büyük basınç farkından doğan rüzgârlardır [12].

3.3. Atmosferde Elektromanyetik Sürüklenme

Yer çekimi, ay çekimi, sıcaklık değişimi gibi etkiler havanın, Dünya'nın manyetik alan çizgileri arasında U hızı ile hareket etmesini sağlar. Atmosferdeki bu hareket sonucunda $\mathbf{U} \times \mathbf{B}$ kadar bir elektrik alanının oluşmasına neden olur. Bu alanın oluşmasıyla meydana gelen elektrik akımı yüklerin kutuplanmasını sağlarlar. Bu elektrik alanı elektron ve iyonları manyetik alana dik olarak $\mathbf{E} \times \mathbf{B} / B^2$ kadar bir hız ile hareket ettirir. Bu hızın düşey bileşeni denklem (3.6)'deki gibidir [12-14].

$$W_E = \frac{E_y}{B} \cos I \quad (3.6)$$

F2 bölgesinde nötr rüzgarlar ile elektrik alanın etkilerini birbirinden ayırmak oldukça zordur. Çünkü, nötr rüzgarlar elektrik alanı, elektrik alanına ise yatay yönde bir hava hareketine neden olur [12].

3.4. Atmosferin Genişlemesi Ve Büzülmesi

Güneşin doğuşu ve batışı sırasında atmosfer ısısında büyük ve ani değişimler meydana gelir. Isıdaki bu değişimlerin neden olduğu genleşme ve büzülme atmosferde bir hareketlilik meydana getirir. Güneşin doğuşu sırasında ölçek yüksekliğinde artışlar gözlenir. Bu sırada plazma sıcaklığı artmaktadır. Isıdan dolayı değişen ölçek yüksekliğinin düşey doğrultudaki hızı denklem (3.7) ile verilmiştir.

$$V = \frac{H}{N_0} \frac{dN_0}{dt} + \left(1 + \frac{Z - Z_0}{H} \right) \frac{dH}{dt} \quad (3.7)$$

Burada Z_0 belli bir referans yüksekliğidir ve $Z > Z_0$ dır. Bu hızı meydana getiren iki faktör vardır. Birincisi sıcaklıktan dolayı ölçek yüksekliğindeki değişiklik, ikincisi elektron yoğunluğundaki değişikliktir. Bu hız değerinin en büyük olduğu zaman elektron yoğunluğundaki değişimlerin en büyük olduğu zamana karşılık gelir. Hızın yukarıya doğru en büyük değeri Güneş'in doğuşundan biraz önce ölçülen değerdir [12-15].

3.5. İyonküre ve Protonküre Arasındaki Plazma Akımı

Oksijen iyonunun yoğunluğu yükseklik arttıkça üssel bir şekilde azalmaktadır. Buna karşılık hidrojen iyonunu yoğunluğu yükseklikle artar. H^+ iyonunun baskın olduğu bölgeye

protonküre denir. Bu bölge H^+ iyonunun üretimi ile oluşmaktadır. Bölgedeki yük değişim reaksiyonu denklem (3.8) ile verilmektedir [12,16].



O^+ iyonunun yoğunluğu gündüz geceden daha fazladır. Bu nedenle gece H^+ tabakası aşağı doru hareket eder. Güneş'in batışından sonra azalan elektron yoğunluğu, protonküreden gelen H^+ akısı ile yaklaşık 1800-2300 YZ saatleri arasında tekrar artmaya başlar [16].

Atmosferin üst kısımlarında fotoiyonlaşma çok az olduğu için protonküre İyonküre tarafından beslenir [12].

4. İYONKÜREDEKİ FOTOKİMYASAL SÜREÇLER

Işığın soğurulması sonucunda meydana gelen kimyasal süreçler fotokimyasal süreçler olarak adlandırılır. Bu süreçte atom veya molekül uyarılmış duruma, yani normalden daha yüksek enerjili bir duruma gelir. Uyarılmadan sonra bir atom ya da molekül genellikle enerjisini dış ortama bırakarak normal durumuna döner. Atom ya da molekül ile ortam arasındaki bu enerji alış veriş ısı veya yeniden ışıma biçiminde gerçekleşir. Sıcaklık artışı da bu reaksiyonların oluşmasını sağlar [17,18].

Sıcaklık ve basınç her biri kendine göre kimyasal tepkimelerin hızını değiştirir. Sıcaklık artışı maddenin ortalama enerjisini yükselterek, basınç artışı ise bir maddeyi yanındakilere yaklaştırarak çarpışmalarını kolaylaştırır. Bu çarpışmaların sonucunda tepkimeler meydana gelir [19].

Bir kimyasal reaksiyonda yer alan kimyasal değişiklik genel olarak aşağıdaki gibi ifade edilebilir.



Burada A ve B reaksiyona giren atom veya molekülleri, C ve D de ürün atom veya moleküllerini temsil eder. A, b, c ve d reaksiyonda gerekli olan farklı türlerinin molekül sayısını gösterir. O_2^+ iyonun yeniden bir elektron ile birleşmesi böyle bir reaksiyonun örneğidir ve denklem(4.2)'deki gibidir.



Her iki yönde gelişen reaksiyonlara tersine çevrilebilir reaksiyonlar denir. Aşağıda gösterilen yük değişim reaksiyonu çift yöndeki reaksiyonun bir örneğidir.



Bunlara temel reaksiyonlar denir, çünkü ürün doğrudan doğruya reaksiyona girenlerden oluşur. İyonkürede O^+ iyonu ile elektron doğrudan doğruya yeniden birleşir ama bu süreç çok yavaştır. Çoğu durumlarda O^+ iyonu birçok süreçle yeniden birleşir [17-19].

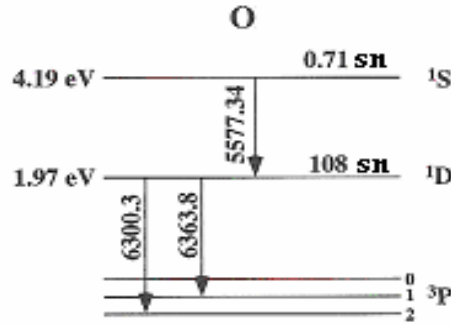


İyonküre ve atmosferde moleküllerin sayıca yoğunlukları $[A]$, $n[A]$ ve n_A şeklinde gösterilir. Üst atmosferlerde bulunan oldukça düşük yoğunluktaki moleküller, iyonküre kimyasındaki en yaygın reaksiyonları göstermektedir ve bunlar iki atom ya da molekülün girerek oluşturduğu moleküler reaksiyonlardır. Daha düşük yoğunluklu reaksiyonlar önemli olabilir. Böyle bir reaksiyona örnek, atomik oksijeninin 3 atomlu reaksiyonundan oluşan girerek oksijen molekülünün meydana geliş şekli denklem (4.6) ile gösterilmektedir [16–19].



Burada M üçüncü atom veya molekülü temsil eder.

İyonkürede ki en önemli reaksiyon bir molekülün veya atomun doğal uyarılma halidir. Böyle bir sürecin iyi bir örneği zemin 3P durumundan 1D durumuna oksijen atomunun geçişidir, bu durum denklem (4.7) ve Şekil 4.1’ de gösterilmektedir [18].



Şekil 4.1. Oksijen atomunun enerji seviyeleri [18].

İyonkürenin alt kısımlarında üretim ve kayıplar arasındaki denge karmaşık bir yapıdadır. Yaklaşık 100 km’de büyük değişimler gösteren N_2 ve O_2 gibi temel nötr gazların yoğunluk oranları aynıdır. Bununla beraber iyonküreyle ilgili süreçte N_2 , O_2 gibi temel gazlar O , O_3 , NO , H_2O gibi gazlara dönüşebilir. Bu dönüşüm kimyasal süreçte gazlar için reaksiyonla dönüşüm süreçleriyle meydana gelir [10-19].

Direkt iyonküreyle ilgili önemli iki kimyasal süreç vardır. Bunlardan birincisi yük değişim reaksiyonları ve ikincisi de yeniden birleşim reaksiyonlarıdır [10].

4.1. Yük Değişim Reaksiyonları

Momentum transferine, enerji dengesine ve iyon kimyasına bağlantılı olarak yük değişim reaksiyonları önemlidir. Atom veya moleküller, iyonlarla basit yük değişim reaksiyonları oluştururlar. Girenler arasında elektrik yük transferinden sonra kendi kinetik enerjilerini düzeltme eğilimindedirler. Bundan dolayı enerjik nötr parçacıklar veya bunun tersinin olabilmesi için bu süreç enerjik iyonlarını en hızlı şekilde sağlayabilir [20,21].

Denklem (4.3) de gösterildiği gibi hidrojen ve oksijen iyonları arasındaki yük değişim reaksiyonu iyon kürede büyük önem taşır. Örneğin üst iyon kürede H^+ nın temel kaynağı yük değişim reaksiyonlarıdır. Reaksiyon denklem (4.8) ile verilmiştir [20].



4.2 Yeniden Birleşme Reaksiyonları

Radyoaktif yeniden birleşim süreci, fotoiyonlaşmanın tersine çevrilmesidir. İyonküre genelinde yeniden birleşim süreçleri oldukça önemlidir.



Burada X^* atom-molekül ürünün uyarılmış bir durumda olduğunu gösterir. Ama yinede radyoaktif birleşme oranı düşüktür. İyonkürede sıcaklık arttıkça bir taraftan iyonlaşmalar artarken diğer taraftan oluşan basınç farkından dolayı özellikle elektronların taşınması ile kayıplar meydana gelmektedir[11-21].

F bölgesinde oksijen atomunun fotokimyasal yolla iyonlaşması denklem (4.10)'daki gibidir.



Burada oluşan oksijen iyonu O_2^+ iyonu ve N_2 molekülü ile reaksiyona girdiğinde durum denklem (4.11) ve (4.12)'deki gibi olur.



Bu şekilde oluşan O^+ ve NO^+ iyonları, serbest elektron olarak bulunan elektronla yeniden birleşerek, elektron kaybına sebep olur. Denklem (4.13) ve (4.14)'de bu reaksiyonlar gösterilmektedir.



N_2 molekülünün üzerine Güneş'ten $h\nu$ enerjisi geldiğinde ortama tekrar serbest bir elektron verilecektir. Bu durum denklem (4.15) ile gösterilmektedir [9-21].



4.3. Uyarılmış Durum Reaksiyonları

Uyarılmış durum atom ya da molekülün kararsız halidir. Bu olay tümüyle elektron hareketiyle olduğundan 10–15 sn gibi kısa bir sürede oluşturur. Bu yeni durumda elektronların dağılımını ve bazen de atom ya da molekülün geometrisi tamamen değişebilir. Bu yüzden uyarılmış durum temel durumun bir izomeri olarak kabul edilebilir [22].

Uyarılmış durumdaki atom veya moleküller kararsız halde oldukları için kendiliğinden fazla enerjisini kaybetme eğilimi gösterir. Bu olaya katılan elektron durumlarına bağlı olarak çeşitli süreçler ortaya çıkabilir Genel olarak elektronik olarak veya titreşimli olarak uyarılmış türlerin farklı reaksiyon oranları vardır ve çoğunlukla ve ilgili zemin durumundakilerden daha yüksektir. Üstelik girenler taban durumunda olduğunda iken belirgin reaksiyon endotermiktir. Eğer reaksiyona girenlerden biri uyarılmış durumdaysa genel olarak farklı potansiyelde uyarılmış durumlar ayrı türler olarak düşünülmesi gerekmektedir [22,23].

Kararlı atom ya da moleküllerin önemini açıklayan iyi bir örnek atomik nitrojenin 2D durumunu gerektiren reaksiyonlardır. Şekil 4.2'deki enerji seviye diyagramında gösterilmektedir. Üst atmosferin yersel yüksekliklerinde uyarılmış atom nitrojenlerinin kaynaklarından biri N_2 'nin elektron etkileşim dağılım hareketliliğidir. Denklem (4.16) ile verilmektedir [23].

