

# PRUEBAS EBAU QUÍMICA

Juan P. Campillo Nicolás

16 de julio de 2017

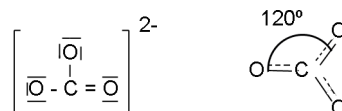
## 1. EL ÁTOMO. ENLACE QUÍMICO.

1. a) Escriba las configuraciones electrónicas en estado fundamental de los elementos X ( $Z = 19$ ) e Y ( $Z = 36$ ). Indique el grupo y periodo de la tabla periódica a los que pertenece cada uno de los elementos. A partir de su posición en la tabla periódica, indique, de forma razonada, el elemento que previsiblemente presentará el valor más bajo de la primera energía de ionización. b) Para el anión carbonato,  $\text{CO}_3^{2-}$ , deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del anión, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados. Datos: C ( $Z = 6$ ), O ( $Z = 8$ ).

### Respuesta:

a) La configuración electrónica para X es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$  (periodo 4, grupo 1), mientras que para Y es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ , periodo 4, grupo 18 (0). La menor energía de ionización corresponderá al elemento **X**, debido a que puede perder su electrón externo con facilidad, para alcanzar configuración de gas noble. El elemento Y ya posee esa configuración, por lo que es muy estable y no pierde electrones con facilidad.

b) La estructura de Lewis para el ion carbonato y su forma geométrica serían los siguientes:



2. Escriba el valor de los números cuánticos  $n$  y  $l$  para los orbitales de la subcapa 3d.

### Respuesta:

El número cuántico  $n$  valdrá **3**, mientras que el número cuántico  $l$  tomara el valor **2**.

3. a) El elemento X en estado fundamental presenta la siguiente configuración electrónica:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2$ . Indique: a) el grupo y período de la tabla periódica a los que pertenece el elemento y su carácter metálico, o no metálico; b) el tipo de ion, anión o catión, que formará el elemento. Justifique las respuestas. c). Los puntos de ebullición normales del 1-propanol (propan-1-ol,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ) y del metoxietano (etilmetil éter,  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ ) son  $97,4^\circ\text{C}$  y  $7^\circ\text{C}$ , respectivamente. Justifique la diferencia en los valores de los puntos de ebullición normales de los dos compuestos.

### Respuesta:

a) El elemento se encuentra en el **periodo 4** (nivel más alto ocupado) y el **grupo 2** (número de electrones de la capa de valencia). Se trata de un **metal** alcalinotérreo. b) Formará el catión  **$2^+$**  debido a que, perdiendo los dos electrones externos, alcanzará la configuración de gas noble.

c) El punto de ebullición del 1-propanol es muy superior al del metoxietano, debido a que, en el primero, existen enlaces O-H, que pueden dar lugar a la formación de enlaces por **punto de hidrógeno**.

4. A. Indique el tipo de hibridación que presenta el átomo de carbono en: a) la molécula de HCN (geometría lineal); b) la molécula  $\text{CCl}_4$  (geometría tetraédrica).

### Respuesta:

a) La hibridación es de tipo **sp**, debido a la forma lineal de la molécula. b) la hibridación es  **$sp^3$** , como corresponde a la forma tetraédrica.

5. Para el elemento X, caracterizado por pertenecer al grupo 15 y al período 4 de la tabla periódica: a) escriba la configuración electrónica en el estado fundamental; b) indique su número atómico; c) indique el número de electrones desapareados que presenta en el estado fundamental; d) escriba la configuración electrónica del anión  $\text{X}^{3-}$  en estado fundamental. e) Justifique la diferencia en los valores de las temperaturas normales de ebullición del  $\text{NH}_3$  ( $239,8\text{ K}$ ) y del  $\text{NF}_3$  ( $144,1\text{ K}$ ), si las dos moléculas presentan la misma estructura molecular (pirámide trigonal) y las dos son polares.

