

## Sistemas Materiales

### Líquidos

1) Definir Tensión superficial ¿Cuál es la relación entre las fuerzas intermoleculares que existen en el líquido y la tensión superficial?

Respuesta: La tensión superficial es la resistencia que opone un líquido a la penetración de su superficie.

La tensión superficial se debe a que las fuerzas que afectan a cada molécula son diferentes en el interior del líquido y en la superficie. Así, en el seno de un líquido cada molécula está sometida a fuerzas de atracción que en promedio se anulan. Sin embargo, en la superficie hay una fuerza neta hacia el interior del líquido.

La tensión superficial se mide en N/cm.

Cuanto mayor es la fuerza de atracción entre las moléculas del líquido mayor será la tensión superficial.

2) A pesar de que el acero inoxidable es mucho más denso que el agua, una navaja de afeitar puede flotar en el agua. ¿Por qué?

Respuesta: La tensión superficial del agua impide que se unda

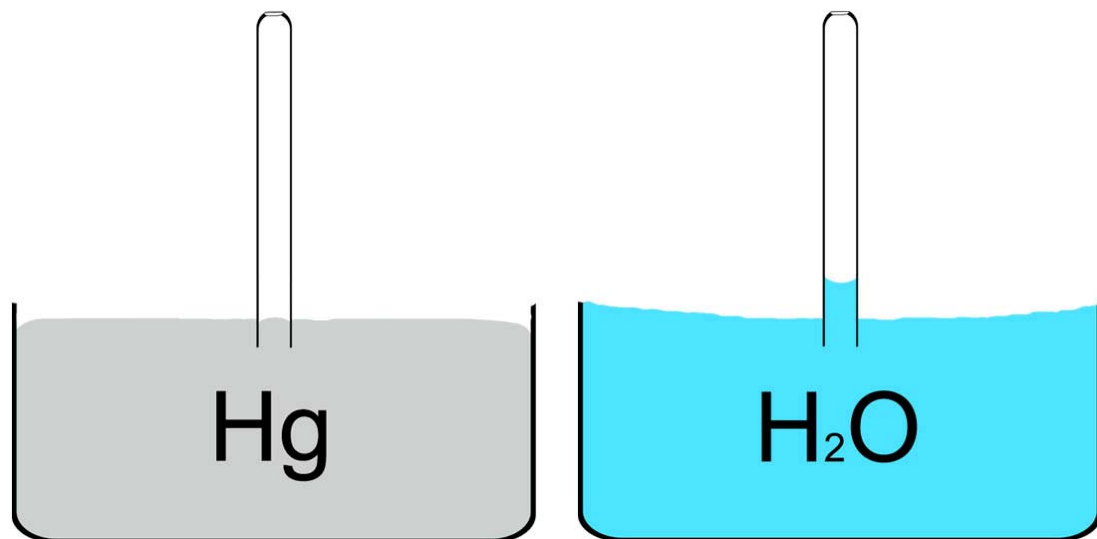
3) Utilizar el agua y el mercurio como ejemplos para explicar la adhesión y la cohesión. Dibujar diagramas que muestren la acción capilar de a) agua b) mercurio

Respuesta:

La adhesión es la atracción que existe entre las moléculas de un líquido y las de otro material.

La cohesión es la atracción que existe entre las moléculas de un mismo líquido.

Cuando las fuerzas de adhesión superan a las de cohesión se puede dar la acción capilar.



Puede observarse la acción capilar en el agua, donde la fuerza de adhesión contra el vidrio es superior a la fuerza de cohesión del agua.

Por otro lado en el mercurio la fuerza de cohesión es mas fuerte y es por eso que no se produce el efecto capilar y la curvatura de la superficie es hacia arriba evitando el contacto con el vidrio.

4) ¿Qué es viscosidad? ¿Cuál es la relación entre las fuerzas intermoleculares del líquido y su viscosidad?

Respuesta:

La viscosidad es la oposición de un líquido a deformarse. A mayor viscosidad mas difícil es hacer fluir el líquido.

Cuanto mayor son las fuerzas intermoleculares del fluido, mas viscoso es el mismo.

5) ¿Porque la viscosidad de un líquido disminuye con el aumento de la temperatura?

Respuesta:

A mayor temperatura, mayor energía cinética tienen las moléculas y por ende mayor libertad de movimiento. Empieza a disminuir la importancia de las fuerzas intermoleculares.

6) Predecir que líquido tiene mayor tensión superficial, etanol ( $C_2H_5-OH$ ) o éter dimetilico ( $CH_3-O-CH_3$ ).

Respuesta:

El etanol tiene puente de Hidrogeno lo que genera un dipolo que aumenta la atracción entre moléculas. Por este motivo la tensión superficial del etanol debe ser mayor a la del éter dimetilico.

7) Predecir la viscosidad del etilenglicol  $\begin{matrix} CH_2-OH \\ | \\ CH_2-OH \end{matrix}$  con respecto al etanol y a la glicerina  $\begin{matrix} H_2C-OH \\ | \\ HC-OH \\ | \\ H_2C-OH \end{matrix}$ .

Respuesta:

Debido a que la glicerina es la que mayor cantidad de puentes de hidrogeno tiene es tambien la que mayor fuerza intermolecular tiene y por ende mayor viscosidad. Con el mismo criterio le sigue el etilenglicol y luego el etanol.

8) Las presiones de vapor de equilibrio liquido-vapor de una serie de sustancias son:

Sustancia	Pv a 20°C (mmHg)
A	17,5
B	75,0
C	442,0

Justificar cual de las siguientes proposiciones son verdaderas o falsas:

- En estado gaseoso, la sustancia mas difícilmente licuable es la A
- Las Fuerzas intermoleculares en C son mayores que en las otras sustancias.

- c) El punto de ebullición de estas sustancias disminuye al aumentar la presión atmosférica
- d) La presión de vapor de equilibrio de estas sustancias disminuye al aumentar el volumen del recipiente
- e) Dibujar hipotéticas curvas de presión de vapor para c/u de estas sustancias.

Respuesta:

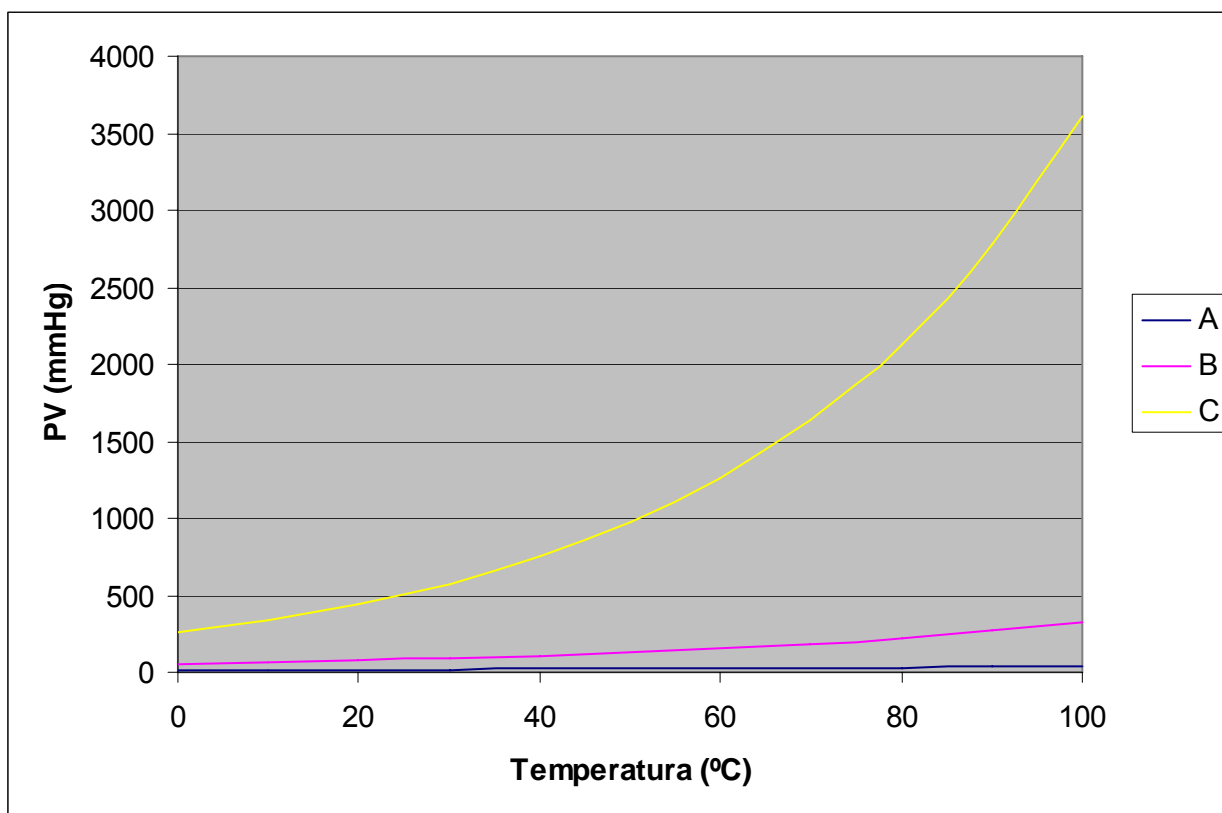
a) FALSO. Es la que menor presión de vapor tiene por lo tanto en un mismo recipiente a una misma temperatura y con la atmósfera del recipiente saturada de gas, es la que menos gas tendrá y más líquido tendrá. Será la más fácil de licuar.

b) FALSO. Es la que mayor presión de gas tiene. Siguiendo la justificación del punto anterior es la que más fácil pasará a estado gaseoso y por ende debe ser la que menor fuerza intermolecular tenga.

c) VERDADERO. El punto de ebullición se alcanza cuando la presión de vapor es igual a la atmosférica. Si la presión atmosférica es menor, se necesitará llegar a una menor temperatura para lograr la ebullición.

d) FALSO. La presión de vapor no depende del tamaño del recipiente.

e)



9)Cuál de las siguientes opciones indica fuerzas de atracción intermolecular extremadamente débiles en un líquido

- a) un punto de ebullición muy elevado.
- b) Una presión de vapor muy alta
- c) Una temperatura crítica muy alta
- d) Un calor de vaporización muy alto
- e) Ninguna de estas

Fundamentar y explicar brevemente cada una de las propiedades.

a) Un punto de ebullición muy elevado se debe a que es necesario entregar mucha energía a las moléculas para separar una de otra. Por ende las fuerzas intermoleculares no son débiles.

b) Una presión de vapor muy alta indica una fuerza intermolecular muy baja.

c) Una temperatura crítica muy alta indica que es fácil licuar la sustancia lo que significa que la fuerza intermolecular es alta.

d) Un calor de vaporización alto indica fuerzas intermoleculares altas.

10) el éter dietílico tiene un punto de ebullición de 34,5°C y el 1-butanol 117°C. Ambos compuestos tienen el mismo número y tipo de átomos. Explicar la diferencia en los puntos de ebullición.

Respuesta:

La diferencia está en que el 1-butanol tiene puente de hidrógeno lo cual incrementa la atracción intermolecular.

11) Explicar en términos de fuerzas intermoleculares por qué:

a) el NH<sub>3</sub> tiene un punto de ebullición mayor que el CH<sub>4</sub>. b) El KCl tiene un punto de fusión mayor que el I<sub>2</sub> y c) el naftaleno (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>) es más soluble en benceno que el LiBr.

a) El NH<sub>3</sub> es una sustancia polar mientras que el CH<sub>4</sub> no.

b) El KCl es un compuesto iónico que forma cristales mientras que I<sub>2</sub> es una molécula no polar.

c) El naftaleno es no polar como el benceno mientras que el LiBr es un compuesto polar.

12) Se hace burbujear lentamente 2,0l de aire a través de agua a 25°C.

Estimar la disminución de la masa de agua que tiene lugar como consecuencia de la evaporación suponiendo que el aire se satura.

Respuesta:

La presión de vapor del agua a 25°C es de 23,8 mmHg.

$$n = \frac{P.V}{r.T}$$

$$n = \frac{0,0313_{atm} \cdot 2_l}{0,082_{atm \cdot l / mol \cdot K} \cdot 298_K} = 0,00256_{mol}$$

$$0,00256_{mol} \cdot 18_{g/mol} = 0,0461_g$$

13) Se hace burbujear lentamente 1,0l de aire a través de benceno a 20°C.

Estimar la disminución de la masa del benceno que tiene lugar como consecuencia de la evaporación, suponiendo que el aire se satura.

