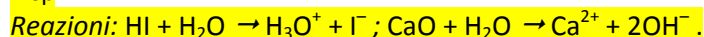


POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di FONDAMENTI DI CHIMICA
ESAME – 27 Febbraio 2014. Compito A

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 essere motivate.**

Esercizio 1 (3 punti). Determinare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 0.50 L di una soluzione 0.100 M di ossido di calcio (CaO) con 100 mL di una soluzione 0.30 M di acido iodidrico e aggiungendo 1.5 g di Na₂SO₄.

Risp



$$\text{Quindi: moli di H}_3\text{O}^+ \text{ iniziali} = 0,10 \text{ L} \times 0,30 \text{ mol/L} = 0,030 \text{ mol}$$

$$\text{moli di OH}^- \text{ iniziali} = 0,50 \text{ L} \times 0,10 \text{ mol/L} \times 2 = 0,10 \text{ mol}$$

$$\text{moli di OH}^- \text{ finali} = (0,10 - 0,030) \text{ mol} = 0,070 \text{ mol}.$$

$$\text{Vol. fin.} = (0,50 + 0,10) \text{ L} = 0,60 \text{ L. Quindi: } [\text{OH}^-] = 0,070 \text{ mol}/0,60 \text{ L} = 0,11 \text{ mol/L, pH} = 13,06$$

Esercizio 2 (4 punti). In un recipiente si introducono H₂O, H₂, e CO₂ alla pressione parziale di 2 atm e CO alla pressione parziale di 4 atm a 2000 K. Quali specie saranno aumentate e quali diminuite una volta raggiunto l'equilibrio: CO_(g) + H₂O_(g) ⇌ CO_{2(g)} + H_{2(g)}

Risp

$$\Delta H^\circ = -41,2 \text{ kJ}; \Delta S^\circ = -42,4 \text{ J/K};$$

$$\Delta G^\circ = -41,2 \text{ kJ} + 2000 \text{ K} \cdot 0,0424 \text{ kJ/K} = 43,6 \text{ kJ};$$

$$\log K_{eq} = \frac{-\Delta G^\circ}{2,3 \cdot RT} = -1,14; K_{eq} = 0,0724 \Rightarrow K_p$$

$$Q = 0,5 \Rightarrow Q > K_{eq} \quad \text{La reazione evolverà verso i reagenti}$$

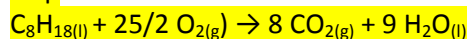
Esercizio 3 (3 punti). Si ha una pila Cu / Cu²⁺ // Al³⁺ / Al, costruita con elettrodi metallici di 10 g ciascuno e con opportuni volumi di soluzioni a concentrazione 1.00 M di CuSO₄ e di Al(NO₃)₃. Indicare la polarità della pila e calcolarne la fem. Indicare poi qualitativamente se e quali modificazioni producono i seguenti interventi sulla fem della cella: a) viene asportata metà dell'elettrodo di Cu b) [Al³⁺] viene portata a 0.010 M.

Risp

Noti E° (Cu²⁺/Cu) = -0.34 V e E° (Al³⁺/Al) = -1.66 V si nota che Al si ossiderà, visto che Cu²⁺ ha maggiore tendenza a ridursi, secondo la reazione 3 Cu²⁺ + 2 Al → 3 Cu + 2 Al³⁺. Quindi l'elettrodo di Al è l'anodo (-) e quello di Cu è il catodo (+) e la fem vale ΔE° = 2,00 V. Per la cella ΔE = E(+) - E(-) = ΔE° - (0.059/6) × log [Cu²⁺]³/[Al³⁺]². Quindi a) non ha effetto sul potenziale; b) ne provocherà un aumento.

Esercizio 4 (4 punti). Alla pressione di 1 atm e alla temperatura di 25 °C calcolare quale volume (m³) di aria, costituita dal 20% di O₂ in moli, è necessaria per la combustione completa di 50.0 L di benzina: si consideri la benzina composta mediamente da idrocarburi di formula molecolare C₈H₁₈, avente densità d = 0.720 kg/dm³. Quanto calore viene prodotto da questa reazione?

