



Modern Atom Teorisi

2. Atomun Kuantum Modeli

Bu notlara Youtube'dan "Kimya Elbistan" kanalında ilgili videolarının açıklamalar kısmında ki linkten ücretsiz bir şekilde ulaşabilirsiniz.

																		Noble gases	
																		2 4.003	
																		He	
																		Helium	
																		1s ¹	
																		10 20.18	
																		Ne	
																		Neon	
																		2s ² 2p ⁶	
																		18 39.95	
																		Ar	
																		Argon	
																		3s ² 3p ⁶	
																		36 83.80	
																		Kr	
																		Krypton	
																		4s ² 4p ⁶	
																		54 131.29	
																		Xe	
																		Xenon	
																		5s ² 5p ⁶	
																		86 (222)	
																		Rn	
																		Radon	
																		6s ² 6p ⁶	

2. Kuantum Mekanikinin (dalga) Tarihsel Gelişimi

• L. De Broglie ve E. Schrödinger hareket eden maddesel parçacıkların dalga gibi davranabileceğini ileri sürerek dalga mekaniğini oluşturdular.

• De Broglie, fotonun enerjisini veren Plank ve Einstein'in kütlenin enerjiye dönüşümünü veren bağıntıları eşitleyerek ışık hızı ile hareket eden ve kütlesi olan bir taneciğin yaptığı dalga hareketinin dalga boyunu veren yeni bir bağıntı elde etti.

Plank; $E = h \cdot \nu$

$$c = \nu \cdot \lambda \Rightarrow \nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$E = h \cdot \nu \Rightarrow E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

m ; tanecik kütlesi (kg)
 V ; tanecik hızı (m/s)
 λ ; de Broglie dalga boyu (m)

$$j = \frac{kg \cdot m^2}{s^2}$$

Einstein; $E = m \cdot c^2$

de Broglie $\frac{h \cdot c}{\lambda} = m \cdot c^2 \Rightarrow \lambda = \frac{h}{m \cdot V}$

• Bu bağıntıdaki ışık hızı (c) yerine ışık hızına yakın hızda hareket eden taneciğin kendi hızı "V" olarak yazılır.

Örnek

Oğuzhan Özyakup'un Cenk Tosun'a attığı ara pasının da kütlesi 0.3 kg olan topun 20 m/s hızla hareket ederken ki dalga boyu kaç metredir? ($h=6.10^{-34}$ J.s)

• Davisson ile Germer elektronun da kırınıma uğradığını ve dalga özelliği gösterdiğini yapmış oldukları deneyle ispatlamışlardır.

Belirsizlik İlkesi (Heisenberg)

• Heisenberg, atomlardan küçük taneciklerin davranışlarını belirlemede ışığın etkisini incelerken

$\Delta x \cdot \Delta v \geq \frac{h}{4\pi m}$ formülü ile taneciğin aynı anda konumunun ve hızının tam olarak ölçülemeyeceğini ortaya koydu.

• Böylece Bohr atom modelinde belirtilen yörünge kavramının hiçbir şekilde deneysel olarak ispatlanamayacağı anlaşıldı.

• Belirsizlik ilkesi ile elektronun belli bir dairesel yörüngede değil üç boyutlu olarak elektronun yörünge dışındaki bölgelerde de hareket edebileceği ortaya konulmuştur.

• Yörünge yerine elektronun bulunabilme olasılığının olduğu bölgelerden (elektron bulutları halinde) söz edilebilir.

Schrödinger Dalga Fonksiyonları

• E. Schrödinger, de Broglie'nin hipotezinden faydalanan dalga davranışı gösteren tüm taneciklerin hareketlerinin hesaplanabileceği matematiksel eşitlikler üretti. Bu çalışmalar dalga mekaniği olarak adlandırılır.

• Schrödinger'in hesapladığı elektronların bulunma ihtimalinin olduğu bölgelere orbital adı verildi.

• Bütün açıklamalardan sonra elektronu tanecik olarak düşünürsek orbital, atomun içinde elektronların bulunma olasılıklarının yüksek olduğu bölgeyi ifade eder. Elektronu dalga olarak düşündüğümüzde ise orbital, yük yoğunluğunun yüksek olduğu bölgeyi belirtir.

