

CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA

META

Apresentar a configuração eletrônica dos elementos e identificar um elétron através de seus números quânticos.

OBJETIVOS

Ao final desta aula, o aluno deverá:

definir e distinguir os quatro números quânticos;

escrever a configuração eletrônica dos átomos dos elementos nas camadas, subcamadas e orbitais atômicos;

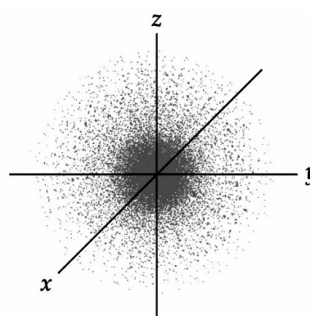
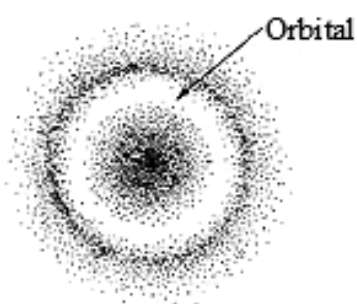
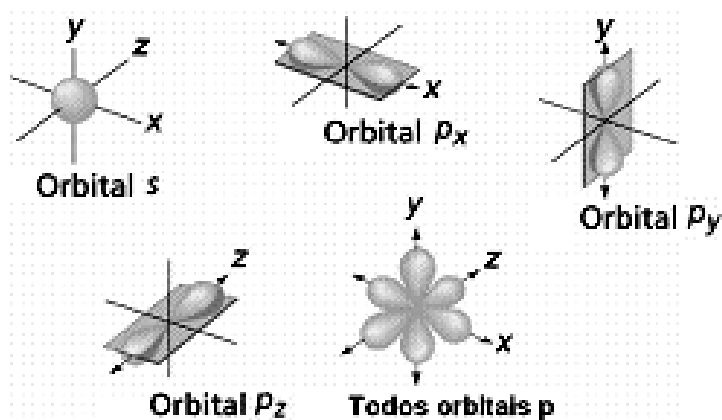
descrever o Princípio e Exclusão de Pauli e a Regra de Hund;

escrever a configuração eletrônica de cátions e ânions dos átomos, dos elementos representativos e de transição nas camadas, subcamadas e orbitais atômicos;

e distinguir paramagnetismo e diamagnetismo.

PRÉ-REQUISITOS

Número atômico, número de massa e massa atômica.

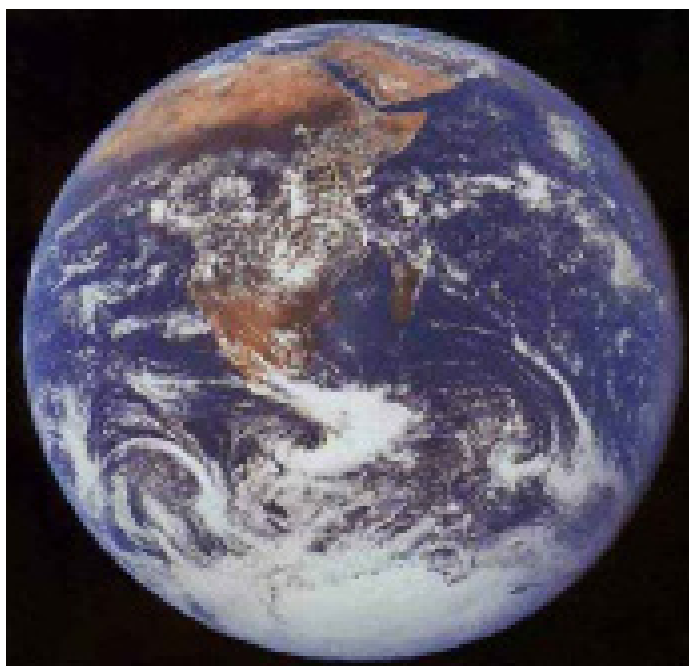


INTRODUÇÃO

Números quânticos

Conjunto de quatro números inteiros que definem as propriedades de um orbital atômico.