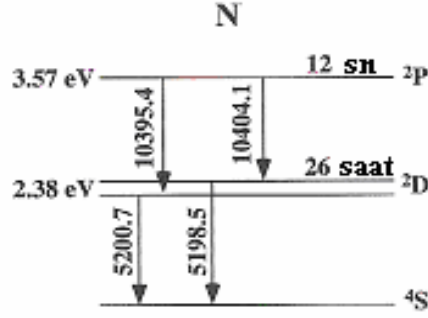


N_2^+ ve NO nun dağılımlı bileşimi $N(^2D)$ şeklinde üretebilir.





$\text{N}(^2\text{D})$ ve moleküler oksijen arasındaki reaksiyon alt termosferdeki NO nun ana kaynağıdır [11].



Şekil 4.2 Nitrojen atomunun enerji seviyeleri [18].

Taban durumundaki atomik nitrojen ve O_2 arasındaki reaksiyonla NO oluşum oranı oldukça yüksek ısıda bağlayıcıdır $4.4 \times 10^{-12} \exp(-320 / T) \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$ dır. Burada T sıcaklıktır. Çünkü bu oldukça büyük bir enerji aktivitesinin reaksiyonudur. Alt yersel termosferde bulunan sıcaklıklarda ($\sim 350 \text{ K}$) taban durum reaksiyonu göz ardı edilebilir ve 6×10^{-12} oran etkileşiminde ^2D kararlı atomik nitrojen reaksiyonunu gerektiren baskın olandır [20-24].

4.4. Negatif İyon Oluşumu

Bir atom temel olarak elektriksel bakımdan nötrdür. Çünkü elektronların yükü tam olarak atom çekirdeğindeki protonların yüküne eşittir. Ama elektrik yüklerinin dağılımı yüzünden bazı elektronlar başka atomlarla birleşmelere girebilir. Bu maddenin aldığı çeşitli biçimleri doğuran etkidir [15–18].

Kuantum fiziğinin kurallarına göre elektronlar ardışık katmanlar üzerinde dağılmıştır. Her katman içinde sıra numarasına göre maksimum sayıda elektron olabilir. Genel olarak bir katman ancak daha içteki katmanlar daha önceden doymuşsa elektronları kabul edebilir. Doymamış olan en dıştaki katman bu atomlar arasındaki bağlarda görev alır. Eğer bu dış katmanda az sayıda elektron varsa atom bunları kolaylıkla dışarı vererek pozitif iyon durumuna geçebilir. Dış katman hemen hemen dolmuşsa dışarıdan kolayca elektron veya elektronlar alarak bu katmanı doymuş hale getirebilir ve negatif iyon haline gelebilir. Pozitif iyonlarla negatif iyonlar birbirlerini kuvvetlice çekebilirler [10,25].

Nötr gaz yoğunluğunun oldukça büyük olduğu alt iyonkürede negatif iyonlar oluşur. Negatif iyonlar D bölgesinde bulunmaktadır. Gündüz Güneş radyasyonu tarafından oluşan fotoayrışmalar negatif iyonların yok edilmesinde etkilidir ve 70 km’de elektron ve negatif iyon konsantrasyonu hemen hemen eşittir. Güneş’in batışı ile fotoayrışmalar durur ve negatif iyon konsantrasyonunda hızlı bir artış meydana gelir [20–24].

Negatif iyonların oluşumu, elektron ve nötr parçacıklar arasındaki çarpışması ile başlar ve burada elektronlar nötr parçacığa bağlı olur. Bu bağlantı reaksiyonların en önemlisi iki oksijen molekülünü gerektirenlerdir.



Bununla beraber aşağıdaki reaksiyonlarda önemlidir.



Bu negatif iyonlar değişik mekanizmalarla kaybolabilir. Bu süreçlerin ihtimali en yüksek olanları fotoayrışmalardır.



Birleşim-ayrılma denklemi



İki cisimli iyon bileşimi



Foto ayrışma negatif iyon türlerini aşağıdaki gibi değiştirecektir.



Gerçekte O^- iyonunda olduğu kadar O_2^- iyonu da başlangıç negatif iyonlarının oluşumu sadece bir dizi kimyasal reaksiyonların başlangıcıdır ve bunlar daha da kompleks negatif iyonlara yol açar [22,23].

5. FOTOİYONLAŞMA

1900'lerin başında Güneş'in UV spektrumu pek bilinmiyordu ve Güneş'ten gelen X-ışınlarının önemi tahmin edilemiyordu. UV ve X-ışınları emisyonlarının üzerinde yapılan ilk hesaplamalar 1952 yılında başlamıştır. Yapılan çalışmalar Dünya atmosferindeki atom ve moleküllerin iyonlaşmasını etkileyen en önemli spektrum bölgelerinin temel özelliklerini tanımlamak için yeterlidir [18,24].

Güneşten gelen radyasyon, bir gaz atomu veya molekülü üzerinde oldukça etkilidir. Kozmik ışınlar ve Güneş rüzgârlarıyla gelen parçacıklar da bu süreçte etkili olur. Ancak bunların etkileri, Güneş'ten gelen elektromanyetik radyasyon kadar değildir. Bu ışınlamalar atmosfer içinde emilmeden dolayı şiddetini kaybederek yol alırlar. Şiddetleri $1/e$ değerine düştüğü yükseklikte tamamen emilir ve etkilerini kaybederler. Kısa dalga boylu ışınlar alt yüksekliklere kadar ulaşırken daha uzun dalga boylu ışınlar alt bölgelere ulaşamazlar. Güneş'ten yayılan ışınlar Dünya atmosferine ulaştığında nötr bileşenler ve iyonlarla etkileşerek elektron ve iyon konsantrasyonunu değiştirirler. Bu süreçte, bu radyasyonun bir kısmı atom tarafından emilir ve bu şekilde serbest bir elektron ve pozitif iyon meydana gelir [18,22,24].

Atmosfere giren UV ışınları atmosferdeki nötr bileşenleri farklı oranlarda iyonlaştırır. Yüklü parçacık üretimi iyonlaşma kesit alanlarına, soğrulma kesit alanlarına, optik derinliklerine, yoğunluklarına ve gelen ışının atmosfere girerken akı şiddetine bağlıdır. Farklı dalga boyuna sahip ışınlar farklı akı değerlerine sahiptir ve iyonkürenin farklı bileşenlerini iyonlaştırırlar. Değişkenlere bağlı olarak herhangi bir iyon üretimi denklem (5.1)'de gösterildiği gibidir.

$$q = n \sigma_i \phi e^{-\tau} \quad (5.1)$$

Burada σ_i , iyonlaşma kesit alanını, ϕ , ışın akısını, τ , optik derinliği ve n , yoğunluğu ifade etmektedir. Optik derinlik, Güneş'ten gelen ışının şiddetinin $1/e$ değerine düştüğü yüksekliktir. Bu yükseklikte maksimum soğrulma gerçekleşir. Maksimum soğrulma olduğuna göre iyonlaşmada maksimum olur.

Alt yüksekliklerde gaz atomlarının sayısı fazladır ve bu bölgede UV ve X-ışınları çok etkilidir. Ancak radyasyonun bir kısmının daha üst yüksekliklerde emilmesinden dolayı, radyasyonun şiddeti alt yüksekliklerde azalır. Bu nedenle daha düşük radyasyonun olduğu alt yüksekliklerde nötr gaz yoğunluğu daha fazladır. İyonlaşma oranı yükseklik azaldıkça azalır. Dünyanın dış atmosferinde ise Güneş radyasyonu oldukça güçlüdür. Ancak bu bölgede birbiri ile etkileşim halinde olan atomların sayısı azdır [17–25].

İyonkürede ise farklı yüksekliklerde farklı bileşenler tarafından değişik dalga boylarındaki ışınlar emilerek iyon veya elektron üretimi sağlanır. Işınlardan enerjileri birbirinden farklı olduğu için iyonkürede farklı derinliklere kadar inerler. Bunun sonucunda etkileştikleri nötr bileşenleri iyonlaştırabilirler. İyonlaşma, ışının enerjisine bağlı olduğu kadar ışının etkileştiği nötr veya iyonik bileşenin iyonlaşma enerjilerine ve iyonlaşma kesit alanlarına da bağlıdır [13,19].

EUV ve X-ışınları fotoiyonlaşma ve fotoayırışmaya neden olurlar. Fotoayırışma atom veya moleküllerin kendilerinin ayrılmasıdır, fotoiyonlaşma ise elektronun koparılması durumudur. 1026 Å' dan daha kısa dalga boyuna sahip ışınlar temel atmosfer sabitlerini iyonlaştırabilir ve bunlar iyonkürenin oluşumu için en önemli katkıyı sağlamaktadır. Temel atmosfer sabitleri O, NO, He gibi atom veya moleküllerdir. Bununla beraber iyonkürenin ikincil bileşenlerinin iyonlaşmasını sağlamak için daha az bir etkiye sahiptir. 1216 Å dalga boylu Lyman α radyasyonunun NO nitrik asidini iyonlaştırması iyonkürenin D bölgesi için önemli bir kazançtır. Nötr gaz bileşimlerinin fotoiyonlaşmasıyla serbest elektron çiftleri üretir ve iyon küredeki iyonlaşmanın ana kaynağıdır. Tablo 5.1 bazı bilinen nötr gaz türleri için taban durumundaki iyonlaşma enerjisini gösterir. Tabloda da görüldüğü gibi her atom yada molekülün iyonlaşma eşik potansiyelleri birbirinden farklıdır. İyonlaşma eşik potansiyeli düşük olanlar daha kolay iyonlaşabilirler. Elektronların kinetik enerjileri, iyonlardan daha fazla olduğu için fotoiyonlaşma sürecinde elektronlar daha aktiftir [16,19,26].

Denklem 5.2'de hidrojen iyonunun farklı bir atom veya molekülle reaksiyona girerek yük değişimi sağlandığı görülmektedir.



Tersine bir süreç nötr hidrojeni protona çevirebilir.



veya denklem (5.4)'de nötr hidrojen atomu ile farklı bir atom yada molekül reaksiyona girerek ortama bir pozitif iyon, ve bir elektron salınmıştır [20–26].



Tablo 5.1. İyonlaşma Eşik Potansiyelleri [19]

Nötr	Ip (eV)	λ (nm)
C	11,26	110,1
CH ₄	12,55	98,79
CO	14,01	88,49
CO ₂	13,77	90,04
H	13,60	91,16
H ₂	15,43	80,35
H ₂ O	12,62	98,24
He	24,59	50,42
Mg	7,466	162,2
N	14,55	85,33
N ₂	15,58	79,58
NH ₃	10,16	121,9
NO	9,264	133,8
Na	5,139	241,3
O	13,62	91,03
O ₂	12,06	102,8
OH	13,18	94,07
S	10,36	119,7
SO	10,0	124,0
SO ₂	12,34	100,5

Işınlrın, dalga boylarına bağlı olarak iyonlaştırma etkilerini inceleyerek aşağıdaki sıralamaları yapmak gerekir.

