

SEMINARIO DE FÍSICA 2005

Estructura Atómica (Últimas Noticias sobre el Átomo).

Autor: Ing. Lino Spagnolo.

- 1.-) Dimensiones atómicas (fm ó femptodimensiones).
- 2.-) Aplicaciones de las características atómicas.
- 3.-) Acercamiento al Átomo.
- 4.-) Orbitales Electrónicos.
- 5.-) Propiedades de los Electrones.
- 6.-) Modelo Standard del Núcleo.

1.-) Dimensiones atómicas (fm ó femptodimensiones).

I-) El hombre desarrolló una Física acorde a sus dimensiones.

Las dimensiones que conoce son: mm, seg, años, joules, etc.

Las diferentes secciones de la física, como mecánica, electromagnetismo, óptica, termodinámica, pudieron solucionar todos los problemas hasta encontrarse con las dimensiones de las radiaciones en el cuerpo negro, del efecto fotoeléctrico, que por las longitudes de onda tan reducidas salían del marco físico establecido.

Con Planck y sus revolucionarias ideas acerca de la energía, comenzó la nueva etapa de una nueva Física; cada vez menos intuitiva que la anterior, pero con resultados precisos y concluyentes que impedían cualquier objeción formal.

Con esto comienza el desarrollo de lo que más tarde serán la Mecánica Cuántica, el electromagnetismo cuántico, la cromodinámica cuántica, y la cuantización de las unidades fundamentales de energía, espacio y tiempo.

II-) Consideremos las dimensiones del átomo: su diámetro medio, está en el orden de 1 \AA ó 10^{-10} m , sus niveles de energía de excitación van de 3 eV a varias centenas de eV ($1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Joules}$, si se convierte en energía la masa de un electrón, ésta sería de 511 KeV).

Las dimensiones del núcleo son de una naturaleza totalmente diferentes: su diámetro medio es de 1 fm ó 10^{-15} m , equivale a comparar una bolita de 1 cm con una esfera de 1 Km de diámetro. Pero como su masa equivale al total de la masa del átomo y que sus niveles de energía de excitación son del orden de varios centenares de MeV, su importancia es trascendental en mantener la estabilidad del átomo, no obstante ser 100 mil veces más pequeño.

En síntesis:

- El interior del átomo está vacío en un 99,975 %.
- Si agrandamos el **átomo 10 billones de veces**, el **núcleo** mediría 10^{-2} m o sea un **diámetro de 1 cm** y la **capa electrónica del átomo mediría 1 Km**.
- Si hiciéramos la comparación entre las dimensiones del SOL (radio = $7 \cdot 10^5 \text{ Km}$) y las de las órbitas electrónicas, éstas debieran estar localizadas a $7 \cdot 10^{10} \text{ Km}$, mucho más allá que la órbita de Plutón. **Todo el interior entre el Sol y Plutón+, estaría vacío.**

III-) Algunas características adicionales de los átomos que hacen al tema:

El contacto con la materia sólida solo se establece entre las respectivas nubes de electrones de los átomos que forman las moléculas.

¿Qué existe en el interior del núcleo? Un nuevo e inexplorado mundo, aún más rico en contenido que el propio núcleo. (Ver punto 6).

¿Como es el equilibrio del núcleo en este inmenso vacío? Por la red de fuerzas nucleares fuertes, fuerzas electromagnéticas y fuerzas nucleares débiles (ff, fem, fd) de los campos cuánticos que lo mantienen.

Los átomos forman moléculas solo si la disposición de los electrones es más estable en la nueva molécula, que antes (menor energía).

2.- Aplicaciones de las características atómicas.

En 1949 W. Shockley y John Bardeen, descubrieron el transistor. Más tarde Bardeen explicó, con la teoría cuántica, el fenómeno de la superconductividad, esto permitió crear la resonancia magnética y otros aparatos derivados.

Hoy en día toda la tecnología se basa en los semiconductores y en los microchips.

El conocimiento del átomo y de sus orbitales electrónicos permitió crear la tecnología de:

- Superconductividad a altas temperaturas
- Estructuras finas en los enlaces químicos.
- Hornos de microondas.
- El tomógrafo de positrones.
- La cobaltoterapia con el uso del isótopo radiactivo $\text{Co}_{(27,60)}$
- Reactores nucleares para centrales eléctricas.
- El microscopio electrónico (SEM) de barrido ó scanner, con una ampliación de objetos del orden de 50 nm.
- Los rayos Láser.
- El ordenador cuántico.
- La ingeniería genética.

La nanotecnología es la que corresponde a las dimensiones de 10^{-9} m, en la cual la naturaleza trabajó desde siempre. (Dimensiones de las moléculas).

