



# NATURALIS

BOLETÍN DE LA COORDINACIÓN DE  
FÍSICA Y QUÍMICA

No. 14

marzo de 2010

DIVISIÓN DE CIENCIAS BÁSICAS



## CONTENIDO

### 1 El Láser ¡Una de las Herramientas más Fascinantes de la Ciencia!

María Guadalupe Vázquez Patiño

### 6 ¡Si el Calórico y el Flogisto Pudieran Verse!

Gerardo Pacheco Hernández

### 7 Formulario para el Tema de Estructura Atómica

Alfredo Velásquez Márquez

## El Láser ¡Una de las Herramientas más Fascinantes de la Ciencia!

### Introducción.

El átomo está integrado por un núcleo, formado por un conjunto de protones y neutrones, y por una serie de electrones emplazados a determinada distancia, alrededor del núcleo. Electrones, protones y neutrones son las tres partículas básicas. Los electrones poseen una masa muy pequeña y carga negativa. Por su parte, protones y neutrones tienen aproximadamente la misma masa, pero mientras los primeros poseen carga eléctrica positiva, los neutrones carecen de carga. Los electrones del átomo,

cuya energía depende de su distancia al núcleo, pueden encontrarse en estado excitado — con una energía superior a la normal— o en reposo. En el estado excitado, el electrón almacena una determinada cantidad de energía.

En virtud del llamado proceso de absorción, cuando un fotón — recordemos que las ondas de luz también se denominan fotones— choca con un electrón no excitado, puede hacer que pase al estado excitado. Habitualmente, un electrón que resulta excitado, al

cabo de un tiempo pasa nuevamente al estado no excitado (estado normal), emitiendo un fotón. Este fenómeno, conocido como *emisión espontánea*, es el que tiene lugar, por ejemplo, en el Sol o en las bombillas. Ahora bien, un electrón puede ser inducido a liberar su energía almacenada. Si un fotón pasa al lado de un electrón excitado, éste retorna al estado normal emitiendo un fotón igual al que pasó junto a él inicialmente. Este proceso se conoce como *emisión estimulada* y constituye el fundamento del láser.

### ¿Cómo se genera un rayo láser?

Hay cuatro procesos básicos que se producen en la generación del láser, denominados bombeo, absorción, emisión espontánea de radiación y emisión estimulada de radiación.

*Bombeo.* Se provoca mediante una fuente de radiación (una lámpara) o el paso de corriente eléctrica que provoca la excitación de la especie activa; es decir, parte de sus electrones pasan del estado fundamental (de baja energía) a distintos estados de energía más

elevados. Estos electrones van a estar poco tiempo en estos estados y pasarán a un estado intermedio metaestable en donde permanecen un tiempo (milisegundos).

*Absorción.* Consiste en la interacción entre un fotón y un átomo que inicialmente se encuentra en su estado base. El resultado de esta interacción es que el átomo “absorbe” al fotón y usa su energía para pasar a su estado excitado (Figura 1).



Figura 1

*Emisión espontánea de radiación.* En este caso tenemos un átomo ya excitado inicialmente, que en forma espontánea pasa a su estado base emitiendo en el proceso un fotón con energía igual a la diferencia de energía entre los dos estados. El fotón se emite en una dirección totalmente aleatoria como se muestra a continuación (Figura. 2).