O modelo atômico atual utiliza os **números quânticos** para identificar a camada, a subcamada e o orbital em que se encontra um elétron. De acordo com a mecânica quântica, são necessários três números quânticos - principal, de momento angular e magnético -, para descrever a distribuição eletrônica nos átomos. Demonstrou-se, experimentalmente, que um elétron gira sobre si mesmo do mesmo modo como a Terra gira sobre seu eixo. De acordo com o eletromagnetismo, uma partícula com carga elétrica, ao girar sobre si mesma, gera um campo magnético, comportando-se como se fosse um ímã. A figura mostra os dois únicos possíveis movimentos de um elétron. Esses movimentos, chamados de spins, constituem o quarto número quântico que tem os valores $+1/2$ e $-1/2$. O número quântico spin descreve o comportamento, particular de um elétron, completando, dessa maneira, a descrição dos elétrons nos átomos.



(Fonte: <http://ambiente.dec.uc.pt>).

Nº. QUÂNTICOS

Os números quânticos são uma espécie de carteira de identidade de um elétron. É a maneira que temos para identificar elétrons e descrever orbitais atômicos.

NÚMERO QUÂNTICO PRINCIPAL (N)

O número quântico principal está relacionado com a distância média entre um elétron e o núcleo em um determinado orbital. Quanto maior for n , maior e menos estável é o orbital do elétron. O número quântico principal pode ter como valores números inteiros que vão de 1, 2, 3 até o infinito. O número quântico principal também relaciona o nível ou camada eletrônica em que se encontra um elétron.

NÚMERO QUÂNTICO DE MOMENTO ANGULAR (L)

O número quântico de momento angular, ou número quântico azimutal, está relacionado com a forma dos orbitais. Os elétrons de uma determinada camada eletrônica podem ser distribuídos em subcamadas ou sub-níveis de energia caracterizadas por diferentes valores de l . Diferentes valores de l correspondem a diferentes orbitais de formato diferentes. Os valores de l dependem do valor do número quântico principal e são números inteiros que variam de 0 a $(n-1)$. Se $n = 1$, só pode haver um único possível valor de l : $l = 1-1 = 0$. Se $n = 2$, podem existir duas subcamadas com diferentes valores de l 0 e 1. Os valores de l são geralmente designados pelas letras s, p, d, f, \dots

l	subcamada
0	s
1	p
2	d
3	f

Tabela 1. Designação das subcamadas com relação ao número quântico de momento angular (l)

A designação dos orbitais pelas letras s, p, d, f tem origem nos estudos dos espectros de emissão dos átomos. Ao estudar esses espectros, os físicos observaram que, quando excitados eletronicamente, os átomos emitiam radiação na forma de linhas ao retornarem a seu estado fundamental de energia. Perceberam que algumas dessas linhas eram estreitas e denominaram de s do inglês *sharp*. Outras bem definidas ou fortes p do inglês *principal*. Algumas espalhadas ou difusas, d , do inglês *diffuse* e f de *fundamental*.

Orbitais com mesmo valor de n são chamados de camadas, e orbitais com mesmo valor de l são denominados de subcamadas. Por exemplo, uma

subcamada com $l=0$ é denominada de subcamada s . Se $l=1$, é denominada de subcamada p . Por exemplo, uma camada com $n=2$ é formada pelas subcamadas $l=0$ e $l=1$, ou $2s$ e $2p$. Nessas subcamadas, 2 representa o valor de n e s e p simboliza os valores de l .

NÚMERO QUÂNTICO MAGNÉTICO (ML)

O número quântico magnético está relacionado à orientação espacial dos orbitais dentro de uma subcamada. Os valores de ml estão limitados pelos valores de l e podem variar de $-l$ a $+l$ incluindo 0. Para um certo valor de l , existem $(2l+1)$ orbitais atômicos, cujos valores são:

subcamada	l	números orbitais
s	0	1
p	1	3
d	2	5
f	3	7

Tabela 2: Número de orbitais atômicos contidos nas subcamadas

Se $l=0$, 1 orbital e $ml=0$. Se $l=1$, 3 orbitais e $ml=-1, 0 +1$. Se $l=2$, 5 orbitais e $ml=-2, -1, 0, +1, +2$ (variam de $-l$ a $+l$ passando por 0).

