

## Equilibrio Ácido-Base 6

101\*. La reacción entre ácidos y bases era conocida desde épocas alquímicas, aunque no con esos términos, sin embargo, fue el inglés Cavendish el que en 1767, encontró que masas iguales de un ácido requerían diferentes masas de bases, para neutralizarse, y llamó equivalentes a dichas masas, dado que equivalían a igual cantidad de ácido. Fue la primera vez que se empleó el término equivalente ligado a una reacción química. A partir de aquí surgieron numerosas escalas de pesos equivalentes que dieron lugar a interpretaciones erróneas, debidas a que los equivalentes van ligados a la reacción en la que se miden. Por ese motivo para conocer el peso equivalente de una sustancia hay que saber:

- a) *Los pesos atómicos de los elementos que la componen*
- b) *El peso molecular de la sustancia*
- c) *La reacción química en la que interviene*
- d) *La concentración de la sustancia en la disolución*

SOLUCIÓN:

*Son correctos todos menos el d*

102\* Las primeras tablas con pesos equivalentes de diversos ácidos y bases, fueron publicadas por Richter, Ernest Fischer y Bertollet, a principios del siglo XIX, pero sus valores al estar relacionados con unas cantidades determinadas de otras, no tenían sentido absoluto, hasta que se definió el concepto de equivalente gramo que inicialmente eran los gramos de una sustancia que equivalían químicamente a 8g de oxígeno o a 1,008g de hidrógeno. Por este motivo y conociendo los pesos atómicos de los elementos integrantes en la molécula de ácido carbónico dirás que en una neutralización completa de dicho ácido, su peso equivalente será:

- a) 62
- b) 50
- c) 25
- d) 31

DATOS: C=12; O=16; H=1

SOLUCIÓN

La masa molar del  $H_2CO_3$ , es  $62g \cdot mol^{-1}$ . Como tiene  $2H^+$ , será  $\frac{62 \frac{g}{mol}}{2 \frac{equivalentes}{mol}} = 31 \frac{g}{equivalente}$ . Es correcta la d

103. El equivalente gramo de un elemento químico, son los gramos del mismo que:

- a) *Contienen el número de Avogadro de átomos*
- b) *Reaccionan con 12 g de carbono*
- c) *Son capaces de producir 22,4 litros de hidrógeno*
- d) *Se combinan con 8 g de oxígeno*

SOLUCIÓN

*Un equivalente gramo de un elemento químico según en la reacción en la que intervenga puede tener un significado diferente. En este caso son los gramos de compuesto que se combinarían con 8g de oxígeno, no tienen porque reaccionar con 12g de C, ni producir un mol de hidrógeno en condiciones normales, por lo tanto es correcta la d.*

104\* El equivalente químico en una disolución de un ácido va ligado al concepto de:

- a) *Molalidad*
- b) *Molaridad*
- c) *Normalidad*
- d) *Fracción molar*

SOLUCIÓN:

*Va ligada a la normalidad como se propone en c, ya que se define como el número de equivalentes por litro de disolución.*

105. Actualmente el equivalente de un ácido es la cantidad de ácido que suministra un mol de protones, mientras que equivalente de una base, es la cantidad que suministra un mol de iones hidroxilo o sea los (g/MM) (nº de H<sup>+</sup> o de OH<sup>-</sup> por mol). De esta forma el número de equivalentes de ácido sulfúrico que hay en 100g de dicho ácido en una reacción de neutralización completa es aproximadamente:

- a) 1                      b) 2                      c) 0,5                      d) 1,5

SOLUCIÓN:

El ácido sulfúrico con fórmula H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, en una neutralización completa suministra dos moles de H<sup>+</sup>, por mol de sulfúrico,

por lo tanto si su masa molar es 98g.mol<sup>-1</sup> produciría  $\frac{100\text{g}}{98\frac{\text{g}}{\text{mol}}}$  .  $\frac{2\text{mol de H}^+}{\text{mol}} = 2,04$  equivalentes .Es correcta la b.

