MÜHENDİSLİK KİMYASI DERS NOTLARI

Yrd. Doç. Dr. Atilla EVCİN

Ders Müfredatı

- Madde
- Atomun Yapısı ve Periyodik Sistem
- Kimyasal Bağlar
- Sembol, Formül ve Denklemler
- Stokiyometri
- Gazlar
- Katılar
- Sıvılar
- Çözeltiler
- Kimyasal Kinetik ve Denge
- Asitler, Bazlar ve pH
- Elektrokimya
- Kimyasal Termodinamik

Gerekli Kaynaklar

- Modern Üniversite Kimyası C.E.Mortimer
  Çeviri : Prof. Dr. T. Altınata
  Prof. Dr. H. Akçay
  Prof. Dr. H. Anıl
  Prof. Dr. H. Avcıbaşı
  Prof. Dr. D. Balköse
  Cilt I-II
  Çağlayan Kitabevi, İstanbul

Gerekli Kaynaklar

- Temel Kimya,
  Peter Atkins, Loretta Jones
  Çeviri : Prof. Dr. Esma Kılıç
  Prof. Dr. Fitnat Köseoğlu
  Doç. Dr. Hamza Yılmaz
  Cilt I-II
  Bilim Yayıncılık, Ankara

Gerekli Kaynaklar

- Genel Kimya, İlkeler ve Modern Uygulamalar
  Petrucci, Harwood, Herring
  Çeviri : Tahsin Uyar
  Serpil Aksoy

  Cilt I-II
  Palme Yayıncılık, Ankara

Atomun Yapısı

- Atom nedir?
- "Maddenin en küçük yapıtaşı!

- Peki, "madde" nedir?
- Elle tutup gözle gördüğümüz her şey! Aslında, doğru olmasına doğru bu yanıtların hepsi ama biraz eksik...

- Yediğimiz elma, oturduğumuz sandalye, yazı yazdığımız kalem ve hatta onun mürekkebi, içtiğimiz su, soluduğumuz hava... Bunların hepsi madde ve hepsi de atomlardan oluşmuş. Peki nedir bu atom? Etrafımızda gördüğümüz tüm maddelerden sorumlu bu "minik" nesneler neye benzer? Herşeyden önemlisi, acaba onların da yapıtaşları var mı?

Atom ?

Aslına bakarsanız, bu sorular yüzyıllar öncesinden de sorulmuş. Hatta "atom" sözcüğünün ilk ortaya çıkışı İ.Ö. 460 yılına kadar uzanıyor. O dönemde Demokritus adlı bir filozof, bir elmayı örnek vererek atomu ve anlamını açıklamış: Bir elma alın ve onu ikiye bölün. Sonra bu yarım elmalardan birini tekrar ikiye bölün ve böylece sürdürün... Demokritus'a göre, bu şekilde yarım parçaları bölmeye devam ederseniz, sonunda öyle bir an gelecek ki, artık bölemeyeceğiniz kadar küçük bir parça elde edeceksiniz. İşte, bölünmesi olanaksız bu parçaya Demokritus Yunanca'da **'bölünemez"** anlamına gelen **"atomos"** adını vermiş.

Demokritus, bu kavramı ortaya atmış atmasına ama bunu o dönemin diğer bilim adamlarına inandıramamış. Özellikle de dönemin en büyük filozofu Aristo'ya. Zaten Aristo reddedince, bir bildiği vardır diye diğerleri de inanmamış. Hatta Demokritus öldükten yüzyıllar sonra bile kimse atomdan bahsetmemiş.

Ta ki, 2000 yıl kadar sonraya, yani 1800'li yılların başına kadar. Bilim adamları maddenin doğasını anlamaya yönelik çalışmaları sırasında ister istemez bu minik parçacıklarla karşılaşmışlar. İngiliz bilim adamı **Dalton**, deneyleri sırasında, maddeyi oluşturan ama yapısını tanımlayamadığı bu temel ögelere ilişkin ilk kanıtları elde etmiş. Ondan sonra da keşifler ardı sıra devam etmiş.

