

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS**  
**Escola Superior de Tecnologia**  
**Curso de Extensão**

Prof. Dr<sup>ndo</sup> Adalberto Gomes de Miranda



<https://conceitos.com/wp-content/uploads/ciencia/Quimica-Geral.jpg>

**Curso de Teoria Atômica e  
Propriedades Periódicas de  
Química para Engenharia de  
Materiais**

**UNIDADE 4 – Espectros e  
Números Quânticos.**

**Manaus – AM**  
**2020**

# Sumário

1. Unidade 1 – Aspectos Históricos sobre os Átomos.
2. Unidade 2 – Modelos Atômicos.
3. Unidade 3 – Os Átomos - conceitos.
4. **Unidade 4 – Espectros e Números Quânticos.**
5. Unidade 5 – Distribuição Eletrônica e Tabela Periódica.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- Conjunto de **comprimentos de onda** emitidos ou absorvidos por um elemento, que são representadas por amplitudes ou intensidades, conforme a frequência de emissão.
  
- Existem os **espectros de emissão** e de **absorção** de uma **substância**. Eles se caracterizam conforme a substância, que ajudam na sua identificação. Estes espectros resultam das transições entre os **diferentes autoestados dos átomos ou moléculas** da substância, que **emitem** ou **absorvem**, intensamente, **as ondas eletromagnéticas**.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- A **frequência** ( $\nu$ ) das **radiações emitidas** ou **absorvidas** é dada pela equação:

$$\nu = \frac{E_2 - E_1}{h}$$

- onde  $E_1$  e  $E_2$  são energias dos estados inicial (1) e final (2), da transição das fases, e  $h$  é a Constante de Planck.
- Se  $E_1 > E_2$  , estes **fótons de energia**, ou seja, as **ondas eletromagnéticas** estão sendo **emitidas**, mas se for inverso,  $E_1 < E_2$ , os fótons estão sendo **absorvidos**.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

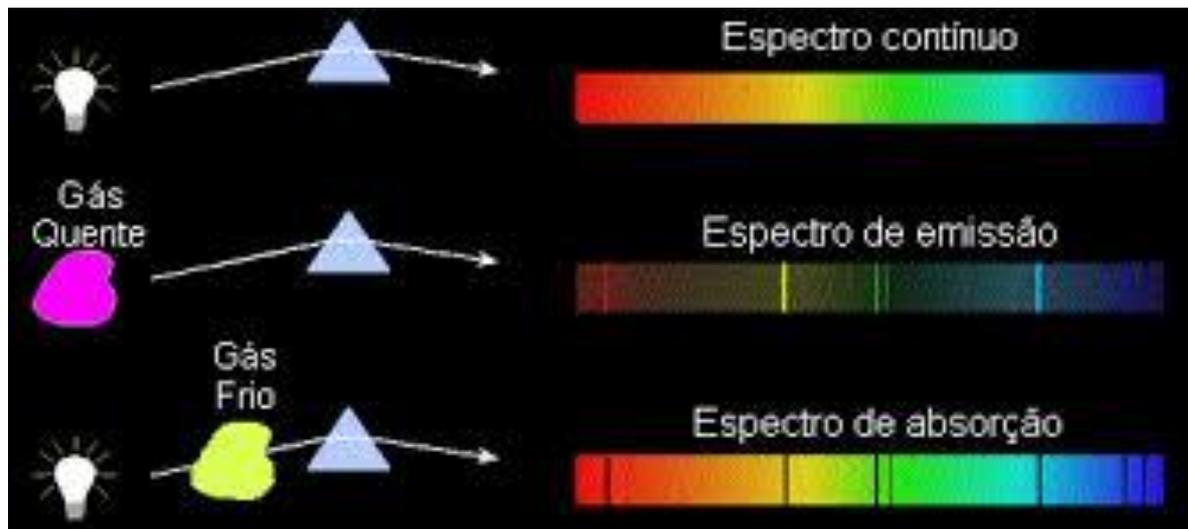
- **Espectros.**
- **Espectros de emissão** - linhas coloridas obtidas através da dispersão da luz emitida por uma *amostra*.
  - ✓ Cada linha corresponde a um certo comprimento de onda.
- **Espectro de absorção** - linhas escuras obtidas pela transmissão da luz branca através de uma *amostra*.
  - ✓ As **linhas escuras** estão sempre nas mesmas posições das linhas claras emitidas pela mesma amostra.
  - ✓ Assim, o espectro de absorção coincide com o espectro de emissão.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- **Espectro contínuo** - apresenta **energias distribuídas continuamente** em um certo **comprimento de onda**, em oposição ao **espectro discreto** ou de **linhas**, que contém só energias definidas.

