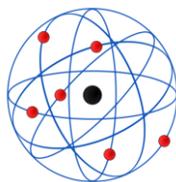


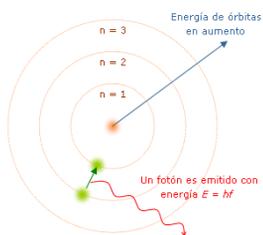
# Materiales Eléctricos

## Modelos Atómicos

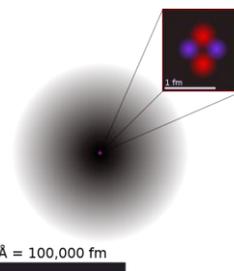
### Átomo



Átomo de Rutherford



Átomo de Bohr

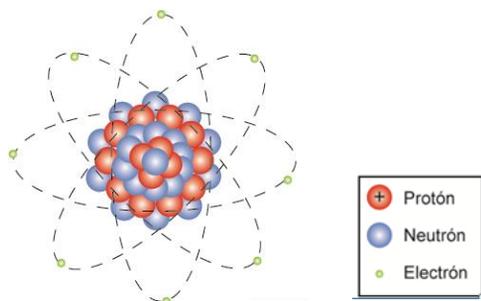


Átomo de Helio

## Materiales Eléctricos

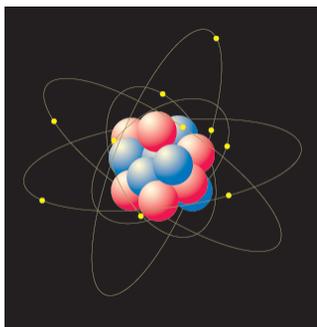
**Propiedades de las partículas nucleares**

| Partícula       | Masa en reposo | Carga eléctrica   | Masa partícula<br>Masa del electrón |
|-----------------|----------------|-------------------|-------------------------------------|
| <b>Electrón</b> | 9,1095E-31 Kg  | -1,602 189E-19 Cb | 1                                   |
| <b>Protón</b>   | 1,6726E-27 Kg  | +1,602 189E-19 Cb | 1836,325                            |
| <b>Neutrón</b>  | 1,6750E-27 Kg  | 0                 | 1838,740                            |



## Materiales Eléctricos

- El número de protones en el núcleo es igual al número de electrones para mantener al átomo neutro.
- Un átomo con mayor número de protones que de electrones se llama ION positivo, uno con mayor número de electrones que de protones se llama ION negativo.
- El número de protones del núcleo se llama NUMERO ATOMICO.
- El NUMERO MASICO es la suma del numero de protones mas el numero de neutrones.



## Materiales Eléctricos

• **FISICA CUANTICA:** es la Física moderna, que surge como una necesidad para poder explicar fenómenos físicos que no podían ser explicados por la física clásica Newtoniana o la teoría del electromagnetismo. Estos fenómenos principalmente son el fenómeno fotoeléctrico y la radiación del cuerpo negro.

• **Cuanto:** representa, en la física cuántica, el valor mínimo que puede tomar una determinada magnitud en un sistema físico. Ejemplo de ello es la corriente eléctrica. En el mundo macroscópico es un valor continuo de carga por unidad de tiempo, pero en el mundo microscópico esa carga tiene un mínimo valor que es la carga del electrón. Lo mismo sucede con la luz.

El cuanto de energía es:

$$E = h \cdot f$$

Donde **h** es la constante de Planck (cuyo valor es  $6,626 \times 10^{-34}$  J·s). y **f** es la frecuencia expresada en Hertz.

• **DUALIDAD ONDA PARTICULA:** Uno de los principales postulados de esta física cuántica es: la dualidad onda – partícula y viceversa. Según lo que conocemos de física clásica, una partícula ocupa un lugar en el espacio y tiene masa bien definida, por otro lado una onda se extiende en el espacio con una longitud de onda, una frecuencia y una velocidad bien definida y masa nula.

## Materiales Eléctricos

**DUALIDAD ONDA PARTICULA:** Actualmente la Física Cuántica considera que toda partícula puede comportarse como onda y que toda onda puede comportarse como una partícula. La luz puede comportarse como una onda, y como tal son ejemplos los fenómenos de reflexión, refracción, interferencia, difracción y todas las leyes de Maxwell del electromagnetismo.

• Pero también puede comportarse como una partícula llamada **Fotón** que es un cuanto de energía y que vale:  $E = h \cdot f$

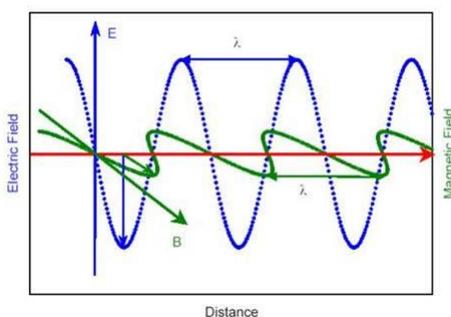
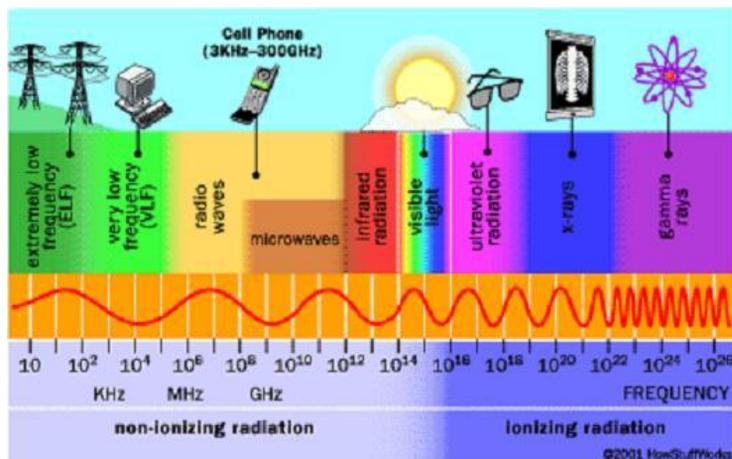
Donde **h** es la constante de Planck (cuyo valor es  $6,626 \times 10^{-34}$  J·s). y **f** es la frecuencia expresada en Hertz