Respuesta:

La presión de vapor del benceno a 20°C es de 75 mmHg.

$$n = \frac{0,0987_{atm} \cdot 1_l}{0,082_{atm \cdot l / mol \cdot K} \cdot 293_K} = 0,00411_{mol}$$

$$0,00411_{mol} \cdot 78_{g/mol} = 0,320_g$$

14) que masa de agua hay en el aire de un cuarto de baño de dimensiones 3m por 4m por 2m cuando se ha llenado la bañera con agua a 35°C

Respuesta:

La presión de vapor del agua a 35°C es de 42,175 mmHg

$$n = \frac{0,0554_{atm} \cdot 24000_l}{0,082_{atm \cdot l / mol \cdot K} \cdot 308_K} = 52,65_{mol}$$

$$52,65_{mol} \cdot 18_{g/mol} = 947_g$$

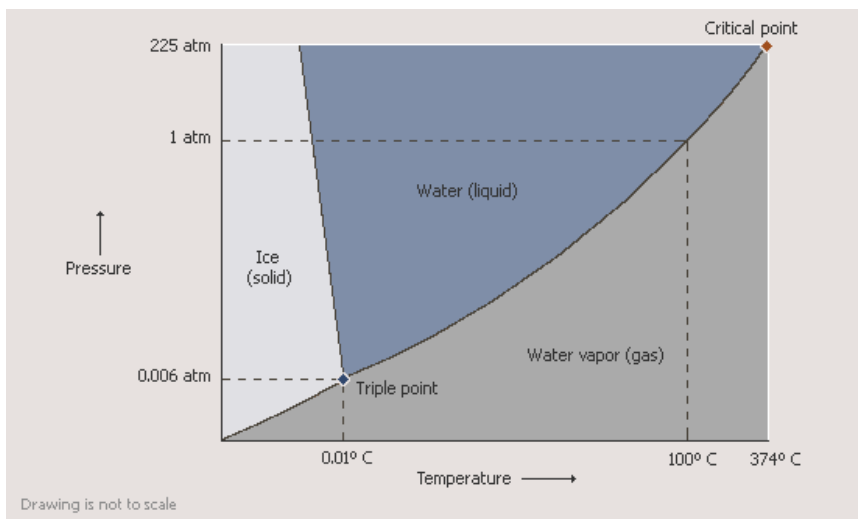
16) Explicar porqué en Buenos Aires el agua hierve a 100°C y en Salta a 90°C.

Respuesta:

Esto se debe a que la presión atmosférica en Salta es menor que la de Buenos Aires.

18) Utilizando los datos del diagrama de fases del agua predecir el estado de una muestra de agua bajo las siguientes condiciones a) 2 atm; 200°C b) 600mmHg; 70°C c) 3 torr; 0°C d) 218 atm; 374°C

Respuesta:



- a) Vapor
- b) Líquido
- c) Sólido
- d) Vapor

22) El CS<sub>2</sub> tiene una presión de vapor de 298mmHg a 20 °C. Se coloca en un matraz cerrado, a esta temperatura una muestra de 6g de CS<sub>2</sub>.

a) ¿Cuál es el volumen máximo del recipiente para poder tener equilibrio líquido-vapor en su interior?

b) Si el matraz tuviese un volumen de i) 3l ii) 7l

¿Cuál sería la presión del CS<sub>2</sub>? ¿Cuántas fases tendría el sistema? Explicar, Calcular la masa de CS<sub>2</sub> en cada fase

c) Ubicar en el hipotético diagrama de fases los puntos que representan al sistema de a) de b)i) y de b)ii)

Respuesta:

Masa atómica del CS<sub>2</sub> 76uma

a)

$$V = \frac{r.n.T}{P}$$

$$V = \frac{0,082_{atm.l/mol.K} \cdot 0,079_{mol} \cdot 293_k}{0,392_{atm}} = 4,842_l$$

Cuando el volumen del matraz es inferior a 4,842l existe un equilibrio entre líquido y vapor.

b)

i) con 3l (comparando con el punto a) el matraz tendría un equilibrio de fases.

Despreciando el volumen que ocupan los menos de 6g de agua en estado líquido los cálculos para las masas en cada fase son los siguientes:

Fase gaseosa:

$$n = \frac{0,392_{atm} \cdot 3_l}{0,082_{atm \cdot l / mol \cdot K} \cdot 293_K} = 0,049_{mol}$$

$$0,049_{mol} \cdot 76_{g/mol} = 3,724_g$$

Fase líquida:

$$6_g - 3,724_g = 2,276_g$$

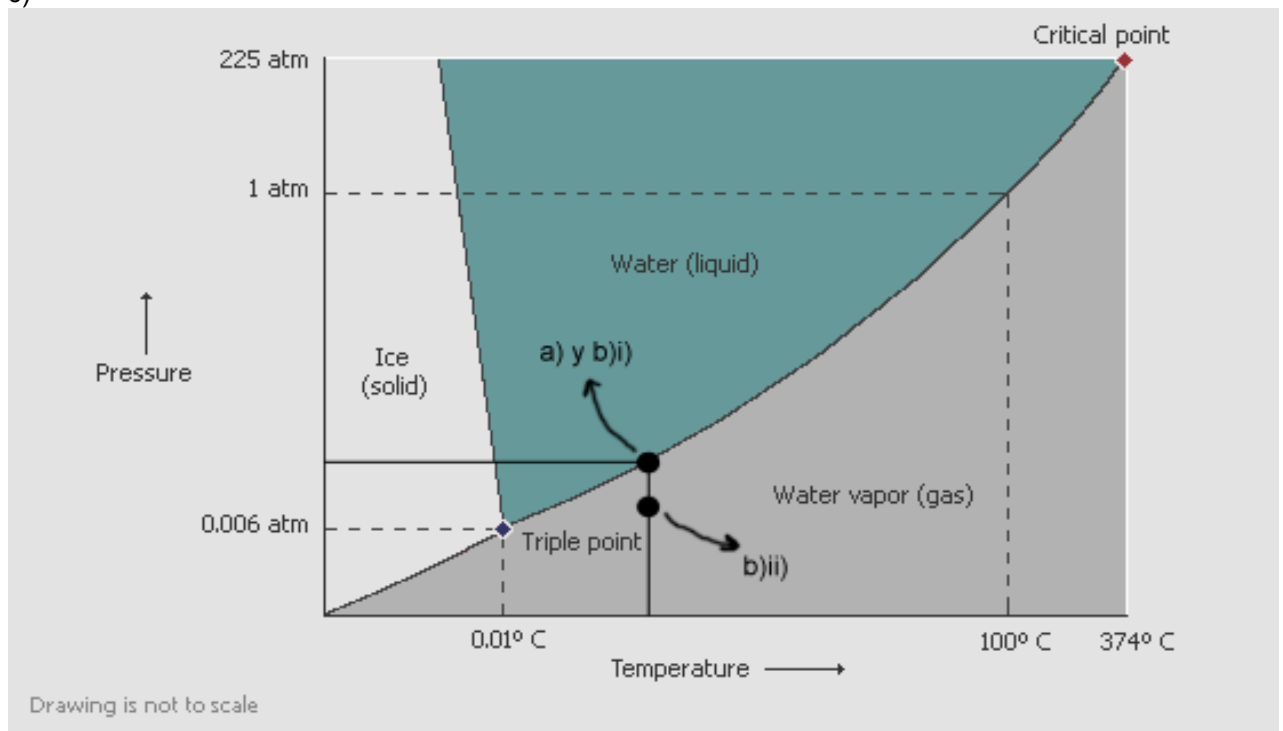
Hay 3,724g de agua en fase gaseosa y 2,276g en fase líquida.

ii)

Comparando con el punto a se puede ver que todo el agua pasará a estado gaseoso.

Habrán 6g en estado gaseoso y 0g en estado líquido

c)



### Sólidos:

1) Explicar los conceptos sólido, sólido cristalino, sólido amorfo, red cristalina, nodo y celda unitaria.

### Respuesta:

**Sólido:** Sustancia en estado de agregación tal que opone gran resistencia al cambio de forma y volumen. Baja energía cinética de las moléculas.

**Sólido cristalino:** Es un sólido donde las moléculas están altamente ordenadas formando estructuras geométricas.

**Sólido amorfo:** aglomerado de átomos formando un sólido sin un ordenamiento particular.

**Red cristalina:** Agrupación de celdas unitarias con forma geométrica formando una red invariante a las traslaciones. Es decir que la unión entre celdas se disponen de tal forma de formar una estructura periódica.

**Nodo:** Punto de la red espacial que coincide con el centro de una unidad elemental que compone a la red.

**Celda Unitaria:** Unidad elemental de la red cristalina. Esta unidad es la que se repite en todas las direcciones de un cristal.

4) Se dispone de una muestra de un sólido cristalino. Describir algunas experiencias sencillas que se podrían efectuar para ayudar a decidir si los enlaces son o no esencialmente covalente, iónicos, metálicos o de van der Waals.

Respuesta:

Para conocer el tipo de unión se pueden utilizar características como el punto de fusión y la conductividad eléctrica y térmica.

- Los sólidos con enlaces metálicos son buenos conductores de la electricidad.
- Las sustancias con enlaces iónicos son buenos conductores de electricidad cuando están en estado líquido (necesitan movilidad de materia) pero no son buenos conductores en estado sólido.
- Los cristales de enlaces covalentes y de fuerzas de van der Waals no son conductores.
- Los cristales covalentes tienen un mayor punto de fusión que los de Van der Waals.

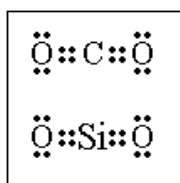
5) Los elementos carbono y silicio forman óxidos con fórmulas similares  $\text{CO}_2$  y  $\text{SiO}_2$ . El dióxido de carbono sólido sublima a  $-78,5^\circ\text{C}$  mientras que el dióxido de silicio funde aproximadamente a  $1700^\circ\text{C}$  y hierve a  $2200^\circ\text{C}$

- a) En base a esta gran diferencia de temperatura hasta llegar al estado de vapor, deducir los tipos de sólidos correspondientes y el carácter del enlace entre nodos.
- b) Representar ambas especies químicas mediante fórmulas de Lewis

Respuesta:

a) El enlace del dióxido de silicio es un enlace casi iónico mientras que la molécula de dióxido de carbono es mucho menos polar y la red que forman debe ser del tipo de Van der Waals.

b)



6) interpretar las siguientes propiedades de los metales:

02/2008

Química

Uriel Dubniewski



- a) alta conductividad eléctrica y la disminución de esta al aumentar la temperatura
- b) buena conductividad térmica
- c) plasticidad (maleabilidad y ductilidad ) mayor que la de los sólidos iónicos

Respuesta:

a) Esto se debe a que en la unión metálica los electrones son compartidos por toda la red de átomos. Hay una nube de electrones que tienen libertad de movimiento y a esto se debe la baja resistencia.

Cuando aumenta la temperatura también aumenta el caos o desorden dentro de la red metálica y esto disminuye la facilidad con que se mueven los electrones.

b) la estructura continua de los metales facilita el intercambio de energía cinética entre las moléculas. Esto se refleja a nivel macroscópico como una buena conducción térmica.

c)

7) Cuáles de los siguientes tipos de sólidos tienen los puntos de fusión mas bajos, justificar

a) aquellos que están compuestos por moléculas simétricas pequeñas

b) aquellos compuestos por iones positivos y negativos pequeños

c) aquellos compuestos por moléculas polares

d) aquellos en los cuales los átomos están ligados por enlaces covalentes formando una red

e) aquellos que están formados por iones positivos y electrones móviles

Respuesta:

Aquellos que están compuestos por moléculas simétricas pequeñas.

Las moléculas simétricas son no polares lo que implica una fuerza intermolecular muy baja y por ende puntos de fusión bajos.

8) Para cada una de las siguientes sustancias teniendo en cuenta la ubicación en la tabla periódica dar la fórmula mínima y la fórmula de Lewis: a) hidruro de magnesio; b) fluoruro de hidrógeno; c) sulfato(IV) de amonio d) dióxido de azufre e) dióxido de silicio f) nitrito cúprico.

Indicar para cada una de las anteriores a que tipo de sólido da lugar, fuerza de atracción entre nodos, propiedades del sólido.

Nota: los estados de agregación a 15°C de las sustancias, son respectivamente (s), (l),(s),(g),(s),(s).

a)

MgH<sub>2</sub>

Nombre	Fórmula mínima	Fórmula lewis	Tipo de sólido	Fuerza de atracción	Propiedades
hidruro de magnesio	MgH <sub>2</sub>	H:Mg:H		Van der Waals	

fluoruro de hidrógeno	HF	$\text{:}\ddot{\text{F}}\text{:H}$		Puente de Hidrogeno	
sulfato(IV) de amonio	$\text{SO}_3(\text{NH}_4)_2$	$\left[\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}\right]^+ \left[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\right]^{2-} \left[\text{H}:\ddot{\text{N}}:\text{H}\right]^+$		Enlace ionico	
dióxido de azufre	$\text{SO}_2$	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{S}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$		Van der Waals	
dióxido de silicio	$\text{SiO}_2$	$\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{Si}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}$		Van der Waals	
nitrito cúprico.	$\text{CuNO}_2$	$\left[\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\ddot{\text{N}}\text{:}\ddot{\text{O}}\text{:}\right]^- \text{Cu}^+$		Enlace ionico	

10) El sodio cristaliza en una red cúbica y la arista de la celda unitaria es de 4,3Å. La densidad del Sodio es 0,963 g/cm<sup>3</sup> y su peso atómico 23,0. ¿Cuántos átomos de Sodio están contenidos en una celda unitaria? ¿Que tipo de celda cúbica forma?