106. Suele definirse la normalidad como el nº de equivalentes gramo del soluto por litro de disolución. Pero el concepto de equivalente gramo fue muy difícil de definir, y causó graves problemas durante el siglo XIX, para determinar el comportamiento de una sustancia, porque precisamente dependía de él, y del tipo de reacción en el que se viera implicado. Pese a ello suele decirse que la normalidad es igual a la molaridad por la valencia, que en este caso no se trata de la de un determinado elemento químico sino de la del compuesto, por eso si la molaridad de una disolución de carbonato de hierro(III) producido en una neutralización es 1, dirás que su normalidad es:

- a) 3                      b) 4                      c) 5                      d) 6

SOLUCIÓN

Dado que la valencia de una sal son las cargas que da el metal, en este caso partiendo de la fórmula Fe<sub>2</sub>(CO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, el hierro 3+ da 6 cargas al compuesto, por eso equivalentes=moles\* valencia=1\*6=6 equivalentes/L. Es correcta la d.

107. En 1828, Gay Lussac, publica un trabajo sobre:”Essai des potasses du comerce”. En él emplea por primera vez el término “acide normale”, aplicándolo a una solución estándar de 200 gramos de ácido sulfúrico diluido hasta un litro. Actualmente esto sería erróneo, ya que la normalidad de este ácido sulfúrico sería aproximadamente:

- a) 2                      b) 4                      c) 3                      d) 1

Masa molar del ácido sulfúrico 98g/mol

SOLUCIÓN

El equivalente gramo del H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es 98 g/mol (mol/2 Equivalentes gramo)=49g/equivalente , por lo tanto si dispones de 200g tendrás 200g/ (49g/equivalente)=4 equivalentes gramos en un litro, o sea que sería 4 N. Lo que ocurre es que en la época de Gay Lussac el equivalente era también el peso molecular. La respuesta correcta sería la b.

108. Los equivalentes de una sal o de un óxido son más difíciles de calcular, implicaría su disociación y recombinación en medio acuoso con H<sup>+</sup> u OH<sup>-</sup>, así los equivalentes que existen en 100g de ortofosfato de aluminio serían aproximadamente:

- a) 1,5                      b) 2                      c) 2,5                      d) 3

mientras que en 100g de ortofosfato de estaño(IV) serían aproximadamente:

- a) 1,5                      b) 2                      c) 2,5                      d) 3

DATOS: P=31; O=16; Al=27, Sn=118,7

SOLUCIÓN

Se parte de las fórmulas respectivas: AlPO<sub>4</sub> y Sn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>. Se calculan las masas molares:

MM(AlPO<sub>4</sub>) = 122g.mol<sup>-1</sup> y MM(Sn<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>4</sub>)=736,1 g.mol<sup>-1</sup>. El Al da 3 cargas positivas, mientras que el Sn proporciona 12.

$\frac{100\text{g}}{122\frac{\text{g}}{\text{mol}}}$  .  $\frac{3\text{mol de H}^+}{\text{mol}} = 2,46$  equivalentes y  $\frac{100\text{g}}{736,1\frac{\text{g}}{\text{mol}}}$  .  $\frac{12\text{mol de H}^+}{\text{mol}} = 1,6$  equivalentes

Por lo tanto es correcta la propuesta c en el primer caso y la a en el segundo

109. Cuando se trata de una sal ácida sería conveniente conocer la reacción que la originó, y los hidrógenos ácidos que se sustituyeron, así dirías que el número de equivalentes que existen en 200g de dihidrógenodifosfato de calcio serán aproximadamente:

- a) 1,65      b) 1,85      c) 2,51      d) 1

DATOS: P=31; O=16; Ca=40; H=1

SOLUCIÓN

Se parte de la fórmula respectiva:  $\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_7$ . Se calculan la masa molar:  $MM(\text{CaH}_2\text{P}_2\text{O}_7) = 216\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$$\frac{200\text{g}}{216\frac{\text{g}}{\text{mol}}} \cdot \frac{2\text{mol de } H^+}{\text{mol}} = 1,85 \text{ equivalentes. Es correcta la propuesta b.}$$