Dalton Atom Modeli

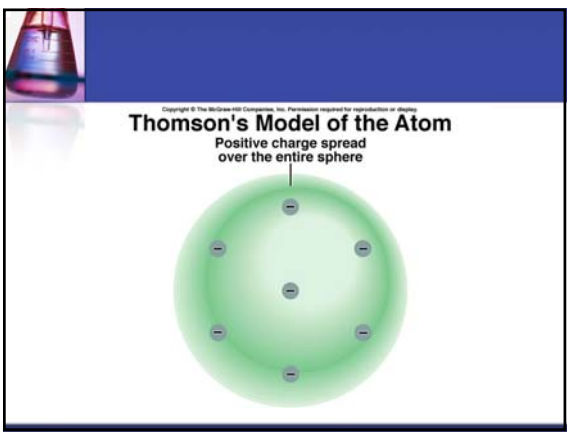
1803 yılında J.Dalton maddenin anlaşılmasına, kimyasal reaksiyonların açıklanmasına ve atomun temel özelliklerinin ortaya çıkarılmasına büyük katkılar sağlayan atom teorisine göre ;

1. Elementler atom denilen bölünemeyen parçacıklardan oluşmuştur.
2. Belirli bir elementin bütün atomları tıpatıp aynı özelliklere sahiptir.
3. Atomlar kimyasal değişmelerin birimleridir. Kimyasal değişme birleşme, ayrılma ve atomların yeniden düzenlenmesini içine alır.
4. Atomlar birleştiklerinde molekülleri oluştururlar. Bileşikler değişik atomların birleşmelerinden oluşur.
5. Atomlar parçalanamaz, yaratılamaz veya değiştirilemezler.

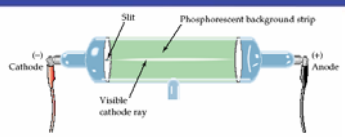
Thomson Atom Modeli

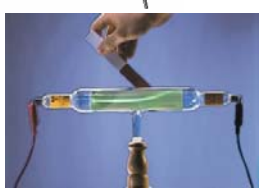
J.J. Thomson adlı bir İngiliz fizikçi, 1897 yılında atomun bir parçası olan eksi yüklü elektronları keşfetmiş.

Thomson'a göre atomun içinde eksi yüklü elektronları dengeleyecek artı yüklü parçacıklar olması gerekiyordu. Thomson, atomu bir "üzümlü kek"e benzetmişti: Üzümler eksi yüklü elektronlar, kekin diğer kısımları ise artı yüklü madde.



Katot Işınları Deneyi





Deneyleri sonucunda katot ışınlarının hızla hareket eden eksi yüklü parçacıklar olduğu ortaya çıktı ve bu parçacıklara daha sonra Stoney'in önerdiği gibi elektron adı verildi.

Yine, elektronun yükünün belirlenmesi için Milikan'ın yağ damlası deneyi, bilim tarihindeki önemli deneylerden birisidir

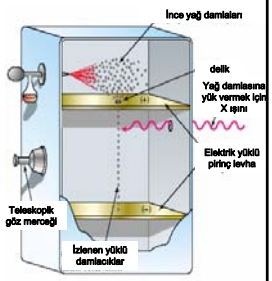
e^- yükü = -1.60 x 10^{-19} Coul

Thomson'un e^- yükü/ e^- kütlesi= -1.76 x 10^{8} Coul/g

e^- kütlesi = 9.10 x 10^{-28} g

Milikan Yağ Deneyi

Elektron yükünün duyar olarak ölçümü ilk defa Robert A. Milikan tarafından 1909 da yapıldı. Milikan'ın deneyinde x-ışınları etkisi ile havayı oluşturan moleküllerden elektronlar koparılır. Çok küçük yağ damlacıkları da bu elektronları alıp elektrik yükleri ile yüklenirler. Bu yağ damlacıkları iki yatay levha arasından geçirilirler. Yağ damlacıklarının düşüş hızları ölçülerek kütleleri hesaplanır.



Taneciğin Yükünün Hesaplanması

Yüklü yag damlaciklari elektrik alan uygulanmadigi zaman iki kuvvetin etkisi altindadir

* Yerçekimi kuvveti *m.g*
* Havanin sürtünmesinden kaynaklanan viskozite direnci *6π.η.r* Bu İki kuvvet ters vektörlerdir. Serbest düşme hareketi yapan damlacığın bir süre sonra,

$$v = \frac{mg}{6\pi \cdot \eta \cdot r}$$

ile gösterilen sabit bir hızla hareket edecektir.

m, damlacığın kütlesi ; *r*, yarıçapı; *η*, havanın viskozitesidir. Küresel olduğu varsayılan yağ damlasının yoğunluğu,

$$d = \frac{m}{4/3\pi r^3}$$

Eğer *q* yükünü taşıyan aynı damla E alanının etkisinde bırakılırsa,onu yukarıya doğru hareket ettiren kuvvet q.E olur.

Yerçekimi etkisi yüzünden damlayı etkileyen net kuvvet *qE - mg*'dir. Sonuç olarak yukarıya hızı veren doğru eşitlik;

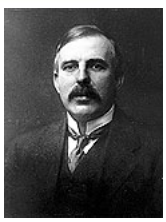
$$v = \frac{qE - mg}{6\pi\eta r}$$

halini alır. E ve v hızı ölçülebildiğine, *m, g, η* ve *r* değerleri bilindiğine göre hesaplanabilir.

m, damlacığın kütlesi ; r, yarıçapı; d, yağ damlacığının yoğunluğu; *η*, havanın viskozitesidir.