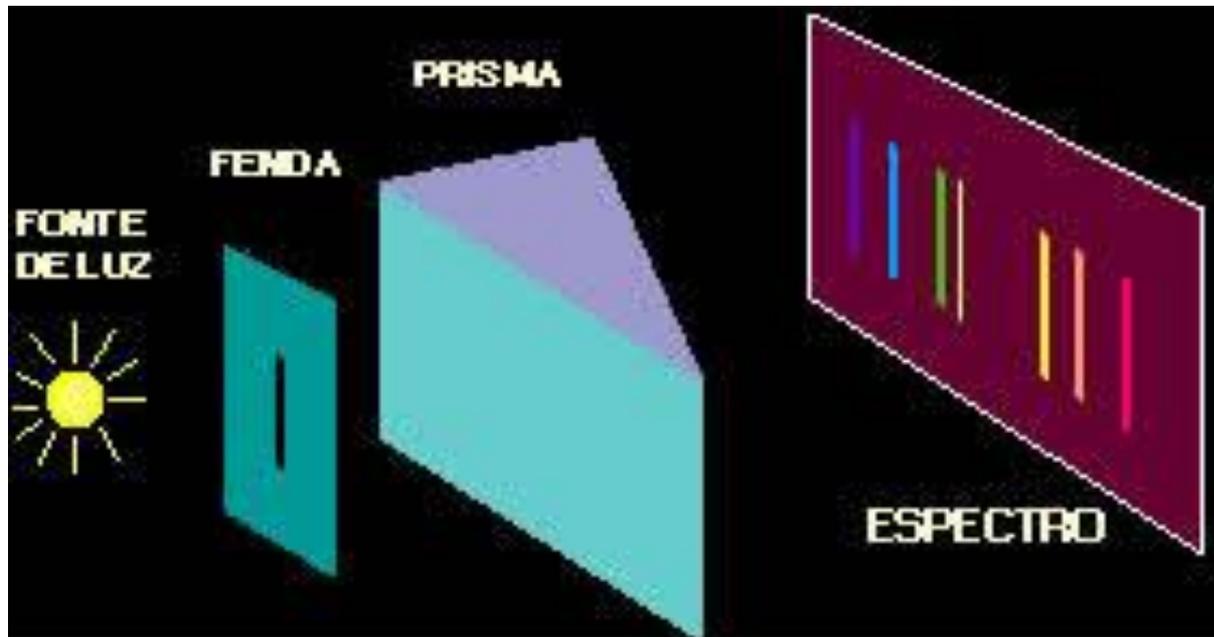


Fonte: [http://www.if.ufrgs.br/fiso2001/aulas/aula\\_espec.htm](http://www.if.ufrgs.br/fiso2001/aulas/aula_espec.htm)

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**
- Representam as **Amplitudes** ou **intensidades** das energias devido a cada **frequência** emitida, de **luz visível e invisível**.



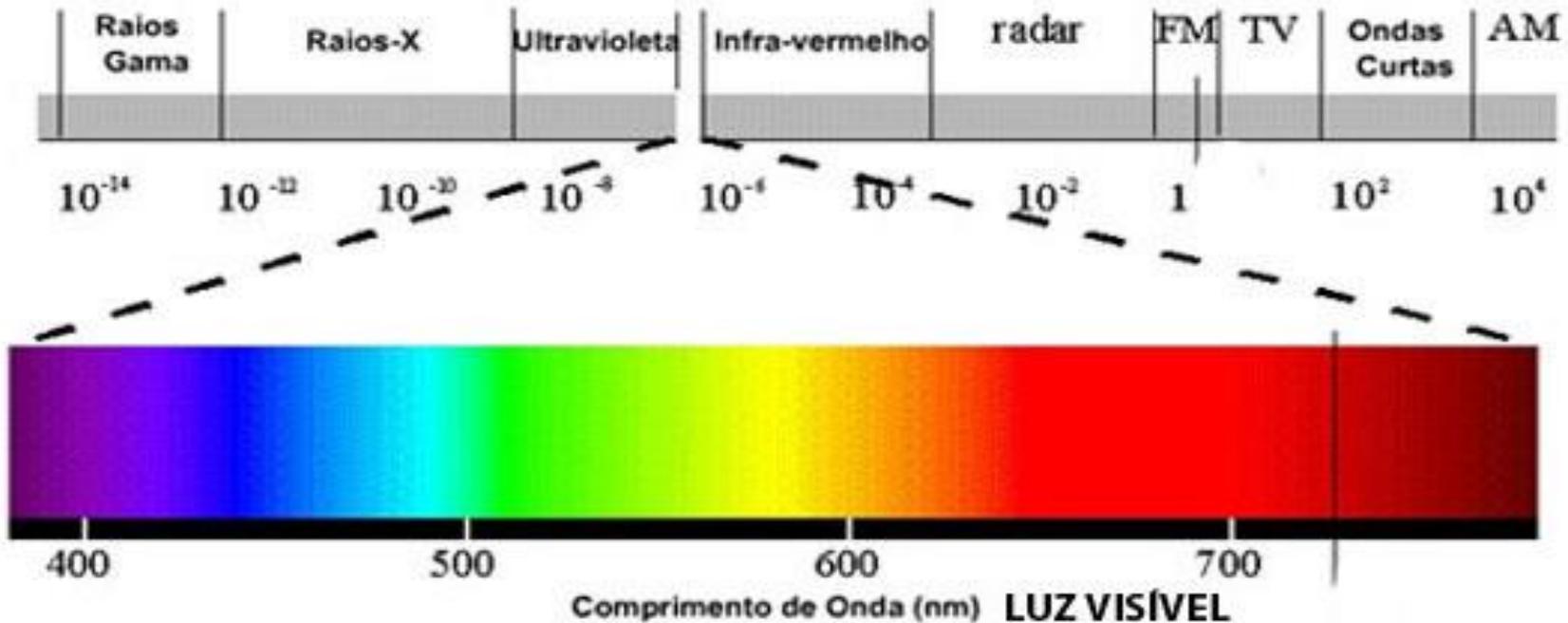
Fonte: <https://alunosonline.uol.com.br/quimica/espectros-dos-elementos.html>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

