



Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

Prof. Responsable: José María Moratal Mascarell. Catedrático de Química Inorgánica (jose.m.moratal@uv.es)

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

1.- La lejía comercial se obtiene electroquímicamente a partir de salmuera.

a) explica con detalle la obtención electroquímica de la lejía, escribiendo las semirreacciones redox implicadas en el proceso, así como las reacciones globales ajustadas

b) ¿por qué es peligroso mezclar lejía con productos de limpieza de carácter ácido? justifica la respuesta escribiendo las correspondientes reacciones ajustadas y determina ΔE° .

Datos: $E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$; $E^\circ(\text{ClO}^-/\text{Cl}_2) = 0,42 \text{ V}$; $E^\circ(\text{HClO}/\text{Cl}_2) = 1,63 \text{ V}$.

• Solución:

- a) obtención electroquímica de la lejía

semirreacciones: cátodo: $2 \text{H}_2\text{O} + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{OH}^- + \text{H}_2$

 ánodo: $2 \text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2 \text{e}^-$



– mantener separados los compartimentos catódico y anódico

» para evitar la reacción del Cl_2 con H_2

– pero ... la membrana de separación ha de ser permeable a los OH^-

» generados en el compartimento catódico

– agitadores para favorecer la mezcla del Cl_2 con los OH^-

» facilitar dismutación cloro: $\text{Cl}_2(\text{ac}) + 2 \text{OH}^-(\text{ac}) \rightarrow \text{Cl}^-(\text{ac}) + \text{ClO}^-(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

» $\Delta E^\circ = 1,36 - 0,42 = + 0,94 \text{ V}$ espontánea

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

1.- La lejía comercial se obtiene electroquímicamente a partir de salmuera.

a) explica con detalle la obtención electroquímica de la lejía, escribiendo las semirreacciones redox implicadas en el proceso, así como las reacciones globales ajustadas

b) ¿por qué es peligroso mezclar lejía con productos de limpieza de carácter ácido? justifica la respuesta escribiendo las correspondientes reacciones ajustadas y determina ΔE° .

Datos: $E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$; $E^\circ(\text{ClO}^-/\text{Cl}_2) = 0,42 \text{ V}$; $E^\circ(\text{HClO}/\text{Cl}_2) = 1,63 \text{ V}$.

• Solución:

■ a) obtención electroquímica de la lejía

– enfriar el reactor por debajo de 70°C

» para evitar la dismutación del $\text{ClO}^- \rightarrow \text{ClO}_3^-$ y Cl^-

■ b) la lejía comercial es una mezcla equimolar de cloruro e hipoclorito

– al adicionar ácido se revierte el proceso hacia la formación del tóxico gas cloro

» $\text{ClO}^-(\text{ac}) + \text{H}^+(\text{ac}) \rightarrow \text{HClO}(\text{ac})$

» el HClO oxida al cloruro formándose cloro gas

» $\text{HClO}(\text{ac}) + \text{Cl}^-(\text{ac}) + \text{H}^+(\text{ac}) \rightarrow \text{Cl}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

» $\Delta E^\circ = 1,63 - 1,36 = + 0,27 \text{ V espontánea}$

3

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

2.- Escribe la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas teniendo en cuenta las reglas de la carga formal: i) Cl_2SO_2 , ii) ClO_3^- , iii) H_5IO_6 . Predecir la geometría de dichas especies

• Solución:

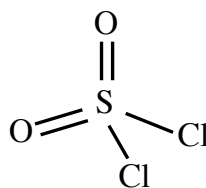
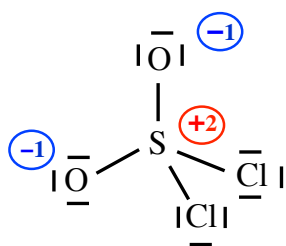
■ i) SO_2Cl_2 :

– $n_{\text{ev}} = 3 \cdot 6 + 2 \cdot 7 = 32$; $n_{\text{e}\sigma} = 2 \cdot 4 = 8$

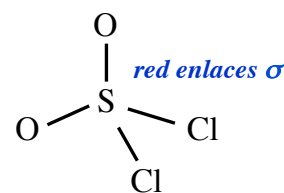
– n_{eot} (completar octetos terminales) $\rightarrow n_{\text{eot}} = 4 \cdot 6 = 24$

– n_{e} (átomo central) $= 32 - (8 + 24) = 0$

– cargas formales y su reducción:



geometría: T_d distorsionada



Haluros de sulfurilo (S^{VI})

	$\angle \text{OSO}$	$\angle \text{XSX}$
O_2SF_2	124°	96°
O_2SCl_2	120°	111°

4

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

2.- Escribe la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas teniendo en cuenta las reglas de la carga formal: i) Cl_2SO_2 , ii) ClO_3^- , iii) H_5IO_6 . Predecir la geometría de dichas especies

• Solución:

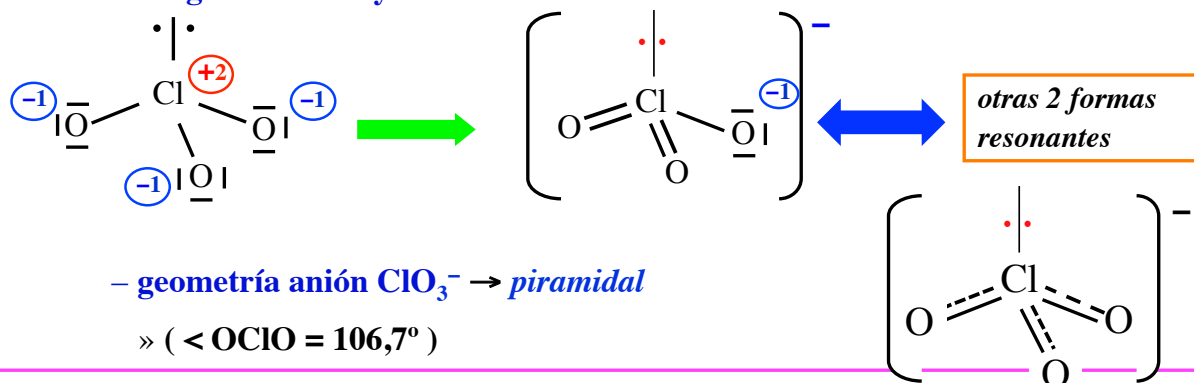
■ ii) ClO_3^- :

$$-n_{\text{ev}} = 3 \cdot 6 + 7 + 1 = 26 \quad ; \quad n_{\text{e}\sigma} = 3 \cdot 2 = 6$$

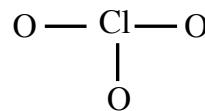
$$-n_{\text{eot}} \text{ (completar octetos terminales)} \rightarrow n_{\text{eot}} = 3 \cdot 6 = 18$$

$$-n_{\text{e}} \text{ (átomo central)} = 26 - (6 + 18) = 2$$

– cargas formales y su reducción:



red enlaces sigma



5

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

2.- Escribe la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas teniendo en cuenta las reglas de la carga formal: i) Cl_2SO_2 , ii) ClO_3^- , iii) H_5IO_6 . Predecir la geometría de dichas especies

• Solución:

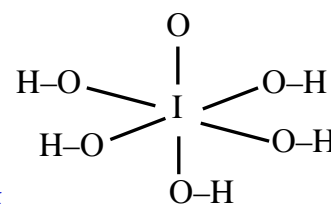
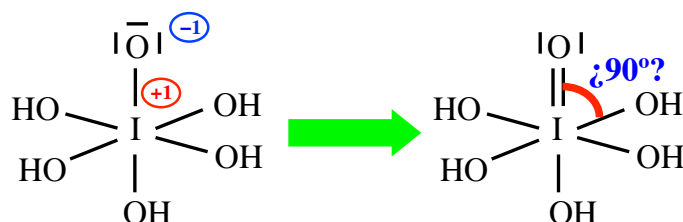
■ iii) H_5IO_6 :

$$-n_{\text{ev}} = 5 \cdot 1 + 7 + 6 \cdot 6 = 48 \quad ; \quad n_{\text{e}\sigma} = 6 \cdot 2 + 5 \cdot 2 = 22$$

$$-n_{\text{eot}} \text{ (completar octetos terminales)} \rightarrow n_{\text{eot}} = 1 \cdot 6 + 5 \cdot 4 = 26$$

$$-n_{\text{e}} \text{ (átomo central)} = 48 - (22 + 26) = 0$$

– cargas formales y su reducción:



red enlaces σ

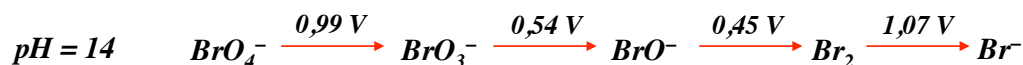
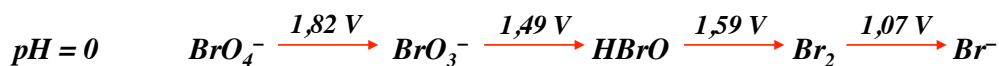
geometría octaédrica
distorsionada:

ángulo $\text{O}=\text{I}-\text{OH} > 90^\circ$

6

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

3.- Teniendo en cuenta el diagrama de Latimer para las especies de bromo en medio ácido y básico:

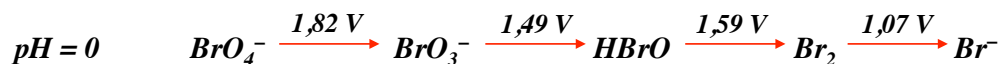


- Representa el diagrama de Frost en medio ácido y en medio básico.
- Identifica qué especies serán inestables respecto a la dismutación en medio ácido, escribe la correspondiente reacción de dismutación en cada caso y calcula ΔG° y la constante de equilibrio.
- Explica qué especies serán inestables respecto a la dismutación en medio básico y escribe la correspondiente reacción de dismutación en cada caso.
- Determina el potencial redox $E^\circ(BrO_4^-/Br^-)$, en medio básico.
- Explica qué especies serán inestables en presencia de oxígeno en medio ácido, y cuáles lo serán en medio básico

Datos: $F = 96485\text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$; $E^\circ(O_2/H_2O) = 1,23\text{ V}$; $E^\circ(O_2/H_2O) = 0,401\text{ V}$; $R = 8,3145\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

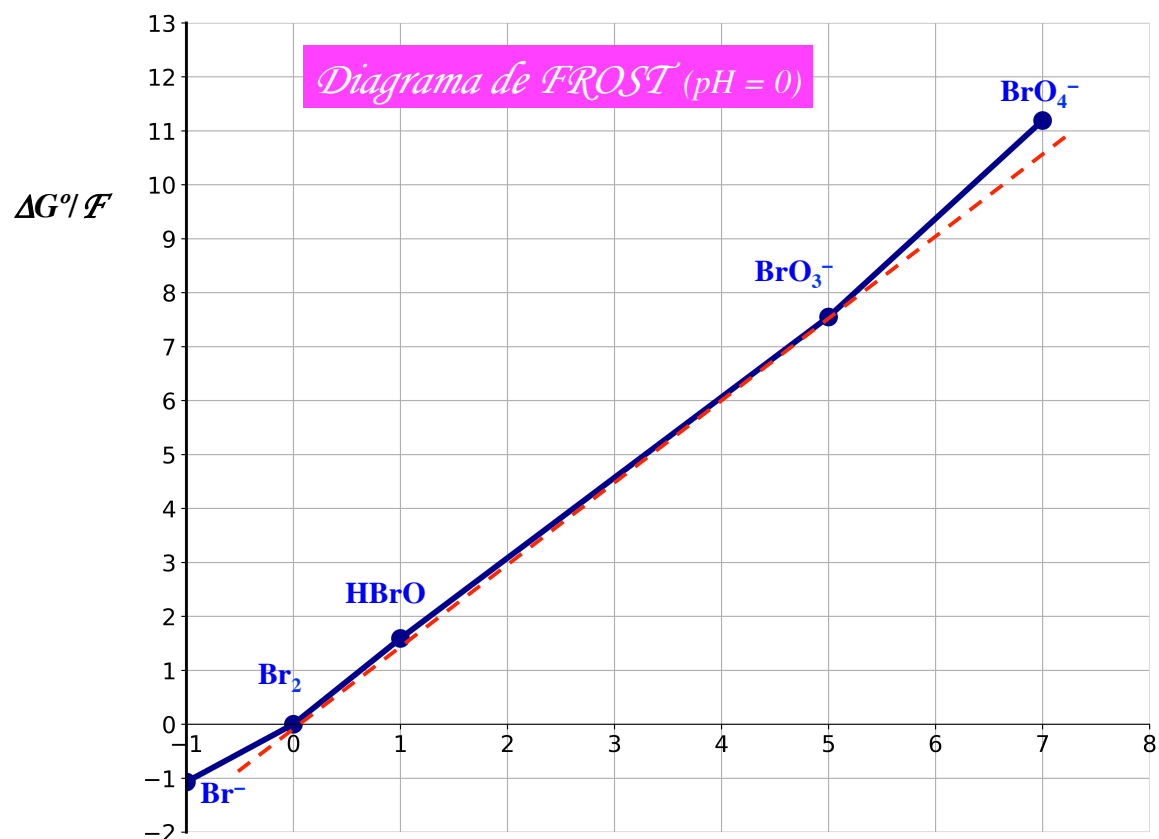
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

3.- Teniendo en cuenta el diagrama de Latimer para las especies de bromo en medio ácido ...:



- Representa el diagrama de Frost en medio ácido

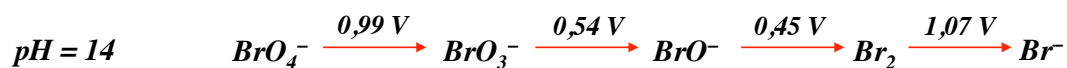
Medio ácido pH = 0						
Par	e. o.	n	ΔE°	$-n\cdot\Delta E^\circ$	y	x
Br_2 / Br^-	$0 \rightarrow -1$	1	+1,07	$-1\cdot 1,07 = -1,07$	-1,07	-1
$Br_2 / HBrO$	$0 \rightarrow 1$	1	-1,59	$-1\cdot (-1,59) = +1,59$	+1,59	+1
$HBrO / BrO_3^-$	$1 \rightarrow 5$	4	-1,49	$-4\cdot (-1,49) = +5,96$	+7,55	+5
BrO_3^- / BrO_4^-	$5 \rightarrow 7$	2	-1,82	$-2\cdot (-1,82) = +3,64$	+11,19	+7



9

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

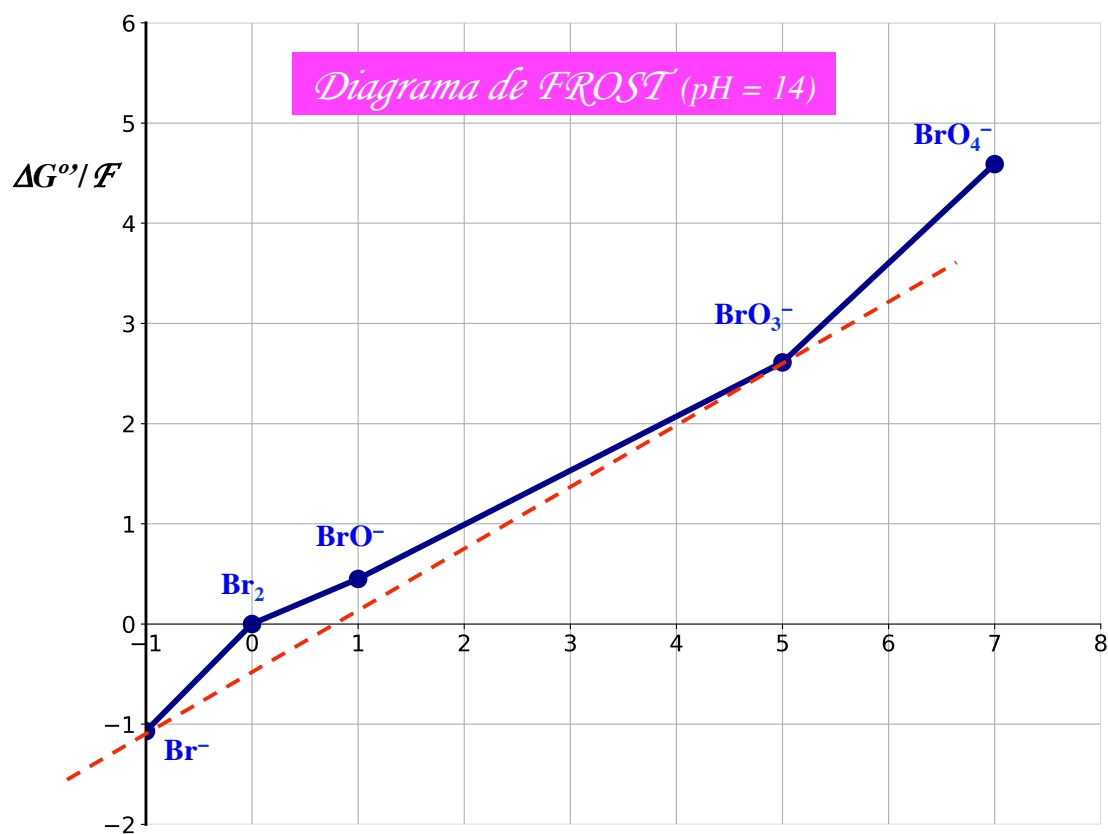
3.- Teniendo en cuenta el diagrama de Latimer para las especies de bromo en medio básico:



a2) Representa el diagrama de Frost en medio básico.