Respuesta:

$$\text{Volumen de una celda unitaria: } (4,3 \cdot 10^{-10} \text{ m})^3 = 79,5 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de una celda unitaria: } 0,963 \cdot 10^6 \frac{\text{g}}{\text{m}^3} \cdot 79,5 \cdot 10^{-30} \text{ m}^3 = 76,56 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

$$\text{Cantidad de moles en una celda unitaria: } \frac{76,56 \cdot 10^{-24} \text{ g}}{23,0 \text{ g}} = 3,32 \cdot 10^{-24}$$

$$\text{Cantidad de moléculas por celda: } 3,33 \cdot 10^{-24} \cdot 6,022 \cdot 10^{23} = 2$$

La celda contiene 2 moléculas, lo que implica que la celda cúbica es del tipo celda cúbica de cuerpo centrado.

11) El paladio se cristaliza en una red cúbica centrada en las caras. La densidad del paladio es 12g/cm<sup>3</sup> y su peso atómico es de 106¿Cuál es la longitud de la arista de la celda?

Respuesta:

Una red cúbica centrada en las caras contiene 4 átomos.

$$4 \text{ átomos equivale a } \frac{4}{6,022 \cdot 10^{23}} \text{ moles} = 0,664 \cdot 10^{-23} \text{ moles}$$

$$\text{El peso de la celda es } 0,664 \cdot 10^{-23} \text{ mol} \cdot 106 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 70,4 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

$$\text{El volumen de la celda } \frac{70,4 \cdot 10^{-23} \text{ g}}{12 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 5,86 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3$$

$$\text{Tamaño de la arista: } \sqrt[3]{5,86 \cdot 10^{-23} \text{ cm}^3} = 3,88 \text{ Å}$$

## Termodinámica Química. Termoquímica

1) Calcular la cantidad de calor que hay que entregarle a 1 kg de agua que se encuentra a 20°C para llevarla hasta una temperatura de 30°C, a presión de 1 atm. Compare con la cantidad de calor que hay que entregarle a 1kg de alcohol, petróleo, plomo.

	Agua(liquida)	alcohol	Petróleo	Plomo(sólido)
Calor especifico (kcal/kg.grado)	1	0,5	0,5	0,031

Respuesta:

Grados a aumentar: 30°C-20°C = 10°C

Agua: 10°C . 1 kcal/kg.grado . 1kg = 10kcal

Alcohol: 10°C . 0,5 kcal/kg.grado . 1kg = 5kcal

Petróleo: 10°C . 0,5 kcal/kg.grado . 1kg=5kcal

Plomo: 10°C . 0,031 kcal/kg.grado . 0,31kcal

2) Se extrae un cubo de hielo del freezer, a una temperatura de -18°C, sabiendo que la masa del cubo es de 30g y que la presión se mantiene constante e igual a 1 atm, calcular:

a) cantidad de calor que hay que entregarle al cubo de hielo para que llegue a la temperatura de fusión (0°C).

b) cantidad de calor que hay que entregarle al cubo que se encuentra a la temperatura de fusión para fundirlo totalmente.

c) Dibujar la curva de calentamiento en forma cualitativa.

d) calcular la cantidad de agua líquida a 80°C que se debe poner en contacto con el cubo de hielo para que todo el sistema quede en 10°C. Suponer que no hay pérdidas con el medio.

Datos:  $C_p\text{H}_2\text{O}(s) = 0,5 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$      $h_{\text{fusión}} = 79,5 \text{ cal/g}$      $C_p\text{H}_2\text{O}(l) = 1 \text{ cal/g} \cdot ^\circ\text{C}$

Respuesta:

a)

Variación de temperatura: 18°C

Cantidad de calor: 18°C . 0,5 cal/g.°C . 30g = 270cal

b)

Cantidad de calor: 30g . 79,5 cal/g = 2385cal

d)

Calor necesario para que el hielo alcance

10°C: 270cal + 2385cal + 10°C . 1 cal/g.°C . 30g = 2955cal

Cantidad de agua = X

Variación de temperatura 70°C

70°C . 1 cal/g.°C . X = 2955cal

$$X = \frac{2955 \text{ cal}}{70 \text{ C} \cdot 1 \text{ cal/g} \cdot \text{C}} = 42,2 \text{ g}$$

3)

Una pava contiene agua a 20°C y se la coloca sobre el mechero de gas encendido. Suponer que la potencia calorífica del mechero es constante y que durante toda la experiencia la presión es constante e igual a la normal. Se observa que el agua alcanza su temperatura de ebullición en 10 minutos y que 67,5 min después ha pasado totalmente al estado vapor, siendo la temperatura del vapor 100°C calcular el calor de vaporización del agua.

Respuesta:

Sabemos que el calor específico del agua líquida a 1 atm es de 1 cal/g.°C .

El cada gramo de agua aumento en 80°C su temperatura en 10min.

El calor entregado por el mechero a cada gramo de agua por minuto es

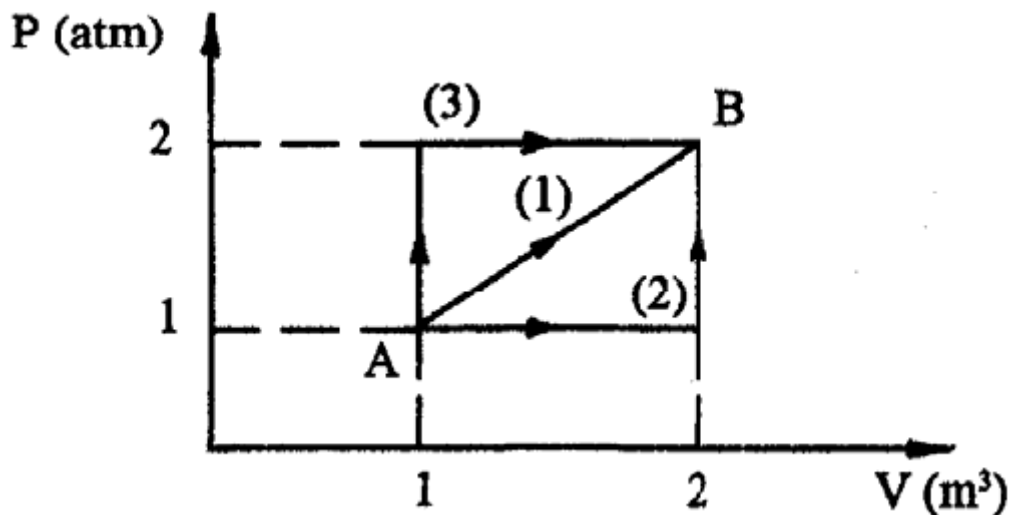
$$\frac{80_C \cdot 1_{cal/g.C}}{10_{min}} = 8_{cal/g.min}$$

El calor entregado a cada gramo en 67,5 min es  $67,5_{min} \cdot 8_{cal/g.min} = 540_{cal/g}$

El calor de vaporización es de 540cal/g

4) Un Kilogramo de N<sub>2</sub> se encuentra a 1atm de presión y ocupa 1m<sup>3</sup>. Evoluciona hasta alcanzar un volumen de 2 m<sup>3</sup> y una presión de 2atm. En el diagrama siguiente se muestran diferentes evoluciones entre estos dos estados del sistema. Calcular Q, W, ΔH y ΔU para cada una de las evoluciones.

Datos: Cv=20,92 J/mol.K Cp=29,29 J/mol.K



Respuesta:

Peso atómico del N<sub>2</sub> = 28

$$\text{Moles de N}_2 \text{ en un Kg} = \frac{1000_g}{28_{g/mol}} = 35,71_{mol}$$

Comenzamos por el camino 3.

En el primer tramo el volumen no varía por lo que W=0.

Utilizamos la formula de los gases ideales para calcular la variación de temperatura y luego la variación de calor.

$$T_0 = \frac{P.V}{n.R} = \frac{1_{atm} \cdot 1000_l}{0,082_{atm.l/mol.K} \cdot 35,71_{mol}} = 341,5_K$$

$$T_1 = \frac{2_{atm} \cdot 1000_l}{0,082_{atm.l/mol.K} \cdot 35,71_{mol}} = 683_K$$

$$\Delta T = T_1 - T_0 = 683_K - 341,5_K = 341,5_K$$

$$Q = \Delta T \cdot C_e \cdot n = 341,5_K \cdot 20,92_{j/mol.K} \cdot 35,71_{mol} = 255,12_{kj}$$

$$\Delta U = Q - W = 255,12_{kj}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta P \cdot V + P \cdot \Delta V = 255,12_{kj} + 1_{atm} \cdot 1000_l = 255,12_{kj} + 101_{kj} = 356,12_{kj}$$

En el segundo tramo la presión es constante y el volumen varia.

$$W = P \cdot \Delta V = 2_{atm} \cdot 1000_l = 2000_{atm.l} = 2,02 \cdot 10^5_j$$

$$T_2 = \frac{2_{atm} \cdot 2000_l}{0,082_{atm.l/mol.K} \cdot 35,71_{mol}} = 683_K = 1366_K$$

$$\Delta T = T_2 - T_1 = 1366_K - 683_K = 683_K$$

$$Q = \Delta T \cdot C_p \cdot n = 683_K \cdot 29,29_{j/mol.K} \cdot 35,71_{mol} = 714,38_{kj}$$

$$\Delta U = Q - W = 714,38_{kj} - 202_{kj} = 512,38_{kj}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta P \cdot V + P \cdot \Delta V = Q - W + 0 - W = Q = 714,38_{kj}$$

Calculamos el total para el camino 3

$$W = 2,02 \cdot 10^5_j$$

$$Q = 255,12_{kj} + 714,38_{kj} = 969,5_{kj}$$

$$\Delta U = 255,12_{kj} + 512,38_{kj} = 767,5_{kj}$$

$$\Delta H = 356,12_{kj} + 714,38_{kj} = 1070,5_{kj}$$

Hacemos los cálculos para el camino 2

En el primer tramo la presión es constante y el volumen varia.

$$W = P \cdot \Delta V = 1_{atm} \cdot 1000L = 1000_{atm.l} = 1,01 \cdot 10^5_j$$

$$T_0 = 341,5_K$$

$$T_3 = \frac{1_{atm} \cdot 2000_l}{0,082_{atm.l/mol.K} \cdot 35,71_{mol}} = 683_K$$

$$\Delta T = T_3 - T_0 = 683_K - 341,5_K = 341,5_K$$

$$Q = \Delta T \cdot C_p \cdot n = 341,5_K \cdot 29,29_{j/mol.K} \cdot 35,71_{mol} = 357,19_{kj}$$

$$\Delta U = Q - W = 357,19_{kj} - 101_{kj} = 256,19_{kj}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta P \cdot V + P \cdot \Delta V = Q - W + 0 - W = Q = 357,19_{kj}$$

En el segundo tramo el volumen es constante y la presión varía (mantenemos la nomenclatura que corresponde a cada temperatura)

$$T_3 = 683_k$$

$$T_2 = 1366_k$$

$$\Delta T = T_2 - T_3 = 683_k$$

$$Q = \Delta T \cdot C_{e.n} = 683_k \cdot 20,92_{j/mol.K} \cdot 35,71_{mol} = 510,24_{kj}$$

$$W=0$$

$$\Delta U = Q - W = 510,24_{kj}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta P \cdot V + P \cdot \Delta V = 510,24_{kj} + 1\text{atm} \cdot 2000\text{l} = 510,24_{kj} + 202_{kj} = 712,24_{kj}$$

Calculamos la variación los valores totales para el tramo 2

$$W=101_{kj}$$

$$Q=357,19_{kj} + 476,62_{kj} = 833,81_{kj}$$

$$\Delta U = 256,19_{kj} + 510,24_{kj} = 766,43_{kj}$$

$$\Delta H = 357,19_{kj} + 712,24_{kj} = 1069,43_{kj}$$

Teniendo en cuenta el error de redondeo, este ejemplo muestra como tanto U y H son funciones de estado y no dependen de cómo se llega al mismo.

Ahora vamos a hacer los cálculos para la curva 1.

Sabemos que  $W = P \cdot \Delta V$

Pero en este caso P no es constante. Así que debemos buscar otra forma para calcularlo. Sabemos que el trabajo realizado es igual al área bajo la curva del gráfico de Presión y Temperatura (Ver concepto de integral para comprender mejor esto).

(ver gráfico para deducir la fórmula)

$$W = 1\text{atm} \cdot 1000\text{L} + 1\text{atm} \cdot 1000\text{L} / 2 = 1500\text{atm.l} = 151,5_{kj}$$

Sabiendo que U es función de estado:

$$\Delta U = Q - W$$

$$Q = \Delta U + W = 767,5_{kj} + 151,5_{kj} = 919_{kj}$$

Entonces:

$$W = 151,5_{kj}$$

$$Q = 919_{kj}$$

H y U son las mismas que en las otras curvas.

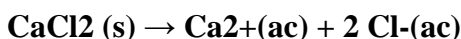
5) Decir cuáles de las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Fundamentar.

- La entalpía del sistema disminuye si en él ocurre una reacción química exotérmica a presión constante.
- El  $\Delta H$  de reacción tiene signo menos para las reacciones endotérmicas.
- La entalpía de los productos es mayor que la de los reactivos en las reacciones exotérmicas.
- Toda reacción exotérmica libera calor.

