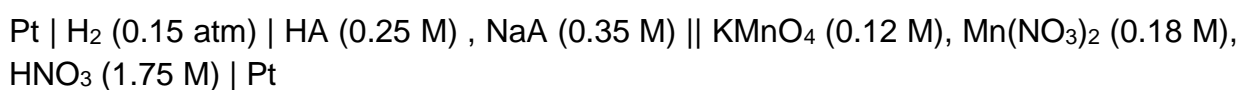


**Compito 05.09.2024**

1. (6p) Rappresentare la geometria della molecola dell'acido tetraossofosforico (V) e descriverne i legami con la teoria del legame di valenza: presentare il ragionamento seguito (P, Z = 15).
2. (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:
- |                                     |                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| $n = 3; l = 2; m_l = 1; m_s = 1/2$  | $n = 2; l = 1; m_l = 1; m_s = 0$   |
| $n = 1; l = 1; m_l = 0; m_s = -1/2$ | $n = 3; l = 1; m_l = 0; m_s = 1/2$ |

3. (4p) Scrivere l'ossidazione che si produce nella cella:



Calcolare il potenziale erogato sapendo che  $E^{\circ}_{\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}} = +1.54 \text{ V}$  e che  $K_A = 6.7 \times 10^{-4}$ .

4. (4p) L'analisi elementare compiuta sul dolcificante aspartame ha fornito i seguenti risultati in massa: 57.1% C, 27.2% O, 6.16% H e 9.52% N. Sciogliendo 3.25 g di aspartame in 62 g di acqua, il punto di congelamento della soluzione è pari a  $-0.33 \text{ }^\circ\text{C}$ . Determinare la formula molecolare dell'aspartame ( $K_{cr}(\text{acqua}) = 1.86 \text{ K g mol}^{-1}$ ).
5. (4p) un recipiente del volume di  $1.50 \text{ dm}^3$  è riempito con 2.50 g di acido formico e mantenuto alla temperatura di 450 K. Si instaura l'equilibrio in fase gassosa (da bilanciare):



Calcolare la  $K_p$  e la pressione totale nel recipiente sapendo che all'equilibrio, HCOOH si è decomposto per il 45.4%. Determinare inoltre le pressioni parziali dei gas quando il volume del recipiente è portato a  $7.50 \text{ dm}^3$  alla stessa temperatura.

6. (4p) Avendo a disposizione  $\text{NH}_4\text{Cl}$  solido ed una soluzione di  $\text{NaOH}$  2.50 M, calcolare le quantità necessarie dei due reagenti per preparare 5.00 L di soluzione tampone che abbia  $\text{pH} = 9.30$  ed una concentrazione dello ione  $\text{NH}_4^+$  pari a 0.125 M.
7. (4p) Per la reazione completa di una certa quantità di un metallo M con HCl vengono impiegati 30.00 mL di HCl 6.20 M. Dopo aver portato a secchezza il prodotto della reazione, si ottengono 8.85 g di sale anidro. Sapendo che M assume lo stato di ossidazione +2, scrivere la reazione chimica che avviene, calcolare la massa atomica relativa di M e la massa iniziale del metallo impiegata nella reazione.

H 1.00794 g/mol

O 15.9994 g/mol

C 12.0107 g/mol

Na 22.989770 g/mol

N 14.0067 g/mol

Cl 35.453 g/mol

# ESAME SCRITTO - A.A. 2023/2024

## COMPITO 05.09.2024

**Es. 1** Acido tetraossosforico (V):  $H_3PO_4 \Rightarrow PO_4^{3-}$

P:  $Z = 15$

Configurazione elettronica:  
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^3$

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

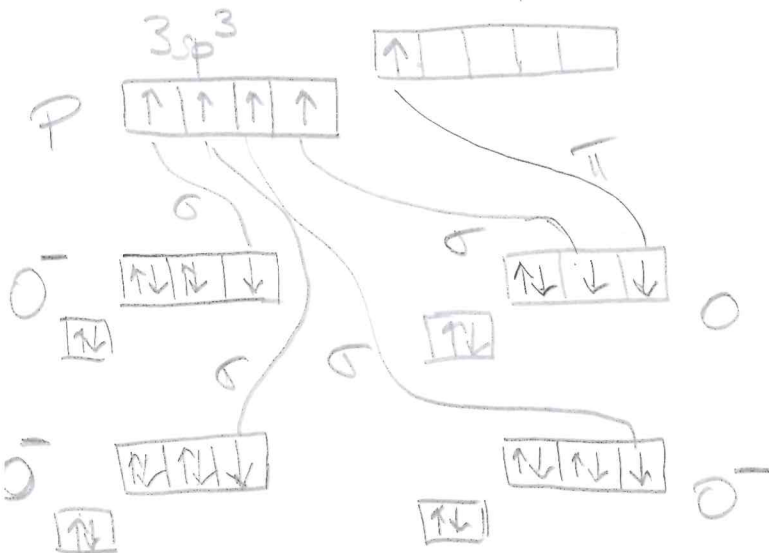
$n^{\circ}$  elettroni:  $S(P) + 4 \cdot 2(O, \sigma) - 4 \cdot 2(O, \pi) + 3 \text{ carica}$   
 = 8 elettroni