**Respuesta:**

- a) La configuración electrónica del estado fundamental es: X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$
- b) Su número atómico es  $Z = 33$ , igual al número de electrones del átomo neutro.
- c) En el estado fundamental, el número de electrones desapareados es de **3** (los electrones 4p), en aplicación del Principio de máxima multiplicidad /Regla de Hund)
- d) La configuración electrónica del anión  $X^{3-}$  es:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$  e) La temperatura de ebullición es superior en el caso del  $NH_3$ , debido a la formación de **enlaces por puente de hidrógeno** entre sus moléculas, lo que no puede ocurrir en el caso de las moléculas de  $NF_3$ .
6. Deduzca el carácter polar, o no polar, de la molécula  $BeCl_2$ , que presenta una geometría molecular lineal.

**Respuesta:**

La configuración electrónica del Be es  $1s^2$ . En la molécula  $BeCl_2$  se forman dos enlaces covalentes que forman entre sí un ángulo de  $180^\circ$ , al no existir electrones solitarios. A pesar de ser polares ambos enlaces, la suma de los momentos dipolares es nula. Así pues, la molécula será **apolar**.

7. Indique el número cuántico, y sus posibles valores, que representa según la teoría mecanocuántica: a) la energía de un orbital; b) la orientación espacial de un orbital. c) Los elementos X e Y ocupan las posiciones de la tabla periódica que se indican a continuación: X periodo = 4, grupo = 13; Y periodo = 4, grupo = 17. Indique el elemento que presentará el valor más alto del radio atómico. Justifique la respuesta.

**Respuesta:**

- a) El número cuántico que representa la energía de un orbital es el **n**. Puede tomar **valores enteros mayores o iguales que 1**
- b) La orientación espacial viene dada por el número cuántico **m**, cuyos valores (enteros) van desde **+ 1 hasta - 1**. c) Las respectivas configuraciones electrónicas son: X:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$  e Y:  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^5$ . El elemento de mayor radio atómico será el **X**, debido a que posee igual valor que Y para el número cuántico principal ( $n = 4$ ), pero posee menor número de protones en el núcleo.
8. A. Indique el tipo de hibridación del átomo central en las siguientes moléculas: a)  $SiCl_4$  (geometría tetraédrica); b)  $HCN$  (geometría lineal).

**Respuesta:**

- a) La hibridación es  **$sp^3$** , como corresponde a la forma tetraédrica.
- b) La hibridación es de tipo  **$sp$** , debido a la forma lineal de la molécula.

## 2. ESTEQUIOMETRÍA.

## 3. CINÉTICA DE REACCIONES.

1. Para la reacción química general  $A + B \rightarrow C + D$ , a una temperatura determinada, la velocidad inicial de desaparición de A varía con las concentraciones iniciales de los reactivos en la forma que se indica en la tabla: a) Determine la ecuación de velocidad para la reacción, indicando el orden de reacción parcial respecto del reactivo A y del reactivo B. b) Calcule el valor de la constante de velocidad, k, e indique sus unidades.

**Respuesta:**

Experimento	[A <sub>0</sub> ] (M)	[B <sub>0</sub> ] (M)	Velocidad inicial (M·s <sup>-1</sup> )
1	0,2	0,2	2,32 x 10 <sup>-4</sup>
2	0,8	0,2	9,28 x 10 <sup>-4</sup>
3	1,2	1,2	8,35 x 10 <sup>-3</sup>

a) y b) La ecuación de velocidad tendrá la forma:  $v = k[A]^\alpha[B]^\beta$ . Sustituyendo los datos correspondientes a los experimentos 1 y 2:

$$2,32 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,2^\alpha \cdot 0,2^\beta$$

$$9,28 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,8^\alpha \cdot 0,2^\beta$$

Dividiendo la segunda expresión entre la primera, tendremos:

$$4 = \left(\frac{0,8}{0,2}\right)^\alpha = 4^\alpha \quad \text{Con lo que: } \alpha = 1$$

Haciendo lo mismo con los datos de los experimentos 2 y 3:

$$9,28 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,8 \cdot 0,2^\beta$$

$$8,35 \cdot 10^{-3} = k \cdot 1,2 \cdot 1,2^\beta$$

$$\frac{8,35 \cdot 10^{-3}}{9,28 \cdot 10^{-4}} = 9 = \frac{1,2}{0,8} \left(\frac{1,2}{0,2}\right)^\beta = 1,5 \cdot 6^\beta$$

