

# CUADERNO DE EJERCICIOS RESUELTOS DE QUÍMICA

A. VELÁSQUEZ MÁRQUEZ; PROFESOR DE CARRERA; velasquez777@yahoo.com.mx

Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México

## RESUMEN

En este trabajo se presenta el *Cuaderno de Ejercicios Resueltos de Química* que se elaboró como apoyo didáctico para las diferentes asignaturas de Química que se imparten en la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM. Dicho cuaderno, contiene formularios, tablas, esquemas, puntos a considerar para resolver un ejercicio, ejercicios resueltos con base en los puntos anteriores, ejercicios propuestos, soluciones de los ejercicios propuestos y bibliografía.

## INTRODUCCIÓN

En la División de Ciencias Básicas de la Facultad de Ingeniería de la UNAM (FI, UNAM), se imparten cinco diferentes asignaturas de Química para algunas de las carreras de ingeniería, cada asignatura tiene un programa abundante que se debe cubrir en un total de 64 horas al semestre; sin embargo, la abundancia de contenidos en ocasiones implica que no se logren realizar en el tiempo de clase suficientes ejercicios; por ello, se imparten talleres de ejercicios y asesorías en diferentes horarios, pero no todos los alumnos pueden asistir a dichos talleres y asesorías. Teniendo esto en mente, se decidió elaborar un Cuaderno de Ejercicios Resueltos de Química, que sirviera como apoyo para alumnos y profesores en el aprendizaje y enseñanza de la Química.

## ANÁLISIS

Después de haber impartido el taller de ejercicios de Química durante diferentes semestres, se vio la necesidad de elaborar un cuaderno de ejercicios resueltos, basado en las experiencias del propio taller, que sirviera de apoyo no solo a los alumnos que cursan alguna de las asignaturas de Química, sino también a los profesores que imparten la asignatura. Para elaborar el cuaderno, se tomaron en cuenta los comentarios recibidos por los alumnos asistentes al taller, sobre las metodologías empleadas para la resolución de los ejercicios, lo que permitió que en el cuaderno se incluyeran las metodologías que, en palabras de la mayoría de los alumnos, “entienden mejor”. Por otro lado, se considera importante resaltar que en el cuaderno se emplean diferentes colores que permiten visualizar mejor los planteamientos para resolver los ejercicios.

En el cuaderno de ejercicios se abordan ejercicios relativos a 20 de los subtemas contenidos los programas de las diferentes asignaturas de Química, estos subtemas son:

Experimento de J. J. Thomson.  
Experimento de R. A. Millikan.  
Teoría cuántica de Planck.  
Efecto fotoeléctrico.  
Teoría atómica de Bohr.  
Teoría de De Broglie.  
Series de emisión.  
Números cuánticos.

Enlaces químicos.  
Estructuras de Lewis.  
Geometría molecular.  
Hibridación.  
Estequiometría.  
Fase gaseosa.  
Unidades de concentración.  
Termoquímica.

Isótopos.  
Experimento de Moseley.

Equilibrio químico.  
Electroquímica.

En términos generales, si no se cuenta con los conocimientos teóricos básicos correspondientes, no es posible resolver los ejercicios de ninguna asignatura; por ello, en este cuaderno al inicio de cada subtema, se enlistan los puntos a tomar en cuenta o “considerandos” necesarios para resolver los ejercicios. Los puntos o considerandos se enlistan como se muestra a continuación:

### Teoría Cuántica de Planck

#### Considerandos

Para resolver los ejercicios relacionados con la teoría cuántica de Planck, se debe considerar:

- I. Que las expresiones del **Formulario 3**, son aplicables a cualquier ejercicio que involucre energía radiante.
- II. Que cuando no se pide determinar el valor de alguna de las constantes presentes en el **Formulario 3**, estos valores se pueden consultar en la bibliografía.
- III. Que se debe emplear el sistema internacional de unidades al realizar los cálculos.
- IV. Que un fotón es una onda electromagnética que se mueve a la velocidad de la luz con una cierta longitud de onda y una cierta frecuencia (expresión 1).
- V. Que un fotón tiene asociada una cierta cantidad de energía, cuya magnitud depende de su frecuencia y de su longitud de onda (expresiones 2 y 3).
- VI. Que en todo proceso que involucre energía radiante, la energía total absorbida o emitida es un múltiplo entero  $N$  de la energía de un fotón (expresión 4).