Las nanomáquinas naturales operan en el ADN de los cromosomas de nuestras células, copiando fragmentos de material genético, llevando las instrucciones a diferentes lugares de las células y hasta fabricando nuevas moléculas que éstas puedan necesitar. Por su analogía con los procesos industriales se las denominó "máquinas celulares" antes que se hablara de nanotecnología.

Fabricación de minúsculos nano-robots que puedan inyectarse en la sangre y limpien las arterias.

3.- Acercamiento al Átomo.

Sólo hay dos clases de partículas: los fermiones y los bosones. Una diferencia es su spin, fraccionario en los primeros, entero los segundos. Protones, electrones, neutrones y neutrinos, son fermiones. Obedecen el principio de exclusión de W. Pauli, y su principal característica es que no pueden convivir entre iguales. Son partículas muy estables, excepto el neutrón cuando es libre.

Los fotones y los mesones son bosones. No obedecen el principio de exclusión, de allí que los fotones coexistan en masas siderales: sabemos que sobre la superficie terrestre llegan constantemente unos 10^{12} fotones / mm^2 .seg. Excepto el fotón, son siempre inestables si son libres.

Los fermiones son las partículas con las cuales se forma la materia, los bosones son los responsables de las interacciones entre partículas ó mediadores/portadores de las fuerzas ó interacciones.

Hay otras clasificaciones como: Bariones, Mesones, Leptones, Gluones, etc. que no aportan mayor información conceptual, por ahora.

Características de la unión:

El modelo corresponde al de un núcleo de protones (p^+) y de neutrones (n^0) que se mantienen ligados entre sí por la fuerza nuclear fuerte; rodeado de un conjunto de orbitales electrónicos, de trayectorias indefinidas para el observador pero bien conocidas por cada electrón (e^-) que las debe recorrer cien mil billones (10^{17}) de veces al segundo.

Los orbitales electrónicos están configurados en estratos, definidos por números cuánticos derivados de la solución de la ecuación de onda de Schrödinger. Tanto el número de electrones por estrato como la cantidad de estratos viene definido por tales números, como se verá en el punto 4.

El núcleo está en perpetuo movimiento, mediante el intercambio continuo de cargas entre los protones y los neutrones con los mediadores de la fuerza fuerte. Las cargas positivas p^+ se mantienen juntas por la acción dinámica de los mesones π , portadores de la fuerza fuerte, que al moverse constantemente entre un neutrón y un protón, crea una fuerza de unión tan grande capaz de vencer la fuerza electromagnética que tiende a separarlos.

El núcleo concentra el 99% de la masa del átomo.

El fenómeno de la dispersión consiste en disparar partículas alfa ($He_{2,4}$) contra una fina lámina de oro, que, por las dimensiones relativas ya vistas, equivale a tirar una bolita de 1 cm contra una pared cuya red de agujeros son de 1 Km de diámetro y en cuyo centro de cada retícula hay un núcleo del tamaño de la bolita. Tal como se comprueba, no es de esperar que la pared los rebote, excepto unos pocos casos previstos por la misma ley de dispersión.

El protón libre es estable, el neutrón libre se desintegra (decae) en 17 min. generando un protón, un electrón y un antineutrino. El neutrón es una especie de nucleón embarazado de un protón, por sus características neutras sólo se lo pudo detectar en 1932, por Chadwick.

El neutrino fue postulado por Pauli en 1930, ya que no se explicaba la desintegración beta del neutrón, en la que se producía un desbalance energético y de spin. Detectado finalmente en 1956.

Existe un principio no escrito en la investigación de las partículas elementales, que dice: por cada nuevo descubrimiento, se aclara una incógnita y se generan 2 nuevas.

Como se mantienen unidos los protones?

¿Como imaginar tener unidos 2 protones si ellos se repelen con una fuerza de un micro-Newton? Para un símil, como la fem es 10^{36} veces mayor que la gravitatoria, equivale a mantener unidas dos esferas de 2,7 cm c/u y separadas por 1 dm si se repelen con una fuerza de 10^{30} N ó de 100 millones de trillones de Tn. Lógicamente se los puede mantener unidos con una fuerza aún más poderosa: la fuerza fuerte, 137 veces más grande que la fem. (El cálculo anterior equivale a tomar 2 esferas de 1 mol de Plata c/u, supuestas formadas por protones exclusivamente, y separadas por 1 dm).