Despejando, tendremos:  $6 = 6^\beta$ , de donde deducimos que  $\beta = 1$ . Sustituyendo ahora los valores obtenidos en cualquiera de los experimento (por ejemplo, en el 1), tendremos:

$$2,32 \cdot 10^{-4} = k \cdot 0,2 \cdot 0,2 \quad k = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ M}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

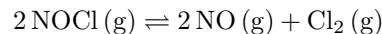
La ecuación de velocidad quedará, finalmente:

$$v = 5,8 \cdot 10^{-3} [A][B]$$

#### 4. TERMOQUÍMICA.

#### 5. EQUILIBRIO QUÍMICO.

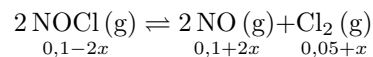
1. En un recipiente cerrado de 2 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 0,1 moles de NOCl(g), 0,1 moles de NO(g) y 0,05 moles de Cl<sub>2</sub>(g). La mezcla gaseosa se calienta a 300 °C, alcanzándose el equilibrio:



En el equilibrio, el número total de moles gaseosos ha disminuido un 7,2%. Calcule el valor de K<sub>c</sub> para la reacción en equilibrio a 300 °C tal y como está escrita.

**Respuesta:**

En el equilibrio tendremos:



En número inicial de moles será:  $n_0 = 0,1 + 0,1 + 0,05 = 0,25$ , mientras que en el equilibrio, el número de moles será:  $n = 0,25 (1 - 0,072) = 0,232 = 0,1 - 2x + 0,1 + 2x + 0,05 + x = 0,25 + x$ . Al resolver la ecuación, obtenemos  $x = -0,018$ , por lo que, en el equilibrio se cumplirá:

$$[\text{NOCl}] = \frac{0,1 - 2(-0,018)}{2} = 0,068$$

$$[\text{NO}] = \frac{0,1 + 2(-0,018)}{2} = 0,032$$

$$[\text{Cl}_2] = \frac{0,05 + (-0,018)}{2} = 0,016$$

La constante  $K_c$  tendrá el valor:

$$K_c = \frac{[\text{NO}]^2[\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]} = \frac{0,032^2 \cdot 0,016}{0,068^2} = 3,54 \cdot 10^{-3}$$

2. En una disolución acuosa saturada de carbonato de bario,  $\text{BaCO}_3$ , la concentración del anión carbonato es  $8,3 \times 10^{-5}$  M. a) Calcule la constante del producto de solubilidad del carbonato de bario. b) Determine si se formará un precipitado de carbonato de bario al añadir a 100 mL de agua 30 mL de una disolución acuosa  $10^{-3}$  M de nitrato de bario,  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ , y 20 mL de una disolución acuosa  $10^{-3}$  M de carbonato de sodio,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ .

**Respuesta:**

a) La constante del producto de solubilidad es:

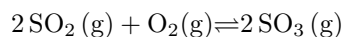
$$K_{ps} = [\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = s^2 = (8,3 \cdot 10^{-5})^2 = 6,89 \cdot 10^{-9}$$

b) Las concentraciones respectivas de  $\text{Ba}^{2+}$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  serán:

$$[\text{Ba}^{2+}] = \frac{30 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{(100 - 30 - 20) 10^{-3}} = 2 \cdot 10^{-4} \quad [\text{CO}_3^{2-}] = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3}}{(100 - 30 - 20) 10^{-3}} = 1,33 \cdot 10^{-4}$$

Multiplicando  $[\text{Ba}^{2+}]$  por  $[\text{CO}_3^{2-}]$  obtenemos:  $[\text{Ba}^{2+}][\text{CO}_3^{2-}] = 3,67 \cdot 10^{-8} > 6,89 \cdot 10^{-9}$ . Por tanto, **se produce precipitado**.

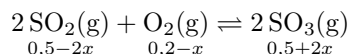
3. En un recipiente cerrado de 2 L, en el que inicialmente se ha realizado el vacío, se introducen 0,5 moles de  $\text{SO}_2(\text{g})$ , 0,2 moles de  $\text{O}_2(\text{g})$  y 0,5 moles de  $\text{SO}_3(\text{g})$ . La mezcla gaseosa se calienta a 1000 K, alcanzándose el equilibrio representado por la reacción:



En el equilibrio, la presión parcial de  $\text{SO}_2(\text{g})$  es de 10 atm. a). Indique, de forma razonada, el sentido en el que evolucionará el sistema para alcanzar el equilibrio. b). Calcule el valor de  $K_c$  para la reacción en equilibrio a 1000 K, tal y como está escrita.

