

# PRUEBAS EBAU QUÍMICA

Juan P. Campillo Nicolás

6 de julio de 2019

## 1. EL ÁTOMO. ENLACE QUÍMICO.

1. Los elementos que se designan con las letras A, B, C, D y E ocupan las posiciones indicadas en la tabla periódica:

	A																			
	E																			

- a) Escriba las configuraciones electrónicas de dichos elementos. b) Basándose en ellas justifique de manera razonada si son o no ciertas las siguientes afirmaciones: i) La primera energía de ionización de E es mayor que la de A. ii) D es un gas noble y E un metal alcalinotérreo. iii) La afinidad electrónica (en valor absoluto) de B es mayor que la de A. iv) El radio atómico de C es mayor que el de B. v) La electronegatividad de E es mayor que la de B.

### Respuesta:

a) A:  $1s^2 2s^2$ ; B:  $1s^2 2s^2 2p^5$ ; C:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ ; D:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ ; E:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^1$

b) i) **Falsa**: la energía de ionización descende cuanto más bajo se encuentre el elemento en la tabla periódica (para elementos del mismo grupo o próximos). ii) **Falsa**: E es un metal alcalino. iii) **Cierta**: la afinidad electrónica aumenta de izquierda a derecha a lo largo de un periodo. iv) **Cierta**: el radio atómico aumenta al bajar a lo largo de un grupo. v) Falsa: la electronegatividad aumenta de izquierda a derecha en la tabla periódica.

2. a) Explique qué tipo de enlace químico o qué fuerzas de atracción deben vencerse para llevar a cabo los siguientes procesos: i) Fundir bromuro de calcio. ii) Hervir agua. iii) Evaporar oxígeno líquido. iv) Fundir cesio. v) Transformar  $N_2O_4$  (con enlaces N-O y N-N) en  $NO_2$ . b) Dada la molécula de tetracloruro de carbono: i) Represente su estructura de Lewis. ii) Determine su geometría molecular mediante la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de la Capa de Valencia (TRPECV). iii) Indique razonadamente cuál es el tipo de hibridación que presenta el átomo de carbono. iv) Indique si los enlaces en esta molécula son o no son polares. v) Indique, razonando su respuesta, si esta molécula es o no es polar.

### Respuesta:

a) i) Enlace iónico. ii) Enlaces por **punto de hidrógeno**. iii) **Fuerzas de Van der Waals**. iv) **Enlace metálico**. v) **Enlaces covalentes**.

b) La representación de la estructura de Lewis y la geometría de la molécula son las siguientes: La geometría de la molécula es **tetraédrica**, ocupando el centro del tetraedro el átomo de carbono, y cada uno de los vértices, un átomo de cloro. Esta disposición es la que le da lugar a la mínima repulsión entre los pares de electrones de enlace. iii) La hibridación es del tipo  **$sp^3$** , pues todos los enlaces son equivalentes y forman ángulos iguales, cada uno con los demás. iv) Los enlaces son **polares**, debido a la diferencia de electronegatividad entre C y Cl. v) La molécula es **apolar**, pues la suma de los vectores momento dipolar de cada uno de los enlaces C-Cl es nula para el tetraedro.

3. a) Escriba las configuraciones electrónicas de los átomos  ${}_{19}K$  y  ${}_{17}Cl$  y sus iones  $K^+$  y  $Cl^-$ . b) Razone sobre la variación de los radios de K y Cl al formar los iones  $K^+$  y  $Cl^-$ , respectivamente. c) Indique los valores que pueden adoptar los números cuánticos  $l$ ,  $m_l$  y  $m_s$  para un electrón de número cuántico

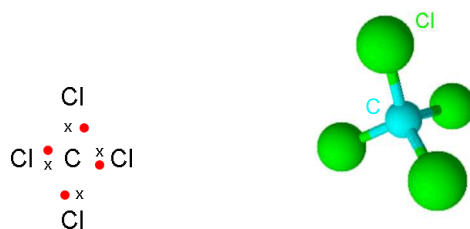


Figura 1: Estructura de Lewis y geometría de la molécula

principal  $n = 3$ . d) ¿Qué se entiende por primera energía de ionización de un átomo? e) Señale la causa principal por la que la primera energía de ionización del átomo de potasio es menor que la del átomo de cloro.

**Respuesta:**

- a) Las respectivas configuraciones electrónicas son; **K:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3 3p^6 4s^1$** ; **Cl:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^3 3p^5$**
- b) El ion  $K^+$  tendrá **menor radio** que el K, al tener la misma carga nuclear y encontrarse los electrones más externos más cerca del núcleo. En el caso del ion  $Cl^-$  aumenta en una unidad el número de electrones más externos, lo que, por el mayor efecto pantalla, hace que la atracción sobre dichos electrones sea menor. El radio del  $Cl^-$  es, pues, **mayor** que el del Cl.
- c) Para  $n = 3$ ,  $l$  puede tomar los valores **0, 1 y 2**,  $m_l$  puede tomar los **valores enteros comprendidos entre  $+l$  y  $-l$** . Por último, **los valores de  $m_s$  pueden ser  $+1/2$  y  $-1/2$** .
- d) Es la energía necesaria para extraer un electrón de un átomo neutro en estado gaseoso.
- e) El K tiene 1 electrón en su último nivel (4). Este electrón es poco atraído por el núcleo, por lo que se requiere poca energía para extraerlo. Por el contrario, los electrones externos del Cl son más atraídos, al encontrarse en un nivel ( $n = 3$ ) inferior al del K. Por tanto, la energía que habrá que suministrar será mayor que el en caso del K. Por otra parte, la pérdida de un electrón por el K hace que el ion positivo obtenido posea una configuración estable de gas noble, lo que no sucederá al átomo del Cl al perder un electrón.
4. a) Indique la geometría de las siguientes moléculas haciendo uso de la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de la Capa de Valencia {TRPECV} y razone sobre la polaridad de cada una de ellas: i)  $BF_3$  ii)  $CH_4$  iii)  $NH_3$  b) Ordene las anteriores moléculas en orden creciente de sus ángulos de enlace. c) Explique qué tipo de fuerzas intermoleculares contribuyen en mayor medida a mantener en estado líquido las siguientes sustancias:  $CH_3OH$  y  $Br_2$

**Respuesta:**

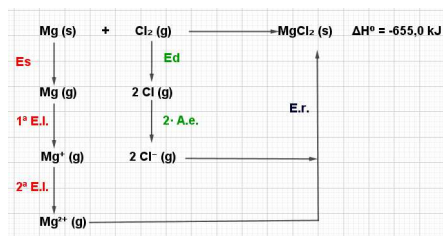
- i) El  $BF_3$  es una molécula trigonal plana. Aunque los enlaces son polares, la molécula es **apolar**.
- ii) En el  $CH_4$  se forman cuatro enlaces equivalentes C-H. Estos se distribuyen dando lugar a una molécula tetraédrica. La molécula será, también, **apolar**, ya que la suma de los momentos dipolares de los enlaces es nula.
- iii) La presencia de un par de electrones no compartido sobre el átomo de N hace que la molécula adquiera una forma piramidal trigonal. En consecuencia, dicha molécula será **polar**.
- b) El mayor ángulo de enlace corresponderá al F-B-F ( $120^\circ$ ), a continuación, el H-C-H ( $\simeq 109^\circ$ ). Por último, el H-N-H ( $\simeq 107^\circ$ )
- c) En el metanol, existen enlaces por puente de hidrógeno, lo que contribuye a aumentar el punto

de ebullición. En el caso del Br, las fuerzas de Van der Waals, mayores cuanto mayor sea la masa molecular, contribuyen a que el punto de ebullición sea mayor que el esperado.

5. a) Plantee el ciclo de Born-Haber correspondiente a la formación de cloruro de magnesio y calcule su energía reticular a partir de los siguientes datos: Energía de formación del cloruro de magnesio:  $-655,0$  kJ/mol; Energía de sublimación del magnesio:  $136$  kJ/mol; Energía de disociación del cloro  $244$  kJ/mol;  $1^{\text{a}}$  Energía de ionización del magnesio:  $738$  kJ/mol;  $2^{\text{a}}$  Energía de ionización del magnesio  $1451$  kJ/mol; Afinidad electrónica del cloro  $-349$  kJ/mol. b) Teniendo en cuenta que los sólidos cristalinos NaF, KF y LiF cristalizan en el mismo tipo de red, razone como varían las temperaturas de fusión de estas sales.

**Respuesta:**

- a) El ciclo es el siguiente:



La energía reticular se calcula así:

$$Es + 1^{\text{a}} E.I. + 2^{\text{a}} E.I. + Ed + 2 A.e. + E.r. = \Delta H^{\circ}$$

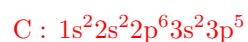
$$136 + 738 + 1451 + 244 + 2(-349) + E.r. = -655,0 \quad E.r. = -2526 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

b) La temperatura de fusión está directamente relacionada con la energía reticular del compuesto. Dicha energía es directamente proporcional al producto de las cargas de los iones, e inversamente proporcional a la distancia entre sus núcleos. De esta forma, puesto que el producto de las cargas es el mismo en los tres compuestos, y la distancia internuclear varía en el orden  $\text{LiF} < \text{NaF} < \text{KF}$ , la energía reticular variará en el sentido  $\text{LiF} > \text{NaF} > \text{KF}$  y, por tanto la temperatura de fusión variará en el mismo sentido.

6. Los números atómicos de varios elementos son: A = 9; B = 16; C = 17; D = 37 y E = 38. a) Escriba las configuraciones electrónicas de dichos elementos. b) Justifique razonadamente cuál de ellos es un metal alcalino. c) Justifique razonadamente cuál de ellos es un halógeno. d) Justifique razonadamente cuál es el más electronegativo. e) Justifique razonadamente cuál es el de menor potencial de ionización.