• Pero también toda partícula puede comportarse como una onda y que es la teoría de De Broglie, que dice que toda materia tiene una onda asociada a ella:

Toda partícula material de masa **m** que se encuentra en movimiento, velocidad **v** y cantidad de movimiento o momento **p** ( $p = m \cdot v$ ) se puede representar por una onda matemática (u onda de probabilidad) de longitud de onda **λ**. La relación entre la longitud de onda **λ** y la cantidad de movimiento **p** es:

$$\lambda = h / p$$

## Ondas Electromagnéticas



$\nu$  = frecuencia "f"  
 C = velocidad de la luz =  $\lambda / T = \lambda * f$   
 Con  $T = 1/f$  período

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$

Ondas De Broglie

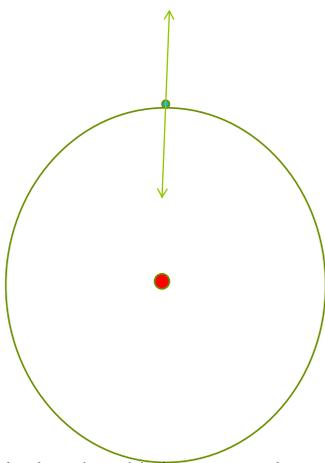
$$E = h * \nu = h * f = h * c / \lambda$$

Fotón

## Átomo de Bohr

- Los electrones giran alrededor del núcleo de modo que su fuerza centrífuga es igual a la atracción electrostática, pero de sentido contrario.
- Fuerza de atracción eléctrica = fuerza centrífuga
- $q^2/(4*\pi*\epsilon_0 *r^2) = m*v^2/r$

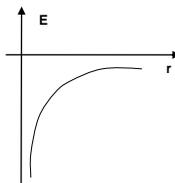
La Fuerza de atracción eléctrica = la fuerza centrífuga  $q^2/(4*\pi*\epsilon_0 *r^2) = m*v^2/r$



La energía Potencial  $U(r)$  que experimenta un electrón orbital, debida a las cargas eléctricas del núcleo.

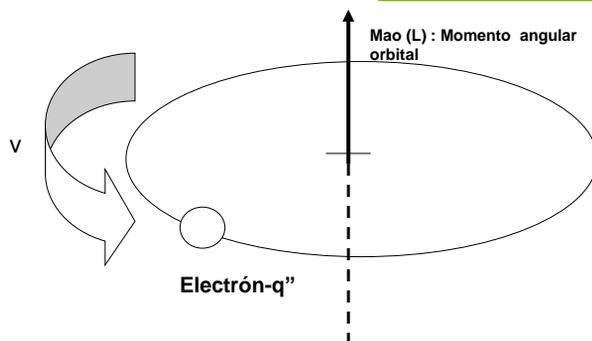
$$U(r) = -q^2/(4*\pi*\epsilon_0 *r)$$

Representando  $U(r)$  en función del radio  $r$ , vemos un pozo de energía potencial dentro del que está confinado cada electrón orbital.



Cada electrón orbital se mueve, dentro del pozo de potencial del núcleo, con velocidad tangencial  $v$ . El Momento Angular Orbital será  $m*v*r$ .

## Materiales Eléctricos

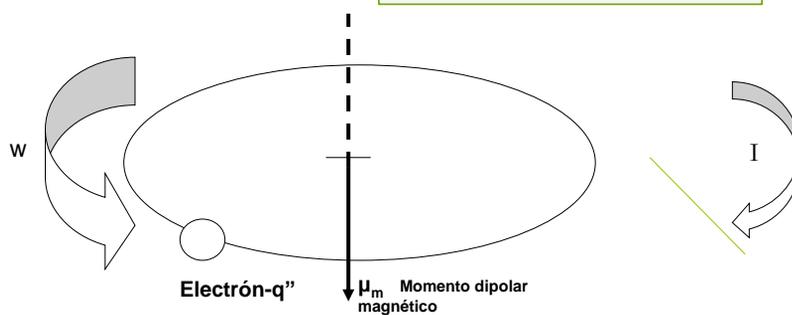


$$M_{ao} \text{ (momento angular orbital)} = L = m \cdot v \cdot r = m \cdot \omega \cdot r^2 = n \cdot (h/2\pi)$$

Donde:

- $m$  es la masa en reposo del electrón.
- $v$  es la velocidad tangencial.
- $\omega$  es la velocidad angular.
- $r$  es el radio de la supuesta órbita circular que describe.
- $n$  es el número cuántico principal.
- $h$  es la constante de Planck.

## Materiales Eléctricos

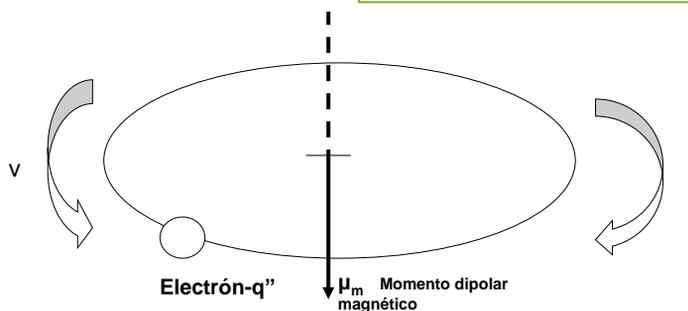


Podemos interpretar al giro del electrón alrededor del núcleo como una espira de corriente  $I$

$$I = q/T = q \cdot f = q \cdot \omega / 2\pi \text{ donde}$$

- $T$  es el periodo o tiempo que tarda en dar una vuelta o revolución el electrón.
- $\omega$  es la velocidad angular.
- $r$  es el radio de la supuesta órbita circular que describe.

