

OPCIÓN A

1A. (2 puntos)

a) El premio Nobel de Química del año 2022 fue concedido a los investigadores Carolyn R. Bertozzi, Morten Meldal y K. Barry Sharpless (figura 1), por el descubrimiento de nuevas técnicas, como por ejemplo la química del clic, que permiten construir moléculas complejas, utilizadas como fármacos y también como nuevos materiales, a partir de moléculas mucho más sencillas.



Figura 1, Carolyn R. Bertozzi, Morten Meldal y K. Barry Sharpless

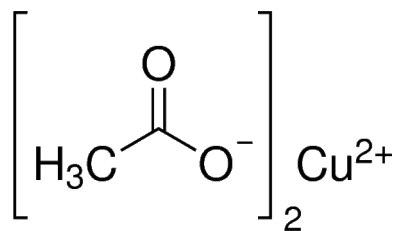


Figura 2. Reactivo utilizado para la química del clic: el acetato de cobre (II)

Uno de los reactivos de estructura sencilla utilizados por estos investigadores fue el acetato de cobre (II) (figura 2), que se puede obtener a partir de ácido acético o ácido etanoico ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ). Para determinar la concentración del ácido acético, en el laboratorio se lleva a cabo una valoración con NaOH. Propone, de forma razonada, qué indicador de la siguiente tabla utilizarías para identificar el punto final de la valoración y justifica qué cambio de color observarías.

Indicador	Intervalo de pH de cambio de color	Cambio de color
Violeta de metilo	0,5 - 1,6	Amarillo-azul
Azul de timol	1,2 - 2,8	Rojo-amarillo
Fenolftaleína	8,2 - 10,0	Incoloro-rosa

b) Nombra los siguientes compuestos: i)  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  ii)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa}$

a)

Al tratarse de una valoración de un ácido débil con una base fuerte, en el punto de equivalencia el pH será mayor que 7. Por tanto utilizaremos la fenolftaleína que tiene el viraje para un pH mayor que 7.

b)

$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  Bis(trioxidonitrato) de cobre o Nitrato de cobre (II)

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COONa}$  Butanoato de sodio

2A (2 puntos)

El difluoruro de azufre,  $SF_2$ , a temperatura ambiente es un gas incoloro muy inestable, el cual reacciona de forma muy rápida con el agua.

- Escribe la configuración electrónica del azufre (S) e indica a qué bloque y período de la tabla periódica pertenece.
- Ordena, de forma razonada, los dos elementos, F y S, de mayor a menor radio atómico.
- Explica la geometría de la molécula de  $SF_2$  según la teoría de la repulsión de pares electrónicos de la capa de valencia (TRPECV).
- Indica si la molécula de  $SF_2$  es polar o apolar. Justifica la respuesta.

a)

S (Z=16) :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4$

El azufre pertenece al bloque p y su periodo es el 3.

b)

El azufre está en el periodo 3 y el flúor en el 2. El periodo nos indica el nivel energético que alcanzan los electrones más externos. Cuanto mayor es el nivel energético más alejados están los electrones del núcleo y por tanto mayor es el volumen del átomo. Por tanto el azufre tiene mayor volumen que el flúor.

c)

El azufre tiene 6 electrones de valencia. Comparte dos de estos electrones con los dos átomos de flúor, en los que cada flúor aporta también un electrón, quedan dos pares de electrones del azufre sin compartir. Según la TRPECV estos cuatro electrones tienden a estar lo más alejados que puedan unos de otros. La geometría que adopta la molécula se llama angular.

d)

La molécula es polar. Dos electrones son compartidos con el flúor y dos pares quedan sin compartir. La polaridad de los enlaces F-S no queda anulada por la geometría de la molécula.

