



QUÍMICA

OPCIÓN A

1. (2,5 puntos)

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.

Solución.

- Cálculo de $[\text{OH}^-]$ en la disolución final.

$$n(\text{OH}^-)_f = n(\text{OH}^-)_{\text{NaOH}} + n(\text{OH}^-)_{\text{Ba}(\text{OH})_2} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

Cálculo de $[\text{Ba}(\text{OH})_2]_{\text{inicial}}$

$$\frac{0,5 \text{ g Ba}(\text{OH})_2}{100 \text{ g disolución}} \times \frac{1,12 \text{ g de disolución}}{1 \text{ mL de disolución}} \times \frac{1000 \text{ mL de disolución}}{1 \text{ L de disolución}} \times \frac{1 \text{ mol de Ba}(\text{OH})_2}{171,3 \text{ g de Ba}(\text{OH})_2} = 3,27 \times 10^{-2} \text{ M}$$

(0,25 puntos)

Cálculo de $n(\text{OH}^-)_{\text{Ba}(\text{OH})_2}$ añadidos

$$n[\text{Ba}(\text{OH})_2]_{\text{añadidos}} = 0,025 \text{ L de disolución} \times \frac{3,27 \times 10^{-2} \text{ moles de Ba}(\text{OH})_2}{1 \text{ L de disolución}} = 8,17 \times 10^{-4} \text{ moles}$$

(0,25 puntos)

$$n(\text{OH}^-)_{\text{Ba}(\text{OH})_2} = 8,17 \times 10^{-4} \text{ moles de Ba}(\text{OH})_2 \times \frac{2 \text{ moles de OH}^-}{1 \text{ mol de Ba}(\text{OH})_2} = 1,63 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

(0,25 puntos)

$$n[\text{NaOH}]_{\text{añadidos}} = 0,04 \text{ L de disolución} \times \frac{0,15 \text{ moles de Na}(\text{OH})}{1 \text{ L de disolución}} = 6,0 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

(0,25 puntos)

$$n(\text{OH}^-)_{\text{NaOH}} = 6,0 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

(0,25 puntos)

- Cálculo del pH.

$$n(\text{OH}^-)_{\text{total}} = 1,63 \times 10^{-3} + 6,0 \times 10^{-3} \text{ moles} = 7,63 \times 10^{-3}$$

$$V_{\text{total}} = 0,1 \text{ L} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$[\text{OH}^-]_{\text{total}} = \frac{7,63 \times 10^{-3} \text{ moles}}{0,1 \text{ L de disolución}} = 7,63 \times 10^{-2} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

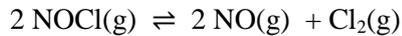
$$\text{pOH} = -\log[\text{OH}^-] \quad (0,25 \text{ puntos}) \quad \text{pOH} = 1,1$$

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14 \quad (0,25 \text{ puntos}) \quad \text{pH} = 12,9$$



2. (2,5 puntos)

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 Cl₂(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_C para la reacción en equilibrio a 300 °C tal y como está escrita.

Solución.

- Cálculo del valor de K_C.

- Cálculos estequiométricos en la ecuación del equilibrio:

	$2 \text{NOCl(g)} \rightleftharpoons 2 \text{NO(g)} + \text{Cl}_2\text{(g)}$	
Inicial (moles)	0,1 0,1 0,05	
Reaccionan	+ 2x - 2x - x	(0,50 puntos)
Equilibrio	0,1+ 2x 0,1 - 2x 0,05 - x	(0,25 puntos)

Inicialmente	$[\text{n}_T(\text{gaseosos})] = 0,25 \text{ moles}$	
En el equilibrio	$[\text{n}_T(\text{gaseosos})] = 0,25 - (0,072 \times 0,25) = 0,232 \text{ moles}$	
También	$[\text{n}_T(\text{gaseosos})] = 0,928 \times 0,25 = 0,232 \text{ moles}$	(0,25 puntos)

$$[\text{n}_T(\text{gaseosos})] = (0,1 + 2x) + (0,1 - 2x) + (0,05 - x) = 0,232 \text{ moles} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$x = 0,018 \text{ moles} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$K_C = \frac{[\text{NO}]^2 [\text{Cl}_2]}{[\text{NOCl}]^2} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$K_C = \frac{\left(\frac{0,1-2x}{2}\right)^2 \left(\frac{0,05-x}{2}\right)}{\left(\frac{0,1+2x}{2}\right)^2} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

