

QUÍMICA (Examen resuelto y criterios de corrección)

- Responda en el pliego en blanco a **cuatro** de las cinco preguntas que se proponen. De cada una de las seleccionadas conteste **una única opción**, A o B. Todas las preguntas se calificarán con un máximo de **2,5 puntos**.
- Agrupaciones de preguntas que sumen más de 10 puntos o no coincidan con las indicadas conllevarán la **anulación** de la(s) última(s) pregunta(s) seleccionada(s) y/o respondida(s).

Pregunta 1. Opción A. (2,5 puntos) a) (1,25 puntos) Calcule la longitud de onda, λ , de un electrón que se mueve a $1/100$ de la velocidad de la luz en el vacío, c .

Datos: $c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$, $h = 6,626\,068\,96 \cdot 10^{-34}\text{ J s}$ y $m_e = 9,109\,382\,15 \cdot 10^{-31}\text{ kg}$.

b) (1,25 puntos) Conteste, razonadamente, las siguientes cuestiones. **b.1) (0,25 puntos)** ¿Cuál es el valor mínimo del número cuántico n compatible con $l = 0$? **b.2) (0,25 puntos)** ¿Cuál es la letra utilizada, en la notación espectroscópica, para designar un orbital con $l = 3$? **b.3) (0,25 puntos)** ¿Cuál es el número de orbitales asociados a $l = 2$? **b.4) (0,25 puntos)** ¿Cuál es el número de espín-orbitales asociados a $l = 2$? **b.5) (0,25 puntos)** ¿Cuál es el número de orbitales asociados a $n = 1$?

a)

$$\lambda = \frac{h}{m_e v} = \frac{6,626\,068\,96 \cdot 10^{-34}\text{ J s}}{9,109\,382\,15 \cdot 10^{-31}\text{ kg} \times \frac{299\,792\,458}{100}\text{ m s}^{-1}} = 2,426\,310\,22 \cdot 10^{-10}\text{ m}$$

Desglose de la puntuación	
$\lambda = h/(m_e v)$	0,25
$\lambda = 2,426\,310\,22 \cdot 10^{-10}\text{ m}$	1,00

Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

b.1) (0,25 puntos)

$$n = 1 \quad (l = n - 1, \dots)$$

b.2) (0,25 puntos)

$l = 0$	$l = 1$	$l = 2$	$l = 3$
s	p	d	f

Letra f

b.3) (0,25 puntos)

5 orbitales ($m_l = -2, -1, 0, +1, +2$)

b.4) (0,25 puntos)

10 espín-orbitales ($m_l = -2, -1, 0, +1, +2$ y $m_s = \pm 1/2$)

b.5) (0,25 puntos)

1 orbital ($l = 0$ y $m_l = 0$)

Pregunta 1. Opción B. (2,5 puntos) Dadas las siguientes configuraciones electrónicas, indique, razonadamente, si pertenecen a átomos en estado fundamental, excitado o imposible.

1 (0,50 puntos)	$(1s)^2(2s)^2(3s)^2$
2 (0,50 puntos)	$(1s)^2(2p)^3$
3 (0,50 puntos)	$(1s)^2(2s)^3(2p)^5$
4 (0,50 puntos)	$(1s)^1(2s)^2(2p)^7$
5 (0,50 puntos)	$(1s)^2(2s)^2(2p)^6$

Desglose de la puntuación	
1 Excitado (argumentado)	0,50
2 Excitado (argumentado)	0,50
3 Imposible (argumentado)	0,50
4 Imposible (argumentado)	0,50
5 Fundamental (argumentado)	0,50

Pregunta 2. Opción A. (2,5 puntos) La tabla muestra los puntos de ebullición, T_{vap} , a presión atmosférica, de tres haluros de hidrógeno ($Z(\text{Br}) = 35$ y $Z(\text{I}) = 53$).