NÚMERO QUÂNTICO SPIN (MS)

O número quântico *spin* está relacionado com o movimento de rotação dos elétrons em um orbital. Veremos mais adiante que um orbital só pode conter, no máximo, dois elétrons e de *spins* opostos. *Spin* de um elétron é seu movimento de rotação que pode assumir os valores de $+1/2$ e $-1/2$. Para identificar, sem sombra de dúvidas, um elétron, são necessários quatro números quânticos.

n	l	ml	Designação dos orbitais (total)	Total de orbitais na camada $=n^2$
1	0	0	$1s$ (1)	1
2	0	0	$2s$ (1)	4
	1	-1,0,+1	$2p$ (3)	
3	0	0	$3s$ (1)	9
	1	-1,0,+1	$3p$ (3)	
	2	-2,-1,0,+1,+2	$3d$ (5)	
4	0	0	$4s$ (1)	16
	1	-1,0,+1	$4p$ (3)	
	2	-2,-1,0,+1,+2	$4d$ (5)	
	3	-3,-2,-1,0,+1,+2,+3	$4f$ (7)	

Tabela 3: Relação entre os números quânticos e orbitais atômicos

Exemplo 1

Escrever os valores de n , l e m_l para os orbitais na subcamada 5d.

Resolução: como vimos, o número quântico principal é o número que designa a subcamada, $n=5$. Como se trata de orbitais d , $l=2$. Os valores de m_l podem variar de $-l$ a $+l$ incluindo 0, ou seja: -2, -1, 0, +1, +2.

Exemplo 2

Quantos orbitais existem em uma camada com número quântico principal $n=4$?

Resolução: para $n=4$, são possíveis os seguintes valores de l : 0, 1, 2 e 3, correspondentes às subcamadas s, p, d e f . A subcamada s possui 1 orbital, a p 3 orbitais a d 5 orbitais e f , 7 orbitais que somados totalizam 16 orbitais.

CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA

O diagrama representado na figura 1 ajuda a escrever em ordem crescente de energia o preenchimento eletrônico nos orbitais atômicos.

1s			
2s	2p	3d	
3s	3p	4d	4f
4s	4p	5d	5f
5s	5p	6d	
6s	6p		
7s			

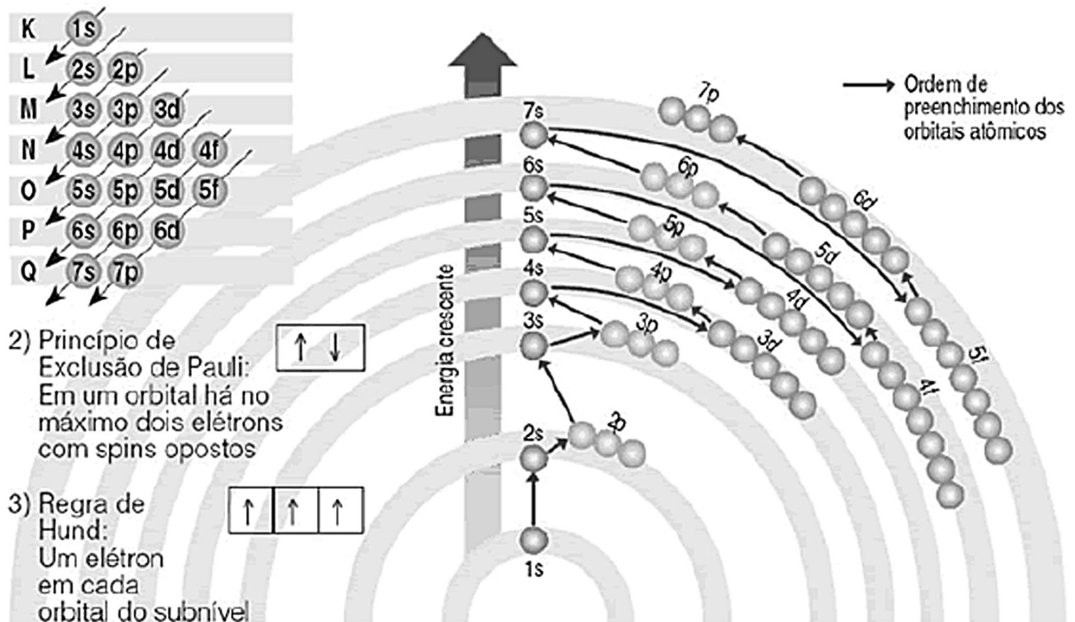


Figura 1. Ordem de preenchimento dos orbitais atômicos

Os quatro números quânticos permite nos identificar completamente um elétron em um orbital atômico.