**Respuesta:**

- a) Las configuraciones electrónicas son las siguientes:



- b) Se trata del elemento **D**, pues posee un único electrón en su nivel más alto.

- c) El elemento **C**, pues posee siete electrones en su último nivel

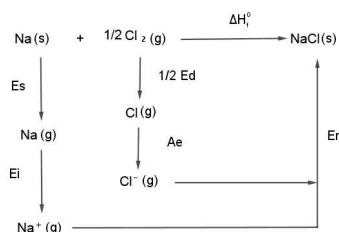
- d) El elemento **A**, pues es, de todos los indicados, el que más arriba y a la derecha se encuentra en la tabla periódica.
- e) El elemento de menor potencial de ionización será el que ocupe la posición más baja y a la izquierda en la tabla periódica, es decir, el elemento **D**.
7. Ordene, razonando su respuesta, las especies indicadas en cada caso: a) en orden creciente de punto de ebullición:  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{He}$ ,  $\text{CsBr}$ ,  $\text{CH}_3\text{-CH}_3$  b) en orden decreciente de carácter iónico:  $\text{NaBr}$ ,  $\text{Br}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CsF}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  c) en orden creciente de energía de red (suponiendo que cristalizan en la misma red):  $\text{NaCl}$ ,  $\text{BeO}$ ,  $\text{RbI}$  d) en orden creciente de polaridad de enlace:  $\text{O-F}$ ,  $\text{As-F}$ ,  $\text{Se-F}$ ,  $\text{F-F}$ ,  $\text{Sn-F}$  e) en orden decreciente de afinidad electrónica (valor absoluto):  $\text{Se}$ ,  $\text{S}$ ,  $\text{Cs}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{Ca}$ .

**Respuesta:**

- a) El  $\text{He}$  es un gas noble, por lo no que forma enlaces entre sus átomos. El etano está sometido únicamente a fuerza de dispersión entre sus moléculas. El agua y el  $\text{HCl}$  son compuestos covalente polares, sometido además de a las interacciones dipolo-dipolo, a enlaces por puente de  $\text{H}$ , más intensos en el caso del  $\text{H}_2\text{O}$ , mientras que el  $\text{CsBr}$  es un compuesto iónico, con intensas fuerzas de atracción electrostática entre los iones que lo forman. El orden creciente de puntos de ebullición es, pues:  **$\text{He} < \text{CH}_3 - \text{CH}_3 < \text{HCl} < \text{H}_2\text{O} < \text{CsBr}$** .
- b) El compuesto de mayor carácter iónico es el  $\text{CsF}$ , seguido del  $\text{NaBr}$ , ambos compuestos claramente iónicos. A continuación se encuentran el  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  y  $\text{Br}_2$ . El criterio de ordenación es la diferencia entre las electronegatividades de los dos átomos que forman cada compuesto. El orden decreciente será:  **$\text{CsF} > \text{NaBr} > \text{H}_2\text{O} > \text{H}_2\text{S} > \text{Br}_2$** .
- c) La energía reticular es directamente proporcional a la carga de los iones e inversamente a su tamaño. Según este criterio, el orden decreciente será:  **$\text{BeO} > \text{NaCl} > \text{RbI}$** .
- d) La polaridad de enlace depende de la diferencia de electronegatividad entre los átomos que lo forman. La electronegatividad varía en la tabla periódica aumentando al subir en un grupo y de izquierda a derecha en un periodo. Según este criterio, el orden creciente de polaridad de enlace será:  $\text{F-F} < \text{O-F}$ ,  $\text{Se-F} < \text{As-F} < \text{Sn-F}$ .
- e) la afinidad electrónica varía en la tabla periódica aumentando al subir en un grupo y de izquierda a derecha en un periodo. Según esto, el orden decreciente es:  **$\text{F} > \text{S} > \text{Se} > \text{Ca}, \text{Cs}$** .
8. a) Plantee el ciclo de Born-Haber correspondiente a la formación de cloruro de sodio y calcule la afinidad electrónica del cloro a partir de los siguientes datos: Energía reticular del cloruro de sodio  $-769,0 \text{ kJ/mol}$  Energía de ionización del sodio  $493,7 \text{ kJ/mol}$  Energía de formación del cloruro de sodio  $-411,0 \text{ kJ/mol}$  Energía de disociación del cloro  $242,6 \text{ kJ/mol}$  Energía de sublimación del sodio  $107,5 \text{ kJ/mol}$ .

**Respuesta:**

a) El ciclo de Born-Haber es el siguiente:



A partir del anterior diagrama, podemos escribir lo siguiente:

$$\Delta H_f^0 = E_s + E_i + \frac{1}{2} E_d + Ae + Er$$

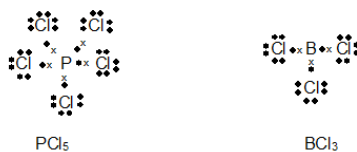
Sustituyendo valores, y despejando:

$$Ae = \Delta H_f^0 - E_s - E_i - \frac{1}{2} E_d - E_r = -411,0 - 107,5 - 493,7 - \frac{1}{2} 242,6 + 769,0 = -364,5 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$$

9. Para las moléculas  $\text{PCl}_5$  y  $\text{BCl}_3$ : a) Escriba sus estructuras de Lewis e indique si cumplen no o no la regla del octeto. b) Determine la geometría molecular utilizando la Teoría de Repulsión de Pares de Electrones de la Capa de Valencia. c) Indique, de manera razonada, si se trata de moléculas polares. d) Indique, de manera razonada, cuál es la hibridación del átomo central en cada una de estas moléculas.

**Respuesta:**

- a) Las respectivas estructuras de Lewis son las siguientes:



En ninguno de los dos casos se cumple la regla del octeto, por poseer el átomo de B 3 pares de electrones enlazantes, y 5 pares el átomo de P.

- b) La geometría de la molécula de  $\text{PCl}_5$  es la de una **bipirámide trigonal**, mientras que la de  $\text{BCl}_3$  es **trigonal plana**.
- c) De la forma de ambas moléculas se deduce que ambas será **apolares**.
- d) La hibridación será del tipo  $sp^3d$  en el  $\text{PCl}_5$  al precisar de cinco orbitales híbridos para formar los correspondientes enlaces con los átomos de Cl. Al estar completo el orbital 3s, uno de sus electrones se promociona a un orbital d. En el caso del  $\text{BCl}_3$ , la hibridación será del tipo  $sp^2$ , promocionándose un electrón del subnivel 2s a un orbital p.
10. Dados los elementos de números atómicos  $Z = 12$ ,  $Z = 17$  y  $Z = 18$ : a) Escriba su configuración electrónica e indique en qué periodo y grupo de la tabla periódica se encuentra cada uno de ellos. b) Indique los números cuánticos de todos los electrones del nivel  $n = 3$  para el elemento  $Z = 17$ . c) Indique de manera razonada qué ion es el más estable para cada uno de estos elementos. d) Escriba y justifique de manera razonada los elementos del enunciado en orden creciente de su primer potencial de ionización.

**Respuesta:**

- a) La respuesta a esta cuestión puede verse en la siguiente tabla:

Z	Config. electr.	Grupo	Periodo
12	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2$	2	3
17	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	17	3
18	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$	18	3

b) Para el nivel 3, los números cuánticos de todos los electrones serán, por una parte:  **$n = 3$ ;  $l = 0$ ;  $m = 0$ ;  $s = \pm 1/2$** , y por otra:  $n = 3$ ;  $l = 1$ ;  $m = -1, 0, 1$ ;  $s = \pm 1/2$  (teniendo en cuenta que sólo habrá cinco electrones en los orbitales p).

c) Para el elemento de número atómico 12, el ion más estable es el de carga **+2**, mientras que para el de número atómico 17, será el de carga **-1**. El elemento de número atómico 18, al ser un gas noble, **no tiene tendencia** a formar iones.

## 2. ESTEQUIOMETRÍA.

### 3. CINÉTICA DE REACCIONES.

1. - La reacción  $A + B \rightarrow C$  es de primer orden respecto de A y de B. A partir de los datos de la tabla,

Experimento	$[A]_0$ (mol · L <sup>-1</sup> )	$[B]_0$ (mol · L <sup>-1</sup> )	velocidad inicial de la reacción (mol · L <sup>-1</sup> · s <sup>-1</sup> )
1	0,01	0,01	$6 \cdot 10^{-4}$
2	0,02	0,01	$X_1$
3	0,01	$X_2$	$18 \cdot 10^{-4}$

determine el valor de la constante de velocidad, así como de  $X_1$  y  $X_2$ , indicando sus unidades. b) Indique, razonando su respuesta, cuál o cuáles de los términos de la ecuación de velocidad se modificarán al añadir un catalizador y en qué sentido será esa modificación.

**Respuesta:**

a) Tomando los datos del experimento 1:

$$6 \cdot 10^{-4} = K \cdot 0,01 \cdot 0,01 \quad K = 6 \text{ mol}^{-1} \text{ L} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$X_1 = 6 \cdot 0,02 \cdot 0,01 = 1,2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$18 \cdot 10^{-4} = 6 \cdot 0,01 \cdot X_2 \quad X_2 = 0,03 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$$

b) El catalizador varia la velocidad de la reacción (en general, aumentándola), por lo que hace varia el valor de la constante K.