Respuesta:

- a) VERDADERO. Si el calor liberado en la reacción se va del sistema, la entalpía disminuirá tanto como el calor perdido.
- b) FALSO. Una reacción endotérmica absorbe calor y por eso el valor de  $\Delta H$  es positivo.
- c) FALSO. En una reacción exotérmica el  $\Delta H$  es negativo, lo que indica que la entalpía de los productos es menor que la de los reactivos.
- d) VERDADERO. Es la definición de una reacción exotérmica.

6) Al disolver cloruro de calcio en agua, se observa que la temperatura de todo el sistema se eleva. La reacción que tiene lugar es:



¿Cómo será el  $\Delta H$  de esta reacción, negativo o positivo?. ¿La reacción es exotérmica o endotérmica?

Respuesta:

Si Aumenta la temperatura significa que la reacción es exotérmica y el  $\Delta H$  por lo tanto será negativo.

7) Observe la siguiente ecuación termoquímica y responda las preguntas fundamentando su respuesta.



- a) ¿Cómo es la reacción exo o endotérmica?. ¿La entalpía de los productos es mayor o menor que la entalpía de los reactivos?
- b) Calcule la cantidad de calor intercambiada con el medio indicando si es calor absorbido por el sistema o cedido por el sistema al medio, cuando se forman 10 g de bromuro de hierro (II), en las condiciones correspondientes a la ecuación termoquímica.

Respuesta:

a) La reacción es exotérmica. Se deduce del  $\Delta H$  negativo.

b) Sabemos que la formación de un mol de bromuro de hierro (II) libera 249,8Kj .  
El peso atómico del  $\text{FeBr}_2$  es de 216

$$\frac{10 \text{ g}}{216 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,0463_{\text{mol}}$$

$$249,8 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \cdot 0,0463_{\text{mol}} = 11,565_{\text{kJ}}$$

La cantidad de calor cedida es de 11,565kj

8) El magnesio metálico reacciona con el dióxido de carbono gaseoso, dando como productos carbono sólido y óxido de magnesio sólido y liberando 16,7 kJ por gramo de Mg metálico que reacciona.

a) Escriba la ecuación termoquímica correspondiente a dicha reacción.

b) Calcule el  $\Delta H$  cuando reaccionan 2 moles de Mg.

c) Calcule la cantidad de calor que se desprende por cada gramo de productos.

Respuesta:

a)  $2\text{Mg(s)} + \text{CO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{C(s)} + 2\text{MgO} \Delta H = -16,7\text{kJ por gramo de Mg}$

b)

Peso atómico del Mg = 24,3

$$2_{\text{mol}} \cdot 24,3 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 48,6 \text{g}$$

$$48,6 \text{g} \cdot 16,7 \frac{\text{kJ}}{\text{g}} = 811,62 \text{kJ}$$

Al reaccionar 2 moles de Mg se libera 811,62kJ

c)

peso molar del C = 12

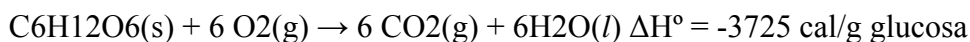
peso molar del MgO = 40,3

al reaccionar 2 moles de Mg reaccionan se generan 1 mol de C y 2 moles de MgO cuyo peso es  $12\text{g} + 2 \cdot 40,3\text{g} = 92,6\text{g}$

Sabemos que para generar 92,6g de productos se libera 811,62kJ

$$\text{Por ende para un gramo se liberara } \frac{811,62 \text{kJ}}{92,6 \text{g}} = 8,76 \frac{\text{kJ}}{\text{g}}$$

9) El metabolismo de los alimentos es la fuente habitual de energía que se necesita para realizar el trabajo de mantener los sistemas biológicos. La oxidación completa del azúcar *glucosa* se puede representar con la siguiente ecuación termoquímica:



Después de ingerir 1/2 kg de helado de base acuosa que se encuentra a 0°C ¿Cuántos gramos de glucosa se deben oxidar, en el organismo, para igualar la temperatura al valor corporal de 37 °C?

Datos:  $h_{\text{fusión}} = 79,5 \text{ cal/g}$   $C_{\text{pH}_2\text{O}(\text{l})} = 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$   $1 \text{ cal} = 4,18 \text{ J}$

Respuesta:

Primero calculamos la energía necesaria para calentar el helado:

$$500 \text{g} \cdot 79,5 \frac{\text{cal}}{\text{g}} = 39750 \text{cal} \quad \leftarrow \text{Energía para lograr la fusión}$$

$$500 \text{g} \cdot 37 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g} \cdot ^\circ\text{C}} = 18500 \text{cal} \quad \leftarrow \text{Energía necesaria para calentar el agua a } 37^\circ\text{C}$$

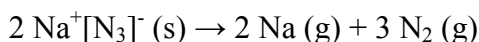


Energía total : 58,25kj

$$\frac{58,25_{\text{kJ}}}{3,725_{\text{cal/g}}} = 15,64_{\text{g}}$$

15,64g de glucosa son necesarios quemar para calentar el helado.

10) El nitrógeno que se emplea para inflar el airbag de un automóvil proviene de la reacción de la azida sódica:



El airbag del conductor suele contener 95 g de azida sódica.

- a) Cuál será, a 25 °C, el volumen del airbag que puede inflar este nitrógeno?  
b) Qué trabajo realiza el nitrógeno para inflar el airbag?

Respuesta:

a)

Peso atómico de la azida sódica : 65

$$\frac{95_{\text{g}}}{65_{\text{g/mol}}} = 1,46_{\text{mol}} \leftarrow \text{moles de azida sódica en 95g}$$

Cantidad de moles de nitrógeno por cada mol de azida sódica:  $3/2 = 1,5$

Cantidad de moles de nitrógeno producido con 95g de azida sódica:  $1,5 \cdot 1,46\text{mol} = 2,19\text{mol}$

Ahora utilizamos la ecuación de los gases ideales para ver que volumen ocupan 2,19 moles suponiendo una presión atmosférica normal de 1atm.

$$V = \frac{0,082_{\text{atm.l/mol.K}} \cdot 2,19_{\text{mol}} \cdot 298_{\text{K}}}{1_{\text{atm}}} = 53,515_{\text{l}}$$

b)

Suponemos la presión constante e igual a 1atm

$$W = P \cdot \Delta V = 1\text{atm} \cdot 53,515\text{L} = 53,515 \text{ atm.l} = 5,405\text{kJ}$$

11) Calcular el cambio de entalpía estándar para la combustión completa de 1 mol de etanol (l).

El calor estándar de reacción es la suma de los calores estándar de formación de los productos menos la suma de los calores estándar de formación de los reactivos:

$$\Delta H_{\text{Reacción}} = \sum n_j \cdot \Delta H_{\text{of}}^j (\text{productos}) - \sum m_i \cdot \Delta H_{\text{of}}^i (\text{reactivos})$$

02/2008  
Química

Uriel Dubniewski

siendo  $n_j$  y  $m_i$  los coeficientes estequiométricos de la reacción.

Datos:

$\Delta H_0$

$f, C_2H_5OH(l) = -277,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\Delta H_0$

$f, CO_2(g) = -393,5 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

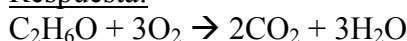
$\Delta H_0$

$f, H_2O(l) = -287,1 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

$\Delta H_0$

$f, O_2(g) = 0 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$

Respuesta:



$$\Delta H = 2 \cdot (-393,5 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) + 3 \cdot (-287,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) - (-277,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}) = -1370,6 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}$$

12) Dada la síntesis del  $A_3B_2(s)$  a partir de  $A_2(g)$  y  $B_2(g)$ :

a) Escribir la ecuación termoquímica de la reacción ( $K_{eq} \rightarrow \infty$ ).

b) Se colocan en un recipiente, a presión y temperatura constantes de 1 atm y 200°C respectivamente,

12 mol de  $A_2$  y 12 mol de  $B_2$  hasta verificarse reacción completa. Calcular  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $Q$  y  $W$  para la

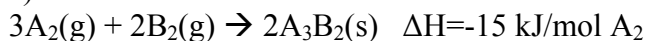
evolución (despreciar el volumen del sólido).

c) Calcular  $\Delta U$ ,  $\Delta H$ ,  $Q$  y  $W$ , para la evolución, en condiciones estándar.

Dato:  $\Delta H = -15 \text{ kJ/mol } A_2$  aproximadamente constante para el intervalo de temperatura considerado.

Respuesta:

a)



b)

Primero calculamos el volumen inicial utilizando la ecuación de los gases:

Como es un proceso a presión constante  $Q = \Delta H$ .

$$\Delta H = 12 \text{ mol} \cdot -15 \text{ kJ/mol} = -180 \text{ kJ}$$

Ahora calculamos el volumen inicial para calcular  $W$

$$V_0 = \frac{0,082 \frac{\text{atm}\cdot\text{l}}{\text{mol}\cdot\text{K}} \cdot 24 \text{ mol} \cdot 473 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 930,864 \text{ l}$$

Como  $B_2$  es reactivo limitante y despreciamos el volumen del sólido, calculamos el volumen final.

$$\text{Moles de } B_2 \text{ sobrantes} = 12 \text{ mol} - \left(12 \text{ mol} \cdot \frac{2}{3}\right) = 4 \text{ mol}$$

$$V_f = \frac{0,082_{\text{atm.l/mol.K}} \cdot 4_{\text{mol}} \cdot 473_{\text{K}}}{1_{\text{atm}}} = 155,144_l$$

$$V_f - V_0 = -775,72_l$$

$$\Delta V = -775,72 \text{ L}$$

$$W = P \cdot \Delta V = 1 \text{ atm} \cdot -775,72 \text{ L} = -775,72 \text{ l.atm} = -78,35 \text{ KJ}$$

$$\Delta U = Q - W = -180 \text{ kJ} - (-78,35 \text{ KJ}) = -101,65 \text{ kJ}$$

Resumiendo

$$Q = \Delta H = -180 \text{ kJ}$$

$$\Delta U = -101,65 \text{ kJ}$$

$$W = -78,35 \text{ KJ}$$

c)

Realizamos las cuentas nuevamente para condiciones CNPT

$$V_0 = \frac{0,082_{\text{atm.l/mol.K}} \cdot 24_{\text{mol}} \cdot 273_{\text{K}}}{1_{\text{atm}}} = 537,264_l$$

$$V_f = \frac{0,082_{\text{atm.l/mol.K}} \cdot 4_{\text{mol}} \cdot 273_{\text{K}}}{1_{\text{atm}}} = 89,544_l$$

$$V_f - V_0 = -447,72_l$$

$$W = P \cdot \Delta V = 1 \text{ atm} \cdot -447,72 \text{ L} = -447,72 \text{ l.atm} = -45,22 \text{ KJ}$$

$$\Delta U = Q - W = -180 \text{ kJ} - (-45,22 \text{ KJ}) = -134,38 \text{ kJ}$$

$$Q = \Delta H = -180 \text{ kJ}$$

13)

a) En un cilindro cerrado con un pistón móvil, se colocan 320 g de oxígeno que evolucionan a presión de oposición constante de 5 atm, desde 25 a 200°C. Calcular Q, W, ΔH y ΔU para el sistema.

b) Partiendo del mismo estado inicial calcular para la evolución a volumen constante, entre 25 y 200°C,

Q, W, ΔH y ΔU.

c) Dibujar las evoluciones de a) y b) en un diagrama presión vs. volumen y sobre el mismo las isotermas de 25 y 200°C.