3A (2 puntos) El cloruro de nitrosilo (NOCl) es un gas de color amarillo que se encuentra como componente del agua regia (nombre que los alquimistas del siglo XVI dieron a una mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico, en proporción volumétrica de 3 a 1, que es capaz de disolver metales como el oro y el platino). Este gas se disocia y da monóxido de nitrógeno (NO) y dicloro (Cl<sub>2</sub>) según el siguiente equilibrio químico:



En un recipiente de 1 litro, inicialmente vacío, se introducen 131 g de NOCl y se calientan a 450 °C, de forma que, una vez alcanzado el equilibrio, el NOCl se disocia en un 33%

- Determina la constante de equilibrio en concentraciones (K<sub>c</sub>) a 450 °C.
- ¿Qué efecto tendrá sobre la concentración de Cl<sub>2</sub>, presente en la mezcla gaseosa en equilibrio, un aumento de la temperatura del sistema? Justifica la respuesta.
- ¿En qué sentido se desplazará el equilibrio químico si, una vez alcanzado el equilibrio, añadimos más moles de NOCl, sin variar ni el volumen ni la temperatura? Justifica la respuesta.

a)  
Empezamos calculando los moles iniciales de NOCl.

$$131 \text{ gr NOCl} \cdot \frac{65.5 \text{ NOCl}}{1 \text{ mol NOCl}} = 2 \text{ moles NOCl}$$

De estos se disociarán 33 %, es decir 0.66 moles. Teniendo en cuenta la proporción estequiométrica NOCl : NO : Cl<sub>2</sub> (2:2:1) determinamos los moles que se formarán de NO y Cl<sub>2</sub> en el equilibrio, 0.66 y 0.33 moles respectivamente. Por otro lado si inicialmente teníamos 2 moles de NOCl y han reaccionado 0.66 moles, en el equilibrio quedarán 1.34 moles de NOCl.

moles	NOCl	NO	Cl <sub>2</sub>
iniciales	2	0	0
equilibrio	1.34	0.66	0.33

Dado que el volumen del recipiente es de 1 L, el número de moles coincidirá con la concentración molar. Para esta reacción

$$K_c = \frac{[NO]^2[Cl_2]}{[NOCl]^2} = \frac{0.66^2 \cdot 0.33}{1.34^2} = 0.08$$

b)  
Según el principio de Le Châtelier, el equilibrio se desplazara hacia el lado en el que se absorba el calor. Al tratarse de una reacción exotérmica el equilibrio se desplazará hacia los reactivos, disminuyendo la concentración del Cl<sub>2</sub>

c)  
Según el principio de Le Châtelier, el equilibrio se desplazara en el sentido en el que se consume NOCl<sub>2</sub>. Es decir el equilibrio se desplazará hacia los productos.

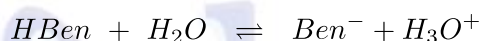
4A (2 puntos)

El ácido benzoico ( $C_6H_5-COOH$ ) es un ácido carboxílico monoprótico que se utiliza como conservante de los alimentos, ya que inhibe el crecimiento microbiano.

a) Calcula el pH de una disolución acuosa de ácido benzoico de concentración  $8,1 \text{ g L}^{-1}$ .

b) Una industria ha adquirido disolución acuosa de ácido benzoico. Para conocer la concentración exacta de esta disolución se valoran 25,0 mL con una disolución acuosa de hidróxido de sodio. Escribe la reacción de valoración e indica que material de vidrio utilizarías en el laboratorio para llevara cabo este valoración Datos: Constante de acidez del ácido benzoico a  $25^\circ\text{C}$ ,  $K_a = 6,3 \times 10^{-5}$ .

a)



[ ]	HBen	Ben <sup>-</sup>	H <sub>3</sub> O <sup>+</sup>
inicial	C <sub>0</sub>	0	0
disocia	C <sub>0</sub> α		
equilibrio	C <sub>0</sub> (1-α)	C <sub>0</sub> α	C <sub>0</sub> α

Por tanto

$$K_a = \frac{[H_3O^+][Ben^-]}{[HBen]} = \frac{C_0\alpha \cdot C_0\alpha}{C_0(1-\alpha)} \implies K_a C_0(1-\alpha) = (C_0\alpha)^2 \implies (C_0\alpha)^2 + K_a C_0\alpha - K_a C_0 = 0$$

$$C_0\alpha = \frac{-K_a \pm \sqrt{(K_a)^2 - 4 \cdot (-K_a C_0)}}{2}$$

Calculamos la concentración inicial en moles/L.