2. La reacción  $A + 2 B \rightarrow C$ , de primer orden respecto de A y de segundo orden respecto de B, se lleva a cabo en fase gas en un recipiente de volumen variable. a) Formule la expresión de la ecuación de velocidad para esta reacción. ¿Cuál es el orden global de la misma? b) Deduzca las unidades de la constante cinética. c) Indique razonadamente cómo afectará a la velocidad de reacción un aumento del volumen a temperatura constante. d) Indique razonadamente cómo afectará a la velocidad de reacción un aumento de la presión a temperatura constante. e) Indique razonadamente cuál es el efecto de un inhibidor o catalizador negativo en la velocidad de reacción.

**Respuesta:**

a) La ecuación de velocidad tiene la expresión:  $v = k[A][B]^2$ . El orden global de la reacción es:  $1 + 2 = 3$

b) La constante tendrá por unidades:

$$\frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{mol}^3 \cdot \text{L}^{-3}} = \text{mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

c) Al aumentar el volumen, disminuyen las concentraciones de A y B, con lo que también **disminuye la velocidad** de la reacción.

d) El inhibidor **reduce la velocidad** de la reacción tanto la directa como la inversa, debido a que produce un aumento en la energía de activación.

3. Para la reacción  $A + B \rightarrow C$  se obtuvieron los siguientes resultados:

a) Determine la ecuación de velocidad b) Determine las unidades de la constante cinética k. c) Explique de forma razonada cual de las dos reactivos A y B se consume más deprisa. d) Explique de forma razonada cómo se modifica la constante cinética, k, si se añade más reactivo A al sistema.

**Respuesta:**



Experimento	[A] <sub>0</sub> mol·L <sup>-1</sup>	[B] <sub>0</sub> mol·L <sup>-1</sup>	Velocidad inicial de la reacción
1	0,17	0,17	X mol·L <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup>
2	0,34	0,17	2X mol·L <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup>
3	0,17	0,34	4X mol·L <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup>

a) La ecuación de velocidad tendrá la forma:

$$v = k[A]^\alpha[B]^\beta$$

A partir de los datos de la tabla, podemos escribir:

$$X = k \cdot 0,17^\alpha \cdot 0,17^\beta \quad \text{y} \quad 2X = k \cdot 0,34^\alpha \cdot 0,17^\beta$$

Dividiendo miembro a miembro:

$$\frac{1}{2} = \left(\frac{0,17}{0,34}\right)^\alpha \quad \alpha = 1$$

$$X = k \cdot 0,17^\alpha \cdot 0,17^\beta \quad \text{y} \quad 4X = k \cdot 0,17^\alpha \cdot 0,34^\beta$$

$$\frac{1}{4} = \left(\frac{0,17}{0,34}\right)^\beta \quad \beta = 2$$

Con lo que la ecuación de velocidad queda así:  $v = k[A][B]^2$

b) La unidades del son:

$$\frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}} = \text{mol}^{-2} \cdot \text{L}^2 \cdot \text{s}^{-1}$$

c) Puesto que la velocidad de reacción es:

$$v = -\frac{d[A]}{dt} = -\frac{d[B]}{dt}$$

Ambos reactivos **se consumen a la misma velocidad**.

d) La adición de más reactivo A al sistema **no afecta a la constante de velocidad**, que depende exclusivamente de la temperatura.

4. Una reacción química del tipo:

5. A (g) → B (g) + C (g) tiene a 25 °C una constante cinética:  $k = 5,0 \cdot 10^{12} \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . Conteste razonadamente a las siguientes preguntas : a) ¿Cuál es el orden de la reacción anterior? b) ¿Cómo se modifica el valor de la constante cinética k si la reacción tiene lugar a una temperatura inferior? c) ¿Por qué no coincide el orden de reacción con la estequiometría de la reacción? d) ¿Qué unidades tendría la constante cinética si la reacción fuera de orden 1?

**Respuesta:**

a) Dadas las unidades de la constante cinética ( $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ) y las de la velocidad de reacción ( $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ), podemos deducir que en la expresión (donde los términos entre corchetes representan las unidades de cada una de las magnitudes):

$$[k] = \left[ \frac{v}{[A]^\alpha} \right] \quad \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = \frac{\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}}{[\text{A}]^\alpha} \quad [[\text{A}]^\alpha] = \text{mol}^2 \cdot \text{L}^{-2}$$

Lo que nos permite afirmar que la ecuación de velocidad es:  $v = k [A]^2$  siendo **2** el orden de la reacción.

b) La relación entre la constante cinética y la temperatura viene dada por la ecuación de Arrhenius:

$$k = A e^{-(E_a/RT)}$$

Con lo que una disminución en la temperatura **hace disminuir** el valor de la constante  $k$ .

c) Esto se debe a que en una de las etapas de la reacción, concretamente, la etapa lenta, intervienen **dos moles** de la sustancia A, por lo que la reacción se podría representar, por ejemplo, de la forma:  $A + A \rightarrow X$  (etapa lenta) y  $X \rightarrow B + C$  (etapa rápida)

d) Si la reacción fuera de orden 1, las unidades de la constante serían  **$s^{-1}$**

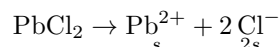
#### 4. TERMOQUÍMICA.

## 5. EQUILIBRIO QUÍMICO.

1. A 25°C una disolución saturada de cloruro de plomo (II) tiene una concentración de iones plomo (II) de  $1,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$  a) Calcule cuál es la concentración de iones cloruro en esta disolución. b) Calcule  $K_{ps}$  a dicha temperatura. c) Razone sobre el aumento o disminución de la solubilidad del cloruro de plomo (II) al adicionar cloruro de sodio. d) Calcule la solubilidad del cloruro de plomo (II) en una disolución acuosa de concentración 2 M en iones plomo ( $2+$ ).

**Respuesta:**

- a) El equilibrio de disociación del  $\text{PbCl}_2$  se puede representar así:



Siendo  $s = 1,6 \cdot 10^{-2} \text{ M}$ . La concentración de iones cloruro será:  $[\text{Cl}^-] = 2s = 3,2 \cdot 10^{-2} \text{ M}$

- b) El producto de solubilidad es:

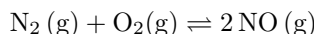
$$K_{ps} = s(2s)^2 = 4s^3 = 1,64 \cdot 10^{-5}$$

- c) Al adicionar cloruro de sodio disminuye la solubilidad del cloruro de plomo por efecto del ion común.

- d) Para una concentración  $[\text{Pb}^{2+}] = 2$ , la solubilidad valdrá:

$$1,64 \cdot 10^{-5} = 2(2s)^2 \quad s = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

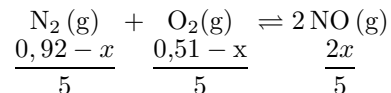
2. En un matraz de 5 L de capacidad se introduce una mezcla de 0,92 moles de nitrógeno y 0,51 moles de oxígeno. Se calienta la mezcla hasta 2200 K, estableciéndose el equilibrio:



Teniendo en cuenta que en estas condiciones reacciona el 1,09 % del nitrógeno inicial: a) Calcule la concentración de todos los compuestos en el equilibrio a 2200 K. b) Calcule el valor de las constantes de equilibrio  $K_c$  y  $K_p$  a esa temperatura. c) ¿En qué sentido se desplazará el equilibrio si añadimos una cantidad adicional de nitrógeno? Razone su respuesta. d) ¿En qué sentido se desplazará el equilibrio si el volumen del matraz disminuye a 1 L? Razone su respuesta. Datos.  $R = 0,082 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \text{K}^{-1}$

**Respuesta:**

- a) En el equilibrio tendremos lo siguiente:



Puesto que en el equilibrio ha reaccionado un 1,09 % del nitrógeno inicial, podremos escribir:

$$x = \frac{1,09 \cdot 0,92}{100} = 0,01 \text{ moles}$$

Así pues, podremos escribir:

$$[\text{N}_2] = \frac{0,92 - 0,01}{5} = 0,18 \text{ M} \quad [\text{O}_2] = \frac{0,51 - 0,01}{5} = 0,1 \text{ M} \quad [\text{NO}] = \frac{0,02}{5} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

- b) las constantes son::

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]} = \frac{(4 \cdot 10^{-3})^2}{0,18 \cdot 0,1} = 8,89 \cdot 10^{-4} \quad K_p = K_c(\text{RT})^{\Delta n} = K_c(\text{RT})^0 = 8,89 \cdot 10^{-4}$$

c)

d) Al disminuir el volumen, **el equilibrio no se desplazará**, debido a que el número de moles de sustancias gaseosas es el mismo en ambos miembros.

3. a) Determine el producto de solubilidad ( $K_{ps}$ ) del yoduro de plomo (II) sabiendo que su solubilidad en un litro de agua es  $1,2 \cdot 10^{-3}$  M. b) Calcule la solubilidad del yoduro de plomo (II) expresada en g/L y la concentración de iones yoduro en equilibrio. c) Determine si precipitará o no yoduro de plomo (II) al mezclar 0,5 L de una disolución  $1,5 \cdot 10^{-3}$  M en ion plomo (+2) con 0,5 L de otra disolución  $3,2 \cdot 10^{-4}$  M en ion yoduro. Datos. Masas atómicas: I = 127; Pb = 207

**Respuesta:**

a) El producto de solubilidad del  $PbI_2$  tiene una constante:

$$K_{ps} = [Pb^{2+}][I^-]^2 = s(2s)^2 = 4s^3 = 4(1,2 \cdot 10^{-3})^3 = 6,91 \cdot 10^{-9}$$

b) la solubilidad, expresada en g/L será:

$$s = 1,2 \cdot 10^{-3}(2 \cdot 127 + 207) = 0,553 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$$

la concentración de iones  $I^-$  será:  $[I^-] = 2s = 2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-3} = 2,4 \cdot 10^{-3}$  M

c) Al tener un volumen total de 1 L, las concentraciones de  $I^-$  y  $Pb^{2+}$  serán, respectivamente:

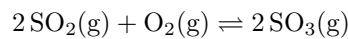
$$[I^-] = \frac{3,2 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ M} \quad [Pb^{2+}] = \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{2} = 7,5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

El producto  $[Pb^{2+}][I^-]^2$  será en este caso:

$$[Pb^{2+}][I^-]^2 = 7,5 \cdot 10^{-4}(1,6 \cdot 10^{-4})^2 = 1,92 \cdot 10^{-11} < K_{ps}$$

Por tanto, **no se produce precipitado**.