Datos:

$$C_{\text{poxígeno}} = 7,11 \text{ cal/mol.grado}$$

$$C_p - C_v = R = 1,99 \text{ cal/mol.grado}$$

Respuesta

a)

320g de oxígeno equivalen a 10moles

02/2008

Química

Uriel Dubniewski

$$Q = \Delta T \cdot C_p \cdot n = 175_C \cdot 7,11_{\text{cal/mol}\cdot\text{C}} \cdot 10_{\text{mol}} = 12,44_{\text{Kcal}} = 52,12_{\text{KJ}}$$

$$\Delta H = Q = 52,12 \text{Kj} \text{ (proceso a presión constante)}$$

$$V_0 = \frac{0,082_{\text{atm}\cdot\text{l/mol}\cdot\text{K}} \cdot 10_{\text{mol}} \cdot 298_{\text{K}}}{5_{\text{atm}}} = 48,872_{\text{l}}$$

$$V_f = \frac{0,082_{\text{atm}\cdot\text{l/mol}\cdot\text{K}} \cdot 10_{\text{mol}} \cdot 473_{\text{K}}}{5_{\text{atm}}} = 77,572_{\text{l}}$$

$$V_f - V_0 = 28,7_{\text{l}}$$

$$W = 28,7\text{L} \cdot 5\text{atm} = 143,5 \text{l}\cdot\text{atm} = 14,5\text{Kj}$$

$$\Delta U = Q - W = 52,12 \text{Kj} - 14,5\text{Kj} = 37,62\text{Kj}$$

b)

volumen constante:

$$W = 0$$

$$C_v = 7,11 \text{cal/mol}\cdot\text{grado} - 1,99 \text{cal/mol}\cdot\text{grado} = 5,12 \text{cal/mol}\cdot\text{grado}$$

$$Q = \Delta T \cdot C_v \cdot n = 175_C \cdot 5,12_{\text{cal/mol}\cdot\text{C}} \cdot 10_{\text{mol}} = 8,96_{\text{Kcal}} = 37,5_{\text{KJ}}$$

$$\Delta U = 37,5\text{Kj}$$

$$P_0 = 5_{\text{l}}$$

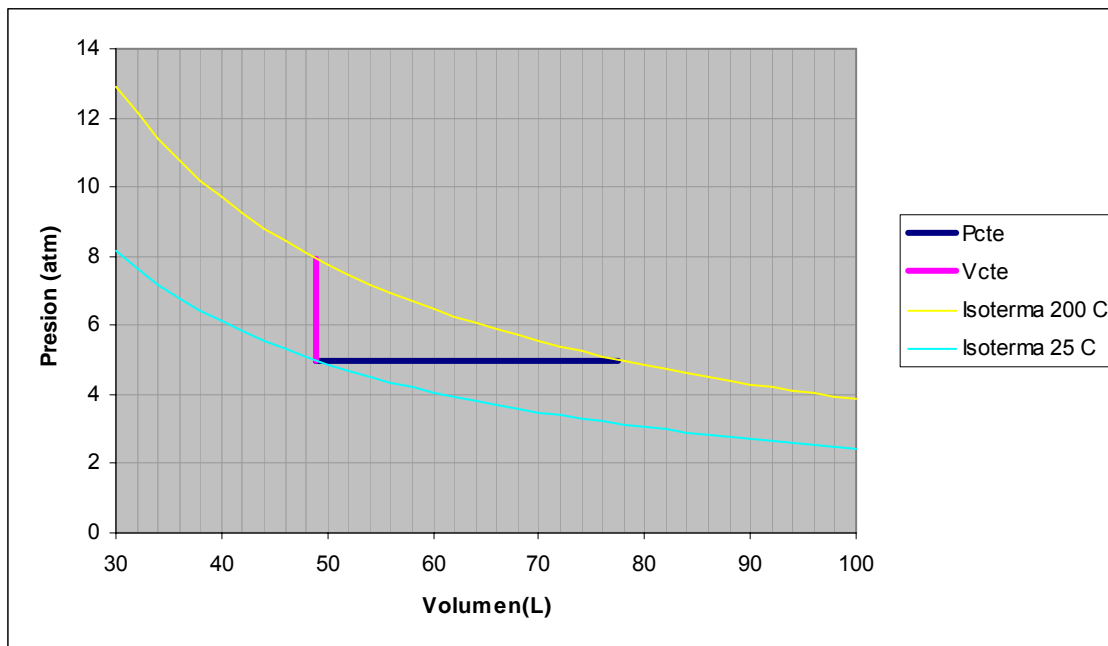
$$P_f = \frac{0,082_{\text{atm}\cdot\text{l/mol}\cdot\text{K}} \cdot 10_{\text{mol}} \cdot 473_{\text{K}}}{48,872_{\text{l}}} = 7,94_{\text{atm}}$$

$$P_f - P_0 = 2,94_{\text{atm}}$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(P \cdot V) \rightarrow \text{volumen constante} \rightarrow = \Delta U + \Delta P \cdot V = 37,5\text{Kj} + 2,94\text{atm} \cdot 48,872\text{L}$$

$$\Delta H = 37,5\text{Kj} + 143,7 \text{l}\cdot\text{atm} = 35,5\text{Kj} + 14,5 \text{Kj} = 52\text{Kj}$$

c)



14)

a) Se tiene un mol de agua en estado gaseoso a 110°C y 1 atm de presión y se la lleva a 25°C y 1 atm. Calcular W, Q, ΔU y ΔH. b) Indicar la transformación en el diagrama de fases.

Datos:

$C_p, H_2O(g) = 0,17 \text{ cal/g.grado}$

$C_p, H_2O(l) = 1 \text{ cal/g.grado}$

a)

$$V_0 = \frac{0,082 \frac{\text{atm.l}}{\text{mol.K}} \cdot 1 \text{ mol} \cdot 383 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 31,4 \text{ l}$$

$$V_f = 0$$

$$V_f - V_0 = -31,4 \text{ l}$$

$$W = 1 \text{ atm} \cdot -6,96 \text{ L} = -6,96 \text{ l.atm} = -3,17 \text{ KJ}$$

$$Q_1 = \Delta T \cdot C_p \text{ gas} \cdot n = -10 \text{ C} \cdot 0,17 \frac{\text{cal}}{\text{g.C}} \cdot 18 \text{ g} = -30,6 \text{ cal} = -128,214 \text{ J}$$

$$Q_2 = \Delta T \cdot C_p \text{ liquido} \cdot n = -75 \text{ C} \cdot 1 \frac{\text{cal}}{\text{g.C}} \cdot 18 \text{ g} = -1350 \text{ cal} = -5656,5 \text{ J}$$

Hay que tener en cuenta el calor necesario para el cambio de fase.

El calor de condensación del agua es de  $-2,257 \text{ KJ/g}$

$$Q_3 = -2,257 \frac{\text{KJ}}{\text{g}} \cdot 18 \text{ g} = -40,626 \text{ KJ}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = -46,5 \text{ KJ}$$

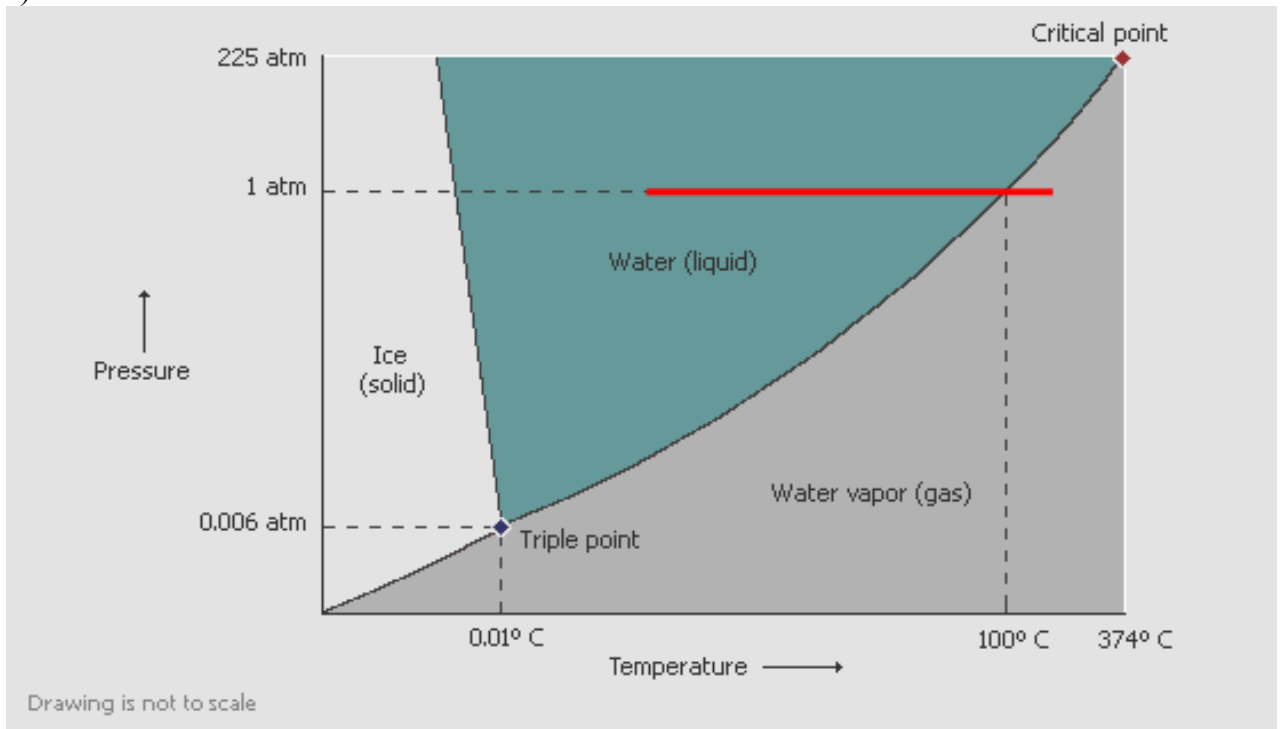
$\Delta H = Q \leftarrow$  por presión constante

02/2008

Química

$$\Delta U = Q - W = -46,5 \text{ KJ} - (-3,17 \text{ KJ}) = -43,33 \text{ KJ}$$

c)



15) Una caldera para generación de vapor se alimenta con 200 kg de fuel oil por día. Considerar al eicosano ( $C_{20}H_{42}$ ) como hidrocarburo representativo del combustible.

- a) ¿Cuál es el caudal de aire requerido para dicha combustión en  $m^3$  CNPT/h? (Considerar que se introduce un exceso de aire respecto de los valores estequiométricos, del 23% en volumen, a fin de asegurar una buena combustión).
- b) ¿Cuál es el calor utilizable si las pérdidas por radiación son de 5%, y con los gases de chimenea se pierde un 3%?

c) ¿Cuál es la máxima producción de vapor de agua a 100 °C y 1 atm en kg/h?

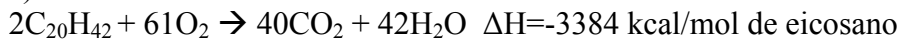
Considerar que el agua

entra a la caldera a la temperatura de 90 °C.

Datos:  $C_{p\text{agua líquida}} = 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$ ;  $\Delta H_{\text{vap. agua}} = 9,73 \text{ kcal/mol}$ ;  $\Delta H_{\text{comb. eicosano}} = -3384 \text{ kcal/mol}$

Respuesta:

a)



Masa atómica del eicosano: 282

$$200 \text{ kg} / 283 \text{ g/mol} = 709,2 \text{ mol}$$

Por cada mol de eicosano se consumen 30,5 mol de oxígeno. Para los 709,2 mol:

$$709,2 \text{ mol} \cdot 30,5 = 21630,6 \text{ mol}$$

Sabemos que del aire solo el 21% es oxígeno por lo tanto la cantidad de aire necesario para combustionar sera:

$$21630,6 \text{ mol} / 21 \cdot 100 = 103003 \text{ mol}$$

Por otro lado nos dice que utiliza un exceso del 23% entonces

$$103003 \text{ mol} / 100 \cdot 123 = 126693,5 \text{ mol}$$

Queremos saber la cantidad usada por hora por lo que dividimos por 24hs

$$126693,5 \text{ mol} / 24 \text{ h} = 52789 \text{ mol/h}$$

Ahora utilizamos la ecuación de los gases para calcular el volumen:

$$V_0 = \frac{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 52789 \text{ mol} \cdot 273 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 1181734,554 \text{ l} = 118,17 \text{ m}^3$$

Se utilizan  $118,17 \text{ m}^3 \cdot \text{CNPT/h}$

b)

La cantidad de calor producida en un día es

$$709,2 \text{ mol} \cdot 3384 \text{ kcal/mol} = 2399932,8 \text{ Kcal}$$

$$\text{En una hora seran } 2399932,8 \text{ Kcal} / 24 \text{ hs} = 99997,2 \text{ Kcal/h}$$

Si el 8% se pierde el calor utilizable sera:

$$99997,2 \text{ Kcal/h} / 100 \cdot 92 = 91997,424 \text{ Kcal/h.}$$

c)

$$9,73 \text{ kcal/mol de agua} = 540,5 \text{ Kcal/Kg}$$

X= cantidad de agua vaporizada

$$91997,424 \text{ Kcal/h} = X \cdot 1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot 10^\circ\text{C} + X \cdot 540,5 \text{ Kcal/Kg}$$

$$X = \frac{91997,424 \text{ Kcal/h}}{1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} \cdot 10^\circ\text{C} + 540,5 \text{ Kcal/Kg}} = 167,12 \text{ Kg/h}$$

16) Un horno para obtención de cal procesa 100 kg/día de piedra caliza, con una pureza de 82% m/m en carbonato de calcio.

a) ¿Cuál es la producción de cal viva en kg/día?

b) ¿Cuál es el consumo mensual de combustible, expresado en kilogramos, para el proceso si debe preverse una pérdida de calor del 15%?

Considerar al combustible como  $\text{C}_{18}\text{H}_{38}$   $\Delta H_{\text{comb}} = -3200 \text{ kcal/mol}$ .