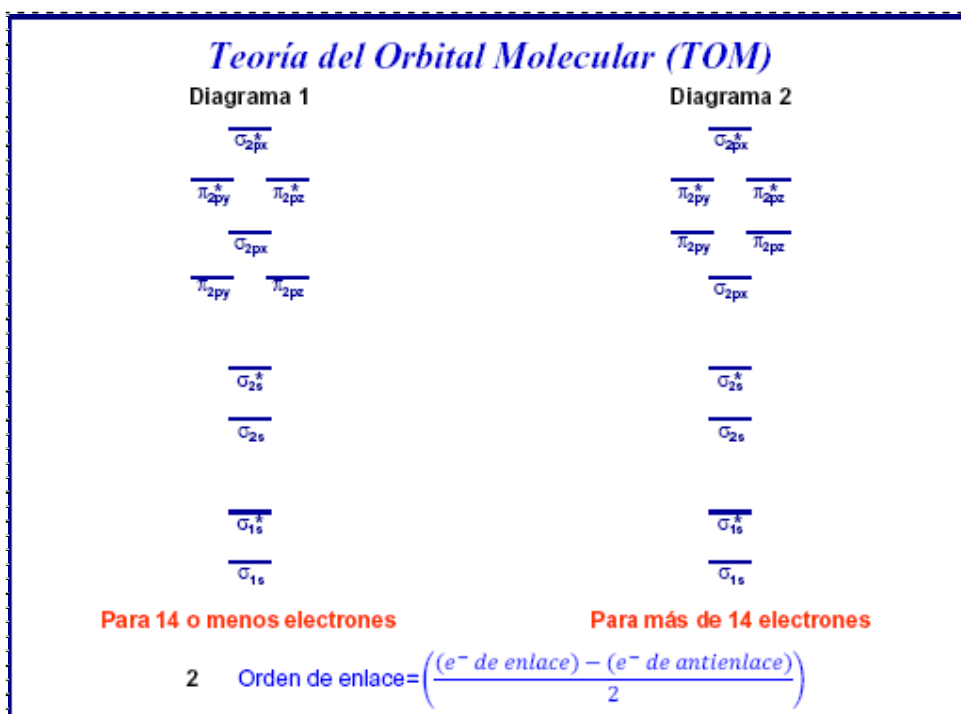
Algunos de los temas de las asignaturas de Química involucran varias fórmulas, resultando conveniente contar con un formulario; por ello, el cuaderno de ejercicios cuenta con diferentes formularios sobre los diferentes subtemas. Estos formularios se presentan en el formato siguiente:

<b>Formulario 4</b>		
<b>1</b> $E_F = h \cdot f$	<b>2</b> $E_F = \frac{h \cdot c}{\lambda}$	<b>3</b> $E_F = W_0 + E_C$
<b>4</b> $W_0 = h \cdot f_0$	<b>5</b> $E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$	<b>6</b> $E_C = e \cdot V$
$h$ = Constante de Planck = $6,62617 \times 10^{-34}$ [J·s]. $c$ = Velocidad de la luz en el vacío = $2,9979 \times 10^8$ [m·s <sup>-1</sup> ]. $m$ = Masa del electrón = $9,1095 \times 10^{-31}$ [kg]. $e$ = Carga del electrón = $1,6022 \times 10^{-19}$ [C]. $E_C$ = Energía cinética del electrón al salir del átomo. $v$ = Velocidad a la que sale el electrón del átomo. $V$ = Potencial de desprendimiento. $\lambda$ = Longitud de onda del fotón.		$E_F$ = Energía de un fotón. $f$ = Frecuencia del fotón. $W_0$ = Función de trabajo. $f_0$ = Frecuencia umbral.