**Respuesta:**

a) En el equilibrio podemos poner:



Aplicando la ecuación de los gases ideales para el  $\text{SO}_2$

$$10 \cdot 2 = (0,5 - 2x) 0,082 \cdot 1000 \quad x = 0,128 \text{ moles de } \text{SO}_2$$

Puesto que el número de moles de  $\text{SO}_2$  ha disminuido respecto al valor inicial, la reacción ha evolucionado hacia la formación de  $\text{SO}_3$

b) El valor de  $K_c$  será el siguiente:

$$K_c = \frac{\left(\frac{0,5 + 2 \cdot 0,128}{2}\right)^2}{\left(\frac{0,5 - 2 \cdot 0,128}{2}\right)^2 \left(\frac{0,2 - 0,128}{2}\right)} = 266,67$$

## 6. ÁCIDOS Y BASES.

1. Calcule el pH de la disolución acuosa que se obtiene al añadir a 35 mL de agua destilada 25 mL de disolución acuosa de  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  (0,5 % en masa y  $d = 1,12 \text{ g/mL}$ ) y 40 mL de disolución acuosa de NaOH 0,15 M. Datos. Masas atómicas: Ba = 137,3 u; O = 16 u; H = 1 u.

**Respuesta:**

El volumen total de disolución será:  $V = 35 + 25 + 40 = 100 \text{ mL}$ . El número de moles de  $\text{OH}^-$  procedentes del  $\text{Ba}(\text{OH})_2$  y NaOH serán, respectivamente:

$$n_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 25 \text{ mL dis. Ba}(\text{OH})_2 \frac{1,12 \text{ g}}{1 \text{ mL}} \frac{0,5 \text{ g Ba}(\text{OH})_2}{100 \text{ g dis. Ba}(\text{OH})_2} \frac{1 \text{ mol Ba}(\text{OH})_2}{171,3 \text{ g Ba}(\text{OH})_2} = 8,17 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

$$n_{\text{NaOH}} = 40 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 = 6 \cdot 10^{-3} \text{ moles}$$

El número total de moles de  $\text{OH}^-$  será:  $n = 2 \cdot 8,17 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 10^{-3} = 0,0223$ , siendo la concentración de  $\text{OH}^-$ :

$$[\text{OH}^-] = \frac{0,0223}{0,1} = 0,223 \quad \text{pH} = 14 + \log[\text{OH}^-] = 13,35$$

2. Calcule el pH de la disolución resultante de diluir 10 mL de una disolución acuosa de amoníaco,  $\text{NH}_3$ , al 10 % en masa de amoníaco y densidad  $0,98 \text{ g mL}^{-1}$ , con agua hasta un volumen final de la disolución de 1 L. Datos.  $K_b(\text{NH}_3) = 1,8 \times 10^{-5}$ . Masas atómicas: N = 14 u; H = 1 u.

**Respuesta:**

10 mL de disolución de amoníaco tiene una masa:  $m = V \cdot d = 10 \cdot 0,98 = 9,8 \text{ g}$ . De esta masa, el 10 % corresponde al  $\text{NH}_3$  puro, es decir:  $m_{\text{NH}_3} = 9,8 \cdot 0,1 = 0,98 \text{ g}$ , equivalentes a  $0,98/17 = 0,058$  moles de NH. A tener un litro de disolución, aplicando el valor de Kb:

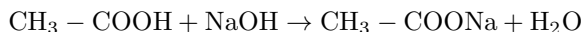
$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = \frac{x^2}{0,058 - x} \quad \text{Obteniéndose: } x = [\text{OH}^-] = 10^{-3} \text{ M}$$

Así pues, el pH será:  $\text{pH} = 14 + \text{pOH} = 14 + \log 10^{-3} = 11$

3. En la realización de una volumetría ácido-base para determinar la concentración de ácido acético,  $\text{CH}_3\text{COOH}$ , en una disolución acuosa, 10 mL de la disolución acuosa del ácido se diluyen con 50 mL de agua. La neutralización exacta de esta disolución consume 15 mL de disolución acuosa de hidróxido de sodio, NaOH, 0,05 M. Calcule la concentración del ácido acético en la disolución inicial.