PRINCÍPIO DA EXCLUSÃO DE PAULI

Em 1925, o físico austríaco Wolfgang Pauli (1900-1958) enunciou um princípio que serviu como guia para o preenchimento de elétrons em orbitais atômicos. “Em um mesmo átomo dois elétrons não podem conter o mesmo conjunto dos quatro números quânticos”.

Princ. da exclusão de Pauli

Em um mesmo orbital, dois elétrons não podem ter o mesmo conjunto dos quatro números quânticos.

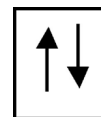
Exemplo 3

Determine o conjunto dos quatro números quânticos para os dois elétrons do He.

Resolução: a única maneira de distribuir 2 elétrons no orbital 1s do átomo de He levando em conta o **Princípio da Exclusão de Pauli**, dois elétrons não podem ter o mesmo conjunto dos quatro números quânticos, é:



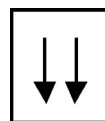
$$\begin{array}{llll} n=1 & l=0 & ml=0 & m_s=+1/2 \text{ (para o elétron)} \\ n=1 & l=0 & ml=0 & m_s=-1/2 \text{ (para o elétron)} \end{array}$$



Se a distribuição fosse da maneira seguinte, nos dois casos, os valores de ml seriam iguais.

Diamagnéticas

Propriedade de ser fracamente repelido por um campo magnético.



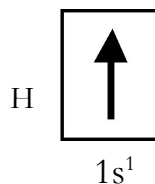
Paramagnéticas

Propriedade de ser atraído por um campo magnético.

DIAMAGNETISMO E PARAMAGNETISMO

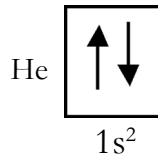
Diamagnéticas são substâncias fracamente repelidas por um ímã. **Paramagnéticas** são substâncias que são atraídas por um ímã. Experiências comprovam que átomos de hidrogênio, com um elétron 1s¹, são paramagnéticos.

O átomo de hidrogênio tem a seguinte configuração orbital:



É bom sempre ter em mente que todo átomo com número ímpar de elétrons é paramagnético.

É comprovado experimentalmente que o átomo de hélio, com dois elétrons $1s^2$, é diamagnético. A configuração do átomo de He é:

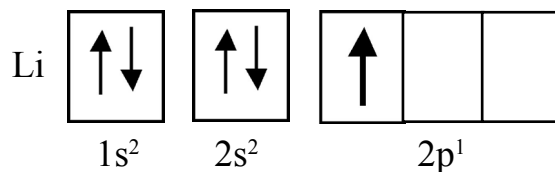


Entretanto, átomos com número par de elétrons podem ser diamagnéticos ou paramagnéticos.

Regra de Hund

“O arranjo mais estável dos elétrons nas subcamadas é aquele que contém o maior número de spins paralelos”.

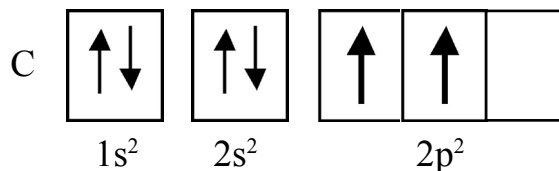
A configuração eletrônica do boro é $1s^2s^2p^1$, ou



As subcamadas 1s e 2s possuem 2 elétrons emparelhados e a 2p, 1 elétron desemparelhado.

A configuração eletrônica do carbono é $1s^2s^2p^2$.