3. Atomun Kuantum Modeli

a. Kuantum Sayıları ve Orbitaler

• Çekirdeğin çevresindeki herhangi bir elektronun durumu dalga mekaniğine dört kuantum sayısı ile belirlenir.

Baş Kuantum Sayısı

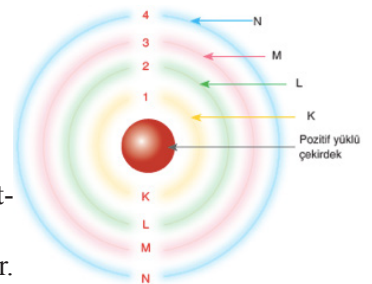
• "n" ile gösterilir.

• Elektronun atom içinde uzun süre kaldığı bölgelere kabuk adı verilir.

• Baş kuantum sayısı, elektronun bulunduğu kabukları veya enerji düzeyini gösterir.

• Elektronların çekirdekten ortalama uzaklığını belirler.

• Baş kuantum sayısının değeri büyüdükçe elektronun enerjisi artar ve çekirdekten uzaklaşır.



Açısal Momentum (orbital) Kuantum Sayısı

• "l" ile gösterilir.

• "l" değerleri, elektronların bulunduğu kabuklar içindeki alt kabukları belirler.

- 0 ile $n-1$ arasındaki tam sayılar kadar değer alabilir.
 $l = 0, 1, 2 \dots (n-1)$
 $n=1$ ise $l=0$
 $n=2$ ise $l=0$ ve $l=1$
 $n=3$ ise $l=0, l=1$ ve $l=2$
- l 'nin her bir sayısal değerine karşılık s, p, d, f gibi harflerle gösterilir.

Açısal momentum kuantum sayısı	İngilizce sıfatı/ (Türkçesi)	Alt kabuk sembolü
$l = 0$	Sharp (keskin)	s
$l = 1$	Principal (asıl)	p
$l = 2$	Diffuse (yayılmış)	d
$l = 3$	Fundamental (temel)	f

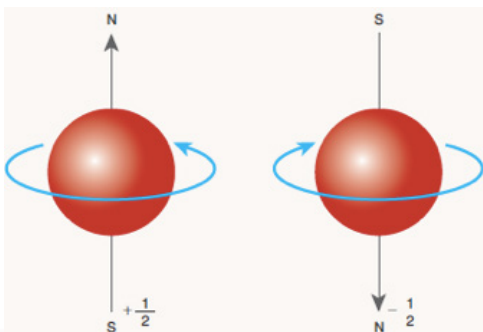
- Orbitallerin şeklini ve bu şekil farkı ile oluşan enerji seviyelerindeki değişimleri belirtir.

Manyetik Kuantum Sayısı

- m_l ile gösterilir.
- Orbitalin uzaydaki yönelmesini gösterir.
- $(2l + 1)$ kadar farklı değer alır ve alt kabuktaki orbitalerin sayısını belirler.
- m_l 'nin alabileceği değerler $-l$ 'den $+l$ 'ye kadardır.
 $l=0$ için $m_l=0$ olur.
 $l=1$ için $m_l = -1, 0, +1$ olur
 $l=2$ için $m_l = -2, -1, 0, +1, +2$ olur.

Spin Kuantum Sayısı

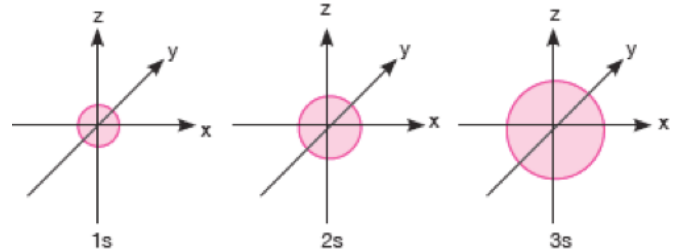
- m_s ile gösterilir.
- Bir orbitaldeki elektronların kendi eksenleri etrafında dönme yönünü belirtir.
- Dönme hareketi bir birine zıt iki yönde olur.
- $m_s = +1/2$ veya $m_s = -1/2$ değerlerini alabilir.
- Spin kuantum sayısı, her orbitalde ancak iki elektronun



