

Compito 22.07.2026 – Esame scritto

1. (6p) Rappresentare la geometria della molecola di POF_3 e descriverne i legami con la teoria del legame di valenza: presentare il ragionamento seguito (P, Z = 15).
2. (4p) Scrivere l'ossidoriduzione che si produce nella cella:
 $\text{Ni} \mid \text{NiCl}_2 (\text{aq}, 0.15\text{M}) \parallel \text{KClO} (0.11 \text{ M}), \text{KCl} (0.159 \text{ M}), \text{KOH} (1.25 \text{ M}) \mid \text{Pt}$
Sapendo che $E^0_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}} = -0.257 \text{ V}$ e $E^0_{\text{ClO}^-/\text{Cl}^-} = +0.878 \text{ V}$, calcolare la forza elettromotrice erogata dalla cella.
3. (4p) Una soluzione acquosa contenente 70.13 mg/L di NaCl è stata saturata con AgCl, sale poco solubile. Sapendo che la concentrazione degli ioni argento residui in soluzione è di 15.9 $\mu\text{g/L}$, calcolare il K_{ps} di AgCl.
4. (4p) A 25°C e 2.00 atm, vengono introdotte 0.2 mol di N_2O_4 gassoso in un recipiente con stantuffo mobile. All'equilibrio, il reagente iniziale è dissociato al 25% in NO_2 gassoso. Calcolare K_p , K_c e di quanto deve essere aumentato il volume del recipiente affinché il grado di dissociazione salga al 50%.
5. (4p) 175 mL di una soluzione 0.200 M di acido tetraossofosforico (V) vengono mescolati con 3.200 g di idrossido di sodio e viene successivamente aggiunta acqua fino al volume finale di 500 mL. Calcolare il pH finale della soluzione sapendo che $\text{pK}_{\text{A}1} = 2.16$, $\text{pK}_{\text{A}2} = 7.21$ e $\text{pK}_{\text{A}3} = 12.32$.
6. (4p) Indicare quali delle seguenti combinazioni di numeri quantici sono corrette ed in quale orbitale è contenuto l'elettrone. Spiegare inoltre perché le altre non sono ammissibili:
 $n = 2; l = 2; m_l = 2; m_s = 1/2$ $n = 4; l = 2; m_l = 2; m_s = 0$
 $n = 3; l = 2; m_l = 1; m_s = -1/2$ $n = 1; l = 1; m_l = 0; m_s = 1/2$
7. (4p) L'analisi elementare compiuta sull'ormone adrenalina ha fornito i seguenti risultati in massa: 59.0% C, 26.2% O, 7.15% H e 7.65 N. Sciogliendo 0.64 g di adrenalina in 36 g di benzene, il punto di congelamento è diminuito di 0.50 °C. Determinare la formula molecolare dell'ormone ($K_{\text{cr}}(\text{benzene}) = 5.12 \text{ K Kg mol}^{-1}$).