H. Yukawa ideó la primera teoría. Se sabía que en la fisión nuclear se manejan fuerzas elevadísimas que impiden la separación del núcleo, pero al fisionarse (bomba de U) se libera precisamente esta fuerza que consiste en energía cinética, ésta sacude a las partículas vecinas aumentando su temperatura e iniciando una reacción en cadena. De

esas mediciones dedujo que la fuerza de unión entre los nucleones era unas 100 veces la fem. **H. Yukawa razonó: 1° que las fuerzas** de cohesión se forman en cada caso allí donde dos partículas se intercambian una tercera partícula; **y 2° que si el fotón** era la partícula mediadora de la fem entre partículas cargadas eléctricamente (de masa en reposo nula y radio de acción infinito), para la fuerza nuclear fuerte debía existir una partícula mediadora que interactúe entre los protones y los neutrones en un ámbito reducido al núcleo (lejos de la órbita electrónica) que denominó **mesón** (de masa intermedia entre el p+ y el n°), con una masa de unas 200 veces la del electrón.

Esta masa la dedujo porqué ese mesón acoplado (no libre), considerado como una partícula virtual, debía tener una masa inversamente proporcional a su vida media, y ésta resultaba de estar reducida a un ámbito de 10^{-15} m.

Se comprobó posteriormente que esa partícula era el Pión (ó partícula π) de masa 270 veces la del electrón. Sabemos ahora que el Pión es una partícula que solo existe en el interior del núcleo, muy inestable, de spin =0 y con tres posibilidades de cargas positiva, negativa ó neutra.

Se considera al Pión más como un evento que un objeto material (la misma interpretación que se le da a la partícula virtual).

La velocidad de intercambio entre la oscilación que cumple el mesón π para conmutar protones en neutrones, y viceversa, es de aproximadamente $2,5 \cdot 10^8$ m/s.

Para ello la fuerza fuerte (mesones π ó piones) realiza un movimiento de vaivén de 10^{23} oscilaciones/segundo entre ambos nucleones.

Cuando la velocidad de intercambio crece, aumenta la fuerza de cohesión entre las partículas. (Ver en punto 6: la función de la fuerza Color).

Cada partícula tiene su antipartícula: protón \rightarrow antiprotón;
neutrón \rightarrow antineutrón; electrón \rightarrow positrón; neutrino \rightarrow antineutrino.

Cuando una partícula no tiene carga eléctrica, para diferenciarse utiliza otras características cuánticas, como el spin.

4.- Orbitales Electrónicos.

El átomo está rodeado de electrones, tantos como protones tenga en el núcleo. Cuando carece o le sobra algún electrón se habla de átomos ionizados, con carga eléctrica neta positiva ó negativa.

Los electrones y los neutrinos pertenecen a la importante familia de los leptones (palabra de origen griego que significa livianos) junto con los muones y las partículas tau. Estas en conjunto con los neutrinos muónicos y los neutrinos tauónicos completan la familia de los leptones. (a las 6 partículas se deben agregar las 6 antipartículas).
Ver imagen: simplemodel.

La importancia de la familia se debe a que sus partículas no admiten subdivisiones, son verdaderas partículas elementales.

Los neutrinos electrónicos son unas "partículas" misteriosas. Atraviesan todo sin ninguna interferencia, pueden atravesar la Tierra sin resentirse y atraviesan el Sol cuando son producidos en la desintegración del protón en un neutrón + electrón + neutrino electrónico:

= (p+ \rightarrow n° + e- + neutrino).

Los neutrinos llegan en grandes cantidades a la Tierra, no obstante solamente pudieron detectarse en 1998 en unas cavernas subterráneas existentes en Japón. Su masa parece nula ó es menor a un diez millonésimo de la masa del electrón.

Mientras que los electrones y los neutrinos electrónicos son absolutamente estables, los demás componentes de la familia son inestables y de masas considerablemente superiores a los componentes principales.

Los electrones orbitan alrededor del núcleo en orbitales (o en **densidades orbitales**) que resultan de la solución de la ecuación de onda de Schrödinger, pero que resulta extremadamente difícil tratar de representar mediante algo que conocemos como órbitas, el motivo es que las partículas elementales no tienen una trayectoria, por lo tanto no podemos hablar de órbitas.
Solamente se puede hablar de probabilidad de aparecer ó estar en un determinado entorno, definiendo tal entorno como **nubes orbitales** y representándolas como figuras imaginables. Ver imagen: "Orbit3" y "orbitals" y la interesante "Orbitales inusuales"

En Mecánica Cuántica solo se habla de **ecuación de estado**, cuya solución es la ecuación de onda la cual permite hallar las demás variables dinámicas en sus valores promedio. La mecánica cuántica no admite el concepto de trayectorias ni el de posiciones.