$$C_0 = 8.1 \text{ gr/l} = \frac{8.1 \text{ gr}}{1 \text{ L}} \cdot \frac{1 \text{ mol HBen}}{122 \text{ gr}} = 0.0664 \text{ M}$$

Por tanto

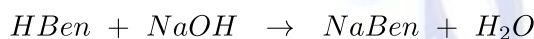
$$[H_3O^+] = C_0\alpha = \frac{-6.3 \cdot 10^{-5} \pm \sqrt{(6.3 \cdot 10^{-5})^2 - 4 \cdot (-0.0664) \cdot 6.3 \cdot 10^{-5}}}{2} = 2.01 \cdot 10^{-3} \text{ M} \implies pH = 2.70$$

Teniendo en cuenta el valor de  $K_a$  y el de  $C_0$  puede hacerse la aproximación  $1 - \alpha \approx 1$  y por tanto

$$K_a \approx \frac{(C_0\alpha)^2}{C_0} \implies C_0\alpha = \sqrt{K_a C_0} = 2.05 \cdot 10^{-3} \text{ M}$$

$$\text{El error cometido sería } \epsilon = \frac{|2.05 \cdot 10^{-3} - 2.01 \cdot 10^{-3}|}{2.01 \cdot 10^{-3}} = 0.02 = 2\%.$$

b)



El material de vidrio a emplear sería una bureta para la disolución de NaOH que iría añadiéndose gota a gota a la disolución de Hben que estaría en un matraz Erlenmeyer de volumen adecuado a la cantidad a valorar.



5A. (2 puntos)

Dadas las siguientes reacciones químicas y los valores correspondientes sus entalpías estándar ( $\Delta H^\circ$ ), contesta, de forma razonada, a las preguntas siguientes:

- (1)  $2H_2S(g) + SO_2(g) \rightleftharpoons 3S(s) + 2H_2O(l)$  ,  $\Delta H^\circ = -233,5 \text{ kJ mol}^{-1}$   
(2)  $N_2(g) + 3Cl_2(g) \rightleftharpoons 2NCl_3(l)$  ,  $\Delta H^\circ = +230,0 \text{ kJ mol}^{-1}$   
(3)  $I_2(s) \rightleftharpoons I_2(g)$  ,  $\Delta H^\circ = +62,2 \text{ kJ mol}^{-1}$

- a) ¿Cuál de las reacciones químicas anteriores no es un proceso redox?  
b) ¿En cuál de las reacciones químicas anteriores la variación de entropía presenta un valor positivo?  
c) ¿Cuál de las reacciones anteriores nunca será espontánea?  
d) ¿Cuál de las reacciones anteriores se desplazará hacia los productos cuando disminuya la temperatura?

a)

Para que un proceso sea redox una sustancia debe oxidarse y otra debe reducirse. En el primero el azufre del  $H_2S$  pasa de -2 a 0 en el S (s) y el azufre del  $SO_2$  pasa de +4 a 0 en el S (s); por tanto es un proceso redox. En el 2 el  $N_2$  y  $Cl_2$  pasan de 0 a +3 para el N y -1 para el Cl; por tanto es un proceso redox. El 3 no es un proceso redox ya que ningún compuesto cambia de número de oxidación. Se trata de un cambio de estado.

b)

Si la variación de entropía es positiva eso quiere decir que los productos tiene mayor entropía que los reactivos. La entropía es una medida del desorden, por tanto los productos deben estar más desordenados que los reactivos. Los sólidos están más ordenados que los líquidos y estos más que los gases. En el 1 se pasa de gas y gas a sólido y líquido, por tanto aumenta el orden, disminuye la entropía y  $\Delta S < 0$ . En el 2 se pasa de gas y gas a líquido, por tanto aumenta el orden, disminuye la entropía y  $\Delta S < 0$ . En el 3 se pasa de un sólido a un gas, por tanto en este caso aumenta el desorden, la entropía aumenta y  $\Delta S > 0$ .

c)

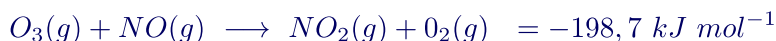
Para que nunca sea espontánea  $\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S > 0$ . En la reacción 2  $\Delta H > 0$  y  $\Delta S < 0$ , por tanto  $\Delta G$  siempre será positivo y nunca será espontánea la reacción.

d)

La primera de las reacciones se desplazará hacia los productos al disminuir la temperatura ya que se trata de una reacción exotérmica.