a. Orbitallerin Türleri ve Şekilleri

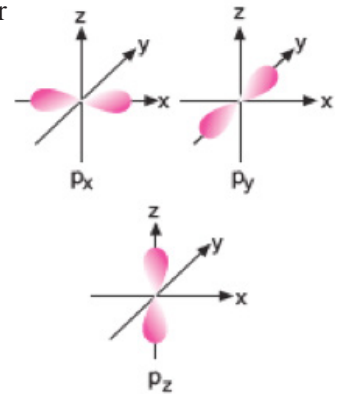
s Orbitalleri

- Çekirdekten uzaklaştıkça elektron yoğunluğu azalan küre biçimindeki orbitallerdir.
- Her enerji seviyesinde bir tane s orbitali bulunur.
- En fazla 2 elektron alır.



p Orbitalleri

- $n=2$ düzeyinden itibaren her enerji seviyesinde bulunur.
- $l=1$ değeri p orbitallerini ifade eder.
- $l=1$ değerine karşılık gelen 3 tane m_l değeri $(-1, 0, +1)$ olduğundan üç çeşit p orbitali vardır.
- Şekil ve enerji bakımından özdeş olan aynı baş kuantum sayısına sahip üç orbitalin yönelimleri farklıdır.
- En fazla 6 elektron alabilirler.



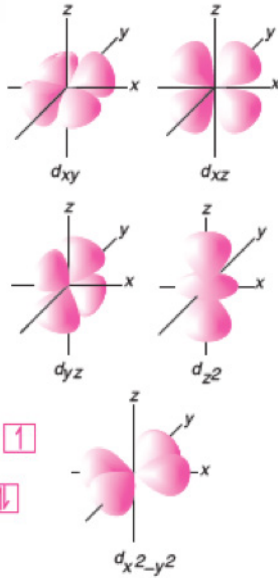
d Orbitaleri

1. ve 2. enerji temel enerji seviyelerinde d orbitali bulunmaz.

$l=2$ değeri d orbitalini ifade etmektedir.

$l=2$ değerine karşılık gelen beş m_l değeri (-2,-1,0,+1,+2) olduğundan 5 çeşit d orbitali vardır.

En fazla 10 elektron alabilir.



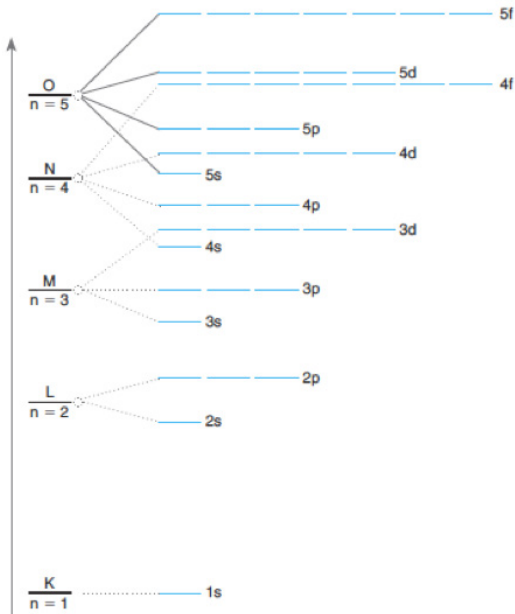
b. Çok Elektronlu Atomlarda Orbitalerin Enerji Sırası

Bir atomun toplam enerjisi sadece orbital enerjilerinin toplamına bağlı değil aynı zamanda bu orbitallerde yer alan elektronlar arası itme çekme kuvvetlerine de bağlıdır.

Orbitalerin enerjisi $(n + l)$ toplamının artmasıyla yükseilir.

