

Práctica 3

Enlaces químicos. Comportamiento de compuestos con diferentes tipos de enlace frente al agua y a medios ácidos

Objetivo general

Determinar el comportamiento que presentan los compuestos con enlaces iónicos y covalentes frente al agua y medios ácidos.

Objetivos específicos

- Diferenciar compuestos con enlace iónico y covalente a partir de su comportamiento frente al agua.
- Distinguir compuestos con enlace iónico y covalente a partir de su comportamiento frente a un medio ácido.
- Sintetizar nanopartículas de plata e identificar el tipo de enlace que presentan por su comportamiento frente al agua y medio ácido.

Introducción

Cuando los átomos se aproximan, se presentan fuerzas de atracción y repulsión. En la Figura 1 se observa una interacción prácticamente nula cuando la distancia entre dos átomos es grande, a medida que la distancia interatómica disminuye la energía del sistema disminuye y se va estabilizando. Cuando los átomos se encuentran a una distancia determinada, se alcanza el mínimo de energía y se forma un enlace químico, si la distancia sigue decreciendo la energía vuelve a aumentar debido a las repulsiones entre los núcleos atómicos. Las combinaciones estables surgen cuando las fuerzas atractivas netas de los electrones con los núcleos, son más fuertes que las fuerzas repulsivas de las interacciones electrón-electrón y núcleos-núcleos. Por lo tanto, a las fuerzas químicas que mantienen unidos a los átomos en elementos o moléculas se les conoce como enlaces químicos. Las propiedades físicas y químicas de los materiales están influenciadas por su tipo de enlace. Los átomos se combinan para formar moléculas estables y compuestos.

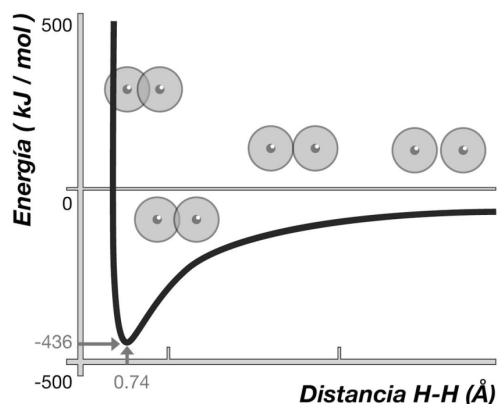


Figura 1. Diagrama de energía en función de la distancia interatómica de dos átomos [1].

Se pueden distinguir tres tipos de enlaces: covalente, iónico y metálico; además existen las fuerzas intermoleculares de van der Waals, aunque no es posible dar un valor preciso de energía para cada tipo de enlace, los covalentes, los iónicos y los metálicos son relativamente fuertes, mientras que las fuerzas de van der Waals son débiles.

Todos los tipos de enlaces que se forman entre los átomos involucran a los electrones de valencia. Estos electrones pueden ser ganados, perdidos o compartidos con otros átomos para formar enlaces interatómicos estables. En contraste, en las fuerzas de van der Waals no ocurre transferencia de carga y son los dipolos eléctricos inducidos o permanentes que dan origen a las interacciones atractivas débiles.

Los *enlaces covalentes* (Figura 2a) se presentan cuando los electrones de valencia son compartidos entre átomos adyacentes, lo que resulta en un par de electrones en orbitales localizados con la carga negativa entre los núcleos positivos. Un conjunto de enlaces covalentes para un grupo particular de átomos define a una molécula poliatómica. Por ejemplo, el carbono en su forma grafito o diamante.

En los *enlaces iónicos* se presenta una transferencia de carga neta, formándose iones cargados positiva y negativamente. Estos iones se combinan para formar redes cristalinas, las cuales se mantienen unidas a través de interacciones electrostáticas de largo alcance. En este caso, no hay moléculas bien definidas y las fuerzas entre los iones no están localizadas en los vecinos adyacentes (Figura 2b). Por ejemplo, cloruro de potasio, que se

presenta como un cristal blanco, con una estructura cristalina cúbica centrada en las caras y se encuentra en altas concentraciones en el mar muerto.