## Materiales Eléctricos



Al electrón girando alrededor del núcleo (carga  $-q$ ) podemos asociarlo a un **espira de corriente**. Esta espira define un Momento Dipolar Magnético (imán elemental) de valor:

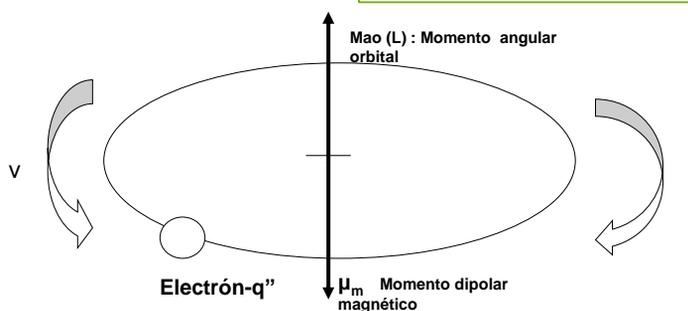
$$\mu_m = I * A$$

Este Momento  $\mu_m$  es un vector normal al plano de la espira de corriente.

Podemos verlo como en la dirección del "L" pero de sentido opuesto por el signo negativo de la carga del electrón.

$$\mu_m = -(q/m) * L$$

## Materiales Eléctricos



El modelo del electrón girando alrededor del núcleo (carga  $-q$ ) es el de la figura

Con un Momento Dipolar Magnético (imán elemental) de valor:

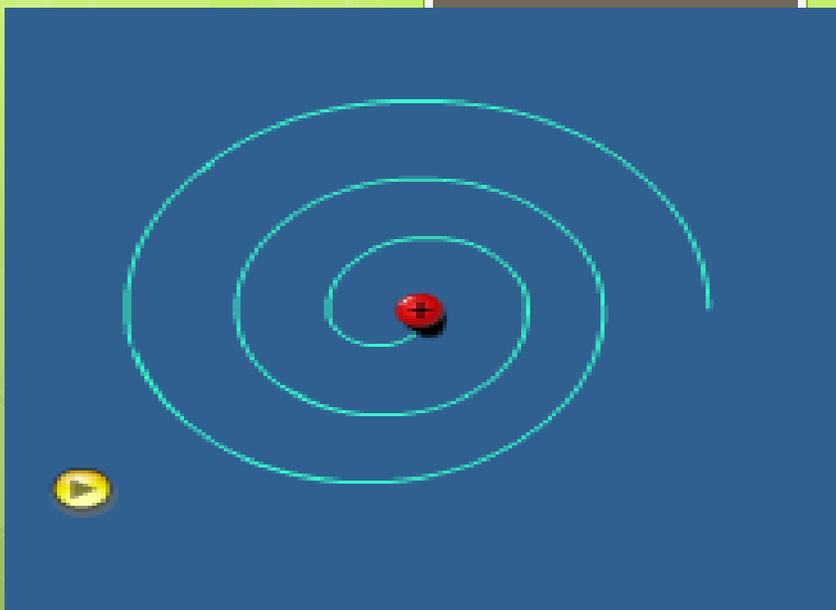
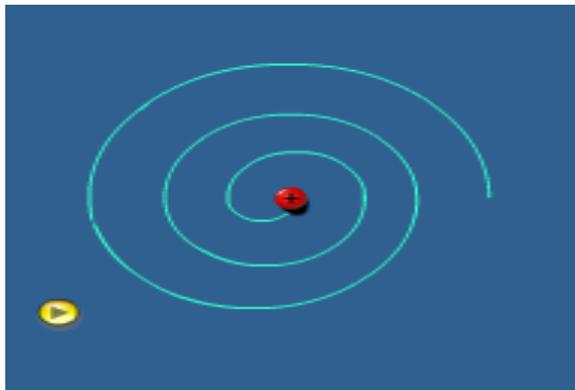
$$\mu_m = I * A$$

Normal al plano de la espira de corriente, en la dirección del "L" pero de sentido opuesto por el signo negativo de la carga del electrón.

Se puede demostrar que:  $\mu_m = -(q/m) * L$

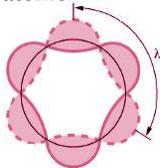
## Materiales Eléctricos

Este modelo tiene un problema: Si es un espira de corriente se comporta como una antena y esta radiando energía. Entonces pierde energía el electrón y la fuerza de Coulomb del núcleo lo llevaría hacia él.



## Materiales Eléctricos

Según la **Mecánica Cuántica** en cada orbital debe entrar un número entero de longitudes de onda de De Broglie puesto que el electrón se debe comportar como una onda estacionaria en el átomo.