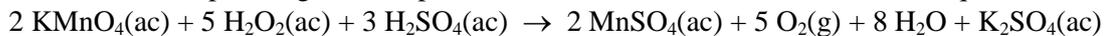
$[\text{NOCl}]_{\text{eq}} = 0,068 \text{ M}$	$[\text{NO}]_{\text{eq}} = 0,032 \text{ M}$	$[\text{Cl}_2]_{\text{eq}} = 0,016 \text{ M}$	(0,25 puntos)
---	---	---	----------------------

$$K_C = 3,5 \times 10^{-3} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$



3. (1,0 punto)

La concentración de peróxido de hidrógeno, H_2O_2 , en un agua oxigenada puede determinarse mediante valoración redox con permanganato de potasio, 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. i) calcule la concentración de peróxido de hidrógeno en el agua oxigenada inicial (**0,75 puntos**); ii) indique el nombre del material de laboratorio en el que se coloca la disolución acuosa de agua oxigenada durante la valoración (**0,25 puntos**).

Solución.

i.

- Cálculo del número de moles de MnO_4^- que han reaccionado en el punto de equivalencia.

$$20 \text{ mL de disolución de } \text{MnO}_4^- \times \frac{0,02 \text{ moles de } \text{MnO}_4^-}{1 \text{ L disolución de } \text{MnO}_4^-} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 4 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{MnO}_4^- \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo del número de moles de H_2O_2 presentes en la disolución diluída de 100 mL.

$$4 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{MnO}_4^- \times \frac{5 \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{2 \text{ moles de } \text{MnO}_4^-} = 1 \times 10^{-3} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2$$
$$\frac{1 \times 10^{-3} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{10 \text{ mL de disolución}} \times 100 \text{ mL de disolución} = 1 \times 10^{-2} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- Cálculo de $[\text{H}_2\text{O}_2]$ en la disolución inicial.

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{1 \times 10^{-2} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{0,01 \text{ L de disolución}} = 1 \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

- ii. La disolución acuosa de agua oxigenada se coloca en un **matraz erlenmeyer** (**0,25 puntos**)



4. (2 puntos)

- 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.

(1,0 punto)

Solución:

Configuraciones electrónicas, grupo y período:

X ($Z = 19$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$ Grupo: 1 Período: 4 (0,25 puntos)

Y ($Z = 36$) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6$ Grupo: 18 Período: 4 (0,25 puntos)

Si sólo están bien escritas las dos configuraciones electrónicas (0,25 puntos)

Si sólo están bien asignadas las posiciones en la tabla periódica de los dos elementos. (0,25 puntos)

En un mismo periodo de la tabla periódica, el valor de la primera energía de ionización **aumenta** al aumentar el número del grupo, es decir, al ir de izquierda a derecha en el período, como consecuencia de que en este sentido aumenta la carga nuclear efectiva de los átomos. (0,25 puntos)

Por tanto, el elemento que previsiblemente presentará el valor más **bajo** de la primera energía de ionización es el X ($Z = 19$). (0,25 puntos)

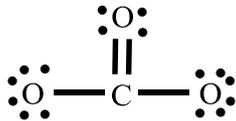
- B. Para el anión carbonato, CO_3^{2-} , deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del anión, según la TRPECV, y los ángulos de enlace aproximados.

Datos: C ($Z = 6$), O ($Z = 8$).

(1,0 punto)

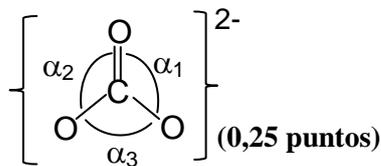
Solución.

Estructura de Lewis.



