

**POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di Fondamenti di Chimica**  
**Esame - 4 Luglio 2016. Compito A**

**AVVERTENZE:** scrivere le soluzioni sull'apposito foglio che va completato con tutti i dati richiesti prima di iniziare la prova e che deve essere consegnato alla fine senza la minuta. Le soluzioni vanno scritte nello stesso ordine numerico degli esercizi proposti. **I calcoli devono essere indicati per esteso e le risposte devono**

**Esercizio 1. (4 punti)** Una parte del butano,  $C_4H_{10(g)}$ , contenuto in una bombola da 200 L a  $26^\circ C$  viene estratto e bruciato a pressione costante con un eccesso d'aria. In conseguenza di ciò, la pressione del gas nella bombola scende da 2.35 atm a 1.10 atm. Il calore liberato viene usato per aumentare la temperatura di 135.5 L di acqua da 26 a  $62.2^\circ C$ . Ammettendo che i prodotti della combustione siano esclusivamente  $CO_{2(g)}$  e  $H_2O_{(l)}$ , determinare l'efficienza del riscaldamento dell'acqua (cioè, che percentuale del calore di combustione è stata assorbita dall'acqua). ( $c_p H_2O$ :  $4.184 J/g^\circ C$ ).

**Risp:**

Calcolare la quantità di butano nella bombola prima e dopo il prelievo

$$N1_{prima} = 2.35 \text{ atm} \times 200 \text{ L} / 0.082 \times 299.2 \text{ K} = 19.1 \text{ mol butano}$$

$$N2_{dopo} = 1.10 \text{ atm} \times 200 \text{ L} / 0.082 \times 299.2 \text{ K} = 8.96 \text{ mol butano}$$

$$\text{Quantità prelevata} = 19.1 - 8.96 = 10.14 \text{ mol butano}$$

Calcolare con le tabelle il  $2877 \text{ kJ/mol}$  mol di butano =

$$\text{Calore di combustione del butano: } 10.14 \text{ mol} \times -2877 \text{ kJ/mol} = -2.917 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

$$\text{Calcolare la massa dell'acqua: } 135.5 \text{ L} \times 1000 \text{ cm}^3/1\text{L} \times 1 \text{ g/cm}^3 = 1.33 \cdot 10^5 \text{ g}$$

$$\text{Calore assorbito: } 1.33 \cdot 10^5 \text{ g} \times 4.184 \text{ J/g}^\circ C \times (62.2^\circ C - 26.0^\circ C) \times 1\text{J}/1000\text{J} = 2.01 \cdot 10^4 \text{ kJ}$$

$$\text{Efficienza \%} = (2.01 \cdot 10^4 \text{ kJ assorbito} / 2.91 \cdot 10^4 \text{ kJ prodotto}) \times 100 = 69.1 \%$$

**Esercizio 2 (3 punti).** Quando si riscalda fortemente una miscela solida di  $MgCO_3$  e  $CaCO_3$ , si svolge biossido di carbonio gassoso e si ottiene una miscela solida di  $MgO$  e  $CaO$ . Se un campione di 24 g di una miscela di  $MgCO_3$  e  $CaCO_3$  produce 12 g di  $CO_2$ , qual è la percentuale in massa di  $MgCO_3$  nella miscela originaria?

**Risp:**



$$\% \text{ in massa di } MgCO_3 = \frac{g \text{ } MgCO_3}{(g \text{ } MgCO_3 + g \text{ } CaCO_3)} \times 100\%$$

Poniamo  $m$  = massa in g di  $MgCO_3$  nella miscela e poniamo  $24 - m$  = massa in g di  $CaCO_3$  nella miscela.

Convertiamo da g  $MgCO_3$  a g  $CO_2$  per ottenere un'espressione della massa di  $CO_2$  prodotta dalla prima reazione

$$g \text{ } CO_2 \text{ da } MgCO_3 =$$

$$m \text{ g } MgCO_3 \times (1 \text{ mol } MgCO_3 / 84.32 \text{ } MgCO_3) \times (1 \text{ mol } CO_2 / 1 \text{ mol } MgCO_3) \times (44.01 \text{ g } CO_2 / 1 \text{ mol } CO_2)$$

Convertiamo da g  $CaCO_3$  a g  $CO_2$  per ottenere un'espressione della massa di  $CO_2$  prodotta dalla seconda reazione

$$g \text{ } CO_2 \text{ da } CaCO_3 =$$

$$m \text{ g } CaCO_3 \times (1 \text{ mol } CaCO_3 / 100.1 \text{ } CaCO_3) \times (1 \text{ mol } CO_2 / 1 \text{ mol } CaCO_3) \times (44.01 \text{ g } CO_2 / 1 \text{ mol } CO_2)$$