En los *enlaces metálicos*, todos los átomos comparten sus electrones de valencia. Los núcleos forman un arreglo cargado positivamente inmerso en un “mar” de electrones deslocalizados, no existen moléculas bien definidas debido a que las fuerzas de enlace surgen de interacciones colectivas de largo alcance entre los constituyentes (Figura 2c). Por ejemplo, las nanopartículas de plata, que son cúmulos de plata de tamaño de 10^{-9} metros que se utilizan en la desinfección de alimentos.

Las *fuerzas de Van der Waals* se forman entre moléculas donde los átomos están enlazados covalentemente y además presentan un dipolo neto o inducido. Estas fuerzas son resultado de interacciones de corto alcance y por lo tanto están localizadas entre moléculas vecinas (Figura 2d).

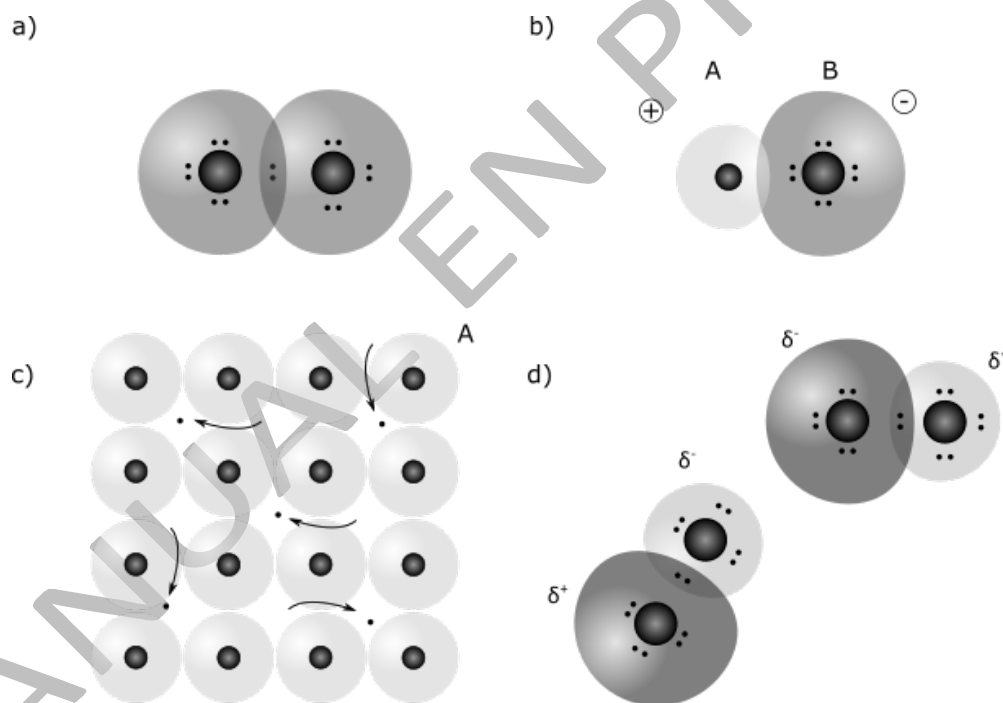


Figura 2. (a) Enlace covalente con los electrones de valencia compartidos y localizados entre un par de átomos adyacentes. (b) Enlace iónico con transferencia de un electrón del átomo A al átomo B más electronegativo. (c) Enlace metálico con transferencia de electrones desde cada átomo A para formar un mar de electrones deslocalizados alrededor de la red de iones A. (d) Un tipo de fuerzas de Van der Waals formado entre dos moléculas que tienen un dipolo permanente.

Los compuestos exhiben marcadas diferencias en sus propiedades físicas generales debido a que sus enlaces son de diferente naturaleza. La Tabla 1 presenta el comportamiento de los compuestos ante el agua, calor y medios ácidos dependiendo del tipo de enlace.

Tabla 1. Comportamiento de los compuestos ante el agua, calor y medios ácidos según el tipo de enlace que presentan.			
Compuestos con enlace	Agua	Calor	Medios ácidos
Covalente	La mayoría son insolubles y si llegan a disolverse sus disoluciones acuosas no conducen la electricidad.	La mayoría poseen puntos de fusión bajos.	Muchos se degradan. Por ejemplo, al agregar H_2SO_4 diluido a D-glucosa se forma espuma negra.
Iónico	Alta solubilidad y sus disoluciones acuosas conducen la electricidad.	Muchos poseen un punto de fusión alto, por lo que son estables ante el calor.	Muchos son solubles en ácidos, pero presentar menor solubilidad que en agua.
Metálico	La mayoría presentan oxidación y/o corrosión.	La mayoría tienen altos puntos de fusión, tienen alta conductividad térmica.	La mayoría se disuelven.