### ESPECTROS CONTÍNUOS x ESPECTROS DE LINHAS

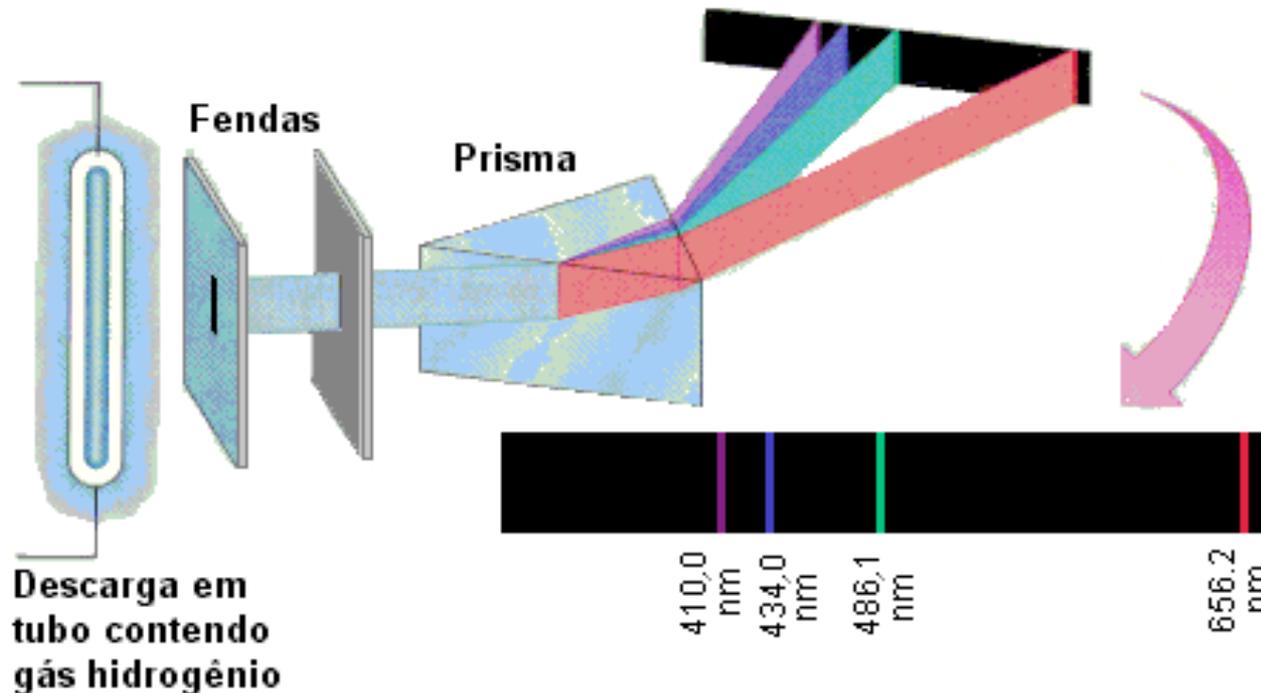


Fonte: <https://www.artprotect.com.br/art-film.php>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**



Fonte: <https://noic.com.br/olimpiadas/quimica/curso-noic-de-quimica-basica/aula-1-atomistica/>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- **EQUAÇÃO DE RYDBERG – BALMER (1885)**

$$\boxed{\frac{1}{\lambda} = R \left( \frac{1}{n_f^2} - \frac{1}{n_i^2} \right)} \quad \text{ou} \quad \boxed{\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)}$$

$\lambda$  = comprimento de onda

R = constante de Rydberg ( $1,097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$ )

$n_f$  e  $n_i$  = números inteiros ( $n_f < n_i$ )

Z = n° atômico

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- Nas descobertas dos cientistas, novas linhas de emissão no infravermelho e ultravioleta surgiam e a equação para a série de Balmer se estendeu para a equação de Rydberg:

**Table 3.2 Hydrogen Series of Spectral Lines** ( $n = n_i$  e  $k = n_f$ )

Discoverer (year)	Wavelength	$n$	$k$
Lyman (1916)	Ultraviolet	1	$>1$
Balmer (1885)	Visible, ultraviolet	2	$>2$
Paschen (1908)	Infrared	3	$>3$
Brackett (1922)	Infrared	4	$>4$
Pfund (1924)	Infrared	5	$>5$

Fonte: Márcia R. Gallas (FIS01184)– IF-UFRGS

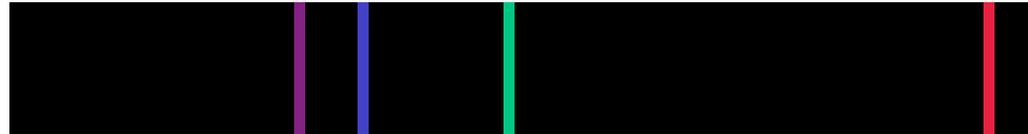
[http://www.if.ufrgs.br/~marcia/MQ\\_aula1\\_2009\\_impressao.pdf](http://www.if.ufrgs.br/~marcia/MQ_aula1_2009_impressao.pdf)

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

➤ Exemplo: Dada a Equação de Ridberg. Qual o comprimento de onda entre  $n_i=3$  e  $n_f=2$  ?