4 coppie strutturali

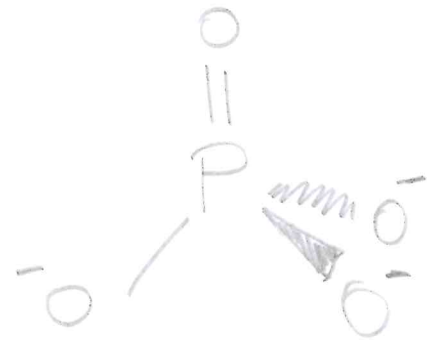
Geometria coppie strutturali:  $AX_4$   
 Tetraedica

Geometria molecolare:  $AX_4$

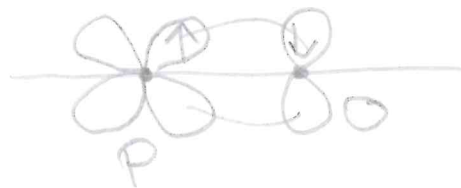
P ibridizzato  $sp^3$



Schemo legame  $\sigma$



Schemo legame  $\pi$



Schemo legame O-H





$$E_{AN} = E^{\circ}_{H^+/H_2} + \frac{0,0591}{2} \log \frac{[H_3O^+]^2}{P_{H_2}} = 0$$

$$= \frac{0,0591}{2} \log \frac{(4,78 \cdot 10^{-4})^2}{0,15} = -0,172 \text{ V}$$

$$f_{em} = E_{cat} - E_{AN} = 1,561 - (-0,172) = 1,733 \text{ V}$$

**Es. 4**  $\Delta T_{cr} = K_{cr} \cdot m_{asp} = K_{cr} \cdot \frac{m_{asp}}{G_{H_2O}^{kg}} = K_{cr} \cdot \frac{G_{asp}}{G_{H_2O}^{kg}} \cdot \frac{1}{PM_{asp}}$

$$PM_{asp} = \frac{K_{cr}}{\Delta T_{cr}} \cdot \frac{G_{asp}}{G_{H_2O}^{kg}} = \frac{1,86}{0,33} \cdot \frac{3,25}{62 \cdot 10^3} = 295,4 \text{ g/mol}$$

Formula generale:  $C_x H_y N_z O_w$

$$x = \frac{PM_{asp}}{MA_C} \cdot \frac{\%C}{100} = \frac{295,4}{12,0107} \cdot \frac{57,1}{100} = 14,0$$

$$y = \frac{PM_{asp}}{MA_H} \cdot \frac{\%H}{100} = \frac{295,4}{1,00794} \cdot \frac{6,16}{100} = 18,0$$

$$z = \frac{PM_{asp}}{MA_N} \cdot \frac{\%N}{100} = \frac{295,4}{14,0064} \cdot \frac{9,52}{100} = 2,0$$

$$w = \frac{PM_{asp}}{MA_O} \cdot \frac{\%O}{100} = \frac{295,4}{15,9994} \cdot \frac{27,2}{100} = 5,0$$

Formula molecolare:  $C_{14} H_{18} N_2 O_5$

$$PM = 295,3031 \text{ g/mol}$$

**Es. 5**

$$n_{\text{HCOOH}} = \frac{G_{\text{HCOOH}}}{PM_{\text{HCOOH}}} = \frac{2,50}{46,0254} = 0,0543 \text{ mol}$$

$$n_{\text{HCOOH convertite}} = n_{\text{HCOOH}} \cdot \frac{45,4}{100} = 0,0543 \cdot \frac{45,4}{100} = 0,0246 \text{ mol}$$

	$\text{HCOOH (g)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CO}_2 \text{ (g)}$	$+$	$\text{H}_2 \text{ (g)}$
I	0,0543		<u>0,0246</u>		<u>0,0246</u>
C	-0,0246		+0,0246		+0,0246
E	0,0297		0,0246		0,0246

$$P_{\text{HCOOH}} = \frac{n_{\text{HCOOH}} \cdot RT}{V} = \frac{0,0297 \cdot 0,0821 \cdot 450}{1,50} = 0,731 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = P_{\text{H}_2} = \frac{n_{\text{CO}_2(\text{H}_2)} \cdot RT}{V} = \frac{0,0246 \cdot 0,0821 \cdot 450}{1,50} = 0,606 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{HCOOH}}} = \frac{0,606 \cdot 0,606}{0,731} = 0,502$$

$$P_{\text{Tot}} = P_{\text{CO}_2} + P_{\text{H}_2} + P_{\text{HCOOH}} = 0,606 + 0,606 + 0,731 = 1,943 \text{ atm}$$

Dopo espansione del recipiente, si può immaginare che prima i gas si espandono al nuovo volume e poi che il sistema reagisca per arrivare al nuovo stato di equilibrio. Siccome il volume diventa 5 volte quello iniziale, le pressioni parziali iniziali saranno pari a  $1/5$  di quelle del 1° equilibrio.