**Respuesta:**

Para esta reacción de neutralización, el número de moles de moles de ácido coincide con el número de moles de base, según se deduce de la reacción ajustada:



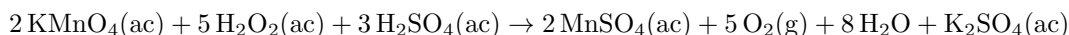
Así pues, podremos escribir:  $0,015 \cdot 0,05 = n_{\text{CH}_3 - \text{COOH}} = 7,5 \cdot 10^{-4}$  moles.

Puesto que este número de moles procede de los 10 mL iniciales, la concentración del ácido será:

$$M = \frac{7,5 \cdot 10^{-4}}{0,01} = 0,075$$

## 7. OXIDACIÓN Y REDUCCIÓN.

1. La concentración de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en un agua oxigenada puede determinarse mediante valoración redox con permanganato de potasio,  $\text{KMnO}_4$ , de acuerdo con la ecuación química:



En el laboratorio, 10 mL del agua oxigenada se diluyen con agua hasta 100 mL y se toma una alícuota de 10 mL. La valoración de esta alícuota consume, en el punto de equivalencia, 20 mL de una disolución de permanganato de potasio 0,02 M. Calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial.

**Respuesta:**

Según la reacción ajustada, dos moles de permanganato potásico reaccionan con cinco moles de peróxido de hidrógeno, por lo que podemos escribir la siguiente relación:

$$\frac{2 \text{ moles KMnO}_4}{5 \text{ moles H}_2\text{O}_2} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02 \text{ moles KMnO}_4}{x \text{ moles H}_2\text{O}_2}$$

Obteniéndose  $x = 0,01$  moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$ , que se encuentran en 10 mL de disolución. la concentración de ésta será:

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{0,001}{0,01} = 0,1 \text{ M}$$

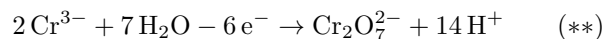
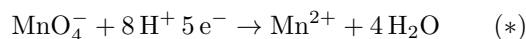
Al estar diluido el  $\text{H}_2\text{O}_2$  al 10 %, la concentración del agua oxigenada será 10 veces la concentración del peróxido de hidrógeno antes calculada, es decir:  $c = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ M}$

2. En disolución acuosa ácida, el anión permanganato,  $\text{MnO}_4^-$ , reacciona con el  $\text{Cr}^{3+}$  para formar  $\text{Mn}^{2+}$  y anión dicromato,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ . a) Indique, justificando la respuesta, la especie química que se oxida, la que se reduce, la que actúa como oxidante y la que actúa como reductora. Ajuste la reacción química global en forma iónica mediante el método del ion-electrón. b) Dibuje un esquema de la célula galvánica basada en la reacción química que se produce de forma espontánea, indicando las semirreacciones que se producen en el ánodo y en el cátodo de la célula y el sentido del flujo de electrones durante su funcionamiento. Calcule el potencial estándar de la célula. Datos.  $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = +1,51 \text{ V}$ ;  $E^\circ(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = +1,33 \text{ V}$ .

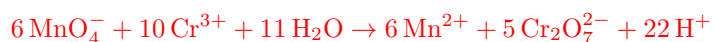
**Respuesta:**

El  $\text{Cr}^{3+}$  se oxida a  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , actuando, por tanto como un reductor y aumentando su estado de oxidación de +3 a +6, mientras el  $\text{MnO}_4^-$  se reduce a  $\text{Mn}^{2+}$ , disminuyendo el estado de oxidación del manganeso de +7 a +2. El  $\text{MnO}_4^-$  actúa, pues como oxidante.