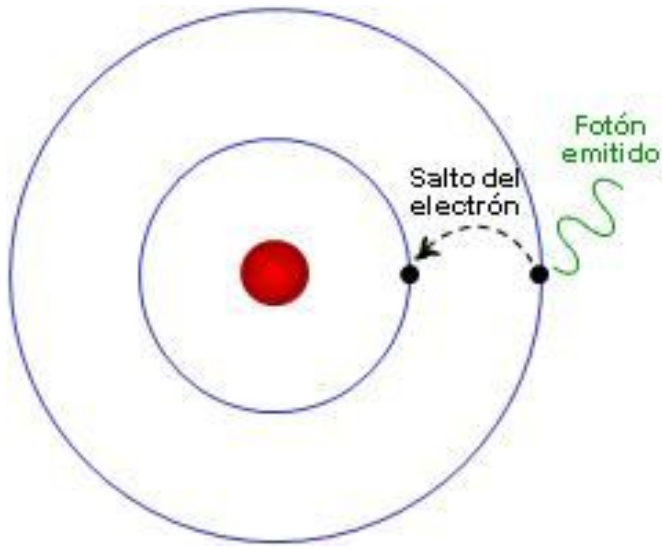


Figura 2

### *Emisión estimulada de radiación.*

Fue propuesta por Einstein en 1917, y se puede decir que gracias a esto existe el láser. En ella tenemos la interacción entre un fotón y un átomo que inicialmente se encuentra en su estado excitado. Como resultado de esta interacción el átomo pasa a su estado base emitiendo en el proceso un fotón que tiene las mismas características de dirección y de fase que el fotón incidente y por tanto resulta *coherente*. (Figura. 3).



Figura 3

El láser está formado por un núcleo, que suele tener forma alargada,

donde se generan los fotones. El núcleo puede ser una estructura cristalina, por ejemplo rubí, o un tubo de vidrio que contiene gases, por lo general dióxido de carbono o la mezcla helio-neón. En cualquier caso, son materiales que poseen electrones fácilmente excitables y que no emiten inmediatamente de forma espontánea, sino que pueden quedar excitados durante un tiempo mínimo. Es precisamente este pequeño intervalo de tiempo el que se necesita para que los electrones produzcan emisión estimulada, no espontánea.

Junto al núcleo se halla el excitador, un elemento capaz de provocar la excitación de electrones del material que se halla en el núcleo, a partir de una lámpara de destellos —que provoca un destello semejante al de una cámara fotográfica— o de dos electrodos que producen una descarga eléctrica de alta tensión.

El tercer componente del láser son dos espejos paralelos emplazados en los extremos del núcleo. Uno de ellos es reflectante, mientras el segundo es semirreflectante, es

decir, permite el paso de una parte de la luz que le llega.

Cuando se verifica la excitación, gran cantidad de electrones pasan al estado excitado y, una gran mayoría, permanece en dicha situación durante un determinado intervalo de tiempo. No obstante, algunos realizan una emisión espontánea, generando fotones que se desplazan en todas direcciones. Aunque en su mayoría se pierden por los laterales donde no hay espejos, un pequeño número rebota entre ellos y pasa por el interior del núcleo, que es transparente. Al pasar por el núcleo, provocan la emisión estimulada de nuevos fotones en la misma dirección. Estos nuevos fotones rebotan también en los espejos, originando a su vez la emisión de más fotones, y así sucesivamente. Puesto que uno de los espejos es semirreflectante, una parte de los fotones, en lugar de rebotar, escapa, formando una especie de chorro muy fino: es el rayo láser visible (Figura 4).

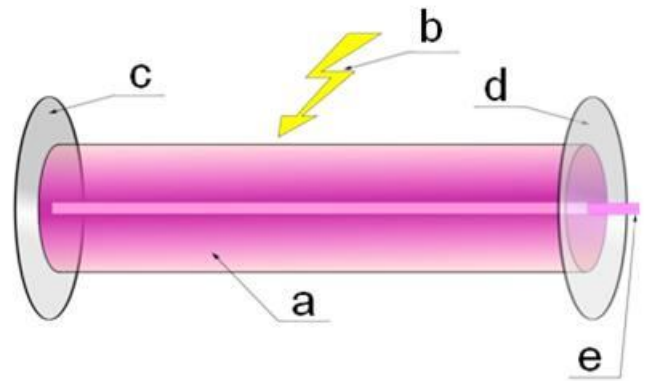


Figura 4. **a.** Núcleo del láser; **b.** Energía bombeada para el láser desde el excitador; **c.** Espejo reflectante al 100%; **d.** Espejo reflectante al 99%; **e.** Rayo láser emitido

### **Clasificación.**

Los láseres se pueden clasificar en dos grandes grupos:

*Láser de baja potencia.* Son aquellos que no atentan contra la vida celular y son los terapéuticos y para diagnóstico. Son aparatos pequeños y fácilmente transportables.