En algunos casos, para resolver los ejercicios se requieren de tablas o diagramas, los cuales se presentan en el cuaderno con el formato siguiente:

Tabla 3					
Enlace	Diferencia de Electronegatividad ( $\Delta EN$ )	Tipo de enlace	Densidad	Punto de ebullición	Solubilidad en agua
A - B	$\Delta EN = 0$	Enlace Covalente Puro			
$\delta(+)$ $\delta(-)$ A - B	$0 < \Delta EN \leq 0,7$	Enlace Covalente Simple			
$\delta(+)$ $\delta(-)$ A - B	$0,7 < \Delta EN \leq 1,6$	Enlace Covalente Polar			
(+) (-) A B	$1,6 < \Delta EN$	Enlace Iónico			

1  $\text{Carácter Iónico Porcentual} = \left(1 - e^{-\left(\frac{\Delta EN}{4}\right)}\right) 100$



Al empezar a resolver el ejercicio, primero se plantea, con base en los considerandos antes mencionados, cuáles son los datos con los que se cuenta y se emplea el sistema internacional al escribir las cantidades, como se muestra a continuación, donde emplea el color azul para señalar los parámetros conocidos y el color rojo para indicar los parámetros que se solicitan:

1. El único electrón de un átomo hidrogenoide de silicio tiene una longitud de De Broglie de  $166,2423 \times 10^{-12}$  [m]. Determine:  
 a) La órbita en la que se encuentra el electrón.  
 b) La energía potencial del electrón.

**Resolución:**

- En este ejercicio se proporciona la longitud de onda asociada al electrón  $\lambda$ , e indirectamente el número atómico  $Z$ , ya que se dice que el átomo es de silicio, para determinar la energía potencial y la órbita en que se encuentra el electrón; entonces, considerando **I**, **II** y **III**, se tendrían los datos siguientes:

$m = 9,1095 \times 10^{-31}$ [kg]	$R_H = 1,09737 \times 10^7$ [m <sup>-1</sup> ]
$e = 1,6022 \times 10^{-19}$ [C]	$\lambda_e = 166,2423 \times 10^{-12}$ [m]
$c = 2,9979 \times 10^8$ [m·s <sup>-1</sup> ]	$Z = 14$
$K = 9 \times 10^9$ [N·m <sup>2</sup> ·C <sup>-2</sup> ]	$n = ?$
$h = 6,62617 \times 10^{-34}$ [J·s]	$E_p = ?$
$R_B = 5,2917 \times 10^{-11}$ [m]	

Posteriormente, se plantea la resolución nuevamente empleando los conceptos involucrados en los considerandos y con ayuda de los formularios, tablas o esquemas según sea necesario, como se muestra a continuación.

- Si se denotan en color azul los parámetros conocidos y en rojo los desconocidos, el **Formulario 5** quedaría como sigue:

1 $F_e = -\frac{Z \cdot e^2 \cdot K}{r^2}$	7 $m \cdot v \cdot r = \frac{n \cdot h}{2 \cdot \pi}$	13 $\frac{1}{\lambda} = R_H \cdot Z^2 \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$																		
2 $F_c = -\frac{m \cdot v^2}{r}$	8 $v = \frac{2 \cdot \pi \cdot Z \cdot e^2 \cdot K}{n \cdot h}$	14 $f = R_H \cdot Z^2 \cdot c \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$																		
3 $\frac{Z \cdot e^2 \cdot K}{r} = m \cdot v^2$	9 $r = R_B \cdot n^2 \cdot Z^{-1}$	15 $E_p = R_H \cdot Z^2 \cdot h \cdot c \cdot \left( \frac{1}{n_L^2} - \frac{1}{n_H^2} \right)$																		
4 $E_c = \frac{Z \cdot e^2 \cdot K}{2 \cdot r}$	10 $m \cdot v = \frac{h}{\lambda_e}$	<p style="text-align: center;"><b>Tabla 1</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Serie</th> <th><math>n_L</math></th> <th><math>n_H</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>Lyman</u></td> <td>1</td> <td>2, 3, 4, 5, ...</td> </tr> <tr> <td><u>Balmer</u></td> <td>2</td> <td>3, 4, 5, 6, ...</td> </tr> <tr> <td><u>Paschen</u></td> <td>3</td> <td>4, 5, 6, 7, ...</td> </tr> <tr> <td><u>Brackett</u></td> <td>4</td> <td>5, 6, 7, 8, ...</td> </tr> <tr> <td><u>Pfund</u></td> <td>5</td> <td>6, 7, 8, 9, ...</td> </tr> </tbody> </table>	Serie	$n_L$	$n_H$	<u>Lyman</u>	1	2, 3, 4, 5, ...	<u>Balmer</u>	2	3, 4, 5, 6, ...	<u>Paschen</u>	3	4, 5, 6, 7, ...	<u>Brackett</u>	4	5, 6, 7, 8, ...	<u>Pfund</u>	5	6, 7, 8, 9, ...
Serie	$n_L$		$n_H$																	
<u>Lyman</u>	1		2, 3, 4, 5, ...																	
<u>Balmer</u>	2		3, 4, 5, 6, ...																	
<u>Paschen</u>	3	4, 5, 6, 7, ...																		
<u>Brackett</u>	4	5, 6, 7, 8, ...																		
<u>Pfund</u>	5	6, 7, 8, 9, ...																		
5 $E_p = -\frac{Z \cdot e^2 \cdot K}{r}$	11 $2 \cdot \pi \cdot r = n \cdot \lambda_e$																			
6 $E_T = -\frac{Z \cdot e^2 \cdot K}{2 \cdot r}$	12 $E_p = \Delta E_{HL} = E_H - E_L$																			

Finalmente, se muestra de forma esquemática la secuencia en la que se deben realizar los cálculos para obtener el resultado, como se muestra en el ejemplo siguiente:

- Primeramente, considerando **VIII-iii**; se combinan las expresiones 8 y 10 para obtener una expresión en la cual la única incógnita sería  $n$ , como se muestra esquemáticamente a continuación:

$$\left. \begin{array}{l} 8 \quad v = \frac{2 \cdot \pi \cdot Z \cdot e^2 \cdot K}{n \cdot h} \\ 10 \quad m \cdot v = \frac{h}{\lambda_e} \end{array} \right\} \frac{h}{m \cdot \lambda_e} = \frac{2 \cdot \pi \cdot Z \cdot e^2 \cdot K}{n \cdot h} \Rightarrow n = \frac{m \cdot \lambda_e \cdot 2 \cdot \pi \cdot Z \cdot e^2 \cdot K}{h^2}$$

$n = 7$

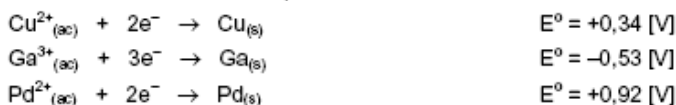
En este cuaderno también se incluyen ejercicios para que los lectores intenten resolverlos y están en el formato siguiente:

**Ejercicios propuestos sobre electroquímica**

1. En un proceso de electrólisis se obtiene oro metálico a partir de  $\text{HAuCl}_4$ . Determine la carga eléctrica (en [C]) que se requiere para obtener 7,14 [mol] de oro.
2. Para obtener 70 [g] de hierro metálico, se electroliza una disolución que contiene iones  $\text{Fe}^{X+}$ , si el proceso duró 7,0 [h] con 14,4 [A], determine el valor de X.
3. Una esfera de hierro, de 7 [cm] de radio, se platea en un proceso electrolítico en el cual se emplea una disolución de  $\text{AgNO}_3$  0,1[M] y un electrodo de plata. Si el proceso duro 70 [min] con una intensidad de corriente de 7 [A], determine:
  - a) ¿Quién constituye el ánodo y quién el cátodo?.
  - b) La reacción iónica para la producción de la plata metálica.
  - c) El grosor (en [mm]) de la capa de plata depositada.