H 1.00794 g/mol

C 12.0106 g/mol

N 14.0067 g/mol

O 15.9994 g/mol

Na 22.989770 g/mol

Cl 35.453 g/mol

Ag 107.8683 g/mol

Es 1 POF_3

Atomo centrale P: $Z=15$

~~$1s$~~
 ~~$2s$ $2p$~~
 ~~$3s$ $3p$ $3d$~~
 ~~$4s$ $4p$ $4d$~~
 ~~$5s$~~

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

Guscio di valenza: $3s^2 3p^3$

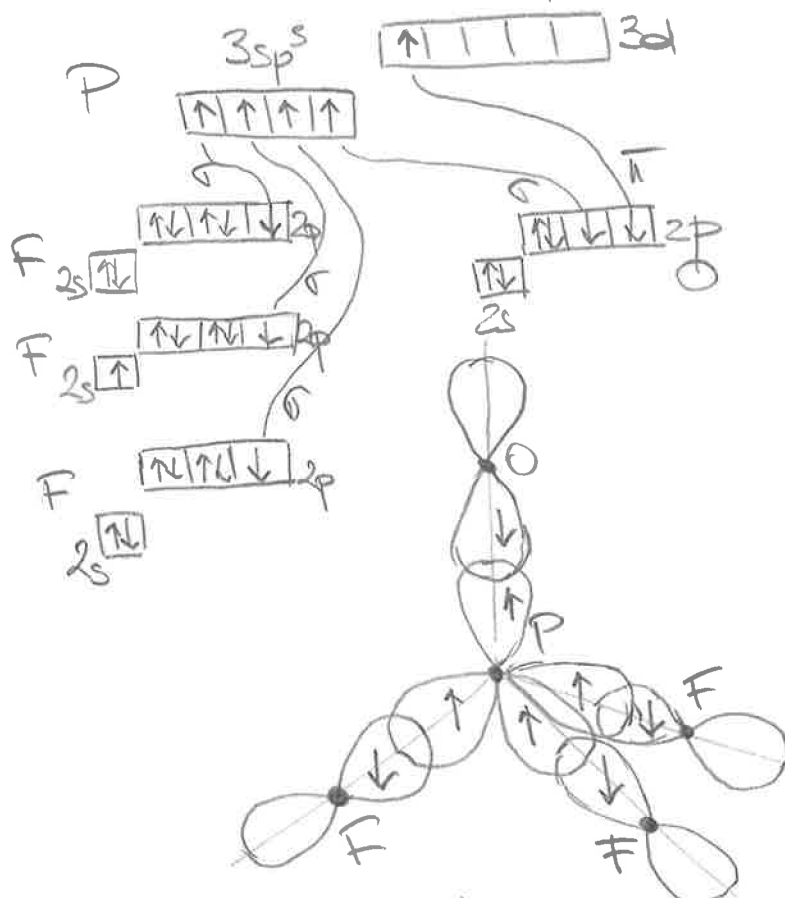
n° elettroni: $5(\text{P}) + 1 \cdot 2(\text{O}, \sigma) - 1 \cdot 2(\text{O}, \pi) + 3 \cdot 1(\text{F}) =$
 $= 8 \text{ elettroni}$

n° coppie strutturali: 4 coppie

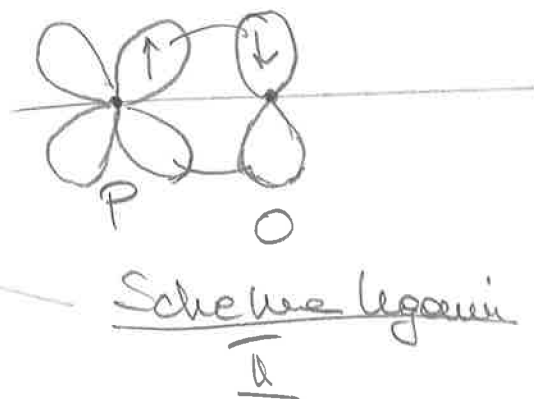
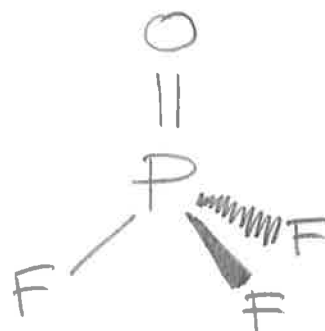
Geometria coppie strutturali: AX_4 tetraedrica