4. A 400 K y en un recipiente de 1,5 L de capacidad, hay en equilibrio 9 g de  $O_2$ , 9 g de  $SO_2$  y 42 g de  $SO_3$ . a) Calcule las concentraciones de cada una de las especies en el equilibrio. b) Calcule el valor de  $K_c$  para el equilibrio a 400K:



c) Calcule el valor de  $K_p$  a esa temperatura. d) Indique razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si se extrae la mitad del  $SO_3$ ? Datos: Masas atómicas: O = 16; S = 32 R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>

**Respuesta:**

a) La concentración de cada una de las sustancias en el equilibrio es la siguiente:

$$n_{O_2} = \frac{9}{32} = 0,28 \text{ M} \quad n_{SO_2} = \frac{9}{64} = 0,14 \text{ M} \quad n_{SO_3} = \frac{42}{80} = 0,53 \text{ M}$$

b) La constante  $K_c$  será:

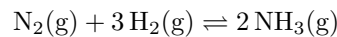
$$K_c = \frac{[SO_3]^2}{[SO_2]^2[O_2]} = \frac{0,53^2}{0,14^2 \cdot 0,28} = 51,18$$

c) La constante  $K_p$  tendrá el valor:

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 51,18(0,082 \cdot 400)^{-1} = 1,56$$

d) La disminución de la concentración de unos de los productos producirá un desplazamiento del equilibrio **hacia la derecha**, es decir, hacia la formación de más productos.

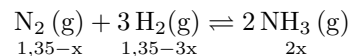
5. Una mezcla de 1,35 moles de dinitrógeno y 1,35 moles de dihidrógeno se coloca en un reactor de 25 L y se calienta a 400 °C. En el equilibrio ha reaccionado el 5 % del dinitrogeno según la reacción:



Calcule: a) El valor de las constantes  $K_c$  y  $K_p$  a 400 °C. b) Las presiones parciales de las gases en el equilibrio. c) Explique razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si añadimos una cantidad adicional de amoniaco. d) Explique razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si aumenta el volumen del sistema a 50 L. Dato.  $R = 0,082 \text{ atm}\cdot\text{L}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$

**Respuesta:**

- a) Cuando se alcance el equilibrio, podemos escribir lo siguiente:



Sabiendo que en el equilibrio ha reaccionado un 5 % de dihidrógeno, podremos es escribir que  $x = 0,05 \cdot 1,35 = 0,0675$  moles. teniendo esto en cuenta, las constantes  $K_c$  y  $K_p$  serán, respectivamente:

$$K_c = \frac{\left(\frac{2 \cdot 0,0675}{25}\right)^2}{\frac{1,35 - 0,0675}{25} \left(\frac{1,35 - 3 \cdot 0,0675}{25}\right)^3} = \frac{25^2(2 \cdot 0,0675)^2}{(1,35 - 0,0675)(1,35 - 3 \cdot 0,0675)^3} = 5,88$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta n} = 5,88(0,082 \cdot 673)^{-2} = 1,93 \cdot 10^{-3}$$

- b) En el equilibrio, las presiones parciales son las siguientes:

$$p_{\text{N}_2} = \frac{1,35 - 0,0675}{25} 0,082 \cdot 673 = 2,83 \text{ atm}$$

$$p_{\text{H}_2} = \frac{1,35 - 3 \cdot 0,0675}{25} 0,082 \cdot 673 = 2,53 \text{ atm}$$

$$p_{\text{NH}_3} = \frac{2 \cdot 0,0675}{25} 0,082 \cdot 673 = 0,30 \text{ atm}$$

- c) Al añadir amoniaco (producto de la reacción, el equilibrio se desplazará tendiendo a contrarrestar esta aportación, de forma que la constante mantenga su valor. Por tanto, el equilibrio **se desplazará hacia la izquierda**.

d) En la expresión de  $K_c$  podemos ver que el volumen aparece en el numerador, elevado al cuadrado. Por tanto, un aumento de volumen producirá un desplazamiento del equilibrio que tienda a disminuir la cantidad de amoniaco, con el fin de mantener el valor de la constante. El equilibrio se desplazará, por tanto, **hacia la izquierda**.

6. Sabiendo que la solubilidad del carbonato de magnesio en agua es  $1,87 \cdot 10^{-4}$  M: a) Calcule el producto de solubilidad ( $K_{ps}$ ) de dicha sal. b) Calcule la solubilidad del carbonato de magnesio en una disolución 0,2 M de carbonato de sodio expresada en g/L. c) Indique razonadamente si aparecerá o no aparecerá precipitado al mezclar 20 ml de una disolución  $5 \cdot 10^{-4}$  M de carbonato de sodio con 20 ml de disolución  $2,5 \cdot 10^{-4}$  M de cloruro de magnesio. Datos. Masas atómicas: C = 12; O = 16; Mg = 24,3 .

**Respuesta:**

- a) La constante del producto de solubilidad será:

$$K_{ps} = [\text{Mg}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = s^2 = (1,87 \cdot 10^{-4})^2 = 3,50 \cdot 10^{-8}$$

- b) Cuando  $[\text{CO}_3^{2-}] = 0,2$ , podremos escribir:

$$K_{ps} = 3,50 \cdot 10^{-8} = 0,2 \cdot s \quad s = 1,75 \cdot 10^{-7} \text{ M}$$

Expresada en g/L la solubilidad será:

$$s = 1,75 \cdot 10^{-7} (24,3 + 12 + 3 \cdot 16) = 1,47 \cdot 10^{-5} \text{g} \cdot \text{L}^{-1}$$

c) La concentración de  $\text{CO}_3^{2-}$  procedente del  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  en la disolución será:  $[\text{CO}_3^{2-}] = \frac{5 \cdot 10^{-4}}{2} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{M}$ , mientras que la concentración de  $\text{Mg}^{2+}$  en la misma disolución, será:  $[\text{Mg}^{2+}] = \frac{2,5 \cdot 10^{-4}}{2} = 1,25 \cdot 10^{-4} \text{M}$ . El denominador 2 procede, en ambos casos, de que el volumen de la disolución se hace doble al mezclar las dos disoluciones originales. Si multiplicamos las concentraciones, tendremos:

$$[\text{Mg}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 1,25 \cdot 10^{-4} \cdot 2,5 \cdot 10^{-4} = 3,125 \cdot 10^{-8} < K_{ps}$$

Por tanto **no aparecerá precipitado**.

7. Las presiones parciales de  $\text{H}_2$ ,  $\text{I}_2$  y  $\text{HI}$  en equilibrio a  $400^\circ\text{C}$  son, respectivamente, 0,150; 0,384 y 1,850 atm. Calcule las constantes  $K_p$  a esa temperatura para las reacciones: a)  $\text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2 \text{HI}(\text{g})$   
 b)  $1/2 \text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{I}_2(\text{g}) = \text{HI}(\text{g})$  c)  $2 \text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons \text{H}_2(\text{g}) + \text{I}_2(\text{g})$  d)  $\text{HI}(\text{g}) \rightleftharpoons 1/2 \text{H}_2(\text{g}) + 1/2 \text{I}_2(\text{g})$ .

**Respuesta:**

a) La constante  $K_p$  será:

$$K_p = \frac{1,850^2}{0,150 \cdot 0,384} = 59,42$$

b)

$$K_p = \frac{1,850}{(0,150^{1/2})(0,384)^{1/2}} = 7,71$$

c)

$$K_p = \frac{0,150 \cdot 0,384}{1,850^2} = 0,017$$

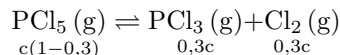
d)

$$K_p = \frac{0,150^{1/2} \cdot 0,384^{1/2}}{1,850} = 0,13$$

8. En un recipiente en el que previamente se ha realizado el vacío se introduce pentacloruro de fósforo y se calienta hasta 450 K, alcanzándose el equilibrio:  $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$ . a) Determine el valor de  $K_p$  a esa temperatura, sabiendo que cuando se alcanza el equilibrio el pentacloruro de fósforo se encuentra disociado en un 30 % y la presión total de la mezcla de gases es de 1,5 atm. b) Determine el valor de  $K_c$  a 450 K. Datos:  $R = 0,082 \text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

**Respuesta:**

a) Cuando se alcanza el equilibrio, podemos escribir:



La fracción molar de cada especie será:

$$\chi_{\text{PCl}_3} = \chi_{\text{Cl}_2} = \frac{0,3c}{c(1+0,3)} = 0,23 \qquad \chi_{\text{PCl}_5} = 1 - 2 \cdot 0,23 = 0,54$$

Las respectivas presiones serán:

$$p_{\text{PCl}_3} = p_{\text{Cl}_2} = 0,23 \cdot 1,5 = 0,345 \text{atm} \qquad p_{\text{PCl}_5} = 1,5 - 2 \cdot 0,345 = 0,81 \text{atm}$$

Con estos datos tendremos:

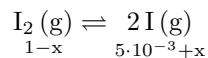
$$K_p = \frac{P_{\text{PCl}_3} \cdot P_{\text{PCl}_2}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{0,345^2}{0,81} = 0,147$$

$$K_c = K_p(\text{RT})^{-\Delta n} = 0,147 (0,082 \cdot 723)^{-1} = 4,41 \cdot 10^{-5}$$

9. a) Para el proceso  $\text{I}_2(\text{g}) \rightleftharpoons 2\text{I}(\text{g})$  la constante de equilibrio  $K_c$  a 1000 K vale  $3,76 \cdot 10^{-5}$ . Si se inyecta 1,0 mol de  $\text{I}_2$  en un recipiente de 2 L que ya contenía  $5 \cdot 10^{-3}$  moles de I, calcula las concentraciones de  $\text{I}_2$  e I en el equilibrio a esa temperatura. b) Explique razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si añadimos una cantidad adicional de  $\text{I}_2$ . c) Explique razonadamente en qué sentido se desplazará el equilibrio si disminuye el volumen del sistema a 1 L.