Medio básico		pH = 14				
Par	e. o.	n	ΔE°'	-n·ΔE°'	y	x
Br ₂ / Br ⁻	0 → -1	1	+1,07	-1·1,07 = -1,07	-1,07	-1
Br ₂ / BrO ⁻	0 → 1	1	-0,45	-1(-0,45) = +0,45	+0,45	+1
BrO ⁻ / BrO ₃ ⁻	1 → 5	4	-0,54	-4(-0,54) = +2,16	+2,61	+5
BrO ₃ ⁻ / BrO ₄ ⁻	5 → 7	2	-0,99	-2(-0,99) = +1,98	+4,59	+7

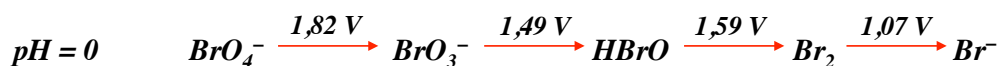
10



11

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

3.- Teniendo en cuenta el diagrama de Latimer para las especies de bromo en medio ácido y básico:

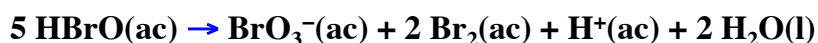
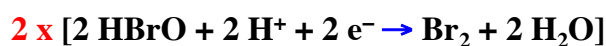


b) Identifica qué especies serán inestables respecto a la dismutación en medio ácido, escribe la correspondiente reacción de dismutación en cada caso y calcula ΔG° y la constante de equilibrio.

Datos: $F = 96485\text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$; $E^\circ(O_2/H_2O) = 1,23\text{ V}$; $E^\circ(O_2/H_2O) = 0,401\text{ V}$; $R = 8,3145\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.

• **Solución:**

- b) en medio ácido sólo se dismuta el $HBrO \rightarrow Br_2$ y BrO_3^-



$$- \Delta G^\circ = -n \cdot F \cdot \Delta E^\circ = -4 \cdot 96485 \cdot (1,59 - 1,49) = 38594\text{ J}$$

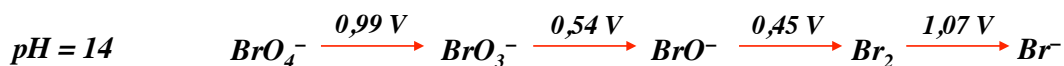
$$- \Delta G^\circ = -RT \ln K;$$

$$- \ln K = 38594 / (8,3145 \cdot 298) = 15,5764 ; \quad K = 5,8 \cdot 10^6$$

12

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

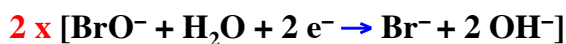
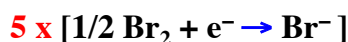
3.- Teniendo en cuenta el diagrama de Latimer para las especies de bromo



c) Explica qué especies serán inestables respecto a la dismutación en medio básico y escribe la correspondiente reacción de dismutación en cada caso.

• Solución:

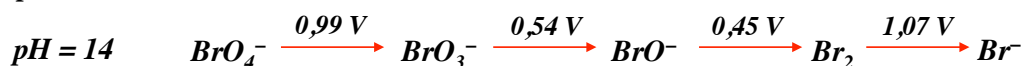
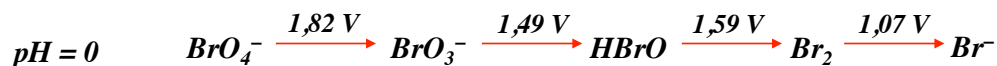
- c) en medio básico dismutan el Br_2 y el $BrO^- \rightarrow Br^-$ y BrO_3^-



13

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

3.- Teniendo en cuenta el diagrama de Latimer para las especies de bromo en medio ácido y básico:



d) Determina el potencial redox $E^\circ(BrO_4^-/Br^-)$, en medio básico.

e) Explica qué especies serán inestables en presencia de oxígeno en medio ácido, y cuáles lo serán en medio básico. Datos: $E^\circ(O_2/H_2O) = 1,23 V$; $E^\circ(O_2/H_2O) = 0,401 V$.

• Solución:

- d) $E^\circ(BrO_4^-/Br^-) = \Delta y / \Delta x$

$$- E^\circ(BrO_4^-/Br^-) = [4,59 - (-1,07)] / [7 - (-1)] = 0,707 V$$

coordenadas	y	x
Br^-	-1,07	-1
BrO_4^-	+4,59	+7

- e)

– en medio ácido [$E^\circ(O_2/H_2O) = 1,23 V$] el O_2 sólo podría oxidar al Br^- a Br_2
 » la reacción será lenta por motivos cinéticos (problema del H_2O_2)

– en medio básico $E^\circ(O_2/H_2O) = 0,401 V$

» todas las especies del bromo serían estables frente a la oxidación por el O_2

14

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

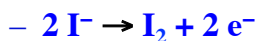
4.- Cuando en medio neutro reacciona 1 mol de IO_4^- con exceso de I^- se forma 1 mol de I_2 . Si la disolución resultante se acidifica se liberan otras 3 moles de I_2 adicionales.

a) ¿a qué especie se reduce el IO_4^- en medio neutro en presencia de un exceso de I^- ? Escribe las correspondientes semirreacciones y la reacción global ajustada.

b) Explica por qué se forman otras 3 moles de I_2 al acidificar la disolución resultante del apartado anterior. Escribe las correspondientes semirreacciones y la reacción global ajustada.

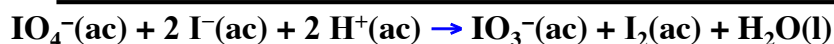
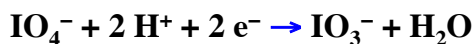
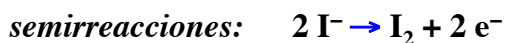
• Solución:

■ a) como se forma 1 mol de I_2



– si se forma 1 mol de I_2 , tenemos una transferencia de 2e^-

» es decir, el mol IO_4^- sufre una reducción por 2e^- y consecuentemente el producto será IO_3^-



15

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

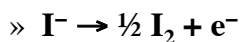
4.- Cuando en medio neutro reacciona 1 mol de IO_4^- con exceso de I^- se forma 1 mol de I_2 . Si la disolución resultante se acidifica se liberan otras 3 moles de I_2 adicionales.

b) Explica por qué se forman otras 3 moles de I_2 al acidificar la disolución resultante del apartado anterior. Escribe las correspondientes semirreacciones y la reacción global ajustada.

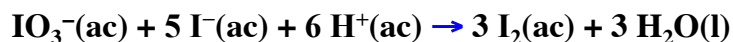
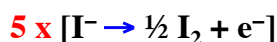
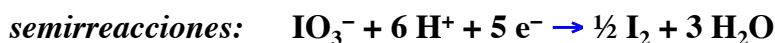
• Solución:

■ b) como se forman 3 moles de I_2

– el mol de IO_3^- , oxidará al I^- ,



– y el IO_3^- se reducirá a I_2



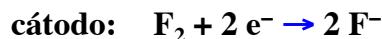
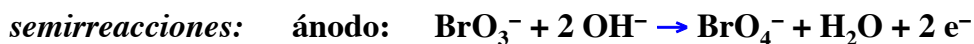
16

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

5.- En la síntesis industrial del perbromato se utiliza como agente oxidante $F_2(g)$ en medio básico para oxidar al bromato. Escribe las semirreacciones redox y la reacción global ajustada correspondiente a la obtención del perbromato y calcula el valor de ΔG_r° para la citada reacción.

Datos: $E^{\circ}(F_2/F^-) = 2,87 \text{ V}$; $E^{\circ}(BrO_4^-/BrO_3^-) = 1,03 \text{ V}$; $F = 96485 \text{ C}\cdot\text{mol}^{-1}$.

• **Solución:**



■ $\Delta G_r^{\circ} = -n \cdot F \cdot \Delta E^{\circ}$; $\Delta E^{\circ} = E_{\text{cátodo}} - E_{\text{ánodo}} = 2,87 - 1,03 = 1,84 \text{ V}$

■ $\Delta G_r^{\circ} = -2 \cdot 96485 \cdot 1,84 = -355064,85 \text{ J}$

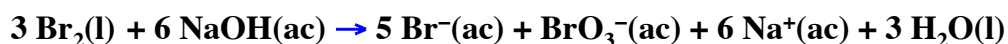
■ $\Delta G_r^{\circ} = -355,06 \text{ kJ}$

17

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

6.- Escribe las ecuaciones químicas ajustadas para las siguientes reacciones:

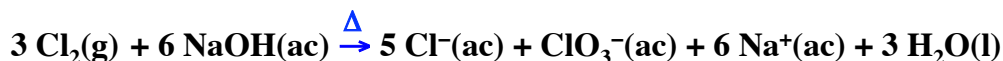
a) adición de bromo a una disolución acuosa de hidróxido de sodio



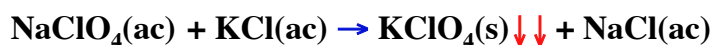
b) cloro con una solución acuosa de bromuro de sodio



c) cloro con una disolución caliente de NaOH(ac)



d) perclorato de sodio y cloruro de potasio en medio acuoso



e) cloro y una suspensión acuosa de hidróxido de calcio

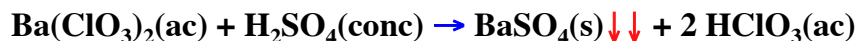


18

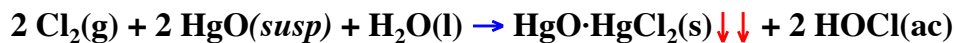
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

6.- Escribe las ecuaciones químicas ajustadas para las siguientes reacciones:

f) *disolución acuosa de clorato de bario con ácido sulfúrico(conc)*



g) *cloro con una suspensión acuosa de óxido de mercurio(II)*



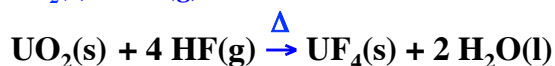
h) $\text{KClO}_3(\text{s}) \xrightarrow{\Delta, t^\circ < 370^\circ\text{C}}$



i) $\text{NaClO}_4(\text{ac}) + \text{NH}_4\text{Cl}(\text{ac}) \rightarrow$



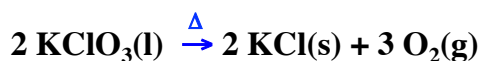
j) $\text{UO}_2(\text{s}) + \text{HF}(\text{g}) \xrightarrow{\Delta}$



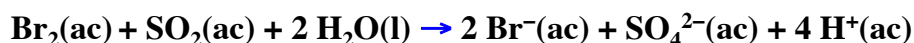
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

6.- Escribe las ecuaciones químicas ajustadas para las siguientes reacciones:

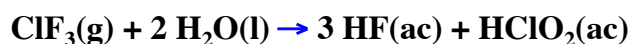
k) $\text{KClO}_3(\text{l}) \xrightarrow{\Delta, t^\circ > 370^\circ\text{C}}$



l) $\text{Br}_2(\text{ac}) + \text{SO}_2(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow$



m) $\text{ClF}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow$



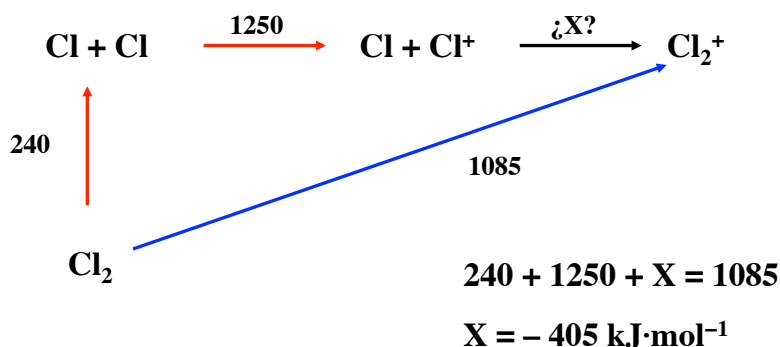
n) $\text{SiO}_2(\text{s}) + \text{HF}(\text{ac}) \rightarrow$



Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

7.- Calcula la entalpía de formación del ión Cl_2^+ , sabiendo que la energía de enlace en el cloro molecular es de $240 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, que la primera energía de ionización del átomo de cloro es de $1250 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ y que la energía de ionización de la molécula de Cl_2 es $1085 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Comenta la fuerza del enlace en este ión molecular respecto de la que tiene la molécula neutra

• Solución:

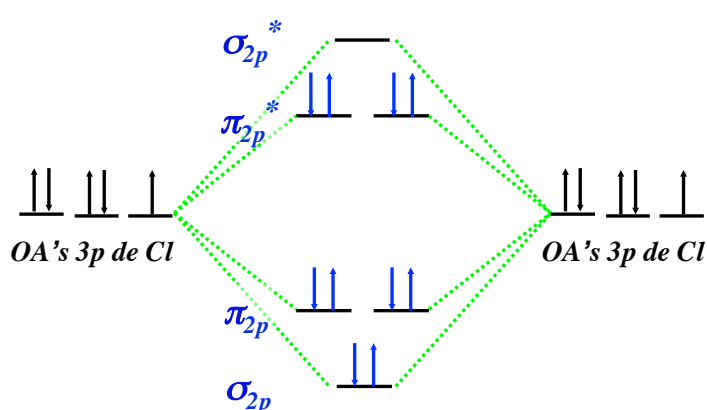


- ¿energía de enlace del ión-molécula Cl_2^+ mayor que en la molécula neutra Cl_2 ?

21

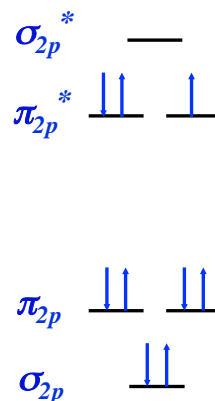
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

7.- Calcula la entalpía de formación del ión Cl_2^+ , sabiendo que Comenta la fuerza del enlace en este ión molecular respecto de la que tiene la molécula neutra



• Diagrama de OM's del Cl_2

- O. E. = 1



• Diagrama de OM's del Cl_2^+

- O. E. = 1,5

- Energía de enlace del ión-molécula > la molécula neutra

- $E_D \text{ Cl}_2^+ > E_D \text{ Cl}_2$
- cuando se ioniza el Cl_2 se pierde $1 e^-$ antienlazante → enlace más fuerte

22

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

8.- El I_2 reacciona en presencia de un exceso de cloro para formar un compuesto de fórmula ICl_x . Cuando 1 mol de ICl_x reacciona en presencia de un exceso de yoduro se producen 2 moles de I_2 . ¿Cuál es la fórmula empírica de ICl_x ?

• Solución:

- $ICl_x \rightarrow I^{+x}$
- $I^{+x} + x e^- \rightarrow 1/2 I_2$
- como la reducción de un mol de I^{+x} sólo puede dar 1/2 mol de I_2
 - el resto del I_2 (3/2) viene de la oxidación de I^-
 - » $3 I^- \rightarrow 3/2 I_2 + 3 e^-$
- por lo tanto, hay una transferencia de $3 e^- \rightarrow x = 3$;
 - $I^{+3} + 3 e^- \rightarrow 1/2 I_2$
- Respuesta: ICl_3

23

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

9.- El pentafluoruro de yodo(I) sufre autoionización. a) Deducir las fórmulas del catión y del anión formados en el equilibrio y escribir una ecuación ajustada del mismo, identificando cuál de las especies es el ácido de Lewis y cuál la base. b) Escribir las estructuras de Lewis y predecir la geometría del IF_5 y de la especie catiónica presente en el equilibrio de autoionización.

• Solución:

- a) $2 IF_5(l) \rightleftharpoons IF_4^+(soln) + IF_6^-(soln)$

ácido base

- b) estructuras de las especies IF_5 , IF_4^+

– b1) IF_5

» $n_{ev} = 6 \cdot 7 = 42$; $n_{eo} = 5 \cdot 2 = 10$

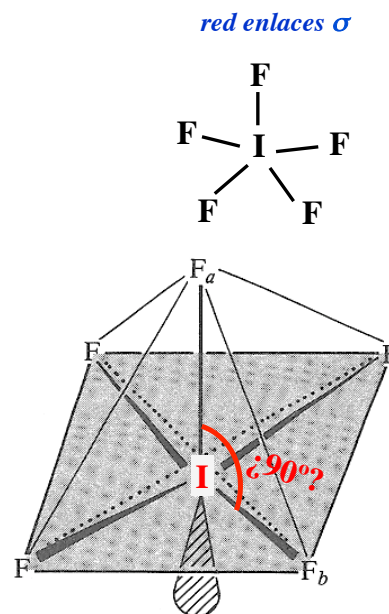
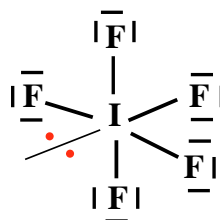
» n_{eot} (completar octetos terminales)

» $n_{eot} = 5 \cdot 6 = 30$

» n_e (átomo central) = $42 - (10 + 30) = 2$

geometría IF_5 : pirámide de base cuadrada

$\angle F_a I F_b = 81,9^\circ$



24

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

9.- El pentafluoruro de yodo(I) sufre autoionización b) Escribir las estructuras de Lewis y predecir la geometría del IF_5 y de la especie catiónica presente en el equilibrio de autoionización.

• Solución:

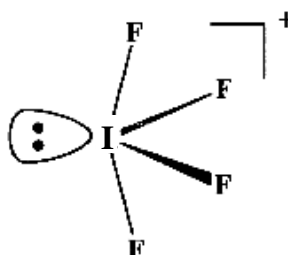
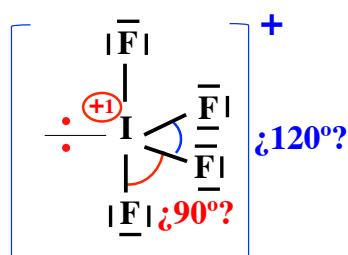
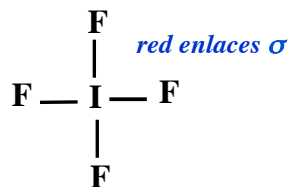
■ b2) estructura de la especie IF_4^+

$$- n_{\text{ev}} = 5 \cdot 7 - 1 = 34 \quad ; \quad n_{\text{e}\sigma} = 4 \cdot 2 = 8$$

- n_{eot} (completar octetos terminales)

$$\gg n_{\text{eot}} = 4 \cdot 6 = 24$$

$$- n_e (\text{átomo central}) = 34 - (8 + 24) = 2$$



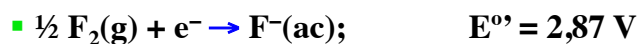
geometría $\text{IF}_4^+ \rightarrow$ *disfenoidal* (balancín)

25

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

10.- Calcula el valor de $E^\circ[\text{F}_2(\text{g})/\text{HF}(\text{ac})]$ ($\text{pH} = 0$). Datos: $E^\circ[\text{F}_2(\text{g})/\text{F}^-(\text{ac})] = 2,87 \text{ V}$; $K_a(\text{HF}) = 10^{-3}$.