5.1. 1–10 Å Arasındaki X-Işınlarının İyonlaştırması

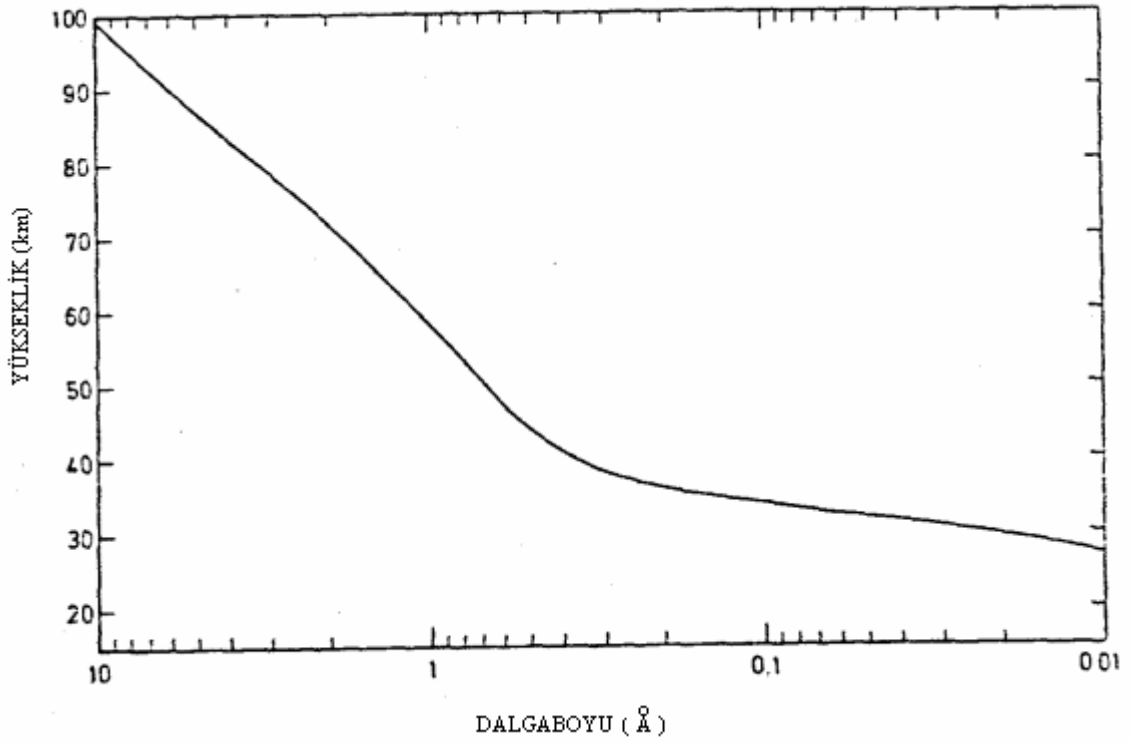
10 Å'dan küçük dalga boylu X-ışınları D bölgesinin oluşumunda en önemli etkendir. Bu bölgedeki temel iyonlar O₂⁺, N₂⁺ ve NO⁺dır. Lyman α (1216 Å) ışınımı D bölgesine kadar girmekte ve NO molekülünü iyonlaştırmaktadır. Bunun yanı sıra 1027–1118 Å dalga boylu ışınımlar ile O₂ molekülünü iyonlaşır. Güneş'in aktif olduğu dönemlerde X-ışınları daha etkili olmaktadır.

D bölgesinde kimyasal süreçler baskındır. İyonlaşmayı sağlayan her kaynak, aynı zamanda elektron üretimini de sağlamaktadır. Elektron yoğunluğu yükseklik ile artmaktadır. Bu bölgede NO⁺ iyonunun varlığı aynı zamanda serbest elektronların azalmasına neden olmaktadır.

Denklem (5.5)'de görüldüğü gibi NO^+ iyonu ortamdaki bir elektron kaparak N ve O atomlarına ayrılmıştır. Bu durumda ortamdaki elektron miktarı azaldığı için kayıp süreçlerine katkıda bulunmaktadır [17].



Şekil.5.1'de X- ışınlarının dalga boyunun yüksekliğe karşı değişimi gösterilmiştir. Şekle bakıldığında yükseklik azaldıkça dalga boyunun da azaldığı görülmektedir. $E = \frac{hc}{\lambda}$ İfadesine göre dalga boyu küçüldükçe enerji artmaktadır. Buna göre dalga boyu azaldıkça ışınlar daha alt yüksekliklerle inebilmektedirler [25-27]



Şekil 5.1. $0.01 \leq \lambda \leq 10 \text{ Å}$ için yükseklik ile dalga boyunun değişimi [26]

Önceden soğurulmuş kısa dalga boylu radyasyon fotoiyonlaşmaya neden olur. Oksijen, nitrojen için K-limit iyonlaşma eşikleri sırasıyla 23.3 ve 31.0 Å' dur ve eğer enerjileri yeterince yüksekse fotoelektrik elektronları ve diğer iyonlaşma etkilerini üretirler. Bununla birlikte herhangi bir soğurulma işleminin sonucunda oksijen ve nitrojenin iyonlaşması meydana gelir.

Gerçekte elektronların sayısı iyon çifti başına 35 eV‘ luk enerji olduğu kabul edilmektedir [16,23,28].

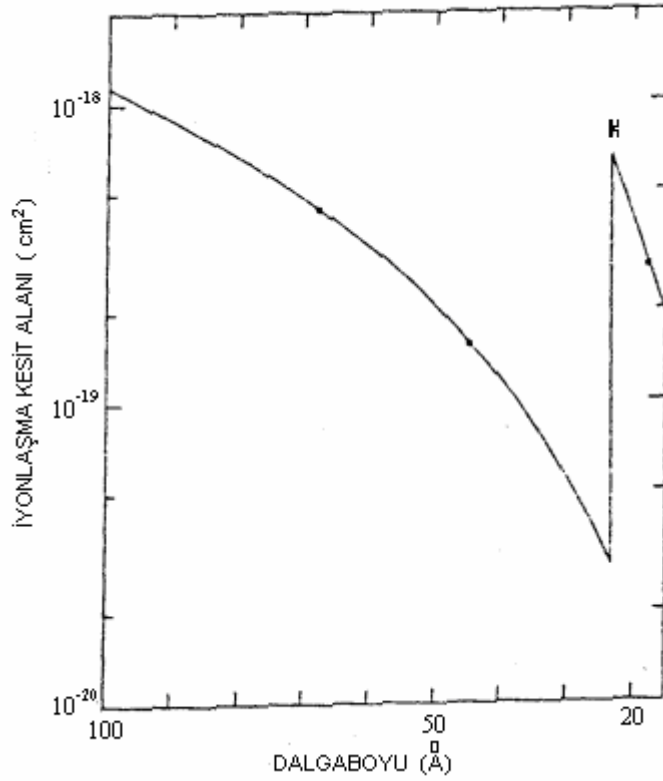
5.2. 10–100 Å Arasındaki X-Işınlının İyonlaştırması

10–100 Å X-ışını ve 800–1026 Å dalga boyundaki ışınlılar 115–120 km’de yani E bölgesinde tamamen emilmekte ve O₂ molekülünü iyonlaştırmaktadır. N₂ molekülü ile O atomunun iyonlaşması 900 Å’dan daha küçük UV ışınlılarında olmaktadır. Oksijen atomunun iyonlaşması 130 km’de maksimum düzeye çıkmaktadır. E bölgesindeki en fazla buluna iyonlar NO⁺ ve O₂⁺ dır. Daha az miktarda ise O⁺ ve N₂⁺ bulunmaktadır. E bölgesinin tabanında Lyman β (1026 Å) tarafından yapılan iyonlaştırma miktarı Lyman α tarafından iyonlaştırılan NO⁺ iyon üretimine geçmektedir [11,27,29].

Bu bölgede maksimum elektron yoğunluğu 110 km civarındadır. E bölgesinin tabanına yakın bölgelerde (~90 km) Mg⁺, Ca⁺, Fe⁺, Na⁺, Si⁺ gibi metal iyonları görülmektedir [24].

$\lambda > 31$ Å için iyonlaşma L tabakasında ve $\lambda < 23$ Å ‘da ki iyonlaşma K tabakasına karşılık gelir. K tabakası en iç tabaka olduğu için buradan elektron koparmak için gerekli olan enerji büyük olmalıdır. Atmosferik iyonlaşmada K ve L tabakalarında oluşan iyonlaşma daha hızlıdır. Çünkü $\lambda > 31$ Å alanındaki Güneşsel enerji $\lambda < 31$ Å ‘dekinden daha küçüktür. Bununla birlikte, ultraviyole radyasyon tarafından oluşan iyonlaşma ve farklı tekrarlanan kombinasyon etkileri gibi işlemler, E tabakasının iyonlaşma dengesinin dağılışını anlamaya çalışmadan önce mutlaka bilinmelidir.

Şekil 5.2’ te iyonlaşma kesit alanları verilmiştir. Burada dalga boyu azaldıkça iyonlaşma kesit alanının yaklaşık 31 Å’a kadar azaldığı görülmektedir. Bu değerde iyonlaşma kesit alanı aniden artmakta sonra yine azalmaktadır. İlk azalma eğrisinde dalga boyu büyük olduğu için atomun iç tabakalarından elektron koparamamaktadır. Dalga boyu 31 Å’a geldiğinde K tabakasından elektron koparabilmektedir. Bu nedenle iyonlaşma kesit alanı aniden artmıştır. Elektron koparıldığı için geriye kalan elektronlar çekirdek tarafından daha kuvvetli çekildiğinden tekrar dalga boyu azaldıkça iyonlaşma kesit alanı da azalmıştır [29,30].



Şekil 5.2. Atomik oksijenin iyonlaşma kesit alanı. Eğri deneysel değerleri gösterir [30]

5.3. 1000 Å' dan Daha Kısa UV Işınlardan İyonlaştırması

Ultraviyole ile ilgili yapılan çalışmalar X-ışınlarından daha karışıktır. Aynı spektral alanda atom ve moleküller farklı kesit alanlarına sahiptirler. Güneş'ten gelen aynı dalga boyuna sahip ışınlar her atom ve molekül için farklı iyonlaşma kesit alanına sahiptir [28-31].

İlk iyonlaşma potansiyelinin $1028 < \lambda < 910$ Å dalga boyu aralığındaki emilimine karşılık gelen iyonlaşma kesit alanı devamlı 4.10^{-18} cm^2 'den düşüktür [28,30,31].

Moleküler oksijenden daha büyük atom ve moleküllerin iyonlaşma potansiyelleri karşılaştırılırsa, O_2 iyonlaşma potansiyelleri 1010 ile 940 Å arasında olan solar radyasyonun etkisiyle iyonlaşmış olan poliatomik molekülleri sınırlandırdığı görülür. Tablo 5.2'de 1028 Å ve daha kısa dalga boyunda ki ışınları atom ve moleküller için iyonlaşma eşikleri verilmektedir. Burada He, Ne, Ar gibi soy gazların iyonlaşma eşik enerjileri en büyük değeri aldığı görülmektedir. Soy gazlar kararlı yapıya sahip olduklarından, bunlarda elektron koparmak oldukça zordur. CH_4 , O_3 , NO_2 ve N_2O gibi moleküller ağır oldukları için alt yüksekliklerde yer almaktadırlar. Yüksek enerjili ışınlar iyonkürede ilerlerken şiddetlerini kaybederek ilerledikleri için bu atom ya da moleküllerin bulunduğu alt yüksekliklere geldiğinde bunları iyonlaştırmak

için gerekli olan enerjiye sahip olmayabilir. Bu nedenle bu moleküller atmosferik iyonlaşmada ihmal edilebilirler [30-34].

Tablo 5.2. $\lambda \leq 1028 \text{ Å}$ için atom ve moleküllerin iyonlaşma eşikleri [32].

Bileşen	$\lambda \text{ (Å)}$	Bileşen	$\lambda \text{ (Å)}$	Bileşen	$\lambda \text{ (Å)}$	Bileşen	$\lambda \text{ (Å)}$
O ₂	1028	N ₂ O	961	O	910	N ₂	796
NO ₂	1008	CH ₄	954	CO ₂	899	Ar	787
H ₂ O	985	OH	940	CO	885	Ne	575
O ₃	969	H	911	N	852	He	504

O₂, O gibi atom ve moleküllerin iyonlaşma eşikleri düşüktür. İyonkürenin oluşumunda oldukça önemlidir.

Atomik oksijen (O) $\lambda \leq 910 \text{ Å}$ ve moleküler nitrojen (N₂) $\lambda \leq 910 \text{ Å}$ 'da fotoiyonlaşır. Bu iki bileşen O₂ ile birlikte termosferdeki diğer tüm bileşenlerin fotoiyonlaşmasını sınırlandırır. Denklem (5.6), (5.9), (5.11) ve (5.13)'de atomik oksijen ve moleküler nitrojenin fotoiyonlaşması için oluşabilecek reaksiyonlar görülmektedir. (5.7),(5.8), (5.9), (5.10), (5.12), (5.14), (5.15) denklemlerinde ise ortama salınan serbest elektronların tekrar kaybı söz konusudur. Bu durum diğer bileşenlerin iyonlaşmasını sınırlandırmaktadır[32,34,35].