La somma delle due espressioni è pari a 12 g di  $CO_2$ . Quindi

$$[m \times 44.01/84.32] + [(24-m) \times 44.01/100.1] = 12$$

$$\text{Determiniamo } m: m=17.6 \text{ g}$$

$$\% \text{ in massa di } MgCO_3 = 17.6 / 24.0 \times 100 = 73.3 \%$$

**Esercizio 3 (3 punti).** Supponete di avere a disposizione 2.5 L di una soluzione contenente il 13.8% di etanolo ( $CH_3CH_2OH$ ) in massa ( $d = 0.9767 \text{ g/mL}$ ). Da questa soluzione vorreste preparare la quantità massima di una soluzione anticongelante di etanolo-acqua in grado di offrire una protezione

fino a  $-2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Dovete aggiungere altro etanolo o altra acqua alla soluzione iniziale? Che massa di liquido dovete aggiungere? ( $K_{cr}$  dell'acqua è  $1.86\text{ }^{\circ}\text{C kg/mol}$ )

**Risp:**

$$m \text{ desiderata} = \Delta T / K_{cr} = 2.0 / 1.86 = 1.1 \text{ mol/kg}$$

$$\text{massa solux} : 2.50 \text{ L} \times 1000 \text{ mL/L} \times 0.9767 \text{ g/mL} = 2.44 \cdot 10^3 \text{ g di solux}$$

$$\text{massa soluto} = 2.44 \cdot 10^3 \times (13.8 \text{ g di etanolo} / 100 \text{ g di solux}) = 337 \text{ g di etanolo}$$

$$\text{massa acqua} = (2.44 \cdot 10^3 \text{ g} - 337 \text{ g di etanolo}) \times (1 \text{ kg} / 1000 \text{ g}) = 2.10 \text{ kg di acqua}$$

$$\text{molalità disponibile} = 337 \text{ g di etanolo} \times (1 \text{ mol} / 46.07 \text{ g di etanolo}) / 2.10 \text{ kg di acqua} = 3.48 \text{ m}$$

quindi dobbiamo diluire la soluzione con acqua. Dobbiamo trovare la massa di acqua presente nella solux finale, quindi la massa di acqua che deve essere aggiunta.

$$\text{Massa finale acqua} = 337 \text{ g di etanolo} \times (1 \text{ mol} / 46.06 \text{ g di etanolo}) \times (1 \text{ kg} / 1.1 \text{ mol di acqua}) = 6.6 \text{ kg di acqua}$$

$$\text{Massa di acqua necessaria} = 6.6 \text{ kg} - 2.10 \text{ kg} = 4.5 \text{ kg di acqua.}$$

**Esercizio 4 (3 punti).** Tra le seguenti sostanze:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{BrF}_5$ ,  $\text{CF}_3\text{OH}$  quali sono sicuramente costituite da ioni e quali da molecole? Quali tipi di interazione sono responsabili della formazione del solido cristallino e che tipo di solido si forma?

**Risp:**

Ioni:  $\text{Ba}^{2+}$   $\text{SO}_4^{2-}$

$\text{BaSO}_4$ , solido ionico: attrazione elettrostatica

$\text{CO}_2$ , solido molecolare: dipolo indotto - dipolo indotto

$\text{BrF}_5$ , solido molecolare: dipolo - dipolo

$\text{CF}_3\text{OH}$ , solido molecolare: legame idrogeno

**Esercizio 5 (3 punti).** Quali di queste sostanze, se aggiunte a livello di tracce al germanio formano un semiconduttore di tipo n? (a) zolfo, (b) alluminio, (c) stagno.

**Risp:**

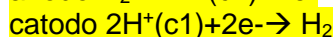
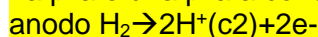
I semiconduttori di tipo n si formano quando l'elemento base viene drogato con atomi di un elemento che ha un numero maggiore di elettroni.

- Lo zolfo ha 2 elettroni in più rispetto al Ge, quindi se utilizzato produrrà un semiconduttore di tipo n
- L'alluminio ha 1 elettrone in meno rispetto al Ge, quindi se utilizzato NON produrrà un semiconduttore di tipo n
- Lo stagno ha lo stesso numero di elettrone del Ge, quindi se utilizzato NON produrrà un semiconduttore di tipo n

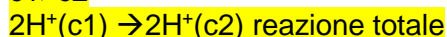
**Esercizio 6 (4 punti).** Sapendo che la fem della pila  $\text{Pt}/(\text{H}_2 (1 \text{ atm})/\text{H}^+(\text{pH}=x))//(\text{H}^+(\text{pH}=4)/\text{H}_2(1 \text{ atm}))/\text{Pt}$  è  $0,093 \text{ V}$ , calcolare il pH incognito.