Entonces suponiendo una órbita circular en su perímetro debe entrar un número “**n**” de longitudes de onda  $2*\pi*r = n \lambda = n (h / p)$

Donde **n** es el número **cuántico principal** y solo puede tener valores enteros 1, 2, 3 ... n

La energía total será calculando energía cinética más energía potencial de los orbitales permitidos. O también podemos decir que “Las energías de los estados permitidos” serán:

$$E = - m*q^4 / 2*(2*\epsilon_0 *h*n)^2$$

## Materiales Eléctricos

La hipótesis de Bohr que justifica su modelo es que el “L “ Momento angular orbital  $M_{ao}$  está cuantificado. Sólo puede adoptar valores

$$M_{ao} = L = m*v*r = 2*\pi*m*\omega*r^2 = n*(h/2\pi)$$

**m** es la masa en reposo del electrón,

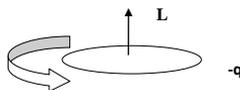
**v** es la velocidad tangencial

$\omega$  es la velocidad angular

**r** es el radio de la supuesta órbita circular que describe,

**n** es el número cuántico principal,

**h** es la constante de Planck



## Materiales Eléctricos

**Las Hipótesis de Bohr:**

- Las únicas orbitales permitidas son aquellas que cumplen que

$$Mao = L = m \cdot v \cdot r = 2 \cdot \pi \cdot m \cdot \omega \cdot r^2 = n \cdot (h/2\pi)$$

- Las orbitales definidas por la condición anterior son estables. El electrón puede permanecer indefinidamente en ese estado sin irradiar energía aunque esté sometido a la aceleración centrípeta correspondiente.

- El electrón orbital irradiará energía sólo cuando salte de una orbital a otra de menor energía, cuyo estado no esté ocupado. En ese caso irradiará un fotón de frecuencia  $f$ , tal que:

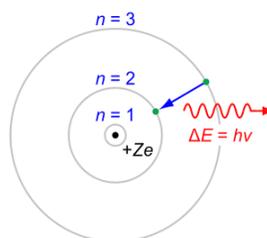
$$\Delta E = h \cdot f$$

- El electrón orbital podrá saltar de una orbital estable a otra de mayor energía, si recibe la energía necesaria  $\Delta E$  por medio de la absorción de un fotón o por excitación mecánica por choque.

- Las energías de los estados permitidos serán:

$$E = - m \cdot q^4 / 2 \cdot (2 \cdot \epsilon_0 \cdot h \cdot n)^2$$

Donde  $n$  es el número cuántico principal.



## Materiales Eléctricos

Para caracterizar completamente al electrón dentro del átomo de Hidrogeno para que responda a los datos experimentales, son necesario otros tres números cuánticos:

**l**: número cuántico orbital

**ml**: número cuántico magnético,  $m_l$

**$m_s$** : número cuántico spin. **S**

**El Número cuántico principal n:** Determina el valor de la energía del estado que define. En realidad define el orden de magnitud, pues los otros tres números también contribuyen a definir el valor de cada estado. Puede adoptar valores positivos y enteros a partir de 1 (uno).

$$E = - m \cdot q^4 / 2 \cdot (2 \cdot \epsilon_0 \cdot h \cdot n)^2 \cdot (1/n)^2$$

$n = 1 \dots n$

## Materiales Eléctricos

**El Número cuántico orbital “l”:** Cuantiza el modulo del vector “L”

Momento Angular Orbital del electrón en su movimiento alrededor del núcleo.  
Puede adoptar los siguientes valores:

$$|L| = (h/2\pi) * l(l+1)^{1/2}$$

Donde “l” está comprendido entre cero (0) y (n-1).

**El Número cuántico magnético “ml”:**

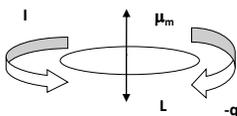
Al electrón girando alrededor del núcleo (carga -q) podemos asociarlo a un **espira de corriente**. Esta espira define un Momento Dipolar Magnético (ímán elemental) de valor:

$$\mu_m = I * A$$

Este Momento  $\mu_m$  es un vector normal al plano de la espira de corriente.

Podemos verlo como en la dirección del “L” pero de sentido opuesto por el signo negativo de la carga del electrón.

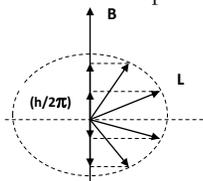
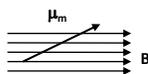
$$\mu_m = -(q/m) * L$$



## Materiales Eléctricos

• Cuando aparece un Campo Magnético externo **B**, el momento dipolar magnético reaccionará de alguna manera. Aparecerá sobre el ímán elemental un par proporcional al producto vectorial entre el momento dipolar magnético y la densidad de flujo magnético externo **B**. Esto hará aparecer una energía potencial magnética tendiente a ordenar a todos los momentos dipolares magnéticos en el mismo sentido.

• Aquí aparece otra **cuantificación**: están limitadas las posiciones posibles del dipolo magnético. En cada posición posible, el valor del **L** proyectado en la dirección del campo magnético externo será  $m_l * (h/2\pi)$   
**m<sub>l</sub>** puede adoptar los valores comprendidos entre **-l hasta +l**, pasando por cero.

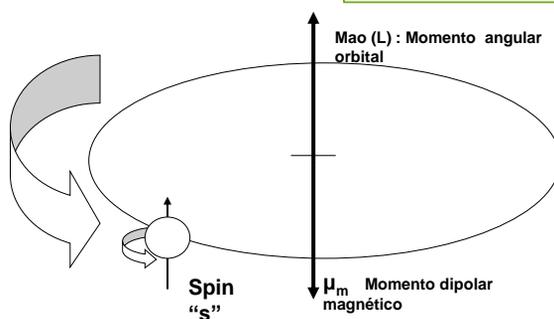


## Materiales Eléctricos

**Ejemplo de aplicación:** Para investigar los estados posibles de ser ocupados por electrones orbitales dentro del pozo de energía potencial del núcleo completaremos la tabla siguiente. Asignaremos los valores posibles de  $n$ , entre 1 y 3. A partir de ellos, los valores posibles de  $l$  y  $m_l$ . La cuarta columna la reservamos para el cuarto número cuántico.