02/2008

Química

Uriel Dubniewski

Ecuación termoquímica de la calcinación:  $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \Delta H_{\text{reac.}} = 43,75 \text{ kcal/mol}$

Respuesta:

a)

$$100\text{kg/día} / 100 \cdot 82 = 82\text{kg/día de CaCO}_3$$

Por cada mol de Carbonato de calcio se obtiene un mol de CaO (cal viva)

Masa molar del carbonato de calcio: 100

Moles de  $\text{CaCO}_3$  en 82Kg = 820moles

Masa molar de CaO: 56

$$820\text{moles} \cdot 56\text{g/mol} = 45920\text{g} = 46\text{kg}$$

b)

Calculamos el consumo diario de energía:

$$43,75 \text{ kcal/mol} \cdot 820\text{moles} = 35875\text{Kcal}$$

Como hay pérdidas del 15%

$$35875\text{Kcal} / 85 \cdot 100 = 42206\text{Kcal}$$

En un mes:

$$42206\text{Kcal/día} \cdot 30\text{días} = 1266180\text{Kcal/mes}$$

Cantidad de moles de combustible necesarios:

$$\frac{1266180_{\text{Kcal/mes}}}{3200_{\text{kcal/mol}}} = 395,7_{\text{mol/mes}}$$

Masa molar del  $\text{C}_{18}\text{H}_{38} = 254$

$$395,7\text{mol/mes} \cdot 254\text{g/mol} = 100,5\text{Kg}$$

## Soluciones

1) Para reacciones de neutralización calcular:

a) la masa de un equivalente gramo de cada uno de los siguientes compuestos y

b) que número de equivalentes gramo contiene 1 kg de estas sustancias:

1- ácido ortofosfórico

2- hidróxido de bario

3- sulfato férrico

Respuesta:

1- Masa atómica del ácido ortofosfórico: 98

02/2008

Química

Uriel Dubniewski



- a) Tiene tres hidrógenos por lo tanto la masa de un equivalente gramo es:  $98\text{g}/3 = 32,67\text{g}$   
 b)  $1000\text{g} / 32,67\text{g} = 30,61\text{eq}$

2- Masa atómica del hidróxido de bario: 171

- a) Tiene dos hidróxidos por lo tanto la masa de un equivalente gramo es:  $171\text{g}/2 = 85,5\text{g}$   
 b)  $1000\text{g} / 85,5\text{g} = 11,7\text{eq}$

3- Masa atómica del sulfato férrico: 400

- c) El Fe(III) tiene 3 equivalentes gramo y hay dos en el sulfato ferrico por lo tanto:  
 $400\text{g}/6 = 66,7\text{g}$   
 d)  $1000\text{g} / 66,7\text{g} = 15\text{eq}$

2) Calcular cuantos equivalentes gramo, cuántos moles y cuántos gramos de soluto están disueltos en:

- a) 2 l de una solución 0,2 N de sulfato de cúprico  
 b) 2 l de una solución 0,2 N de ácido ortofosfórico.

Respuesta:

- a)  
 $2\text{L} \cdot 0,2\text{N} = 0,4\text{eq}$  de sulfato cúprico

Peso atómico del  $\text{CuSO}_4$  : 159,5

$$\text{Moles de sulfato cúprico: } \frac{0,4_{\text{eq}}}{2_{\text{eq/mol}}} = 0,2_{\text{mol}}$$

$$0,2\text{mol} \cdot 159,5\text{g/mol} = 31,9\text{g}$$

- b)  
 $2\text{L} \cdot 0,2\text{N} = 0,4\text{eq}$  de ácido ortofosforico

Peso atómico del ácido ortofosforico : 98

$$\text{Moles de ácido ortofosforico: } \frac{0,4_{\text{eq}}}{3_{\text{eq/mol}}} = 0,133_{\text{mol}}$$

$$0,133\text{mol} \cdot 98\text{g/mol} = 13,34\text{g}$$

3) a) Cuántos equivalentes gramo de soluto están disueltos en:

- 1 l de solución 0,5 M de ácido clorhídrico
- 1 l de solución 0,5 M de ácido sulfúrico
- 1 l de solución 0,5 M de ácido ortofosfórico.

b) Explicar el porque de la relación entre los valores obtenidos.

Respuesta:

- a-b)  
 - 1 . 0,5=0,5 eq de HCL (tiene un solo H por lo tanto tiene 1eq/mol)

- 2 . 0,5=1 eq de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (tiene 2 H)
- 3. 0,5 =1,5 eq de H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (tiene 3 H)

4) Calcular que masa de soluto se halla en cada una de las siguientes soluciones:

- a) 300 cm<sup>3</sup> de solución 2 M de ácido nítrico
- b) 500 cm<sup>3</sup> de solución 0,5 N de ácido ortofosfórico.

Respuesta:

a)

masa atómica del HNO<sub>3</sub>: 63

$$2M \cdot 0,3L = 0,6mol$$

$$0,6mol \cdot 63g/mol = 37,8g$$

b)

masa atómica del H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>: 98

$$0,5N \cdot 0,5L = 0,25eq$$

$$\frac{0,25_{eq}}{3_{eq/mol}} \cdot 98_{g/mol} = 8,17g$$

5) Calcular:

- a) la normalidad de una solución de ácido sulfúrico al 20% en masa ( $\delta = 1,14 \text{ g/cm}^3$ )
- b) que masa de solución de ácido sulfúrico al 40% en masa se necesita para preparar 200 cm<sup>3</sup> de solución 3 N de dicho ácido.

Respuesta:

a)

$$\text{Masa de H}_2\text{SO}_4 \text{ por litro: } 1,14\text{kg/L} \cdot 20/100 = 0,228 \text{ kg/L}$$

Masa atómica H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>: 98

$$228g/L / 98g/mol = 2,33mol/L$$

$$2,33mol/L \cdot 2eq/mol = 4,66N$$

b)

$$3N / 2eq/mol = 1,5M$$

$$1,5M \cdot 0,2L = 0,3mol$$

$$0,3mol \cdot 98g/mol = 29,4g$$

$$29,4g / 40 \cdot 100 = 73,5g$$

6) Un matraz contiene 200 cm<sup>3</sup> de una solución de ácido sulfúrico cuya composición es 40 g de soluto/100 g de solución y cuya densidad es de 1,3 g/ cm<sup>3</sup>. Calcular:

- a) número de equivalentes gramo de ácido sulfúrico que contiene el matraz
- b) qué volumen de solución 2 N de ácido puede obtenerse diluyendo dicha solución con agua
- c) qué volumen de solución 5 N de hidróxido de sodio se necesitaría para neutralizar totalmente la solución original. Para neutralizar en forma similar la solución del punto b) el volumen de solución 5 N de hidróxido de sodio será igual o distinto? Explique porqué sin efectuar el cálculo.

02/2008

Química

Uriel Dubniewski

Respuesta:

a)

$$\text{gramos de solución} : 200\text{cm}^3 \cdot 1,3\text{g/cm}^3 = 260\text{g}$$

$$\text{cantidad de ácido sulfúrico: } 153,8\text{g} \cdot 40 / 100 = 104\text{g}$$

Masa atómica del ácido sulfúrico: 98

$$104\text{g} / 98\text{g/mol} = 1,061\text{mol}$$

$$1,061\text{mol} \cdot 2\text{eq/mol} = 2,124\text{eq}$$

b)

Calculamos los gramos q deberían haber en 0,2L para tener concentración 2N.

$$2\text{N} / 2\text{eq/mol} = 1\text{M} = 98\text{g/L}$$

$$98\text{g/L} \cdot 0,2\text{L} = 19,6\text{g}$$

$$0,2\text{L} \cdot 104\text{g} / 19,6\text{g} = 1,061\text{L}$$

c)

La cantidad de sustancia neutralizadora depende de la cantidad de sustancia a neutralizar (la cantidad de ácido o base) pero no depende de la cantidad de agua.

X=cantidad de hidróxido de sodio.

$$X = \frac{2\text{N} \cdot 1,061\text{l}}{5\text{N}} = 0,424\text{l}$$

7) Calcular el volumen de solución básica 0,3 N que se necesita para neutralizar totalmente el ácido ortofosfórico contenido en 200 cm<sup>3</sup> de solución 0,2 M.

Respuesta:

$$X = \frac{0,6\text{N} \cdot 0,2\text{l}}{0,3\text{N}} = 0,4\text{l}$$

8) Un frasco contiene 500 cm<sup>3</sup> de una solución de ácido sulfúrico; 5 cm<sup>3</sup> de dicha solución fueron neutralizados por 6,4 cm<sup>3</sup> de solución 2 N de hidróxido de sodio. Calcular la masa de ácido sulfúrico contenido en el frasco.

Respuesta:

$$\text{Calculamos la cantidad de equivalentes que hay en } 5\text{cm}^3 \\ 2\text{N} \cdot 0,0064\text{L} = 0,0128\text{eq}$$

$$\text{Calculamos la cantidad de equivalentes en } 500\text{cm}^3 \\ 0,0128\text{eq} \cdot 500\text{cm}^3 / 5\text{cm}^3 = 1,28\text{eq}$$

02/2008  
Química

Uriel Dubniewski

Calculamos la cantidad de moles

$$1,28\text{eq} / 2\text{eq/mol} = 0,64\text{mol}$$

Calculamos la masa en gramos

$$0,64\text{mol} \cdot 98\text{g/mol} = 62,72\text{g}$$

9) Sin usar masas atómicas calcular:

a) cuántos equivalentes gramo de hidróxido de sodio se necesitan para neutralizar totalmente a 500 cm<sup>3</sup> de solución 0,3 M de ácido sulfúrico

b) cuántos equivalentes gramo de sal se forman por la reacción indicada en a).

Fundamentar las respuestas.

Respuesta:

a)

$$0,3\text{M} \cdot 0,5\text{L} = 0,15\text{mol}$$

$$0,15\text{mol} \cdot 2\text{eq/mol} = 0,3\text{eq}$$

Se necesitan 0,3eq

b)

se formaran 0,15mol de sulfato de sodio

El sodio tiene 1 equivalente gramo por mol pero tenemos dos por sodios molécula entonces:

$$0,15\text{mol} \cdot 2\text{eq/mol} = 0,3\text{eq}$$

10) Calcular que volumen de solución 0,2 N de ácido nítrico se necesita para neutralizar exactamente 148 mg de hidróxido de calcio

Respuesta:.

Masa atómica del hidróxido de calcio: 57

$$148\text{mg} / 74\text{g/mol} = 0,002 \text{ mol}$$

Calculamos los equivalentes

$$0,002\text{mol} \cdot 2\text{eq/mol} = 0,004\text{eq}$$

Calculamos volumen

$$0,004\text{eq} / 0,2\text{N} = 0,02\text{L}$$

11) Se mezclan 16 g de hidróxido de sodio con 100 cm<sup>3</sup> de solución 0,3 M de ácido nítrico. Calcular:

a) número de equivalentes gramo de sal formados

b) número de equivalentes gramo de ácido o de base necesarios para neutralizar el exceso de base o de ácido presente en el sistema.

Respuesta:

02/2008

Química

a)

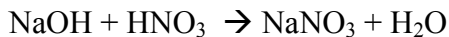
Masa atómica de hidróxido de sodio: 40

Calculamos los moles de hidróxido de sodio

$$16\text{g} / 40\text{g/mol} = 0,4\text{mol}$$

Calculamos los moles de ácido nítrico

$$0,3\text{M} \cdot 0,1\text{L} = 0,03\text{mol}$$



El ácido es reactivo limitante, viendo la relación de la ecuación química donde se forma 1 mol de sal por cada mol de NaOH y HNO<sub>3</sub>.

Se formaran 0,03mol de sal  $\rightarrow 0,03\text{eq}$

b)

$$0,4\text{eq} - 0,03\text{eq} = 0,37\text{eq}$$

12) Utilizando la siguiente tabla de valores, construir en papel milimetrado la curva de solubilidad del clorato de potasio en agua:

Temperatura (°C)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Solubilidad (g st/100 g agua)	3,3	5,0	7,4	10,5	14,0	19,3	24,5	31,5	38,5	48,5	57,0

Se dispone de una solución que contiene 1,5g de clorato de potasio por 5g de agua y que se halla a 85°C.

a) Indicar sobre el gráfico qué ocurre cuando dicha solución se enfría hasta 20°C.

b) Calcular las masas de los componentes en cada fase del sistema a 20 °C.

a-b)

$$\text{precipitaran } 1,5\text{g} - 7,4\text{g}/20 = 1,13\text{g}$$

$$\text{quedaran disueltos } 0,37\text{g}$$

13) Una solución acuosa saturada de yoduro de potasio, a 10 °C, contiene 57 g de soluto en 100 g de solución. Calcular la masa de yoduro de potasio que cristaliza cuando se enfrían hasta 10 °C, 2 kg de una solución acuosa de dicha sal que contiene, a 90 °C, 64% en masa de yoduro de potasio.

Respuesta:

$$\text{Cantidad de sal en la solución original: } 2000\text{g} / 100 \cdot 64 = 1280\text{g}$$

X=cantidad de sal precipitada

$$\frac{1280\text{g} - X}{2000\text{g} - X} = 0,57$$

$$X = \frac{1280\text{g} - 1140\text{g}}{0,43} = 325,6\text{g}$$

14) Una muestra de masa desconocida  $m_x$  de clorato de potasio se disolvió en  $5\text{cm}^3$  de agua a  $80^\circ\text{C}$ . Se dejó enfriar lentamente agitando con cuidado con un termómetro y se observó que la sal comenzaba a cristalizar a  $32^\circ\text{C}$ . Empleando la curva de solubilidad obtenida en el problema 12), calcular el valor de  $m_x$ .