Risp



Sapendo che d = m/V e che n = m/M, si ha che n = (d × V)/M

$$M \text{ di C}_8\text{H}_{18} = 114 \text{ g/mol}; M \text{ di O}_2 = 32 \text{ g/mol}$$

$$n \text{ di C}_8\text{H}_{18} = [(0,720 \times 50,0 \times 1000)/(114)] \text{ mol} = 316 \text{ mol}$$

$$\text{Moli (n) di O}_2 \text{ necessarie per bruciare tutto il C}_8\text{H}_{18}: n = (316 \times 25/2) \text{ mol} = 3950 \text{ mol} \approx 96,6 \text{ m}^3$$

Volume (V) di aria necessario per bruciare tutto il C_8H_{18} : $n = (96,6/0,20) m^3 = 483 m^3$
 $\Delta H_{\text{reaz.}} = 8 \times (-393,5) + 9 \times (-285,9) - (-200) = -5521,1 \text{ KJ/mol}$
 $Q = 316 \times -5521,1 = -1,7 \times 10^6 \text{ kJ}$

Esercizio 5 (3 punti). Dati i seguenti composti molecolari: $(NH_4)_2SO_4$, SF_4 , NO_2
Scrivere la formula di struttura, determinare la geometria delle coppie elettroniche solitarie e di legame (CS + CL) attorno agli atomi centrali e la geometria delle molecole, indicando se la molecola è polare o apolare.

Risp

$(NH_4)_2SO_4$: Geometria Coppie e Geometria Molecola: NH_4^+ tetraedrica e SO_4^{2-} tetraedrica, ionica
 NO_2 : Geometria Coppie intorno a N trigonale planare, intorno a O tetraedrica, Geometria Molecola intorno a N e O: angolata; polare.

SF_4 : Geometria Coppie: bipiramidale a base trigonale, Geometria Molecola: altalena; polare.

Esercizio 6 (3 punti) Enunciare in modo sintetico il Principio di Pauli e quello di Hund.

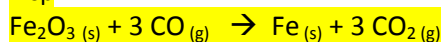
Risp

Vedere slide corso

Esercizio 7 (3 punti). Il ferro metallico può essere ottenuto dall'ossido di Ferro Fe_2O_3 secondo la reazione da bilanciare: $Fe_2O_3 (s) + CO (g) \rightarrow Fe (s) + CO_2 (g)$

a) Calcolare la massa di Ferro teoricamente prodotta trattando 287.46 g di Fe_2O_3 con 20.00 L di CO alla pressione di 3.00 atm e alla temperatura di 133 °C; b) Calcolare le moli di CO_2 prodotte e la massa di Fe_2O_3 rimasta indecomposta.

Risp



$$n Fe_2O_3 = 287,46/159,7 = 1.8 \text{ moli}$$

$$n CO = PV/RT = 3 \times 20 / (0.082 \times 406.5) = 1.8 \text{ moli reagente limitante} = \text{moli di } CO_2 \text{ prodotte}$$

$$\text{moli di } Fe_2O_3 \text{ effettivamente reagite} = 1.8/3 = 0.6 = \text{moli di Fe prodotte.}$$

$$\text{Massa di Fe prodotta} = 0.6 \times 55.85 = 33.51 \text{ g}$$

$$\text{Massa di } Fe_2O_3 \text{ rimasta indecomposta} = 1.2 \times 159.7 = 191.6 \text{ g}$$