Moleküler oksijenin iyonize olmuş molekülün elektronik durumlarına karşılık gelen birkaç iyonlaşma potansiyeli vardır [17,27,36].

Sonuç olarak, iyonlaşma kesit alanı çok karmaşık bir yapıya sahiptir. Oksijenin spektrumu ile birlikte ortaya çıkan soğurulma bantları, tayfsal alanın üstünde karmaşık bir yapıya sahip olan Güneş spektrumu ile birleştiği zaman iyonlaşma sabitlerinin gerçek değerlerini elde etmek çok zordur. Ayrıca, soğurulma özel bir bantta olduğu zaman iyonlaşma kesit alanıyla birleşen bölümü kesinlikle bilmek gerekir. 1025,7 Å' da ki Lyman β tipik bir örnektir. İyonlaşma kesit alanı $9,6 \cdot 10^{-19} \text{ cm}^2$ ye eşittir ve toplam soğurulma kesit alanında $1,55 \cdot 10^{-18} \text{ cm}^2$ dir [27-36]

5.3.1. Atomik Oksijen

Yapılan laboratuvar ölçümleri atomik oksijenin iyonlaşması için tayfsal yapıyı tanımlamada yeterlidir. Nine Rydberg serileri, O'nin en düşük üç seviyesine ($^4S_{3/2}^0$, $^2D_{5/2,3/2}^0$ ve $^2P_{3/2,1/2}^0$) karşılık gelen seri limitlerine kadar gözlenmiştir [37].

O(II)' nin taban durumu, $^4S_{3/2}^0$ seviyesinden 13,618 eV iyonlaşma potansiyeline karşılık gelen $\lambda = 910,440 \text{ Å}$ dalga boylu bir foton ile O(I) ($^3P_{2,1,0}$) seviyesinden elde edilir. O' molekülünün 2D ve 2P durumuna gelebilmesi için gerekli olan dalga boyu sırasıyla $\lambda = 731.82$ ve $\lambda = 665,32 \text{ Å}$ 'dur [30-37].

L kabuk sınırlarına karşılık gelen bazı enerjili iyon durumları $2p^4 \ ^4P$ ve $2p^4 \ ^2P$ konfigürasyonlarına sahiplerdir. Sonuç olarak, fotoiyonlaşmanın son limitleri 23,32 Å' dan daha kısa dalga boyunun radyasyonu ile K kabuğundan bir elektronun dışarı atılmasına karşılık gelir. O (II)' nin farklı seviyelerinde iyonlaşma eşikleri Tablo 5.3 'de verilmiştir. Dış kabuktan dışarı atılma 910,732 ve 665 Å dalga boyları için yarı kararlı durumları $^2D^0$ ve $^2P^0$ ve O(II) ($^4S^0$) iyon taban durumlarına karşılık gelir. Bir elektron iç kabuklardan hareket ettiği zaman, $2p^4 \ ^4P$ ve 2P geçişleri sırasıyla 435 ve 310 Å' da meydana gelir. 23.3 Å' dan daha kısa dalga boylu radyasyon X- ışınları için çok önemli olan K tabakasında iyonlaşma olur. Tablo 5.3' de oksijen atomunun fotoiyonlaşmasında, birinci iyonlaşma ile ikinci iyonlaşma arasındaki enerji farkı 3,323 eV iken ikinci iyonlaşma ile üçüncü iyonlaşma arasındaki enerji farkı 1,694 eV, üçüncü ile dördüncü iyonlaşma enerjileri arasındaki fark 9,845 ve beşinci ile dördüncü iyonlaşma enerjileri arasındaki farkında 11,520 eV olduğu görülmektedir. İyonlaşma enerjileri arasındaki fark gittikçe artmaktadır. K tabakası için iyonlaşma enerjisi 531,7 eV ve çok büyük bir değerdir. O (II) ($2P^4$, 4P , 2P) iç kabuk elektronlarının iyonlaştırılması için gerekli olan enerji dış kabuktaki elektronları iyonlaştırmak için gerekli olandan çok daha büyüktür [37,38].

Tablo 5.3. Atomik oksijenin iyonlaşma eşikleri [38]

		λ (Å)	Ip (eV)
Birinci İyonlaşma: O(II) $2s^2 2p^2 2p^3$	$^4S_{3/2}^0$	910,440	13,618
İkinci İyonlaşma: O(II)	$^2D_{5/2}^0$	731,821	16,941
	$^2D_{3/2}^0$	731,709	16,944
Üçüncü iyonlaşma: O(II)	$^2P_{3/2}^0$	665,319	18,635
	$^2P_{1/2}^0$	665,312	18,635
Dördüncü İyonlaşma: O(II) $2s 2p^4$	$^4P_{5/2}$	435,40	28,48
	$^4P_{3/2}$	435,09	28,50
	$^4P_{1/2}$	434,93	25,51
Beşinci İyonlaşma: O(II) $2s 2p^4$	$^2P_{5/2}$	310,14	39,98
	$^2P_{3/2}$	309,98	40,00
K iyonlaşması: K Tabakası		23,32	531,7

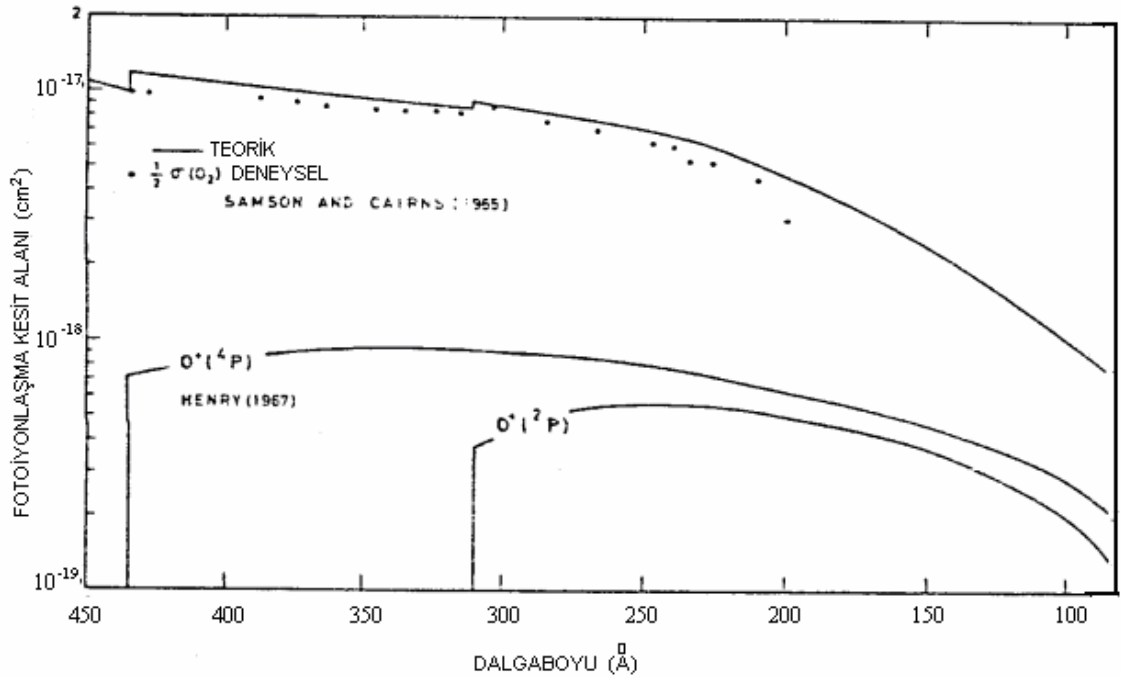
Tablo 5.4’de 375’den 910 Å’na kadar atomik oksijen için iyonlaşma kesit alanları verilmiştir. Sonuç olarak 665 Å altındaki dalga boylarında ki ışınların atomik oksijenin iyonlaşma kesit alanı 10^{-17} cm^2 değerine kadar ulaşır [26,38].

Çeşitli deneysel ve teoriksel datalar özetlenerek O (I) iyonlaşması için Tablo 5.4’deki kesit alanları maksimum değerler olarak kabul edilebilir. Minimum değerler ise tabloda kesit alanlarının % 30’u alınarak bulunabilir [27].

Tablo 5.4. 375–910 Å için Atomik oksijen için iyonlaşma kesit alanları[38].

Dalga boyu (Å)	İyonlaşma Kesit Alanı (cm^2)
910–732	$4,0 \times 10^{-18}$
732–665	$7,5 \times 10^{-18}$
665–375	$1,1 \times 10^{-17}$

Şekil 5.3’de 100 ile 450 Å arasında atomik oksijen için deneysel ve teorik iyonlaşma kesit alanları gösterilmiştir. $O^+(^4P)$ ve $O^+(^2P)$ iyonlarının iyonlaşma kesit alanları Tablo (5.4)’de verilmiştir. Burada deneysel sonuçlar ile teorik sonuçlar arasında sapmalar vardır. Bu sapmaların nedeni iyonkürenin homojen bir yapıda olmaması ve karışıklıkların yaşanması, bölgelerdeki bileşenlerin yoğunlukları, etkili olan kimyasal süreçler, laboratuvar şartlarına, kullanılan aletlere ve benzeri etkilerden olabilir [27,30,35].



Şekil 5.3. 100–450 Å dalga boyu aralığında atomik oksijen için elde edilen fotoiyonlaşma kesit alanları[35]

Tablo 5.5. 80–910 Å için Atomik oksijen atomları için ortalama iyonlaşma kesit alanları [38].

Dalga boyu (Å)	İyonlaşma Kesit Alanı (cm²)
910–732	$4,0 \times 10^{-18}$
732–665	$7,5 \times 10^{-18}$
665–375	$1,1 \times 10^{-17}$
375–275	$8,0 \times 10^{-18}$
275–150	$3,8 \times 10^{-18}$
150–80	$1,8 \times 10^{-18}$

Tablo 5.5’de 80–910 Å dalga boyundaki ışınların atomik oksijen için iyonlaşma kesit alanları verilmiştir. Çok kısa dalga boylarındaki iyonlaşmalar için serbest kalan elektronlara sebep olan fotonların tamamının soğurulması gereklidir. Örneğin, 150 Å’ dan 80 Å’a kadar olan spektrum sıcaklıklarında atom başına iki tane iyonlaşmanın ortalama değeri alınabilir. Küçük dalga boyları için Tablo 5.6’ da gösterilen değerler uygundur. Burada dalga boyu azaldıkça foton başına iyonlama sayısı da artmaktadır [31–38].

Tablo 5.6: Atomik oksijen atomları için soğurulmuş foton başına iyonlaşma sayısı [38].