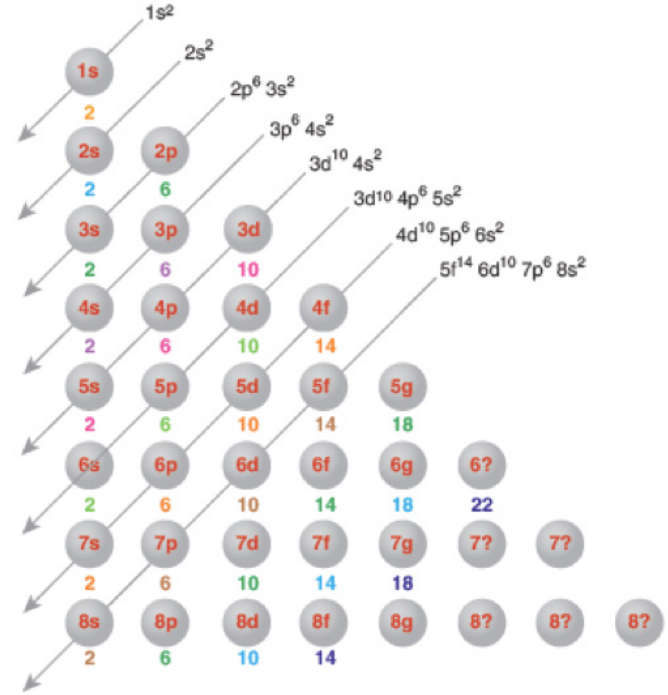
$(n + l)$ toplamı aynı olursa n sayısı büyük olan orbitalin enerjisi büyüktür.

	1s	2s	2p	3s	3p	4s	3d	4p	5s	4d	5p	6s
n	1	2	2	3	3	4	3	4	5	4	5	6
l	0	0	1	0	1	0	2	1	0	2	1	0
n+l	1	2	3	3	4	4	5	5	5	6	6	6



Çok elektronlu bir atomda katman ve alt katmanların enerji düzeylerini gösteren diyagram

Elektronlar orbitallere, atomun enerjisi en az olacak şekilde yerleşir.



Atomda elektronların alt kabuklara yerleşimi ve bir orbitalin alabileceği maksimum elektron sayısı

Çekirdeğe en yakın orbitallerde bulunan elektronlar, çekirdeğin daha dış orbitallerde bulunan elektronlara uyguladığı çekim etkisini azaltır. Bu durum, çekirdeğe yakın elektronların perdelenmesi olarak isimlendirilir.

Aufbau İlkesi

Elektronlar orbitallere yerleşirken öncelikle enerjisi en düşük yani çekirdeğe en yakın orbitalleri doldururlar. Bu nedenle elektronlar 1s den başlayarak enerjisi düz-
gün bir şekilde artacak şekilde sıralanır.

Pauli Dışlama İlkesi

Bir atomun herhangi iki elektronu, aynı dört kuantum sayısına sahip olamaz.

Bir orbital en fazla iki elektron alabilir ve bu elektronlar zıt spinlidir.

Pauli ilkesine göre s, p, d, f orbitallerinde;

s orbitali: en fazla 2 elektron bulundurabilir.

p orbitali: en fazla 6 elektron bulundurabilir.

d orbitali: en fazla 10 elektron bulundurabilir.

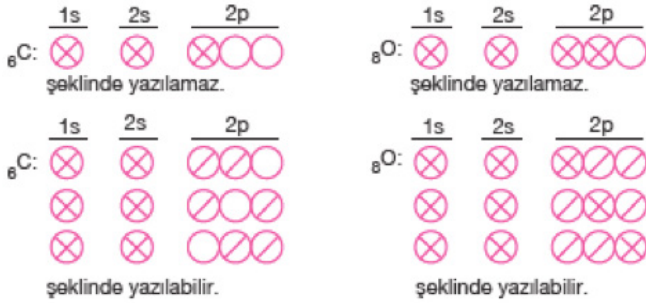
f orbitali: en fazla 14 elektron bulundurabilir



${}^2\text{He}: 1s^1$	n	ℓ	m_ℓ	m_s	
$\uparrow\uparrow$	1	0	0	+1/2	olmaz
	1	0	0	+1/2	
$\uparrow\downarrow$	1	0	0	-1/2	
	1	0	0	-1/2	
$\uparrow\downarrow$	1	0	0	+1/2	olur
	1	0	0	-1/2	

Hund Kuralı

Elektronlar eş enerjili orbitallere önce biber birer yerleşir. Bütün eş enerjili orbitaller birer elektron aldıktan sonra ikinci elektronlar ters spinli olma koşuluyla yerleşmeye başlar.

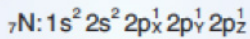


c. Atomların ve İyonların Elektron Dizilimleri

Element atomlarda elektron dağılımları; kısaltılmış spdf, genişletilmiş spdf ve orbital diyagramı olarak üç farklı şekilde gösterilebilir.