Esercizio 8 (4 punti). Uno studente di ingegneria trova nello scaffale di un laboratorio dove sono conservati i sali ionici un barattolo senza etichetta. Per vedere di quale sale si tratta scioglie questo sale in acqua ed aggiunge qualche goccia di un indicatore di pH (un acido debole con $K_a = 10^{-7}$ colorato di giallo quando è nella sua forma indissociata RH e blu quando è nella sua forma dissociata R⁻). La soluzione diventa verde. Poi immerge una barretta di zinco nella stessa soluzione e vede che tale barretta si consuma. Di quale sale si tratta tra: NaCl, NH_4Cl , AgCl o $Cu(CN)_2$? Giustificare la risposta

Risp

AgCl e NaCl non subiscono idrolisi (soluzione verde); $Zn + 2Ag^+ \leftrightarrow Zn^{2+} + 2Ag \Delta E > 0$; il sale è AgCl

Esercizio 9 (3 punti). Date le seguenti sostanze allo stato solido: PCl_5 , SiO_2 , BF_3

Stabilire: a) a quale tipo di solido cristallino (molecolare, ionico, etc.) danno origine, specificando il tipo di interazione responsabile della formazione del solido; b) lo stato di aggregazione a 25°C e 1 atm.

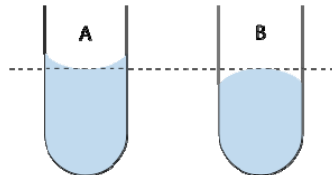
Risp

BF_3 : solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, gas

SiO_2 : solido covalente, legame covalente, solido

PCl_5 : solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, liquido

Esercizio 10 (3 punti). Spiegare perché nei vecchi termometri il mercurio all'interno del capillare di vetro (SiO_2) presenta un menisco con la concavità rivolta verso il basso (figura B), mentre quelli ad alcol etilico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) la concavità è rivolta verso l'alto (figura A).



Risp

Il vetro è bagnabile dal metanolo (interazioni legame ad idrogeno con l'ossigeno di SiO_2) mentre non lo è dal mercurio (forte legame metallico). Discutere le forze adesive e coesive.

POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di FONDAMENTI DI CHIMICA
ESAME – 27 Febbraio 2014. Compito B

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 essere motivate.**

Esercizio 1 (4 punti). Uno studente di ingegneria trova nello scaffale di un laboratorio dove sono conservati i sali ionici un barattolo senza etichetta. Per vedere di quale sale si tratta scioglie questo sale in acqua ed aggiunge qualche goccia di un indicatore di pH (un acido debole con $K_a = 10^{-7}$ colorato di giallo quando è nella sua forma indissociata RH e blu quando è nella sua forma dissociata R^-). La soluzione diventa verde. Poi immerge una barretta di zinco nella stessa soluzione e vede che tale barretta si consuma. Di quale sale si tratta tra: $NaCl$, NH_4Cl , $AgCl$ o $Cu(CN)_2$? Giustificare la risposta

Risp

$AgCl$ e $NaCl$ non subiscono idrolisi (soluzione verde); $Zn + 2Ag^+ \leftrightarrow Zn^{2+} + 2Ag \Delta E > 0$; il sale è $AgCl$

Esercizio 2 (3 punti). Dati i seguenti composti molecolari: $(NH_4)_2SO_4$, SF_4 , NO_2

Scrivere la formula di struttura, determinare la geometria delle coppie elettroniche solitarie e di legame (CS + CL) attorno agli atomi centrali e la geometria delle molecole, indicando se la molecola è polare o apolare.

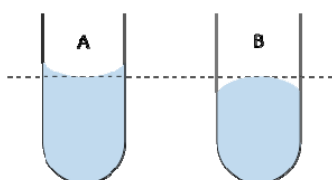
Risp

$(NH_4)_2SO_4$: Geometria Coppie e Geometria Molecola: NH_4^+ tetraedrica e SO_4^{2-} tetraedrica, ionica

NO_2 : Geometria Coppie intorno a N trigonale planare, intorno a O tetraedrica, Geometria Molecola intorno a N e O: angolata; polare.

SF_4 : Geometria Coppie: bipiramidale a base trigonale, Geometria Molecola: altalena; polare.