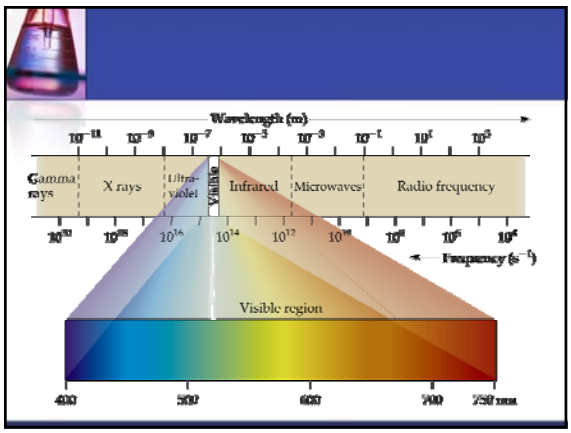
Rutherford Atom Modeli

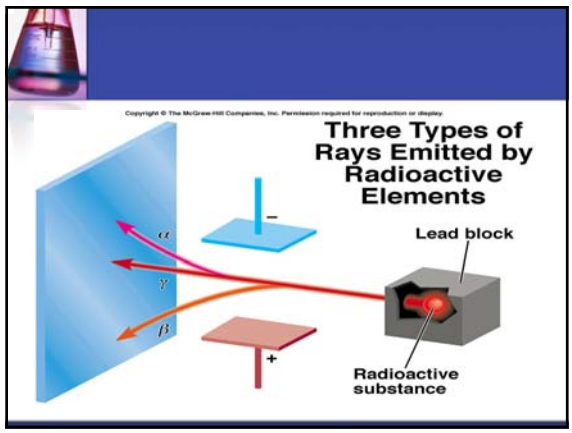
1911 yılında atomun içinde artı yüklü bir çekirdeğin olması gerektiğini keşfeden Ernest Rutherford geliştirmiş. Rutherford ünlü alfa saçılması deneyi ile kimya tarihine nükleer atom kavramını sokarak yeni çığır açmıştır. İnce altın levhayı radyoaktif atomların yayınladıkları alfa ışınlarıyla bombardımana tabii tutmuştur.

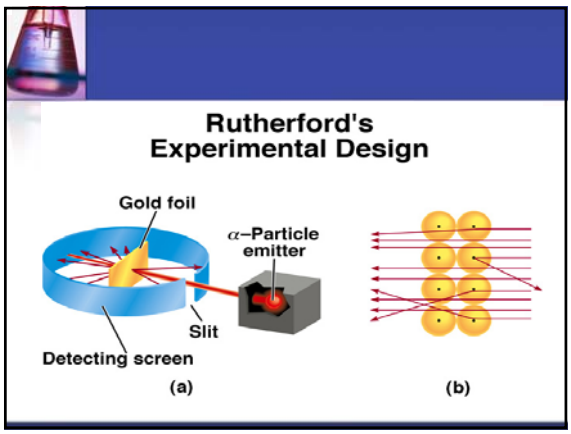


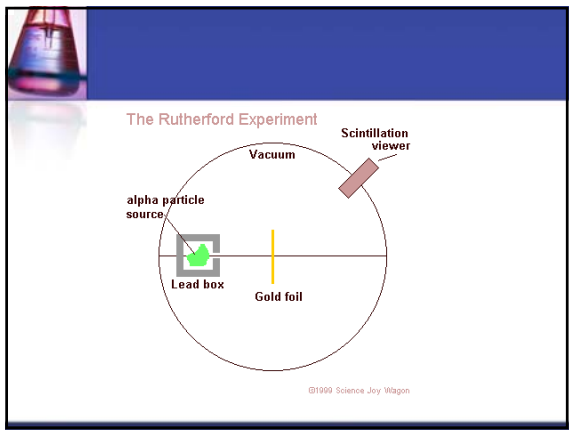
Lord Ernest Rutherford gözlemlerine ve deneylerinin sonuçlarına dayanarak, atomun Thomson tarafından hayâl edilmiş statik topluluk olamayacağına hükmetti.

Ve atomun yapısını, tıpkı gezegenlerin Güneş'in etrafında yerçekimi kuvvetinin etkisiyle dolandıkları gibi gibi elektronların da pozitif yüklü bir çekirdeğin etrafında elektriksel çekim kuvvetinin etkisi alanda dolanmakta olduğu dinamik bir model olarak açıkladı.