	$T_{\text{vap}}/^\circ\text{C}$
HCl	-85
HBr	-67
HI	-35

Conteste, razonadamente, si: **a) (1,25 puntos)** las fuerzas dipolo-dipolo pueden explicar la tendencia observada; **b) (1,25 puntos)** las fuerzas de dispersión (London) pueden explicar la tendencia observada.

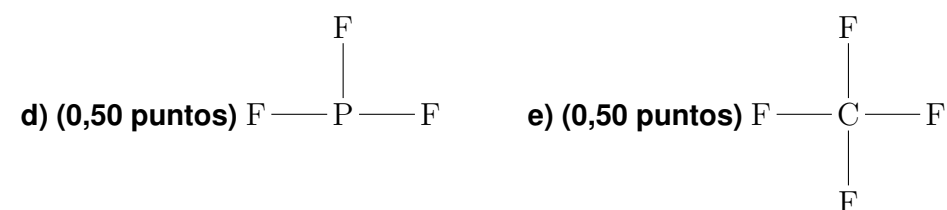
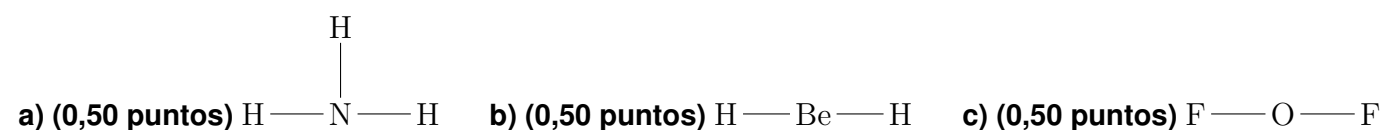
a) Las fuerzas dipolo-dipolo no pueden explicar la tendencia observada.

Desglose de la puntuación	
Existencia de un dipolo $\leftrightarrow$ Diferencia de electronegatividad	0,50
Tendencia de la electronegatividad en un grupo	0,75

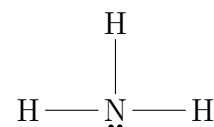
b) Las fuerzas de dispersión (London) sí pueden explicar la tendencia observada.

Desglose de la puntuación	
Fuerzas de dispersión (London) $\leftrightarrow$ N.º de electrones	1,25

Pregunta 2. Opción B. (2,5 puntos) Represente las estructuras de Lewis de las siguientes especies:



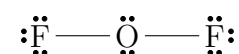
a) (0,50 puntos) $e^- = 1 + 1 + 1 + 5 = 8$ (4 pares)



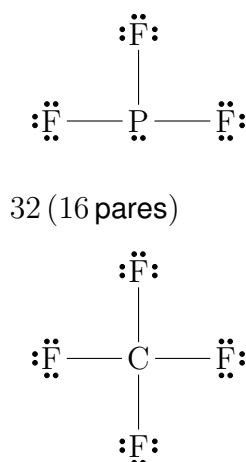
b) (0,50 puntos) $e^- = 1 + 1 + 2 = 4$ (2 pares)



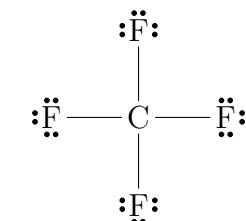
c) (0,50 puntos) $e^- = 7 + 7 + 6 = 20$ (10 pares)



d) (0,50 puntos) $e^- = 7 + 7 + 7 + 5 = 26$ (13 pares)



e) (0,50 puntos) $e^- = 7 + 7 + 7 + 7 + 4 = 32$ (16 pares)



Pregunta 3. Opción A. (2,5 puntos) Para la reacción $\text{PCl}_5(\text{g}) \rightleftharpoons \text{PCl}_3(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$, la constante de equilibrio K_p , a $250,00^\circ\text{C}$, es $78,3 \text{ atm}$. En un recipiente de 500 mL , a $250,00^\circ\text{C}$, se introducen $3,12 \text{ g}$ de $\text{PCl}_5(\text{g})$. Calcule las presiones parciales del $\text{PCl}_5(\text{g})$ y del $\text{PCl}_3(\text{g})$ cuando se alcanza el estado de equilibrio.