110. La condición fundamental en una neutralización ácido-base es que el número de equivalentes de ácido sea igual al número de equivalentes de base, y por eso teniendo en cuenta la definición de normalidad, o equivalente en un litro de disolución, podrías emplear el cuadro de la derecha para determinar las condiciones de una neutralización así si dispones de una disolución 0,2M de una base débil BOH, cuyo grado de disociación es del 0,1%, y si tomas 100ml de esta disolución y lo diluyes hasta 2 litros, el pH de la disolución será aproximadamente:

- a) 9,1      b) 9,3      c) 9,6      d) 9,8

mientras que la cantidad de gramos de ácido sulfúrico (Masa.molar=98g/mol) capaz de neutralizarla completamente sería aproximadamente de:

- a) 1      b) 10      c) 2      d) 0,5

SOLUCIÓN:

$$\text{Como } K_b \text{ es constante } K_b = \frac{M_1\alpha_1^2}{1-\alpha_1} = \frac{M_2\alpha_2^2}{1-\alpha_2}; \alpha_1 = \frac{0,1}{100} = 10^{-3}; M_1 = 0,2\text{molL}^{-1}$$

$V_1M_1=V_2M_2; 0,1*0,2=2*M_2; M_2=0,01; \alpha_2=0,0044; pOH=-\log(0,01*0,0044)=4,4, pH=9,6$  como se indica en c.

$VN=g/PE; PE=49g; g=2*0,01*49=0,98g$ , como se propone en a.

Equivalentes de ácido	Equivalentes de base
$(g_A/MM_A) n^{\circ}H$	$(g_B/MM_B) n^{\circ}OH$
$V_A N_A$	$V_B N_B$

111. Dispones de una disolución 0,4M de una base débil BOH, cuyo grado de disociación es del 0,3%. Si tomas 50ml de esta disolución y lo diluyes hasta 1 litro el pH de la disolución será:

- a) 10,1      b) 10,4      c) 10, 8      d) 11,2

mientras que la cantidad de gramos de ácido clorhídrico (Masa.molar=36,5g/mol) capaz de neutralizar completamente sería de:

- a) 0,85      b) 1,2      c) 0,73      d) 0,93

SOLUCIÓN

$$\text{Como } K_b \text{ es constante } K_b = \frac{M_1\alpha_1^2}{1-\alpha_1} = \frac{M_2\alpha_2^2}{1-\alpha_2}; \alpha_1 = \frac{0,3}{100} = 3\cdot 10^{-3}; M_1 = 0,4\text{molL}^{-1}$$

$V_1M_1=V_2M_2; 0,05*0,4=1*M_2; M_2=0,02; \alpha_2=0,0133; pOH=-\log(0,02*0,0133)=3,57, pH=10,4$  como se indica en b.

$VN=g/PE; PE=36,5g; g=1*0,02*36,5=0,73g$ , como se propone en c.

112. En 1683, el rey de Suecia, Carlos XI, funda el laboratorio químico modélico (el mejor de Europa, en su tiempo), en Estocolmo, y le encarga la dirección a Urban Hierne. El objetivo del laboratorio era estudiar las tierras más favorables para los cultivos, encontrar nuevos remedios médicos, buscar nuevos materiales que resistieran los incendios etc. El primer trabajo publicado por Hierne salido de estas investigaciones fueron "Sobre el ácido de las hormigas". No sería el primer trabajo sobre el ácido de las hormigas, porque en 1670, De Wray ya había sometido a las hormigas a destilación y Scheele lo obtendría por síntesis en 1786. Este ácido en la nomenclatura orgánica sistemática se conoce como metanoico. Si se disuelven 2,3 g de ácido metanoico en agua hasta un volumen de 250 cm<sup>3</sup>. El pH de la disolución formada será:

- a) 3,1      b) 2,0      c) 2,2      d) 3,25

Mientras que el volumen de la disolución de hidróxido de potasio 0,5 M necesario para neutralizar 50 cm<sup>3</sup> de la disolución anterior, sería en cm<sup>3</sup>:

- a) 20      b) 30      c) 10      d) 40

Datos:  $K_a = 1,8 \cdot 10^{-4}$ ; Masas atómicas: C = 12, O = 16, H = 1

SOLUCIÓN

$$\text{Masa molar del ácido HCOOH} = 46 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} \left[ \text{HCOOH} \right] = \frac{2,3 \text{ g}}{46 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} / 0,250 \text{ L} = 0,2 \frac{\text{mol}}{\text{L}};$$

$$K_a = \frac{0,2\alpha^2}{1-\alpha} = 1,8 \cdot 10^{-4}. \text{ Resolviendo, } \alpha = 0,013. \text{ pH} = -\log(M\alpha) = -\log(0,2 * 0,013) = 2,23. \text{ Es}$$

correcta la propuesta c.