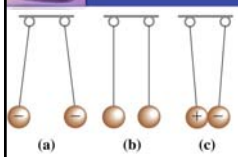




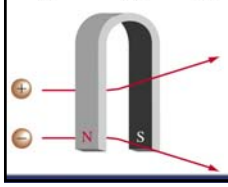




Yüklerin Davranışları



Her ikisi negatif veya pozitif yüklü iki cisim birbirlerini iterler. Pozitif yüklü bir cisimle negatif yüklü diğer bir cisim birbirlerini çekerler.



Yüklü parçacıklar bir manyetik alana dik olarak gönderilirlerse alan tarafından saptırılırlar. Negatif yüklü parçacıklar bir yöne, pozitif yüklü parçacıklar aksi yöne saparlar.

Deneyleri sonucunda ;

- Atomun yapısındaki büyük hacmin elektronlar tarafından işgal edildiğini, pozitif kütlenin atom merkezinde çok küçük bir noktada yoğunlaşmış olduğunu,
- Dümdüz geçen α parçacıklarının elektronların bulunduğu bölgeye isabet edenler, yansıyanların ise pozitif yüklü çekirdeğin yakınına isabet edenler, geri dönen veya büyük açılarla yansıyanların ise pozitif yüklü çekirdeğe çarpan parçacıklar olduğunu söyledi.
- Çekirdekteki pozitif yük sayısını yaklaşık olarak atom ağırlığının yarısına eşit olduğu bulunmuştur.

Çekirdekteki pozitif yük sayısına ***Atom Numarası*** adı verildi

Atomda atom numarası kadar (+) yüklü **proton** varsa atomun elektrik yükünü dengelemek için proton sayısı kadar (-) yüklü elektron bulunmalıdır. Buna göre ;

Atom No = Proton Sayısı = Elektron Sayısı

Chadwick's Deneyi (1932)

Proton sayısına bakarak atom ağırlığındaki eksiklik 1932 yılında James Chadwick'in nötronu keşfetmesiyle giderilmiş oldu.

H atomu - 1 p; He atomu - 2 p

He kütlesi/ H kütlesi = 2 olmalı

Ölçülen He kütlesi/ H kütlesi = 4

$$\alpha + {}^{9}Be \longrightarrow {}^{1}n + {}^{12}C + \text{energy}$$

nötron (n), nötr (yük = 0)

n kütlesi ~ p kütlesi = 1.67×10^{-24} g

Atomaltı tanecikler

Tanecik	Kütle (g)	Yük (Coulombs)	Yük (birim)
Elektron (e^-)	9.1×10^{-28}	-1.6×10^{-19}	-1
Proton (p)	1.67×10^{-24}	$+1.6 \times 10^{-19}$	+1
Nötron (n)	1.67×10^{-24}	0	0

P kütle = n kütle = 1840 x e^- kütle

Atom numarası (Z) = Çekirdekteki proton sayısı

Atom ağırlığı (A) = proton sayısı + nötron sayısı

= atom numarası (Z) + nötron sayısı

İzotoplar çekirdekteki nötron sayıları farklı aynı elementin atomlarıdır…

Atom ağırlığı → $^{A}_{Z}X$ ← Element Sembol

Atom numarası →

$^{1}_{1}H$ $^{2}_{1}H$ (D) $^{3}_{1}H$ (T)

$^{235}_{92}U$ $^{238}_{92}U$

Atomik Kütle:

Elementin Atom Kütlesi = { (İzotop (1) in doğada bulunma oranı) x (İzotop (1) in kütlesi) } + { (İzotop (2) in doğada bulunma oranı) x (İzotop (2) in kütlesi) } +……

Atom Kütlesi

Problem: Karbonun atom kütlesini hesaplayınız!
Karbonun 2 karalı izotopu mevcuttur,
C: 98.892 % 12C + 1.108 % 13C

- C'un ortalama kütlesi:
- (0.98892)(12 akb) + (0.0108)(13.00335) = 12.011 akb.

Örnek

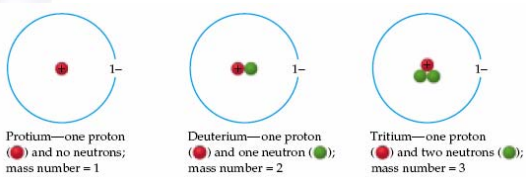
Problem: Magnezyum atom kütlesini hesaplayınız!
Magnezyumun 3 karalı izotopu mevcuttur,
^{24}Mg (%78.7); ^{25}Mg (%10.2); ^{26}Mg (%11.1).