**Respuesta:**

a) El equilibrio puede ser representado mediante la ecuación:



Aplicando la constante de equilibrio:

$$3,76 \cdot 10^{-5} = \frac{\left(\frac{5 \cdot 10^{-3} + x}{2}\right)^2}{\frac{1-x}{2}} = \frac{(5 \cdot 10^{-3} + x)^2}{2(1+x)} \quad x = 3,97 \cdot 10^{-3}$$

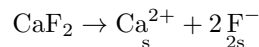
Las respectivas concentraciones de  $\text{I}_2$  e I serán:

$$[\text{I}_2] = \frac{1 - 3,97 \cdot 10^{-3}}{2} = 0,498 \text{ M} \quad [\text{I}] = \frac{8,97 \cdot 10^{-3}}{2} = 4,49 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

- b) Al añadir una cantidad de reactivo, el equilibrio se desplazará hacia la formación de producto, es decir, **hacia la formación de I**.
- c) Al disminuir el volumen, el equilibrio evolucionará hacia donde el número de moles gaseosos sea menor, es decir, **hacia la formación de  $\text{I}_2$** .
10. a) Si el producto de solubilidad,  $K_{ps}$ , del fluoruro de calcio es  $1,0 \cdot 10^{-10}$ , ¿cuál es su solubilidad en agua? b) ¿Cuánto fluoruro de sodio hay que añadir a 1 L de una disolución acuosa que contiene 20 mg/L de  $\text{Ca}^{2+}$  para que empiece a precipitar fluoruro de calcio? c) Explique brevemente en qué consiste el efecto del ion común empleando como ejemplo la disolución saturada de fluoruro de calcio. Datos. Masas atómicas : F = 19; Na = 23; Ca = 40.

**Respuesta:**

a) A partir del equilibrio de disociación:



Podremos escribir:

$$1,0 \cdot 10^{-10} = 4s^3 \quad s = 2,92 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

- b) La concentración del ion  $\text{Ca}^{2+}$  será:  $[\text{Ca}^{2+}] = \frac{0,02}{40} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ M}$ , por lo que podemos escribir:

$$1,0 \cdot 10^{-10} = 5 \cdot 10^{-4} [\text{F}^-]^2 \quad [\text{F}^-] = 4,47 \cdot 10^{-4} \text{ M}$$

Para calcular la masa de NaF:

$$4,47 \cdot 10^{-4} = \frac{m}{1} \quad m = 0,019 \text{ g NaF}$$

- c) La adición de una cantidad suplementaria de cualquiera de los iones procedentes de la disolución del  $\text{CaF}_2$  producirá la precipitación de esta sal, al sobrepasarse el valor del producto de solubilidad.

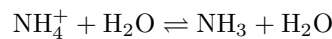


## 6. ÁCIDOS Y BASES.

1. a) Se dispone en el laboratorio de disoluciones acuosas de concentración 0,1 M de las siguientes sustancias: nitrato de sodio, amoníaco, ácido nítrico, hidróxido de potasio y cloruro de amonio. Ordene razonadamente dichas disoluciones por orden creciente de pH. b) Se mezclan 50 mL de la disolución 0,1 M de ácido acético con 50 mL de disolución 0,1 M de hidróxido de potasio. Indique, razonando su respuesta y sin necesidad de calcular el valor del pH, si la disolución resultante será ácida, básica o neutra.

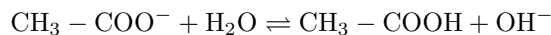
### Respuesta:

a) El nitrato de sodio es una sal de ácido fuerte y base fuerte, por lo que en disolución, su pH es neutro. El amoníaco es una base relativamente débil; el ácido nítrico es un ácido fuerte; el hidróxido de potasio es una base fuerte y el cloruro de amonio es una sal de ácido fuerte y base débil, donde el catión  $\text{NH}_4^+$  experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



Por lo que el pH de esta última disolución es ligeramente ácido. Así pues, el orden creciente de pH será:  **$\text{HNO}_3 < \text{NH}_4\text{Cl} < \text{NaNO}_3 < \text{NH}_3 < \text{KOH}$**

b) La sal formada (acetato de potasio) es una sal de ácido débil y base fuerte, por lo que el anión acetato experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



Por lo que el pH será **alcalino**.

2. Se valoran 20 ml de una disolución de ácido nítrico 0,15 M con una disolución de hidróxido de potasio 0,1 M. a) Calcule el pH de la disolución inicial de ácido nítrico. ) b) Calcule el el pH de la disolución tras la adición de 10 ml de hidróxido de potasio. c) ¿Cuál será el pH de la disolución en el punto de equivalencia? ¿Cuál de los siguientes sería el indicador más adecuado para esta valoración: azul de timol (viraje: 1-3), rojo de fenol (viraje: 6-8) o amarillo de alizarina-R (viraje: 10-12)? d) ¿Qué volumen de base será necesario añadir para llegar al punto de equivalencia?

### Respuesta:

a) El pH de la disolución de ácido nítrico será:

$$\text{pH} = -\log c = -\log 0,15 = \mathbf{0,82}$$

b) En número inicial de moles de ácido será:

$$n_0 = 20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 = 3 \cdot 10^{-3}$$

El número de moles de base añadido es:

$$n_b = 10 \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 10^{-3}$$

El número de moles de ácido sin neutralizar será:  $n = n_0 - n_b = 2 \cdot 10^{-3}$ . la concentración será:

$$c = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{(20 + 10) \cdot 10^{-3}} = \mathbf{2,18}$$

c) Al formarse una sal de ácido fuerte y base fuerte, el pH será **7**.

d) Dado el pH 7 en el punto de equivalencia, el indicador más adecuado es el **rojo de fenol**.

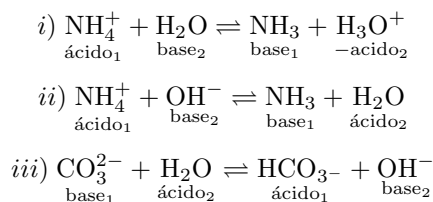
d) para hallar el volumen de base, tendremos:

$$20 \cdot 0,15 = V \cdot 0,1 \quad V = 30 \text{ mL}$$

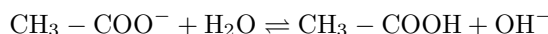
3. a) Complete las siguientes reacciones e indique las sustancias que actúan como ácido y como base y sus pares conjugados según la teoría de Brønsted-Lowry: i)  $\text{NH}_4^+ + \text{H}_2\text{O}$  ii)  $\text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$  iii)  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O}$   
 b) Ordene razonadamente las siguientes sales en orden creciente del pH que tendrá una disolución de cada una de ellas en agua: cloruro de calcio, acetato de potasio y nitrato de amonio.

**Respuesta:**

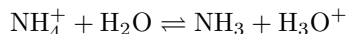
a)



b) El cloruro de calcio es una sal de ácido fuerte y base fuerte. Su pH será **neutro**. El acetato de potasio es una sal de ácido débil y base fuerte. El anión acetato experimenta el siguiente proceso de hidrólisis:



Con lo que el pH de la disolución es **básico**. El nitrato de amonio es una sal de ácido fuerte y base débil. El catión amonio experimenta la siguiente hidrólisis:



Siendo **ácido** el pH de esta disolución

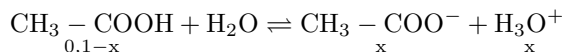
4. Se preparan 250 ml de una disolución disolviendo 1,5 g de ácido acético ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) en agua. Si esta disolución tiene un pH = 2,9: a) Determine el valor de la constante de acidez  $K_a$  para el ácido acético. b) Determine el grado de disociación del ácido acético en la anterior disolución. Datos: Masas atómicas: C = 12, H = 1; O = 16

**Respuesta:**

a) La concentración inicial de ácido acético será:

$$c = \frac{1,5/60}{0,25} = 0,1 \text{ M}$$

El equilibrio de disociación para el ácido acético es el siguiente:



Puesto que el pH es 2,9; podremos escribir:  $x = 10^{-2,9} = 1,26 \cdot 10^{-3}$ . Con estos datos, la constante  $K_a$  tendrá el valor:

$$K_a = \frac{x^2}{c - x} = \frac{(1,26 \cdot 10^{-3})^2}{0,1 - 1,26 \cdot 10^{-3}} = 1,61 \cdot 10^{-5}$$

b) El grado de disociación será:

$$\alpha = \frac{x}{c} = \frac{1,26 \cdot 10^{-3}}{0,1} = 0,0126$$

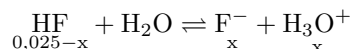
5. El ácido fluorhídrico es un ácido débil cuya constante de disociación  $K_a$  es  $3,5 \cdot 10^{-4}$ . Si 0,125 gramos de ácido fluorhídrico se disuelven en 250 ml de agua, calcule: a) El pH de la disolución resultante. b) El grado de disociación del ácido en estas condiciones. c) El volumen de una disolución 0,25 M de hidróxido de sodio que debe añadirse a 100 ml de la disolución anterior para neutralizarla. Datos. Masas atómicas: F = 19; H = 1.

