



# NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE  
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 27                      noviembre de 2017

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



## Contenido

### 1 Importancia de la Química en la asignatura de Dispositivos de Almacenamiento y E/S

Ayesha Sagrario Román García

### 6 El átomo de Hidrógeno. Parte 1.

Salvador Enrique Villalobos Pérez

Rogelio Soto Ayala

## Importancia de la Química en la asignatura de Dispositivos de Almacenamiento y E/S

### Introducción.

La Química es una de las Ciencias Básicas que ha estado presente de manera constante en la historia de humanidad, desde nuestros antepasados que pintaban superficies con tintes naturales o que conservaban su comida en sal hasta los últimos avances tecnológicos de los que es partícipe, inclusive en áreas tan relevantes para la sociedad como sus aplicaciones en la disminución de la contaminación o en la mejora de la calidad de los alimentos; Si bien, no debemos dejar de ver a la Química como la ciencia pura que es, tampoco debemos olvidar que sus aplicaciones se encuentran en todo lo que nos rodea.

Por ejemplo, en el avance tecnológico, hemos sido testigos como cada vez cabe mayor cantidad de información en un dispositivo más pequeño (propiedad conocida como Densidad de la Memoria), allí se encuentra presente la Química, y ha sido tan importante su participación que gracias a su estudio sobre los materiales y su composición, ha sido posible incrementar la capacidad de almacenamiento de los diferentes dispositivos modificando algunos aspectos básicos de los mismos.

No debemos olvidar que los nuevos avances y descubrimientos sobre la composición de los materiales son sumamente rápidos, lo que provoca que la tecnología se vuelva obsoleta

rápidamente. Actualmente existen dispositivos considerados como experimentales pero que en un futuro los emplearemos de forma tan común como lo son ahora las memorias USB.

En el presente artículo, se describen algunos ejemplos de la relación de los conceptos que se imparten en las asignaturas de Química en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, con algunas de las memorias más conocidas por los usuarios finales de estos desarrollos tecnológicos.

### Discos duros.

También conocidos como Discos Duros Mecánicos, son placas circulares rígidas y concéntricas, recubiertas con una aleación de materiales ferromagnéticos por ambas caras, que emplean como mecanismo de almacenamiento la grabación magnética a través de dos puntas llamadas cabezales, las cuales se sitúan sobre áreas particulares del disco conocidas como sectores; dichos cabezales cuentan un electroimán que tiene la capacidad de cambiar la orientación de los dominios magnéticos que conforman un sector y de esta forma almacenar un **1** o un **0** dependiendo de su norte o sur magnético, como se muestra en la Figura 1.

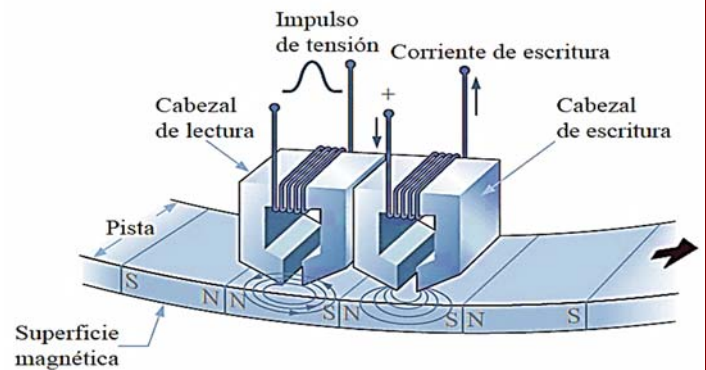


Figura 1. Mecanismo de Lectura y Escritura en un Disco Duro Mecánico

Como podemos darnos cuenta, en el funcionamiento de este dispositivo de almacenamiento se encuentran involucrados diversos temas de Química, principalmente los referentes a las **Propiedades Magnéticas de los Elementos**, pues se sabe que los elementos ferromagnéticos tienen la capacidad de mantener sus dominios magnéticos orientados aunque no se encuentren en la presencia de un campo magnético externo, esta propiedad le da característica de No Volátil a la información almacenada en los discos duros. Por otra parte, sabemos que **El Ciclo de histéresis** nos permite caracterizar al material ferromagnético como duro o blando dependiendo si el ciclo es ancho o angosto respectivamente y esto depende de la composición del material que se emplee en su fabricación; en el caso de los discos duros, se debe emplear un material ferromagnético duro pues debido a la información que se almacena en ellos (Sistema Operativo, Programas, etc.) esta no debe afectarse fácilmente en la presencia de un campo magnético externo. Un