Número cuánticos: **n – l – m – s.**

Lo que sí se puede decir, es que el átomo tiene distribuidos los electrones en diversas capas energéticas (denominadas Shells K, L, M, N, O, P, Q, R y también denominadas como 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) y que cada una de ellas tiene a su vez la posibilidad de distribuir los electrones en otras subcapas (o Sub-Shells identificadas por las iniciales de las palabras: "sharp", "principal", "diffuse" and "fundamental", o sea como: s, p, d y f).

La interpretación de las capas y subcapas es que **son números cuánticos** (autovalores, soluciones de la ecuación de estado). Los autovalores son 3: **n, l, m.**

n: el primero es el N° cuántico principal "n" que define el estado energético del electrón, ó capa energética (va del 1 al 8, K, L, etc).

l: el segundo es el N° cuántico angular ó azimutal, "l" define la forma de la densidad orbital o nube orbital, (subcapas s, p, d, f). El N° "l" toma todos los valores entre cero y (n – 1).

m: finalmente el N° cuántico magnético "m" define la orientación de la nube orbital y toma todos los valores entre "–l y +l".

s: el último N° cuántico, es el spin intrínseco del electrón, tiene que ver con los dos sentidos posibles de rotación, vale por lo tanto + ½ y – ½.

Ejemplo: si n = 4 (N); l = 0, 1, 2, 3; m = -3, -2, -1, 0, +1, +2, +3

En total, para la capa 4 (ó capa N) hay 16 orbitales posibles y 32 electrones por el doble valor que le confiere el spin.

n princip.	l angular	SubShell	m magnet.	N.Orb.	Total e-
1	0	1s	0	1	2
2	0	2s	0	1	8
	1	2p	-1 0 +1	3	
3	0	3s	0	1	18
	1	3p	-1 0 +1	3	
	2	3d	-2,-1,0+1+2	5	
4	0	4s	0	1	32
	1	4p	-1 0 +1	3	
	2	4d	-2,-1,0+1+2	5	
	3	4f	-3-2-10+1+2+3	7	

Ejemplo de distribución electrónica en el Átomo, At (85, 210).

K ó n=1	L ó n=2	M ó n=3	N ó n=4	O ó n=5	P ó n=6
1s ²	2s ²	3s ²	4s ²	5s ²	6s ²
	2p ⁶	3p ⁶	4p ⁶	5p ⁶	6p ⁵

		$3d^{10}$	$4d^{10}$	$5d^{10}$	
			$4f^{14}$		
Tot. 2	8	18	32	18	7

Hay una importante restricción en el último orbital: nunca puede haber más de 8 electrones, esté donde esté el último.

5.- Propiedades de los Electrones.

Los electrones de la última capa definen las características químicas de los elementos. En el primer grupo, con un solo electrón, están los metales alcalinos, excepto el H. Son muy reactivos y lo son en especial con el agua. Los alcalinos son: H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.

Si en la última capa hay 7 electrones, grupo de los alógenos (salt forming), se combinan violentamente con los alcalinos formando sales. Los alógenos son: F, Cl, Br, I, At.

El Cl reacciona violentamente al unirse con el H: $Cl \rightarrow H = \text{Clorhídrico}$.

$Cl \rightarrow Na = \text{Cloruro de Sodio}$, gran afinidad recíproca.

$K \rightarrow Br // Na \rightarrow F // K \rightarrow Cl // NH_3 \text{ Amoníaco} // CH_4 \text{ Metano}$

$CO_2 \text{ Anhídrido carbónico} // SiO_2 \text{ Sílice}$.

Pero no son estas cosas las que nos interesan más: Es muy notable el comportamiento de los electrones al moverse entre las diferentes capas y sub-capas. Para pasar de una capa interior, de la M a la N, pasan de una capa de baja energía (M) a otra de mayor energía (N), para ello es necesario entregarles energía externa, por ejemplo con bombardeo de fotones de alta energía. Una vez alcanzada esa capa, el átomo no quiere quedarse con un electrón menos en la M, por lo cual inmediatamente un electrón salta de la capa N a la M entregando una energía equivalente a la diferencia de energía entre las dos capas. Esta energía se emite en forma de fotones o radiación de fotones.

El tiempo que dura un electrón en un estado de excitación es de 1 nseg. antes de volver al estado original. Pero sorprendentemente hay elementos que tienen estados en donde los electrones pueden permanecer por un tiempo mayor, alrededor de 1 mseg. lo cual significa un millón de veces más que en el resto de los estados. (Es como comparar 11 días con 1 seg.).

Estos estados especiales se llaman **metaestables** y gracias a ellos tenemos al LÁSER.

Un rayo de luz Láser tiene las importantes características de:

- Ser muy fino y concentrado, posible de dirigirse a un blanco mínimo.
- Tener una alta intensidad de energía.
- Permanecer concentrado, no dispersándose a lo largo del camino. Esta propiedad se llama colimación (limitado el ángulo sólido de radiación, haz muy concentrado).
- Ser monocromático, con la misma frecuencia y la misma fase, moviéndose todos los fotones en la misma dirección.