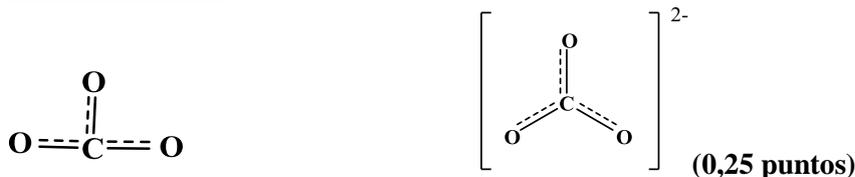
Si no hace referencia al fenómeno de resonancia. (0,25 puntos)

La geometría molecular es **plana triangular (0,25 puntos)**



Ángulos de enlace de 120° aproximadamente. (0,25 puntos)

ALTERNATIVA.



Estructura de Lewis, si hace referencia al fenómeno de resonancia. (0,25 puntos)

La geometría molecular es **plana triangular (0,25 puntos)**

Los ángulos de enlace son de 120° . (0,25 puntos)



5. (2 puntos)

A. Escriba el valor de los números cuánticos n y l para los orbitales de la subcapa 3d. (0,5 puntos)

Solución.

Para los orbitales 3d, el número cuántico principal $n = 3$ (0,25 puntos)

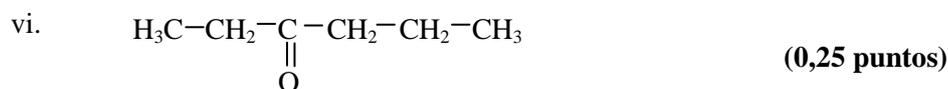
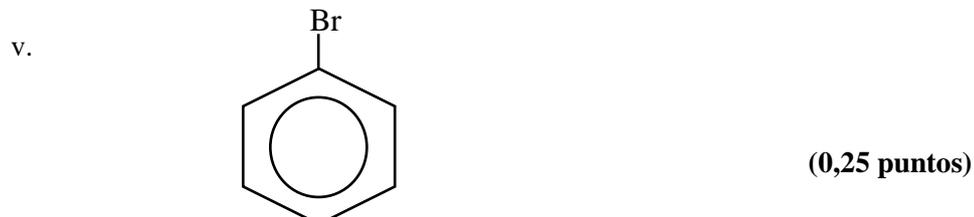
y el número cuántico $l = 2$ (0,25 puntos)

B. Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

- | | |
|---|------------------------------|
| i. 3,4-dicloro-1-pentino (3,4-dicloropent-1-ino) | ii. Dietilmetilamina |
| iii. <i>cis</i> -2,3-dicloro-2-penteno (<i>cis</i> -2,3-dicloropent-2-eno) | iv. Dietil éter |
| v. Bromobenceno | vi. 3-hexanona (hexan-3-ona) |

(1,5 puntos)

Solución:





OPCIÓN B

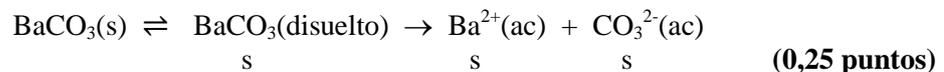
1. (2,5 puntos)

En una disolución acuosa saturada de carbonato de bario, BaCO_3 , la concentración del anión carbonato es $8,3 \times 10^{-5} \text{ M}$.

- Calcule la constante del producto de solubilidad del carbonato de bario. **(1,0 punto)**
- 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, Na_2CO_3 . **(1,5 puntos)**

Solución.

- Equilibrio químico en la disolución acuosa. Relación entre la solubilidad y la constante del producto de solubilidad.



Solubilidad = concentración de la disolución saturada: $s = 8,3 \times 10^{-5} \text{ M}$ **(0,25 puntos)**

$$K_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) = [\text{Ba}^{2+}]_{\text{eq}}[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{eq}} \quad \text{(0,25 puntos)} \quad K_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) = s^2 = 6,9 \times 10^{-9} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

- Reacción de precipitación.