$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

410,0  
nm

434,0  
nm

486,1  
nm

656,2  
nm

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \left( \frac{1}{4} - \frac{1}{9} \right)$$

Fonte: <https://noic.com.br/olimpiadas/quimica/curso-noic-de-quimica-basica/aula-1-atomistica/>

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 (0,139)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,524 \times 10^6 = \quad \lambda = 6,563 \times 10^{-7} \text{ m} = 656,3 \text{ nm}$$

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- Nos resultados da formulação matemática do átomo de Bohr
- Estabelece os orbitais (raios permitidos)

$$r = a_0 n^2 \qquad a_0 = 5,2917 \times 10^{-11} \text{ m}$$

- Energia de cada estado estacionário

Assim,

$$E = - \frac{2,18 \times 10^{-18}}{n^2} \text{ (J)}$$

- Explica o espectro de emissão atômico do Hidrogênio.
- Introduziu pela primeira vez o conceito de quantificação para as partículas subatômicas.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

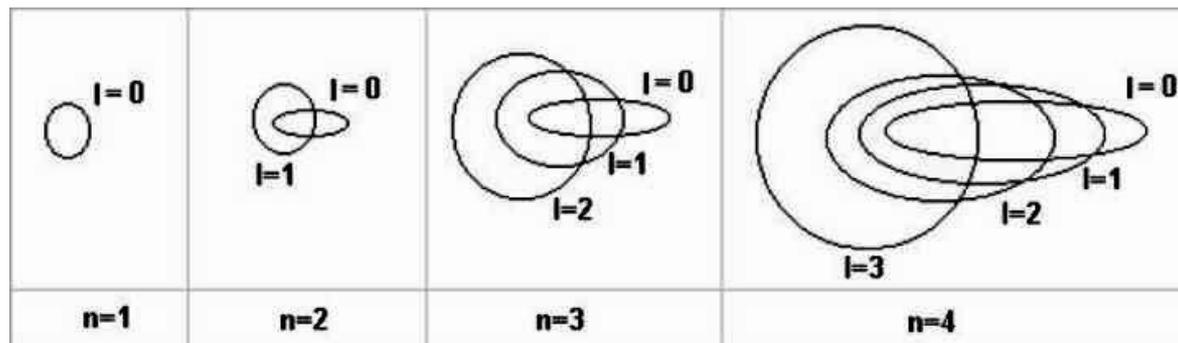
## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- A emissão de linhas duplas no espectro de Hidrogênio
- Pelo Modelo Atômico de Bohr-Sommerfeld temos que:



As Orbitais elípticas



Fonte: <https://www.slideshare.net/LaraLdia/modelos-atmicos-72962195>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros – Elétron Ondulatório.**
- **Conforme Louis D Broglie:**

“Todos os objetos em movimento apresentam propriedades ondulatórias”.

- Desenvolveu uma equação para uma partícula em velocidade “V”, diferente da velocidade da luz.

Assim,

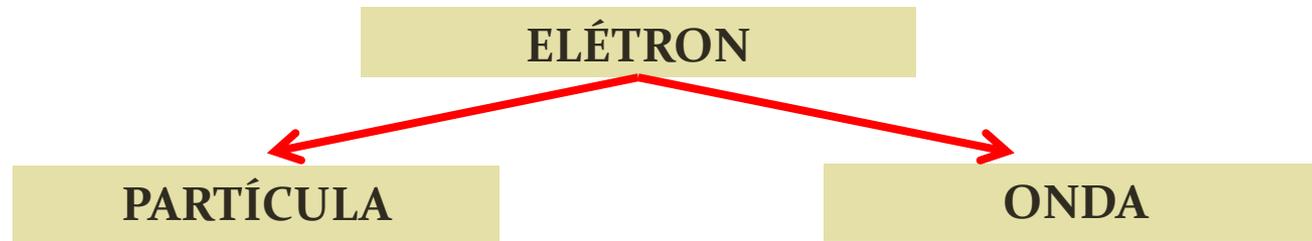
- Se tenho uma partícula em movimento, posso calcular o comprimento de onda.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros – Elétron Ondulatório.**

- Dualidade Partícula-onda



- De Broglie transpôs o comportamento partícula-onda para uma partícula de massa “m”.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

- **Princípio da Incerteza de Heisenberg**

“É impossível determinar simultaneamente a posição e a energia do elétron”.

- **Erwin Schrödinger – Mecânica ondulatória**

“Se o elétron apresenta um comportamento ondulatório, então pode ser tratado como uma onda estacionária”.

- **Exemplo:** A vibração de uma corda entre dois extremos fixos.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros – Elétron Ondulatório.**

- O elétron é estudado como uma onda estacionária, que vibra em dimensão atômica.