Proceso:

En una sustancia cualquiera, si se excitan los electrones y pasan a una capa exterior, vuelven al cabo de un nano segundo en la misma forma en que fueron excitados, es decir: descontroladamente.

En una sustancia adecuada (rubí con impurezas de Cr), la cual posee una capa metaestable producida por el Cr, se pueden excitar los electrones con un flash de luz externa, provocando que trillones de electrones del Cr pasen a la capa metaestable y permanezcan allí por un largo tiempo, unos milisegundos, para concentrar la mayor cantidad posible de electrones. Pasado el millón de nano segundos, la capa está repleta de electrones prontos a retornar a la capa de origen, cuando uno comienza emitiendo dos fotones que inciden sobre otros electrones cercanos en la misma situación, se produce una reacción en cadena que arrastra a todos en simultaneidad emitiendo un poderoso haz de fotones de la misma frecuencia y fase, generando así un rayo Láser (se logra, además, darles a todos la misma dirección con el uso espejos apropiados).

Algunas aplicaciones láser se logran sencillamente con diodos láser, como ser los punteros de luz, lectores de CD, etc.

Las radiaciones de luz ultracortas, logrando pulsos láser cada femto segundo, han dado origen a la química denominada femto química, en la cual Ahmed Zewail recibió **el Nobel de 1999** por observar mediante un láser de esas características las transformaciones moleculares durante ese período de tiempo, permitiendo pilotear ó guiar la reacción química hacia ese final preestablecido mediante la emisión de destellos de energía ultracorta obligando a ejecutar las reacciones químicas en la forma deseada.

6.- Modelo Standard del Núcleo.

Actualmente se conocen una importante cantidad de partículas, algunas elementales otras no, generalmente producidas cuando se bombardea un núcleo de protones y neutrones con protones de alta energía, como resultado de la desintegración del núcleo se observan una miríada de diferentes partículas. Resumiremos algunas de entre las aproximadamente 400 detectadas en los innumerables experimentos:

Partícula	Comp. +	Comp. -	Part. Neutra	Masa	Familia
Fotón fem			γ°	0	Bos(Inter.)
Protón	p+	(p-)		938 MeV	Ferm(Bar)
Neutrón			n° y (n°)	939 MeV	Ferm(Bar)
Neutrino			ν° y (ν°)	0	Ferm(Lept)
Electrón	(e+)	e-		0,5 MeV	Ferm(Lept)
Pión ff	$\pi+$	($\pi-$)	π°	140 MeV	Bos(Inter.)
Muón	($\mu+$)	$\mu-$	μ°	106 MeV	Ferm(Lept)
Kaón	K+	(K-)	K°	500 MeV	Bos(Mes)
Sigma	$\Sigma+$	($\Sigma-$)	Σ°	1200 MeV	Ferm(Bar)
Encanto	ó Charmon		J/ Ψ°	3100MeV	Bos(Mes)
Interm. fd	W+	(W-)		91.000 "	Bos(Inter.)
Interm. fd			Z $^\circ$	80.000 "	Bos(Inter.)

y desde luego están también los Quarks.

Un importante físico de esta generación, aún vivo, (George Zweig nació en 1937), tuvo varias ideas geniales pero que, al apurarse en enunciarlas, fueron ridiculizadas y menospreciadas.

En sus comienzos tuvo la suerte de trabajar con dos físicos teóricos muy relevantes: Richard Feynman y Murray Gell-Mann. Sobre todo con el primero aprendió las bases del investigador, lo cual pudo expresarlo refiriéndose a su maestro: "Feynman encaraba las soluciones a los problemas siempre basándose sobre ideas simples. Además de grandes conocimientos físicos-matemáticos tenía una gran intuición, sus investigaciones solo se publicaban si se trataba de datos correctos, importantes y verificados".

George Zweig especulaba que los protones y los neutrones no eran partículas elementales sino compuestos por otras partículas aún más pequeñas que denominó aces.

Los caracterizó como que debían ser 3 partículas, con cargas eléctricas que no serían múltiplos del electrón y de masa muy inferiores al protón o al neutrón. Que pronunciara la herejía de tener cargas eléctricas fraccionarias de la fundamental, bastó para que fuera catalogado de charlatán.

Un año más tarde, Gell-Mann, habló con mucho recato de unas partículas muy elementales y las denominó Quarks. También tendrían cargas eléctricas fraccionarias y agregaba en el

informe que los físicos de las altas energías debían esmerarse en la búsqueda de confirmaciones de su **no existencia**.