**Respuesta:**

- a) La concentración inicial de ácido fluorhídrico es:

$$c_0 = \frac{0,125/20}{0,25} = 0,025 \text{ M}$$

En el equilibrio tendremos:



Aplicando la constante  $K_a$  :

$$3,5 \cdot 10^{-4} = \frac{x^2}{0,025 - x} \quad x = 2,79 \cdot 10^{-3} \quad \text{y} \quad \text{pH} = 2,55$$

- b) El grado de disociación se calcula así:

$$x = c_0 \alpha \rightarrow \alpha = \frac{2,79 \cdot 10^{-3}}{0,025} = 0,112$$

- c) Cuando se produzca la neutralización, dado que la reacción se produce mol a mol, tendremos:

$$V_A M_A = V_B M_B \quad 100 \cdot 0,025 = V_B \cdot 0,25 \quad V_B = 10 \text{ mL}$$

6. a) Indique de manera razonada si las siguientes afirmaciones sobre una disolución acuosa de un ácido son verdaderas o falsas. i) El producto  $[\text{H}_3\text{O}^+] \cdot [\text{OH}^-] = 10^{-14}$  para la disolución acuosa del ácido. ii) La concentración de  $\text{H}_3\text{O}^+$  en disolución es mayor que  $10^{-7}$  M. b) Se prepara una disolución añadiendo 4,88 g de ácido benzoico,  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ , a la cantidad de agua necesaria para obtener 500 ml de disolución. En dicha disolución el ácido está disociado en un 2,8%. Calcule la constante de acidez  $K_a$  del ácido benzoico y el pH de la disolución. Datos. Masas atómicas: H = 1; C = 12; O = 16.

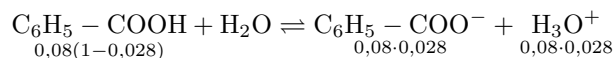
**Respuesta:**

a) i) La afirmación es **correcta**. El producto iónico del agua tiene este valor a 25° C. ii) La afirmación es **falsa**. Cuanto mayor sea la concentración del ácido, menor será el pH (siempre menor que 7) y, por tanto, la concentración de iones  $[\text{H}_3\text{O}^+]$

- b) La concentración inicial de ácido benzoico es:

$$c_0 = \frac{4,88/122}{0,5} = 0,08 \text{ M}$$

sabiendo que  $\alpha = 0,028$ , podremos escribir, en el equilibrio:



La constante  $K_a$  tendrá el valor:

$$K_a = \frac{(0,08 \cdot 0,028)^2}{0,08(1 - 0,028)} = 6,45 \cdot 10^{-5}$$

El pH es:

$$\text{pH} = -\log [0,08 \cdot 0,028] = 2,65$$

7. a) Describa cómo realizaría experimentalmente una valoración de ácido clorhídrico de concentración aproximada 0,25 M con una disolución de hidróxido de sodio 0,2 M. b) Si dispone de los indicadores de la tabla, ¿cuál de ellos emplearía para realizar dicha valoración? ¿Qué cambio de color esperaría apreciar

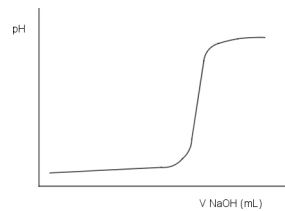
Indicador	pH viraje	color
Azul de timol	1,2-2,8	rojo-amarillo
Azul de bromotimol	6,0-7,6	amarillo-azul
Amarillo de alizarina-R	10,2-12,0	amarillo-violeta

al alcanzar el punto de equivalencia? c) Represente, de forma aproximada, la curva de valoración ácido-base correspondiente (pH vs  $V_{\text{NaOH}}$ ) y comente la variación de pH que se iría produciendo a lo largo de la misma.

**Respuesta:**

a) y b) En un vaso de precipitados se dispone un volumen conocido de disolución del ácido. 0,25 M. Se carga una bureta con disolución de NaOH 0,2 M y se añaden al vaso de precipitados unas gotas de indicador, concretamente, **azul de bromotimol**, pues la disolución resultante es neutra, y el intervalo de viraje de este indicador se encuentra entre un pH ligeramente ácido y otro ligeramente básico. Se vierte disolución de NaOH sobre el vaso de precipitados, agitando hasta que el color **amarillo** del indicador vire a **azul** de forma permanente. En el punto de equivalencia (pH = 7) cabría esperar un color verdoso, resultante de la mezcla de azul y amarillo.

c) La curva de valoración puede tener una forma semejante a ésta:



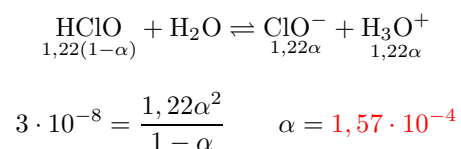
8. a) La constante de disociación ácida del ácido hipocloroso,  $K_a$ , tiene un valor de  $3 \cdot 10^{-8}$ . Si se añaden 32 g de ácido hipocloroso en la cantidad de agua necesaria para obtener 500 mL de disolución, calcule: i) El grado de disociación. ii) El pH de la disolución resultante. b) Las disoluciones acuosas de cloruro de potasio, bromuro de amonio y acetato de litio presentan en un diferente comportamiento ácido-base. Ordénelas según su valor creciente de pH y justifíquelo de manera razonada. Datos. Masas atómicas: H = 1; O = 16; Cl = 35,5.

**Respuesta:**

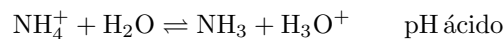
a) La concentración inicial del ácido hipocloroso será:

$$c = \frac{32}{\frac{52,5}{0,5}} = 1,22 \text{ M}$$

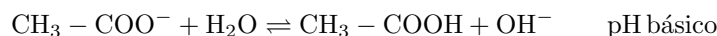
A partir del equilibrio de disociación:



b) El cloruro de potasio es una sal de ácido fuerte y base fuerte, por lo que su disolución tiene un pH neutro. El bromuro de amonio es una sal de ácido fuerte y base débil, produciéndose el siguiente proceso de hidrólisis:



El acetato de litio es una sal de ácido débil y base fuerte. Se producirá el siguiente proceso de hidrólisis:

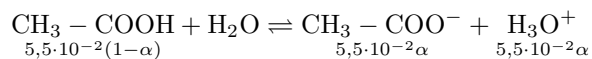


Por tanto, la ordenación según el valor creciente de pH será:  $\text{NH}_4\text{Br} < \text{KCl} < \text{CH}_3 - \text{COOLi}$

9. Se prepara en el laboratorio una disolución de ácido acético de concentración  $5,5 \cdot 10^{-2}$  M. a) Calcule el grado de disociación del ácido en esta disolución. b) Calcule el pH de la disolución. c) Calcule el volumen de una disolución de hidróxido de sodio 0,1 M necesario para neutralizar 20 ml de la disolución de ácido acético. d) Justifique de manera razonada si el pH resultante tras la neutralización del apartado anterior será ácido, básico o neutro. Dato.  $K_a$  (ácido acético) =  $1,86 \cdot 10^{-5}$

**Respuesta:**

a) El equilibrio de disociación será:



$$1,86 \cdot 10^{-5} = \frac{5,55 \cdot 10^{-2} \alpha^2}{1 - \alpha} \quad \alpha = 0,018$$

b) El pH es:  $\text{pH} = -\log(5,55 \cdot 10^{-2} \cdot 0,018) = 3$ .

c) Al reaccionar un mol de ácido con un mol de base, podemos establecer la igualdad:

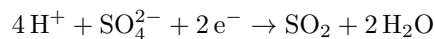
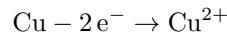
$$V \cdot 0,1 = 20 \cdot 5,55 \cdot 10^{-2} \quad V = 11,1 \text{ mL}$$

## 7. OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN.

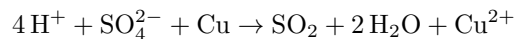
1. Se hace reaccionar una muestra de 15 g de cobre impuro con una disolución acuosa de ácido sulfúrico, obteniéndose 32,64 g de sulfato de cobre (II), además de dióxido de azufre y agua. a) Escriba y ajuste la reacción por el método del ion-electrón. b) Calcule la riqueza de la muestra inicial de cobre. Datos. Masas atómicas: Cu = 63,5; O = 16; S = 32

**Respuesta:**

- a) Las semirreacciones de oxidación y reducción son, respectivamente:



Sumando ambas semirreacciones:



En forma molecular:



- b) Para calcular la riqueza de la muestra, podemos plantear la siguiente igualdad:

$$\frac{63,5 \text{ g Cu}}{x \text{ g Cu}} = \frac{159,5 \text{ g CuSO}_4}{32,64 \text{ g CuSO}_4} \quad x = 13 \text{ g Cu}$$

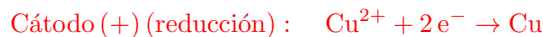
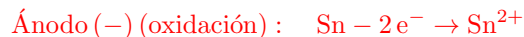
La riqueza de la muestra será, pues:

$$r = \frac{13}{15} 100 = 86,67\%$$

2. Se construye una pila con electrodos  $\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$  y  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$ , unidos a través de un puente salino que contiene una disolución de cloruro de amonio. a) Escriba las semirreacciones que tienen lugar en los electrodos, así como la reacción global, y calcule el valor de la f.e.m. estándar de dicha pila. b) Indique cuál será el ánodo y cuál será el cátodo, así como la polaridad de cada electrodo. c) Haga una representación gráfica de dicha pila y represente la notación de la misma. d) Indique razonadamente en qué sentido se desplazarán los iones amonio y los iones cloruro. Datos.  $\varepsilon^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$ ;  $\varepsilon^0(\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}) = -0,14 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

- a) y b) Las semirreacciones son las siguientes:



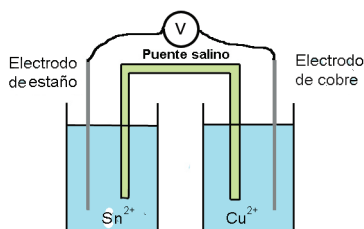
La reacción global es:



- c) Una representación gráfica de la pila podría ser:

La notación de la pila es:  $\text{Sn}|\text{Sn}^{2+}||\text{Cu}^{2+}|\text{Cu}$ .