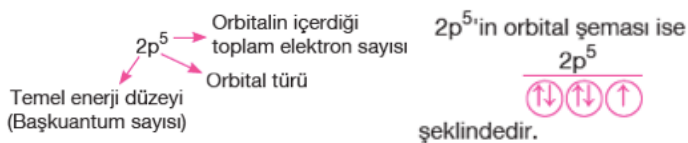
kısaltılmış spdf



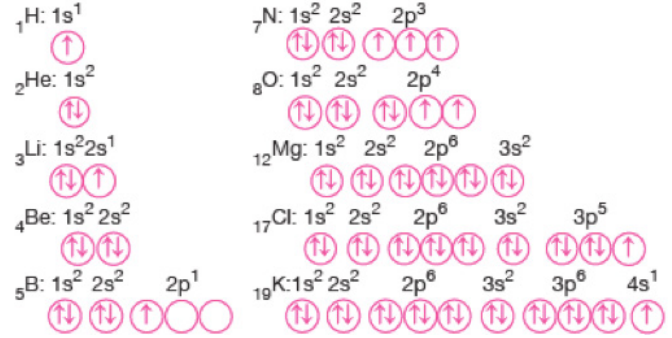
genişletilmiş spdf



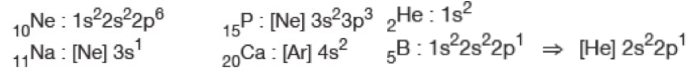
Atomların elektron dizilimleri yazılırken orbital sembollerinin önüne, orbitalin bulunduğu temel enerji düzeyinin numarası (baş kuantum sayısı) yazılır. Orbitalin sembolünün sağ üst indis olarak içerdiği elektron sayısı yazılır.



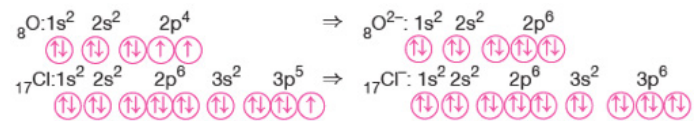
Orbitallerin enerji sıralamaları, alabildikleri en fazla elektron sayıları ve elektronların orbitalere yerleşim sıralaması; $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^{10} 5p^6 \dots$



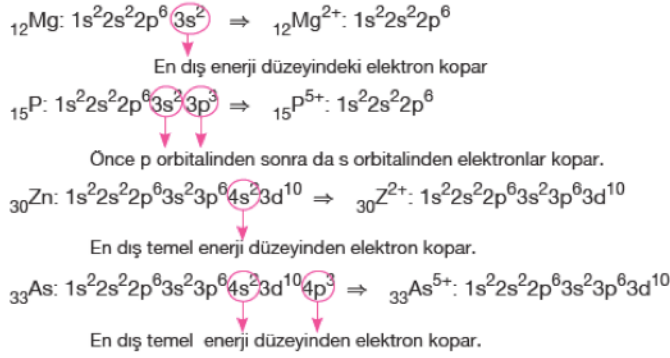
Atomların elektron dağılımları soy gazlardan faydalanarak daha kısa şekilde gösterilebilir. Bunun için elementlerin elektron diziliminde en büyük atom numarasına sahip hangi soy gaz bulunuyorsa, o soy gazın sembolü yazılır ve devamında kalan elektronlar orbitalere yerleştirilir.



İyonların elektron dizilimi, atomun aldığı ya da verdiği elektron sayıları göz önünde bulundurularak düzenlenir. Atomlar elektron aldıklarında, elektronlar boş veya yarı dolu orbitallere enerjisi en düşük orbitalden başlayarak yerleşirler.



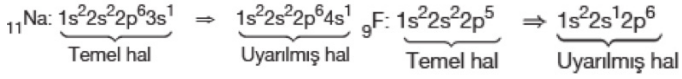
Atomlar elektron verdiklerinde elektron öncelikle en büyük temel enerji seviyesinden kopar.



Uyarılmış Hal ve Temel Hal

Elektronların en düşük enerjili kararlı haline **temel hal** denir.

Temel haldeki bir atoma dışarıdan enerji verildiğinde elektronların en az bir tanesinin daha yüksek seviye-
sindeki bir orbitale ya da aynı yörüngede daha yüksek
enerjili bir orbitale gitmesi durumuna **uyarılmış hal** denir.

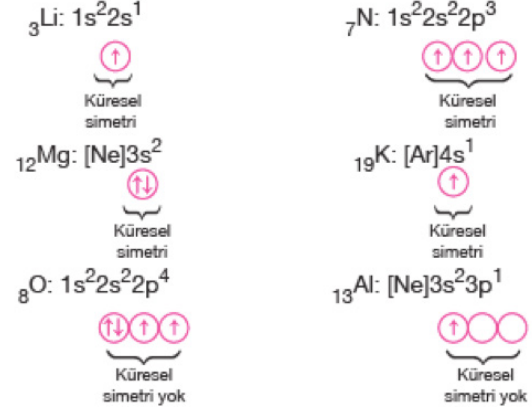


Uyarılmış atomların;

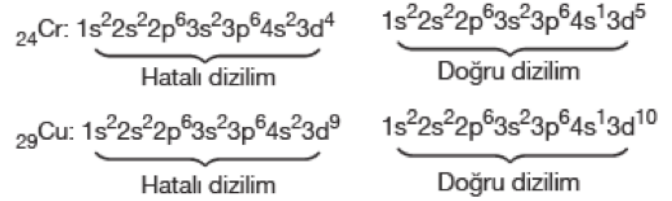
- Kimyasal özellikleri aynıdır.
- Fiziksel özellikleri farklıdır.
- Kararsızdırlar.
- Periyodik cetveldeki yeri, grubu, bloğu değişmez
- Uyarılmış halde bulunan atomdan daha az enerjiyle elektron koparılabilir.
- Uyarılmış atomlar temel hale geçerken enerji yayarlar.
- Uyarılmış bir atomun hacim ve aktifliği değişir.

Küresel Simetri

- Bir atomun elektron dizilimindeki en son orbital türünün tam dolu veya yarı dolu olması, atoma küresel simetri özelliği kazandırır.
- Elektron dizilimleri $s^1, s^2, p^3, p^6, d^5, d^{10}, f^7, f^{14}$ ile sonlanan atomlar küresel simetrik.
- Küresel simetri özelliği gösteren atomlar daha kararlıdır ve elektron koparmak için daha fazla enerji gerekir.



İstisna: elektron dizilimi $s^2 d^4$ ya da $s^2 d^9$ ile sona ermesi gereken atomlar küresel simetrik özellik gösterip $s^1 d^5$ ve $s^1 d^{10}$ şeklinde biter.



Atomun Kuantum Modeli

A. Aşağıdaki ifadelerden doğru olanları “D”, yanlış olanları “Y” olarak işaretleyiniz.

1. (.....) L. De Broglie ve E. Schrödinger hareket eden maddesel parçacıkların dalga gibi davranabileceğini ileri sürerek dalga mekaniğini oluşturdular.
2. (.....) Pücker, fotonun enerjisini veren Plank ve Einstein’ın kütlenin enerjiye dönüşümünü veren bağıntıları eşitleyerek ışık hızı ile hareket eden ve kütlesi olan bir taneciğin yaptığı dalga hareketinin dalga boyunu veren yeni bir bağıntı elde etti.
3. (.....) Davisson ile Germer elektronun da kırınıma uğradığını ve dalga özelliği gösterdiğini yapmış oldukları deneyle ispatlamışlardır.
4. (.....) Belirsizlik ilkesi ile elektronun belli bir dairesel yörüngede hareket edebileceği ortaya konulmuştur.
5. (.....) Schrödinger’in hesapladığı elektronların bulunma ihtimalinin olduğu bölgelere yörünge adı verildi.
6. (.....) Baş kuantum sayısı, elektronun bulunduğu kabukları veya enerji düzeyini gösterir.
7. (.....) Elektronların en düşük enerjili kararlı haline uyarılmış hal denir.
8. (.....) Uyarılmış hal atomun en kararlı halidir.
9. (.....) Uyarılmış atomların kimyasal özellikleri aynı ve fiziksel özellikleri farklıdır.
10. (.....) Uyarılmış atomların periyodik cetveldeki yeri, grubu, bloğu değişmez.