Pero finalmente eso no se dio y más bien detectaron, en forma indirecta, pero indiscutible, la existencia de tres partículas que respondían a las características que había enumerado muy bien G. Zwieg.

Fue un gran descubrimiento y un gran triunfo para la teoría standard del átomo, pero como siempre, se encontraron nuevos y más complejos problemas de los que pudieron haberse resuelto. Los 6 quarks recibieron estos nombres, también llamados sabores (de los cuales también ‘existen’ sus 6 antipartículas):

u: up o arriba / c: Charm o encanto / t: Top o cima / todos de carga +2/3.
 d: down o abajo / s: Strange o raro / b: Beauty o belleza / “ “ - 1/3.

En síntesis, toda la materia que forma el universo se puede resumir en términos de unas pocas partículas elementales: Ver imagen “simplemodel”

- 1 bosón → los fotones portadores de la energía radiante.
- 2 leptones → el electrón e- y el neutrino responsable de desintegración β.
- 2 quarks → el quark up: u, (arriba) y el quark down: d, (abajo) de cargas eléctricas (+2/3 y -1/3).

Con estas partículas se forman: Protones p+, neutrones n° y los mesones π

- 2 quarks arriba + 1 quark abajo → p+ de carga: 2/3 + 2/3 - 1/3 = 1.
- 2 quarks abajo + 1 quark arriba → n° de carga: - 1/3 - 1/3 + 2/3 = 0.
- 1 quark arriba + 1 (quark) abajo → mesón π+ de carga: 2/3 + 1/3 = 1.
- 1 (quark) arriba + 1 quark abajo → mesón π- de carga: -2/3 - 1/3 = -1.

Con los protones y los neutrones se forman los nucleones mantenidos unidos por los portadores de la fuerza fuerte π+. Con los anteriores y con los electrones, se forman los átomos y las moléculas y, finalmente, con los neutrinos se posibilita la fisión nuclear en el Sol (decaimiento beta inverso: decae el p+ en 1 n° + 1 e- + 1 neutrino electrónico) que nos proporciona la energía necesaria a través de las radiaciones fotónicas.

Entre los problemas que generan los quarks está el hecho de que son fermiones de spin 1/2 y por el cual no deberían agruparse cuando son iguales, pero no es así: la partícula Ω está formada por tres quarks iguales; para salvar esto Grinberg postuló que cada sabor de quark se daba en tres variedades diferentes llamadas **color** con lo cual al juntarse 3 quarks iguales en carga, sabor, spin y masa debían diferir en el color. (Nuevo número cuántico). El **color** ó **carga color** es el equivalente a la carga eléctrica para los quarks.

Por razones desconocidas, el esquema básico de 2 quarks y 2 leptones se triplica en la naturaleza. Las investigaciones con los aceleradores de alta energía revelaron que el set completo de partículas elementales, verdaderamente indivisibles, forman el siguiente esquema simétrico:

	Familia 1	Familia 2	Familia 3
Leptones de carga positiva = -	Electrón e-	Muón μ-	Tauón τ-
Leptones de carga neutra = 0	Neutrino ν ^o _e	Neutrino ν ^o _μ	Neutrino ν ^o _τ
Quarks de carga positiva = +	Up u+	Charm c+	Top t+
Quarks de carga negativa = -	Down d-	Strange s-	Bottom b-

La Familia 1 forma toda la materia conocida. Las otras 2 familias tienen las mismas propiedades, excepto sus masas que son mayores en la familia 2 y mucho mayores aun en la familia 3.

Los quarks, además de sus cargas eléctricas, tienen $\text{spin} = \frac{1}{2} c/u$, y además tienen 3 variedades de color (la fuerza que los une se denomina fuerza color) con lo que cada quark pasa a ser alternativamente: azul, rojo y verde.

En cada protón o neutrón deben estar presentes los 3 Quarks con sus tres colores formando un todo incoloro. Por otra parte entre ellos se cambian continuamente los colores recorriéndolos los tres alternativamente.

Para mantener unidos los quarks existe una variedad de partículas llamadas **Gluones** portadores de la fuerza color (una categoría de fuerza fuerte aún superior a la nuclear). Los Gluones son eléctricamente neutros, de $\text{spin} = 1$ como en el caso del fotón, siendo por lo tanto Bosones, tienen masa nula y existen de 8 variedades diferentes.

Las interacciones entre quarks y gluones se producen con la absorción de un gluón por un quark, este cambia de color pero no de sabor (un quark u continúa siendo u). Los gluones desempeñan el papel de los fotones y de los mesones π , son los intermediarios de la fuerza color, pero por la variedad de los mismos, las interacciones son mucho más complejas.