İzotop (db%)	Kütle (akb)		(dbo)		Kütleye Katkısı
^{24}Mg (%78.7)	23.98504 akb	x	0.787	=	18.876226 akb
^{25}Mg (%10.2)	24.98584 akb	x	0.102	=	2.548556 akb
^{26}Mg (%11.1)	25.98636 akb	x	0.111	=	2.884486 akb
					24.309268 akb

Örnek

Zirkonyumun 5 kararlı izotopu bulunur:
^{90}Zr, ^{91}Zr, ^{92}Zr, ^{94}Zr, ^{96}Zr.

İzotop (db%)	Kütle (akb)		(dbo)		Kütleye Katkısı
^{90}Zr (%51.45)	89.904703 akb	X	0.5145	=	46.2560 akb
^{91}Zr (%11.27)	90.905642 akb	X	0.1127	=	10.2451 akb
^{92}Zr (%17.17)	91.905037 akb	X	0.1717	=	15.7801 akb
^{94}Zr (%17.33)	93.906314 akb	X	0.1733	=	16.2740 akb
^{96}Zr (%2.78)	95.908274 akb	X	0.0278	=	2.6663 akb
					91.2215 akb



İzotopları anladınız mı?

Kaç tane proton, nötron ve elektron vardır ? $^{14}_{6}C$?

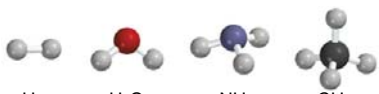
6 proton, 8 (14 - 6) nötron, 6 elektron

Kaç tane proton, nötron ve elektron vardır ? $^{11}_{6}C$?

6 proton, 5 (11 - 6) nötron, 6 elektron

Molekül

Molekül, kimyasal bağla tutulan belirli bir düzen içinde iki veya daha fazla atomun bir araya gelmesidir.



H_2 H_2O NH_3 CH_4

Diatomik molekül, sadece iki atom içerir.

H_2, N_2, O_2, Br_2, HCl, CO

Poliatomik molekül, *ikiden daha fazla atom içerir.*

O_3, H_2O, NH_3, CH_4

İyon

İyon, pozitif veya negatif yüke sahip atom grupları veya atomdur

Katyon – pozitif yüklü bir iyondur.
Eğer nötr bir atom bir veya daha fazla elektron kaybederse katyon haline gelir.

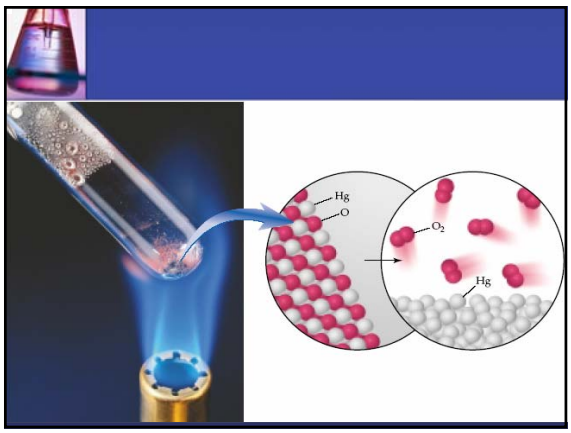
Na — 11 proton, 11 elektron

Na^+ — 11 proton, 10 elektron

Anyon – negatif yüklü bir iyondur.
Eğer nötr bir atom bir veya daha fazla elektron kazanırsa anyon haline gelir.

Cl — 17 proton, 17 elektron

Cl^- — 17 proton, 18 elektron



Bir ***monoatomik iyon,*** sadece tek bir atom içerir.

Na^+, Cl^-, Ca^{2+}, O^{2-}, Al^{3+}, N^{3-}

Bir ***poliatomik iyon*** ise birden daha fazla atom içerir.

OH^-, CN^-, NH_4^+, NO_3^-

İyonları anladınız mı ?

Kaç elektron ve proton vardır $^{27}_{13}Al^{3+}$?

13 proton, 10 (13 – 3) elektron

Kaç elektron ve proton vardır $^{78}_{34}Se^{2-}$?

34 proton, 36 (34 + 2) elektron

- Çekirdek (+) pozitif, elektronlar (-) negatif olduğuna göre fizikteki Coulomb Kanunu'na göre (+) ve (-) yük birbirini çekerler. Eğer bu çekme kuvvetini denkleştiren bir kuvvet olmasaydı, elektronların çekirdek üzerine düşmesi beklenirdi.
- Bu olmadığına göre Coulomb Kuvvetine eşit ve zıt yönde bir kuvvetin olması gerekir. Bu da elektronların çekirdek etrafında dönmesinden ileri gelen merkezkaç kuvveti olmalıdır.

Bohr Atom Modeli

1912 yılında Danimarkalı fizikçi Niels Bohr, bu kuramsal sorunları çözecek bir model oluşturmuş. Bohr'un atom modelinde, yine ortada artı yüklü bir çekirdek, fakat sadece belli yörüngelerde dolanabilen eksi yüklü elektronlar var.

