



Introducción

Los enlaces químicos se refieren a las fuerzas de atracción que mantienen unidos a los átomos en los compuestos. Hay dos clases principales de enlaces que nos interesan en este curso: el enlace iónico y el enlace covalente.

El enlace iónico resulta de la transferencia neta de electrones de un átomo o grupo de átomos a otro y de las interacciones electrostáticas entre los cationes y aniones que se forman. El enlace covalente resulta de compartir uno o más pares de electrones entre dos átomos.

Lista de ecuaciones

Ecuación de Born-Landé (Energía reticular o de red)

$$U_{\text{POT}} = -\frac{Z_+ Z_-}{r_+ + r_-} e^2 N_A A \left(1 - \frac{1}{n_B}\right) \quad (1)$$

Problemas

1. Clasifica los enlaces siguientes como iónicos, covalentes o metálicos.

- (a) H — Cl
- (b) Cl — Cl
- (c) Na — Cl
- (d) Zn — Zn

➤ Solución

Un **enlace iónico** es la unión entre un átomo metálico y uno no metálico por medio de la transferencia de uno o más electrones. Este intercambio de electrones produce iones negativos (llamados aniones) y iones positivos (llamados cationes). Estos iones se atraen entre sí.

Metal — No metal

El **enlace metálico** se forma cuando la carga se extiende a una distancia mayor en comparación con el tamaño de los átomos individuales en los sólidos. La interacción entre dos átomos metálicos forma enlaces metálicos.

Metal — Metal

Los **enlaces covalentes** son más comunes en química que un enlace iónico o uno metálico. Un enlace covalente consiste en la atracción simultánea de dos núcleos por uno o más pares de electrones. Se produce entre átomos no metálicos idénticos o cuya diferencia de electronegatividad es insuficiente para permitir la transferencia de electrones y así formar iones.

No metal — No metal

La unión entre dos átomos no metálicos con diferentes electronegatividades se llama **enlace covalente polar**, mientras que la unión entre dos átomos no metálicos con la misma electronegatividad se llama **enlace covalente no polar**.

De acuerdo con lo anterior, H — Cl es un enlace covalente polar; Cl — Cl, es un enlace covalente no polar; Na — Cl, es un enlace iónico; y Zn — Zn, es un enlace metálico.

2. Identifica a los aniones (con sus respectivas cargas) de los compuestos iónicos siguientes. Organiza a estas sustancias en orden creciente de energía de red y compara tus resultados con los datos reportados en alguna fuente confiable.

- (a) CaS (sulfuro de calcio)
- (b) KI (yoduro de potasio)
- (c) CaO (óxido de calcio)
- (d) KF (fluoruro de potasio)

➤ Solución

La ecuación 1 servirá para inferir el orden creciente de energía de red de los compuestos iónicos. Para esto, identificaremos las cargas de los iones (Z_+ y Z_-) que los conforman y aproximaremos su tamaño iónico (r_+ y r_-), debido a su relación de proporcionalidad con la energía de red.

$$U_{\text{POT}} \propto -\frac{Z_+ Z_-}{r_+ + r_-} \quad U_{\text{POT}} \propto \frac{|Z_+ Z_-|}{r_+ + r_-} \quad (2)$$

De acuerdo con la ecuación 2, **para un arreglo dado de iones, la energía de red aumenta conforme aumenta el producto de las cargas de los iones y conforme disminuyen sus radios.**

El sulfuro de calcio se compone de los iones Ca^{2+} y S^{2-} ; el yoduro de potasio, de K^+ y I^- ; el óxido de calcio, de Ca^{2+} y O^{2-} ; y el fluoruro de potasio, de K^+ y F^- . El producto de cargas para las sales de calcio es $|2^+ \cdot 2^-| = 4$, mientras que para las sales de potasio es $|1^+ \cdot 1^-| = 1$; por tanto, la energía de red de las sales de calcio es mayor que la energía de red de las sales de potasio.

KI, KF < CaS, CaO

Utilicemos ahora el criterio del tamaño iónico para diferir entre la energía de red de cada tipo de sal. En el caso de los compuestos de potasio, los aniones se organizan en orden descendente de radio iónico como $\text{I}^- > \text{F}^-$, mientras que en los compuestos de calcio, los aniones se clasifican en orden descendente de radio iónico como $\text{S}^{2-} > \text{O}^{2-}$; por tanto:

KI < KF < CaS < CaO

El *Handbook of Chemistry and Physics* reporta energías de red de 632 kJ/mol para el KI; 808 kJ/mol para el KF; 632 kJ/mol para el CaS; 3093 kJ/mol para el CaO; y 3414 kJ/mol

para el CaO. De acuerdo con esto, el orden creciente de energía de red que predijimos para las sales es correcto.

3. Ordena los enlaces covalentes siguientes de mayor a menor longitud de enlace. Responde: ¿qué enlace será más difícil de romper?

- (a) C — C (enlace sencillo)
- (b) C = C (enlace doble)
- (c) C ≡ C (enlace triple)

➤ Solución

Para cualquier enlace covalente existe una distancia internuclear en la que las fuerzas de atracción y repulsión se equilibran y el enlace es más estable. Esta distancia se conoce como la longitud de enlace. A esa distancia, la combinación de átomos enlazados es más estable que los átomos separados por algo de energía. Esta diferencia de energía se llama energía de disociación o de enlace.

Cuanto más enlaces haya entre los átomos, es decir, **cuantos más pares de electrones se compartan, más juntos estarán esos átomos, por lo que la longitud del enlace será más corta y más difícil será romperlo**. Por tanto, el arreglo en orden decreciente de la longitud de los enlaces que se mencionan, es C — C > C = C > C ≡ C, siendo el enlace triple el más difícil de romper.

4. Determina de forma cualitativa y cuantitativa qué enlace de cada par es más polar. Menciona qué átomo tiene la carga parcial positiva.

- (a) B — Cl C — Cl
- (b) P — F P — Cl

➤ Solución

La polaridad de enlace es la separación de la carga eléctrica a lo largo de un enlace, lo que hace que una molécula tenga un momento dipolar. Podemos inferir qué tan polar es un enlace de forma cualitativa con ayuda de la electronegatividad: **el enlace más polar será aquel entre el átomo menos electronegativo y el más electronegativo**.

Organicemos los átomos de (a) en orden ascendente de electronegatividad, de acuerdo con lo aprendido en el taller de «Propiedades periódicas»: B < C < Cl. El átomo menos electronegativo es B, mientras que el más electronegativo es Cl; por tanto, el enlace más polar de (a) es B — Cl.

Usemos la misma metodología para (b). En este caso, la clasificación de los átomos en orden ascendente de electronegatividad es P < Cl < F. El átomo menos electronegativo es P, mientras que el más electronegativo es F; por tanto, el enlace más polar de (b) es P — F.

También puede usarse la diferencia de electronegatividad entre dos átomos para determinar la polaridad del enlace que forman entre ellos (ecuación 3).

$$\Delta\chi = \chi_1 - \chi_2 \quad \chi_1 > \chi_2 \quad (3)$$

Ésta es la forma cuantitativa que usaremos para determinar qué enlace es más polar. Para ello, usaremos los datos de electronegatividad reportados en el *Handbook of Chemistry and Physics* (p. 9-103).

$$\chi_B = 2.04 \quad \chi_C = 2.55 \quad \chi_{Cl} = 3.16 \quad \chi_P = 2.19 \quad \chi_F = 3.98$$

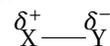
Cuanto más grande sea $\Delta\chi$ entre dos átomos, su enlace será más polar. Obtengamos los valores de $\Delta\chi$ para cada enlace de (a) y (b).

$$\begin{aligned} \Delta\chi_{B-Cl} &= 3.16 - 2.04 & \Delta\chi_{C-Cl} &= 3.16 - 2.55 \\ &= 1.12 & &= 0.61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta\chi_{P-F} &= 3.98 - 2.19 & \Delta\chi_{P-Cl} &= 3.98 - 3.16 \\ &= 1.79 & &= 0.82 \end{aligned}$$

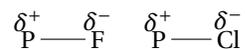
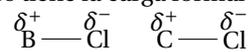
Al igual que en el análisis cualitativo, el método cuantitativo indica que en (a) el enlace más polar es B — Cl y en (b) es P — F.

La $\Delta\chi$ entre los átomos del problema origina un enlace covalente polar en las moléculas que corresponden. En consecuencia, existe una concentración de carga negativa en el átomo más electronegativo, dejando al átomo menos electronegativo, en el extremo positivo de la molécula. Este tipo de moléculas se clasifican como polares y su polaridad se puede representar como:



El símbolo δ^- sobre el átomo Y indica una «carga parcial negativa». Esto significa que el átomo Y de la molécula es algo más negativo que el átomo X. El símbolo δ^+ sobre el átomo X indica una «carga parcial positiva» o que el átomo X de la molécula es positivo con respecto al extremo Y.

Escribamos los enlaces con sus cargas formales para indicar cuál de sus átomos tiene la carga formal positiva.



En (a), B y C son los átomos con la carga parcial positiva; en (b), es P el átomo con la carga parcial positiva.

Recursos adicionales

1. Colegio de Ciencias y Humanidades. (s.f.). Tipos de enlace [Web]. Disponible en www.edutics.mx/pDM.
2. EcuRed. (s.f.). Energía de enlace [Web]. Disponible en www.edutics.mx/pDW.
3. Gómez C., C. M. (s.f.). Enlace iónico [PDF]. Disponible en www.edutics.mx/pDd.
4. González, M. (agosto, 2010). Longitud de enlace [Entrada de blog]. Disponible en www.edutics.mx/pDP.
5. Quimitube. (s.f.). Enlace covalente: polaridad de enlace y polaridad molecular [Web]. Disponible en www.edutics.mx/pDA.

Referencias

1. CRC Press. (2017). CRC Handbook of Chemistry and Physics.