La perfecta simetría de este modelo, con tres pares de quarks y tres pares de leptones, insinúan una verdad muy profunda acerca de la estructura de la materia, aunque todavía se nos escape.

Ing. Lino Spagnolo.
Sept./2005

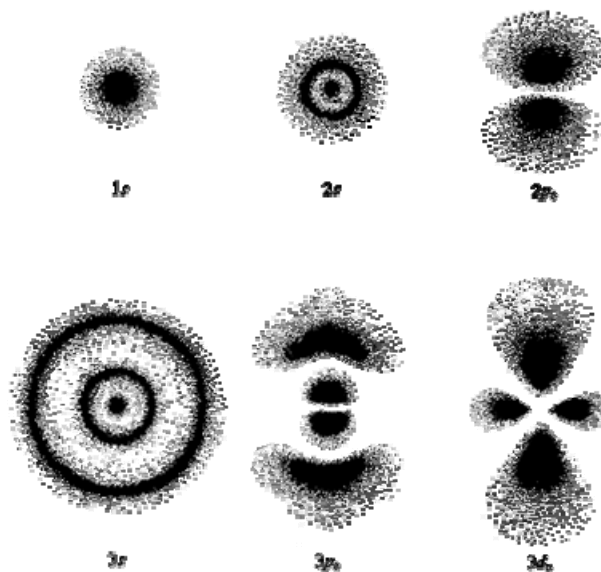


Figure 6-12. Probability density plots of some hydrogen atomic orbitals. The density of the dots represents the probability of finding the electron in that region.

© 1983 University Science Books, "Quantum Chemistry" by Donald A. McQuarrie

The Orbitron: a gallery of atomic orbitals and molecular orbitals - AlternativaGratis.com

Archivo Edición Ver Favoritos Herramientas Ayuda

← Atrás → Búsqueda Favoritos Multimedia

Dirección <http://www.shef.ac.uk/chemistry/orbitron/AOs/3d/index.html> Ir Vinculos >>

