

Apuntes sobre el concepto de equivalente químico

Resumen: En el presente artículo se propone una definición más genérica, intuitiva y operativa de los conceptos de equivalente químico y masa equivalente. Se plantean ejemplos para distintos tipos de reacciones químicas y finalmente se expone su aplicación en las leyes de Faraday de la electrólisis.

Introducción:

El empleo del concepto de equivalente químico ha sido desaconsejado porque su aplicación dependía del tipo de reacción tratada (ácido-base, redox, etcétera), entre otros inconvenientes[1]. Este parámetro útil en el cálculo químico, sobre todo en las reacciones redox y ácido-base, que aún se emplea en textos universitarios recientes[2,3], merece una reconsideración si se plantea desde otra perspectiva.

El problema básico, en mi entender, es dar una definición realmente operativa y genérica de equivalente químico, similar a la que se da al concepto de mol.

Equivalente Químico:

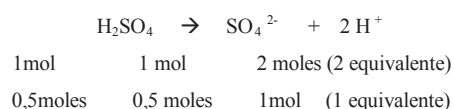
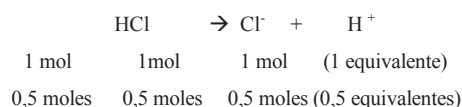
De acuerdo con lo expresado en la introducción se propone la siguiente definición:

Un equivalente químico es un mol de la función química con que actúa una sustancia.

Así, en los ácidos y bases Brønsted-Lowry, un equivalente ácido/base será un mol de protones e iones hidroxilo respectivamente. Por ejemplo:

-Un mol de HCl produce un mol de protones, es decir, un equivalente ácido. Un mol de ácido sulfúrico, al ser diprótico, produce dos moles de protones, por tanto, dos equivalentes ácido. En el caso del ácido ortofosfórico, H₃PO₄, los equivalentes por mol serían tres, de participar los tres protones.

El siguiente esquema se muestra lo dicho:



Igual razonamiento podemos emplear para equivalentes básicos en los casos de NaOH, el Ca(OH)₂ o cualquier otra base.

Dpto. de Física y Química. IES. Tamaraceite.
C/. San Gabriel, 14. Tamaraceite.
35018 Las Palmas de Gran Canaria.
C.e: fbrito@yahoo.es.

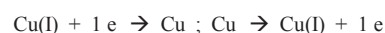


Francisco Enrique Brito Évora

En las reacciones redox un equivalente será un mol de electrones, pues es lo que se transfiere. Además, el número de equivalentes por mol dependerá del estado de oxidación que alcance la sustancia en el proceso porque de ello dependerá la cantidad de electrones transferidos por átomo o molécula.

Así en $\text{Cu(II)} + 2 \text{ e} \rightarrow \text{Cu}$; $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu(II)} + 2 \text{ e}$

se transfirieren dos moles de electrones, es decir, dos equivalentes redox por mol. Pero en los casos:



se transfiere sólo uno.

En el caso: $\text{MnO}_4^- + 8 \text{ H}^+ + 5 \text{ e} \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4 \text{ H}_2\text{O}$
se transfieren cinco moles (equivalentes) por mol.

Pero en $\text{MnO}_4^- + 4 \text{ H}^+ + 3 \text{ e} \rightarrow \text{MnO}_2 + 2 \text{ H}_2\text{O}$
se intercambian tres.

En las reacciones de precipitación los equivalentes por mol dependerían de la carga eléctrica del ion implicado de manera similar al razonamiento usado en los ácidos y base.

Como regla general se tiene:

Nº de equivalentes = moles de sustancia x nº de funciones químicas en cada molécula, átomo o ion.

Masa o peso equivalentes

A partir de aquí, la idea de masa o peso equivalentes es fácil de comprender. La definiríamos como:

Masa de sustancia, en gramos, que contiene o genera un equivalente químico.

Supongamos el H₂SO₄: Si en 98 g (masa molar 98 g/mol) hay dos equivalentes, en la mitad habrá uno. Por tanto la masa necesaria para tener un equivalente será la mitad de la masa molar (49 g/equivalente). Para el ácido ortofosfórico, con tres protones, la masa equivalente será un tercio de la masa molar pues contendrá un equivalente ácido. Similares consideraciones se pueden hacer con el resto de sustancias.

En general:

Masa equivalente(o peso equivalente) = Masa molar/ nº de funciones por molécula.

Nº de equivalente = masa de sustancia (g)/ peso equivalente $32167/96500 = 0,3333$ equiv. (Equiv. = equivalentes)

Luego el uso de masa equivalente (o peso) y el cálculo de los equivalentes que hay en una cantidad en gramos de sustancia no deberían ser complicados de asimilar por el alumno.

Por otra parte, como no parece difícil hacer comprender al estudiante que las reacciones de cualquier tipo se establecen de equivalente a equivalente, los cálculos estequiométricos podrían realizarse de forma más intuitiva que los hechos a través de las relaciones molares. Por ejemplo:

Nº de equivalentes ácidos = Nº de equivalentes básicos

gramos de ácido/ peso equivalente del ácido = gramos de base / peso equivalente de la base

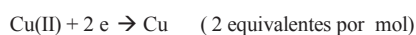
de donde se podría obtener la masa de cualquier sustancia conocida la masa de su complementaria en la reacción.

Cálculos aplicando las leyes de Faraday de la Electrólisis.

La definición de equivalente aclara los cálculos de aplicación de las leyes de Faraday de la electrólisis, que resultan algo engorrosas para el alumnado, tal como aparecen en algunos libros de bachillerato.^[4]

Dado que un faradio (96500 culombios) es la carga de un mol de electrones (un equivalente) el alumno puede comprender que la cantidad de faradios intercambiada es numéricamente igual a los equivalentes de sustancia que reaccionan. Y si se conoce la masa equivalente se podrá hallar los gramos sustancia depositados o liberados. Por ejemplo:

En una deposición de Cu(II) se emplearon 32167 culombios. Se desea conocer la masa de cobre obtenida:



N° de equiv.(moles de electrones) = carga transferida(C) / 96500 (C/equiv.) =

peso equiv. Cu(II) = masa molar/ nº equiv. por mol de ion = $63,5 \text{ (g/mol)} / 2 = 31,75 \text{ g/ equiv.}$

N° de equiv. = masa(g) / peso equiv. \Rightarrow masa (g) = N° de equiv. x peso equiv.

masa de Cu depositada = N° de equiv. x peso equiv. = $0,3333 \times 31,75 = 10,58 \text{ g.}$

Conclusiones:

El establecer un concepto más genérico de equivalente químico lo hace más intuitivo y asimilable por el estudiante y permite salvar los inconvenientes que se presentan cuando se tratan reacciones de distinta naturaleza; aparte de clarificar más la idea de masa equivalente en los cálculos estequiométricos. La definición de equivalente químico aquí propuesta no resulta artificiosa, pues parte del concepto de mol, ni oculta el significado de la reacción química implicada porque su conocimiento cabal es necesario en la determinación de los equivalentes. Los cálculos estequiométricos empleando masas equivalentes son sólo una alternativa al cálculo a través de relaciones molares y no pretenden desmerecer la conveniencia de éstas. El concepto de equivalente aquí expuesto es particularmente útil en los cálculos de electrólisis pues éste no ha desaparecido en la mayoría de textos de bachillerato que tratan las leyes de Faraday.

Referencias:

- [1] Química Analítica (Skoog D, West D), Mac Graw-Hill, Madrid, **1989**, pp. 137–141.
- [2] Química Analítica Contemporánea (Rubinson J, Rubinson K), Prentice- Hall Hispanoamericana, México, **2000**, pp. 13.
- [3] Química Analítica Moderna (Harvey D), MacGraw-Hill, Madrid, **2002**, pp. 12.
- [4] Química 2 (Cardona A, Pozas A, Martín R, Ruíz A), Mac Graw-Hill, Madrid, **2003**, pp 222–223.



Información General:

La reunión se celebrará en las instalaciones de la Escuela Superior de Tecnología y Ciencias Experimentales de la Universidad Jaime I de Castellón desde el día 22 al 24 de octubre de 2006.

- Como rasgo distintivo de esta 3ª edición de la Reunión de Química Orgánica del Mediterráneo se ha considerado oportuno el fomentar la participación como conferenciantes de investigadores pertenecientes a grupos emergentes.

Comite Organizador:

Santiago V. Luis Lafuente (Presidente)
Juan F. Miravet Celades (Secretario)
M. Isabel Burguete Azcárate (Vocal)
Ignacio Alfonso Rodríguez (Vocal)

Dep. de Química Inorgánica y Orgánica

Universitat Jaume I
12071 Castellón
Teléfonos: 964728236-8
Fax: 964728214
C-e: burguete@uji.es, miravet@uji.es
<http://reqomed.uji.es/>