Respeusta:

$$10,5\text{g} / 20 = 7,5\text{g}$$

15) Se desea obtener por cristalización al enfriar una solución de  $\text{NH}_4\text{I}$ , entre  $80^\circ\text{C}$  y  $10^\circ\text{C}$ , 150 g de dicha sal. Qué volumen de solución saturada a  $80^\circ\text{C}$  debe emplearse?

$$\delta 80^\circ\text{C sol sat.} = 2,9 \text{ g/cm}^3$$

Solubilidad de  $\text{NH}_4\text{I}$  a  $80^\circ\text{C}$ : 228,8 g/100 g agua; Solubilidad de  $\text{NH}_4\text{I}$  a  $10^\circ\text{C}$ : 163,2 g/100 g agua

Respuesta:

$$228,8\text{g}/100\text{g} - 163,2\text{g}/100\text{g} = 65,5\text{g}/100\text{g}$$

$$150\text{g} / 65,5\text{g} = 2,29$$

$$\text{Cantidad de solución: } (228,8\text{g} + 100\text{g}) \cdot 2,29 = 753\text{g}$$

$$\text{Volumen de solución: } 753\text{g} / 2,9\text{g/cm}^3 = 260\text{cm}^3$$

## **EQUILIBRIO QUIMICO HOMOGENEO**

1) Explicar brevemente las características del equilibrio químico.

Respuesta:

Las transformaciones químicas son reversibles (ocurren en las dos direcciones) y existe un punto en que la reacción hacia un lado se produce a la misma velocidad que hacia el otro. Este punto se llama punto de equilibrio.

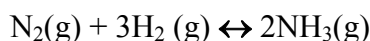
2)

a) Indicar las expresiones de  $K_c$  y  $K_p$  para la síntesis del amoníaco (gas).

b) Indicar las expresiones de  $K_c$  y  $K_p$  para el equilibrio correspondiente a la descomposición en fase gaseosa del trióxido de azufre en dióxido de azufre y oxígeno.

Respuesta:

a)



$$K_c = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2] \cdot [\text{H}_2]^3}$$

$$P = \left(\frac{n}{V}\right) \cdot r \cdot T = c \cdot r \cdot T$$

$$K_p = K_c \cdot (r \cdot T)^{2-4} = K_c \cdot (r \cdot T)^{-2}$$

b)

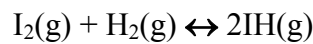


$$K_c = \frac{[O_2] \cdot [SO_2]^2}{[SO_3]^2}$$

$$K_p = K_c \cdot (r.T)^{3-2} = K_c \cdot (r.T)$$

3) Calcular el valor de Kp a una temperatura dada para la síntesis del ioduro de hidrógeno sabiendo que al analizar el sistema en equilibrio a esa temperatura se encontraron 2,50 mol de iodo (g), 8,30 mol de ioduro de hidrógeno (g) y 0,55 mol de hidrógeno (g) en un recinto de volumen V. ¿Es necesario conocer en este caso el volumen del reactor? ¿Por qué?

Respuesta:



$$K_p = \frac{\left(\frac{nIH}{V} \cdot r.T\right)^2}{\left(\frac{nI_2}{V} \cdot r.T\right) \cdot \left(\frac{nH_2}{V} \cdot r.T\right)} = \frac{(nIH)^2}{(nI_2) \cdot (nH_2)} = \frac{(8,3 \text{ mol})^2}{(2,5 \text{ mol}) \cdot (0,55 \text{ mol})} = 50,1$$

En los casos donde por cada mol de gas de los reactivos se forma un mol de gas de productos, el volumen no influye en el Kp.

4)

- Enunciar el principio del desplazamiento del equilibrio (Le Chatelier).
- Aplicarlo para justificar todas las formas posibles de desplazar el equilibrio para obtener mayor cantidad de amoníaco, en la reacción de síntesis de esta sustancia en fase gaseosa (reacción que posee un  $\Delta H < 0$ ). Tener en cuenta que esto significa buscar las condiciones más adecuadas para un alto rendimiento de la reacción.
- ¿Por qué se enfría la mezcla a la salida del reactor? (consultar de la bibliografía los puntos de ebullición de las sustancias presentes en la reacción).

Respuesta:

a)

El rendimiento de una reacción química se ve disminuido por la tendencia a alcanzar el estado de equilibrio, ya que los reactivos no se transforman al cien por cien en productos. Para conseguir que el equilibrio se rompa desplazándose en el sentido que nos interesa, es necesario saber qué factores se pueden modificar. Los cambios de cualquiera de los factores: presión, temperatura o concentración de las sustancias reaccionantes o resultantes, pueden hacer que una reacción química evolucione en uno u otro sentido hasta alcanzar un nuevo estado. Todos los cambios que afectan el estado de equilibrio son predecibles según el principio de Le Châtelier. A fines del siglo XIX, el químico francés Henry Le Châtelier (1850-1936) postuló que, si sobre un sistema en equilibrio se modifica cualquiera de los factores que influyen en una reacción química, dicho sistema evolucionará en la dirección que contrarreste el efecto del cambio.

Cuando un sistema que se encuentra en equilibrio, es sometido a una acción externa que

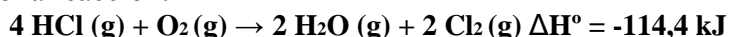
lo perturbe, el equilibrio se desplaza hasta alcanzar nuevamente el equilibrio. Los principales factores que afectan el equilibrio son:

- Cambio de concentración. Supongamos el siguiente sistema en equilibrio:  $A + B \rightleftharpoons C + D$ . Si se agrega alguna de las sustancias reaccionantes, por ejemplo A, se favorece la reacción que tiende a consumir el reactivo añadido. Al haber más reactivo A, la velocidad de reacción hacia los productos aumenta, y como en el estado de equilibrio las velocidades de reacción son iguales en ambos sentidos, se producirá un desplazamiento de la reacción hacia los productos. Es decir, se formará una mayor cantidad de C y D, hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio. De igual modo podemos predecir qué efectos tendría un aumento en la concentración de cualquiera de los productos C o D. Al aumentar C, por ejemplo, el equilibrio se desplazaría hacia los reactivos, ya que la velocidad de reacción aumentaría en ese sentido hasta alcanzar un nuevo estado de equilibrio. Al disminuir la concentración de alguno de los reactivos, retirando parte de A o B, también podemos alterar el equilibrio químico. Según el Principio de Le Châtelier, el equilibrio se desplazaría en el sentido de compensar dicha falta, es decir, hacia la formación de reactivos. De igual manera, si disminuimos la concentración de uno de los productos, el sistema reacciona desplazándose hacia los reactivos. Sin embargo, aunque la variación de la concentración de cualquiera de las sustancias que interviene en el equilibrio no afecta en absoluto el valor de la constante, si se modifican las concentraciones de las restantes sustancias en equilibrio.
- Cambio de la temperatura. Si en un equilibrio químico se afecta la temperatura, el sistema se opone al cambio desplazándose en el sentido que haya absorción de calor, esto es, favoreciendo la reacción endotérmica. Por el contrario, al disminuir la temperatura se favorece el proceso que genera calor; es decir, la reacción exotérmica.
- Cambio de la presión. La variación de la presión en un equilibrio, sólo influye cuando intervienen sustancias en estado gaseoso y se verifica una variación en el número de moles entre reactivos y productos. Un aumento de presión favorecerá la reacción que implique una disminución de volumen. En cambio, si se disminuye la presión, se favorecerá la reacción en la que los productos ocupen un volumen mayor que los reactivos.

b)

- Es una transformación exotérmica por lo que bajando la temperatura aumentara la producción amoniaco
- Los productos ocupan menos volumen que los reactivos, por lo que aumentar la presión aumentaria la producción de amoniaco.
- Agregar reactivos o ir quitando producto.

5) Considerando la reacción:



Suponga que se ha alcanzado el equilibrio.

Qué le sucederá al número de moles de  $\text{O}_2$  en el recipiente si se:

- a) añada algo de  $\text{Cl}_2$
- b) añada algo de  $\text{HCl}$
- c) remueve algo de  $\text{H}_2\text{O}$

02/2008  
Química

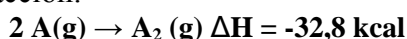
Uriel Dubniewski



- d) disminuye el volumen del recipiente
- e) aumenta la temperatura
- f) añade algo de helio
- g) añade un catalizador.

- a) Aumentara
- b) Descenderá
- c) Descenderá
- d) Descenderá
- e) Aumentara
- f) Aumentara
- g) los catalizadores aceleran los procesos

6) Teniendo en cuenta la reacción:



- a) Se coloca en un recipiente de 2l 6 mol de A y 6 mol de A<sub>2</sub> a 150 °C (K<sub>p</sub>=0,03). Cuál será la concentración de c/u de las sustancias del sistema en el equilibrio y el rendimiento de la reacción. Si las condiciones iniciales fueran las siguientes, indicar si el rendimiento aumenta, se mantiene o disminuye respecto de para c/caso, explicando porqué (sin efectuar cálculos numéricos):
- b) 3 mol de A y 3 mol de A<sub>2</sub> en un volumen de 1 l a 150 °C
- c) 12 mol de A y 6 mol de A<sub>2</sub> en un volumen de 2 l a 150 °C
- d) 6 mol de A y 6 mol de A<sub>2</sub> en un volumen de 4 l a 150 °C
- e) 6 mol de A y 6 mol de A<sub>2</sub> en un volumen de 2 l a 100 °C

Respuesta:

a)

$$0,03 = \frac{\left(6 - \frac{x-6}{2}\right)_{mol}}{(x_{mol})^2} \cdot \left(\frac{0,082_{atm.l/mol.K} \cdot 423_K}{2l}\right)^{-1}$$

$$0,03 \cdot x^2 + x \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{0,082 \cdot 423}{2}\right)^{-1} - 9 \left(\frac{0,082 \cdot 423}{2}\right)^{-1} = 0$$

$$0,03 \cdot x^2 + 0,0288 \cdot x - 0,519 = 0$$

$$x_{1,2} = \frac{-0,0288 \pm \sqrt{0,00083 - 4 \cdot 0,03 \cdot (-0,519)}}{2 \cdot 0,03}$$

$$x = 3,7$$

$$6 + (6 - 3,7)/2 = 7,15$$

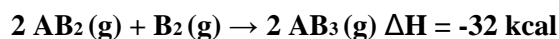
3,7 mol de A y 7,15 mol de A<sub>2</sub>

Las concentraciones serian [A]=1,85 mol/l , [A<sub>2</sub>]=3,575 mol/l

$$\text{Rendimiento: } 1 - \frac{3,7}{6} = 0,383$$

7) Dada la siguiente reacción:

02/2008  
Química



- a) Calcular la concentración de c/u de las sustancias del sistema en el equilibrio y el valor de la constante de equilibrio  $K_p$ , sabiendo que se parte de 6 mol de  $\text{AB}_2$  y 2 mol de  $\text{B}_2$  en un recipiente cerrado de 20 l a  $350^\circ\text{C}$  y se forman 2,4 mol de producto.
- b) ¿Cuál será la presión final del sistema?
- c) Calcular el calor intercambiado, éste ¿es calor ganado o cedido por el entorno?
- d) ¿Qué factores de equilibrio modificaría y cómo, para desplazar el equilibrio a la derecha? Explicar.

Respuesta:

a)

La cantidad de reactivos utilizados serán:

2,4 mol de  $\text{AB}_2$

1,2 mol de  $\text{B}_2$

La cantidad de sustancias dentro del recipiente en el equilibrio serán:

3,6 mol de  $\text{AB}_2$

0,8 mol de  $\text{B}_2$

2,4 mol de  $\text{AB}_3$

$$K_p = \frac{(2,4)^2}{(3,6)^2 \cdot 0,8} \cdot \left( \frac{0,082 \cdot 623}{20} \right)^{-1} = 0,217$$

b)

$$P = \frac{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (3,6 + 0,8 + 2,4)_{\text{mol}} \cdot 623_{\text{K}}}{20_{\text{l}}} = 17,37_{\text{atm}}$$

c)

$$1,2 \cdot 32 \text{ Kcal} = 38,4 \text{ Kcal}$$

Esto es calor ganado por el entorno. El sistema libera calor y es absorbido por el entorno.

d)

- Agregando reactivos
- Aumentando la presión
- Disminuyendo la temperatura

8) Dada la reacción:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightarrow \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$

a) A  $250^\circ\text{C}$  se coloca una muestra de  $\text{PCl}_5$  en un recipiente cerrado de 30 l y se deja que se establezca el equilibrio. En ese instante hay 1,847 mol de  $\text{PCl}_5$ , 1,500 mol de  $\text{PCl}_3$  y 1,500 mol de  $\text{Cl}_2$ . Calcular  $K_c$  y  $K_p$  a  $250^\circ\text{C}$ .

b) Si se introduce en el recipiente cerrado de 30 l previamente evacuado 3 mol de  $\text{PCl}_3$  y 3 mol de  $\text{Cl}_2(\text{g})$ . Calcular la concentración de c/u de las sustancias del sistema a  $250^\circ\text{C}$  al establecerse el equilibrio.