1B. (2 puntos)

El monóxido de nitrógeno (NO) destruye la capa de ozono de la atmósfera porque cataliza la descomposición del ozono según la reacción química siguiente:



Se han llevado a cabo diferentes experimentos en el laboratorio y se ha comprobado que la reacción química anterior es de primer orden tanto respecto al ozono ( $O_3$ ) como al monóxido de nitrógeno (NO).

Experimento	Conc. Inicial $O_3$ ( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Conc. Inicial NO ( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ )	Velocidad Inicial ( $\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ )
1	0,020	0,025	42,0
2	0,015	x	12,6

- Escribe la expresión de la velocidad de reacción para este proceso químico.
- ¿Cuál es el orden total de la reacción? Justifica la respuesta.
- Determina el valor de la constante de velocidad con sus unidades.
- Determina el valor de la concentración inicial de NO(g) en el experimento 2 de la tabla anterior.

a)

Como la reacción es de primer orden para el NO y para el  $O_3$  el exponente de sus concentraciones será 1. Por tanto

$$v = k[NO][O_3]$$

b)

El orden total de la reacción es la suma de los órdenes parciales, es decir  $1 + 1 = 2$ .

c)

$$v = k[NO][O_3] \implies 42 = k \cdot 0.020 \cdot 0.025 \implies k = 8.4 \cdot 10^4$$

v tiene unidades  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  y las concentraciones de NO y  $O_3$  unidades de  $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Dado que los órdenes de reacción son ambos 1, la constante de velocidad k debe tener unidades de  $\text{mol}^{-1} \cdot \text{L} \cdot \text{s}^{-1}$ .

d)

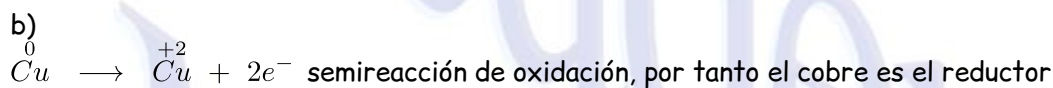
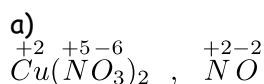
$$12.6 = 8.4 \cdot 10^4 \cdot 0.015 \cdot x \implies x = \frac{12.6}{8.4 \cdot 10^4 \cdot 0.015} = 0.01 \text{ M}$$

2B.(2 puntos)

Los fascinantes colores del nitrato de cobre ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) hacen que esta sal se utilice como aditivo en las cerámicas, en las superficies metálicas, en algunos fuegos artificiales y también en la industria textil. Una de las formas de obtener esta sal es a partir de la reacción del cobre metálico con ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) según la siguiente reacción química ajustada:



- a) Indica el número de oxidación del nitrógeno en las especies  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$  y  $\text{NO}$ .  
b) ¿Cuál es la especie oxidante? ¿y la especie reductora? Razona las respuestas.  
c) ¿Qué volumen de  $\text{HNO}_3$ , del 30% en peso y densidad  $1,18 \text{ g mL}^{-1}$ , se necesita para reaccionar completamente con  $12,7 \text{ g}$  de cobre?



c)

$$12.74 \text{ gr Cu} \cdot \frac{1 \text{ mol Cu}}{63.5 \text{ gr Cu}} \cdot \frac{8 \text{ mol HNO}_3}{3 \text{ mol Cu}} \cdot \frac{63 \text{ gr HNO}_3}{1 \text{ mol HNO}_3} \cdot \frac{100 \text{ gr dion}}{30 \text{ gr HNO}_3} \cdot \frac{1 \text{ ml dion}}{1.18 \text{ gr dion}} = 95 \text{ mL dion}$$

3B (2 puntos)