B. Aşağıdaki boşlukları uygun ifadelerle doldurunuz.

1. Bir atomun elektron dizilimindeki en son orbital türünün tam dolu veya yarı dolu olması, atoma özelliği kazandırır.
2. Küresel simetri özelliği gösteren atomlar daha ve elektron koparmak için daha fazla enerji gerekir.
3. kuralına göre elektronlar eş enerjili orbitallere önce biber birer yerleşir. Bütün eş enerjili orbitaller birer elektron aldıktan sonra ikinci elektronlar ters spinli olma koşuluyla yerleşmeye başlar.
4. Pauli dışlama ilkesine göre bir atomun herhangi iki elektronu, aynı dört kuantum sayısına sahip olarak isimlendirilir.
5. Çekirdeğe en yakın orbitallerde bulunan elektronlar, çekirdeğin daha dış orbitallerde bulunan elektronlara uyguladığı çekim etkisini azaltır. Bu durum, çekirdeğe yakın elektronların olarak isimlendirilir.
6. Orbitallerin enerjisi $(n + l)$ toplamının artmasıyla yükselir. $(n + l)$ toplamı aynı olursa sayısı büyük olan orbitalin enerjisi büyüktür.
7. d orbitali en fazla elektron alabilir.
8. Elektronlar orbitallere, atomun enerjisi olacak şekilde yerleşir.
9. kuantum sayısı orbitalin uzaydaki yönelmesini gösterir.
10. kuantum sayısı elektronların çekirdekteki ortalama uzaklığını belirler.

C. Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Oğuzhan Özyakup’un Cenk Tosun’a attığı ara pasının da kütlesi 0.3 kg olan topun 20 m/s hızla hareket ederken ki dalga boyu kaç metredir? ($h=6.6 \times 10^{-34}$ J.s)

2. Kuantum sayısı kaç tanedir? İsimlerini yazınız?

3. Orbital nedir? s orbitalinin iki tane özelliğini yazar mısınız?
4. ${}_8\text{O}$, ${}_{22}\text{Ti}$ ve ${}_{24}\text{Cr}$ atomlarının elektron dağılımlarını yazınız
5. ${}_3\text{Li}$, ${}_6\text{C}$, ${}_{10}\text{Ne}$ ve ${}_{15}\text{P}$ atomları küresel simetri özelliği gösterir mi? Açıklayınız.
6. Temel hal ve uyarılmış hal nedir? açıklayınız.
7. $l=2$ ve $n=3$ kuantum sayısına karşılık gelen orbital hangisidir?
8. $n=3$, $m_l = -2$ olan bir orbital için açısal momentum kuantum sayısı nedir?
9. ${}_{16}\text{S}$ elementinde $l=1$ kuantum sayısına sahip en fazla kaç elektron vardır?
10. ${}_6\text{C}$ elementinde $m_l=0$ kuantum sayısına sahip en fazla kaç elektron vardır?

D. Doğru cevapları işaretleyiniz.

1. Taneciklerin aynı anda konumunun ve hızının tam olarak ölçülemeyeceğini ortaya koyan bilim adamı kimdir?

- A) Schrödinger B) Heisenberg C) Plank
D) de Broglie E) Einstein

2. Aşağıdaki ifadelerden hangisi yanlıştır?

- A) Davisson ile Germer elektronun da kırınımına uğradığını ve dalga özelliği gösterdiğini yapmış oldukları deneyle ispatlamışlardır.
B) Belirsizlik ilkesi ile elektronun belli bir dairesel yörüngede değil üç boyutlu olarak elektronun yörünge dışındaki bölgelerde de hareket edebileceği ortaya konulmuştur.
C) Yörünge yerine elektronun bulunabilme olasılığının olduğu bölgelerden (elektron bulutları halinde) söz edilebilir.
D) Schrödinger'in hesapladığı elektronların bulunma ihtimalinin olduğu bölgelere yörünge adı verildi.
E) L. De Broglie ve E. Schrödinger hareket eden maddesel parçacıkların dalga gibi davranabileceğini ileri sürerek dalga mekaniğini oluşturdular.

3.