*Láser de alta potencia.* Son llamados también quirúrgicos y están representados por una amplia variedad de emisores con distintas longitudes de onda, y por ende, con distintos efectos sobre los tejidos y con diferentes áreas de aplicación.

### **Aplicaciones.**

En la actualidad, las aplicaciones del láser son múltiples; por ejemplo, en las impresoras de los

ordenadores, la grabación de imágenes en tres dimensiones, la lectura de discos compactos, la fabricación de circuitos integrados, la lectura de códigos de barras o el trabajo con materiales industriales.

En el ámbito de la medicina, se ha empleado para “soldar” la retina, perforar el cráneo, reparar lesiones y cauterizar vasos sanguíneos y en operaciones quirúrgicas permite realizar cortes muy finos de gran precisión y evita cualquier riesgo de contagio; asimismo, cauteriza de manera inmediata, disminuyendo el peligro de hemorragias.

El láser de baja potencia, como el láser argón, se utiliza para tratar lesiones de la retina (epitelio pigmentario) o el “láser Holmium” para la córnea.

Los láseres de potencia intermedia logran romper uniones moleculares y "evaporar" el tejido sobre el cual actúan. El “láser Excimer” de argón-flúor es el más utilizado en oftalmología. Este tipo específico de láser es absorbido por la córnea y permite tallarla para modificar su poder refractivo.

El láser de alta potencia, como el “láser YAG”, permite ionizar el tejido al punto de “romper” sus átomos y convertirlo en plasma, pero debe ser usado cuidadosamente

### **Conclusión.**

El rayo láser es uno de los pocos descubrimientos científicos, que han tenido una repercusión tan profunda en nuestra vida científica y tecnológica, pero lo más importante es que sus aplicaciones son en diferentes campos científicos y tecnológicos, como en el campo médico, en la industria, en la investigación, en la industria metal-mecánica, en la industria naval y aeroespacial, en industria textil.

Hoy en día en el campo de la ingeniería se encuentran en los sistemas electro-ópticos de comunicación, en los cuales las líneas de transmisión por medio de cables eléctricos son sustituidas por fibras ópticas que tiene la ventaja de poder transmitir bastante más información que los cables eléctricos convencionales, además de ser prácticamente insensibles a perturbaciones eléctricas exteriores. En la actualidad es posible

transmitir hasta 50 000 conversaciones telefónicas simultáneamente por medio de una sola fibra óptica.

## Referencias

1.- Aboires, V. *El Láser*, 2ª ed.; Fondo de Cultura Económica. La Ciencia para Todos, 2006.

2.- Svelto, O. *Principales tipos de Láser*, 3ª ed.; Plenum, 2003.

3.- O'Shea, D. C.; Callen, W. R.; Rhodes, W. T.; *Introducción al Láser y sus Aplicaciones*; Addison-Wesley, 1977.

**María Guadalupe Vázquez Patiño**

*pupita\_90210@hotmail.com*

Alumna de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.