Como en la neutralización, y en este caso la normalidad es igual a la molaridad,  $V_{\text{ácido}} N_{\text{ácido}} = V_{\text{base}} N_{\text{base}}$ .

$$0,05 \text{ L} * 0,2 \frac{\text{Equiv}}{\text{L}} = V_{\text{base}} 0,5 \frac{\text{Equiv}}{\text{L}}; V_{\text{base}} = 0,02 \text{ L} = 20 \text{ cm}^3. \text{ Es correcta la propuesta a.}$$

113. En la etiqueta de una botella de litro de ácido nítrico figuran los siguientes datos: densidad = 1,34 g/cm<sup>3</sup>; Riqueza 45,0 %. Si neutralizas 10 cm<sup>3</sup> de ácido con hidróxido cálcico 1,0 M, el volumen necesario de éste, será aproximadamente en cm<sup>3</sup>:

- a) 35      b) 45      c) 28      d) 48

Si aumentarás el volumen de base un 10%, el pH final de la disolución resultante será aproximadamente:

- a) 1,5      b) 13,1      c) 3,2      d) 12,9

SOLUCIÓN:

Es un ácido fuerte por lo tanto no hay equilibrio. La normalidad del hidróxido cálcico es 2, por lo visto anteriormente.

Se toma 1 L de ácido  $n = 1000 \text{ cm}^3 * 1,34 \text{ g/cm}^3 * 0,45 / 63 \text{ g/mol} = 9,57$ ;  $M = 9,57$ .  $N = 9,57$ . En la Neutralización  $V_A N_A = V_B N_B$ ;  $9,57 * 0,01 = V_2$ ;  $V_2 = 0,048 \text{ L} = 48 \text{ cm}^3$ . Es correcta la propuesta d.

c)  $V_{\text{adicional}} = 4,8 \text{ cm}^3$ .  $\text{Equiv}_{\text{Base}} \text{ que añades} = 2 * 0,0048 = 0,00957$ ;  $\text{moles} = 0,00478$ .  $V_T = 0,01 + 0,048 + 0,0048 = 0,06 \text{ L}$ ,  $\text{pH} = 14 - \log(0,00478 / 0,06) = 12,88$ . Es correcta la propuesta d.

114. Si mezclas 100 ml de ácido clorhídrico 0,01 N y 50 ml de ácido clorhídrico 0,02 N y le agregas un litro de agua, dirás que el pH de la disolución será:

- a) 2,8      b) 3,2      c) 2,2      d) 1,8

Mientras que los gramos de hidróxido amónico que serían necesarios para neutralizar la disolución anterior. serían aproximadamente:

- a) 2,0      b) 1,0      c) 0,07      d) 0,7

Masa molar (hidróxido amónico) = 35 g/mol

SOLUCIÓN

Se calculan los moles de ácido:  $n_1 = 0,1 * 0,01 =$ ;  $n_2 = 0,05 * 0,02 =$ ,  $M = n_T / V_T = 0,002 / 0,15 = 0,013$ ; y como es un ácido fuerte  $\text{AH} \rightleftharpoons \text{A}^- + \text{H}^+$ ; Como  $VM = V'M'$ ;  $0,15 * 0,013 = 1,15 M'$ ;  $M' = 0,0017$ ;  $\text{pH} = -\log[\text{H}^+]$ ;  $\text{pH} = 2,8$ . Es correcta la propuesta a.

Como  $VN = g/PE$ ,  $g = PE * VN = 0,07$ . Es correcta la propuesta d.