El pentacloruro de fósforo ( $\text{PCl}_5$ ) es un compuesto químico que se utiliza para fabricar numerosas sustancias en diferentes campos como la metalurgia o la industria farmacéutica. En un recipiente vacío de un litro de capacidad se introducen 0,01 moles de  $\text{PCl}_5$  y se calientan hasta los 250 °C. Cuando se alcanza el siguiente equilibrio químico:



se comprueba que se han formado 0,005 moles de  $\text{PCl}_3$ . Con estos datos: a) Calcula el valor de la presión parcial de  $\text{Cl}_2$  en el equilibrio. b) Calcula el valor de la constante de equilibrio en presiones ( $K_p$ ) a 250 °C. c) Para conseguir una mayor disociación del  $\text{PCl}_5$ , ahora el proceso se lleva a cabo en un recipiente de mayor volumen sin variar ninguna otra condición. Justifica por qué se realiza esta operación.

a)

moles	$\text{PCl}_5$	$\text{PCl}_3$	$\text{Cl}_2$
inicial	0.01	0	0
reaccionan	x	-	-
equilibrio	0.01-x	X=0.005	x

Como la cantidad de moles que se forman en el equilibrio de tricloruro de fósforo es la misma que la de dicloro  $x = 0.005$  moles

$$P_{\text{Cl}_2}V = nRT \Rightarrow P_{\text{Cl}_2} = \frac{nRT}{V} = \frac{0.005 \cdot 0.082 \cdot 523}{1} = 0.214 \text{ atm}$$

b)

Dado que el número de moles en el equilibrio para las tres sustancias es el mismo en el equilibrio, las presiones parciales también serán iguales

$$K_p = \frac{P_{\text{Cl}_2} \cdot P_{\text{PCl}_3}}{P_{\text{PCl}_5}} = \frac{0.214 \cdot 0.214}{0.214} = 0.214$$

c)

Según el principio de Le Châtelier si se aumenta el volumen el equilibrio se desplazará hacia donde hay mayor número de moles gaseosos. En este caso sería hacia los productos y aumentaría el grado de disociación del  $\text{PCl}_5$ .



4B. (2 puntos)

Dadas las siguientes moléculas:  $\text{CF}_4$ ,  $\text{LiF}$ ,  $\text{F}_2$  y  $\text{HF}$

Contesta:

- ¿Qué tipo de hibridación presenta el átomo de carbono en la molécula de  $\text{CF}_4$ ?
- ¿Se puede afirmar que la molécula de  $\text{F}_2$  es muy soluble en agua? Justifica la respuesta
- ¿Cuál es el único compuesto que presenta enlaces iónicos? Razona la respuesta.
- Comparando las moléculas de  $\text{F}_2$  y  $\text{HF}$ , indica de forma razonada cuál presentará un punto de ebullición más elevado.

a)

El átomo de carbono tiene sus cuatro electrones de valencia compartidos con otros tantos átomos de flúor. La geometría que adopta, según el modelo TRPECV, la molécula es tetraédrica. Los cuatro enlaces están hibridados y es una hibridación  $\text{sp}^3$ .

b)

La molécula de  $\text{F}_2$  es apolar y será poco soluble en un disolvente polar como el agua.

c)

El  $\text{LiF}$  presenta un enlace iónico ya que tenemos un metal uniéndose a un no metal.

d)

La molécula de  $\text{HF}$  es polar y sus moléculas presentan interacción puentes de hidrógeno. Por tanto su temperatura de ebullición será mayor que la del  $\text{F}_2$  que al ser apolar presenta una interacción muy débil entre sus moléculas.

5B. (2 puntos)

a) Nombra el siguiente compuesto:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

b) Formula un isómero de función del compuesto del apartado a)

c) Formula un isómero de cadena del compuesto del apartado a)

d) En la ficha de seguridad del compuesto del apartado a) aparece el siguiente pictograma. Explica su significado.



a)  
Ácido pentanoico

b)  
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CO} - \text{CHOH} - \text{CH}_3$

c)  
 $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} - \text{COOH}$

d)  
Sustancia nociva por ingestión, inhalación o penetración cutánea.