



## QUÍMICA

Después de leer atentamente el examen, responda cinco preguntas cualesquiera a elegir entre las diez que se proponen.

TIEMPO Y CALIFICACIÓN: 90 minutos. Todas las preguntas se calificarán con un máximo de 2 puntos.

El estudiante deberá indicar la agrupación de preguntas que responderá. La selección de preguntas deberá realizarse conforme a las instrucciones planteadas, no siendo válido seleccionar preguntas que sumen más de 10 puntos, ni agrupaciones de preguntas que no coincidan con las indicadas, lo que puede conllevar la anulación de alguna pregunta que se salga de las instrucciones.

### 1A. (2,0 puntos)

Al elevar la temperatura de 0,1 moles de  $N_2O_4$  a 300 K se produce la disociación del compuesto de acuerdo con el equilibrio:  $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$  con un valor de  $K_P = 0,0962$ , cuando las presiones se expresan en atmósferas. En el equilibrio, la presión total de la mezcla gaseosa es de 1,1 atm. Calcule la cantidad, en moles, de  $NO_2(g)$  presente en el equilibrio a 300 K.

#### Solución.

*Evolución del sistema hasta alcanzar el equilibrio.*

	$N_2O_4(g)$	$\rightleftharpoons$	$2 NO_2(g)$	
Inicial (moles)	0,1		0	
Reaccionan (moles)	x		2x	
Equilibrio (moles)	$0,1 - x$		$2x$	<b>(0,25 puntos)</b>
	$(n_T)_{\text{equilibrio}} = 0,1 + x$			<b>(0,25 puntos)</b>

*Cálculo de x.*

$$K_P = \frac{(p_{NO_2})^2}{p_{N_2O_4}} = \frac{x_{NO_2}^2 P_T^2}{x_{N_2O_4} P_T} \quad x_{NO_2} = \frac{2x}{0,1+x} \quad x_{N_2O_4} = \frac{0,1-x}{0,1+x}$$

**(0,25 puntos) (0,25 puntos) (0,25 puntos) (0,25 puntos)**

$$K_P = \frac{\left(\frac{2x}{0,1+x}\right)^2 P_T}{\left(\frac{0,1-x}{0,1+x}\right)} = \frac{4x^2}{0,01-x^2} \cdot 1,1 \quad x = 0,0146 \text{ moles} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

$$n(NO_2)_{\text{equilibrio}} = 2x = \mathbf{0,0292 \text{ moles}} \quad \textbf{(0,25 puntos)}$$

**ALTERNATIVA al cálculo de x. No se tiene en cuenta  $(n_T)_{\text{equilibrio}}$**

$$P_T = p_{NO_2} + p_{N_2O_4} \quad p_{N_2O_4} = P_T - p_{NO_2} = 1,1 - p_{NO_2}$$

**(0,25 puntos) (0,25 puntos)**

$$K_P = \frac{(p_{NO_2})^2}{p_{N_2O_4}} = \frac{(p_{NO_2})^2}{1,1 - p_{NO_2}} = 0,0962 \quad (p_{NO_2})^2 + 0,0962 p_{NO_2} - 0,1058 = 0$$

**(0,25 puntos)**



$p_{\text{NO}_2} = 0,2807 \text{ atm}$        $p_{\text{N}_2\text{O}_4} = 0,8193 \text{ atm}$       (0,25 puntos)

$$\left. \begin{aligned} p_{\text{NO}_2} &= \frac{2x}{V} RT \\ p_{\text{N}_2\text{O}_4} &= \frac{0,1-x}{V} RT \end{aligned} \right\} \frac{p_{\text{NO}_2}}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{2x}{0,1-x} \quad \frac{0,2807}{0,8193} = \frac{2x}{0,1-x}$$

(0,25 puntos)       $x = 0,0146 \text{ moles}$       (0,25 puntos)

$n(\text{NO}_2)_{\text{equilibrio}} = 2x = 0,0292 \text{ moles}$       (0,25 puntos)

**1B. (2,0 puntos)**

El estudio cinético de la reacción  $2 \text{ICl}(\text{g}) + \text{H}_2(\text{g}) \rightarrow \text{I}_2(\text{g}) + 2 \text{HCl}(\text{g})$  proporcionó los siguientes datos de velocidades iniciales:

Experimento	$[\text{ICl}]_0 \text{ (M)}$	$[\text{H}_2]_0 \text{ (M)}$	Velocidad inicial ( $\text{Ms}^{-1}$ )
1	$1,5 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$3,7 \times 10^{-7}$
2	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,5 \times 10^{-3}$	$5,7 \times 10^{-7}$
3	$2,3 \times 10^{-3}$	$3,7 \times 10^{-3}$	$14,0 \times 10^{-7}$

Determine la ecuación de velocidad para la reacción, indicando el orden de reacción parcial respecto de ICl y de H<sub>2</sub>.