115. Si se disuelven 1,68 gramos de hidróxido de potasio en agua hasta alcanzar un volumen de 100 mL. Dirás que los mL de ácido clorhídrico 0,6 M que hacen falta para neutralizar 50 mL de la disolución de hidróxido de potasio, serán aproximadamente:

- a) 25                      b) 50                      c) 10                      d) 35

Si a 50mL de la disolución inicial de hidróxido potásico se le añaden 250 mL de agua, dirás que el pH final será aproximadamente:

- a) 13,5                      b) 13,2                      c) 12,7                      d) 12,5

Datos. Masas atómicas: K = 39; O = 16; H = 1

SOLUCIÓN

$$\text{Se calculan la masa molar y la concentración de la base KOH. } [KOH] = \frac{1,68g}{56 \frac{g}{mol}} / 0,1L = 0,3 \frac{mol}{L}.$$

Como en la neutralización, y en este caso la normalidad es igual a la molaridad,  $V_{\text{ácido}} N_{\text{ácido}} = V_{\text{base}} N_{\text{base}}$ .

$$V_{\text{ácido}} * 0,6 \frac{Equiv}{L} = 0,05L * 0,3 \frac{Equiv}{L}; V_{\text{ácido}} = 0,025L = 25cm^3. \text{Es correcta la propuesta a.}$$

Como  $VM = V \cdot M$ ;  $0,05 * 0,3 = 0,3M$ ;  $M = 0,05$ ; Como es una base fuerte,  $pH = 14 + \log[OH]$ ;  $pH = 13,47$ , como se propone en a.

116. El primer nombre del ácido clorhídrico, aparece en los escritos de Basilio Valentino, en el siglo XV, pues haciendo reaccionar "sal marina con vitriolo marcial, se producía un líquido que quemaba, que llama aqua cáustica y un espíritu que se desprendía, que nombra spiritus salis acidus". Aquí lo tenemos. Espíritu por que es un gas. Acidus porque pica y salis, porque se extrajo de la sal. Su disolución acuosa forma un ácido bastante fuerte. Si se tiene una disolución del mismo con un pH=1,2, suponiéndole totalmente disociado, los gramos de sosa harán falta para neutralizar medio litro de disolución ácida serán:

- a) 0,75                      b) 0,78                      c) 1,26                      d) 1, 12

MASAS ATOMICAS: Na=23/O=16/H=1.

SOLUCIÓN

Como es un ácido fuerte, se calcula la concentración del ácido;  $pH = -\log(M)$ ;  $M = 0,0631 \text{ mol.L}^{-1}$  y en este caso la normalidad es igual a la molaridad.

$$V_{\text{ácido}} * N_{\text{ácido}} = \frac{g_{\text{base}}}{PEq_{\text{base}}}; g_{\text{base}} = 0,5L * 0,0631 \frac{Equiv}{L} * 40 \frac{g}{Equiv} = 1,26g. \text{Es correcta la propuesta c.}$$

117. Si se tiene una disolución de ácido nítrico de pH = 2,3 dirás que los gramos de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar 50 mL de la disolución anterior serán:

- a) 1                              b) 0,1                              c) 0,01                              d) 10

Mientras que el pH de la disolución obtenida al añadir 25 mL de hidróxido de sodio 0,001 M a 50 mL de la primera disolución de ácido nítrico, suponiendo que los volúmenes son aditivos será aproximadamente:

- a) 12                              b) 2,5                              c) 3                              d) 13,5

Datos. Masas atómicas: Na = 23; O = 16; H = 1

SOLUCIÓN

Como es un ácido fuerte, se calcula la concentración del ácido;  $pH = -\log(M)$ ;  $M = 0,005012 \text{ mol.L}^{-1}$  y en este caso la normalidad es igual a la molaridad.

$$V_{\text{ácido}} * N_{\text{ácido}} = \frac{g_{\text{base}}}{PEq_{\text{base}}}; g_{\text{base}} = 0,05L * 0,005 \frac{Equiv}{L} * 40 \frac{g}{Equiv} = 0,01g. \text{Es correcta la propuesta c.}$$

En la segunda neutralización, los equivalentes de ácido son:  $0,05 * 0,005012 = 0,000250594$ ,

mientras que los de base son  $0,025 * 0,001 = 0,000025$ , por lo tanto sobran 0,0002256 equivalentes de ácido, en un volumen total de 0,075L. Lo que implica una concentración de ácido nítrico 0,003 mol/L, de lo que  $pH = -\log(M) = 2,5$ , como se indica en b.