Assim,

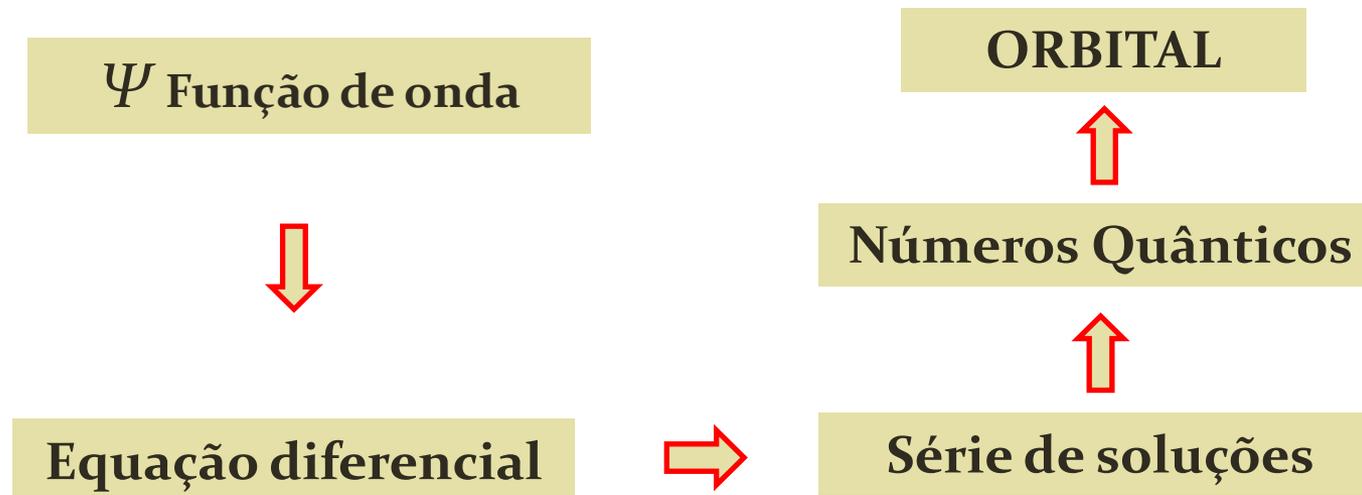
- Existem diferentes tipos de vibrações e com uma energia característica que podem ser quantizadas.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros – Elétron Ondulatório.**

- **Teoria Atômica de Schrödinger - apresenta** uma função de onda que descreve o comportamento do elétron.



# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

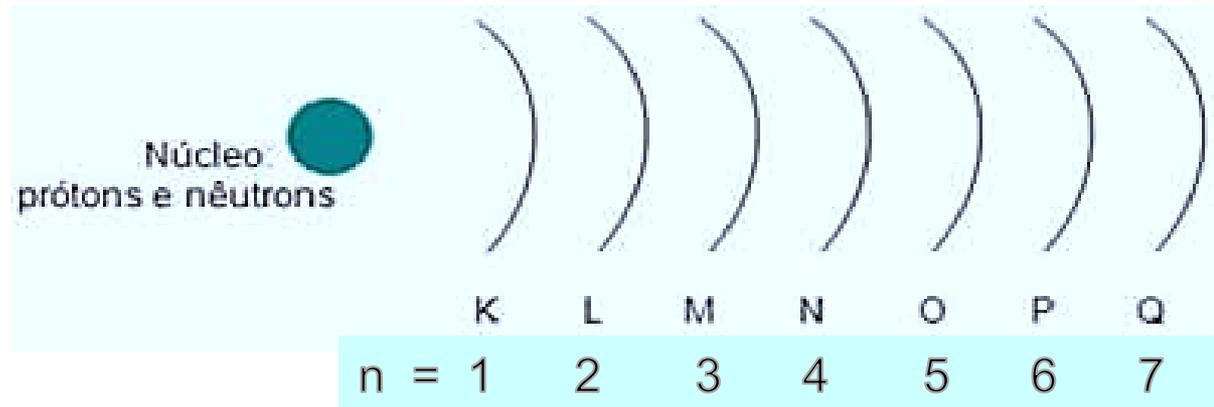
## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros – Elétron Ondulatório.**

Nível de Energia	Número Quântico Principal
K	$n = 1$
L	$n = 2$
M	$n = 3$
N	$n = 4$
O	$n = 5$
P	$n = 6$
Q	$n = 7$

### Números Quânticos

- **Número quântico principal ( $n$ )** – nível de energia em que se encontra o orbital.  
 $n = 1, 2, 3, 4, \dots$



Fonte:

<https://www.ufjf.br/quimica/files/2015/06/Introdu%cc3%a7%cc3%a3o-%cc3%a0-Mec%cc3%a2nica-Qu%cc3%a2ntica-III.pdf>

Fonte:

<http://tudodeconcursosevestibulares.blogspot.com/2013/03/atomos-elemento-materia-molecula-e.html>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**

Subnível de Energia	Número Quântico Secundário
s	$\ell = 0$
p	$\ell = 1$
d	$\ell = 2$
f	$\ell = 3$

➤ **Numero quântico - de momento angular** (secundário ou azimutal) ( $\ell$ ) – define a forma do orbital.