Condición para que se forme precipitado.

$$Q_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) > K_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de Q_{PS} .

$$Q_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) = [\text{Ba}^{2+}]_{\text{inicial}}[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{inicial}} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

Cálculo de $[\text{Ba}^{2+}]_{\text{inicial}}$ y de $[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{inicial}}$

$$[\text{Ba}^{2+}]_{\text{inicial}} = \frac{n(\text{Ba}^{2+})_{\text{inicial}}}{V_{\text{T}}} = \frac{0,03 \text{ L de disolución} \times 10^{-3} \frac{\text{moles}}{\text{L de disolución}}}{0,15 \text{ L de disolución}} = 2 \times 10^{-4} \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$[\text{CO}_3^{2-}]_{\text{inicial}} = \frac{n(\text{CO}_3^{2-})_{\text{inicial}}}{V_{\text{T}}} = \frac{0,02 \text{ L de disolución} \times 10^{-3} \frac{\text{moles}}{\text{L de disolución}}}{0,15 \text{ L de disolución}} = 1,33 \times 10^{-4} \text{ M} \quad \text{(0,25 puntos)}$$

$$Q_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) = (2 \times 10^{-4}) (1,33 \times 10^{-4}) = 2,66 \times 10^{-8}$$

$$Q_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3) > K_{\text{PS}}(\text{BaCO}_3)$$

Por tanto, se formará un precipitado de BaCO_3 **(0,25 puntos)**



2. (2,5 puntos)

En disolución acuosa ácida, el anión permanganato, MnO_4^- , reacciona con el Cr^{3+} para formar Mn^{2+} y anión dicromato, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$.

- 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 ión-electrón. **(1,25 puntos)**
- 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. **(1,25 puntos)**

Datos. $E^\circ(\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = +1,51 \text{ V}$; $E^\circ(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = +1,33 \text{ V}$.

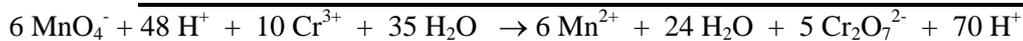
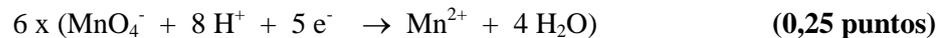
Solución.

- El MnO_4^- al reaccionar forma Mn^{2+} , lo que supone que disminuye el número de oxidación del Mn, de 7 a 2. Luego el MnO_4^- se reduce a Mn^{2+} . El Cr^{3+} reacciona para formar $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, lo que supone un aumento en el número de oxidación del Cr, de 3 a 6. Luego el Cr^{3+} se oxida a $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$. **(0,25 puntos)**

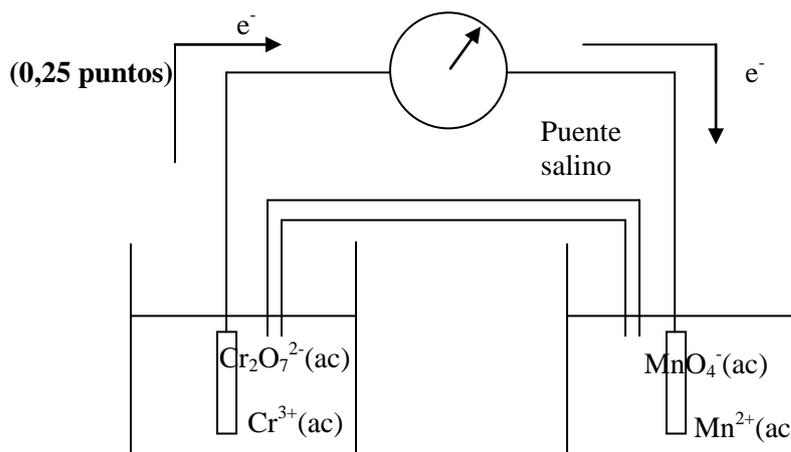
En consecuencia, el Cr^{3+} actúa como reductor y el MnO_4^- actúa como oxidante.

(0,25 puntos)

Ajuste de la reacción química por el método del ión-electrón.



ii.



Ánodo → oxidación (0,25 puntos) Cátodo → reducción (0,25 puntos)

Dibujó del esquema **(0,25 puntos)**

$$E^\circ_{\text{pila}} = E^\circ_{\text{cátodo}} - E^\circ_{\text{ánodo}} = 1,51 - 1,33 = 0,18 \text{ V} \quad \text{(0,25 puntos)}$$



3. (1,0 punto)



En el laboratorio se dispone del dispositivo experimental de la figura y del material de laboratorio y reactivos que se relacionan: pipeta aforada de 10 mL, disolución acuosa titulada de NaOH, muestra de vinagre comercial e indicador.