Datos: $A_r(\text{Cl}) = 35,45$, $A_r(\text{P}) = 30,974$ y $R = 0,082\,0574\,6 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

$$V = 500 \text{ mL} = 0,500 \text{ L} \quad T = 250,00 + 273,15 = 523,15 \text{ K}$$

$$M_r(\text{PCl}_5) = A_r(\text{P}) + 5 A_r(\text{Cl}) = 208,224 \quad n_0(\text{PCl}_5) = \frac{m(\text{PCl}_5)}{M_r(\text{PCl}_5)} = \frac{3,12 \text{ g}}{208,224 \text{ g mol}^{-1}} = 0,014\,983 \dots \text{ mol}$$

	$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\xrightleftharpoons{K_p}$	$\text{PCl}_3(\text{g})$	+	$\text{Cl}_2(\text{g})$
$n(\xi = 0)/\text{mol}$	n_0		0		0
$n(\xi = \xi_{\text{eq}})/\text{mol}$	$n_0 - \xi_{\text{eq}}$		ξ_{eq}		ξ_{eq}

$$n_{\text{tot, eq}} = n_0 - \xi_{\text{eq}} + \xi_{\text{eq}} + \xi_{\text{eq}} = n_0 + \xi_{\text{eq}}$$

$$p_{\text{tot, eq}}/\text{atm} = \frac{(n_{\text{tot, eq}}/\text{mol}) (R/(\text{atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1})) (T/\text{K})}{V/\text{L}} = (n_0 + \xi_{\text{eq}}) \times \frac{RT}{V}$$

	$x_{\text{eq}} = n_{\text{eq}}/n_{\text{tot, eq}}$	$p_{\text{eq}} = x_{\text{eq}} \times p_{\text{tot, eq}}$
$\text{PCl}_5(\text{g})$	$\frac{n_0 - \xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}$	$\frac{n_0 - \xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times p_{\text{tot, eq}}$
$\text{PCl}_3(\text{g})$	$\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}$	$\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times p_{\text{tot, eq}}$
$\text{Cl}_2(\text{g})$	$\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}$	$\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times p_{\text{tot, eq}}$

$$K_p = \frac{p_{\text{PCl}_3(\text{g}), \text{eq}} \times p_{\text{Cl}_2(\text{g}), \text{eq}}}{p_{\text{PCl}_5(\text{g}), \text{eq}}}$$

$$78,3 = \frac{\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times p_{\text{tot}, \text{eq}} \times \frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times p_{\text{tot}, \text{eq}}}{\frac{n_0 - \xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times p_{\text{tot}, \text{eq}}}$$

$$78,3 = \frac{\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times \frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}}{\frac{n_0 - \xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}} \times p_{\text{tot}, \text{eq}}$$

$$78,3 = \frac{\frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}} \times \frac{\xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}}{\frac{n_0 - \xi_{\text{eq}}}{n_0 + \xi_{\text{eq}}}} \times (n_0 + \xi_{\text{eq}}) \times \frac{RT}{V}$$

$$78,3 = \frac{\xi_{\text{eq}}^2}{n_0 - \xi_{\text{eq}}} \times \frac{RT}{V}$$

En esta ecuación, la única incógnita es ξ_{eq} .

$$\xi_{\text{eq}} = 0,014\,74 \dots \text{ mol}$$

$$p_{\text{tot}, \text{eq}}/\text{atm} = (n_0 + \xi_{\text{eq}}) \times \frac{RT}{V} = 2,552\,4 \dots$$

	x_{eq}	p_{eq}/atm
$\text{PCl}_5(\text{g})$	$8,019\,4 \dots \cdot 10^{-3}$	$0,020\,46 \dots$
$\text{PCl}_3(\text{g})$	$0,495\,9 \dots$	$1,265\,9 \dots$
$\text{Cl}_2(\text{g})$	$0,495\,9 \dots$	$1,265\,9 \dots$