• Solución:



$$K_a = [\text{F}^-] \cdot [\text{H}^+] / [\text{HF}] \rightarrow [\text{F}^-] = K_a[\text{HF}] / [\text{H}^+]$$

$$2,87 = E^\circ_{\text{F}_2/\text{HF}} + \frac{0,05916}{1} \log\{[\text{F}^-] / (\text{p}_{\text{F}_2})^{1/2}\}$$

$$2,87 = E^\circ_{\text{F}_2/\text{HF}} + \frac{0,05916}{1} \log\{K_a[\text{HF}] / [\text{H}^+]\}$$

$$\text{pH} = 0 \rightarrow [\text{H}^+] = 1 \text{ M}; [\text{HF}] = 1 \text{ M}$$

$$2,87 = E^\circ_{\text{F}_2/\text{HF}} + \frac{0,05916}{1} \log 10^{-3}$$

$$E^\circ_{\text{F}_2/\text{HF}} = 2,87 - 0,05916 (-3) = 3,05 \text{ V}$$

■ Respuesta: $E^\circ[\text{F}_2(\text{g})/\text{HF}(\text{ac})] = 3,05 \text{ V}$

26

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

11.- Los valores de puntos de fusión (°C) para diversos haluros del grupo 13 se resumen en la siguiente tabla. Justifica las variaciones que se observan en los puntos de fusión.

p. f. (°C) de trihaluros del grupo 13				
	F	Cl	Br	I
BX_3	-127	-107	-46	+50
AlX_3	+1290	+192(sb)	+98	+189
GaX_3	+950	+78	+122	+212

• Solución:

- ¿ BX_3 ? → moléculas apolares
 - fuerzas de dispersión de London → aumentan con M_r
- ¿ AlX_3 ?
 - AlF_3 → iónico
 - AlCl_3 → covalente–polarizado (estructura en capas, intermedio)
 - » dímero Al_2Cl_6 en el fundido y en fase vapor
 - Al_2Br_6 , Al_2I_6 → dímeros moleculares en cualquier fase (s, l, v)

27

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

11.- Los valores de puntos de fusión (°C) para diversos haluros del grupo 13 se resumen en la siguiente tabla. Justifica las variaciones que se observan en los puntos de fusión.

p. f. (°C) de trihaluros del grupo 13				
	F	Cl	Br	I
BX_3	-127	-107	-46	+50
AlX_3	+1290	+192(sb)	+98	+189
GaX_3	+950	+78	+122	+212

• Solución:

- ¿ GaX_3 ?
 - GaF_3 → iónico
 - Ga_2X_6 (X = Cl, Br, I) → moleculares
- Ga^{III} más polarizante que Al^{III} , a pesar de su menor densidad de carga
 - efecto electrones d (reglas de Fajans)

28

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

12.- Escribe la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas teniendo en cuenta las reglas de la carga formal: ICl_4^- , F_3ClO y F_4ClO^- . Predecir la geometría de dichas especies.

• Solución:

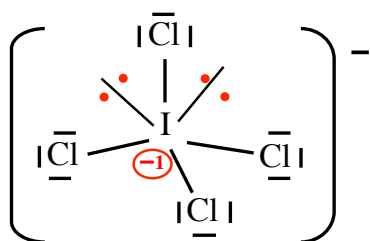
■ a) ICl_4^-

$$-n_{\text{ev}} = 5 \cdot 7 + 1 = 36 \quad ; \quad n_{\text{e}\sigma} = 4 \cdot 2 = 8$$

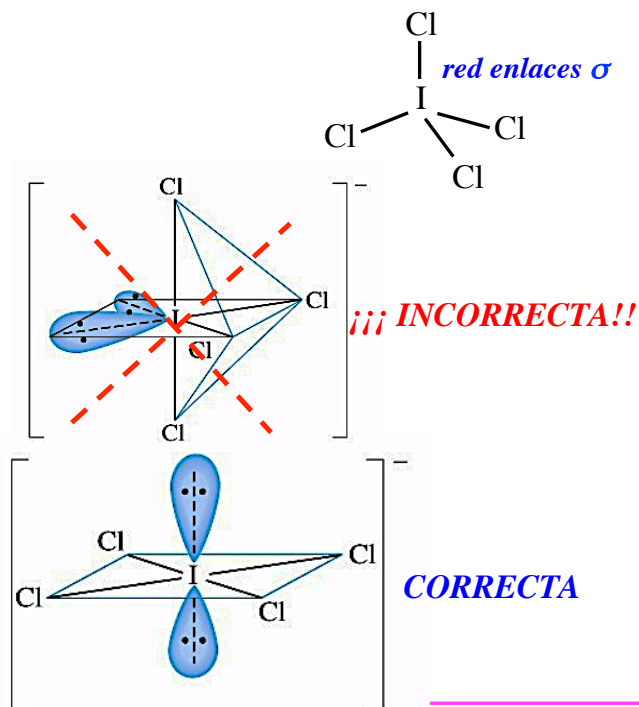
- n_{eot} (completar octetos terminales)

$$\gg n_{\text{eot}} = 4 \cdot 6 = 24$$

$$-n_{\text{e}} (\text{átomo central}) = 36 - (8 + 24) = 4$$



geometría $\text{ICl}_4^- \rightarrow$ *cuadrado-plana*



29

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

12.- Escribe la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas teniendo en cuenta las reglas de la carga formal: ICl_4^- , F_3ClO y F_4ClO^- . Predecir la geometría de dichas especies.

• Solución:

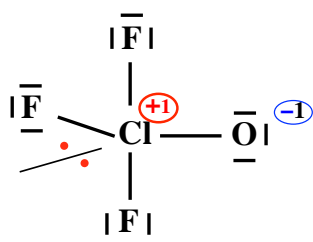
■ b) F_3ClO

$$-n_{\text{ev}} = 4 \cdot 7 + 6 = 34 \quad ; \quad n_{\text{e}\sigma} = 4 \cdot 2 = 8$$

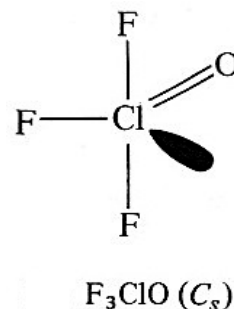
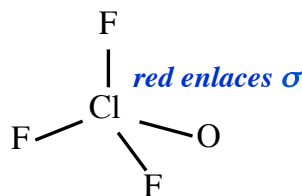
- n_{eot} (completar octetos terminales)

$$\gg n_{\text{eot}} = 4 \cdot 6 = 24$$

$$-n_{\text{e}} (\text{átomo central}) = 34 - (8 + 24) = 2$$



geometría $\text{F}_3\text{ClO} \rightarrow$ *disfenoidal (balancín)*



30

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

12.- Escribe la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas teniendo en cuenta las reglas de la carga formal: ICl_4^- , F_3ClO y F_4ClO^- . Predecir la geometría de dichas especies.

• Solución:

■ c) F_4ClO^-

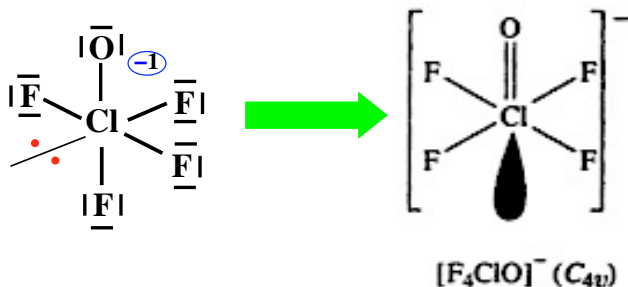
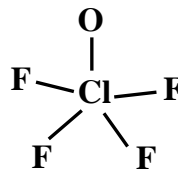
$$-n_{\text{ev}} = 5 \cdot 7 + 6 + 1 = 42 \quad ; \quad n_{\text{e}\sigma} = 5 \cdot 2 = 10$$

– n_{eot} (completar octetos terminales)

$$\gg n_{\text{eot}} = 5 \cdot 6 = 30$$

$$-n_{\text{e}} (\text{átomo central}) = 42 - (10 + 30) = 2$$

red enlaces σ



– geometría F_4ClO^-

» pirámide de base cuadrada distorsionada

31

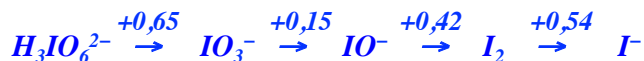
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

13.- El paraperyodato de sodio, $\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6$, se puede obtener por oxidación del yodo con cloro en una disolución de hidróxido de sodio. Responde a las siguientes cuestiones:

a) Determina el valor del potencial del par $\text{H}_3\text{IO}_6^{2-}/\text{I}_2$, en medio básico, y explica si el Cl_2 [$E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1,36 \text{ V}$] será adecuado para obtener $\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6$ a partir de I_2 en medio básico.

b) Escribe las correspondientes semirreacciones redox y la reacción global ajustada para la obtención de $\text{Na}_2\text{H}_3\text{IO}_6$ a partir de I_2 y Cl_2 en una disolución acuosa de hidróxido de sodio.