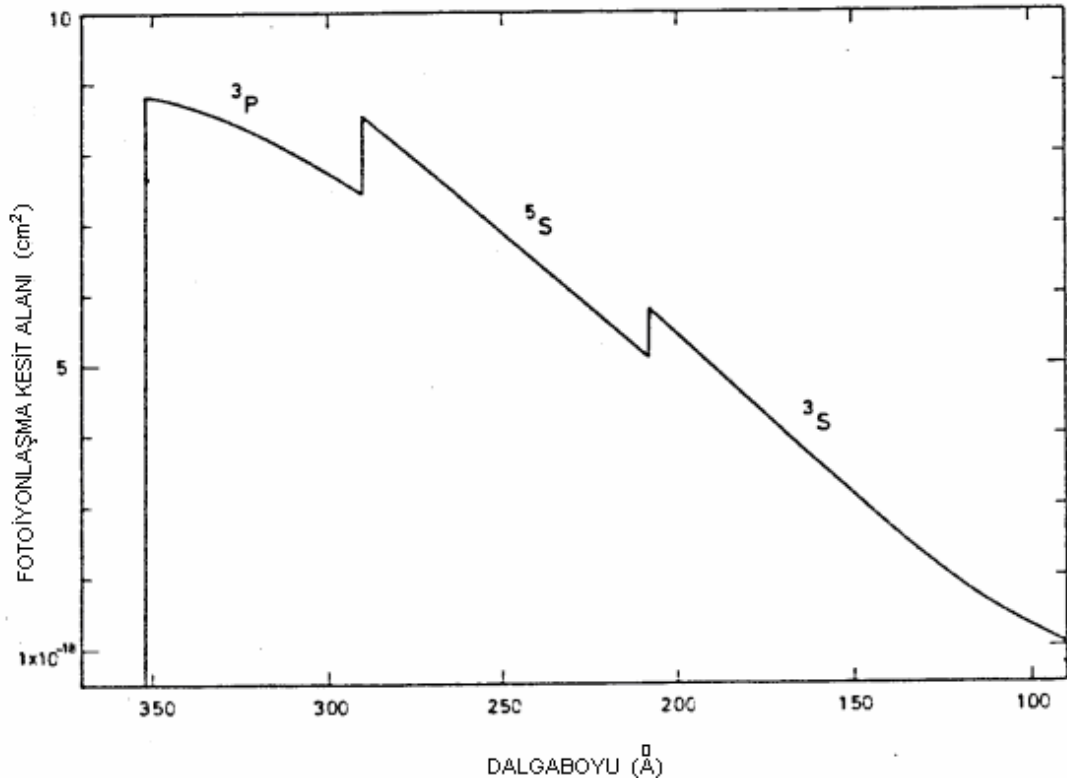
Dalga boyu Bandı (Å)	Ortalama Dalga boyu (Å)	Kazanç
80–60	62	3
60–40	50	5
40–31	31	7

Son olarak Tablo 5.7’de 2 ile 100 Å dalga boyları arasındaki ışınların atomik oksijenin fotoiyonlaşma kesit alanları verilmektedir [38].

Tablo 5.7: 2-100 Å için Atomik oksijenin fotoiyonlaşma kesit alanları [38]

Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)	Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
100	$1,1 \times 10^{-18}$	23.3	$6,5 \times 10^{-19}$
90	$8,7 \times 10^{-19}$	20	$4,0 \times 10^{-19}$
80	$6,5 \times 10^{-19}$	15	$2,0 \times 10^{-19}$
70	$4,6 \times 10^{-19}$	12	$1,1 \times 10^{-19}$
60	$3,2 \times 10^{-19}$	10	$6,7 \times 10^{-20}$
50	$2,0 \times 10^{-19}$	8	$3,6 \times 10^{-20}$
40	$1,2 \times 10^{-19}$	6	$1,6 \times 10^{-20}$
35	$8,2 \times 10^{-20}$	5	$9,5 \times 10^{-21}$
30	$5,6 \times 10^{-20}$	4	$5,0 \times 10^{-21}$
25	$3,5 \times 10^{-20}$	3	$2,2 \times 10^{-21}$
23.3	$2,8 \times 10^{-20}$	2	$6,5 \times 10^{-22}$

Şekil 5.4’da O(II) için iyonlaşma kesit alanının dalga boyu ile değişimi gösterilmektedir. O(I) burada 352 Å’den daha küçük dalga boyları ile ultraviyole radyasyon tarafından iyonlaştırılmıştır. O(II)’nin taban durumu ³P durumudur. 300 ve 200 Å’den daha kısa dalga boylu yüksek enerjili ışınların gelmesi ile ⁵S ve ³S durumlarına sebep olur[33].



Şekil 5.4. O(II) sebep olan atomik oksijen iyonları için teorik fotoiyonlaşma kesit alanları [33].

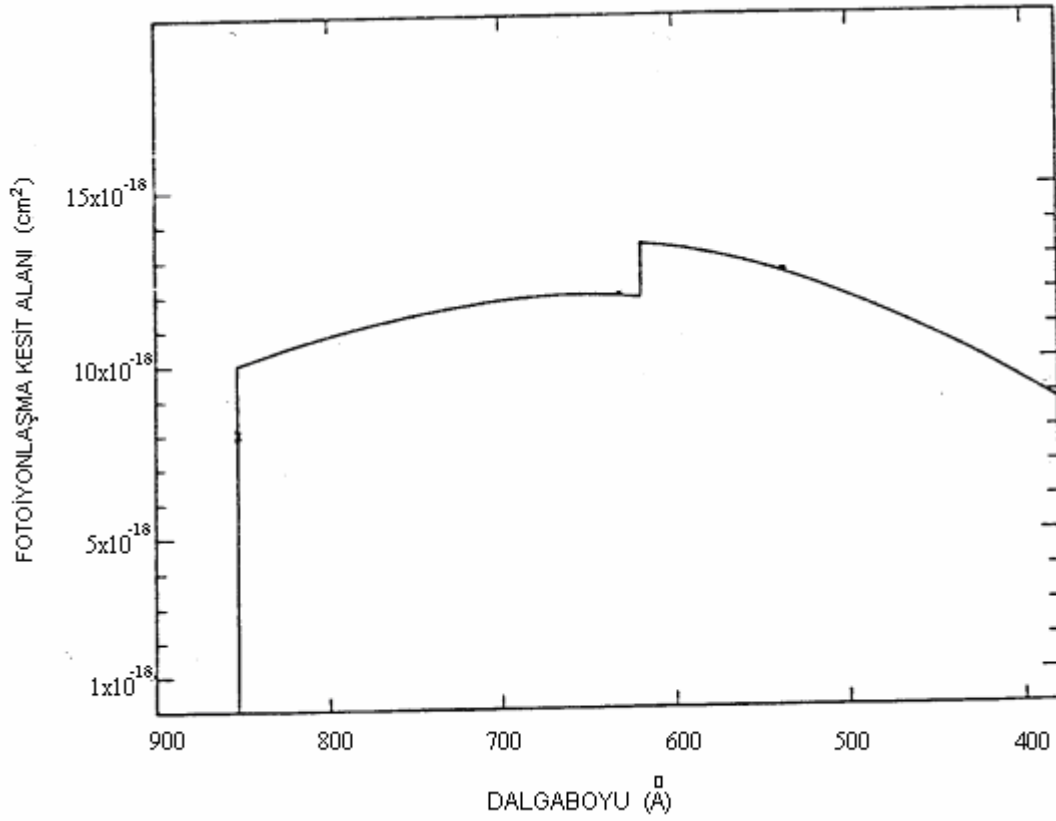
Bu durumlara sebep olan kesit alanlarını doğru hesaplamak çok zordur. O (II)'nin toplam fotoiyonlaşma kesit alanı Tablo 5.8' de gösterildiği gibi elde edilir [33].

Tablo 5.8 O⁺(⁴S)'ün fotoiyonlaşma kesit alanları [33].

Dalga boyu Bandı (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
350–275	8 x 10 ⁻¹⁸
275–150	5 x 10 ⁻¹⁸
150–80	2,5 x 10 ⁻¹⁸

5.3.2. Atomik Nitrojen

İlk deneysel sonuçlarda, başlangıç hesaplamaları, iyonlaşma kesit alanı 700 ve 500 Å arasında $(1.3 \pm 0.1) \times 10^{-17} \text{ cm}^2$ olarak düzenlenmiştir. Tablo 5.9' da farklı iyonlaşma durumlarının listesi verilmiştir. Burada atomik nitrojenin de atomik oksijende olduğu gibi birinci iyonlaşma enerjisi ile ikinci iyonlaşma enerjisi arasındaki fark ikinci ile üçüncü iyonlaşma enerjileri arasındaki farktan daha azdır. K tabakasından elektron koparmak için gerekli enerji 400 eV'tur. Bu değer atomik oksijenin K tabakasından elektron koparmak için gerekli olan enerjiden daha küçüktür. Ancak atomik nitrojenin birinci ikinci ve üçüncü iyonlaşma enerjileri oksijenden daha büyüktür. Bu durumda atomik oksijenin iyonlaşması atomik nitrojene göre daha kolaydır [29-34].



Şekil 5.5. İyonlaşma eşikinden 250 Å kadar atomik nitrojenin fotoiyonlaşma kesit alanı [34].

Tablo 5.9. Atomik Nitrojenin İyonlaşma Eşikleri [34].

	$\lambda(\text{\AA})$	$I_p(\text{eV})$
Birinci İyonlaşma: N(II) $2s^2 2p^2 \ ^3P$	852,19	14,549
İkinci İyonlaşma: N(II) $2s 2p^3 \ ^5S$	609,76	20,333
Üçüncü iyonlaşma: N(II) $2s 2p^3 \ ^3S$	367,00	33,783
K iyonlaşması: K Tabakası	30,99	400,0

Tablo 5.10’da 150–850 Å dalga boyundaki ışının atomik nitrojenin iyonlaşma kesit alanları verilmektedir. 600- 850 Å arasında dalga boyu azaldıkça iyonlaşma kesit alanı artmaktadır. 600 Å’dan daha kısa dalga boyuna sahip ışınların fotoiyonlaştırma kesit alanı, dalga boyu azaldıkça artmaktadır. 600 Å’na kadar gelen ışınlar dış kabuklardan elektronları kolaylıkla sökebilmiştir. Ancak 600 Å’dan daha kısa dalga boyundaki ışınlar iç kabuklardan kolaylıkla elektron koparamadığından iyonlaşma kesit alanı azalmıştır [34,35].

Tablo 5.10. 150–850 Å için Atomik Nitrojenin fotoiyonlaşma kesit alanları [34].

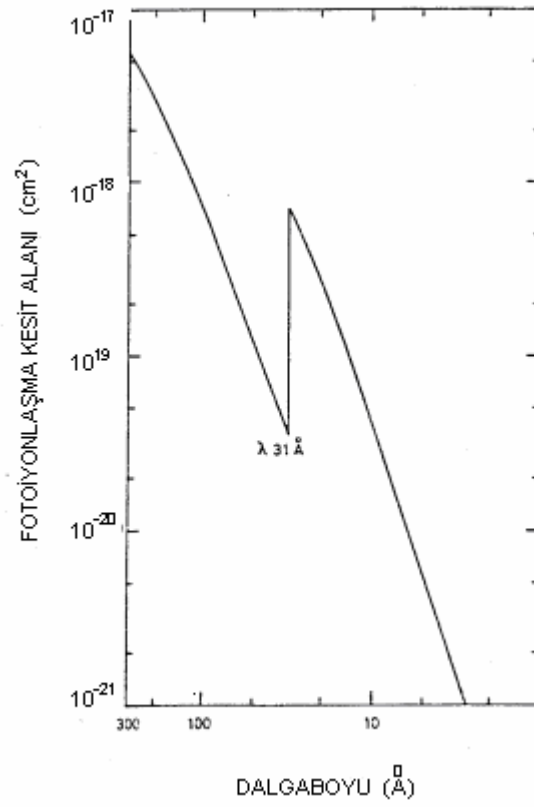
Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²) (x10 ⁻¹⁷)	Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²) (x10 ⁻¹⁷)
850	1,0	400	0,8
800	1,0	367	0,8
700	1,1	350	0,7
610	1,2	200	0,6
600	1,2	250	0,4
500	1,1	200	0,3

Tablo 5.11’de 80–852 Å için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları verilmiştir [34].

Tablo 5.11. 80- 852 Å için Atomik Nitrojen atomları için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları [34].