**Risp:**

La pila è una pila a concentrazione. Le reazioni che avvengono sono:



$$c_1 > c_2$$



$$E^0(\text{H}^+/\text{H}_2) = 0\text{V}$$

$$E_{\text{cell}} = E_{\text{cat}} - E_{\text{an}}$$

$$E_{\text{cat}} = 0 + 0,059/2 \log[\text{H}^+]_{\text{pH}=4}^2$$

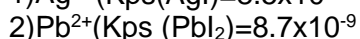
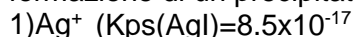
$$E_{\text{an}} = 0 + 0,059/2 \log[\text{H}^+]_{\text{pH}=x}^2$$

$$E_{\text{cell}} = 0,059 \log[\text{H}^+]_{\text{pH}=4} / [\text{H}^+]_{\text{pH}=x} = 0.093$$

$$0.093/0.059 = \log 10^{-4} - \log x$$

$$\text{pH} = 5.57$$

**Esercizio 7 (3 punti).** Calcolare la concentrazione minima di ione ioduro necessaria ad ottenere la formazione di un precipitato da una soluzione contenente 100 mg/L dei seguenti cationi:



**Risp:**

$$[\text{Ag}^+] = 100/107.87 = 9.3 \times 10^{-4} \text{M}$$

$$K_{ps} = [\text{Ag}^+][\text{I}^-]$$

$$[\text{I}^-]_{\min} = K_{ps}/[\text{Ag}^+] = 9.0 \times 10^{-12}$$

$$[\text{Pb}^{2+}] = 100/207.2 = 4.8 \times 10^{-4} \text{M}$$

$$K_{ps} = [\text{Pb}^{2+}][\text{I}^-]^2$$

$$[\text{I}^-]_{\min} = \{K_{ps}/[\text{Pb}^{2+}]\}^{0.5} = 4.2 \times 10^{-3}$$

**Esercizio 8 (3 punti).** In un recipiente di 0.70 L a 230°C si introducono 6.4g di  $\text{PCl}_5$ . La costante  $K_c$  dell'equilibrio  $\text{PCl}_5 = \text{PCl}_3 + \text{Cl}_2$  è uguale a 0.035 M. Calcolare la concentrazione delle 3 specie all'equilibrio.

**Risp:**

$$\text{le moli iniziali di } \text{PCl}_5 = 6.4/208.24 = 0.031/0.7 = 0.044$$

$$K_c = x^2/(0.044-x) = 0.035 \text{M (non si può trascurare la } x \text{ al denominatore)}$$

$$x = 0.025$$

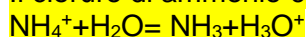
$$[\text{PCl}_3] = [\text{Cl}_2] = 0.025 \text{M}$$

$$[\text{PCl}_5] = 0.019 \text{M}$$

**Esercizio 9 (4 punti).** Calcolare il pH di una soluzione acquosa ottenuta sciogliendo 5 g di  $\text{NH}_4\text{Cl}$  in 200 ml di acqua. ( $K_b(\text{NH}_3)=1.8 \times 10^{-5}$ )

**Risp:**

Il cloruro di ammonio è un sale che si dissocia in acqua in  $\text{NH}_4^+$  e  $\text{Cl}^-$



$$[\text{NH}_4\text{Cl}] = [\text{NH}_4^+] = 5/53.5 = 0.0935 \text{ mol}/0.2 = 0.468 \text{M}$$

si sostituisce nella  $K_a = K_w/K_b$  e si calcola il  $\text{pH} = 4.8$

**Esercizio 10 (3 punti).** Scrivere il nome dei seguenti composti. disegnare la loro formula di struttura e determinare la geometria intorno all'atomo centrale:  $\text{HClO}_2$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{AsH}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$

**Risp**

$\text{HClO}_2$  acido cloroso. tetraedica (angolare) intorno a Cl

$\text{BF}_3$  trifluoruro di Boro. trigonale planare intorno al B

$\text{AsH}_3$  arsina (triidruro di Arsenico). trigonale piramidale intorno all'As

$\text{CaCl}_2$  dicloruro di Calcio. composto ionico  $\text{Ca}^{2+} 2\text{Cl}^-$