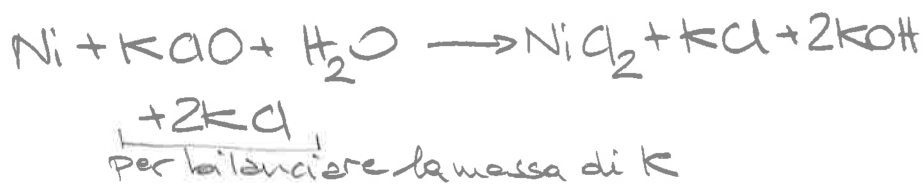
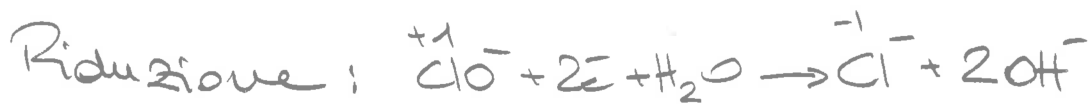
Geometria molecola: AX_4 tetraedrica

P orbitale ibridizzato sp^3



Scheme legami





$$E_{\text{ANODO}} = E_{\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}}^0 + \frac{0,0591}{2} \log [\text{Ni}^{2+}] =$$

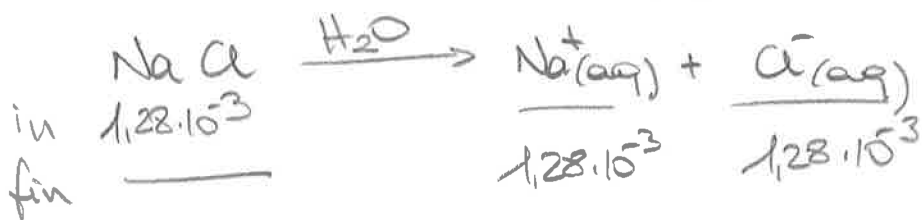
$$= -0,257 + \frac{0,0591}{2} \log (0,15) = -0,281 \text{ V}$$

$$E_{\text{CATODO}} = E_{\text{ClO}^-/\text{Cl}^-}^0 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[\text{ClO}^-]}{[\text{Cl}^-][\text{OH}^-]^2} =$$

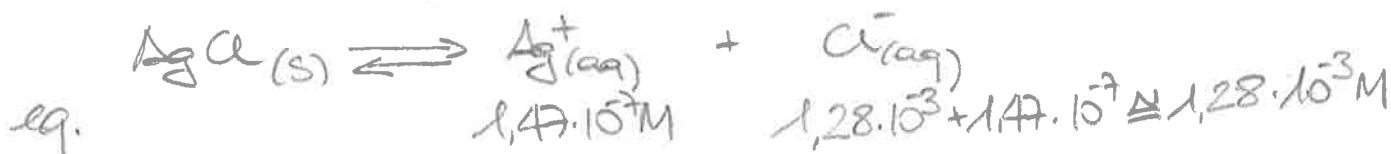
$$= +0,878 + \frac{0,0591}{2} \log \frac{0,11}{0,159 \cdot (1,25)^2} = 0,876 \text{ V}$$

$$f_{\text{em}} = \Delta E = E_{\text{CATODO}} - E_{\text{ANODO}} = 0,876 - (-0,281) = 1,157 \text{ V}$$

Es. 3 $[\text{NaCl}] = \frac{\text{conc. NaCl (g/L)}}{\text{MM}_{\text{NaCl}}} = \frac{70,13 \cdot 10^3}{58,443} = 1,28 \cdot 10^3 \text{ M}$

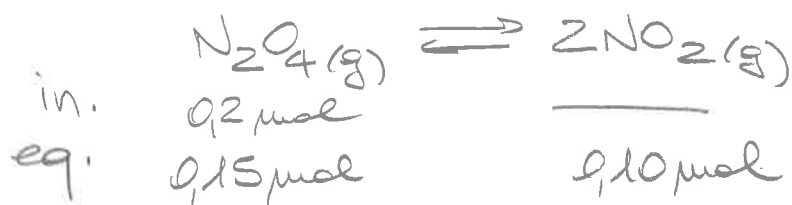


$$[\text{Ag}^+] = \frac{\text{conc. Ag (g/L)}}{\text{M}_{\text{Ag}}} = \frac{159 \cdot 10^6}{107,8683} = 1,47 \cdot 10^9 \text{ M}$$



$$K_{\text{ps}} = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1,47 \cdot 10^9 \cdot 1,28 \cdot 10^3 = 1,88 \cdot 10^{10}$$