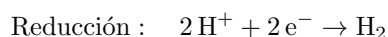
- d) Los iones amonio, al tener carga +, se desplazarán hacia el ánodo, mientras que los iones cloruro (carga -) lo harán hacia el cátodo.



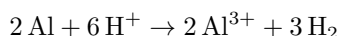
3. Se introducen en un matraz 30 gramos de aluminio del 95 % en masa de pureza y se añaden 100 ml de ácido clorhídrico comercial de densidad 1,17 g/mL y del 35 % de riqueza en masa. El aluminio reacciona con el ácido clorhídrico para formar tricloruro de aluminio y dihidrogeno gaseoso. a) Ajuste la reacción por el método del ion-electrón. b) Calcule cual es el reactivo limitante. c) Calcule la masa de aluminio que reacciona y de tricloruro de aluminio que se forma. d) Calcule el volumen de dihidrogeno gaseoso que se forma a 25<sup>o</sup> C y 740 mm de Hg. Datos. Masas atómicas: Al = 27; H = 1; Cl = 35,5.

**Respuesta:**

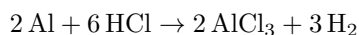
- a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por dos, la segunda por tres, y sumando miembro a miembro, tendremos:



En forma molecular, tendremos:



- b) La masa de aluminio puro será:  $m = 30 \cdot 0,95 = 28,5$  g, mientras que la masa de HCl será:  $m_{\text{HCl}} = 100 \cdot 1,17 \cdot 0,35 = 40,95$  g. para calcular el reactivo limitante, planteamos la siguiente relación:

$$\frac{2 \cdot 27 \text{ g Al}}{6 \cdot 36,5 \text{ g HCl}} = \frac{28,5 \text{ g Al}}{x \text{ g HCl}} \quad x = 115,58 \text{ g HCl}$$

Al disponer únicamente de 40,95 g de HCl, éste será el reactivo limitante.

- c) La masa de aluminio que reacciona se puede calcular de esta forma:

$$\frac{2 \cdot 27 \text{ g Al}}{6 \cdot 36,5 \text{ g HCl}} = \frac{x \text{ g Al}}{40,95 \text{ g HCl}} \quad x = 10,1 \text{ g Al}$$

La cantidad de tricloruro de aluminio obtenida será:

$$\frac{2 \cdot 27 \text{ g Al}}{2 \cdot 133,5 \text{ g AlCl}_3} = \frac{10,1 \text{ g Al}}{x \text{ g AlCl}_3} \quad x = 49,94 \text{ g AlCl}_3$$

- d) Por último, para hallar el volumen de H<sub>2</sub>, podemos utilizar la siguiente relación:

$$\frac{2 \cdot 27 \text{ g Al}}{3 \text{ mol H}_2} = \frac{10,1 \text{ g Al}}{x \text{ mol H}_2} \quad x = 0,56 \text{ mol H}_2$$

Aplicando la ecuación de los gases:

$$\frac{740}{760} V = 0,56 \cdot 0,082 \cdot 298 \quad V = 14,06 \text{ L}$$

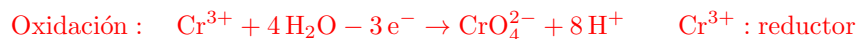
4. Teniendo en cuenta los datos de potencial estándar de reducción proporcionados, razone si cada una de las siguientes afirmaciones es verdadera o falsa: a) Al fabricar una pila con los sistemas  $\text{Ag}^+/\text{Ag}$  y  $\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$ , el electrodo de plata actúa como ánodo. b) Al añadir una disolución de  $\text{Cu}^{2+}$  sobre un recipiente de plomo, se produce reacción. c) Los iones  $\text{Pb}^{2+}$  se reducen espontáneamente a  $\text{Pb}$  en presencia de iones  $\text{Zn}^{2+}$ . d) Al introducir una barra de cobre en una disolución de nitrato de plata, la barra se recubre de plata. Datos.  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = 0,80 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = -0,14 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = 0,34 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

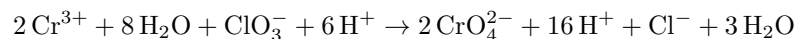
- a) Para actuar el electrodo de plata como ánodo, el potencial de la pila sería:  $\varepsilon_0 = -0,76 - 0,80 > 0$ . La afirmación es **falsa**.
- b) El potencial de la reacción debería ser:  $\varepsilon_0 = 0,34 - (-0,14) > 0$ . La afirmación es **correcta**.
- c) La afirmación es **falsa**, pues no se pueden reducir simultáneamente ambos iones.
- d) El potencial de esta reacción sería:  $\varepsilon_0 = 0,80 - 0,34 > 0$ . La afirmación es **correcta**.
5. Se hacen reaccionar  $\text{KClO}_3$ ,  $\text{CrCl}_3$  y  $\text{KOH}$ , produciéndose  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  $\text{KCl}$  y  $\text{H}_2\text{O}$ . a) Formule e identifique las semirreacciones de oxidación y de reducción, especificando cuál es el agente oxidante y cuál el reductor. b) Mediante el método del ion-electrón ajuste las dos semirreacciones, la reacción iónica y la reacción molecular en medio básico. c) Ajuste la semirreacción  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}$  en medio ácido y justifique si una disolución 1 M de dicromato de potasio en medio ácido es capaz de oxidar un anillo de oro. Datos.  $E^0(\text{Au}^{3+}/\text{Au}) = 1,50 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33 \text{ V}$ .

**Respuesta:**

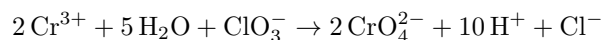
- a) Las semirreacciones de oxidación y de reducción son las siguientes.



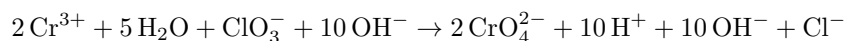
- b) Multiplicando por dos la semirreacción de oxidación y sumándola a la de reducción, tendremos:



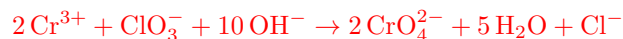
Agrupando términos:



Sumando a cada miembro  $10 \text{OH}^-$  :



Nos queda, finalmente:



En forma molecular:



- c) La semirreacción es :



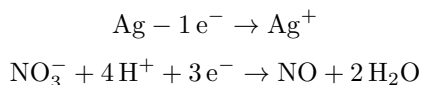
El potencial de la pila, en la cual el  $\text{Au}$  debería actuar como ánodo, sería:  $\varepsilon_{\text{pila}} = \varepsilon_{\text{cátodo}} - \varepsilon_{\text{ánodo}} = 1,33 - 1,50 < 0$ , por lo que el oro **no puede ser oxidado** por la disolución de dicromato.



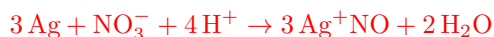
6. Cuando se introduce un fragmento de plata metálica en un recipiente con ácido nítrico se produce una reacción en la que se forman nitrato de plata, monóxido de nitrógeno y agua. a) Ajuste las ecuaciones iónica y molecular por el método del ion-electrón. b) ¿Qué volumen de monóxido de nitrógeno gas, medido a 20°C y 750 mm Hg, se formará por reacción de 26,95 g de plata con ácido nítrico? c) ¿Qué volumen de disolución de ácido nítrico 0,1 M se necesitaría para que se produzca la reacción del anterior apartado? Datos. Masa atómica : Ag = 107,8; R = 0,082 atm·L·mol<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>.