Desglose de la puntuación	
Concentraciones en el equilibrio	0,50
$K_p = \frac{p_{\text{PCl}_3(\text{g}), \text{eq}} \times p_{\text{Cl}_2(\text{g}), \text{eq}}}{p_{\text{PCl}_5(\text{g}), \text{eq}}}$	0,50
$\xi_{\text{eq}} = 0,014\,74 \dots \text{ mol}$	0,50
$p_{\text{PCl}_5, \text{eq}} = 0,020\,5 \text{ atm}$	0,50
$p_{\text{PCl}_3, \text{eq}} = 1,27 \text{ atm}$	0,50

Se admite la omisión del subíndice «eq». Se admite la omisión de los estados de agregación. Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

Pregunta 3. Opción B. (2,5 puntos) La energía de Gibbs estándar de reacción, $\Delta_r G^\ominus$, a 500,00 K, para el equilibrio $2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$ es -2000 J mol^{-1} . Calcule, a 500,00 K, la constante de equilibrio estándar, $K^\ominus$, del equilibrio $\text{A} + (1/2)\text{B} \rightleftharpoons \text{C}$.

Dato: $R = 8,314\,472 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

	$\Delta_r G^\ominus(500,00 \text{ K})/(\text{J mol}^{-1})$
$2\text{A} + \text{B} \rightleftharpoons 2\text{C}$	-2000
$1\text{A} + (1/2)\text{B} \rightleftharpoons 1\text{C}$	-1000

$$\Delta_r G^\ominus(T) = -RT \ln K^\ominus(T)$$

$$-1000 = -8,314\,472 \times 500,00 \times \ln K^\ominus(500,00 \text{ K})$$

$$K^\ominus(500,00 \text{ K}) = 1,272$$

Desglose de la puntuación	
$1\text{A} + (1/2)\text{B} \rightleftharpoons 1\text{C} \rightarrow \Delta_r G^\ominus(500,00 \text{ K}) = -1000 \text{ J mol}^{-1}$	0,50
$\Delta_r G^\ominus(T) = -RT \ln K^\ominus(T)$	0,50
$K^\ominus(500,00 \text{ K}) = 1,272$	1,50

Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

Pregunta 4. Opción A. (2,5 puntos) En la siguiente tabla se muestran, para una disolución acuosa, los valores de $[\text{OH}^-]$ frente a los de la concentración, c , de una sustancia desconocida.

$c/(\text{mol L}^{-1})$	0,060	0,12	0,18
$[\text{OH}^-]/(\text{mol L}^{-1})$	x	$2x$	$3x$

a) (1,25 puntos) Explique si la sustancia es un ácido fuerte, un ácido débil, una base fuerte o una base débil.

b) (1,00 punto) Dependiendo de su respuesta en el apartado anterior, calcule el pOH de una disolución $0,18 \text{ mol L}^{-1}$ de esa sustancia o explique por qué no puede hacerlo. **c) (0,25 puntos)** Justifique si $[\text{OH}^-]$ se anula cuando $c = 0 \text{ mol L}^{-1}$.

a) $[\text{OH}^-]$ crece con c , luego la sustancia es una base. Doblar (o triplicar) c supone doblar (o triplicar) $[\text{OH}^-]$. Esto implica que la base es fuerte.

Desglose de la puntuación	
Base fuerte (argumentado)	1,25

b) $\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-] = -\log(0,18) = 0,74$

Desglose de la puntuación	
$\text{pOH} = 0,74$	1,00

c) $[\text{OH}^-]$ no se anula cuando $c = 0 \text{ mol L}^{-1}$ por el equilibrio de autoionización del agua.