Dalga boyu Bandı (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
852–732	1,0 x 10 ⁻¹⁷
732–665	1,1 x 10 ⁻¹⁷
665–375	1,0 x 10 ⁻¹⁷
375–275	6,5 x 10 ⁻¹⁸
275–150	2,5 x 10 ⁻¹⁸
150–80	1,1 x 10 ⁻¹⁸

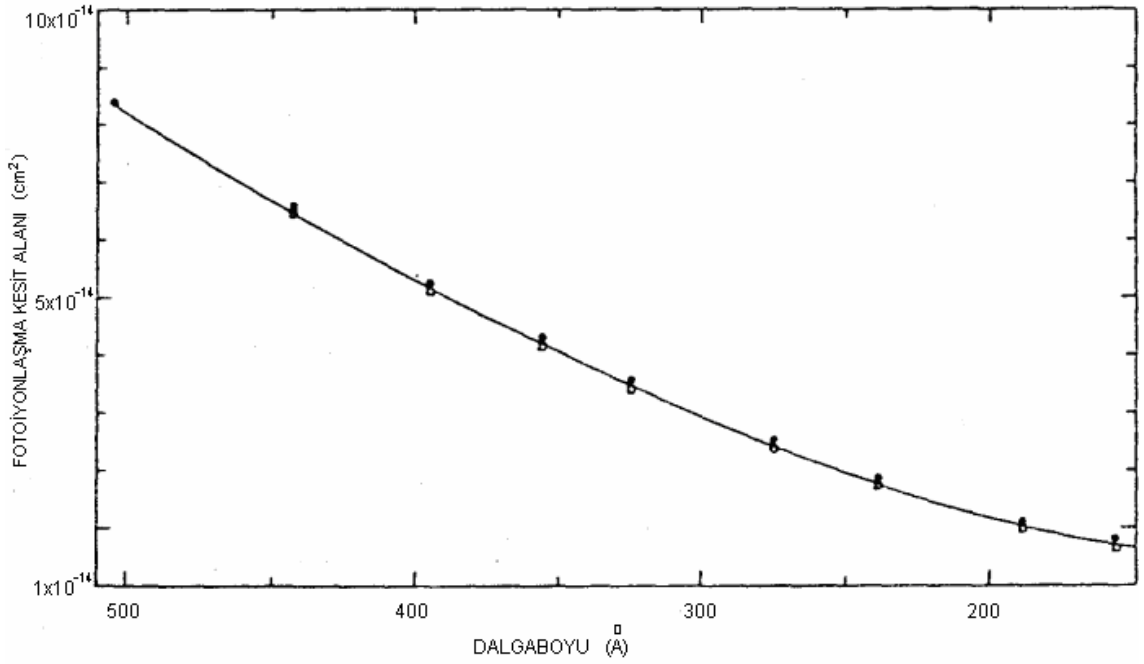
Şekil 5.6’de 300–31 Å arasında olan fotoiyonlaşma kesit alanının dalga boyu ile değişimi gösterilmektedir. Dalga boyu 31 Å’da K tabakasından elektron kopararak fotoiyonlaşma sağlanmıştır. Tablo 5.12’de 31 Å’da maksimum iyonlaşma kesit alanının olduğu görülmektedir [33-36]. Şekil 5.7’de atomik nitrojenin 150 Å’a kadar olan fotoiyonlaşma kesit alanı verilmektedir.



Şekil 5.6. 300 Å'dan K sürekliliğinin olduğu 31 Å kadar Atomik Nitrojenin için Ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları [35].

Tablo 5.12. 2–100 Å için Atomik Nitrojen için fotoiyonlaşma kesit alanları [35]

Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)	Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
100	6,7 x 10 ⁻¹⁹	31	7,0 x 10 ⁻¹⁹
90	5,1 x 10 ⁻¹⁹	25	4,5 x 10 ⁻¹⁹
80	3,8 x 10 ⁻¹⁹	20	2,6 x 10 ⁻¹⁹
70	2,7 x 10 ⁻¹⁹	15	1,2 x 10 ⁻¹⁹
60	1,9 x 10 ⁻¹⁹	10	4,1 x 10 ⁻²⁰
50	1,2 x 10 ⁻¹⁹	8	2,1 x 10 ⁻²⁰
40	6,7 x 10 ⁻²⁰	6	9,4 x 10 ⁻²¹
35	4,8 x 10 ⁻²⁰	4	2,9 x 10 ⁻²¹
31	3,5 x 10 ⁻²⁰	2	3,7 x 10 ⁻²²



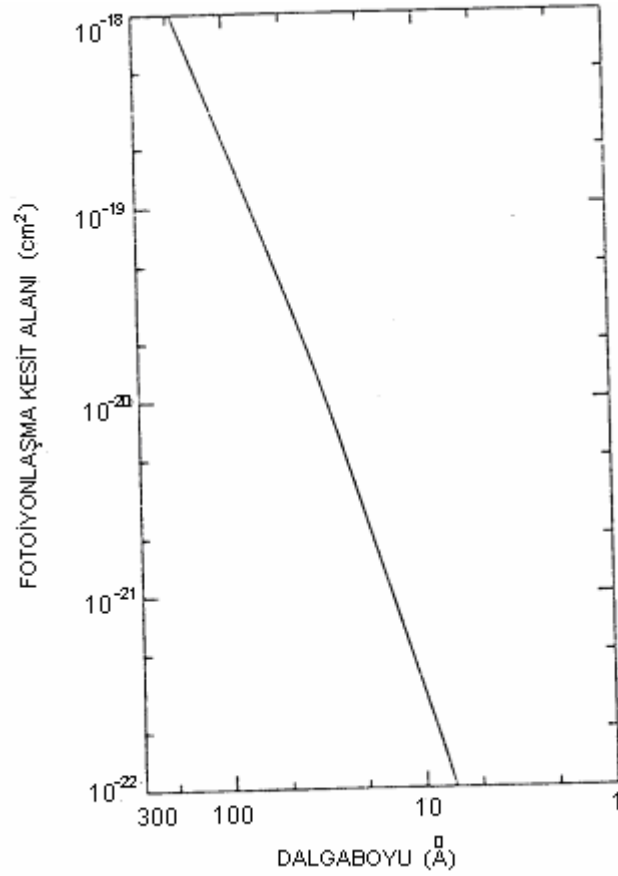
Şekil 5.7. İyonlaşma eşiğinden 150 Å kadar atomik nitrojenin fotoiyonlaşma kesit alanı. [39].

5.3.3. Helyum

Helyum için ilk teorik fotoiyonlaşma kesit alanları 1933'te hesaplanmıştır. Fakat ilk başarılı deneyler 1955 yılında kadar yapılamamıştır. Daha sonraki teorik ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar 504 Å'dan aşağı doğru 100 Å'na kadar olan aralıkta iyonlaşma kesit alanlarını vermektedir. Şekil 5.10'da $504 > \lambda > 1$ Å aralığında fotoiyonlaşma kesit tabakalarının değişik değerleri verilmektedir. Tablo 5.13'de seçilen dalga boyları için kesit alanlarının değerleri verilmiştir. Tablo 5.14'de ise ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları verilmiştir. Aynı dalga boyuna sahip ışınların He için yapmış olduğu iyonlaşma kesit alanı oksijen ve nitrojenden daha azdır [35-40].

Tablo 5.13. Helyum için dalga boyuna bağlı fotoiyonlaşma kesit alanı [39]

Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)	Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
500	8,2 x 10 ⁻¹⁸	150	6,0 x 10 ⁻¹⁹
450	6,2 x 10 ⁻¹⁸	100	2,0 x 10 ⁻¹⁹
400	5,3 x 10 ⁻¹⁸	50	3,8 x 10 ⁻²⁰
350	4,3 x 10 ⁻¹⁸	25	5,0 x 10 ⁻²¹
300	2,9 x 10 ⁻¹⁸	20	2,6 x 10 ⁻²¹
250	2,0 x 10 ⁻¹⁸	15	1,1 x 10 ⁻²¹
200	1,2 x 10 ⁻¹⁸	10	3,3 x 10 ⁻²²



Şekil 5.8. 7–300 Å arasında Helyumun fotoiyonlaşma kesit alanı [39].

Tablo 5.14. Helyum için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları [39]

Dalga boyu Bandı (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
500–375	6×10^{-18}
375–275	3×10^{-18}
275–150	1×10^{-18}
150–80	1×10^{-19}

189,577 Å'dan daha kısa dalga boyları için helyumun fotoiyonlaşması eşzamanlı uyarılmalarla elde edilebilir. Bu, 6,399 eV'un üzerindeki enerjilerle eşzamanlı olarak iyonlaştırmak mümkündür. Atomu n=2 seviyesine kadar uyarabilir. Bundan dolayı, burada 303,781 ve 301,786 Å'da He (II)'nin rezonans-çizgi emisyonları olduğu sonuçlarına varılır. He(II) (304 Å) 'un emisyonuna sebep olan fotoiyonlaşma için kesit alanı toplam fotoiyonlaşma kesit alanının %10'dur [38,39].

5.3.4. Atomik Hidrojen

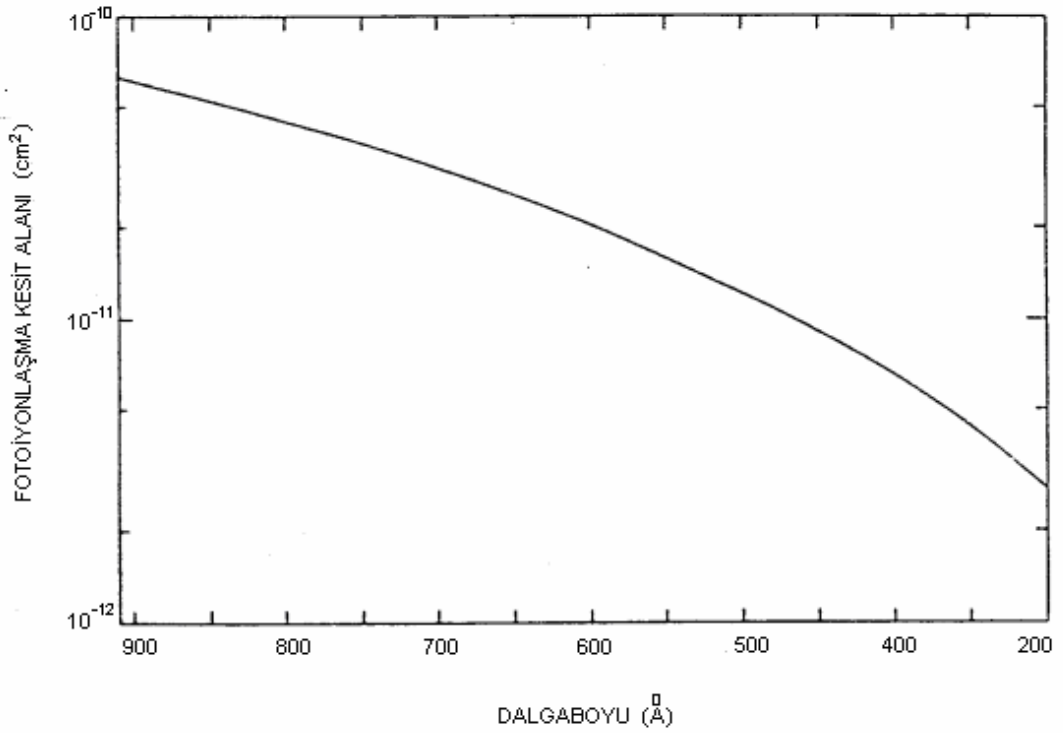
Tablo 5.16’da atomik hidrojen için fotoiyonlaşma kesit alanları verilmiştir. Dalga boyu azaldıkça fotoiyonlaşma kesit alanının azaldığı görülmektedir.. Seçilen dalga boyu aralıkları için ortalama kesit alanı Tablo 5.16’ da verilmiştir [41].

Tablo 5.15. Atomik Hidrojen için dalga boyuna bağlı fotoiyonlaşma kesit alanı [41].

Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)	Dalga boyu (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
900	6,12 x 10 ⁻¹⁸	450	9,01 x 10 ⁻¹⁹
850	5,26 x 10 ⁻¹⁸	400	6,43 x 10 ⁻¹⁹
800	4,46 x 10 ⁻¹⁸	350	4,36 x 10 ⁻¹⁹
750	3,74 x 10 ⁻¹⁸	300	2,78 x 10 ⁻¹⁹
700	3,10 x 10 ⁻¹⁸	250	1,62 x 10 ⁻¹⁹
650	2,53 x 10 ⁻¹⁸	200	0,83 x 10 ⁻¹⁹
600	2,02 x 10 ⁻¹⁸	150	0,35 x 10 ⁻¹⁹
550	1,59 x 10 ⁻¹⁸	100	0,10 x 10 ⁻¹⁹
500	1,22 x 10 ⁻¹⁸	50	0,01 x 10 ⁻¹⁹

Tablo 5.16. Atomik Hidrojen için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları [41]

Dalga boyu Bandı (Å)	Kesit Alanı (cm ²)
910–796	5,5 x 10 ⁻¹⁸
796–732	4,0 x 10 ⁻¹⁸
732–665	3,2 x 10 ⁻¹⁸
665–375	1,5 x 10 ⁻¹⁸
375–275	3,0 x 10 ⁻¹⁹
275–150	1,0 x 10 ⁻¹⁹
150–80	3,0 x 10 ⁻²⁰



Şekil 5.9. İyonlaşma eşiğinden 300 Å kadar atomik hidrojenin fotoiyonlaşma kesit alanı.[41].