**Respuesta:**

- a) Las semirreacciones son las siguientes:



Multiplicando la primera semirreacción por tres y sumando la segunda, tendremos:



Que, en forma molecular, queda así:



- b) A partir de la ecuación ajustada, se puede establecer la siguiente relación:

$$\frac{3 \cdot 107,8 \text{ g Ag}}{26,95 \text{ g Ag}} = \frac{1 \text{ mol NO}}{x \text{ mol NO}} \quad x = 0,083 \text{ mol NO}$$

Aplicando la ecuación de los gases:

$$\frac{750}{760} V = 0,083 \cdot 0,082 \cdot 293 \quad V = 2,02 \text{ L NO}$$

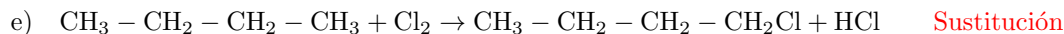
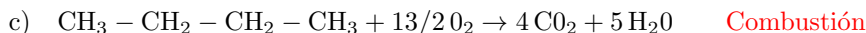
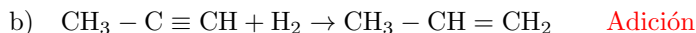
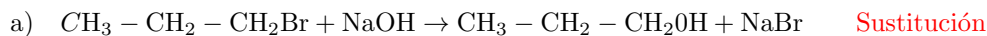
- c) Aplicando una relación semejante a la del apartado anterior:

$$\frac{3 \cdot 107,8 \text{ g Ag}}{26,95 \text{ g Ag}} = \frac{4 \text{ mol HNO}_3}{V \cdot 0,1 \text{ mol HNO}_3} \quad V = 3,33 \text{ L disolución}$$

pagebreak

## 8. QUÍMICA ORGÁNICA.

1. Indique qué tipo de reacción es cada una de las siguientes:

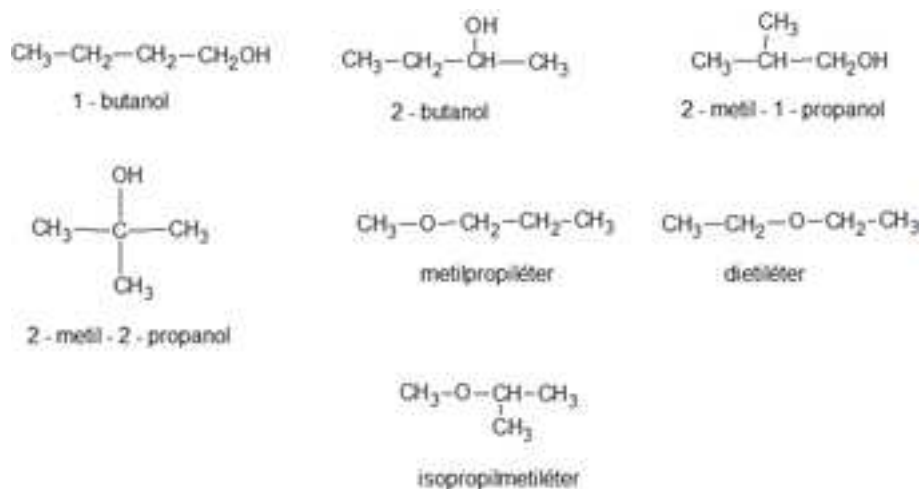


2. Para los compuestos orgánicos de fórmula molecular C<sub>4</sub>H<sub>10</sub>O: a) Formule y nombre todos los isómeros posibles. b) ¿Cuál es la condición necesaria para que un compuesto presente isomería óptica? Indique cuál o cuáles de los anteriores isómeros presentan este tipo de isomería.

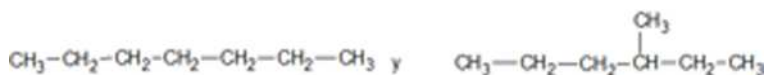
**Respuesta:**

- a) Los posibles isómeros de el compuesto son los siguientes:

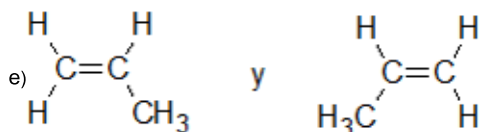
b) Para que un compuesto presente isomería óptica, es necesario que posea, al menos un carbono asimétrico, es decir, aquel que está unido a cuatro sustituyentes diferentes. De los anteriores isómeros, sólo el **2-butanol** posee un carbono asimétrico concretamente, el número 2) y , por tanto, presenta isomería óptica.



3. Indique, razonando su respuesta, cuáles de las siguientes parejas de moléculas son isómeros y cuáles no. En caso afirmativo, indique de qué tipo de isomería se trata.



- b)  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$  y  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_3$   
 c)  $\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH}_3$  y  $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3$   
 d)  $\text{CH}_3\text{-CHCl-CH}_2\text{-CH}_3$  y  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{Cl}$



4. Dados los compuestos orgánicos  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ;  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$  y  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ : a) Cuales son hidrocarburos? b) Escriba la reacción ajustada de combustión del compuesto  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ . c) Escriba un ejemplo de reacción ajustada de sustitución con el compuesto  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{Br}$ . d) Escriba la reacción ajustada de adición de H, sobre el compuesto  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ . e) Escriba la reacción ajustada de adición de  $\text{CH}_3\text{I}$  sobre el compuesto  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$ .

**Respuesta:**

a) Los hidrocarburos son los compuestos formados únicamente por H y C, es decir,  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  y  $\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$

b) la reacción ajustada es la siguiente:



c) Un ejemplo de reacción de sustitución puede ser:



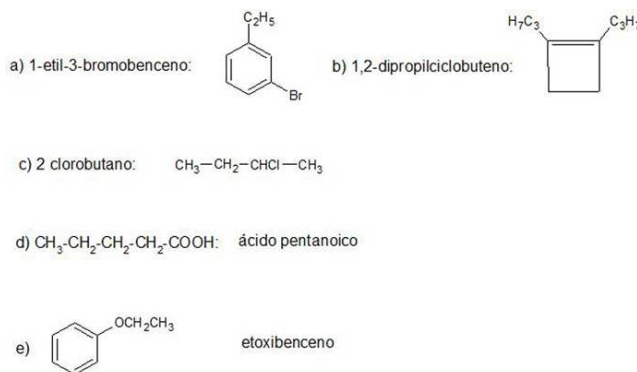
d) La adición de hidrógeno tiene como reacción:



e) La adición de  $\text{CH}_3\text{I}$  sobre  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$  es la siguiente:

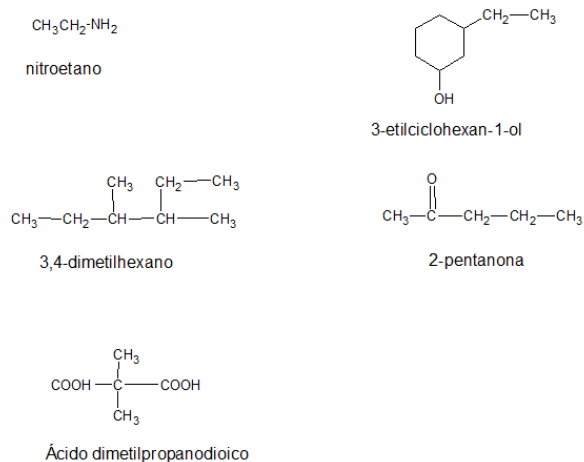


5. Formule o nombre correctamente las siguientes compuestos:



6. Formule o nombre correctamente los siguientes compuestos: a)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{NO}_2$  b) 3-etilciclohexan-1-ol  
c)  $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{CH}_2\text{CH}_3) - \text{CH}_3$  d)  $\text{CH}_3 - \text{CO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$  e) Ácido dimetilpropanodioico

**Respuesta:**



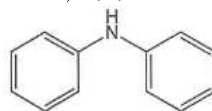
7. Escriba los productos de cada una de las siguientes reacciones orgánicas y clasifíquelas según el tipo de reacción del que se trata: a)  $\text{CH}\equiv\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} + \text{HBr}$ . b)  $(\text{CH}_3)_3\text{CBr} + \text{NaOH}$  c)  $\text{CH}_3 - \text{C}\equiv\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3 + 7 \text{O}_2$  d)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CHCl} + \text{NaCN}$  e)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ .

**Respuesta:**

a)  $\text{CH}\equiv\text{C} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl} + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_2 = \text{CBr} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2\text{Cl}$  Reacción de **adición**.

- b)  $(\text{CH}_3)_3\text{CBr} + \text{NaOH} \rightarrow (\text{CH}_3)_3\text{COH} + \text{NaBr}$ . Reacción de **sustitución**.  
 c)  $\text{CH}_3\text{-C}\equiv\text{C-CH}_2\text{-CH}_3 + 7 \text{O}_2 \rightarrow 5 \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2\text{O}$ . Reacción de **combustión**.  
 d)  $\text{CH}_3\text{-CH=CHCl} + \text{NaCN} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH=CHCN} + \text{NaCl}$ . Reacción de **sustitución**.  
 e)  $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{-CHOH-CH}_3$ . Reacción de **adición**.

8. Formule o nombre correctamente los siguientes compuestos : a) 2,2,4-trimetilpentano b) fenilmetilcetona



c) ácido 2,3-dicloropropanoico d)  $\text{CH}_2=\text{CH-CH}_2\text{Br}$  e)

**Respuesta:**

- a)  $\text{CH}_3\text{-C}(\text{CH}_3)_2\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_3$ . b) c)  $\text{CH}_3\text{-CHCl-CHCl-COOH}$ ; d) **3-bromopropeno**; e) **difenilamina**

9. a) Escriba las fórmulas de todos los isómeros estructurales de los alquenos de fórmula empírica  $\text{C}_5\text{H}_{10}$ .  
 b) Nombre cada uno de los isómeros anteriores. c) Indique cuáles de ellos presentan isomería geométrica y represente y nombre estos isómeros. d) Indique cuáles de ellos presentan isomería óptica y señale sus átomos de carbono quirales. e) Escriba un ejemplo de adición de  $\text{H}_2$  con uno de los isómeros del apartado a).

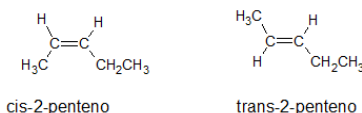
**Respuesta:**

a) Los isómeros estructurales son:

- a)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$     b)  $\text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH} - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$   
 c)  $\text{CH}_2 = \text{C}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$     d)  $\text{CH}_3 - \text{C}(\text{CH}_3) = \text{CH} - \text{CH}_3$   
 e)  $\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_3$

b) El nombre de cada isómero es: a) **1-penteno**; b) **2-penteno**; c) **2-metil-1-buteno**; d) **2-metil-2-buteno**; e) **3-metil-1-buteno**.

c) Presenta isomería geométrica el compuesto b), siendo sus isómeros:



d) De los isómeros representados, ninguno presenta isomería óptica, al carecer de carbonos asimétricos.

e) Una posible reacción de adición es:

