



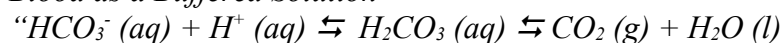
Nota: El opositor deberá contestar obligatoriamente a los problemas 3,4 y 7.
De los problemas 1 y 2 optará por uno de ellos y de los problemas, 5 y 6 elegirá otro.

PROBLEMA 6.- El dióxido de carbono producido en la respiración celular es transportado por la sangre hasta los pulmones. Parte de éste dióxido está en disolución como ácido carbónico y parte como ion bicarbonato. Si el pH de la sangre es 7,4, calcule:
La fracción molar que se transporta como ácido.
Datos: $K_{a1}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 4,6 \cdot 10^{-7}$ $K_{a2}(\text{H}_2\text{CO}_3) = 5,6 \cdot 10^{-11}$

Revisado gracias a comentarios de Jal del foro www.docentesconeducacion.es
Resuelto por sleepylavoisier en <http://docentesconeducacion.es/viewtopic.php?f=92&t=4014#p17694>

Referencias

-Chemistry, The central science; Brown, LeMay, Bursten, Murphy; 17. CHEMISTRY AND LIFE: Blood as a Buffered Solution



...aunque el ácido carbónico es diprótico, el CO_3^{2-} no es importante en este sistema.

...eliminar CO_2 con la respiración desplaza el equilibrio a la derecha, consumiendo iones H^+ .

...el tampón opera a un pH 7,4, lejos del $\text{p}K_{a1}$ de H_2CO_3 (6,1 a la temperatura corporal). Para que el tampón tenga un pH de 7,4, la proporción [base]/[ácido] debe ser en torno a 20."

-QUÍMICA (1º Grado en Biología). PROBLEMAS. Tema 7: EQUILIBRIOS ÁCIDO-BASE II

https://www.uam.es/docencia/jppid/documentos/ejercicios/problemas_1ersem.pdf#page=18
problema 7.10 (se incluye solución pero no resolución)

-Bioquímica: texto y atlas; Jan Koolman, Klaus-Heinrich Röhm

<https://books.google.es/books?id=f61Mvd-vl60C&pg=PA288> Equilibrio ácido-base

A. Concentración de los iones hidrógeno del plasma sanguíneo

>Se cita "La disminución del pH en más de 0,03 unidades se denomina acidosis y el aumento se denomina alcalosis"

-6. MANTENIMIENTO DEL pH EN EL MEDIO EXTRACELULAR. Veronica Gonzalez Núñez, Universidad de Salamanca <http://ocw.usal.es/ciencias-biosanitarias/bioquimica-ph-equilibrios-acido-2013-base/contenidos/6.%20Mantenimiento%20del%20pH%20en%20el%20medio%20extracelular.pdf#page=3>

-Química: la ciencia básica; M. D. Reboiras; La sangre como sistema regulador de la acidez <https://books.google.es/books?id=QM-Gj2K2ZKYC&pg=PA769>

-El uso de la ecuación de Henderson-Hasselbalch para el cálculo del pH en sangre; Juan Pablo Pardo Vázquez y Deyamira Matuz Mares http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-19952014000200003

-Cálculo del pH de un anfolito <http://aijimene.webs.ull.es/transparencias%20calculo%20de%20pH.pdf#page=7>

CONSTRUCCION DEL DIAGRAMA LOGARITMICO DE CONCENTRACIONES

http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Documento_de_Apoyo:_DIAGRAMA_RAPIDO_pH_52_50.pdf

Volumetrías ácido-base

http://ocw.usal.es/ciencias-experimentales/quimica-analitica/contenidos/CONTENIDOS/4.PRESENTACION_DE_CLASE.pdf#page=19

-Química analítica cualitativa; Fernando Burriel Martí, Felipe Lucena Conde, Siro Arribas Jimeno; Capítulo 11 Reacciones ácido base

<https://books.google.es/books?id=QChYqMIUIL8C>



Como $pH=7,4 \rightarrow [H_3O^+]=10^{-pH}=3,98 \cdot 10^{-8} M$

En el sistema biológico el equilibrio se ha alcanzado de una manera especial (hay variaciones de CO_2 por respiración, variación de H_3O^+ por varios sistemas como los riñones), así que **no podemos plantearlo como una disociación solamente de H_2CO_3 en agua**. En la regulación del pH de la sangre intervienen los pulmones y el equilibrio $H_2CO_3 \rightleftharpoons CO_2 + H_2O$, pero no se da en este enunciado información de este equilibrio ni datos de gas; aunque enunciado cite el CO_2 , al pedir "fracción molar que se transporta como ácido" tras haber dicho "Parte de este dióxido está en disolución como ácido carbónico y parte como ión bicarbonato", **asumimos que se pide la fracción molar de ácido carbónico frente al total obtenido como suma de ácido carbónico más ión hidrógenocarbonato**.