$$(\ell) = 0, 1, 2, 3$$

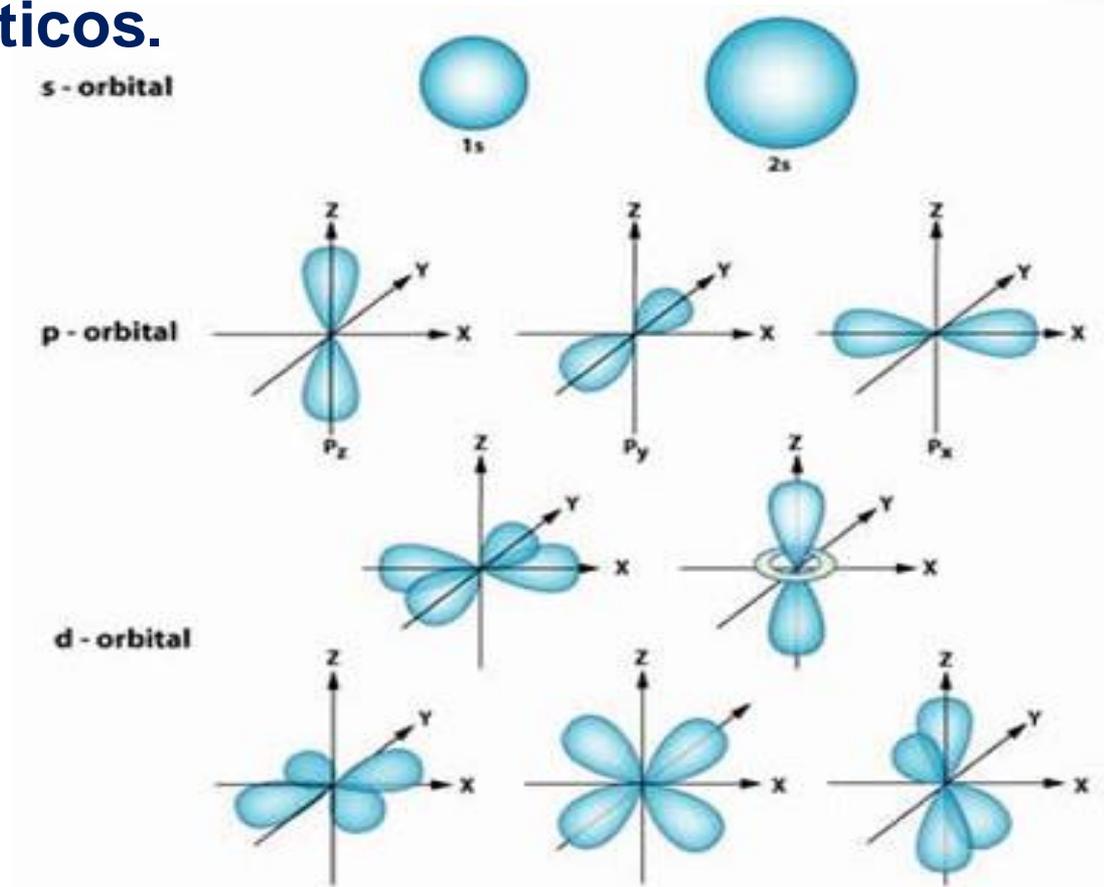
Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/numeros-quanticos.htm>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**

Subnível de Energia	Número Quântico Secundário
s	$\ell = 0$
p	$\ell = 1$
d	$\ell = 2$
f	$\ell = 3$



Fonte:  
<https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/numeros-quanticos.htm>

Fonte: <http://quimicabakana.blogspot.com/2012/11/atomos-part-2.html>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**

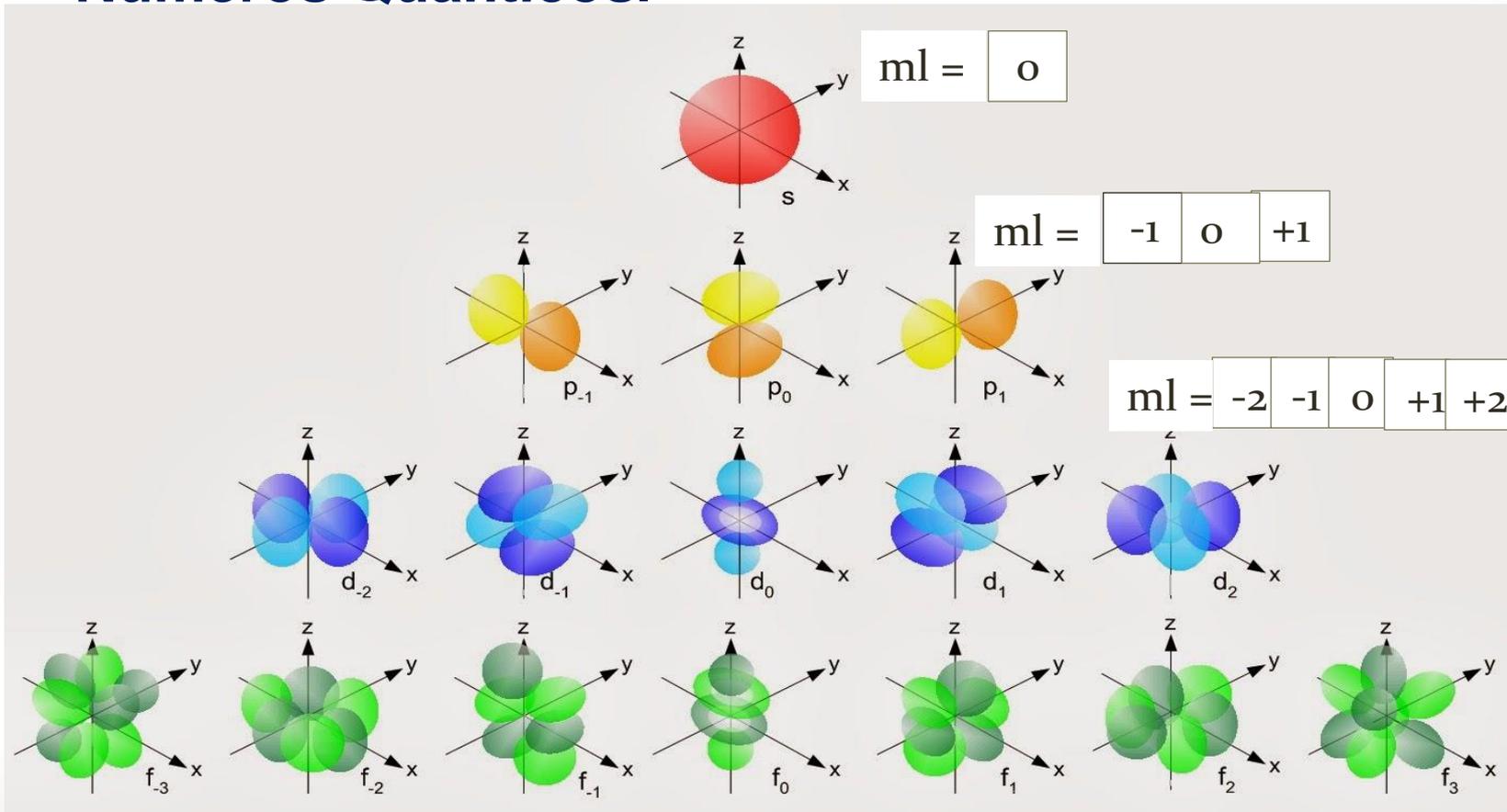
- **Numero quântico magnético (ml)** – define a orientação do orbital no espaço. É limitado pelo valor do número quântico secundário.

**-3, -2 , -1, 0 +1, +2, +3**

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**

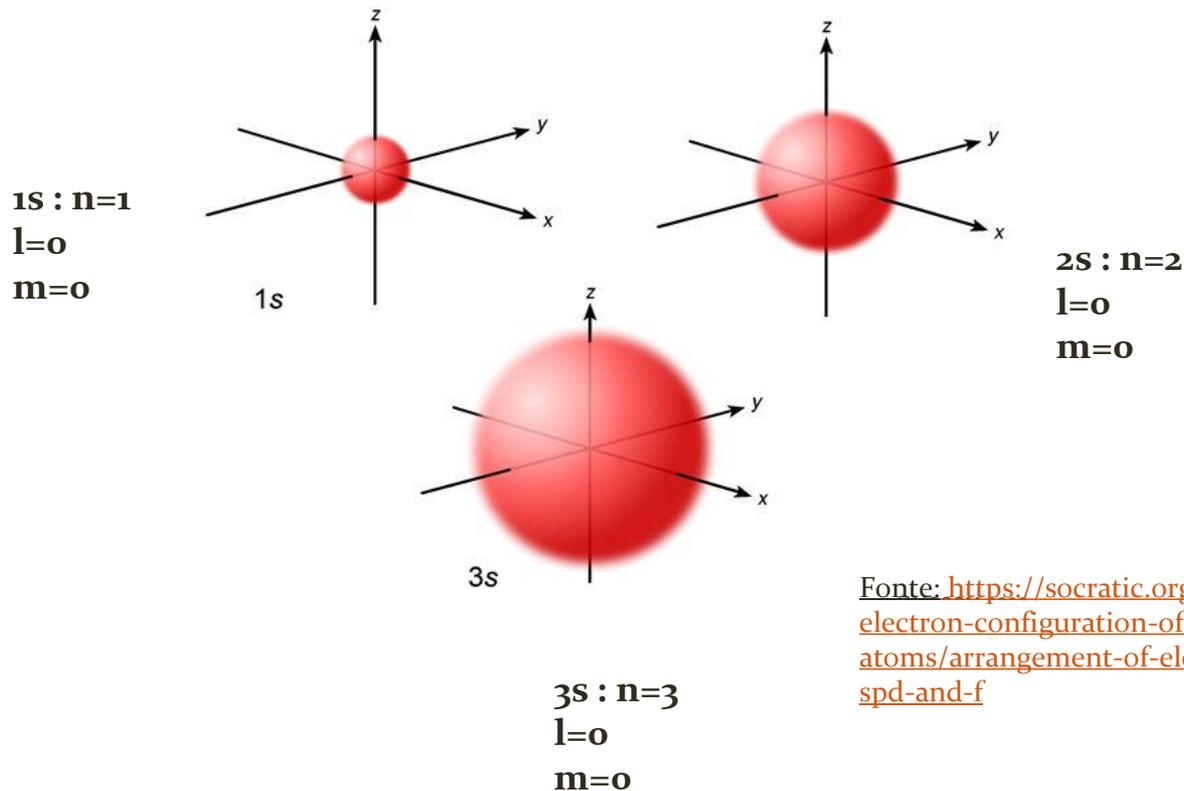


Fonte: <https://maestrovirtuale.com/orbitais-atomicos-em-que-consistem-e-tipos/>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**