Es. 4



All'equilibrio, il 25% di N_2O_4 sarà dissociato in NO_2 .
Quindi, 0,05 mol si saranno dissociate, lasciando 0,15 inalterate. La pressione totale sarà sempre 2,00 atm.

$$P_{\text{NO}_2} = P_{\text{Tot}} \cdot x_{\text{NO}_2} = 2,00 \cdot \frac{0,10}{0,10 + 0,15} = 0,80 \text{ atm}$$

$$P_{\text{N}_2\text{O}_4} = P_{\text{Tot}} \cdot x_{\text{N}_2\text{O}_4} = 2,00 \cdot \frac{0,15}{0,10 + 0,15} = 1,20 \text{ atm}$$

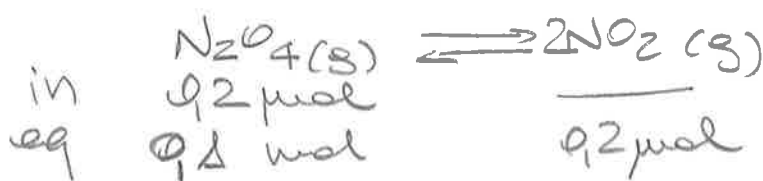
$$K_p = \frac{(P_{\text{NO}_2})^2}{P_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{(0,80)^2}{1,20} = 0,533$$

$$K_c = \frac{K_p}{(RT)^{\Delta n}} = \frac{0,533}{(0,0821 \cdot 298,15)^1} = 0,0218$$

A questo punto, il volume del recipiente è:

$$V_1 = \frac{(n_{\text{NO}_2} + n_{\text{N}_2\text{O}_4})RT}{P_{\text{Tot}}} = \frac{(0,10 + 0,15) \cdot 0,0821 \cdot 298,15}{2,00} = 3,06 \text{ L}$$

Per far aumentare il grado di dissociazione di N_2O_4 , si dovrà far aumentare il volume del recipiente e modificare la pressione totale



In queste nuove condizioni di equilibrio:

$$x_{\text{NO}_2} = \frac{n_{\text{NO}_2}}{n_{\text{NO}_2} + n_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{0,2}{0,2 + 0,1} = 0,667$$

$$x_{\text{N}_2\text{O}_4} = \frac{n_{\text{N}_2\text{O}_4}}{n_{\text{NO}_2} + n_{\text{N}_2\text{O}_4}} = \frac{0,1}{0,2 + 0,1} = 0,333$$

Siccome la T è costante tra i 2 stati di equilibrio, K_p sarà la stessa.

La pressione interna (totale) del nuovo stato di equilibrio si ricava da:

$$K_p = P^{\Delta n} \cdot K_x$$

$$P^1 = \frac{K_p}{K_x} = \frac{0,533}{(0,667)^2 / 0,333} = 0,399 \text{ atm}$$

Ed il volume del recipiente:

$$V_2 = \frac{(n_{NO_2} + n_{N_2O_4}) \cdot R \cdot T}{P} = \frac{(0,2 + 0,1) \cdot 0,0821 \cdot 298,15}{0,399} = 18,40 \text{ L}$$