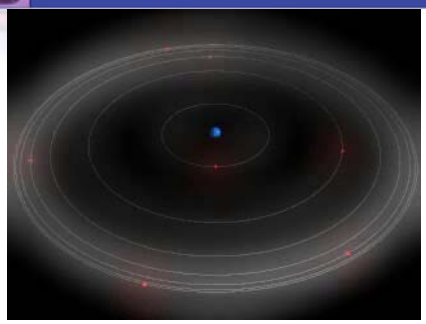
Bohr'a göre elektriksel, manyetik ve yerçekimi kuvvetlerinin bulunduğu her yerde bir potansiyel enerji vardır. Atom çekirdeği

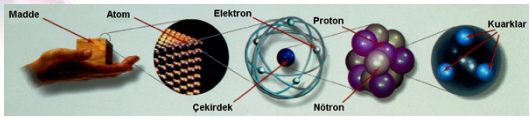
Etrafında bulunan (-) yüklü elektronlarla (+) yüklü çekirdek arasında da çekme kuvveti olduğu için atomunda bir potansiyel enerjisi vardır.

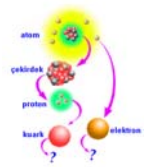
Niels Bohr 'a göre ;

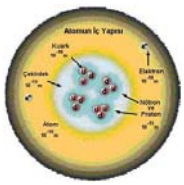
- Bir atomda bulunan her elektron çekirdekten ancak belli uzaklıklarda bulunabilir. Her uzaklık belirli bir potansiyel enerjiye karşılık gelir. Çekirdeğe en yakın olan yörüngedeki elektron en düşük enerji seviyesine sahiptir.
- Elektronlar çekirdek etrafında dairesel yörüngelerde hareket ederler.

Sonraları Heisenberg bir elektronun hız ve yerinin aynı anda belirlenemeyeceğini, bu nedenle elektronun bulunma ihtimalinin en yüksek olduğu elektron bulutları orbital'lerden söz edilmesi gerektiğini ortaya atmıştır.









Modern Atom Teorisi

Bu teori atom çekirdeği etrafındaki elektronların bulunma ihtimalini, kuantum sayıları ve orbitallerle açıklar. Kuantum sayıları, bir ortamdaki elektronların enerji seviyelerini belirten tam sayılardır.

1. Esas (Baş) Kuant Sayısı
2. İkincil (Sekonder) Kuant Sayısı
3. Manyetik Kuant Sayısı
4. Spin Kuant Sayısı

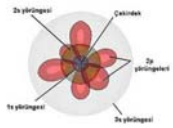
1. Esas Kuant Sayısı

n ile gösterilir. Bu sayı elektronun ait olduğu kabuğu veya enerji düzeyini belirtir.

n = 1, 2, 3, 4

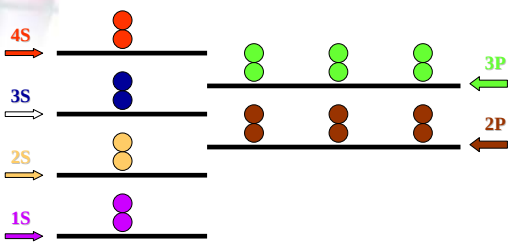
n 'in değeri ne kadar büyükse elektron çekirdekten o kadar uzaktadır.

n=1: 1s
n=2: 2s 2p
n=3: 3s 3p 3d
n=4: 4s 4p 4d 4f
n=5: 5s 5p 5d 5f 5g



Hidrojen atomunun kuantum modeli

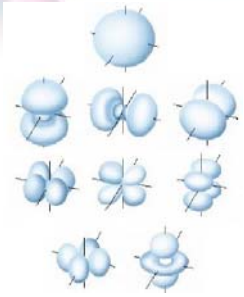
Enerji Seviyeleri



2. İkincil Kuant Sayısı

Bir kabuktaki her alt kabuk bir ikincil kuant sayısı (ℓ) ile tanımlanır. Kabukta bulunan alt düzeyler için ℓ'nin aldığı değerler, kabuğun n değeri ile belirlenir.