118. Se dispone de 30ml de ácido clorhídrico 0,1N. La cantidad de agua que deberás agregarle para obtener una disolución de pH=2, será en cm<sup>3</sup> de:

- a) 550            b) 270            c) 300            d) 330

Si se mezcla la nueva disolución con 10ml de disolución de hidróxido potásico 0,5M, el pH de la nueva disolución, será aproximadamente:

- a) 7            b) 2,3            c) 11,8            d) 12,2

MASAS ATÓMICAS: K=39, O=16, H=1, Cl=35,5

**SOLUCIÓN**

$[H^+] = 0,01$ ;  $30 * 0,1 = V * 0,01$ ;  $V = 300\text{ml}$ ,  $V_{\text{agua}} = 270\text{ml}$ , se suponen los volúmenes adicionales. Es correcta la propuesta b.  $neq.A = 0,030 * 0,1 = 0,003$ ;  $neq.B = 0,010 * 0,5 = 0,005$ . Como se neutraliza equivalente a equivalente. Sobran 0,002 equiv, de base = 0,002 moles que como es una base fuerte estará totalmente disociada.

Se suponen los volúmenes adicionales, por lo tanto el volumen de la nueva disolución será 300mL + 10mL

$[OH] = 0,002 / 0,310 = 0,0064$ ,  $pH = 14 - (-\log 0,05) = 11,8$ . Es correcta la propuesta c.

119. Se dispone de 100ml de ácido clorhídrico 0,1N. La cantidad de agua que deberás agregarle para obtener una disolución de pH=2, será en mL:

- a) 1000            b) 900            c) 1100            d) 40

Si se mezcla la nueva disolución con 400ml de disolución de hidróxido sódico 0,5M, el pH de la nueva disolución, será aproximadamente:

- a) 1,3            b) 3,1            c) 13,1            d) 12,9

**SOLUCIÓN**

Operando como en el test anterior,  $[H^+] = 0,01$ ;  $100 * 0,1 = V * 0,01$ ;  $V = 1000\text{ml}$ ,  $V_{\text{agua}} = 1000 - 100 = 900\text{ml}$ , se suponen los volúmenes adicionales. Es correcta la propuesta b.

$neq.A = 0,1 * 0,1 = 0,001$ ;  $neq.B = 0,4 * 0,5 = 0,2$ . Como se neutraliza equivalente a equivalente. Sobran 0,19 equiv, de base = 0,19 moles que como es una base fuerte estará totalmente disociada.

Se suponen los volúmenes adicionales, por lo tanto el volumen de la nueva disolución será 400mL + 1000mL = 1400mL

$[OH] = 0,19 / 1,4 = 0,136$ ,  $pH = 14 - (-\log 0,136) = 13,1$ . Es correcta la propuesta c.

120. Se dispone de 100 cm<sup>3</sup> de una disolución 0,02N de ácido sulfúrico con un grado de disociación del 90% y de 60 cm<sup>3</sup> de otra 0,08M de sosa, con grado de disociación del 80%. El pH de la mezcla resultante suponiendo la aditividad de los volúmenes, será aproximadamente:

- a) 2            b) 12            c) 13            d) 3

**SOLUCIÓN**

Se calculan los equivalentes de ácido sulfúrico, y la concentración de protones que producen al disociarse.

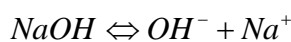
$EqA = 0,1L * 0,02eq/L * 0,9 = 0,0018$ ,  $EqB = 0,06L * 0,08eq/L * 0,8 = 0,00384$ .

$EqB_{\text{sobrantes}} = 0,00384 - 0,0018 = 0,00204$ , en un volumen de 0,16L



$$0,01 * 0,02 * 0,9$$

$$0,0018 \text{ moles}$$



$$0,06 * 0,08 * 0,8$$

$$0,00384 \text{ moles} \quad \text{Diferencia } 0,00204 \text{ moles } OH^-$$

$[OH] = 0,00204 / 0,16 = 0,0128$ ,  $pH = 14 - (-\log 0,0128) = 12,1$ . Es correcta la propuesta b.