**Solución.**

*Determinación de la ley de velocidad.*

Expresión general:       $v = k [\text{ICl}]^m [\text{H}_2]^n$       (0,25 puntos)

Aplicación de esta expresión a los experimentos individuales:

$v_1 = k [\text{ICl}]_1^m [\text{H}_2]_1^n$       (0,25 puntos)

$v_2 = k [\text{ICl}]_2^m [\text{H}_2]_2^n$       (0,25 puntos)



Relación de velocidades

$$\frac{v_2}{v_1} = \left(\frac{[\text{ICl}]_2}{[\text{ICl}]_1}\right)^m = \left(\frac{2,3 \times 10^{-3}}{1,5 \times 10^{-3}}\right)^m \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$\left(\frac{5,7 \times 10^{-7}}{3,7 \times 10^{-7}}\right) = \left(\frac{2,3 \times 10^{-3}}{1,5 \times 10^{-3}}\right)^m \quad 1,54 = (1,53)^m$$

$$m = 1 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$v_3 = k[\text{ICl}]_3^m [\text{H}_2]_3^n \quad \frac{v_3}{v_2} = \left(\frac{[\text{H}_2]_3}{[\text{H}_2]_2}\right)^n = \left(\frac{3,7 \times 10^{-3}}{1,5 \times 10^{-3}}\right)^n \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$\frac{14,0 \times 10^{-7}}{5,7 \times 10^{-7}} = \left(\frac{3,7 \times 10^{-3}}{1,5 \times 10^{-3}}\right)^n \quad 2,456 = (2,467)^n \quad n = 1 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

Ley de velocidad:  $v = k[\text{ICl}][\text{H}_2]$  (0,25 puntos)

## 2A. (2,0 puntos)

La solubilidad en agua del cloruro de plata, AgCl, a 25 °C es  $1,34 \times 10^{-5}$  moles  $\text{L}^{-1}$ . Calcule:

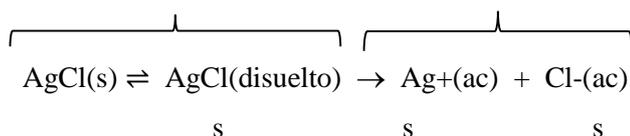
- El valor de la constante del producto de solubilidad del cloruro de plata a 25 °C. (1,25 puntos)
- La cantidad máxima, en gramos, de cloruro de sodio sólido, NaCl(s), que se puede añadir a 150 mL de una disolución acuosa que contiene una concentración de iones plata  $[\text{Ag}^+] = 3,33 \times 10^{-4}$  M, sin que se forme precipitado de cloruro de plata. (0,75 puntos) Suponga que no hay variación del volumen de la disolución al añadir el sólido.

**Datos.** Masas atómicas. Na = 23 u; Cl = 35,45 u.

### Solución

i. Cálculo de  $K_{\text{PS}}(\text{AgCl})$ . Equilibrio de disolución del AgCl.

(0,25 puntos)                      (0,25 puntos)



(0,25 puntos)

$$K_{\text{PS}}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+]_{\text{eq}}[\text{Cl}^-]_{\text{eq}} = s^2 \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$K_{\text{PS}}(\text{AgCl}) = 1,8 \times 10^{-10} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

ii. Cálculo de la cantidad máxima de NaCl que se puede añadir sin que precipite AgCl.