ℓ = 0, 1, 2, 3,….(n-1)
s p d f



s sharp (keskin)

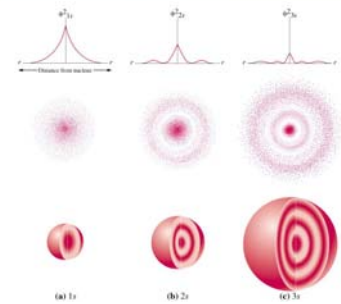
p principal (asıl, baş)

d diffuse (yayılmış)

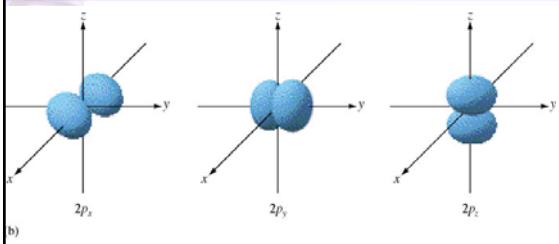
f fundamental (temel)

sıfatlarının baş harfleridir. bundan sonra harfler alfabetik sırayı takip eder.

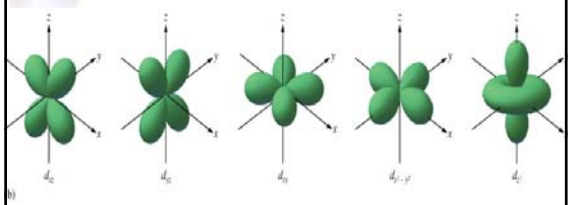
S orbitalleri



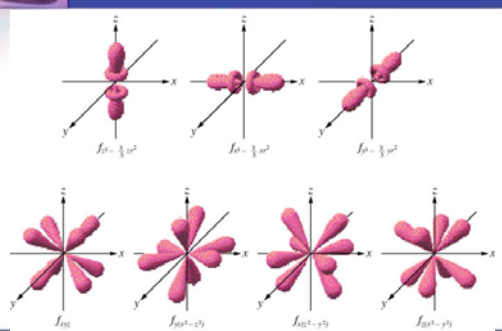
P orbitalleri



D orbitalleri



F orbitalleri



3. Manyetik Kuant Sayısı

Her alt kabuk bir veya daha fazla orbital içerir. Bir alt kabuktaki orbital sayısı aşağıdaki denklemle bulunur.

Orbital sayısı : $2\ell + 1$

Belli bir alt kabukta bulunan her orbital bir manyetik kuant sayısı (m) ile tanımlanır. Herhangibir alt kabuk için m 'nin alabileceği değerler ;

$m = -\ell \longrightarrow +\ell$

Kabuk	Alt Kabuk	Notasyon	Orbital	Orbital Sayısı	Elektron Sayısı
1	0	1s	0	1	2
2	0	2s	0	1	2
	1	2p	-1 0 +1	3	6
3	0	3s	0	1	2
	1	3p	-1 0 +1	3	6
	2	3d	-2 -1 0 +1 +2	5	10
4	0	4s	0	1	2
	1	4p	-1 0 +1	3	6
	2	4d	-2 -1 0 +1 +2	5	10
	3	4f	-3 -2 -1 0 +1 +2 +3	7	14

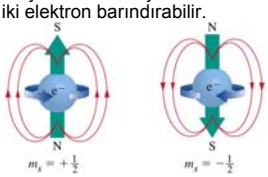
Orbitaller dış manyetik alanla etkileşirler ve enerji seviyelerinin ayrılmasına neden olurlar. Bu etkileşim enerji seviyesini yükseltici veya düşürücü yönde olabilir. Yükseltici olanlar (+), düşürücü olanlar (-) işaretine sahiptir.

n = 4 için kuantum sayılarının alabileceği değerleri yazınız.

4. Spin Kuant Sayısı

Bir orbital içinde bulunan elektron ancak kendi ekseni etrafında döndüğü varsayılarak açıklanabilen bazı özelliklere sahiptir. Bu dönme saat yönünde veya tersi yönde olabilir. Ters dönen iki elektronun manyetik momentleri birbirini yok eder. Bu yüzden her orbital ancak spinleri ters olan iki elektron barındırabilir.

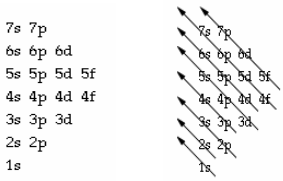
s = -½ + ½



Elektronik Konfigürasyon

Bir atomda elektronların düzenlenme şekline atomun elektronik yapısı (elektronik konfigürasyon) denir.