Desglose de la puntuación	
$[\text{OH}^-] \neq 0$ (argumentado)	0,25

Pregunta 4. Opción B. (2,5 puntos) a) (1,25 puntos) Calcule la diferencia de potencial estándar, a 298,15 K, de una celda galvánica que utiliza los sistemas redox $\text{Co}^{2+}(\text{aq})/\text{Co}(\text{s})$ y $\text{Fe}^{2+}(\text{aq})/\text{Fe}(\text{s})$.

Datos:

	$E^\ominus(298,15 \text{ K})/\text{V}$
$\text{Co}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Co}(\text{s})$	-0,28
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{e}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{s})$	-0,44

b) (1,25 puntos) Represente, utilizando el diagrama establecido en la Convención de Estocolmo, dicha celda galvánica suponiendo que el puente salino utilizado es una disolución acuosa saturada de cloruro de potasio, $\text{KCl}(\text{aq, sat})$.

a)

$$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = E_{\text{R}}^\ominus - E_{\text{L}}^\ominus$$

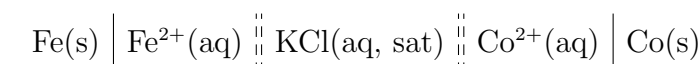
$$-0,28 > -0,44 \rightarrow E_{\text{R}}^\ominus = -0,28 \text{ V} \quad E_{\text{L}}^\ominus = -0,44 \text{ V}$$

$$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = -0,28 - (-0,44) = +0,16 \text{ V}$$

Desglose de la puntuación	
$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = E_{\text{R}}^\ominus - E_{\text{L}}^\ominus$	0,25
Identificar $E_{\text{R}}^\ominus$ y $E_{\text{L}}^\ominus$	0,50
$E_{\text{cell, eq}}^\ominus = +0,16 \text{ V}$	0,50

Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

b)



Desglose de la puntuación	
Ánodo (izquierda, barra vertical)	0,50
Cátodo (derecha, barra vertical)	0,50
Puente salino (barras discontinuas)	0,25

Pregunta 5. Opción A. (2,5 puntos) Se ha medido la velocidad inicial, v_0 , de la reacción entre el $\text{NO}(\text{g})$ y el $\text{H}_2(\text{g})$, siempre a la misma temperatura, pero en tres condiciones iniciales diferentes.

Experimento	$[\text{NO}(\text{g})]_0/(\text{mol L}^{-1})$	$[\text{H}_2(\text{g})]_0/(\text{mol L}^{-1})$	$v_0/(\text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1})$
1	$2,50 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$	$2,40 \cdot 10^{-6}$
2	$2,50 \cdot 10^{-2}$	$5,00 \cdot 10^{-3}$	$1,20 \cdot 10^{-6}$
3	$1,25 \cdot 10^{-2}$	$1,00 \cdot 10^{-2}$	$6,00 \cdot 10^{-7}$

a) (0,50 puntos) Calcule el orden de la reacción respecto al $\text{NO}(\text{g})$. **b) (0,50 puntos)** Calcule el orden de la reacción respecto al $\text{H}_2(\text{g})$. **c) (0,50 puntos)** Calcule el orden total de la reacción. **d) (0,50 puntos)** Calcule la constante cinética. **e) (0,50 puntos)** Escriba la ley de velocidad.