| Combinaciones de los números cuánticos |     |       |  |
|--|-----|-------|--|
| $N$                                    | $l$ | $m_l$ |  |
| 1                                      | 0   | 0     |  |
| 2                                      | 0   | 0     |  |
| 2                                      | 1   | -1    |  |
| 2                                      | 1   | 0     |  |
| 2                                      | 1   | +1    |  |
| 3                                      | 0   | 0     |  |
| 3                                      | 1   | -1    |  |
| 3                                      | 1   | 0     |  |
| 3                                      | 1   | +1    |  |
| 3                                      | 2   | -2    |  |
| 3                                      | 2   | -1    |  |
| 3                                      | 2   | 0     |  |
| 3                                      | 2   | +1    |  |
| 3                                      | 2   | +2    |  |

## Materiales Eléctricos

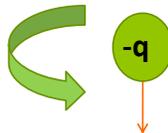


$$Mao \text{ (momento angular orbital)} = L = m \cdot v \cdot r = m \cdot \omega \cdot r^2 = n \cdot (h/2\pi)$$

Donde:

- $m$  es la masa en reposo del electrón.
- $v$  es la velocidad tangencial.
- $\omega$  es la velocidad angular.
- $r$  es el radio de la supuesta órbita circular que describe.
- $n$  es el número cuántico principal.
- $h$  es la constante de Planck.

## Materiales Eléctricos

Número cuántico spin  $m_s$  "S"

Cada electrón orbital de la nube está sometido además, a un movimiento de rotación sobre si mismo. Como si fuera un trompo que gira sobre su eje.

Una carga eléctrica (el electrón) que gira sobre si misma se comporta como una pequeña espira de corriente. Es decir que estamos ante un nuevo Momento Dipolar Magnético que llamamos Spin.

El Momento Angular Spin  $M_s$  dependerá de un número cuántico angular spin llamado  $s$ , que adopta un único valor 0,5.

El módulo del vector  $M_s$  responde a un modelo similar al  $M_l$ , pero con un valor único:

$$M_s = \frac{h}{2\pi} * (s (s + 1))^{1/2} = 0,866 * \frac{h}{2\pi}$$

La proyección del vector  $M_s$  sobre el campo magnético actuante adoptará solo dos valores: **+0,5** y **-0,5**. En fase y en contrafase con el campo magnético actuante.

La presencia de estos valores de **S** hace que, por cada estado definido en la tabla anterior haya un desdoblamiento en dos estados reales.

## Materiales Eléctricos

Los estados posibles de ser ocupados por electrones orbitales dentro del pozo de energía potencial del núcleo son según la combinación de los números cuánticos

| Combinaciones de los números cuánticos |                |                |           |           |
|--|----------------|----------------|-----------|-----------|
| n                                      | l              | $m_l$          | $m_s$     |           |
| 1<br>capa K                            | 0<br>subcapa S | 0              | +0,5 -0,5 |           |
|  | 2<br>capa L    | 0<br>subcapa S | 0         | +0,5 -0,5 |
| 1<br>subcapa p                         |                |                | -1        | +0,5 -0,5 |
|  |                |                | 0         | +0,5 -0,5 |
|  |                | +1             | +0,5 -0,5 |           |
| 3<br>capa M                            | 0<br>subcapa S | 0              | +0,5 -0,5 |           |
|  |                | 1<br>subcapa p | -1        | +0,5 -0,5 |
|  |                |                | 0         | +0,5 -0,5 |
|  | +1             |                | +0,5 -0,5 |           |
|  | 2<br>subcapa d | 2              | -2        | +0,5 -0,5 |
|  |                |                | -1        | +0,5 -0,5 |
|  |                |                | 0         | +0,5 -0,5 |
|  |                |                | +1        | +0,5 -0,5 |
|  |                |                | +2        | +0,5 -0,5 |

## Materiales Eléctricos

Vemos que no se trata de una estructura rígida, donde se van llenando los estados siguiendo el orden creciente de los números cuánticos. El llenado se hace según los valores de las energías de los estados.

**Estructura electrónica de los elementos**

La cantidad de estados permitidos, posibles de ser ocupados por electrones, está relacionada con el número de electrones de cada átomo.  $Z$  = número atómico.

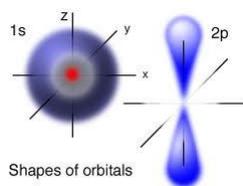
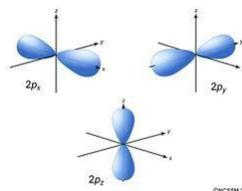
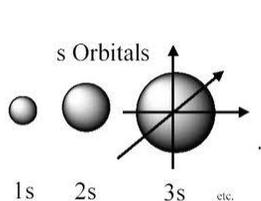
| Estructura electrónica de los elementos |   |           |            |                     |
|---|---|-----------|------------|---------------------|
| n                                       | l | $m_l$     | $m_s$      | Z                   |
| 1                                       | 0 | 0         | 2 estados  | 1 y 2<br>Helio      |
| 2                                       | 0 | 0         | 2 estados  | 3 y 4               |
| 2                                       | 1 | 3 valores | 6 estados  | 5 al 10<br>Neón     |
| 3                                       | 0 | 0         | 2 estados  | 11 y 12             |
| 3                                       | 1 | 3 valores | 6 estados  | 13 al 18<br>Argón   |
| 4                                       | 0 | 0         | 2 estados  | 19 y 20             |
| 3                                       | 2 | 5 valores | 10 estados | 21 al 30            |
| 4                                       | 1 | 3 valores | 6 estados  | 31 al 36<br>Kriptón |

Vemos que no se trata de una estructura rígida, donde se van llenando los estados siguiendo el orden creciente de los números cuánticos. El llenado se hace según los valores de las energías de los estados.