- I. Baş kuantum sayısı elektronların çekirdeğe olan ortalama uzaklığını belirler.
II. Manyetik kuantum sayısı orbitalin uzaydaki yönelmesini gösterir.
III. Açısal kuantum sayısı, elektronların bulunduğu kabuklar içindeki alt kabukları belirler.

Yargılarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III
D) II ve III E) I, II ve III

4.

- I. 3p
II. 3d
III. 4s

Yukarıda verilen orbitallerin enerjilerini büyüten küçüğe doğru sıralayınız.

- A) III > II > I B) III > I > II C) II > III > I
D) I > II > III E) II > I > III

5. 4s orbitali için uygun olan l ve n değeri aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- | | l | n |
|----|---|---|
| A) | 0 | 4 |
| B) | 4 | 0 |
| C) | 1 | 4 |
| D) | 0 | 1 |
| E) | 2 | 0 |

6. $n=3$ ve $m_l = +2$ kuantum sayılarına sahip olan bir orbital için açısal momentum kuantum sayısı aşağıda verilen değerlerden hangisini alır?

- A) 0 B) 1 C) 2 D) 3 E) 4

7. Aşağıdaki elementlerden hangisi küresel simetri özelliği göstermez?

- A) ${}_3\text{Li}$ B) ${}_4\text{Be}$ C) ${}_{11}\text{Na}$ D) ${}_{12}\text{Mg}$ E) ${}_{14}\text{Si}$

8. ${}_5\text{B}$ elementinin $m_s = -1/2$ kuantum sayısına sahip en fazla kaç elektronu vardır?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

9. Aşağıdaki elektron dizilimlerinden hangisi yanlıştır?

- A) ${}_3\text{Li}: 1s^2 2s^1$
B) ${}_9\text{F}: 1s^2 2s^2 2p^5$
C) ${}_{21}\text{Sc}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^1$
D) ${}_{24}\text{Cr}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$
E) ${}_{30}\text{Zn}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 4d^{10}$

10. 3. Temel enerji düzeyi ile ilgili;

- I. Sadece s ve p orbitallerine sahiptir.
II. 7 elektronla dolar.
III. Toplam 9 tane orbital içerir.

Yargılarından hangileri yanlıştır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II

Cevaplar

A.

1-D, 2-Y, 3-D, 4-Y, 5-Y, 6-D, 7-Y, 8-Y, 9-D, 10-D

B.

1-Küresel Simetri, 2-Kararlı, 3-Hund, 4-Olamaz, 5-Perdeleme, 6-n, 7-On, 8-En az, 9-Manyetik, 10-Baş

C.

1- 10^{-34}m

2- I. Baş kuantum sayısı, II. Açısal momentum kuantum sayısı, III. Manyetik kuantum sayısı, IV. Spin kuantum sayısı,

3- Elektronların bulunma ihtimalinin olduğu bölgelere orbital denir. s orbitali; en fazla 2 elektron alabilir, küre biçiminde bir orbitaldir.

4- ${}_8\text{O}$: $1s^2 2s^2 2p^4$, ${}_{22}\text{Ti}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^2$, ${}_{24}\text{Cr}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^5$

5- ${}_3\text{Li}$: $1s^2 2s^1$ küresel simetrik, ${}_6\text{C}$: $1s^2 2s^2 2p^2$ küresel simetrik değil, ${}_{10}\text{Ne}$: $1s^2 2s^2 2p^6$ küresel simetrik,

${}_{15}\text{P}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$ küresel simetrik.

6- Elektronların en düşük enerjili kararlı haline temel hal denir. Temel haldeki bir atoma dışarıdan enerji verildiğinde elektronların en az bir tanesinin daha yüksek seviyesindeki bir orbitale ya da aynı yörüngede daha yüksek enerjili bir orbitale gitmesi durumuna uyarılmış hal denir.

7- 3d,

8- $l=2$,

9- ${}_{16}\text{S}$: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$ $l=1$ orbitalleri p orbitalidir. Toplam 10 e var.

10- ${}_6\text{C}$: $1s^2 2s^2 2p^2$ $m_l=0$ kuantum sayısına sahip en fazla 5 elektron vardır.

D.

1-B, 2-D, 3-E, 4-C, 5-A, 6-C, 7-E, 8-C, 9-E, 10-C