Para esta  $[\text{Ag}^+]$ , la concentración máxima de  $\text{Cl}^-$  en la disolución, que no produzca la precipitación de AgCl, es aquella que cumpla la condición de  $K_{\text{PS}}(\text{AgCl})$ .

$$[\text{Cl}^-]_{\text{máx}} = \frac{K_{\text{PS}}(\text{AgCl})}{[\text{Ag}^+]_{\text{inicial}}} = 5,4 \times 10^{-7} \text{ M} \quad (0,25 \text{ puntos})$$

$$0,15 \text{ L disolución} \times \frac{5,4 \times 10^{-7} \text{ moles de Cl}^-}{1 \text{ L disolución}} \times \frac{1 \text{ mol de NaCl}}{1 \text{ mol de Cl}^-} \times \frac{58,45 \text{ g de NaCl}}{1 \text{ mol de NaCl}} = 4,73 \times 10^{-6} \text{ g de NaCl}$$

(0,25 puntos)

(0,25 puntos)



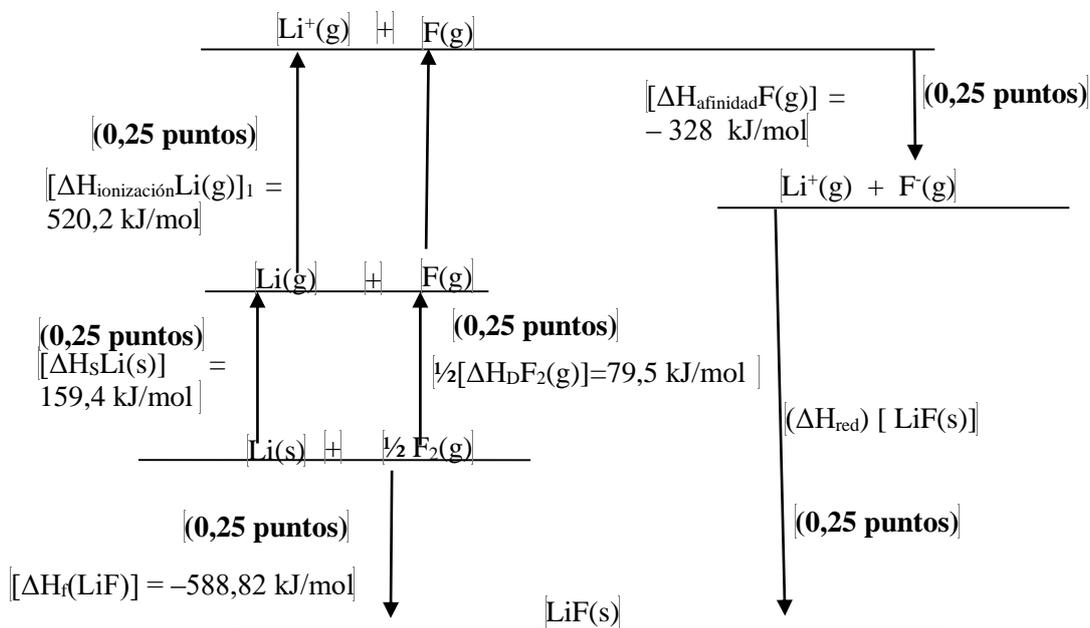
**2B. (2,0 puntos)**

Construya el ciclo de Born-Haber para la formación del LiF(s), a partir de litio metálico y flúor gas. Calcule la energía de red ( $\Delta H_{red}$ ) del compuesto, a partir de los siguientes datos:

Entalpía de sublimación del Li(s) [ $\Delta H_s Li(s)$ ]=159,4 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía de disociación del F<sub>2</sub>(g) [ $\Delta H_D F_2(g)$ ]=159 kJ mol<sup>-1</sup>. Primera energía de ionización del Li(g) [ $\Delta H_{ionización} Li(g)$ ]<sub>1</sub>=520,2 kJ mol<sup>-1</sup>. Afinidad electrónica del F(g) [ $\Delta H_{afinidad} F(g)$ ]= -328 kJ mol<sup>-1</sup>. Entalpía estándar de formación del LiF(s) [ $\Delta H_f LiF(s)$ ] = -588,82 kJ mol<sup>-1</sup>.

**Solución.**

*Ciclo de Born-Haber:*



$$[\Delta H_f(LiF)] = [\Delta H_s Li(s)] + \frac{1}{2}[\Delta H_D F_2(g)] + [\Delta H_{ionización} Li(g)]_1 + [\Delta H_{afinidad} F(g)] + [(\Delta H_{red}) LiF(s)]$$

**(0,25 puntos)**

$$[(\Delta H_{red}) LiF(s)] = (- 588,82 - 159,4 - 79,5 - 520,2 + 328) \text{ kJ} = - 1019,92 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Se forma un mol de LiF(s)

$[(\Delta H_{red}) LiF(s)] = - 1019,92 \text{ kJ mol}^{-1}$  de LiF(s) (0,25 puntos). Sólo si las unidades son correctas.