ejemplo de un material ferromagnético blando lo podemos observar en los boletos de los estacionamientos, en los cuales se pierde la información almacenada en su cinta magnética en la presencia de un campo magnético externo muy pequeño como el del teléfono celular.

### **Discos Ópticos Regrabables (CD-RW).**

Los discos ópticos utilizan como mecanismo de almacenamiento el Láser; en los discos ópticos de una sola grabación (CD-R) el láser se encarga de hacer muescas en el material que recubre al disco y de esta manera cuando se realiza el proceso de lectura en donde hay una muesca lee un cero, en caso contrario lee un 1; a este tipo de escritura se le conoce como almacenamiento destructivo ya que el material que fue marcado con muescas en este caso, no puede regenerarse.

Pero en el caso de los CD-RW el almacenamiento se da de una forma diferente, en este caso, donde se elige almacenar un 0, el Láser calienta el material que recubre al disco (generalmente una aleación de plata, indio, antimonio y telurio) hasta llegar al **punto de fusión** generando en el sector elegido un cristal amorfo; cuando se decide rescribir información en estas zonas, se debe de calentar el material hasta cierta temperatura menor a la del punto de fusión de tal forma que al enfriarse se vuelva nuevamente un **sólido cristalino**. Cuando se realiza el proceso de lectura, aquellos sectores

del disco que se volvieron cristales amorfos, reflejan menos la luz que aquellos donde no, dando lugar a la lectura de un 0 o un 1, respectivamente.

También se puede destacar que la diferencia principal entre un reproductor de CD y uno de DVD, es que cada uno de ellos puede leer **ondas electromagnéticas** de longitudes de onda diferentes pues el tamaño de las muescas que se marcan en cada uno de ellos tiene longitud y profundidad diferentes, cabe señalar que cuando surgió la tecnología de DVD hubo la necesidad de estandarizar lo anterior y fue la DVD Forum en 1997 la que se encargó de lo anterior.

### **Memorias de Carga Acoplada (CCD).**

Los dispositivos de carga acoplada basan su funcionamiento en **el efecto fotoeléctrico** y son comúnmente empleados en cámaras fotográficas y de video, en las cuales el CCD es el sensor con diminutas células fotoeléctricas que registran la imagen.

La capacidad de resolución o detalle de la imagen depende del número de células fotoeléctricas del CCD a las cuales conocemos comúnmente como píxeles. En la actualidad la fotografía con mayor resolución fue tomada en el Mont Blanc con una resolución de 353 gigapíxeles.

Las células fotoeléctricas pueden registrar los tres colores básicos: rojo, verde y azul, para conseguir esta separación de colores la mayoría de las cámaras CCD utilizan una máscara de Bayer (ver Figura 2) que proporciona una trama para cada conjunto de cuatro píxeles de forma que un pixel registra luz roja, otro luz azul y dos píxeles se reservan para la luz verde debido a la sensibilidad del ojo humano a este color.