Atomic orbitals

Level 1
1s

Level 2
2s 2p

Level 3
3s 3p 3d

Level 4
4s 4p 4d 4f

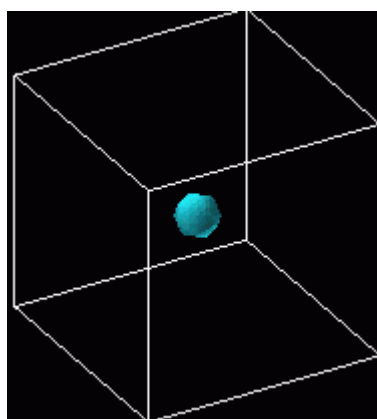
Level 5
5s 5p 5d 5f 5g

Level 6
6s 6p 6d 6f 6g

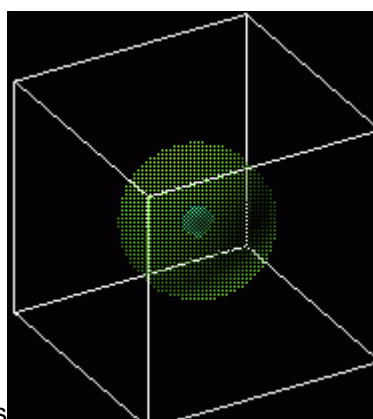
Level 7
7s 7p 7d 7f 7g

Hybrid orbitals

2s+2p hybrids
sp sp² sp³

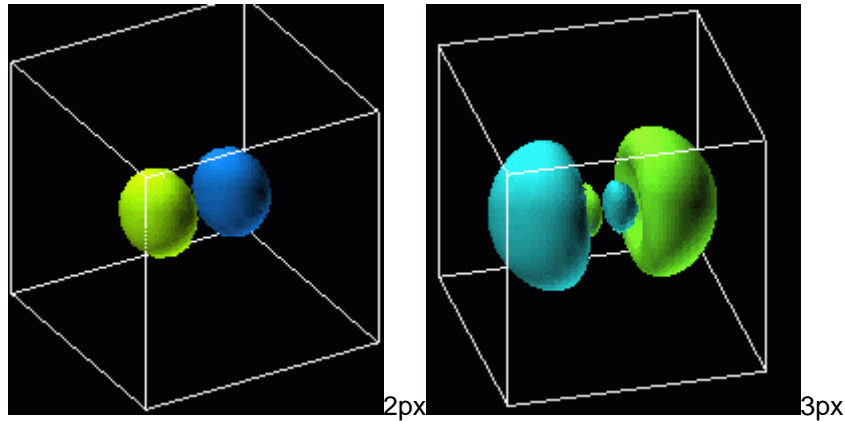


1s

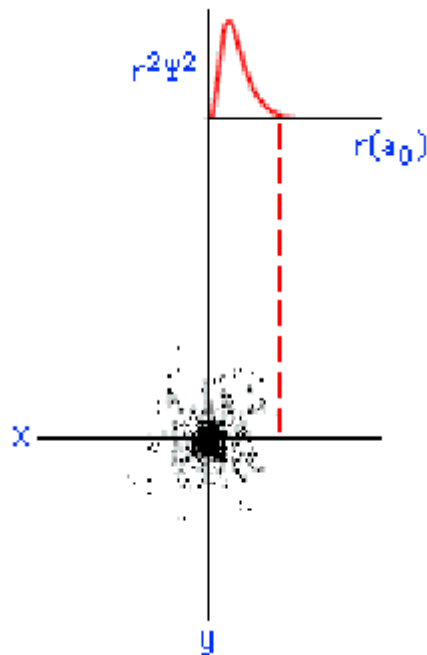


2s

Los Orbitales electrónicos no siempre tienen la forma esférica. Los Orbitales superiores suelen tener formatos muy inusuales.



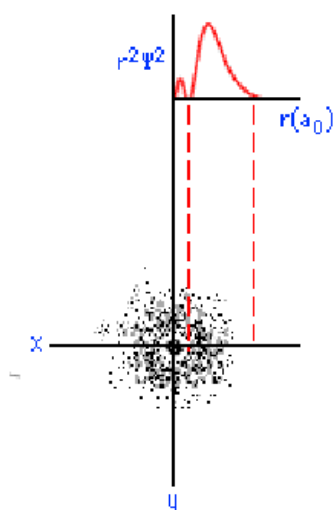
. For example, as the graphic below shows, an s orbital is spherical in shape:



1 s

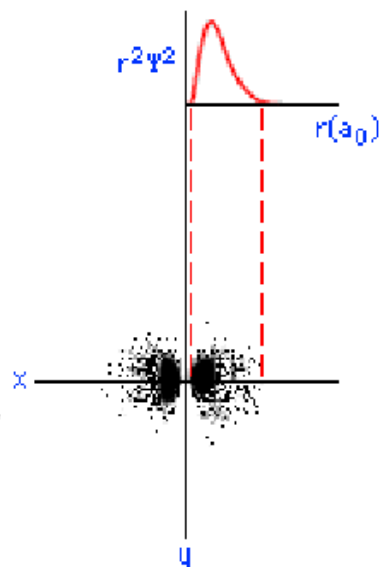
On this graph, the horizontal (x) axis represents the distance from the nucleus

The three graphics below show some other orbitals. The first graph (top left) is of a "2s" orbital. Each "s" orbital can hold two electrons in its cloud. Notice how there is a relatively high probability of an electron being near the nucleus, then some space where the probability is close to zero, then the probability increases substantially at some distance from the nucleus. The graphic at the top right shows a "2p" atomic orbital. Orbitals that are "p" orbitals can hold up to six (6) electrons in their cloud. Notice its "dumbbell" or "figure of eight" shape. At the bottom left is a "3s" orbital. Again, notice its spherical shape. Finally, at the

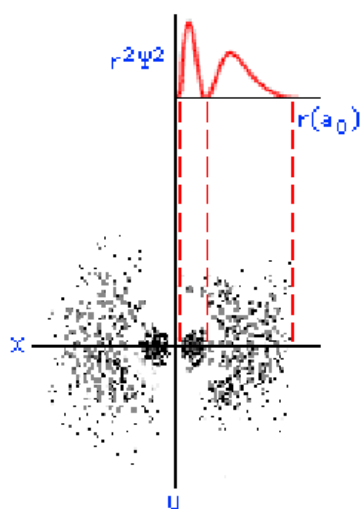
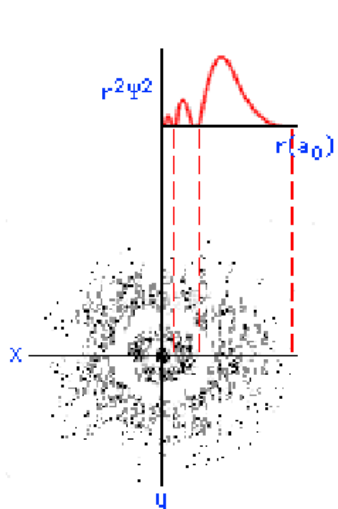


bottom right, is a "3p" orbital.

2 s



2 p



3 p

One of the skills you will need to learn to succeed in freshman chemistry is being able to determine the electron configuration of an atom. An electron configuration is basically an

account of how many electrons there are, and in what orbital they reside under "normal" conditions. For example, the element hydrogen (H) has one electron. We know this because its atomic number is 1.