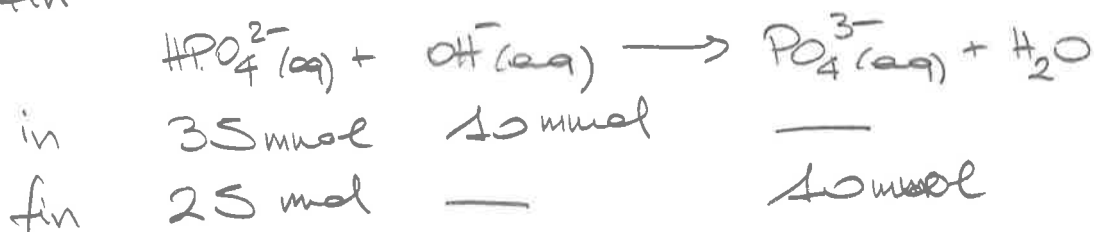
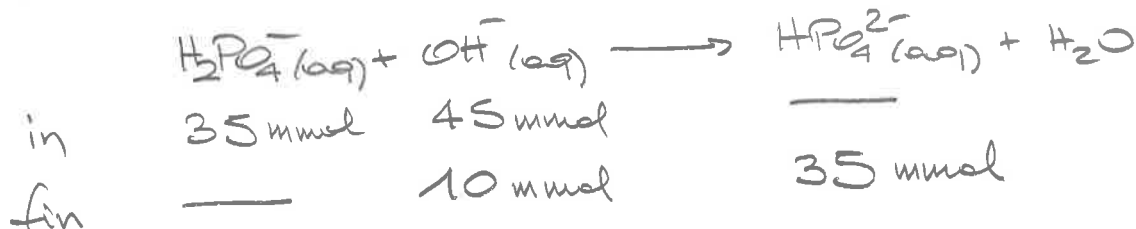
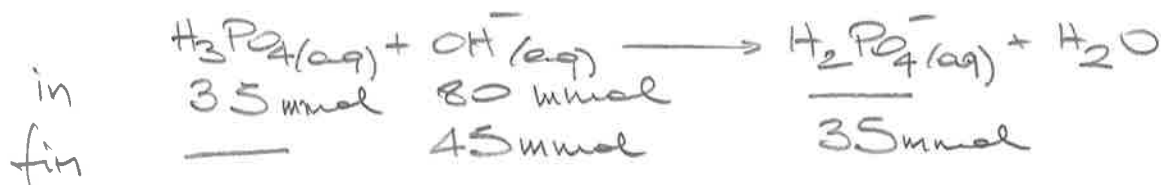
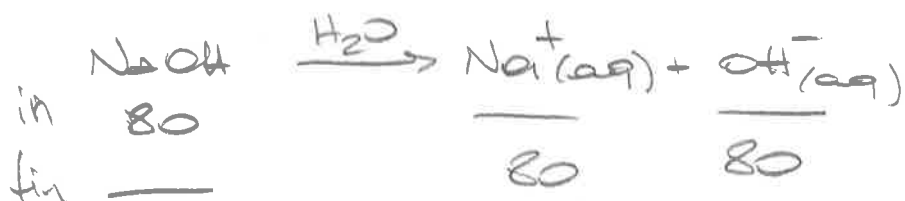
Quindi il volume deve aumentare di:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{18,40}{3,06} = 6,04 \text{ volte}$$

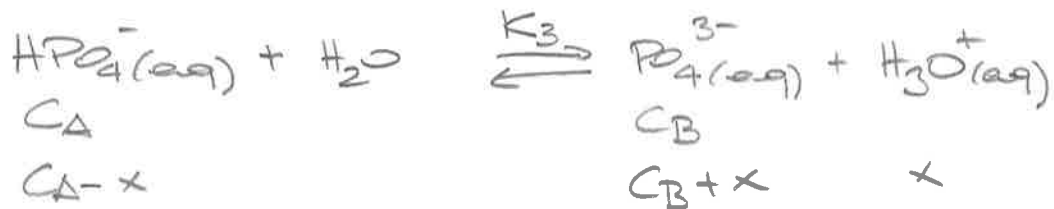
Es. 5 Acido tetraossosolforico (V): H_3PO_4

$$n_{H_3PO_4} = V_{H_3PO_4} \cdot M_{H_3PO_4} = 175 \cdot 0,200 = 35 \text{ mmol}$$

$$n_{NaOH} = \frac{G_{NaOH}}{MM_{NaOH}} = \frac{3,200}{39,9971} = 0,0800 \text{ mol} = 80 \text{ mmol}$$



Si forma un tampone $\text{HPO}_4^{2-}/\text{PO}_4^{3-}$.



$$K_{A3} = \frac{[\text{PO}_4^{3-}][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{HPO}_4^{2-}]}$$

Siccome K_{A3} è piccolissima, x sarà trascurabile rispetto a C_A e C_B .