Medidas de higiene y seguridad

Sustancia	Descripción y precauciones de manejo
Hexano (C_6H_{14})	INGESTIÓN: Causa náusea, vómito e irritación de la garganta. En casos severos, puede perderse la conciencia. CONTACTO CON LOS OJOS: Causa irritación y enrojecimiento. CONTACTO CON LA PIEL: Causa irritación y enrojecimiento. Si la exposición es constante, se genera dermatitis. INHALACIÓN: Causa tos y cansancio a concentraciones bajas. En concentraciones altas, tiene efecto narcótico provocando adormecimiento, confusión mental e inconsciencia. En este caso puede presentarse también congestión de los pulmones lo que provoca dificultad para respirar. Una exposición crónica provoca una pérdida de sensibilidad en manos y pies y se han observado efectos neurotóxicos aún después de varios meses de la exposición, seguida de una recuperación muy lenta.
Nitrato de plata (AgNO_3)	INGESTIÓN: Dolor abdominal, sensación de quemazón, debilidad. Enjuagar la boca, no provocar el vómito y proporcionar asistencia médica. CONTACTO CON LOS OJOS: Enrojecimiento, dolor, pérdida de visión, quemaduras profundas graves. Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.

	<p>CONTACTO CON LA PIEL: Enrojecimiento, quemaduras cutáneas, dolor. Aclarar con agua abundante, después quitar la ropa contaminada y aclarar de nuevo y proporcionar asistencia médica.</p> <p>INHALACIÓN: Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria. La persona que inhale la sustancia deberá respirar aire limpio, estar en reposo y se le deberá proporcionar asistencia médica.</p>
<p>Hidróxido de amonio (NH_4OH)</p> <p>e</p> <p>Hidróxido de sodio (NaOH)</p>	<p>INGESTIÓN: Causan quemaduras severas en la boca, si se tragan dañan el esófago. Aún después de 12 a 42 años de su ingestión siguen causando daño. No provocar vómito. Si la persona está consciente deberá beber agua cada 10 minutos.</p> <p>CONTACTO CON LOS OJOS: Son extremadamente corrosivos a los ojos por lo que las salpicaduras son muy peligrosas, pueden provocar desde una irritación en la córnea, ulceración, nubosidades y finalmente, su desintegración. En casos severos puede haber ceguera permanente. Lavar con abundante agua, asegurándose de levantar los párpados, hasta eliminar el producto.</p> <p>CONTACTO CON LA PIEL: Son altamente corrosivos a la piel, en caso de contacto quitar la ropa contaminada inmediatamente. Lavar el área afectada con abundante agua.</p>
<p>Ácido nítrico (HNO_3)</p>	<p>INGESTIÓN: Corrosivo, puede causar quemaduras severas de boca y garganta, tos, sofocación y en casos severos puede causar la muerte. Lavar la boca con agua. Si esta consciente suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir al vómito, si éste se presenta en forma natural, suministrar más agua. Buscar atención médica inmediatamente.</p> <p>CONTACTO CON LOS OJOS: Puede perforar el globo ocular y causar ceguera. Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 min. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico.</p> <p>CONTACTO CON LA PIEL: Quemaduras severas, profundas y dolorosas. Quitar la ropa contaminada incluyendo zapatos.</p> <p>INHALACIÓN: Irritación de las membranas mucosas, quemaduras, dificultad respiratoria, espasmos y hasta la muerte. Trasladar a un lugar ventilado. Si respira con dificultad suministrar oxígeno durante media hora. Evitar el método boca a boca. Mantener la persona afectada abrigada y en reposo. Solicitar atención médica de inmediato.</p>