$1s^2_2\ 2s^2_4\ 2p^6_{10}\ 3s^2_{12}\ 3p^6_{18}\ 4s^2_{20}\ 3d^{10}_{30}\ 4p^6_{36}\ 5s^2_{38}\ 4d^{10}_{48}\ 5p^6_{54}\ 6s^2_{56}\ 4f^{14}_{70}\ 5d^{10}_{80}\ 6p^6_{86}\ 7s^2_{88}\ 5f^{14}_{102}\ 6d^{10}_{112}\ 7p^6_{118}$



Örnek

Orbital Diagrams for the Ground States of Atoms from Z = 1 to Z = 10

Atom	Z	Configuration	Orbital Diagram 1s	2s	2p
Hydrogen	1	$1s^1$	↑	○	○○○
Helium	2	$1s^2$	↑↓	○	○○○
Lithium	3	$1s^2 2s^1$	↑↓	↑	○○○
Beryllium	4	$1s^2 2s^2$	↑↓	↑↓	○○○
Boron	5	$1s^2 2s^2 2p^1$	↑↓	↑↓	↑○○
Carbon	6	$1s^2 2s^2 2p^2$	↑↓	↑↓	↑↑○
Nitrogen	7	$1s^2 2s^2 2p^3$	↑↓	↑↓	↑↑↑
Oxygen	8	$1s^2 2s^2 2p^4$	↑↓	↑↓	↑↓↑
Fluorine	9	$1s^2 2s^2 2p^5$	↑↓	↑↓	↑↓↑↓
Neon	10	$1s^2 2s^2 2p^6$	↑↓	↑↓	↑↓↑↓↑↓

© Houghton Mifflin Company. All rights reserved.

- Hidrojen 1s orbitalinde 1 elektrona sahiptir.

H: $1s^1$ (1s: ↑; 2s: □; 2p: □□□)

- Helyum 2 elektrona sahiptir.

He: $1s^2$ (1s: ↑↓; 2s: □; 2p: □□□)

- Ancak Helyum uyarılmış durumda aşağıdaki gibi de düzenlenir.

He: $1s^1 2s^1$ (1s: ↑; 2s: ↑; 2p: □□□)

- Karbon Z=6

		1s	2s	2p
C:	$1s^2 2s^2 2p^2$	↑↓	↑↓	↑↓ | |

Acaba hangisi ?

		1s	2s	2p
C:	$1s^2 2s^2 2p^2$	↑↓	↑↓	↑ | ↑ |

HUND Kuralına göre elektronlar spinleri paralel dejenere orbitalleri doldurur.

Örnek

Element	Z	Elektron Dizilişi
Titanyum	22	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^2$
Vanadyum	23	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^3$
Krom	24	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^5$
Mangan	25	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^5$
Demir	26	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$
Kobalt	27	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^7$
Nikel	28	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^8$
Bakır	29	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^1\ 3d^{10}$
Çinko	30	$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^{10}$

Krom atomunda 4s orbitalindeki bir elektron 3d orbitaline geçmektedir. Bu durumda 5 adet d orbitalinin her birinde birer elektron bulunur ve atom yarı kararlı hale geçer.

Aynı durum Bakır elementinde de görülür. $4s^2\ 3d^9$ olması gerekirken $4s^1\ 3d^{10}$ şeklinde olur. Yarı kararlı (s^1, p^3, d^5 , f^7) ve tam kararlı (s^2, p^6, d^{10} , f^{14}) durumlarında elektron dağılımı Küresel Simetri özelliği gösterir.

Küresel Simetri : Bir atomun elektron dizilişindeki en son orbital tam dolu yada yarı dolu ise atom küresel simetri özelliği gösterir. Küresel simetri gösteren atomlarda elektronlar çekirdek tarafından simetrik çekilirler. Simetrik çekilen elektronu koparmak fazla enerji gerektirir.

Soru ?

$_{15}X$, $_{13}Y$ ve $_{25}Z$ atomlarından hangisi yada hangileri küresel simetri gösterir ?

$_{15}X$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^3$
(P^3 ile bittiği için küresel simetri)

$_{13}Y$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^1$
(p^1 ile bittiği için küresel simetri değil)

$_{25}Z$: $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^5$
(d^5 ile bittiği için küresel simetri)

Soru ?

- S^{-2} iyonunun elektronik konfigürasyonunu yazınız (Z=16)
- (16 + 2)electrons
- $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$, $3s^2$, $3p^6$

Soru ?

- Mg^{+2} iyonunun elektronik konfigürasyonunun yazınız. (Z=12)
- (12-2)electrons
- $1s^2$, $2s^2$, $2p^6$

Aufbau Yöntemi ; Elektronik yapısını elde etmek istediğimiz elemente gelinceye kadar bir elementten diğerine geçilir. Bu elektron bir atomun elektronik yapısının bir önceki atomdan farklı olmasına neden olur ve her defasında bu elektron girebileceği en düşük enerjili orbitale konur.

Çoğu element için aufbau yöntemine göre öngörülen elektron dizilişleri spektral ve magnetik çalışmalarla doğrulanmıştır. Fakat birkaç elementin elektronik yapısı bazı küçük değişiklikler gösterir. Bazı durumlarda da bu değişiklikleri dolu veya yarı dolu alt kabukların kararlılığı ile açıklamak mümkündür.