5.3.5. Moleküler Oksijen

Taban durumundaki moleküler oksijenin fotoiyonlaşması ($1027,8 \pm 0,1$) Å değerinden başlar. Atomik oksijen ile moleküler oksijenin fotoiyonlaşması farklı süreçleri içerir. Soğurulma ve iyonlaşma kesit alanlarının birkaç deneysel tanımlamaları yapılmıştır. Soğurulma kesit alanı devamlı iyonlaşma kesit alanından büyüktür. Çünkü atom veya molekül Güneş'ten gelen tüm ışınimleri soğurur fakat tüm ışınimler iyonlaşmayı sağlamaz. İyonlaşmadaki en büyük katkı soğurulma sürecinde ve ilk iyonlaşma sırasında meydana gelir [40-42].

İlk O₂ iyonlaşma potansiyeli 1028 Å ve ilk atomik iyonlaşma potansiyeli 910 Å 'dur. Burada atomik oksijen ile moleküler oksijenin iyonlaşma eşikleri farklıdır. Moleküler oksijenin yarıçapı atomik oksijenden büyük olduğu için elektron koparmak daha kolaydır ve iyonlaşma eşiği de düşüktür. Tablo 5.17' de moleküler oksijenin ortalama fotoiyonlaşma kesit alanı verilmiştir [36,42,].

Tablo 5.17. Moleküler Oksijen için ortalama fotoiyonlaşma kesit alanları [42].

Dalga boyu Bandı (Å)	İyonlaşma Kesit Alanı (cm ²)
1026	1,0 x 10 ⁻¹⁸
977	2,5 x 10 ⁻¹⁸
910–796	5,0 x 10 ⁻¹⁸
796–732	1,0 x 10 ⁻¹⁷
732–665	2,0 x 10 ⁻¹⁷
665–375	2,5 x 10 ⁻¹⁷
375–275	1,7 x 10 ⁻¹⁷
275–150	7,5 x 10 ⁻¹⁸
150–80	3,5 x 10 ⁻¹⁸

Moleküler oksijenin fotoayırışması denklem (5.16)'de verilmiştir. Bunun için gerekli olan dalga boyu 719 Å'dur [40].

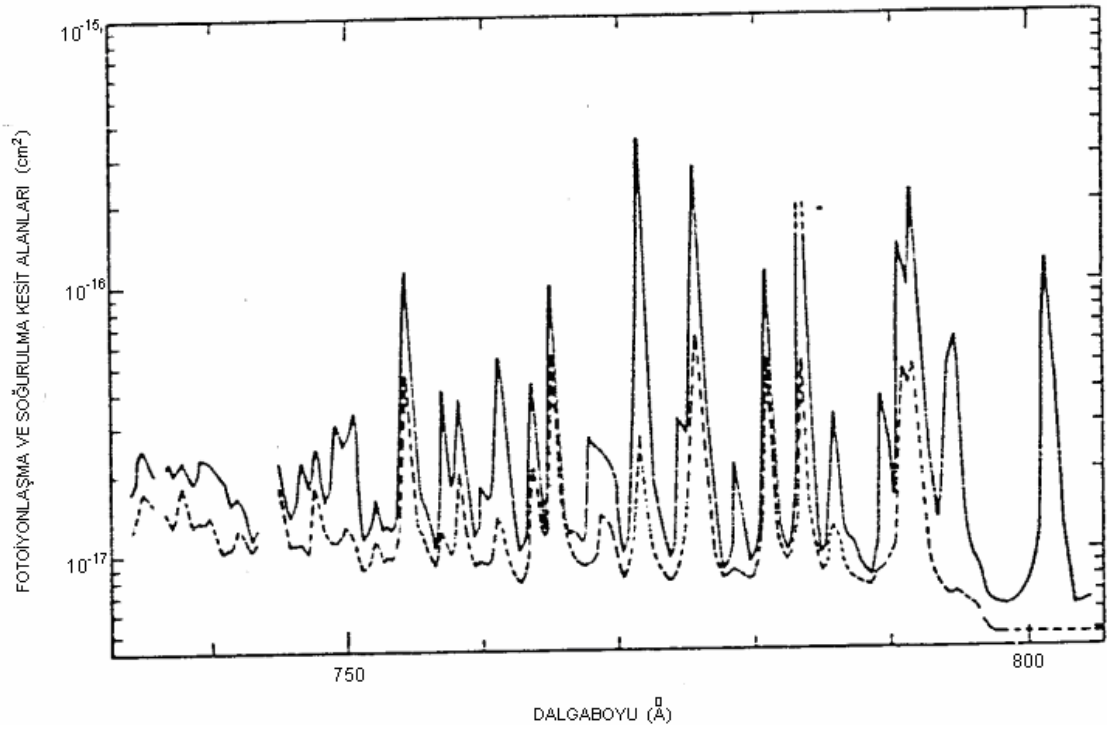


5.3.6. Moleküler Nitrojen

N₂' nin iyonlaşması için gerekli dalga boyu 796 Å'dan başlamaktadır. N₂⁺ için Şekil 5.12' te iyonlaşma ve soğrulma kesit alanlarının dalga boyu ile değişimi gösterilmektedir. Tablo 5.18' de N₂⁺ için iyonlaşma eşikleri gösterilmiştir [43].

Tablo 5.18. N₂⁺ nın iyonlaşma eşikleri [43]

Dalga boyu(Å)	Ip (eV)	Ayrışma
795,76	15,580	N(⁴ S ⁰) + N ⁺ (³ P)
742,22	16,704	N(⁴ S ⁰) + N ⁺ (³ P)
661,23	18,750	N(⁴ S ⁰) + N ⁺ (³ P)
563,94	21,993	N(⁴ S ⁰) + N ⁺ (³ P)
525,74	23,582	N(² D ⁰) + N ⁺ (³ P)



Şekil 5.10. İyonlaşma sürekliliği bölgesinde moleküler nitrojenin soğurulma ve fotoiyonlaşma kesit alanları. Kesikli eğri iyonlaşma, normal eğri soğurulma [43].

Tablo 5.19’da 80 ile 796 Å dalga boyu arasında moleküler nitrojenin ortalama iyonlaşma kesit alanları verilmektedir. Diğer atomik nitrojen için görülen sonuçlar burada da görülmektedir ancak atomik yapısına bağlı olarak farklı dalga boyları ve enerjiler geçerlidir [43].

Tablo 5.19. 80–796 Å için ortalama moleküler nitrojen iyonlaşma kesit alanları. [43].

Dalga boyu Bandı (Å)	İyonlaşma Kesit Alanı (cm ²)
796–732	$1,0 \times 10^{-17}$
732–665	$1,0 \times 10^{-17}$
665–375	$2,3 \times 10^{-17}$
375–275	$1,4 \times 10^{-17}$
275–150	$5,0 \times 10^{-18}$
150–80	$2,2 \times 10^{-18}$

Moleküler nitrojenin iyonlaşması elektron çarpışmaları ve yük transferi gibi diğer mekanizmalardan etkilenir.

Ayrışma fotoiyonlaşması 2×10^{-19} cm² bir kesit alanı ile birlikte 510 Å yakınında gözlemlenebilir. Bu toplam fotoiyonlaşması kesit alanının 1 /100 dür. Yakın zamanda yapılan ölçümler 500 ve 450 Å arasında fotoiyonlaşma kesit alanı $((5 \pm 1) \times 10^{-19}$ cm²) gibi bir değeri

gösterir ve bu toplam kesit alanının $1/40$ ' dır. Atomik nitrojen iyonlaşma durumlarının analizi yaklaşık olarak toplam fotoiyonlaşmanın kesit alanının % 20' sine karşılık gelen bir kesit alanını gösterir [43].

5.4. DALGA BOYU 1000 Å'DAN DAHA BÜYÜK ULTRAVİYOLE RADYASYONUN İYONLAŞTIRMASI

$\lambda > 1027.8$ Å spektrum aralığında mümkün iyonlaşmanın bazı belirtileri vardır, sınırı moleküler oksijenin ilk iyonlaşma potansiyeli ile benzerdir. Karmaşık atom ve moleküllerin listesi Tablo 5.21' de verilmiştir. CH_3 ve CH ' ın kesit alanları hakkında hiçbir şey bilinmiyor. Nitrik oksit için çok doğru ölçümler yapılmıştır. Lyman α ' da soğurulma kesit alanı $2,42 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$ ve iyonlaşma kesit alanı ise $2,02 \times 10^{-18} \text{ cm}^2$ 'ye eşittir.

Sodyum ve kalsiyum ihmal edilemezler. Çünkü iyonlaşma eşikleri güneş ışınımının önemli olduğu dalga boylarında oluşurlar. İyonlaşma sabitleri sırasıyla 10^{-5} ve 10^{-6} sn^{-1} olmalıdır. Magnezyum ve silikon gibi diğer meteor atomları Schumann-Runge uzay sürekliliğinde iyonlaşma eşiklerine sahiptirler [40-43].

Tablo 5.20. $\lambda > 1028$ Å için atom ve moleküllerin iyonlaşma eşikleri [41]

Atom	λ (Å)	Molekül	λ (Å)
Na	2412	NO	1340
Al	2071	CH_3	1260
Ca	2028	NH_3	1221
Mg	1622	CH	1117
Si	1521		
C	1100		

Diğer bir ihtimal ise $\lambda = 1028$ Å değerinden daha büyük dalga boylarındaki Güneş ışınimleri ile atomların ve moleküllerin uyarılmış durumlarından oluşan iyonlaşmadır (O_2 fotoiyonlaşmasına karşılık gelir). Bu işlem düşük E- bölgesi iyonlaşmasına katkıda bulunabilir . Ayrıca CO_2 tarafından oluşturulan iyonlaşma hesaba katılmalıdır [41]

6. SONUÇLAR

Güneş'ten yayılan ışınlar Dünya atmosferine ulaştığında nötr bileşenler ve iyonlarla etkileşerek elektron ve iyon konsantrasyonunu değiştirirler. İyonkürede iyonlaşmanın en temel kaynağı EUV ve X-ışınlarıdır. Bunların yanı sıra yük değişim reaksiyonları ve kozmik ışınlarda fotoiyonlaşmanın kaynaklarıdır. Ayrıca çarpışmaların meydana getirdiği iyonlaşmada yaygındır. Ancak çarpışma iyonlaşması radyasyonun emilmesinden dolayı ortaya çıkan iyonlaşma gibi sürekli değildir.

1026 Å'dan daha küçük dalga boyuna sahip ışınlar atomik oksijen, nitrik asit ve helyum gibi atom ve molekülleri iyonlaştırmaktadır. Güneş'ten gelen ışınların fotoiyonlaştırması yani yüklü parçacıkların üretimi, iyonlaşma kesit alanlarına, optik derinliklere, bileşenlerin sayı yoğunluklarına ve gelen ışınların atmosfere girerken sahip oldukları akı şiddetine bağlıdır. Ayrıca iyonküredeki dinamik süreçler serbest elektronları bir bölgeden diğerine taşırlar. Bir bölgede kazanç sağlanırken diğer bir bölgede kayıp oluşmaktadır. Örneğin nötr rüzgarlar gece iyonküresinin oluşmasının en önemli sebeplerinden biridir. Gündüz Güneş'ten gelen radyasyonun ve artan sıcaklığın etkisiyle iyonkürede üretim mekanizmaları devreye girerken nötr rüzgarlar iyonküreyi kimyasal süreçlerin etkin olduğu alt bölgelere taşır. Bunun yanı sıra gece en büyük iyonlaşma kaynağı galaktik kozmik ışınlardır ve nötr rüzgarlar iyonküreyi kayıp süreçlerinin az olduğu üst bölgelere taşıyarak gece iyonküresinin oluşmasına katkıda bulunurlar. Ayrıca ambipolar plazma difüzyonu, elektromanyetik sürüklenme, iyonküre ve protonküre arasındaki plazma akımı, iyonkürenin genleşmesi ve büzülmesi iyonküredeki önemli fiziksel süreçlerdir.