O único arranjo possível que não viola a Regra de Hund é



CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA

O princípio utilizado para se distribuir elétrons em camadas, subcamadas e orbitais é fazê-lo em ordem crescente de energia, ou seja, em ordem crescente de $n+l$. O diagrama representado na figura 1 ajuda em muitos casos essa distribuição.

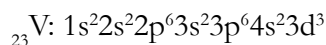
Regra de Hund

O arranjo mais estável de elétrons em orbitais é aquele com o máximo de elétrons desemparelhados com spins paralelos.

Exemplo 3

Escreva a configuração eletrônica do vanádio nas camadas e subcamadas de energia, dê o conjunto dos quatro números quânticos do primeiro elétron escrito no orbital de maior energia e o comportamento magnético.

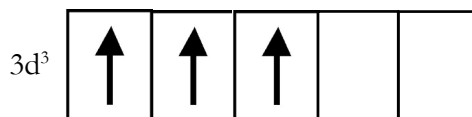
Resolução: na tabela periódica encontramos que o número atômico do vanádio é 23. Por se tratar de um átomo neutro, possui o número de elétrons igual ao de prótons, 23. Com a ajuda do diagrama representado na figura 1 faremos a distribuição eletrônica desses 23 elétrons nas camadas e subcamadas.



Para distribuir elétrons nas camadas, basta observar os valores de n na distribuição acima para concluir:

camada:	1: 2 elétrons
	2: 8 elétrons
	3: 11 elétrons
	4: 2 elétrons

A subcamada de maior energia é 3d, cuja representação orbital é:



$n=3; l=2; m_l = -2 \quad m_s = +1/2$ (note que escolhemos arbitrariamente o valor de $m_s = +1/2$ para a seta apontando para cima. Entretanto, se você optar para o valor de $m_s = -1/2$ para a seta apontando para cima, é também perfeitamente correto. Se, em um orbital, existirem dois elétrons, obrigatoriamente terão spins opostos.

CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA DE ÍONS**Cátions**

Átomo ou grupo de átomos que perdeu elétrons. Possui carga elétrica positiva.

Ânions

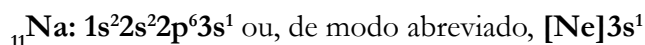
Átomo ou grupo de átomos que ganhou elétrons. Possui carga elétrica negativa.

Em um átomo neutro, o número de prótons é igual ao de elétrons. Quando átomos perdem elétrons, transformam-se em **cátions**, espécies com carga elétrica positiva, e quando ganham elétrons transformam-se em **ânions**, espécies com carga elétrica negativa. O procedimento que faremos uso para escrever a configuração eletrônica de cátions e ânions é muito semelhante ao que utilizamos para os átomos neutros, isto é, sem carga elétrica.

Para uma melhor compreensão, vamos agrupar os cátions e ânions em duas categorias.

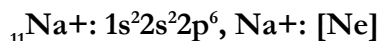
CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA DE CÁTIOS E ÂNIOS OBTIDOS A PARTIR DE ELEMENTOS REPRESENTATIVOS

Elementos representativos são os elementos dos grupos IA a 7A. Vejamos a distribuição eletrônica do elemento representativo sódio:

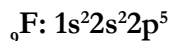


Na formação de um cátion a partir de um elemento representativo, o átomo neutro perde um ou mais elétrons de modo a assumir a configuração eletrônica do gás nobre mais próximo.

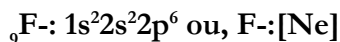
Então, ao perder um elétron, o Na transforma-se no cátion Na^+ , cuja configuração eletrônica é:



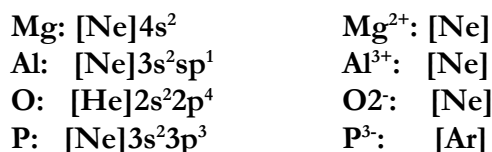
Observe bem a configuração eletrônica do F:



Para assumir a configuração eletrônica do gás nobre mais próximo, o Ne: $1s^2 2s^2 2p^6$, é necessário receber um elétron. Então,



Outros exemplos:



CONFIGURAÇÃO ELETRÔNICA DE CÁTIOS OBTIDOS A PARTIR DE METAIS DE TRANSIÇÃO

Elementos de transição são elementos cujos átomos possuem elétrons nas subcamadas *d* ou *f*. São elementos do quarto ao sétimo período. Os elementos de transição são divididos em dois grupos: os que possuem elétrons na subcamada *d*, chamados de elementos de transição, e os que possuem elétrons na subcamada *f*, chamados de elementos de transição interna. Os elementos de transição interna são subdivididos em dois grupos:

Elementos representativos

Elementos dos Grupos 1A a 7A cujas subcamadas *s* e *p* possuem maior número quântico principal.