## Materiales Eléctricos

| Grupo→         | 1        | 2        | 3        | 4         | 5         | 6         | 7         | 8         | 9         | 10        | 11        | 12        | 13         | 14         | 15         | 16         | 17         | 18         |
|----------------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 1<br>  Período | 1<br>H   |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |            |            |            |            |            | 2<br>He    |
| 2              | 3<br>Li  | 4<br>Be  |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 5<br>B     | 6<br>C     | 7<br>N     | 8<br>O     | 9<br>F     | 10<br>Ne   |
| 3              | 11<br>Na | 12<br>Mg |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           | 13<br>Al   | 14<br>Si   | 15<br>P    | 16<br>S    | 17<br>Cl   | 18<br>Ar   |
| 4              | 19<br>K  | 20<br>Ca | 21<br>Sc | 22<br>Ti  | 23<br>V   | 24<br>Cr  | 25<br>Mn  | 26<br>Fe  | 27<br>Co  | 28<br>Ni  | 29<br>Cu  | 30<br>Zn  | 31<br>Ga   | 32<br>Ge   | 33<br>As   | 34<br>Se   | 35<br>Br   | 36<br>Kr   |
| 5              | 37<br>Rb | 38<br>Sr | 39<br>Y  | 40<br>Zr  | 41<br>Nb  | 42<br>Mo  | 43<br>Tc  | 44<br>Ru  | 45<br>Rh  | 46<br>Pd  | 47<br>Ag  | 48<br>Cd  | 49<br>In   | 50<br>Sn   | 51<br>Sb   | 52<br>Te   | 53<br>I    | 54<br>Xe   |
| 6              | 55<br>Cs | 56<br>Ba |          | 72<br>Hf  | 73<br>Ta  | 74<br>W   | 75<br>Re  | 76<br>Os  | 77<br>Ir  | 78<br>Pt  | 79<br>Au  | 80<br>Hg  | 81<br>Tl   | 82<br>Pb   | 83<br>Bi   | 84<br>Po   | 85<br>At   | 86<br>Rn   |
| 7              | 87<br>Fr | 88<br>Ra |          | 104<br>Rf | 105<br>Db | 106<br>Sg | 107<br>Bh | 108<br>Hs | 109<br>Mt | 110<br>Ds | 111<br>Rg | 112<br>Cn | 113<br>Uut | 114<br>Uuq | 115<br>Uup | 116<br>Uuh | 117<br>Uuz | 118<br>Uue |
| Lantánidos     | 57<br>La | 58<br>Ce | 59<br>Pr | 60<br>Nd  | 61<br>Pm  | 62<br>Sm  | 63<br>Eu  | 64<br>Gd  | 65<br>Tb  | 66<br>Dy  | 67<br>Ho  | 68<br>Er  | 69<br>Tm   | 70<br>Yb   | 71<br>Lu   |            |            |            |
| Actinidos      | 89<br>Ac | 90<br>Th | 91<br>Pa | 92<br>U   | 93<br>Np  | 94<br>Pu  | 95<br>Am  | 96<br>Cm  | 97<br>Bk  | 98<br>Cf  | 99<br>Es  | 100<br>Fm | 101<br>Md  | 102<br>No  | 103<br>Lr  |            |            |            |

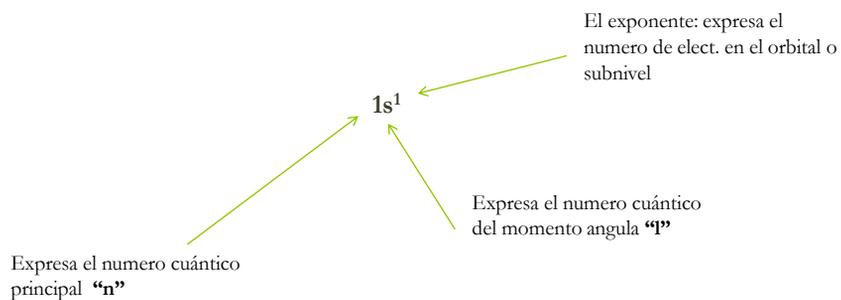
## Orbitales Atómicos



|              | s  | p  | d  | f  |
|--------------|----|----|----|----|
| <b>n = 1</b> | 1s |    |    |    |
| <b>n = 2</b> | 2s | 2p |    |    |
| <b>n = 3</b> | 3s | 3p | 3d |    |
| <b>n = 4</b> | 4s | 4p | 4d | 4f |
| <b>n = 5</b> | 5s | 5p | 5d | 5f |
| <b>n = 6</b> | 6s | 6p | 6d |    |
| <b>n = 7</b> | 7s | 7p |    |    |

## Configuración Electrónica

- Los cuatro números cuánticos permiten identificar completamente un electrón en cualquier orbital de un átomo:



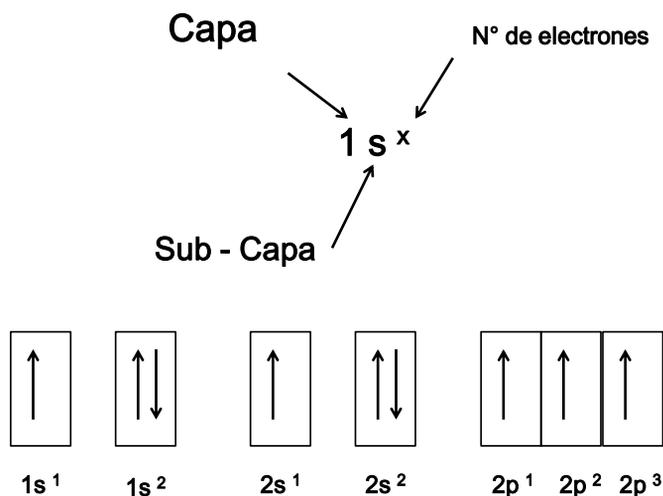
31

- El orden de llenado de los electrones en el átomo sigue el criterio de “menor energía”, los electrones tratan de ubicarse en el nivel disponible de menos energía
- El nivel de energía dentro del átomo está relacionado con el número  $n$  (número cuántico principal)  $E_{n1} < E_{n2}$
- Dentro del nivel  $n$  la energía se ordena según las subcapas  $s < p < d < f$
- La secuencia para ir ubicando los electrones en el átomo es entonces  

$$1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 3d < 4s < 4p < 4d < 4f$$
- Para átomos poli electrónicos el “apantallamiento” puede alterar al secuencia anterior

32

## Notación para indicar la configuración electrónica



33

## Configuración electrónica de los elementos

|    |             |    |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |  |
|----|-------------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--|
| 1  | Hydrogen    | H  | 1s <sup>1</sup> |                 |                 |                 |                 |                 |                 |  |
| 2  | Helium      | He | 1s <sup>2</sup> |                 |                 |                 |                 |                 |                 |  |
| 3  | Lithium     | Li | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>1</sup> |                 |                 |                 |                 |                 |  |
| 4  | Beryllium   | Be | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> |                 |                 |                 |                 |                 |  |
| 5  | Boron       | B  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>1</sup> |                 |                 |                 |                 |  |
| 6  | Carbon      | C  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>2</sup> |                 |                 |                 |                 |  |
| 7  | Nitrogen    | N  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>3</sup> |                 |                 |                 |                 |  |
| 8  | Oxygen      | O  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>4</sup> |                 |                 |                 |                 |  |
| 9  | Fluorine    | F  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>5</sup> |                 |                 |                 |                 |  |
| 10 | Neon        | Ne | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> |                 |                 |                 |                 |  |
| 11 | Sodium      | Na | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>1</sup> |                 |                 |                 |  |
| 12 | Magnesium   | Mg | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> |                 |                 |                 |  |
| 13 | Aluminum    | Al | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>1</sup> |                 |                 |  |
| 14 | Silicon     | Si | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>2</sup> |                 |                 |  |
| 15 | Phosphorous | P  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>3</sup> |                 |                 |  |
| 16 | Sulfur      | S  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>4</sup> |                 |                 |  |
| 17 | Chlorine    | Cl | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>5</sup> |                 |                 |  |
| 18 | Argon       | Ar | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> |                 |                 |  |
| 19 | Potassium   | K  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> |                 | 4s <sup>1</sup> |  |
| 20 | Calcium     | Ca | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> |                 | 4s <sup>2</sup> |  |
| 21 | Scandium    | Sc | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>1</sup> | 4s <sup>2</sup> |  |
| 22 | Titanium    | Ti | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>2</sup> | 4s <sup>2</sup> |  |

34

## Configuración electrónica de los elementos

|    |           |    |                 |                 |                 |                 |                 |                  |                 |                 |
|----|-----------|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| 23 | Vanadium  | V  | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>3</sup>  | 4s <sup>2</sup> |                 |
| 24 | Chromium  | Cr | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>5</sup>  | 4s <sup>1</sup> |                 |
| 25 | Manganese | Mn | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>5</sup>  | 4s <sup>2</sup> |                 |
| 26 | Iron      | Fe | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>6</sup>  | 4s <sup>2</sup> |                 |
| 27 | Cobalt    | Co | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>7</sup>  | 4s <sup>2</sup> |                 |
| 28 | Nickel    | Ni | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>8</sup>  | 4s <sup>2</sup> |                 |
| 29 | Copper    | Cu | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>1</sup> |                 |
| 30 | Zinc      | Zn | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> |                 |
| 31 | Gallium   | Ga | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>1</sup> |
| 32 | Germanium | Ge | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>2</sup> |
| 33 | Arsenic   | As | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>3</sup> |
| 34 | Selenium  | Se | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>4</sup> |
| 35 | Brome     | Br | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>5</sup> |
| 36 | Krypton   | Kr | 1s <sup>2</sup> | 2s <sup>2</sup> | 2p <sup>6</sup> | 3s <sup>2</sup> | 3p <sup>6</sup> | 3d <sup>10</sup> | 4s <sup>2</sup> | 4p <sup>6</sup> |

**Periodic Table of the Elements**

| IA |    |     |    |                       |                 |     |     |     |     |     |     | Non metals |    |       |    |      |    | VIII B |    |      |    |                       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|-----|----|-----------------------|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|----|-------|----|------|----|--------|----|------|----|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|    |    | IIA |    | d Transition Elements |                 |     |     |     |     |     |     |            |    | III B |    | IV B |    | V B    |    | VI B |    | VII B                 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 1  | H  | 3   | Li | 4                     | Be              |     |     |     |     |     |     |            |    |       |    | 5    | B  | 6      | C  | 7    | N  | 8                     | O  | 9  | F  | 10 | Ne |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 11 | Na | 12  | Mg |                       |                 |     |     |     |     |     |     |            |    | 13    | Al | 14   | Si | 15     | P  | 16   | S  | 17                    | Cl | 18 | Ar |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 19 | K  | 20  | Ca | 21                    | Sc              | 22  | Ti  | 23  | V   | 24  | Cr  | 25         | Mn | 26    | Fe | 27   | Co | 28     | Ni | 29   | Cu | 30                    | Zn | 31 | Ga | 32 | Ge | 33 | As | 34 | Se | 35 | Br | 36 | Kr |
| 37 | Rb | 38  | Sr | 39                    | Y               | 40  | Zr  | 41  | Nb  | 42  | Mo  | 43         | Tc | 44    | Ru | 45   | Rh | 46     | Pd | 47   | Ag | 48                    | Cd | 49 | In | 50 | Sn | 51 | Sb | 52 | Te | 53 | I  | 54 | Xe |
| 55 | Cs | 56  | Ba | 57                    | La <sup>a</sup> | 72  | Hf  | 73  | Ta  | 74  | W   | 75         | Re | 76    | Os | 77   | Ir | 78     | Pt | 79   | Au | 80                    | Hg | 81 | Tl | 82 | Pb | 83 | Bi | 84 | Po | 85 | At | 86 | Rn |
| 87 | Fr | 88  | Ra | 89                    | Ac <sup>b</sup> | 104 | Unq | 105 | Unp | 106 | Uns |            |    |       |    |      |    |        |    |      |    | f Transition Elements |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