4. En la electrólisis del cloruro de magnesio,  $\text{MgCl}_2$ , fundido se depositan en un electrodo 5 [g] de magnesio metálico. ¿Qué volumen de cloro gaseoso a 78 [kPa] y 25 [°C] resultan?

5. Dados los potenciales estándar de reducción para las semirreacciones:



Escriba las ecuaciones iónicas netas para todas las combinaciones espontáneas y calcule  $E^{\circ}$  para cada una.

Para que los lectores puedan cotejar sus resultados de los ejercicios propuestos, se incluyen en el cuaderno las respuestas de los ejercicios propuestos, dichas respuestas se dan en el formato siguiente:

**Electroquímica**

1.  $Q = 2,067 \times 10^6$  [C]; 2.  $X = 3$ ; 3. a) El ánodo es el electrodo de plata y el cátodo es la esfera de hierro, b)  $\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$ , c) Grosor: 0,5 [mm]; 4. 6,5374 [L]  $\text{Cl}_2$ ; 5.  $2\text{Ga} + 3\text{Cu}^{2+} \rightarrow 2\text{Ga}^{3+} + 3\text{Cu}$   $E^{\circ} = 0,87$  [V];  $\text{Cu} + \text{Pd}^{2+} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + \text{Pd}$   $E^{\circ} = 0,58$  [V];  $2\text{Ga} + 3\text{Pd}^{2+} \rightarrow 2\text{Ga}^{3+} + 3\text{Pd}$   $E^{\circ} = 1,45$  [V]; 6. a) Cátodo:  $\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$ ; ánodo:  $2\text{K} \rightarrow 2\text{K}^+ + 2e^-$ ; reacción global:  $\text{Pb}^{2+} + 2\text{K} \rightarrow \text{Pb} + 2\text{K}^+$ ; b)  $F_{em} = +2,8$  [V]; c)  $\text{K}_{(s)}|\text{K}^+_{(1[M])}||\text{Pb}^{2+}_{(1[M])}|\text{Pb}_{(s)}$ ; 7. Cátodo:  $\text{Pb}_{(ac)}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}_{(s)}$ ; ánodo:  $\text{Cr}_{(s)} \rightarrow \text{Cr}_{(ac)}^{3+} + 3e^-$ ;  $F_{em} = 0,61$  [V].

En los ejercicios que involucran reacciones químicas, generalmente se requiere que dichas reacciones se encuentren balanceadas (ajustadas); sin embargo, en algunos de los programas de Química no está contenido el tema de balanceo de reacciones; por lo cual, en el cuaderno se presenta un apéndice que trata sobre el balanceo de reacciones por inspección, en el formato que se muestra a continuación:

## Apéndice

### "BALANCEO POR INSPECCIÓN (TANTEO)"

Para realizar cualquier cálculo estequiométrico, es necesario que la reacción química se encuentre balanceada; por ello, se pueden emplear diferentes metodologías como el método algebraico, el método del cambio de número de oxidación y el método del ion-electrón (en medio ácido o básico); sin embargo, cuando la reacción es relativamente sencilla, se puede intentar el balanceo por inspección, el cual no es estrictamente una metodología, ya que el procedimiento a emplear, depende del tipo de reacción y de la complejidad de la misma e inclusive en algunos casos se hace uso de la mera intuición para empezar a asignar los coeficientes estequiométricos adecuados. A continuación, se describen algunos consejos para balancear por inspección algunas reacciones químicas características.

#### Caso A

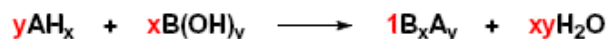
Cuando un ácido y una base de Arrhenius reaccionan para producir una sal y agua, como se muestra a continuación:



donde, A es el anión del ácido, B es el catión de la base, x es la cantidad de H sustituibles y y es la cantidad de OH sustituibles; el procedimiento para balancear dicha reacción es sencillo:

- A la sal se le asigna el coeficiente 1.
- Al ácido el coeficiente y.
- A la base el coeficiente x.
- Al agua el coeficiente xy.

quedando:



Finalmente, el cuaderno cuenta con una bibliografía en la cual se puede apoyar el lector para ampliar sus conocimientos o para aclarar dudas, la bibliografía se presenta en el formato siguiente:

## Bibliografía

- Brady, James E. *Química Básica. Principios y Estructura*, 2ª edición; Limusa Wiley: México, 2001.
- Brown, Theodore L.; LeMay, H. Eugene, Jr.; Bursten, Bruce E. *Química. La Ciencia Central*, 11ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 2009.
- Chang, Raymond *Química*, 9ª edición; McGraw-Hill: México, 2007.
- Cruz-Garriz, Diana; Chamizo, José A.; Garriz, Andoni *Estructura Atómica. Un Enfoque Químico*, 1ª edición; Addison-Wesley Iberoamericana: USA, 1991.
- Garriz R., Andoni; Gasque S., Laura; Martínez V., Ana *Química Universitaria*, 1ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 2005.
- Hein, Morris; Arena, Susan *Fundamentos de Química*, 10ª edición; Thomson Learning; México, 2001.
- Hill, John W.; Kolb, Doris K. *Química para el Nuevo Milenio*, 8ª edición; Pearson Prentice-Hall: México, 1999.

## CONCLUSIONES

El Cuaderno de Ejercicios Resueltos de Química que se presenta en este trabajo, es el resultado, principalmente, de las experiencias de cátedra obtenidas al impartir el taller de ejercicios de Química.

Este cuaderno, contiene las metodologías más aceptadas por los alumnos asistentes al taller de ejercicios de Química.

Actualmente, el cuaderno se encuentra en proceso de corrección técnica.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Brady J. E. "Química Básica. Principios y Estructura", 2ª edición, Limusa Wiley: México, 2001.
2. Brown T. L, LeMay H. E, Jr., Bursten B. E. "Química. La Ciencia Central", 11ª edición, Pearson Prentice-Hall, México, 2009.
3. Chang R, "Química", 9ª edición, McGraw-Hill, México, 2007.
4. Cruz-Garriz D, Chamizo, J. A, Garriz A, "Estructura Atómica. Un Enfoque Químico", 1ª edición, Addison-Wesley Iberoamericana, USA, 1991.
5. Garriz R. A, Gasque S. L, Martínez V. A, "Química Universitaria", 1ª edición, Pearson Prentice-Hall, México, 2005.
6. Hein M, Arena S, "Fundamentos de Química", 10ª edición, Thomson Learning, México, 2001.
7. Hill J. W., Kolb D. K, "Química para el Nuevo Milenio", 8ª edición, Pearson Prentice-Hall, México, 1999.
8. Keenan C. W, Kleinfelter D. C, Wood J. H, "Química General Universitaria", 3ª edición, CECSA, México, 1994.
9. Kotz J. C, Treichel P. M, "Química y Reactividad Química", 5ª edición, Thomson, México, 2003.
10. Moore J. W, Stanitski C. L, Wood J. L, Kotz J. C, Joesten M. D, "El Mundo de la Química. Conceptos y Aplicaciones", 2ª edición, Pearson Educación, México, 2000.
11. Mortimer C. E, "Química", 5ª edición, Grupo Editorial Iberoamérica: México, 1983.
12. Spencer J. N, Bodner G. M, Rickard L. H, "Química. Estructura y Dinámica", 1ª edición, CECSA, México, 2000.
13. Umland J. B, Bellama J. M, "Química General", 3ª edición, International Thomson Editores, México, 2000.