	$\text{HCOOH (g)}$	$\rightleftharpoons$	$\text{CO}_2 \text{ (g)}$	$+$	$\text{H}_2 \text{ (g)}$
I	0,1462		0,1212		0,1212
C	-x		+x		+x
E	0,1462-x		0,1212+x		0,1212+x

$$Q = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{HCOOH}}} = \frac{(0,1212)^2}{0,1462} = 0,100 < K_p$$

Il sistema evolve verso i prodotti

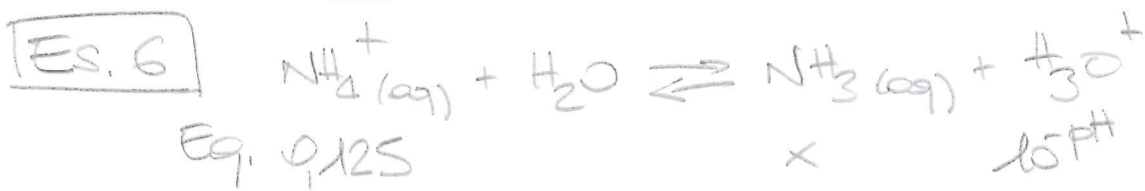
$$K_p = \frac{P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}}{P_{\text{HCOOH}}} = \frac{(0,1212+x)^2}{0,1462-x} = 0,502$$

Risolvendo:  $x_1 = 0,0719 \text{ atm}$  ;  $x_2 = -0,816 \text{ atm}$   
 non ammissibile

Al nuovo equilibrio:

$$P_{\text{HCOOH}} = 0,1462 - 0,0719 = 0,0743 \text{ atm}$$

$$P_{\text{CO}_2} = P_{\text{H}_2} = 0,1212 + 0,0719 = 0,1931 \text{ atm}$$



$$\text{pH} = \text{pK}_A + \log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

$$9,30 = -\log \frac{10^{-4}}{1,8 \cdot 10^{-5}} + \log \frac{x}{0,125}$$

$$9,30 = 9,25 + \log \frac{x}{0,125}$$

$$\frac{x}{0,125} = 10^{(9,30-9,25)} = 1,122$$

$$[\text{NH}_3] = 0,125 \cdot 1,122 = 0,140 \text{ M}$$

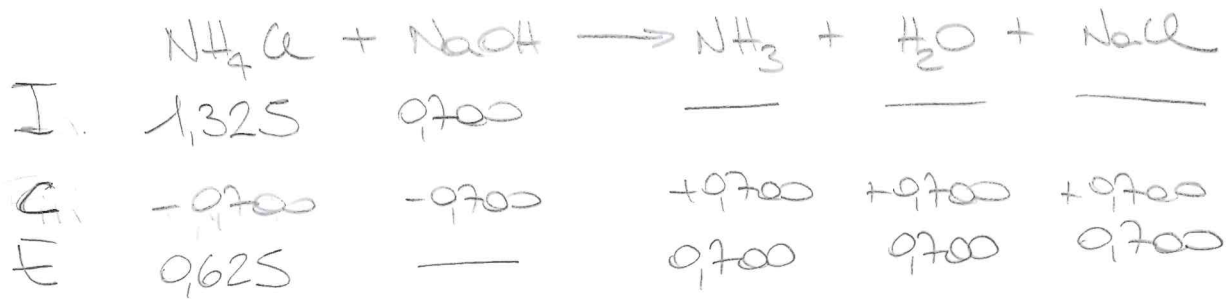
Per 5,00 L di tampone è necessario avere:

$$n_{\text{NH}_4^+} = V \cdot [\text{NH}_4^+] = 5,00 \cdot 0,125 = 0,625 \text{ mol}$$

$$n_{\text{NH}_3} = V \cdot [\text{NH}_3] = 5,00 \cdot 0,140 = 0,700 \text{ mol}$$



$\text{NH}_3$  viene formata dalle reazioni tra  $\text{NH}_4\text{Cl}$  e  $\text{NaOH}$



$$G_{\text{NH}_4\text{Cl}} = m_{\text{NH}_4\text{Cl}} \cdot MM_{\text{NH}_4\text{Cl}} = 1,325 \cdot 53,491 = 70,88 \text{ g}$$

$$V_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{0,700}{2,50} = 0,280 \text{ L}$$

Es. 7



$$m_{\text{HA}} = V_{\text{HA}} \cdot M_{\text{HA}} = 30,00 \cdot 6,20 = 186 \text{ mmol}$$

$$m_{\text{MA}_2} = \frac{1}{2} m_{\text{HA}} = \frac{186}{2} = 93 \text{ mmol}$$

$$MM_{\text{MA}_2} = \frac{8,85}{93 \cdot 10^{-3}} = 95,16 \text{ g/mol}$$

$$MA_M = MM_{\text{MA}_2} - 2 \cdot MA_A = 95,16 - 2 \cdot 35,453 = 24,25 \text{ g/mol}$$

$$G_M = m_M \cdot MA_M = 93 \cdot 10^{-3} \cdot 24,25 = 2,26 \text{ g}$$