Elementos de transição

Elementos localizados nos períodos 4 a 7 da tabela periódica.

os que possuem elétrons em $4f$, chamados de lanthanídeos, e os que possuem elétrons em $5f$, actinídeos.

Para uma melhor compreensão, vamos explicar através do exemplo 4 como se procede para escrever a configuração eletrônica de **íons** derivados de metais de transição.

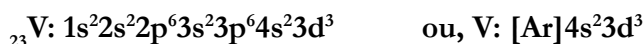
Exemplo 4

Íons

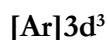
Átomo, ou grupo de átomos, que perdeu ou ganhou elétrons.

Escreva a configuração eletrônica do V e dos íons V^{2+} e V^{3+} . Alguma dessas três espécies V, V^{2+} e V^{3+} é paramagnética? Explique sua resposta.

Resolução:

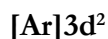


Seria de se esperar que os dois elétrons removidos para formar o íon V^{2+} fossem do orbital $3d$. No entanto, por questões de estabilidade, são primeiramente retirados os elétrons do orbital $4s$ para originar o cátion V^{2+} , cuja configuração eletrônica é:



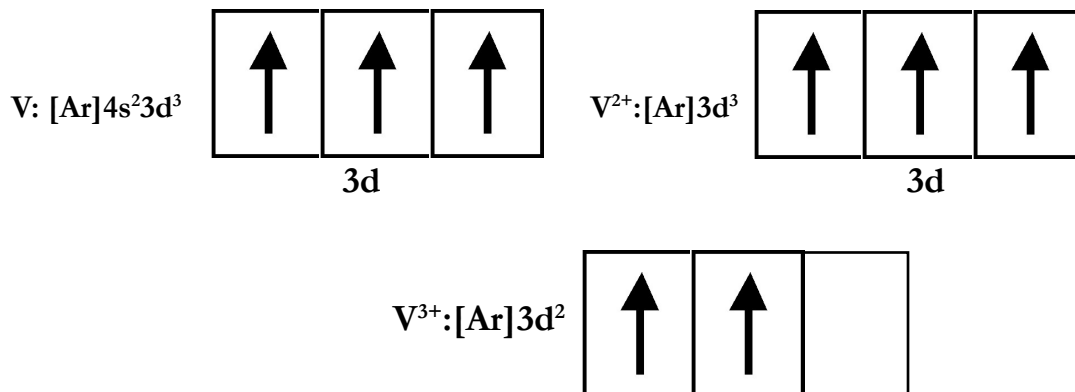
porque o orbital $3d$ é mais estável que o $4s$.

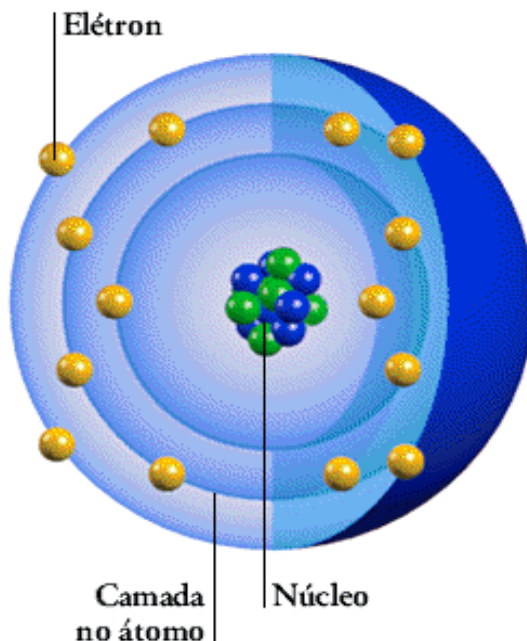
Para formar o cátion V^{3+} , é retirado um elétron de um orbital $3d$, obtendo:



Na formação de um cátion derivado de um metal de transição, os primeiros elétrons a serem removidos são de um orbital ns e somente, em seguida, dos orbitais $(n-1)d$.