La expresión general de la ley de velocidad es $v = k[\text{NO}]^\alpha[\text{H}_2]^\beta$.

a) Utilizando la información de los experimentos **1** y **2**:

$$\frac{2,40 \cdot 10^{-6}}{1,20 \cdot 10^{-6}} = \left(\frac{1,00 \cdot 10^{-2}}{5,00 \cdot 10^{-3}} \right)^\beta \rightarrow \beta = 1$$

Desglose de la puntuación	
$\beta = m_{\text{H}_2} = 1$	0,50

b) Utilizando la información de los experimentos **1** y **3**:

$$\frac{2,40 \cdot 10^{-6}}{6,00 \cdot 10^{-7}} = \left(\frac{2,50 \cdot 10^{-2}}{1,25 \cdot 10^{-2}} \right)^\alpha \rightarrow \alpha = 2$$

Desglose de la puntuación	
$\alpha = m_{\text{NO}} = 2$	0,50

c) $m = m_{\text{NO}} + m_{\text{H}_2} = 3$

Desglose de la puntuación	
$m = m_{\text{NO}} + m_{\text{H}_2} = 3$	0,50

d)

$$v = k[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^1$$

$$k = \frac{v}{[\text{NO}]^2[\text{H}_2]^1}$$

Existen tres posibilidades para calcular k : una por cada experimento. En todos los casos se obtiene el mismo valor: $k = 0,384 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$.

Desglose de la puntuación	
$k = 0,384 \text{ mol}^{-2} \text{ L}^2 \text{ s}^{-1}$	0,50

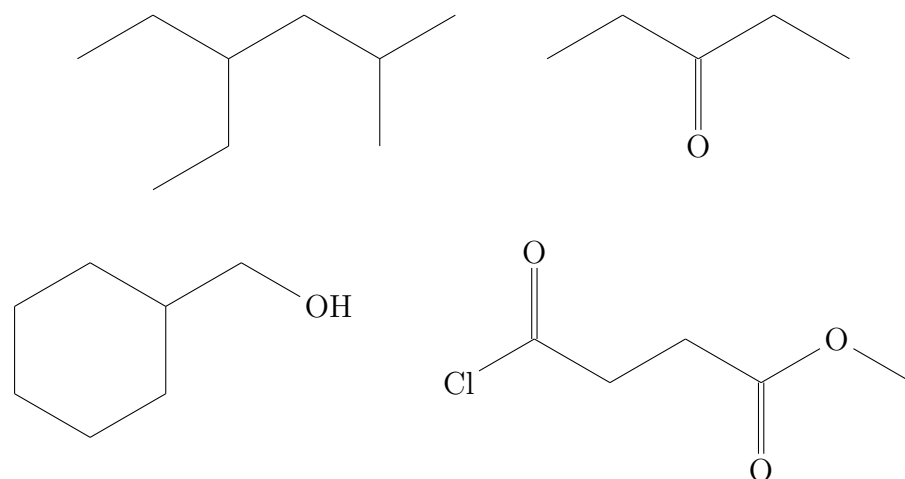
Si las unidades de una cantidad final no son correctas, se restan 0,25 puntos. Si el número de cifras significativas de un valor numérico final difiere del correcto en más de dos unidades, se restan 0,25 puntos.

e)

$$v = 0,384 [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^1$$

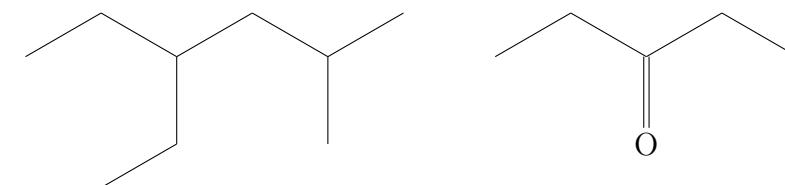
Desglose de la puntuación	
$v = 0,384 [\text{NO}]^2 [\text{H}_2]^1$	0,50

Pregunta 5. Opción B. (2,5 puntos) a) (1,00 punto; 0,25 puntos/compuesto) Nombre, siguiendo las normas vigentes de la IUPAC (nomenclatura sustitutiva), los siguientes compuestos:



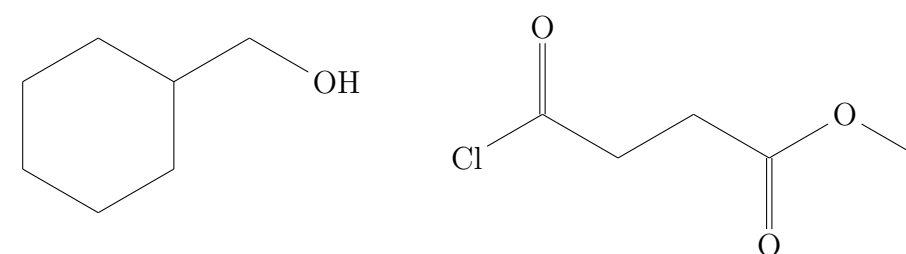
b) (1,50 puntos) b.1) (0,50 puntos) ¿Qué nombre recibe el compuesto que se forma al hacer reaccionar ácido acético con etanol en presencia de ácido sulfúrico, H_2SO_4 , y aplicando calor? **b.2) (0,50 puntos)** Escriba la fórmula estructural desarrollada de dicho compuesto. **b.3) (0,50 puntos)** ¿Qué tipo de reacción ha tenido lugar?

a)



4-etil-2-metilhexano

pentan-3-ona



ciclohexilmetanol

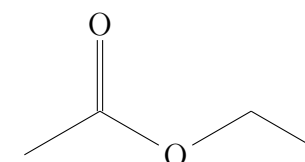
4-cloro-4-oxobutanoato de metilo

Desglose de la puntuación	
Fórmulas ($4 \times 0,25$)	1,00

b.1) Acetato de etilo

Desglose de la puntuación	
Nombre correcto	0,50

b.2)



Desglose de la puntuación	
Formula correcta	0,50

b.3) Esterificación.

Desglose de la puntuación	
Tipo correcto	0,50



Pregunta 1. Opción A.

```
clc
clear all
format long
h=6.62606896e-34;
m=9.10938215e-31;
c=299792458;
v=(1/100)*c;
lambda=h/m/v
```

Pregunta 3. Opción A.

```
clc
clear all
format long
Ar_Cl=35.45;
Ar_P=30.974;
Mr_PCl5=Ar_P+5*Ar_Cl
m_PCl5=3.12;
n0=m_PCl5/Mr_PCl5
R=0.08205746;
T=250+273.15
V=0.5;
syms xi;
sol=solve(78.3==((xi/(n0+xi))^2)*((n0+xi)*(R*T/V))/((n0-xi)/(n0+xi)));
sol=double(sol)
xi_eq=sol(2)
x_PCl5_eq=(n0-xi_eq)/(n0+xi_eq)
x_PCl3_eq=xi_eq/(n0+xi_eq)
x_Cl2_eq=xi_eq/(n0+xi_eq)
```

```
p_tot_eq=((n0+xi_eq)*R*T/V)
p_PCl5_eq=x_PCl5_eq*p_tot_eq
p_PCl3_eq=x_PCl3_eq*p_tot_eq
p_Cl2_eq=x_Cl2_eq*p_tot_eq
```

```
k1=2.40e-6/((2.50e-2)^2*1.00e-2)
k2=1.20e-6/((2.50e-2)^2*5.00e-2)
k3=6.00e-7/((1.25e-2)^2*1.00e-2)
```

Pregunta 3. Opción B.

```
clc
clear all
format long
R=8.314472;
T=500;
syms K
sol=solve(-1000==-R*T*log(K));
sol=double(sol)
```

Pregunta 4. Opción A.

```
clc
clear all
format long
-log10(0.18)
```

Pregunta 4. Opción B.

```
clc
clear all
format long
E_cell_eq_std=-0.28-(-0.44)
```

Pregunta 5. Opción A.

```
clc
clear all
format long
beta=log(2.40e-6/1.20e-6)/log(1.00e-2/5.00e-3)
alpha=log(2.40e-6/6.00e-7)/log(2.50e-2/1.25e-2)
```