Indique el procedimiento experimental a seguir para realizar la determinación del contenido de ácido acético en un vinagre comercial.

Solución.

1. Con la pipeta aforada, se toman 10 mL de vinagre comercial y se vierten en un erlenmeyer. Diluir con agua. **(0,25 puntos)**
2. Agregar 3 gotas del indicador en el erlenmeyer. **(0,25 puntos)**
3. Verter la disolución de NaOH en la bureta. **(0,25 puntos)**
4. Verter gota a gota, lentamente, la disolución de NaOH en el erlenmeyer, agitando suavemente hasta que se produzca un cambio de color. **(0,25 puntos)**



4. (2,0 puntos)

- 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: i) el grupo y período de la tabla periódica a los que pertenece el elemento y su carácter metálico, o no metálico; ii) el tipo de ión, anión o catión, que formará el elemento. Justifique las respuestas. **(1,0 punto)**

Solución.

- i. De acuerdo con su configuración electrónica en estado fundamental, el elemento X se encuentra en el período 4 y grupo 2 de la tabla periódica **(0,25 puntos)**. Por tanto, pertenece al bloque s de los elementos representativos que son **metales (0,25 puntos)**.
- ii. Este elemento presentará valores relativamente bajos de las energías de ionización por lo que perderá con relativa facilidad los electrones de valencia **(0,25 puntos)**. En consecuencia, formará **cationes X^{2+} (0,25 puntos)**
- B. Los puntos de ebullición normales del 1-propanol (propan-1-ol, C_3H_8O) y del metoxietano (etil metil éter, C_3H_8O) son $97,4^\circ C$ y $7^\circ C$, respectivamente. Justifique la diferencia en los valores de los puntos de ebullición normales de los dos compuestos. **(1,0 punto)**

Solución.

En el 1-propanol se forman puentes de hidrógeno entre las moléculas **(0,25 puntos)**, debido a la existencia de un hidrógeno unido un átomo muy electronegativo como es el oxígeno. En el caso de éter, una molécula polar, las fuerzas intermoleculares más intensas son las derivadas de las interacciones dipolo-dipolo **(0,25 puntos)**. En ambos casos existen fuerzas dipolo inducido-dipolo inducido que, dada la masa molar de los dos compuestos isómeros, no justifica la diferencia en los puntos de ebullición.

Puesto que las interacciones por puente de hidrógeno son más intensas que las interacciones dipolo-dipolo **(0,25 puntos)**, el punto de ebullición normal, que representa la temperatura a la cual se rompen las interacciones entre las moléculas para pasar a la fase vapor, es mayor en el 1-propanol que en el metoxietano. **(0,25 puntos)**



5. (2,0 puntos)

- A. Indique el tipo de hibridación que presenta el átomo de carbono en: i) la molécula de HCN (geometría lineal); ii) la molécula CCl₄ (geometría tetraédrica). **(0,5 puntos)**

Solución.

- i. Puesto que el C es el átomo central en la molécula de HCN, de geometría molecular lineal, su hibridación deberá ser del tipo **sp (0,25 puntos)**.
- ii. Puesto que el C es el átomo central en la molécula de CCl₄, de geometría molecular tetraédrica, su hibridación deberá ser del tipo **sp³ (0,25 puntos)**

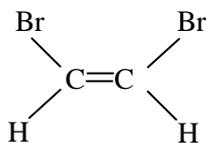
- B. Para la reacción $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow$

- i. Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada del producto de la reacción. **(0,5 puntos)**
- ii. Nombre y escriba la fórmula semidesarrollada de los isómeros geométricos del producto de la reacción. **(1,0 punto)**

Solución.

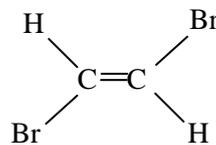
- i. $\text{HC}\equiv\text{CH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{BrCH}=\text{CHBr}$ **(0,25 puntos)**
1,2-dibromoeteno **(0,25 puntos)**

ii.



(0,25 puntos)

Cis-1,2-dibromoeteno
(0,25 puntos)



(0,25 puntos)

trans-1,2-dibromoeteno
(0,25 puntos)