Com relação às propriedades magnéticas, as três espécies são paramagnéticas por possuírem elétrons desemparelhados, particularmente nesse exemplo, em orbitais $3d$.





(Fonte: <http://www.colegiosaofrancisco.com.br>)

ATIVIDADES

1. Escreva os valores de n , l e m_l para os orbitais na subcamada $4p$.

Resposta: $n=4$, $l=1$ e $m_l= -1, 0, +1$

Ver exemplo 1

2. Quantos orbitais existem em uma camada com número quântico principal $n=3$?

Resposta: 9

Ver exemplo 2

Não esqueça que o número de orbitais atômicos em uma subcamada é dado por $(2l+1)$.

3. Escreva a configuração eletrônica do ferro nas camadas e subcamadas de energia, dê o conjunto dos quatro números quânticos do primeiro elétron escrito no orbital de maior energia e o comportamento magnético.

Resposta: ${}_{26}\text{Fe}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$; 2-8-10-6; $n=3$; $l=2$; $m_l= -2$ $m_s= +1/2$; paramagnético

Ver exemplo 3

4. Escreva a configuração eletrônica do Fe e dos íons Fe^{2+} e Fe^{3+} . Alguma dessas três espécies é paramagnética? Explique sua resposta. (ver exemplo 4).



Ao escrever a configuração eletrônica de cátions de metais de transição, os primeiros elétrons a serem retirados são da subcamada ns mais externa e, se houver necessidade de retirar mais elétrons, só então serão retirados da subcamada $(n-1)d$.

CONCLUSÃO

Os elétrons dos átomos dos elementos químicos estão dispostos em níveis ou camadas de energia. Cada camada ou nível de energia é composto de subcamadas ou sub-níveis de energia. Em um átomo, como o hidrogênio, a energia do elétron depende apenas do número quântico principal n . Entretanto, no caso de átomos multieletrônicos, átomos com mais de um elétron, a energia depende tanto dos valores de n quanto dos valores de l , número quântico de momento angular. Nesses casos, as subcamadas são preenchidas na ordem mostrada no diagrama representado na figura 1. Para elétrons com mesmo número quântico principal n , estão mais próximos do núcleo na ordem decrescente $s > p > d > f$. Portanto, é necessário mais energia para retirar elétrons que estejam mais próximo do núcleo, por sofrerem mais fortemente a atração das cargas positivas, do que aqueles mais afastados.



RESUMO

Os números quânticos servem para caracterizar um determinado elétron, e dois elétrons, em um mesmo átomo, não podem ter os quatro números quânticos iguais; pelo menos um é diferente. Portanto, como cada orbital só poderá conter no máximo, dois elétrons e de *spins* opostos, os seus números quânticos assumem os valores $+1/2$ e $-1/2$. Conforme Regra de Hund, o arranjo mais estável de elétrons em uma subcamada é o que tiver o maior número de spins paralelos, ou seja, um orbital somente receberá o seu segundo elétron após todos os demais terem recebido o primeiro elétron. Com relação às propriedades magnéticas, paramagnéticos são átomos que possuem elétrons desemparelhados e são atraídos por um campo magnético, e diamagnéticos são átomos em que todos os elétrons estão emparelhados.

PRÓXIMA AULA

Na próxima aula vamos estudar a classificação periódica dos elementos químicos.



REFERÊNCIAS

Brown, Theodore L.; LeMay Jr., H. Eugene; Bursten, Bruce E. **Química: a ciência central**. 9 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

Chang, Raymond. **Química 1**. Trad. Maria José Ferreira Rebelo. 8 ed. Lisboa: McGraw-Hill, 2005.

Kotz, John C.; Treichel Jr., Paul M. **Química Geral 1 e Reações químicas**. v. 1. São Paulo: Thomson Learning/Pioneira, 2005.