Respuesta:

02/2008

Química

Uriel Dubniewski

a)

$$K_c = \frac{1,5 \cdot 1,5}{\frac{30 \cdot 30}{1,847}} = 0,0406$$

$$K_p = K_c \cdot (0,082 \cdot 523)^1 = 1,74$$

b)

$$0,0406 = \frac{\frac{x \cdot x}{30 \cdot 30}}{\frac{3-x}{30}} = \frac{x^2}{30 \cdot (3-x)}$$

$$3,645 - 1,218 \cdot x - x^2 = 0$$

$$x = \frac{1,218 \pm \sqrt{1,484 - 4 \cdot (-1) \cdot 3,645}}{2 \cdot (-1)} = 1,395$$

Cantidad de sustancia en el equilibrio:

1,395 mol de  $\text{PCl}_3$   $[\text{PCl}_3] = 0,0466 \text{ mol/l}$

1,395 mol de  $\text{Cl}_2$   $[\text{Cl}_2] = 0,0466 \text{ mol/l}$

1,6 mol de  $\text{PCl}_5$   $[\text{PCl}_5] = 0,0535 \text{ mol/l}$

9) Explicar los conceptos de:

a) electrolito fuerte y electrolito débil

b) grado de disociación electrolítica

c) producto iónico del agua

d) pH y pOH.

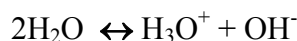
Respuesta:

a) Un electrolito fuerte es aquel que se disocia total o casi totalmente. Tienen una constante de equilibrio muy elevada. Un electrolito débil prácticamente no se disocia y tiene una constante de equilibrio baja.

b) El grado de disociación electrolítica está determinado por la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{\text{moles disociados}}{\text{moles totales}}$$

c) En el agua se genera el siguiente equilibrio químico:



d)

$$\text{pH} = -\log([\text{H}_3\text{O}^+])$$

$$\text{pOH} = -\log([\text{OH}^-])$$

10) Indicar:

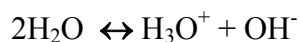
a) de qué depende el valor del grado de disociación electrolítica

b) cuál es su valor para un electrolito débil en solución infinitamente diluida.

Respuesta:

- a) depende del  $K_c$  y de la concentración de electrolito
- b) si el electrolito es débil pero esta infinitamente diluido el grado de disociación tendera a 1

11) Deducir la relación entre pH y pOH.



Como tratamos con soluciones muy diluidas la concentración del agua es prácticamente constante.

$$K_c = \frac{[H_3O^+].[OH^-]}{[H_2O]^2}$$

$$K_w = K_c.[H_2O]^2 = [H_3O^+].[OH^-] = 10^{-14}$$

$$-\log([H_3O^+].[OH^-]) = 14$$

$$-\log([H_3O^+]) - \log([OH^-]) = 14$$

$$pH + pOH = 14$$

12) Calcular, para 25°C, los valores de pH de las soluciones acuosas cuyas condiciones están definidas por los siguientes datos:

- a)  $[H_3O^+] = 1 \cdot 10^{-3} \text{ mol/l}$
- b)  $[H_3O^+] = 1 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$
- c)  $[H_3O^+] = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$
- d)  $[H_3O^+] = 5 \cdot 10^{-7} \text{ mol/l}$
- e)  $[HO^-] = 1 \cdot 10^{-9} \text{ mol/l}$
- f)  $[HO^-] = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l}$

En una primera instancia razonar entre que valores enteros consecutivos se halla cada valor; por ejemplo:

$$10^{-4} \text{ mol/l} > [H_3O^+] = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l} > 10^{-5} \text{ mol/l} \quad 4 < pH < 5 \quad 10 > pOH > 9$$

Decir en cada caso si se trata de medio neutro, ácido o básico.

Respuesta:

- a) 3 → ácido
- b) 7 → neutro
- c) 4,52 → ácido
- d) 7,7 → básico
- e) 9 → básico
- f) 5,4 → ácido

13) Expresar la concentración de iones oxonio e hidróxido correspondiente a los siguientes valores de pH:

4,0 ; 3,5 ; 11,4. Decir en cada caso si se trata de medio neutro, ácido o básico.

$pH = 4 \text{ --- } > \textit{acido}$

$$[H_3O^+] = 10^{-4}$$

$$[OH^-] = 10^{-10}$$

$pH = 3,5 \text{ --- } > \textit{acido}$

$$[H_3O^+] = 10^{-3,5}$$

$$[OH^-] = 10^{-10,5}$$

$pH = 11 \text{ --- } > \textit{basico}$

$$[H_3O^+] = 10^{-11}$$

$$[OH^-] = 10^{-3}$$

14) Calcular, a 25 °C, el pH y el pOH de las siguientes soluciones acuosas de :

- a) HCl 0,1 N
- b) HCl  $10^{-3}$  M
- c) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,03 N
- d) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>  $10^{-3}$  M
- e) NaOH 0,15 N
- f) KOH  $1 \cdot 10^{-3}$  N
- g) Ca(OH)<sub>2</sub> 0,1 M

En todos estos casos se admite grado de disociación  $\alpha = 1$ .

Respuesta:

- a) pH=1; pOH=13
- b) pH=3; pOH=11
- c) pH=1,52; pOH= 12,48
- d) pH=2,7; pOH=11,3 (tiene 2eq por mol)
- e) pH=13,18; pOH=0,82
- f) pH=13,3; pOH=0,7 (tiene 2eq por mol)

**15)** El ácido acético (CH<sub>3</sub>-COOH) y el hidróxido de amonio son dos electrolitos débiles.

- a) ¿Qué solución acuosa: NaOH 0,1 M ó NH<sub>4</sub>OH 0,1 M será más básica?
- b) ¿Qué solución acuosa: HCl 0,1 M ó CH<sub>3</sub>-COOH 0,1 M será más ácida?
- c) ¿Cuál de las soluciones indicadas en a) y b) tendrá menor pH y cual mayor pH? (sin efectuar cálculos, justificar su respuesta). Ordenarlas por orden creciente de pH.

Respuesta:

- a) NaOH es una base fuerte por lo tanto esta solución será más básica
- b) HCl es un ácido fuerte por lo que esta solución será más ácida
- c) HCl < CH<sub>3</sub>-COOH < NH<sub>4</sub>OH < NaOH

**16)** Se prepara una solución de HCl cuya composición es de 0,18 g de soluto por 100 cm<sup>3</sup> de solución.

Calcular el pH de dicha solución.

Respuesta:

02/2008  
Química

Concentración de la solución 1,8g/l  
Masa atómica del HCl=36,4

$$\frac{1,8 \frac{\text{g}}{\text{l}}}{36,4 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,05\text{M}$$

$$\text{pH} = 1,3$$

17) Calcular el pH de una solución de un ácido monoprótico débil a 25 °C y en solución  $3 \cdot 10^{-2}$  M, sabiendo que en esas condiciones está disociado en un 12%.

Respuesta:

$$\text{pH} = -\log(3 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{12}{100}) = 2,44$$

18) Para una solución de  $\text{SO}_4\text{H}_2$  ( $\alpha = 1$ ) cuyo pH = 3, calcular a 25 °C:

- la molaridad de  $\text{H}_3\text{O}^+$
- la normalidad del ácido
- la molaridad del ácido
- la M del  $\text{H}^+$
- los gramos de ácido cada 100  $\text{cm}^3$  de solución.

Respuesta:

- $10^{-3}\text{M}$
- $10^{-3}\text{N}$
- $0,5 \cdot 10^{-3}\text{M}$
- ?
- $0,5 \cdot 10^{-3}\text{M} \cdot 98\text{g/mol} = 0,0049\text{g}/100\text{cm}^3$

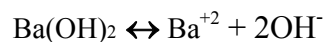
19) Para una solución de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  ( $\alpha = 1$ ) cuyo pH = 12:

escribir la ecuación de disociación electrolítica.

Calcular para 25 °C:

- la molaridad de  $\text{Ba}^{2+}$  y de HO
- la normalidad de la base
- la molaridad de la base
- cuántos gramos de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  tiene 1 litro de dicha solución.

Respuesta:



- $\text{pOH}=2 \rightarrow [\text{OH}^-]=0,01\text{M}$   
 $[\text{Ba}^{+2}] = 0,005\text{M}$

- 0,01M
- 0,005M
- 

peso atómico del  $\text{Ba}(\text{OH})_2 = 171$   
 $0,005\text{M} \cdot 171\text{g/mol} = 0,855\text{g/l}$

**20) I** - Calcular el pH que tendrán las soluciones resultantes al mezclar a 25°C:

a) 200 cm<sup>3</sup> de solución 0,05 M de ácido sulfúrico con 40 cm<sup>3</sup> de solución 0,5 M de hidróxido de sodio

b) 400 cm<sup>3</sup> de solución 0,5 M de ácido sulfúrico con 600 cm<sup>3</sup> de solución 0,3 M de hidróxido de sodio.

Se supone  $\alpha = 1$  para todos los electrolitos presentes y que los volúmenes son aditivos.

**II** - Escribir las ecuaciones químicas que representan las reacciones ocurridas en a) y b) respectivamente, en forma molecular y iónica.

I-a)

$$0,05M \cdot 0,2L = 0,01\text{mol}$$

$$0,5M \cdot 0,04L = 0,02\text{mol}$$

$$\text{Equivalentes de ácido: } 0,01\text{mol} \cdot 2\text{eq/mol} = 0,02\text{eq}$$

$$\text{Equivalentes de base: } 0,02 \cdot 1\text{eq/mol} = 0,02\text{eq}$$

La cantidad de iones hidronio aportados equiparan a la cantidad de hidroxidos, por lo que se neutralizan completamente.

$$\text{pH}=7$$

b)

$$0,5M \cdot 0,4L = 0,2\text{mol}$$

$$0,3M \cdot 0,6L = 0,18\text{mol}$$

$$\text{Equivalentes de ácido: } 0,2\text{mol} \cdot 2\text{eq/mol} = 0,4\text{eq}$$

$$\text{Equivalentes de base: } 0,18 \cdot 1\text{eq/mol} = 0,18\text{eq}$$

$$0,4\text{eq} - 0,18\text{eq} = 0,22\text{eq}$$

$$\text{pH} = -\log(0,22) = 0,66$$

**22)** Se tiene 1,5 l de una solución de HCl de pH = 1. Se requiere solución de pH = 3. ¿Qué volumen de solución de Ca (OH)<sub>2</sub> 0,3 M habrá que agregar para alcanzar el pH deseado?

Nota: suponer  $\alpha = 1$  y volúmenes aditivos.

Respuesta:

Normalidad de la solución básica: 0,6N

Moles de Hidronio: 0,1M · 1,5L = 0,15mol

$$\frac{0,15\text{mol} - 0,6\text{mol}\cdot x}{1,5l + xl} = 0,001M$$

$$0,15 - 0,6\cdot x = 0,0015 + 0,001x$$

$$0,1485 = 0,601x$$

$$x = 0,247l$$

Serán necesarios 247cm<sup>3</sup>

**23)** Se prepara una solución disolviendo 0,52 mol de una base de fórmula MeOH desconocida en agua hasta obtener 6 l de solución.

Con un peachímetro se determinó que el pH de la solución es de 12.

a) Calcular el grado de disociación. Expresar el equilibrio de disociación de la base.

b) ¿Cuál es el valor de la constante de disociación de la base?

a)

$$[\text{OH}^-] = 10^{-2} \text{M}$$

$$\text{Moles de MeOH disociado} = 0,01 \text{M} \cdot 6 \text{l} = 0,06 \text{mol}$$

$$0,06 \text{mol} / 0,52 \text{mol} = 0,115$$

El grado de disociación es de 0,115

b)

$$\frac{[\text{OH}^-] \cdot [\text{Me}]}{[\text{MeOH}]} = \frac{0,01 \cdot 0,01}{0,077} = 0,0013$$

$$K_b = 0,0013$$

**24)** El “vinagre” común es una solución de ácido acético al 5% en m/m.

a) Calcular el pH del mismo y el porcentaje de ionización.

b) Dado que se diluye en los alimentos, suponiendo un caso de dilución volumétrica al 10%.

¿Cuál será el pH correspondiente y el porcentaje de ionización?

c) Que tendencia se observa en el grado de ionización al producir una dilución.

Ácido acético:  $\text{CH}_3\text{-CO.OH} = \text{HAc}$   $\delta_{\text{sn}} = 1 \text{ kg/l}$   $K_a = 1,8 \cdot 10^{-5}$

a)

masa atómica del ácido: 60

$$1 \text{kg} \cdot 5/100 = 50 \text{g}$$

$$50 \text{g} / 60 \text{g/mol} = 0,83 \text{mol}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{Ac}^-] \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HAc}]}$$

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{x^2}{[\text{HAc}]_0 - x} = \frac{x^2}{0,83 - x}$$

$$1,494 \cdot 10^{-5} - 1,8 \cdot 10^{-5} x - x^2 = 0$$

$$x = \frac{1,8 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{3,24 \cdot 10^{-10} \cdot 4 \cdot (-1) \cdot 1,494 \cdot 10^{-5}}}{2 \cdot (-1)} = 0,00386 \text{M}$$

$$\text{pH} = -\log(0,00386) = 2,41$$

$$0,00386 \text{mol} / 0,83 \text{mol} = 0,00465$$