Yapılan bu literatür çalışmasında fotoiyonlaşma süreçleri içerisinde atom ve moleküller üzerindeki iyonlaşma kesit alanlarının dalga boyu ile ilişkisi incelenmiştir. İyonlaşma enerjisi temel enerji düzeyindeki bir atomdan bir elektron uzaklaştırmak için gerekli minimum enerjidir. Koparılan elektron en zayıf kuvvetle çekilen elektrondur. Bu nedenle en iç tabakadaki elektronu koparabilmek için gerekli olan enerji dış tabakadaki elektronu koparmak için gerekli olan enerjiden çok daha büyüktür. Periyodik tabloda aynı grupta yukarıdan aşağıya doğru yarıçap büyür. Buda değerlik elektronlarının çekirdekten uzaklaşması ve diğer elektronlara oranla daha az çekilmesi anlamına gelir. Sonuç olarak atom yarıçapı arttıkça iyonlaşma enerjisi azalmakta, yarıçap azaldıkça iyonlaşma enerjisi artmaktadır. İyonkürede iyonlaşma yukarıda bahsedilen sebeplerle olabileceği gibi Güneş'ten gelen radyasyonun atom üzerine düşmesiyle de meydana gelir. Bu durumda atom ya da molekülden gelen enerji miktarı ve atom yada molekülün cinsine bağlı olarak elektron koparılır. Bu olaya fotoiyonlaşma denir.

Güneş'ten gelen enerji atom ya da molekül tarafından önce soğurulur daha sonra bu enerjinin bir kısmı iyonlaşmaya, geriye kalanı da ısı, taşınma, salınma, dönme, titreşim veya elektronun bir üst seviyeye çıkması gibi değişik şekillerde açığa çıkar. İyonlaşma kesit alanı, Güneş'in dik olarak geldiğinde iyonlaşmanın meydana geldiği yüzey alanıdır. Soğrulma kesit alanı, Güneş'ten gelen ışınların dik olarak geldiği yüzeyde soğurduğu alandır ve iyonlaşma kesit alanından büyüktür.

İyonlaşma kesit alanı ve gelen ışının dalga boyuna bağlı olarak bazı atom ve moleküllerin fotoiyonlaşmasını incelenmesini içeren bu çalışmada şu sonuçlar elde edilmiştir:

Her bir atom veya molekül için iyonlaşma kesit alanlarının dalga boyuna bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Yüksek enerjiye sahip ışınların iç kabuklardan elektron koparması zorlaştığından her atom veya molekül için belirli bir sınırdan sonra dalga boyu azaldıkça iyonlaşma kesit alanı da azalmaktadır. Ayrıca atom ve moleküller için birinci iyonlaşma enerjisi daha küçükken ikinci, üçüncü, dördüncü gibi iyonlaşma enerjileri giderek artmaktadır. Bu sebeple yüksek enerjili ışınlar ikinci, üçüncü, dördüncü iyonlaşmaları yapmaya çalışacağından azalan iyonlaşma kesit alanları etkili olmaktadır.

Bu tezde çalışılan atom ve moleküllerin 100 Å dalga boyu için iyonlaşma kesit alanları tablolardan alınan değerlere göre aşağıdaki gibidir.

Tür	He	N	O	N ₂	O ₂	H
İyonlaşma Kesit Alanı (cm ²)	2.0 x 10 ⁻¹⁹	6.7 X 10 ⁻¹⁹	1.1 x 10 ⁻¹⁸	2.2 x 10 ⁻¹⁸	3.5 x 10 ⁻¹⁸	3.10 x 10 ⁻²⁰

Bu değerlere bakıldığında, en fazla iyonlaşma kesit alanını sırasıyla moleküler oksijen, moleküler nitrojen, atomik oksijen, atomik nitrojen, helyum ve atomik hidrojenidir. Burada daha önce bahsettiğimiz atom yarıçapı ve atomik özelliğin dışında ortaya çıkan başka bir sonuç ise iyonkürede serbest elektron oluşumuna en fazla katkıda bulunanların atomik oksijen, moleküler oksijen ve moleküler nitrojen olduğudur.

İyonlaşma kesit alanı Güneş'ten gelen ışının açısına, dalga boyuna, atom ya da molekülün cinsine bağlıdır. Aynı türden atom ve molekülün iyonlaşma kesit alanı da farklıdır. Moleküllerin iyonlaşma kesit alanları daha büyüktür çünkü moleküllerin yarıçapları atom yarıçapından büyük olduğu için çekirdek daha zayıf bir kuvvetle elektronları çekeceğinden daha kolay iyonlaşabilmektedirler.

CH₄, H₂O gibi bazı moleküllerin iyonkürede fotoiyonlaşma süreçlerine katkıları çok azdır. Bunlar bazı atom veya moleküllere göre (örneğin helyum) daha düşük iyonlaşma eşik

potansiyellerine sahip olmalarına rağmen ağır oldukları için alt yüksekliklerde yer alırlar ve Güneş'ten gelen ışınlar bu alt yüksekliklere gelene kadar şiddetini kaybettiğinden iyonlaştırma için gerekli olan enerji bu bölgeye az ulaşmaktadır. Bu nedenle iyonlaşmanın büyük bir kısmı üst yüksekliklerde özellikle F bölgesinde meydana gelmektedir.

7. KAYNAKLAR

1. Whitten, R., C., Poppoff, I., G., Fundamentals of Aeronomy, Space Science Text Series, New York, 1971
2. Cook, G.R, Metzger, P.H., Chem J., Phys.,41, 321, 1964.
3. Wuilleumier, F., Acad. Sci ,C.R. Paris, 270, 272, 1970.
4. .Ratcliffe, J., A., An Introduction to the Ionosphere and Magnetosphere, Cambridge at the University Press, 1972
- 5.Wuilleumier, F., J. Phys., 26, 776, 1965.
6. Huffman ,R.E., Tanaka,Y., Larrabee, J.C., J. Chem. Phys.,39, 902, 1963.
7. Rishbeth, H. Ve Garriot, O., K., Introduction to Ionospheric Physics, Academic Pres, New York, 175-186, 1969
8. Ratcliff, J., A., An Introduction To The Ionosphere And Magnetosphere, At The University Pres, Cambridge, 37-62, 1972
9. Samson ,J.A.R., Advan. At. Mol. Phys., 2, 178, 1966.
10. Samson ,J.A.R., Phys. Rew. Lett., 22, 693, 1969.
11. Lee , P., Weissler, G.L., Phys. Rev., 99, 540, 1953.
12. Aydoğdu, M., Ariel 4 Uydusuyla Elde Edilen Elektron Yoğunluğu verilerinin 70⁰-80⁰ D ve 60⁰-70⁰ B Boylamları Arasında İncelenmesi, Doktora Tezi, E.Ü. Fen Fakültesi, İzmir, 10-41, 1980
13. Henry , R.J.W., J. Chem. Phys., 48, 3635, 1968.
14. Henry, R.J.W., Planet. Space Sci., 15, 1747, 1967.
15. Dalgarno, A., Henry, R.J.W., A.L. Stewart, Planet. Space Sci., 12, 235, 1964.
16. Rishbeth, H., Physics And Chemistry Of The Ionosphere, Contemp. Phys., Vol. 14, No.3, 229–249, 1973

17. Kockarts ,G., In Mesospheric Models and Related Experiments, p.160, Reidel Publ., Dordrecht, The Netherlands, 1971.
18. Watanebe , K., Marmo, F.F., J. Chem. Phys., 25, 967, 1956
19. Bethke, G.W., J. Chem. Phys., 31, 669, 1959.
20. Dibeler, V.H., Walker,J.A., J. Opt. Soc. Amer., 57, 1007, 1967.
21. Hudson, R.D., Carter ,V.L., Stein, J.A, J. Geophys. Res., 71, 2295, 1966
22. Metzger, P.H., Cook, G.R., J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 4, 107, 1964
23. Banks, P., M., Kockarts, G., Aeronomy Part B, Academic Pres, New York, 101-307, 1973
24. . Dalgarno, A., Parkinson, D., J. Atmos. Terr. Phys., 18, 335, 1960
25. Cairns , R.B., Samson ,J.A.R., Phys. Rev., 139A, 1403, 1965.
26. Banks, P., M., And Kockarts, G., Aeronomy Part A, Academic Pres, New York, 1973
27. Risbeth, H., Physics and Chemistry of the Ionosphere, Contemp Physics, vol. 14, p. 229-237, 1973
28. Noxon ,J.F., Vallance-Jones, A., Nature, 196, 157, 1962.
29. Evans , W.F.J., Hunten, D.M., Llewellyn, E.J., Vallance-Jones, A., J. Geophys. Res., 73, 2885, 1968
30. Watanebe, K., J. Chem. Phys., 22, 1564, 1954.
31. Watanebe, K., . Marmo, F.F, J. Chem. Phys., 25, 965, 1956.
32. Risbeth, H., A Review of Ionosphere F region Theory, Proceedings of the IFFF, vol. 55, 1967
33. Hoyle, F., Bates,D.R., J. Geophys. Res., 53, 51, 1948.
34. McElroy,M.B., Planet. Space Sci., 15, 457, 1967.
35. Cook, G.R., McNeal , R.J., J. Chem. Phys., 47, 5385, 1967.

36. Ackerman, M., In Mesospheric Models and Related Experiments, p.149, Reidel Publ., Dordrecht, The Netherlands, 1971.
37. Schunk, R., W., and Nagy, A., F., Ionospheres, Cambridge University Pres, United Kingdom, 2000
38. Nicolet, M., in Physics and Medicine of the Upper Atmosphere (C.S. White, O.O. Benson,
39. Ditchburn,R.W., Hedlle, D.W.O., Proc. Phys. Soc., A226, 509, 1954.
40. Ditchburn ,R.W., Young,P.,J. Atmos. Terr. Phys., 24, 127, 1962.
41. Doolittle, P., H., Schoen, R.,I., K.E. Schubert, J. Chem. Phys.,49, 5108, 1968.
42. Huffman, R.E., Larrabee, J.C., Tanaka, Y., J. Chem. Phys.,40, 356, 1964.
43. Ogawa, M., J. Chem. Phys., 54, 2550, 1971.
44. Schoen, R., I., J. Chem. Phys.,40, 1830, 1964.
45. Ackerman, M., Biaume , F., Kockarts G., Planet. Space Sci., 18, 1639, 1970.

ÖZGEÇMİŞ

Serap CEZİBARAK

Fırat Üniversitesi
Fen-Edebiyat Fakültesi
23000, ELAZIĞ

Kişisel Bilgiler:

Doğum Tarihi	: 15.01.1981
Doğum Yeri	:Diyarbakır
Uyruğu	: T.C
Medeni Hali	:Bekar

Eğitim:

İlköğretim:

1987-1992 Gazi Mustafa Kemal İlköğretim Okulu (Konya)

Ortaöğretim :

1992-1995 Meram Kız Orta Okulu (Konya)

Lise:

1995-1998 Balakgazi Lisesi (Elazığ)

Lisans :

1999-2003 Fırat Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü,(Elazığ)

Yüksek Lisans:

2003- 2005 Fırat Üniversitesi, Fen-Bilimleri Enstitüsü, Elazığ
Tez : İyonkürede Fotoiyonlaşma Süreçleri
Danışman: Yrd. Doç. Dr. Esat GÜZEL