## ¡Si el Calórico y el Flogisto Pudieran Verse!

Juan tomó el autobús esa mañana y se sentó junto a la ventanilla, como todos los días. Iba algo adormilado, como todos los días. Pero algo no era igual que todos los días. Al principio no supo qué era, las demás personas se veían igual ¿sería su estatura, su ropa, sus gestos? Se concentró un poco más y hasta se estiró para despertar bien. Entonces se dio cuenta. Era el color. Sí, el color de la piel, ya no había blancos o morenos o negros. El color de la piel de las personas era de un color rojizo en algunos y en otros, azul y sus combinaciones; es decir, iban desde algunos con piel muy roja hasta otros con piel muy azul, pasando por toda una gama de tonalidades que llegaban hasta el morado. Notó también que las personas con abrigos muy

pesados se veían casi todas rojas mientras que las personas con ropa ligera se veían azules. Al fijarse bien notó además que todos tenían pecas verdes, unos más y otros menos. Las personas que iban comiendo gelatina o chocolate tenían más pecas y los que se veía que no habían comido casi no tenían pecas. Juan no se asustó, más bien empezó a pensar en el motivo, ¿qué podía provocar esos colores? Recordó las clases de química y de física de su escuela. Qué difíciles materias. Tantos conceptos y tantos símbolos. Pero en medio de tantos números recordó que alguna vez le platicaron de dos antiguas teorías. La del calórico en la Termodinámica decía que si un fluido al que llamaban calórico era absorbido por

un cuerpo, éste se calentaba, mientras que si el fluido abandonaba dicho cuerpo, éste se enfriaba. Se acordó también del flogisto, un fluido escurridizo de la antigua química. Esa sustancia hacía que aquel cuerpo que la ganara en una reacción química aumentara de peso, mientras que aquel que disminuía su peso se decía que había perdido flogisto. Y ¿no correspondía eso con el color de la piel de las personas del autobús? Aquellos con piel roja era porque iban bien abrigados y no dejaban escapar el calórico de sus cuerpos. Aquellos que tenían frío era porque poseían poco calórico. Eso lo explicaba todo, pero, ¿y las

pecas?...Claro, eso tenía que ver con el flogisto, pensó Juan, los que comían ganaban flogisto ¿o no? Por eso tenían más pecas verdes y quien no había desayunado no las tenía. Se le ocurrió entonces ver su piel y se llevó una sorpresa. Era toda verde. No había otra opción, tendría que adelgazar. Juan se acomodó en su asiento y pensó en ponerse a dieta, como todos los días.

**Ing. Gerardo Pacheco Hernández**  
*gapahe@hotmail.com*  
**Jefe del Departamento de Termodinámica en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.**

---

---

## **Formulario para el Tema de Estructura Atómica.**

El presente formulario contiene las expresiones más comúnmente empleadas para resolver los ejercicios de las series correspondientes al tema de Estructura Atómica de las asignaturas de Química. En el formulario no se describe qué significa cada uno de los parámetros empleados, ya que después de desarrollar el tema en clase, cada alumno debe saber qué significa

cada parámetro en una fórmula; así como también, debe conocer los valores de las constantes involucradas para cada tema.

**M. en C. Alfredo Velásquez Márquez**  
*velasquez777@yahoo.com.mx*  
**Profesor de Carrera en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.**

### EXPERIMENTO DE J. J. THOMSON

Determinación de la relación entre la carga y la masa de los electrones

Fuerza magnética:  $F_m = q \cdot v \cdot B$

Fuerza eléctrica:  $F_e = q \cdot E$

Energía cinética:  $E_c = q \cdot V$

Velocidad:  $v = \frac{E}{B}$

Aceleración centripeta:  $a_c = \frac{v^2}{r}$

Relación carga/masa de los electrones:  $\frac{q}{m} = \frac{v^2}{2 \cdot V} = \frac{q}{m} \cdot \frac{2 \cdot V}{(B \cdot r)^2} = \frac{2 \cdot V \cdot \left(\frac{5}{4}\right) \cdot a^2}{(N \cdot \mu_0 \cdot I \cdot r)^2}$

### EXPERIMENTO DE R. A. MILLIKAN

Determinación de la carga eléctrica de una gota de aceite

Fuerza de gravedad:  $F_g = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_{ac} \cdot g$

Fuerza de Arquímedes:  $F_a = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho_{ai} \cdot g$