$E^\circ(\text{V})$ medio básico:



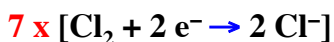
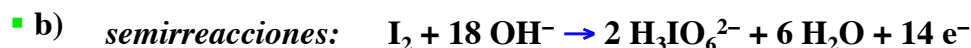
• Solución:

■ a) $-7 \cdot F \cdot E^\circ(\text{H}_3\text{IO}_6^{2-}/\text{I}_2) = -2 \cdot F \cdot 0,65 - 4 \cdot F \cdot 0,15 - 1 \cdot F \cdot 0,42$

$$-7 \cdot E_x^\circ = -1,30 - 0,60 - 0,42 = -2,32 \text{ V};$$

$$E^\circ(\text{H}_3\text{IO}_6^{2-}/\text{I}_2) = 0,33 \text{ V}$$

– de acuerdo con los potenciales redox el Cl_2 puede oxidar al I_2 a paraperyodato



32

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

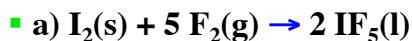
14.- Escribe las siguientes reacciones ajustadas:

a) yodo con difluor en proporción molar 1:5

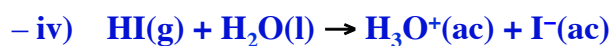
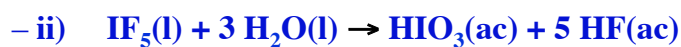
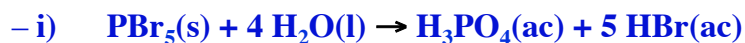
b) reacciones de cada una de las siguientes sustancias con agua:

i) $\text{PBr}_5(\text{s})$; ii) $\text{IF}_5(\text{l})$; iii) $\text{SiBr}_4(\text{l})$; iv) $\text{HI}(\text{g})$

• Solución:



■ b) reacciones con agua:



Facultat
de Química

<https://www.uv.es/moratal/>

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

Ejercicios adicionales

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

15.- Con referencia a la obtención industrial electroquímica del flúor, responde a las siguientes cuestiones:

- a) Explica por qué el F_2 no se puede obtener electroquímicamente a partir de una disolución acuosa de fluoruro de sodio en lo que sería un proceso similar a la obtención de Cl_2 a partir de salmuera.
- b) Explica detalladamente la obtención electroquímica del flúor utilizando como materia prima la fluorita y haciendo referencia a los siguientes aspectos: tratamiento de la materia prima, electrolito, descripción de la celda, semirreacciones que tienen lugar y dificultades/precauciones en la síntesis del flúor. Dato: p. e. (HF) = 19,5 °C.
- c) ¿Por qué no se puede utilizar un ánodo de grafito en la síntesis electrolítica de F_2 ?

• Solución:

- a) $E^\circ(F_2/F^-) = 2,87 \text{ V}$; $E^\circ(Cl_2/Cl^-) = 1,36 \text{ V}$
 - antes de alcanzar el potencial de descarga del F_2 se electroliza el agua originando desprendimiento de O_2 e H_2
 - en el caso del cloro, es posible obtenerlo debido a los efectos de sobrepotencial
- b1) obtención de HF a partir de la materia prima fluorita, CaF_2
$$CaF_2(s) + H_2SO_4(\text{conc}) \rightarrow 2 \text{ HF}(\text{ac}) + CaSO_4(s)$$
 - el HF es muy volátil (p. e. 19,5°C) y se recoge mediante destilación

35

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

15.- Con referencia a la obtención industrial electroquímica del flúor, responde a las siguientes cuestiones:

- b) Explica detalladamente la obtención electroquímica del flúor utilizando como materia prima la fluorita y haciendo referencia a los siguientes aspectos: tratamiento de la materia prima, electrolito, descripción de la celda, semirreacciones que tienen lugar y dificultades/precauciones en la síntesis del flúor. Dato: p. e. (HF) = 19,5 °C.
- c) ¿Por qué no se puede utilizar un ánodo de grafito en la síntesis electrolítica de F_2 ?

• Solución:

- b2) electrolito
 - aunque el HF(l) es un disolvente polar, está poco autoionizado
 - » consecuentemente su conductividad es muy baja
 - por ello se usa como electrolito una disolución de KF en HF(l)
 - » KF/2HF que funde fácilmente (p. f. = 72°C)
- b3) proceso electroquímico
 - condiciones de trabajo: $t^a = 90 \text{ °C}$; intensidad de corriente ~15.000 A,
 - cuba de acero, provista de camisa para calentar/enfriar

36

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

15.- Con referencia a la obtención industrial electroquímica del flúor, responde a las siguientes cuestiones:

b) Explica detalladamente la obtención electroquímica del flúor utilizando como materia prima la fluorita y haciendo referencia a los siguientes aspectos: tratamiento de la materia prima, electrolito, descripción de la celda, semirreacciones que tienen lugar y dificultades/precauciones en la síntesis del flúor. Dato: p. e. (HF) = 19,5 °C.

c) ¿Por qué no se puede utilizar un ánodo de grafito en la síntesis electrolítica de F₂?

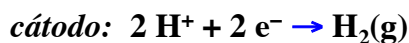
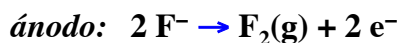
• Solución:

■ b3) proceso electroquímico

– **cátodo:** cuba de acero

– **ánodo:** carbón no grafitico (carbón pulverizado compactado e impregnado de cobre)

– **semirreacciones:**



– **reposición continua de HF(l)**

37

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

15.- Con referencia a la obtención industrial electroquímica del flúor, responde a las siguientes cuestiones:

b) Explica detalladamente la obtención electroquímica del flúor utilizando como materia prima la fluorita y haciendo referencia a los siguientes aspectos: tratamiento de la materia prima, electrolito, descripción de la celda, semirreacciones que tienen lugar y dificultades/precauciones en la síntesis del flúor. Dato: p. e. (HF) = 19,5 °C.

c) ¿Por qué no se puede utilizar un ánodo de grafito en la síntesis electrolítica de F₂?

• Solución:

■ b4) dificultades/precauciones

– **necesidad de mantener separados cátodo y ánodo**

» evitar reacción explosiva entre F₂ e H₂

– **HF(l) es corrosivo y tóxico**

– **almacenar el F₂ en contenedores de Cu o aleación Cu/Ni**

» formación de una película compacta de fluoruro → *pasivado*

■ c) el flúor ataca al grafito formando compuestos de intercalación CF_x

– **lo que origina una disminución conductividad eléctrica del electrodo**

» menor conductividad → mayor intensidad de corriente → ¡¡peligro!!

38

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

16.- Supongamos que, en la industria donde trabajas, sólo dispones de salmuera como única fuente de cloro.

a) explica detalladamente el procedimiento que seguirías para obtener cada uno de los siguientes compuestos: i) NaClO_3 ; ii) NaClO_4

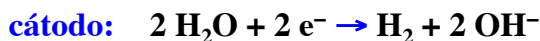
b) a partir de los compuestos que has obtenido en el apartado a) explica como obtendrías los compuestos i) KClO_3 ii) KClO_4 (Nota: para este apartado también dispones de KCl)

• Solución:

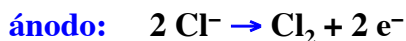
■ a1) obtención de NaClO_3

semirreacciones:

– *electrolisis de salmuera*



– *suprimir diafragma*



» pero mantener separados Cl_2 e H_2

– *cuba electrolítica con agitadores* → mezclar Cl_2 anódico y OH^- catódico

– *calentar reactor (~75°C)*

» *dismutación del Cl_2 a $\text{ClO}_3^-/\text{Cl}^-$*



39

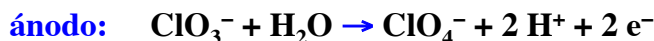
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

16.- Supongamos que, en la industria donde trabajas, sólo dispones de salmuera como única fuente de cloro. ...

b) a partir de los compuestos que has obtenido en el apartado a) explica como obtendrías los compuestos i) KClO_3 ii) KClO_4 (Nota: para este apartado también dispones de KCl)

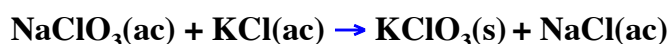
■ a2) obtención de NaClO_4 → oxidación electrolítica de NaClO_3

semirreacciones:



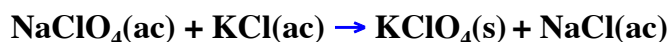
■ b1) KClO_3 [metátesis (transposición) química]

– *el KClO_3 es poco soluble en agua*



■ b2) KClO_4 [metátesis (transposición) química]

– *análogamente el KClO_4 es muy poco soluble en agua*



	solubilidad (g/100g H_2O)	~[M]
KCl	35,5	5,4
NaClO_3	100	9,4
NaCl	36	6,1
KClO_3	8,61	0,7
NaClO_4	209,8	17,1
KClO_4	2,67	0,21

40

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

17.- a) Escribe la estructura de Lewis del dióxido de cloro, ClO_2 , y explica su estereoquímica.

b) Tanto el $\text{ClO}_2(\text{g})$ como el $\text{Cl}_2(\text{g})$ se utilizan en la potabilización del agua para consumo humano.

i) ¿qué ventajas presenta el uso del $\text{ClO}_2(\text{g})$ frente al $\text{Cl}_2(\text{g})$?

ii) una vez potabilizada el agua utilizando $\text{ClO}_2(\text{g})$, para su distribución por la red hasta los puntos de consumo ¿hay que tomar alguna precaución?