$$PK_{a1} = -\log(4,6 \cdot 10^{-7}) = 6,34$$

$$pK_{a2} = -\log(5,6 \cdot 10^{-11}) = 10,25$$

Planteamos un diagrama logarítmico de concentraciones (no conocemos c_0 , representamos para un valor arbitrario c_0 lo suficientemente alto para poder despreciar la contribución del producto iónico del agua) y nos permite ver que a $pH = 1/2(K_{a1} + K_{a2}) = 0,5(6,34 + 10,25) = 8,3$ tenemos que $[H_2CO_3] = [CO_3^{2-}]$, por lo que a $pH = 7,4 < 8,3$ tenemos $[H_2CO_3] \gg [CO_3^{2-}]$ y solamente consideramos la contribución de la primera disociación. Aunque no es necesario en este caso, donde solamente se usa K_{a2} para calcular el valor de 8,3 y saber qué despreciar al pH dado, en el diagrama la línea de H_2CO_3 cuando llega a pK_{a2} pasa a tener pendiente -2, ya que para pasar de H_2CO_3 a CO_3^{2-} pierde 2 H^+ . Lo mismo pasa para CO_3^{2-} cuando llega a pK_{a1} , gana 2 H^+ para pasar a H_2CO_3 . Si planteamos la definición de la constante

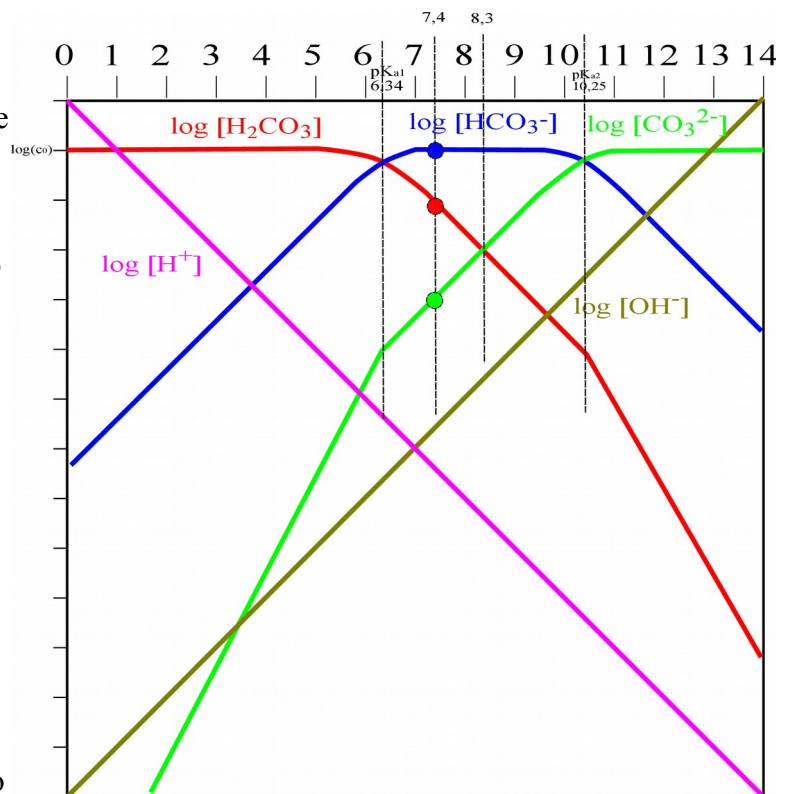
$$K_{a1} = \frac{[HCO_3^-][H_3O^+]}{[H_2CO_3]}$$

$$[H_3O^+] = K_{a1} \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$$

Operando $pH = pK_{a1} - \log \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]}$

$$pH = pK_{a1} + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

Es la ecuación para disoluciones reguladoras de Henderson-Hasselbalch
 Sustituyendo numéricamente





$$7,4 = -\log(4,6 \cdot 10^{-7}) + \log \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$$

$$\frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]} = 10^{7,4 + \log(4,6 \cdot 10^{-7})} = 11,5547$$

Calculamos la fracción molar solicitada

$$\frac{[H_2CO_3]}{[H_2CO_3] + [HCO_3^-]} = \frac{1}{1 + \frac{[HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}} = \frac{1}{1 + 11,5547} = 0,07965$$

Expresando resultado con 2 cifras significativas como datos del enunciado

Fracción molar ácido carbónico es $0,080 = 8,0 \%$