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = K_{A3} \cdot \frac{C_A}{C_B} = K_{A3}' \cdot \frac{n_{\text{HPO}_4^{2-}}}{n_{\text{PO}_4^{3-}}}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_{A3} + \log \frac{n_{\text{PO}_4^{3-}}}{n_{\text{HPO}_4^{2-}}} = 12,32 + \log \frac{10}{25} = 11,92$$

Siccome siamo in una soluzione tamponata, l'autoionizzazione dell'acqua si "adeguerà" all'equilibrio che genera il tampone.

Es. 6

n	l	m_l	m_s	
2	2	2	$1/2$	NON ACCETTABILE perché l può assumere valori tra 0 e $n-1$
3	2	1	$-1/2$	Orbitale 3d
4	2	2	0	NON ACCETTABILE perché m_s può assumere solo valori $\pm 1/2$
1	1	0	$1/2$	NON ACCETTABILE perché l può assumere valori tra 0 e $n-1$

Es. 7 $P_{Tot} = P_B + P_T$ Per la miscela liquida:

$$P_B = P_B^{\circ} \cdot x_B = 75,6 \cdot 0,25 = 18,9 \text{ torr}$$

$$P_T = P_T^{\circ} \cdot x_T = 21,8 \cdot 0,75 = 16,35 \text{ torr}$$

$$P_{Tot} = 18,9 + 16,35 = 35,25 \text{ torr}$$

In fase gassosa: $P_B = P_{Tot} \cdot y_B$ $P_T = P_{Tot} \cdot y_T$

$$y_B = \frac{P_B}{P_{Tot}} = \frac{18,9}{35,25} = 0,536$$

$$y_T = \frac{P_T}{P_{Tot}} = \frac{16,35}{35,25} = 0,464$$

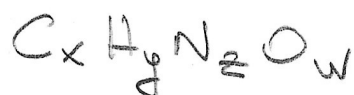
Si conferma che il vapore è più ricco nel componente più volatile

7. Considerando l'adrenalina come un non elettrolita:

$$\Delta T_{cr} = m \cdot K_{cr} = \frac{m_{ADR}}{G_{BENZ}^{kg}} \cdot K_{cr} = \frac{G_{ADR}}{MM_{ADR}} \cdot \frac{K_{cr}}{G_{BENZ}^{kg}}$$

$$MM_{ADR} = \frac{G_{ADR}}{G_{BENZ}^{kg}} \cdot \frac{K_{cr}}{\Delta T_{cr}} = \frac{0,64}{0,036} \cdot \frac{5,12}{0,50} = 182 \frac{g}{mol}$$

La formula generale dell'adrenalina può essere scritta come:



$$x = \frac{MM_{ADR}}{MA_C} \cdot \frac{\%C}{100} = \frac{182}{12,0107} \cdot \frac{59,0}{100} = 8,94 \approx 9$$

$$y = \frac{MM_{ADR}}{MA_H} \cdot \frac{\%H}{100} = \frac{182}{1,00794} \cdot \frac{7,15}{100} = 12,9 \approx 13$$

$$z = \frac{MM_{ADR}}{MA_N} \cdot \frac{\%N}{100} = \frac{182}{14,0067} \cdot \frac{7,65}{100} = 0,99 \approx 1$$

$$w = \frac{MM_{ADR}}{MA_O} \cdot \frac{\%O}{100} = \frac{182}{15,9994} \cdot \frac{26,2}{100} = 2,98 \approx 3$$

La formula molecolare dell'adrenalina è