Material y equipo	Reactivos
-------------------	-----------

4 Tubos de ensaye 1 Vaso de precipitados 50 mL 1 Bureta de 10 mL 1 Gradilla 1 Apuntador láser 1 Placa de calentamiento con agitación magnética Papel pH 1 Pipeta graduada de 10 mL 2 Pipetas graduada de 5 mL 2 Pipetas volumétricas de 5 mL 1 Propipeta	1 g de cloruro de sodio, NaCl 1 mL de hexano, C ₆ H ₁₄ 5 mL de solución 0.005 M de nitrato de plata (AgNO ₃) 5 mL de solución 0.025 M de hidróxido de amonio (NH ₄ OH) 5 mL de solución 0.05 M de D-glucosa 10 mL de solución 0.05 M de hidróxido de sodio (NaOH) 15 mL de ácido nítrico diluido, HNO ₃ (0.005 M) Gotero con solución al 1% m/v de nitrato de plata (AgNO ₃) Etanol al 95 % v/v (C ₂ H ₅ OH) Agua destilada (H ₂ O)
--	---

Procedimiento experimental

1. *Comportamiento de sustancias con enlace iónico y covalente ante el agua y medio ácido.*

a) Para determinar el tipo de enlace que tienen el NaCl y el hexano C₆H₁₄, realizar las pruebas en cuatro tubos de ensaye de acuerdo con la Tabla 2.

Tabla 2. Solubilidad de compuestos iónicos y covalentes.				
	Tubo de ensaye 1	Tubo de ensaye 2	Tubo de ensaye 3	Tubo de ensaye 4
Prueba	a) Medir con una pipeta volumétrica 5 mL de agua destilada y adicionarlos.	a) Medir con una pipeta volumétrica 5 mL de agua destilada y adicionarlos.	a) Medir con una pipeta volumétrica 5 mL de ácido nítrico 0.005 M y adicionarlos.	a) Medir con una pipeta volumétrica 5 mL de ácido nítrico 0.005 y adicionarlos.
	b) Agregar unos cristales de cloruro de sodio y agitar	b) Medir con una pipeta graduada 0.5 mL hexano y adicionarlo	b) Agregar un poco de cloruro de sodio	b) Medir con una pipeta graduada 0.5 mL hexano y adicionarlo
¿Qué se observa en cada tubo?				
¿Qué se deduce de lo observado en cada tubo?				

- b) Continuar los experimentos de la Tabla 3 con los tubos 1 y 2 del experimento anterior.

Tabla 3. Reactividad de compuestos iónicos y covalentes.		
Prueba	Tubo de ensaye 1	Tubo de ensaye 2
	c) Agregar gotas de AgNO_3 al 5% m/v	c) Agregar gotas de AgNO_3 al 5% m/v
¿Qué se observa en cada tubo?		
¿Qué se deduce de lo observado en cada tubo?		

- c) Completar o resuelva las reacciones que se llevan a cabo en los tubos de ensaye (Tabla 4 y 5).

Tabla 4. Reacciones químicas de los tubos 1 y 2.		
	Reacción	Formación de precipitado de AgCl ↓ ¿sí o no?
Tubo 1: $\text{NaCl}_{(\text{ac})} + \text{AgNO}_{3(\text{ac})} \rightarrow$		
Tubo 2: $\text{C}_6\text{H}_{14(\text{ac})} + \text{AgNO}_{3(\text{ac})} \rightarrow$		

Tabla 5. Reacciones químicas de los tubos 3 y 4.			
	Reacción	Se disuelve la sal en el ácido ¿sí o no?	Color
Tubo 3: $\text{NaCl}_{(\text{ac})} + \text{HNO}_{3(\text{ac})} \rightarrow$			
Tubo 4: $\text{C}_6\text{H}_{14(\text{ac})} + \text{HNO}_{3(\text{ac})} \rightarrow$			

2. Comportamiento de sustancias con enlace metálico ante el agua y medio ácido.

a) Síntesis de nanopartículas de plata

Colocar 2.5 mL de NaOH (con una concentración 0.025 M o 0.025 mol/L) en un vaso de precipitados de 50 mL, usando una pipeta graduada de 5 mL. Agregar 5 mL AgNO_3 (0.005 mol/L) + 5 mL NH_4OH (0.025 mol/L), usando pipetas volumétricas de 5 mL, introducir un agitador magnético y agitar usando una placa de agitación dentro de la campana de extracción. Medir el pH de la mezcla y sólo en caso de encontrarse por debajo de 9.5 adicionar la solución de NaOH (0.05 M) hasta obtener este pH o mayor, ya que para obtener las nanopartículas de plata se requieren condiciones básicas. Agregar 1 mL de etanol para lograr la suspensión de las nanopartículas. Agregar 2.5 mL de D-glucosa (0.025 mol/L) usando una pipeta graduada de 5 mL.

Las nanopartículas de Ag (tamaño promedio de 40 nm) se detectan con un apuntador láser cuando la luz se dispersa o cambia de dirección, lo que se conoce como el efecto Tyndall, Figura 3. Con el apuntador laser de forma perpendicular al vaso que contiene la solución y usando la gradilla como pantalla final, observar desde la parte superior del vaso como se muestra en la Figura 3.

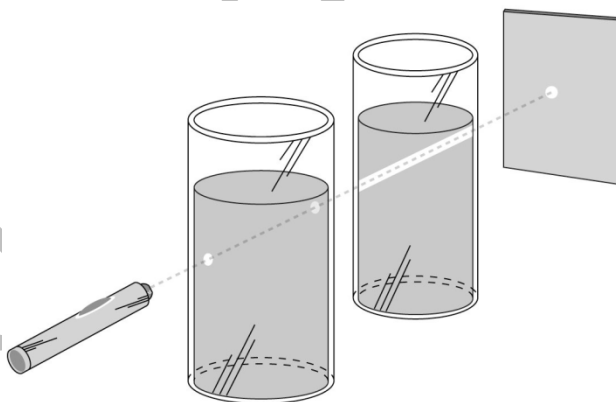


Figura 3. Efecto Tyndall.

¿Qué se observa? _____

3. Comportamiento de enlace metálico en medio ácido

Tomar 1 mL de la solución con las nanopartículas, colocarlo en un tubo de ensaye y agregar 8 mL de la solución de ácido nítrico diluido.

¿Qué ocurre cuando se agrega un ácido a compuestos con enlace metálico?

Recuperación, reciclado y/o deposición de residuos:

1. *Comportamiento de sustancias con enlace iónico y covalente ante el agua y medio ácido.*

- El contenido final de los tubos 1 y 3 pueden ser desechados en la tarja.
- El contenido final de los tubos 2 y 4 se deposita en el recipiente que para tal efecto proporcionará el técnico de laboratorio.

2. *Comportamiento de sustancias con enlace metálico ante el agua y medio ácido.*

- El contenido del vaso de precipitados, dado que ha sido neutralizado, puede ser desechado en la tarja.

Cuestionario

1. ¿Qué tipo de enlace presenta el cloruro de sodio (NaCl)?
2. ¿Qué tipo de enlace presenta el hexano (C₆H₁₄)?
3. Con referencia en la Tabla 1, ¿Qué indica la presencia de precipitado de cloruro de plata (AgCl) en la reacción del tubo 1?
4. Clasifique los compuestos de la Tabla 6 como iónicos o covalentes dependiendo de su punto de fusión:

Tabla 6. Características de distintas sustancias			
Compuesto	Punto de fusión (°C)	Tipo de enlace	
		Covalente	Iónico
NaCl	801		
Cloruro de bencilo	-43.67		
Urea	133.85		
CCl ₄	-23		
Benceno	5.51		
Al ₂ O ₃	2072		
Ácido ascórbico	190		
MgO	2852		
H ₂ O	0		
AgNO ₃	212		

5. ¿Qué tipo de enlace presentan las nanopartículas de plata?

Bibliografía

1. R. Chang, Química, 10a ed. 2010, Ed. Mc Graw Hill.
2. Hein–Arena, Fundamentos de química, 2005, Ed. Thomson.
3. Umland y Bellama, Química General, 3a ed. 2000, Ed. Thomson.
4. S. M. Allen; E. L. Thomas y R. A. Jones. *The structure of materials* (Vol. 44). New York, 1999, Ed. Wiley.
5. T. L. Brown; H. E. LeMay y B. E. Bursten. Química. La ciencia central, 11a ed. 2009, Ed. Prentice Hall.