3A. (2,0 puntos)

- a) Para la valoración de un ácido débil,  $\text{CH}_3\text{COOH}(\text{ac})$ , con una base fuerte,  $\text{NaOH}(\text{ac})$ , se ha seleccionado como indicador el Rojo de Metilo, que presenta un color rojo en medio ácido y un color amarillo en medio básico y cuyo intervalo de pH de cambio de color es: 4,8 – 6,0.
- i. Indique, de forma razonada, si el indicador elegido sería adecuado para identificar el punto de equivalencia o daría lugar a un error en la valoración. **(0,75 puntos)**
- ii. Indique el material de laboratorio en el que se añade este indicador. **(0,25 puntos)**

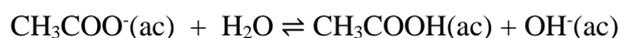
**Solución**

i.-

En el punto de equivalencia se produce la neutralización exacta y se forma  $\text{NaCH}_3\text{COO}$ . De los dos iones en disolución procedentes de esta sal, el  $\text{Na}^+$  no reacciona con el agua y no modifica el pH, pero el  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  reacciona con el agua aceptando protones, lo que genera una disolución de pH básico ( $\text{pH} > 7$ ).

**(0,25 puntos).**

**ALTERNATIVA.**



Genera una disolución de pH básico ( $\text{pH} > 7$ ).

**(0,25 puntos).**

El indicador propuesto cambia netamente de color rojo (medio ácido) a amarillo (medio básico) a **pH > 6**

**(0,25 puntos).**

Con el indicador seleccionado, el cambio de color de rojo a amarillo tendría lugar antes de alcanzar el punto de equivalencia, dando lugar a un error en la determinación, por lo cual no sería válido su uso

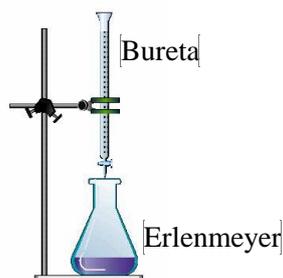
**(0,25 puntos)**

ii.-

La disolución de indicador se coloca en el **Erlenmeyer** junto con la disolución del ácido débil **(0,25 puntos)**.

- b) Dibuje un esquema del dispositivo experimental necesario para realizar una valoración ácido-base, indicando el nombre del material de laboratorio utilizado. **(1,0 punto)**

**Solución**



Dibuja bureta y soporte **(0,25 puntos)**

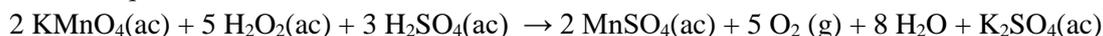
Dibuja erlenmeyer **(0,25 puntos)**

Pone el nombre de bureta **(0,25 puntos)**

Pone el nombre de erlenmeyer **(0,25 puntos)**

**3B. (2,0 puntos)**

- a) La determinación del contenido de peróxido de hidrógeno,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , en una disolución de agua oxigenada puede llevarse a cabo a través de la realización de una permanganimetría, de acuerdo con la siguiente ecuación química:



En el laboratorio, 20 mL de una disolución de un agua oxigenada comercial se acidulan con ácido sulfúrico y se diluyen con agua hasta un volumen de 50 mL para su posterior valoración con permanganato potásico de concentración 0,05 M. Si se necesitan 8 mL de permanganato potásico para alcanzar el punto final de la valoración, calcule la concentración de la disolución de peróxido de hidrógeno en la disolución de agua oxigenada inicial, expresándola en gramos de  $\text{H}_2\text{O}_2$  en 100 mL de disolución. **(1,0 punto)**

**Datos:** Masas atómicas. H = 1 u; O = 16 u.

**Solución**

*Cálculo del número de moles de  $\text{MnO}_4^-$  que han reaccionado en el punto de equivalencia.*

$$8 \text{ mL de disolución de } \text{MnO}_4^- \times \frac{0,05 \text{ moles de } \text{MnO}_4^-}{1 \text{ L disolución de } \text{MnO}_4^-} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} = 4,0 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{MnO}_4^-$$

**(0,25 puntos)**

*Cálculo del número de moles de  $\text{H}_2\text{O}_2$  presentes en la alícuota tomada.*

$$4,0 \times 10^{-4} \text{ moles de } \text{MnO}_4^- \times \frac{5 \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{2 \text{ moles de } \text{MnO}_4^-} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2$$

**(0,25 puntos)**

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

$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{1,0 \times 10^{-3} \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{0,02 \text{ L de disolución}} = 0,05 \text{ M}$$

**(0,25 puntos)**

*Cálculo de  $[\text{H}_2\text{O}_2]$  en la disolución inicial expresada en gramos/100 mL*

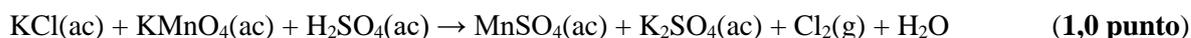
$$[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{0,05 \text{ moles de } \text{H}_2\text{O}_2}{1 \text{ L de disolución}} \times \frac{34 \text{ g de } \text{H}_2\text{O}_2}{1 \text{ mol de de } \text{H}_2\text{O}_2} \times \frac{1 \text{ L de disolución}}{1000 \text{ mL de disolución}} \times 100 \text{ mL} = 0,17 \frac{\text{g de } \text{H}_2\text{O}_2}{100 \text{ mL de disolución}}$$

**(0,25 puntos)**

**Si la obtención de la concentración en g/100 mL lo hacen en una sola etapa, sin pasar por la obtención de la concentración molar, se puntúa con 0,50 puntos.**

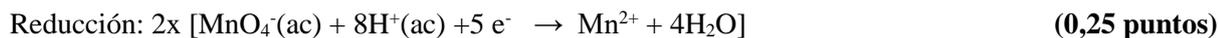


- b) Ajuste, en forma molecular, la siguiente reacción de oxidación-reducción, **en medio ácido**, empleando el método del ión-electrón:

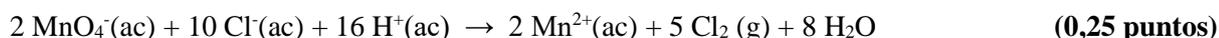


### Solución

*Ajuste de la reacción en medio ácido*



Combinación:



Ecuación global ajustada:



### 4A. (2,0 puntos)

- a) Para la molécula de ácido metanoico, HCOOH, deduzca la estructura de Lewis. Indique y dibuje la geometría molecular del compuesto alrededor del átomo de carbono y del átomo de oxígeno del grupo -OH, según la TRPECV. **(1,0 punto)**

**Datos.** C (Z = 6); H (Z = 1); O (Z = 8).

### Solución

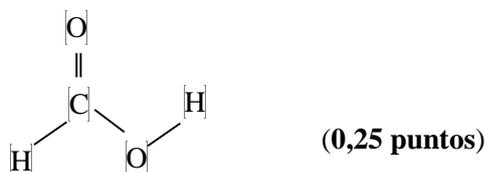
*Estructura de Lewis.*



*Geometría molecular del compuesto.*

- Alrededor del átomo de carbono: **geometría plana triangular** **(0,25 puntos)**

- Alrededor del átomo de oxígeno: **geometría angular** **(0,25 puntos)**







- b) La obtención industrial de amoníaco está basada en la reacción química:



Indique, de forma razonada, la influencia que sobre el rendimiento en la obtención de amoníaco tendrá:

- i.- realizar la reacción a temperaturas elevadas;
- ii.- realizar la reacción a bajas presiones.

**(1,0 punto)**

### Solución

i.- De acuerdo con el principio de Le Chatelier, las temperaturas elevadas favorecen la reacción endotérmica, es decir, la descomposición del amoníaco en sus elementos **(0,25 puntos)**. Por tanto, las temperaturas elevadas disminuirán el rendimiento en la obtención de amoníaco. **(0,25 puntos)**.

ii.- De acuerdo con el principio de Le Chatelier, las bajas presiones favorecen la reacción que suponga un aumento en el número total de moles gaseosos en la mezcla, es decir, hacia la descomposición del amoníaco en sus elementos **(0,25 puntos)**. Por tanto, las bajas presiones disminuirán el rendimiento en la obtención de amoníaco. **(0,25 puntos)**

### 5A. (2,0 puntos)

- a) Indique el tipo, o tipos, de fuerzas intermoleculares que contribuyen, de manera preferente, a mantener en estado líquido el metanol,  $\text{CH}_3\text{OH}$ , que presenta una geometría molecular tetraédrica.