Fonte: <https://socratic.org/chemistry/the-electron-configuration-of-atoms/arrangement-of-electrons-in-orbitals-spd-and-f>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

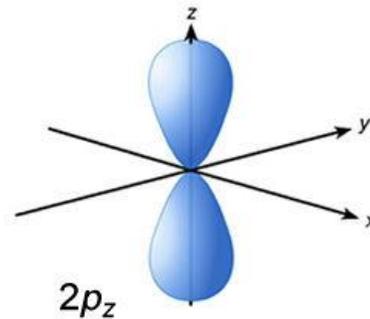
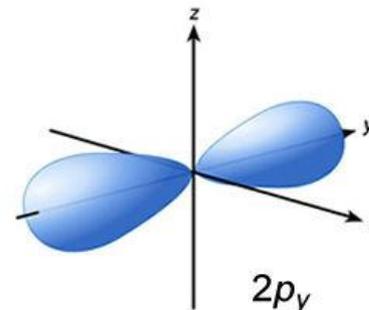
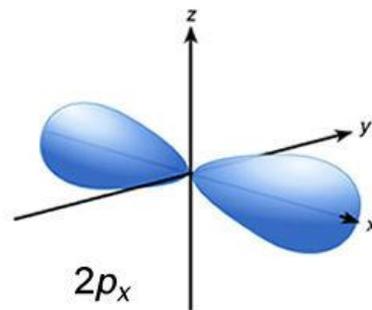
## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**

$$n=2$$

$$l=1$$

$$m= -1, 0, =1$$



Fonte: <http://5.e4.standaardportaal.nl/p-orbital-diagram.html>

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Números Quânticos.**

Tipo de Subnível	Valores de $\ell$	Quantidade de orbitais	Valores para o número quântico magnético	Representação gráfica dos orbitais
s	0	1	0	
p	1	3	-1, 0, +1	
d	2	5	-2, -1, 0, +1, +2	
f	3	7	-3, -2, -1, 0, +1, +2, +3	

Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/numeros-quanticos.htm>

- **Número quântico SPIN** – representa o sentido de rotação do elétron no seu próprio eixo.



# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Espectros.**

➤ **Exercício 1.** Use a fórmula de Rydberg para o hidrogênio atômico e calcule o comprimento de onda da transição entre  $n = 4$  e  $n = 2$ . Qual é o nome dado à série espectroscópica a que esta linha pertence? Determine a região do espectro na qual a transição é observada. Se a transição ocorre na região visível do espectro, que cor é emitida? Calcule o comprimento de onda para transição do estado  $n = 5$  ao estado  $n = 2$  e identifique a linha espectral.

✓ **Resolução 1:**

$$\frac{1}{\lambda} = RZ^2 \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

(a) e (b)

$$\frac{1}{\lambda} = 1,097 \times 10^7 \cdot (1)^2 \cdot \left( \frac{1}{n_i^2} - \frac{1}{n_f^2} \right)$$

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Exercício 2.** Quais são os números quânticos que caracterizam o estado quântico de um elétron?

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

- **Exercício 3.** Informe o conjunto de números quânticos que caracterizam o elétron mais energético do potássio K.

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

**Exercício 4.** (Ufpb-07) - Dentre os conjuntos de números quânticos  $\{n, \ell, m, s\}$  apresentados nas alternativas a seguir, um deles representa números quânticos NÃO permitidos para os elétrons da subcamada mais energética do Fe(II), um íon indispensável para a sustentação da vida dos mamíferos, pois está diretamente relacionado com a respiração desses animais. Esse conjunto descrito corresponde a:

Dado: Fe ( $Z=26$ )

- (a)  $\{3, 2, 0, 1/2\}$
- (b)  $\{3, 2, -2, -1/2\}$
- (c)  $\{3, 2, 2, 1/2\}$
- (d)  $\{3, 2, -3, 1/2\}$
- (e)  $\{3, 2, 1, 1/2\}$

# Curso de Teoria Atômica e Propriedades Periódicas de Química para Engenharia de Materiais

## Unidade 4 – Espectros e Número Quântico .

**Exercício 5.** (UFT) - Quais são os quatro números quânticos principal( $n$ ), azimutal ( $l$ ), magnético ( $m_l$ ) e de momento angular orbital ( $m_s$ ), para a configuração  $4p^2$ ?

- a)  $n = 4; l = 0; m_l = 0; m_s = -1/2$
- b)  $n = 4; l = 0; m_l = -1; m_s = -1/2$
- c)  $n = 4; l = 1; m_l = -1; m_s = +1/2$
- d)  $n = 4; l = 1; m_l = 0; m_s = +1/2$

# Bibliografia.

- **Básica:**

1. RUSSEL, J. B. **Química Geral**. Vol. 1 e 2, 2ª ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1994.

- **Complementar:**

1. ATKINS, P.W. **Princípios de Química: Questionando a vida moderna e o meio ambiente**. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

2. BROWN, L. T.; LEMAY JR., H. E.; BURSTEN, B. E. **Química: A ciência central**. 9ª ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.