• Solución:

■ a) estructura del ClO_2 :

red enlaces sigma



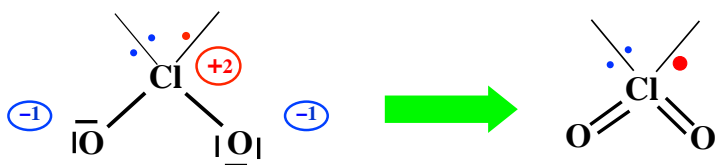
– $n_{\text{ev}} = 2 \cdot 6 + 7 = 19$; molécula impar (paramagnética)

– $n_{\text{eg}} = 2 \cdot 2 = 4$

– n_{eot} (completar octetos terminales): $n_{\text{eot}} = 2 \cdot 6 = 12$

– n_{e} (átomo central) = $19 - (4 + 12) = 3$

– cargas formales y su reducción:



geometría ClO_2 :

angular ($\angle \text{OClO} = 118^\circ$)

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

17.- a) Escribe la estructura de Lewis del dióxido de cloro, ClO_2 , y explica su estereoquímica.

b) Tanto el $\text{ClO}_2(\text{g})$ como el $\text{Cl}_2(\text{g})$ se utilizan en la potabilización del agua para consumo humano.

i) ¿qué ventajas presenta el uso del $\text{ClO}_2(\text{g})$ frente al $\text{Cl}_2(\text{g})$?

ii) una vez potabilizada el agua utilizando $\text{ClO}_2(\text{g})$, para su distribución por la red hasta los puntos de consumo ¿hay que tomar alguna precaución?

• Solución:

■ b)

– i) el ClO_2 es un desinfectante (bactericida) que no genera residuos clorados con la materia orgánica

– ii) pero el ClO_2 es inestable

» se debe añadir una pequeña cantidad de cloro para mantener desinfectada el agua durante su distribución

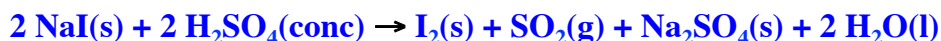
Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

18.- Explica las siguientes observaciones, escribiendo las correspondientes reacciones ajustadas:

- a) el HI no se puede preparar tratando NaI con ácido sulfúrico concentrado
- b) el I₂ es más soluble en disolución acuosa de yoduro de sodio que en agua pura
- c) el yoduro de Fe(III) no es un compuesto estable en medio acuoso

• Solución:

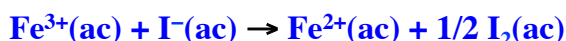
- a) el ácido sulfúrico concentrado oxida el yoduro a yodo



- b) el I₂ es más soluble en disolución acuosa de yoduro de sodio que en agua pura



- c) el yoduro de Fe(III) no es un compuesto estable en medio acuoso



$$- E^\circ_{\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}} = 0,77 \text{ V}$$

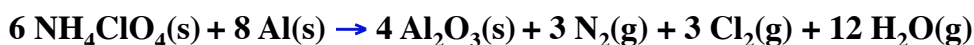
$$- E^\circ_{\text{I}_2/\text{I}^-} = 0,54 \text{ V}$$

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

19.- El perclorato de amonio se utiliza como combustible, junto con aluminio, en el Programa de la Lanzadera Espacial. Calcula la variación de entalpía para la reacción del perclorato de amonio con aluminio. ¿La reacción es muy exotérmica?, ¿qué otros factores hacen que esta mezcla sea buena propulsora?

Datos.- ΔH_f° (kJ·mol⁻¹): H₂O(g) = -242; Al₂O₃(s) = -1676; NH₄ClO₄(s) = -295

• Solución:



$$\Delta H_r^\circ = [4 \cdot (-1676) + 12 \cdot (-242)] - [6 \cdot (-295)] = -7838 \text{ kJ}$$

– además de ser fuertemente exotérmica, se produce una gran cantidad de moléculas gaseosas pequeñas

» consecuentemente tendría un elevado empuje por unidad de masa

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

20.- A partir del diagrama de Latimer para las especies del cloro, en medio ácido y básico,



a) representa el diagrama de Frost en medio ácido y básico

b) indica qué especies son termodinámicamente inestables frente a la dismutación en medio ácido y calcula el valor del potencial $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}_2)$

c) indica qué especies son termodinámicamente inestables frente a la dismutación en medio básico y calcula el valor del potencial $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-)$.

a1) diagrama de Frost en medio ácido

Medio ácido pH = 0						
Par	e. o.	n	ΔE°	$-n \cdot \Delta E^\circ$	y	x
$\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$	$0 \rightarrow -1$	1	+1,36	$-1 \cdot 1,36 = -1,36$	-1,36	-1
$\text{Cl}_2 / \text{HClO}$	$0 \rightarrow 1$	1	-1,63	$-1(-1,63) = +1,63$	+1,63	+1
$\text{HClO} / \text{HClO}_2$	$1 \rightarrow 3$	2	-1,67	$-2 \cdot (-1,67) = +3,34$	+4,97	+3
$\text{HClO}_2 / \text{ClO}_3^-$	$3 \rightarrow 5$	2	-1,18	$-2 \cdot (-1,18) = +2,36$	+7,33	+5
$\text{ClO}_3^- / \text{ClO}_4^-$	$5 \rightarrow 7$	2	-1,20	$-2 \cdot (-1,2) = +2,40$	+9,73	+7

45

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

20.- A partir del diagrama de Latimer para las especies del cloro,

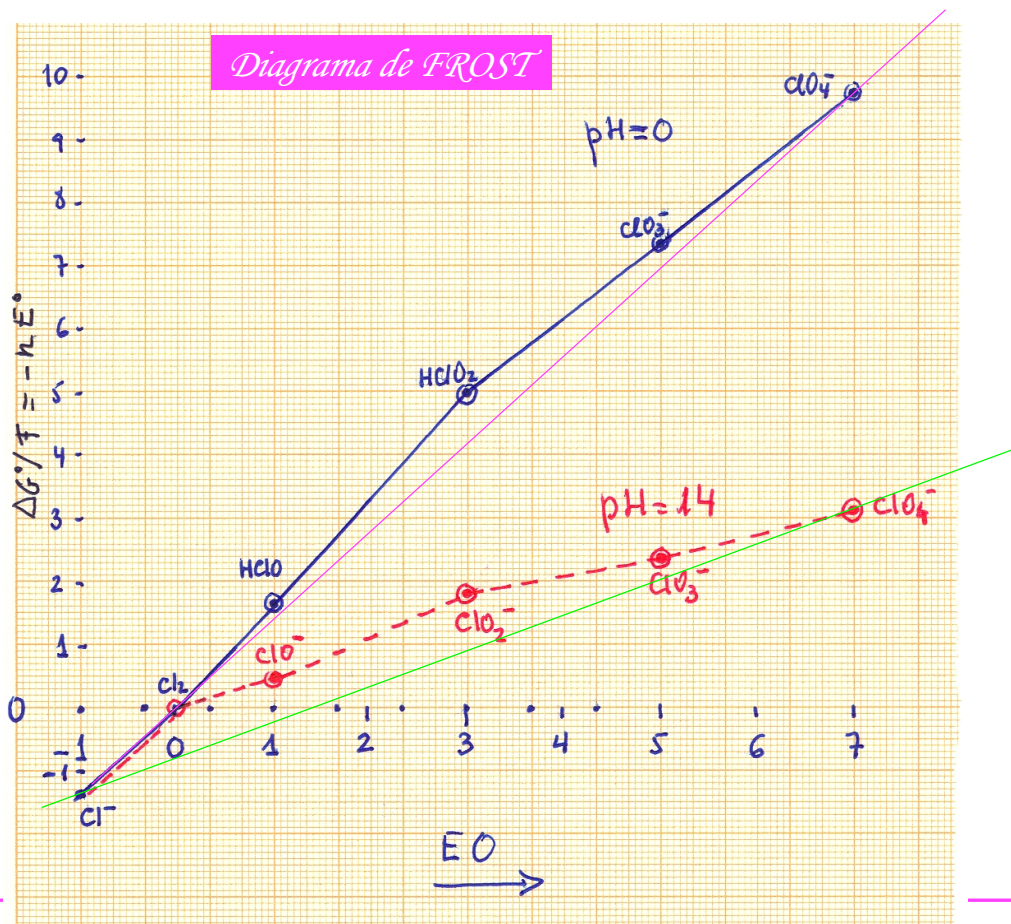


a2) representa el diagrama de Frost en medio básico

• **Solución:**

Medio básico pH = 14						
Par	e. o.	n	ΔE°	$-n \cdot \Delta E^\circ$	y	x
$\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$	$0 \rightarrow -1$	1	+1,36	$-1 \cdot 1,36 = -1,36$	-1,36	-1
$\text{Cl}_2 / \text{ClO}^-$	$0 \rightarrow 1$	1	-0,42	$-1(-0,42) = +0,42$	+0,42	+1
$\text{ClO}^- / \text{ClO}_2^-$	$1 \rightarrow 3$	2	-0,68	$-2 \cdot (-0,68) = +1,36$	+1,78	+3
$\text{ClO}_2^- / \text{ClO}_3^-$	$3 \rightarrow 5$	2	-0,29	$-2 \cdot (-0,29) = +0,58$	+2,36	+5
$\text{ClO}_3^- / \text{ClO}_4^-$	$5 \rightarrow 7$	2	-0,37	$-2 \cdot (-0,37) = +0,74$	+3,10	+7

46



47

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

20.- A partir del diagrama de Latimer para las especies del cloro, en medio ácido y básico,



b) indica qué especies son termodinámicamente inestables frente a la dismutación en medio ácido y calcula el valor del potencial $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}_2)$

c) indica qué especies son termodinámicamente inestables frente a la dismutación en medio básico y calcula el valor del potencial $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-)$.

■ b) deberían dismutarse HClO , HClO_2 , $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}_2$ y ¿ ClO_4^- ?

– pero la dismutación hasta ClO_4^- es cinéticamente muy lenta incluso a 100°C

» se dismutan HClO , $\text{HClO}_2 \rightarrow \text{Cl}_2$ y ClO_3^-

– $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}_2) = \Delta y/\Delta x = 9,73/7$; $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}_2) = +1,39 \text{ V}$

■ c) deberían dismutarse Cl_2 , ClO^- , ClO_2^- , $\text{ClO}_3^- \rightarrow \text{Cl}^-$ y ¿ ClO_4^- ?

– como ya se ha indicado la dismutación hasta ClO_4^- es cinéticamente muy lenta

» se dismutan Cl_2 , ClO^- , $\text{ClO}_2^- \rightarrow \text{Cl}^-$ y ClO_3^-

– $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-) = 3,10 - (-1,36)/7 - (-1)$; $E^\circ(\text{ClO}_4^-/\text{Cl}^-) = +0,557 \text{ V}$

48

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

21.- ¿Por qué el perclorato de amonio presenta riesgo de explosión mientras que el de sodio es menos peligroso? Escribe las ecuaciones químicas correspondientes que ilustren tus argumentos e identifica los elementos que sufren un cambio en su estado de oxidación.

• Solución:

■ ión perclorato → buen agente oxidante, pero ...

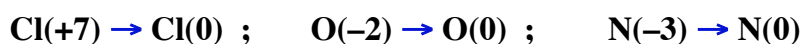
– para presentar características explosivas se requiere que esté mezclado con una sustancia oxidable (reductora)

■ de hecho el NaClO_4 es estable

– los percloratos alcalinos se pueden calentar sin descomposición hasta 300–400 °C

■ en el NH_4ClO_4 está presente la especie oxidable (NH_4^+) como parte del propio compuesto

– no se requiere añadirle ninguna sustancia para que se origine una reacción redox vigorosa



49

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

22.- Escribe las siguientes reacciones ajustadas:

a) fluoruro de calcio con ácido sulfúrico concentrado

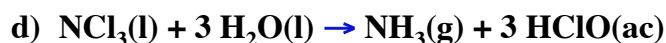
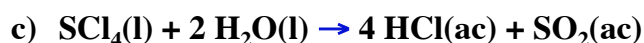
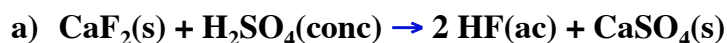
b) pentafluoruro de bromo(l) con agua

c) tetracloruro de azufre(l) con agua

d) tricloruro de nitrógeno(l) con agua

e) plomo metálico con cloro en exceso

• Solución:



50

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

23.- Explica la tendencia/variación en los puntos de fusión y ebullición de los haluros de hidrógeno, ¿cuál es el tipo de interacción determinante de dicha variación?

	HF	HCl	HBr	HI
p. f. (°C)	-83,36	-114,25	-86,92	-50,85
p. e. (°C)	+19,51	-85,09	-66,78	-35,41
μ (Debye)	1,98	1,03	0,79	0,38

• Solución:

- los haluros de hidrógeno, HX, son sustancias moleculares cuyos p. f.'s y p. e.'s aumentan con la masa molecular,
 - excepto en el caso del HF debido a la formación de enlace-H
- la tendencia viene determinada por las fuerzas de London
 - con la excepción del HF
- aunque son sustancias polares, μ disminuye de HCl a HI,
 - por lo tanto las interacciones entre dipolos permanentes (fuerzas de Keesom) no son las determinantes de la secuencia en los p. f.'s/p. e.'s

51

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

24.- Justifica la siguiente observación: mientras que los ácidos perclórico (HClO_4) y perbrómico, (HBrO_4) son ácidos fuertes, el ácido paraperyódico, H_5IO_6 , es moderadamente débil ($\text{p}K_a \sim 3$)

• Solución:

- oxoácidos $(\text{OH})_n\text{XO}_m$
 - la acidez aumenta con el número “m” (n° de oxígenos terminales no hidroxílicos)
 - » mayor deficiencia electrónica sobre X y, por lo tanto, mayor polarización del enlace O-H
- HClO_4 y $\text{HBrO}_4 \rightarrow (\text{OH})\text{XO}_3$, $m = 3$
- $\text{H}_5\text{IO}_6 \rightarrow (\text{OH})_5\text{IO}$, $m = 1$

52

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

25.- Las disoluciones que contienen iones yoduro son incoloras recién preparadas pero con el paso del tiempo adquieren un color amarillo. Escribe las reacciones químicas que justifican este cambio de color.

• **Solución:**



- O_2 del aire oxida lentamente I^- a I_2

26.- Explica por qué el ácido fluorhídrico(ac) se ioniza en mayor grado a medida que la disolución se hace más concentrada en HF

• **Solución:**



- por la reacción (2) $\rightarrow$ el equilibrio (1) se desplaza hacia la derecha

53

Ejercicios Tema 11: Química de los Halógenos

27.- Escribir la estructura de Lewis de cada una de las siguientes especies químicas: X_3^+ , XY_2^+ y ClF_4^+ . Predecir la geometría de dichas especies. (X, Y = halógeno)

• **Solución:**

- i) X_3^+ ; XY_2^+

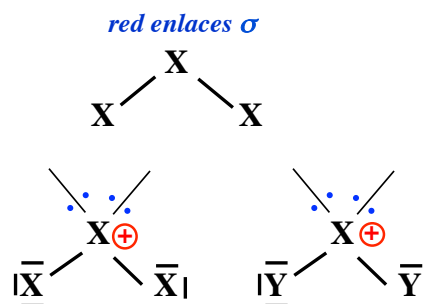
$$-n_{\text{ev}} = 3 \cdot 7 - 1 = 20 \quad ; \quad n_{\text{eo}} = 2 \cdot 2 = 4$$

- n_{eot} (completar octetos terminales)

$$\gg n_{\text{eot}} = 2 \cdot 6 = 12$$

$$-n_e (\text{átomo central}) = 20 - (4 + 12) = 4$$

- geometría X_3^+ y XY_2^+ $\rightarrow$ angulares



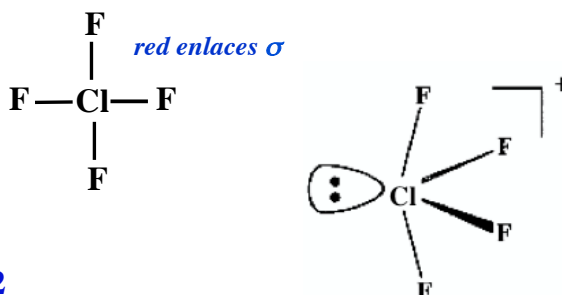
- ii) ClF_4^+

$$-n_{\text{ev}} = 5 \cdot 7 - 1 = 34 \quad ; \quad n_{\text{eo}} = 4 \cdot 2 = 8$$

- n_{eot} (completar octetos terminales)

$$\gg n_{\text{eot}} = 4 \cdot 6 = 24$$

$$-n_e (\text{átomo central}) = 34 - (8 + 24) = 2$$



geometría ClF_4^+ $\rightarrow$ disfenoidal (balancín)

54