**Datos:** los valores de electronegatividad en la escala de Pauling de los átomos de C, H y O son 2,5; 2,1 y 3,5 respectivamente. **(0,5 puntos)**

### Solución

El  $\text{CH}_3\text{OH}$  es una molécula polar, con un hidrógeno unido a un átomo muy electronegativo como es el oxígeno. **(0,25 puntos)** En consecuencia, es posible la formación de enlaces de hidrógeno entre las moléculas de metanol, siendo estas las fuerzas intermoleculares que de forma preferente mantienen el  $\text{CH}_3\text{OH}$  en estado líquido. **(0,25 puntos)**



b) Escriba las fórmulas semidesarrolladas de los siguientes compuestos:

i) 1,3-dicloropentano

ii) Metilpropilamina

iii) trans-2,3-dicloro-2-penteno (trans-2,3-dicloropent-2-eno)

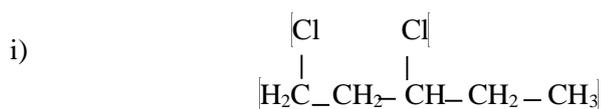
iv) Dipropil éter

v) Acetato de etilo

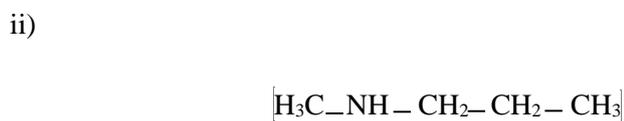
vi) Fenol

(1,5 puntos)

**Solución**



(0,25 puntos)



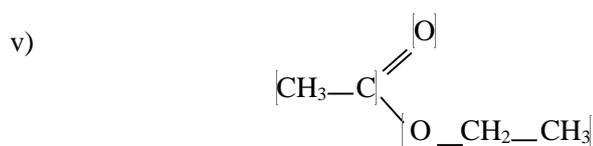
(0,25 puntos)



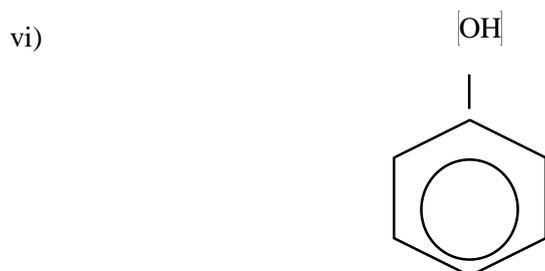
(0,25 puntos)



(0,25 puntos)



(0,25 puntos)



(0,25 puntos)

**5B. (2,0 puntos)**

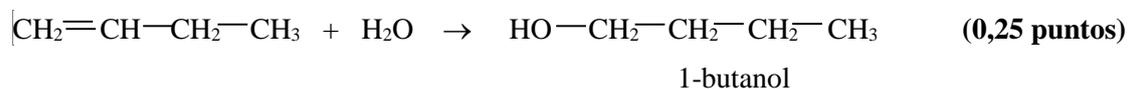
- a) Para el  ${}^{48}_{23}\text{V}$  indique, razonadamente, el número de protones y de neutrones que hay en el núcleo del átomo. **(0,5 puntos)**

**Solución.**

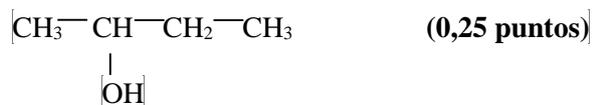
En un núcleo atómico, el número de protones presentes coincide con el valor del número atómico Z. En este caso  $Z = 23$ , luego en el núcleo hay **23 protones**. **(0,25 puntos)**

En un núcleo atómico, el número de masa total es igual a la suma del número de protones y de neutrones que hay en el núcleo. En este caso,  $A = 48 = (\text{n}^\circ \text{ de neutrones}) + 23$ . Por tanto, el **nº de neutrones = 25**. **(0,25 puntos)**

- b) Nombre y escriba las fórmulas semidesarrolladas de todos los compuestos orgánicos (reactivos y productos) que intervienen en la reacción: 1-buteno (but-1-eno) +  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow$   
Indique el tipo de reacción que se produce. **(1,5 puntos)**

**Solución.**

**(0,25 puntos)** Butan-1-ol **(0,25 puntos)**



2-butanol

Butan-2-ol **(0,25 puntos)**

**Es una reacción de adición** **(0,25 puntos)**