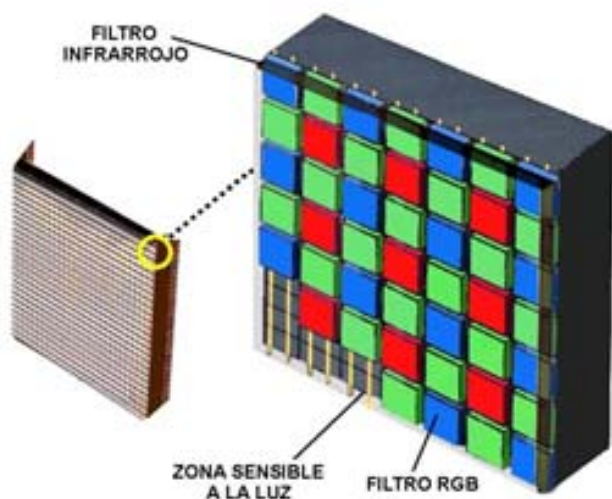


Figura 2. Mecanismo de almacenamiento de una cámara de CCD

### Memoria FLASH o USB.

Las memorias Flash son memorias de lectura-escritura de alta densidad no volátiles, lo que significa que pueden almacenar la información indefinidamente en ausencia de alimentación. Cada una de sus celdas de almacenamiento está compuesta por un transistor, el cual es un elemento condensador que está conformado por dos conductores y un material aislante en el medio, que al aplicarse una diferencia de potencial en los conductores el material aislante

forma un dipolo eléctrico (dieléctrico) y tiene la capacidad de almacenar carga (electrones). El material dieléctrico de los condensadores empleados en las memorias Flash, también conocidas como memorias de bolsillo, es ferroeléctrico.

Las características más importantes de un material ferroeléctrico es que funciona a muy alta frecuencia, pueden grabarse muchas veces, tienen muy bajo consumo y son no volátiles, por lo que su funcionamiento puede ser comparado al de los materiales ferromagnéticos.

### Conclusiones.

Existen diferentes tipos de dispositivos de almacenamiento, cada uno con características muy diversas pues tiene diferentes propósitos tanto para los usuarios como dentro de nuestros sistemas de cómputo; su evolución se debe a diversos factores, entre ellos la necesidad de almacenar mayor cantidad de información, disminuir su costo de fabricación, la fidelidad de la información almacenada o la garantía de que perdurará durante cierto tiempo en el dispositivo que hayamos elegido para ello.

Podríamos decir por ejemplo que una memoria ROM de máscara tiene la característica de ser de sólo lectura pues la información almacenada no debe ser modificada por el usuario, en este caso su capacidad de almacenamiento es alta pero su velocidad es baja; el caso contrario es la memoria Caché, la cual ayuda a que el acceso a

los procesos que utiliza con mayor frecuencia el usuario sea mucho más rápido, por lo que podríamos decir que en este caso su capacidad de almacenamiento es baja pero su velocidad es muy alta.

Si nos diéramos a la tarea de explicar el principio de funcionamiento de cada una de las memorias que conocemos (RAM, ROM, Caché, Flash, etc.), nos daríamos cuenta que viene implícita la Química, pues es mediante las características y el descubrimiento de nuevos materiales que ha sido posible crear una memoria para las diferentes necesidades que tienen los usuarios de las mismas.

La importancia que tiene una asignatura como Química para poder comprender el funcionamiento de las memorias que se analizan en la asignatura de Dispositivos de almacenamiento y de E/S, radica principalmente en que de no conocerse los fundamentos en los que se basaron para la construcción de estos dispositivos, los estudiantes de esta asignatura carecerían de la visión de cómo se pueden mejorar los dispositivos actuales, lo cual es muy importante en la formación de los ingenieros,

como parte del proceso de innovación del que pueden ser parte para la fabricación de nuevos dispositivos que sean competitivos internacionalmente.

De la misma forma, es importante que los alumnos de las asignaturas de Química conozcan algunas de las aplicaciones que tienen los conceptos que estudian en sus clases en los primeros semestres de su carrera, y asocien los conocimientos que están adquiriendo con los que verán en los últimos semestres de su licenciatura.

### Referencias

- 1.- <http://www.lavoz.com.ar/tecnologia/353-gigapixeles-esta-es-la-foto-con-mas-resolucion-de-la-historia>.  
Fecha de consulta: 31 de octubre de 2017.
- 2.- <http://www.dvdforum.org/about-mission.htm>. Fecha de consulta: 3 de Noviembre de 2017.
- 3.- Floyd, Thomas L. (2006). Fundamentos de Sistemas Digitales. Novena Edición Pearson Education S.A., Madrid, España, pp. 632,650.

**Ayesha Sagrario Román García**

*ayesha\_roman@yahoo.com.mx*

**Profesora de la Facultad de Ingeniería de la UNAM**

---

*Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la ciencia y la tecnología y en la que casi nadie sabe nada de estos temas. Ello constituye una fórmula segura para el desastre.*  
*Carl Sagan (1934-1996)*

# El átomo de Hidrógeno. Parte 1.

## Introducción.

Se presenta un estudio didáctico que justifica la existencia de tres números, llamados **números cuánticos**, esenciales en formulación de la teoría mecánico-cuántica para el átomo de hidrógeno.

Este trabajo tiene antecedentes en números anteriores de este boletín, así como en conceptos como el potencial electrostático y el método de separación de variables como solución a una ecuación diferencial en derivadas parciales.

## Desarrollo.

Asumiendo un estado estacionario para la pareja protón-electrón y una descripción con simetría esférica para el movimiento del electrón en torno al núcleo (protón), se escribe la ecuación de Schrödinger bajo estas premisas:

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2 \theta} \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} \right) + \frac{2m}{\hbar^2} (E - V) \psi = 0$$

O bien:

$$\sin^2 \theta \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial \psi}{\partial r} \right) + \sin \theta \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \psi}{\partial \theta} \right) + \left( \frac{\partial^2 \psi}{\partial \phi^2} \right) + \frac{2mr^2 \sin^2 \theta}{\hbar^2} \left( E + \frac{Q}{r} \right) \psi = 0$$

Donde  $Q$  es una constante igual al producto de la carga del electrón al cuadrado por la constante electrostática,  $K$ , que aparece en la expresión para la fuerza de Coulomb escrita en unidades del sistema internacional, es decir:  
 $Q = 2.3 \times 10^{-28} [J \cdot m]$ .

Cabe recordar que en estas ecuaciones aparecen, igualmente, la masa del electrón y la constante de Planck dividida por  $2\pi$ .

Como resulta habitual, al utilizar el método de separación de variables, se propone una solución para la ecuación anterior del tipo:

$$\psi(r, \theta, \phi) = R\Theta\Phi$$

Donde las funciones  $R$ ,  $\Theta$  y  $\Phi$  son, por separado, funciones de las variables  $r$ ,  $\theta$  y  $\phi$ , respectivamente.

Se calculan a continuación las derivadas parciales, indicadas en la ecuación de Schrödinger, para obtener:

$$\frac{\sin^2 \theta}{R} \frac{\partial}{\partial r} \left( r^2 \frac{\partial R}{\partial r} \right) + \frac{\sin \theta}{\Theta} \frac{\partial}{\partial \theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \Theta}{\partial \theta} \right) + \frac{2mr^2 \sin^2 \theta}{\hbar^2} \left( E + \frac{Q}{r} \right) = -\frac{1}{\Phi} \left( \frac{\partial^2 \Phi}{\partial \phi^2} \right)$$

Lo que permite escribir tres ecuaciones para las funciones  $\Phi$ ,  $R$  y  $\Theta$ , respectivamente, en la forma:

$$\frac{\partial^2 \Phi}{\partial \phi^2} + m_\lambda^2 \Phi = 0$$

$$\frac{1}{r^2} \frac{d}{dr} \left( r^2 \frac{dR}{dr} \right) + \left[ \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{Q}{r} \right) - \frac{\lambda(\lambda + 1)}{r^2} \right] R = 0$$

$$\frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left( \sin \theta \frac{\partial \Theta}{\partial \theta} \right) + \left[ \lambda(\lambda + 1) - \frac{m_\lambda^2}{\sin^2 \theta} \right] \Theta = 0$$

Donde las constantes  $m_\lambda$  y  $\lambda(\lambda + 1)$  son las constantes de separación que dan origen al

sistema de ecuaciones indicado y que se encuentran estrechamente relacionadas, como se verá a lo largo de este trabajo, con los llamados números cuánticos magnético, principal y orbital, respectivamente.

Para concluir la primera parte de este trabajo, se analiza la ecuación diferencial radial con el objeto de conocer los detalles del número cuántico principal y con esto determinar una expresión para los estados cuantizados de la energía, para el electrón, en el átomo de hidrógeno.

El estudio de las ecuaciones diferenciales restantes, que permitirá conocer los detalles de los números cuánticos orbital y magnético, será motivo de la segunda parte de este trabajo

Considere el cambio de variable:  $r' = 2\beta r$  donde

$$\beta^2 = -\frac{2mE}{\hbar^2}$$

De tal manera que se puede reescribir la ecuación, para la componente radial en términos de la nueva variable  $z(r')$ , en la forma:

$$r' = \frac{d^2z}{dr'^2} + [2(\lambda + 1) - r'] \frac{dz}{dr'} + \left( \frac{mQ}{\beta\hbar^2} - \lambda - 1 \right) z = 0$$

Que es una ecuación diferencial del tipo:

$$xy'' + (1 - x)y' + ny = 0$$

Conocida como ecuación diferencial de Laguerre, donde puede verse que siempre que  $n$  sea

natural se anula el coeficiente de toda potencia mayor que  $n$ . Es decir, una de las soluciones linealmente independientes es un polinomio de grado  $n$ , conocido como polinomio de Laguerre de orden  $n$ , que usualmente se denota por  $L_n(x)$ .

Al final, con base en esta suposición de independencia lineal, se asume que el término:

$$\frac{mQ}{\beta\hbar^2} = n = 1, 2, 3, 4, \dots$$

Establece la condición de los estados de energía posibles para el electrón en el átomo de hidrógeno, en la forma:

$$\beta^2 = \frac{m^2Q^2}{n^2\hbar^4} = -\frac{2mE}{\hbar^2}$$

Siempre que:

$$E_n = -\frac{mQ^2}{2\hbar^2} \left( \frac{1}{n^2} \right)$$

Resulta preciso establecer que el signo menos asociado a esta expresión, proveniente de la definición para  $\beta^2$ , tiene el significado físico de una energía de enlace o de ligadura para el sistema de interacción electrostática protón-electrón.

Se puede comprobar, como antecedente para la segunda parte de este trabajo, que existe una relación básica entre los números cuánticos,  $n$  y  $\lambda$ , que satisface lo siguiente:  $\lambda \leq (n - 1)$ .

Sólo resta pedir al lector que verifique que la última expresión es consistente con los resultados obtenidos por Niels Bohr, algunos años antes de la formulación de la Mecánica Cuántica, en su estudio del átomo de hidrógeno.

Adicionalmente, se le invita para que calcule el valor numérico para la energía de enlace correspondiente al átomo de hidrógeno ( $n = 1$ ) a partir de la expresión obtenida y compare dicho resultado con el valor esperado más aceptado en la bibliografía correspondiente. Al respecto, se le recuerda que debe estar atento de la definición de un electrón-volt como unidad de energía, así como del análisis dimensional correspondiente de la expresión obtenida en este trabajo. Hecho

esto, se le sugiere que reflexione acerca de las posibles discrepancias entre los valores comparados y justifique sus posibles diferencias.

### Referencias

- 1.- Beiser, A.; Concepts of Modern Physics. London: Mc Graw Hill, 6th. Edition (2003).
- 2.- Sánchez, A.; Notas de Física Moderna Tomo II. Facultad de Ingeniería, UNAM (2002).

**Salvador Enrique Villalobos Pérez**

*villasalen@yahoo.com.mx*

**Rogelio Soto Ayala**

*rsoto54@hotmail.com*

**Profesores de Carrera en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM**

---

***“La débil interacción es millones de veces más débil que la fuerza nuclear. Es precisamente lo bastante débil para que el hidrógeno en el Sol se consuma a un ritmo lento y constante. Si la interacción débil fuese mucho más fuerte o mucho más débil, todas las formas de vida que dependen de las estrellas similares al Sol también se encontrarían en dificultades.”***

*Freeman Dyson (1923 – )*

***¡Triste época la nuestra!  
Es más fácil desintegrar un átomo que un prejuicio.***

*Albert Einstein (1879 – 1955)*

---

El contenido de los artículos publicados en este boletín es responsabilidad exclusiva de los autores.

Dudas o comentarios: [velasquez777@yahoo.com.mx](mailto:velasquez777@yahoo.com.mx)

**Editor: M. en C. Q. Alfredo Velásquez Márquez**