Fuerza de fricción:  $F_r = 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_t$

Fuerza eléctrica:  $F_e = Q \cdot d$

Expresión de equilibrio:  $F_g - F_a - F_r - F_e = 0$

Gota en caída libre:  $F_g - F_a - F_r = 0$

Radio de la gota de aceite:  $r = \sqrt{\frac{9 \cdot \eta \cdot v_{cl}}{2(\rho_{ac} - \rho_{ai}) \cdot g}}$

Expresión de equilibrio:  $F_g - F_a - F_r - F_e = 0$

Gota en caída con campo eléctrico:  $Q = \left[ \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot (\rho_{ac} - \rho_{ai}) \cdot g - 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_c \right] \left( \frac{d}{V_c} \right)$

Expresión de equilibrio:  $F_g - F_a - F_e = 0$

Gota estática con campo eléctrico:  $Q = \left[ \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot (\rho_{ac} - \rho_{ai}) \cdot g \right] \left( \frac{d}{V_e} \right)$

Expresión de equilibrio:  $F_g - F_a + F_r - F_e = 0$

Gota en ascenso con campo eléctrico:  $Q = \left[ \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r^3 \cdot (\rho_{ac} - \rho_{ai}) \cdot g + 6 \cdot \pi \cdot r \cdot \eta \cdot v_a \right] \left( \frac{d}{V_a} \right)$

### EFEECTO FOTOELÉCTRICO

Fuerza de gravedad:  $F_f = W_0 + E_c \text{ máx}$

Fuerza de fricción:  $W_0 = h \cdot f_0$

### TEORÍA CUÁNTICA DE PLANCK

Energía de un fotón:  $E_f = h \cdot f$

Energía de un fotón:  $E_f = \frac{h \cdot c}{\lambda}$

### TEORÍA ATÓMICA DE BOHR

Electrón en una órbita fija, sin salto cuántico

Fuerza centrípeta:  $F_c = \frac{m \cdot v^2}{r}$

Igualdad de fuerzas:  $Z \cdot e^2 \cdot k = \frac{\gamma}{r} = m \cdot v^2$

Fuerza eléctrica:  $F_e = \frac{Z \cdot e^2 \cdot k}{r^2}$

Energía cinética:  $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$

Energía potencial:  $E_p = -\frac{Z \cdot e^2 \cdot k}{r}$

Energía total:  $E_t = E_c + E_p = -\frac{Z \cdot e^2 \cdot k}{2 \cdot r}$

Momento angular:  $m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2 \cdot \pi}$

Radio de la órbita:  $r = R_B \cdot n^2 \cdot Z^{-1}$

Electrón en transición electrónica (salto cuántico):  $f = R_H \cdot Z^2 \cdot c \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$

Longitud de onda del fotón emitido o absorbido:  $\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$

Frecuencia del fotón emitido o absorbido:  $f = R_H \cdot Z^2 \cdot c \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$

Energía del fotón emitido o absorbido:  $E_f = R_H \cdot Z^2 \cdot h \cdot c \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$

### TEORÍA DE LA MECÁNICA ONDULATORIA

Un electrón comportándose como una onda

Momento del electrón:  $E_f = h \cdot f$

Perímetro de la órbita en la que está el electrón:  $2 \cdot \pi \cdot r = n \cdot \lambda_e$

### SERIES DE LOS ESPECTROS ELECTROMAGNÉTICOS

Series espectrales para cualquier átomo hidrogenoide

| Serie:   | $n_L$ | $n_H$        |
|----------|-------|--------------|
| Lyman    | 1     | 2, 3, 4, ... |
| Balmer   | 2     | 3, 4, 5, ... |
| Paschen  | 3     | 4, 5, 6, ... |
| Brackett | 4     | 5, 6, 7, ... |
| Pfund    | 5     | 6, 7, 8, ... |

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$$

### REGLA DE LAS DIAGONALES