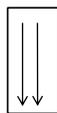
## Materiales Eléctricos

## Principio de Exclusión de Pauli

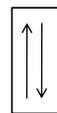
- Dos electrones en un átomo no pueden tener los mismos cuatro números cuánticos.

 $1s^2$ 

a)

 $1s^2$ 

b)

 $1s^2$ 

c)

## Tabla Periódica

- El principio de construcción o de AUFBAU establece que cuando los protones se agregan al núcleo de uno en uno para construir los elementos, los electrones se suman de la misma forma a los orbitales atómicos.

## Principio de incertidumbre de Heisenberg

- Es imposible conocer simultáneamente el momento  $p$  (masa por velocidad) y la posición de una partícula con certidumbre

- $$\Delta x \Delta p \geq h / 4\pi$$

## Mecánica Cuántica

- Es la Física moderna, que surge como una necesidad para poder explicar fenómenos físicos que no podían ser explicados por la física clásica Newtoniana o la teoría del electromagnetismo. Estos fenómenos principalmente son el fenómeno fotoeléctrico y la radiación del cuerpo negro.
- La Mecánica Cuántica trata con magnitudes observables pero el principio de incertidumbre altera por completo el concepto de magnitud observable. Para la mecánica Clásica o Newtoniana la posición y la cantidad de movimiento tiene un valor definido y verificable en cada instante en cambio por el principio de incertidumbre sabemos que no es así en M. C. Las cantidades que da la M.C. son probabilidades.
- En vez de afirmar por ejemplo que el radio de la orbita del electrón en su estado fundamental en el átomo de hidrogeno es  $5,3 \times 10^{-11} \text{m}$ , la M.C. afirma que este es el radio mas probable.
- Por el principio de Correspondencia la M.C. da los mismos resultados que la M.N.

## Ecuación de Schrödinger

- El Átomo Monoatómico de Hidrogeno descrito por Bohr es un átomo simple por que solo contiene un electrón. Este puede ubicarse en el estado fundamental o estacionario o en estados excitados de mayor energía. Para átomos con Numero atómico mayor que uno, con mas de un electrón, o átomos **polielectronicos**, se debe conocer la forma como están distribuidos los electrones en los distintos orbitales atómicos o niveles energéticos.

## Materiales Eléctricos

- Para completar estos conceptos en mecánica cuántica y generalizando los resultados de las ondas de De Broglie se utiliza la *Ecuación de Schrödinger* que es la que describe el comportamiento electromecánico de los electrones que se mueven en el átomo, en presencia de un campo de potencial, debido no solamente al núcleo positivo, sino también a los otros electrones del átomo y a los átomos vecinos. Si se aplica la Ecuación de Schrödinger al átomo de Hidrogeno da la misma solución obtenida por Bohr.
- De la solución Ecuación de Schrödinger se derivan los tres números cuánticos  $n$ ,  $l$  y  $m_l$  que son necesarios para describir la distribución de los electrones en el átomo
- La Ecuación de Schrödinger es

$$\begin{aligned} \circ \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \psi &= 0 \end{aligned}$$

$$\circ \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \psi = 0$$

## Materiales Eléctricos

$$\begin{aligned} \circ \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \psi &= 0 \end{aligned}$$

$$\circ \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial z^2} + \frac{8\pi^2 m}{h^2} (E - V) \psi = 0$$

- donde  $m$  es la masa de los electrones,  $E$  es su energía total y  $V$  su energía potencial  $\psi$  es la función de onda de la partícula (electrón en este caso)
- La función  $\psi$  solución de esta ecuación no tiene un significado físico inmediato, es una solución matemática. Pero el cuadrado de la función  $\psi^2$  es la **densidad de probabilidad** que significa la probabilidad de encontrar los electrones en ese instante de tiempo y en ese volumen elemental

## Materiales Eléctricos

- ¿Dónde estudiar estos temas?
- Capítulo 7 Química de Raymond Chang
- 7.1 De la Física Clásica a la Teoría Cuántica
- 7.2 El Efecto Fotoeléctrico (opcional sirve como cultura general)
- 7.3 Teoría de Bohr del átomo de hidrogeno
- 7.4 La naturaleza dual del electrón
- 7.5 Mecánica Cuántica
- 7.6 Los números cuánticos
- 7.7 Orbitales atómicos (no con tanto detalle)
- 7.8 Configuración electrónica
- 7.9 Principio de construcción (no con tanto detalle)
- <http://www1.herrera.unt.edu.ar/biblcet/>
- **Ebrary**
- Para acceder a E-Libro ingrese a <http://site.ebrary.com/lib/biblcetuntsp> con su número de carnet y su documento.