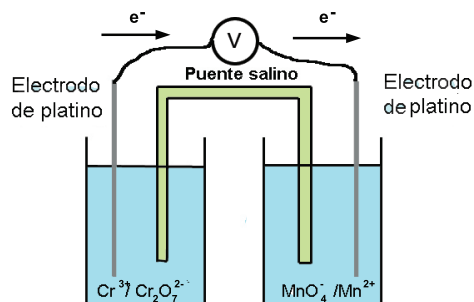
a) El ajuste de la reacción será:



Multiplicando la primera semirreacción por 6, la segunda por 5, sumando algebraicamente, y pasando los elementos comunes en ambos miembros a uno solo de ellos, tendremos, finalmente:



b) La representación de la pila sería la siguiente:



La semirreacción de reducción, (\*) tiene lugar en el cátodo, mientras que la reacción (\*\*), de oxidación,

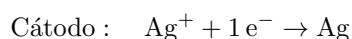
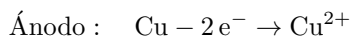
se produce en el ánodo. El sentido del flujo de electrones es desde el ánodo hacia el cátodo. El potencial estándar de la pila será:

$$\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 1,51 - 1,33 = 0,18 \text{ V}$$

3. Se construye una pila voltaica con los siguientes electrodos: una tira de cobre sumergida en una disolución acuosa de  $\text{Cu}^{2+}(\text{ac})$  1 M; y una tira de plata sumergida en una disolución acuosa de  $\text{Ag}^+(\text{ac})$  1 M. a) Escriba las semirreacciones de oxidación y de reducción que se producen, de forma espontánea, durante el funcionamiento de la pila. Calcule el potencial estándar de la pila. b) Dibuje un esquema de la pila indicando el ánodo, el cátodo y el sentido en el que fluyen los electrones cuando funciona la pila. Datos.  $E^0(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V}$ ;  $E^0(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$

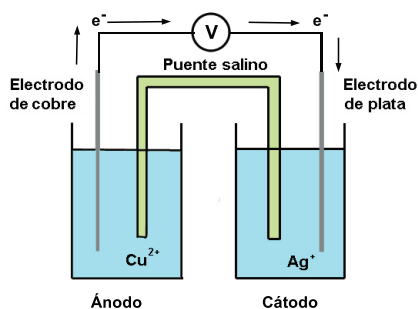
**Respuesta:**

a) Puesto que la plata es un reductor más fuerte que el cobre, las reacciones espontáneas que tendrían lugar son las siguientes:



El potencial de la pila será:  $\varepsilon^0 = \varepsilon_{\text{cátodo}}^0 - \varepsilon_{\text{ánodo}}^0 = 0,80 - 0,34 = 0,46 \text{ V}$

b) Un posible esquema sería el siguiente:

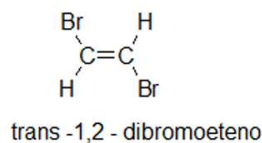
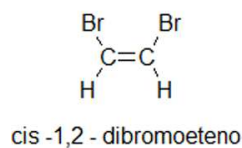
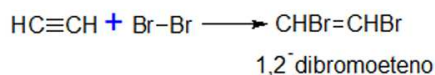


## 8. QUÍMICA ORGÁNICA.

1. Para la reacción etino + bromo: i) Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada del producto de la reacción. ii) Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada de los isómeros geométricos del producto de la reacción.

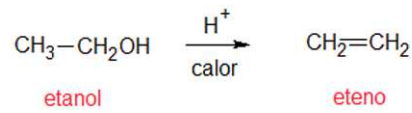
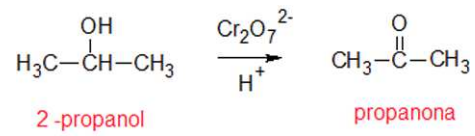
**Respuesta:**

La reacción, así como la fórmula semidesarrollada de los isómeros geométricos (cis/trans) puede verse en la siguiente imagen:





2. Nombre y escriba las fórmulas semidesarrolladas de los compuestos orgánicos que intervienen en las siguientes reacciones químicas: a). Oxidación de 2-propanol (propan-2-ol) con dicromato,  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ , en medio ácido. b). Deshidratación del etanol en presencia de ácidos fuertes.



3. Identifique y nombre los grupos funcionales presentes en los siguientes compuestos:

