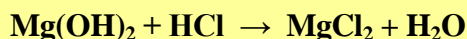


Los ácidos pueden reaccionar con hidróxidos metálicos (sustancias básicas) dando una sal y agua, de modo que sus propiedades ácidas quedan neutralizadas. Un enfermo de úlcera de estómago, se toma un medicamento a base de hidróxido de magnesio para neutralizar el exceso de acidez (debida al ácido clorhídrico presente en los jugos gástricos). La ecuación (no ajustada) que representa dicha neutralización es:



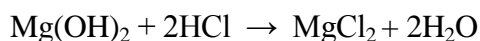
Suponiendo que en una toma hubiese que neutralizar 0'5 litros de jugo gástrico con una concentración de HCl de 0'17 moles/l, imagina que eres su médico(a) y calcula:

¿Cuántos ml de un medicamento consistente en una suspensión oral de hidróxido de magnesio de concentración 3'45 moles/l le recetarías para que tomase cada día?

Planteamiento cualitativo y emisión de hipótesis

En el estómago el medio es ácido, algo necesario para la digestión de los alimentos que ingerimos. No obstante, en algunos casos la acidez es excesiva, lo que puede conducir a molestias y problemas de salud. Para combatir la acidez de estómago, muchas personas utilizan medicamentos que contienen compuestos básicos como, por ejemplo, el hidróxido de magnesio y el hidróxido de aluminio, los cuales neutralizan el ácido clorhídrico en exceso. Se conocen popularmente como “antiácidos”. El volumen medio de jugo gástrico que produce una persona a lo largo de un día es del orden de 1.5l. Los antiácidos se suelen recetar para hacer 3 tomas diarias (preferentemente después de las comidas), con lo que en cada una de ellas se intenta neutralizar unos 0.5 l de jugo gástrico, tal como plantea el enunciado.

En el caso planteado en el problema, la reacción de neutralización se puede representar mediante la siguiente ecuación química (ya ajustada):



La ecuación anterior indica que cada mol de Mg(OH)_2 que reacciona lo hace con 2 moles de HCl dando 1 mol de sal (MgCl_2) y 2 moles de agua. Por tanto, para que se pueda producir la neutralización deberá cumplirse que inicialmente la proporción entre el número de moles de Mg(OH)_2 y el número de moles de HCl sea de 1:2.

El problema plantea qué volumen V_b de disolución básica (concentración molar C_b) será necesario para que se pueda neutralizar el HCl contenido en un determinado volumen V_a de disolución ácida (concentración molar C_a).

En principio, cabe pensar que V_b dependerá del volumen de disolución ácida V_a , de la concentración C_a y de la concentración C_b , de tal forma que, a igualdad de los restantes factores, V_b aumentará si V_a aumenta, si C_a aumenta y si C_b disminuye. También es evidente que si $V_a = 0$, V_b también lo será, y lo mismo ocurrirá si $C_a = 0$ (no habrá ácido que neutralizar). Por otra parte si $C_b \rightarrow 0$, se cumplirá que $V_b \rightarrow \infty$.

Esquemáticamente: $V_b = f(V_a, C_a, C_b)$

Estrategia de resolución y resolución

Sabemos que la neutralización exige que ambas sustancias HCl y $\text{Mg}(\text{OH})_2$ se combinen en proporciones estequiométricas. En nuestro caso ello implica, como hemos visto, que la proporción entre moles iniciales de dichas sustancias sea:

$$\frac{n_b}{n_a} = \frac{1}{2}$$

Por otra parte, sabemos también que ambas sustancias corresponden a los solutos de sendas disoluciones y que la concentración molar de una disolución viene dada por la expresión $C = n_s/V$ donde n_s es el número de moles de soluto y V el volumen de la disolución en litros.

De acuerdo con las consideraciones realizadas hasta aquí, una posible forma de resolver el problema será expresar los moles de cada soluto en función de la concentración molar y el volumen de la disolución de la que forma parte y sustituir todo ello en la ecuación anterior, para a continuación despejar V_b .

$$C_a = \frac{n_a}{V_a} \rightarrow n_a = C_a \cdot V_a$$

$$C_b = \frac{n_b}{V_b} \rightarrow n_b = C_b \cdot V_b$$

Y sustituyendo:
$$\frac{n_b}{n_a} = \frac{C_b \cdot V_b}{C_a \cdot V_a} = \frac{1}{2}$$

Finalmente, se despeja V_b con lo que:
$$V_b = \frac{C_a \cdot V_a}{2 \cdot C_b}$$

Sustituyendo ahora los valores numéricos, obtenemos $V_b = 0'0123 \text{ l} = 12'3 \text{ ml}$

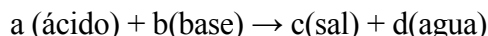
Análisis del resultado obtenido y planteamiento de nuevos problemas

Si examinamos el resultado literal obtenido podemos ver, en primer lugar, que es dimensionalmente homogéneo (L^3 en ambos lados), así como que contempla todas las hipótesis y casos límite considerados al comienzo. Algo que también es necesario incorporar a este tipo de análisis es reflexionar sobre la cantidad numérica obtenida (en este caso 12'3 ml) y preguntarse si entra o no dentro de la lógica. Aquí, por ejemplo, un resultado de 10 litros diarios hubiera estado fuera de toda lógica y a un estudiante acostumbrado a este tipo de reflexión, le habría conducido a un replanteamiento.

A la luz de este problema, es posible también plantearse alguna situación nueva, pero relacionada con la situación planteada (una neutralización). Por ejemplo: *¿Se podría obtener un resultado general, válido para cualquier reacción de neutralización?*

Se trata de una cuestión importante porque en el laboratorio son numerosas las ocasiones en las que se procede a valorar una disolución básica con otra ácida (o viceversa) mediante la neutralización correspondiente (volumetrías ácido-base).

La ecuación química siguiente representa de forma esquemática una reacción de neutralización entre un ácido A y una base B en medio acuoso¹. Supondremos que la reacción ya está ajustada y que “a” y “b” indican la proporción en moles en que se combina el ácido con la base respectivamente:



En este caso, pues, se cumplirá que por cada “a” moles de ácido que reaccionen, lo harán con “b” moles de base...

Esto se puede expresar mediante la proporción:

$$\frac{n_b}{n_a} = \frac{b}{a}$$

Poniendo ahora los moles en función de concentraciones y volúmenes respectivos:

$$\frac{n_b}{n_a} = \frac{b}{a} = \frac{C_b \cdot V_b}{C_a \cdot V_a} \quad \text{Y despejando: } V_b = \frac{b}{a} \cdot \left(\frac{C_a \cdot V_a}{C_b} \right)$$

Finalmente se propone aplicar lo tratado hasta aquí, para resolver el siguiente ejercicio:

Calculad el volumen de disolución acuosa de hidróxido de calcio 0'02 M necesario para neutralizar una muestra de 25 ml de H₃PO₄ de concentración 0'05 M, dando fosfato de calcio y agua.

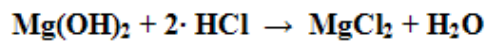
Refuerzo:

Para reforzar los conceptos involucrados en este problema, se puede usar una animación *Modellus* que hemos elaborado sobre él. En la pantalla se expone la reacción de neutralización y hemos colocado tres controladores manuales con los que los alumnos pueden modificar los datos del problema (concentración de HCl en el jugo gástrico del paciente, volumen del jugo gástrico que se quiere neutralizar, concentración de Mg (OH)₂ en la medicina). La animación obtiene el volumen buscado, V_b, y el porcentaje de llenado de una cuchara sopera que supone ese volumen (atribuyendo a la cucharada rasa un volumen de 15ml).

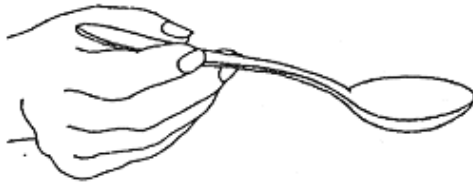
La imagen siguiente corresponde al caso en el que los datos coinciden con los que hemos usado en esta resolución.

¹ Supondremos que se trata de reacciones que se pueden considerar completas.

¿Cuántos ml de medicina (disolución oral de $\text{Mg}(\text{OH})_2$) habrá que tomar?



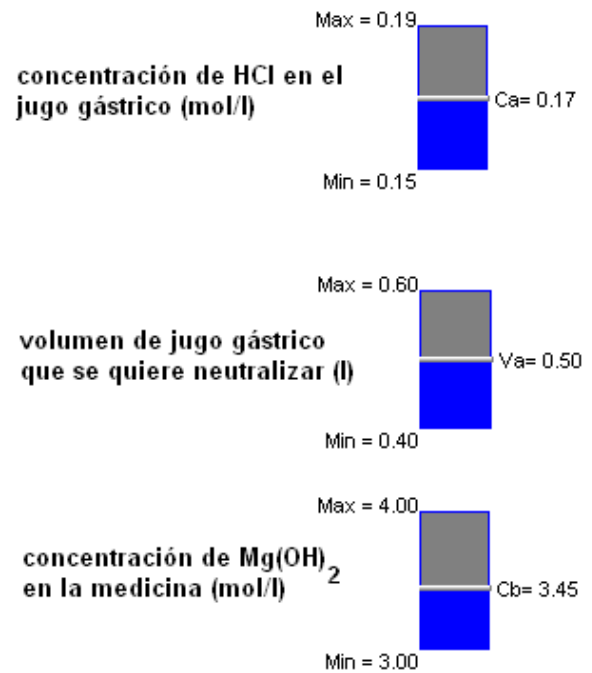
$$Vb = 12.32 \text{ ml}$$



llenado de la cuchara 82.13 %

1 cucharada sobera llena (rasa) son 15ml

El volumen medio de jugo gástrico es del orden de 1.5l/día



La animación y el programa para hacerla correr están disponibles en la página “Web de Materiales para la Enseñanza y la Divulgación de la Física”, de la Sección Local de Alicante de la RSEF

<http://rsefalicante.umh.es/fisica.htm>