Esercizio 3 (3 punti). Spiegare perché nei vecchi termometri il mercurio all'interno del capillare di vetro (SiO_2) presenta un menisco con la concavità rivolta verso il basso (figura B), mentre quelli ad alcol etilico (CH_3CH_2OH) la concavità è rivolta verso l'alto (figura A).



Risp

Il vetro è bagnabile dal metanolo (interazioni legame ad idrogeno con l'ossigeno di SiO_2) mentre non lo è dal mercurio (forte legame metallico). Discutere le forze adesive e coesive.

Esercizio 4 (3 punti). Determinare il pH di una soluzione ottenuta mescolando 0.50 L di una soluzione 0.100 M di ossido di calcio (CaO) con 100 mL di una soluzione 0.30 M di acido iodidrico e aggiungendo 1.5 g di Na_2SO_4 .

Risp

Reazioni: $HI + H_2O \rightarrow H_3O^+ + I^-$; $CaO + H_2O \rightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$.

Quindi: moli di H_3O^+ iniziali = $0,10 L \times 0,30 mol/L = 0,030 mol$

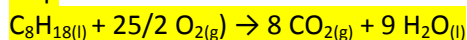
moli di OH^- iniziali = $0,50 L \times 0,10 mol/L \times 2 = 0,10 mol$

moli di OH^- finali = $(0,10 - 0,030) mol = 0,070 mol$.

Vol. fin. = $(0,50 + 0,10)L = 0,60L$. Quindi: $[OH^-] = 0,070 mol / 0,60 L = 0,11 mol/L$, $pH = 13,06$

Esercizio 5 (4 punti). Alla pressione di 1 atm e alla temperatura di 25 °C calcolare quale volume (m³) di aria, costituita dal 20% di O₂ in moli, è necessaria per la combustione completa di 50.0 L di benzina: si consideri la benzina composta mediamente da idrocarburi di formula molecolare C₈H₁₈, avente densità d = 0.720 kg/dm³. Quanto calore viene prodotto da questa reazione?

Risp



Sapendo che $d = m/V$ e che $n = m/M$, si ha che $n = (d \times V)/M$

M di C₈H₁₈ = 114 g/mol; M di O₂ = 32 g/mol

n di C₈H₁₈ = $[(0,720 \times 50,0 \times 1000)/(114)] \text{ mol} = 316 \text{ mol}$

Moli (n) di O₂ necessarie per bruciare tutto il C₈H₁₈: $n = (316 \times 25/2) \text{ mol} = 3950 \text{ mol} \equiv 96,6 \text{ m}^3$

Volume (V) di aria necessario per bruciare tutto il C₈H₁₈: $n = (96,6/0,20) \text{ m}^3 = 483 \text{ m}^3$

$\Delta H_{\text{reaz.}} = 8 \times (-393,5) + 9 \times (-285,9) - (-200) = -5521,1 \text{ KJ/mol}$

$Q = 316 \times -5521,1 = -1,7 \times 10^6 \text{ kJ}$

Esercizio 6 (4 punti). In un recipiente si introducono H₂O, H₂, e CO₂ alla pressione parziale di 2 atm e CO alla pressione parziale di 4 atm a 2000 K. Quali specie saranno aumentate e quali diminuite una volta raggiunto l'equilibrio: $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)} \rightleftharpoons \text{CO}_2_{(g)} + \text{H}_2_{(g)}$

Risp

$\Delta H^\circ = -41,2 \text{ kJ}; \Delta S^\circ = -42,4 \text{ J/K};$

$\Delta G^\circ = -41,2 \text{ kJ} + 2000\text{K} \cdot 0,0424 \text{ kJ/K} = 43,6 \text{ kJ};$

$\log K_{\text{eq}} = \frac{-\Delta G^\circ}{2,3 \cdot RT} = -1,14; K_{\text{eq}} = 0,0724 \Rightarrow K_p$

$Q = 0,5 \Rightarrow Q > K_{\text{eq}} \quad \text{La reazione evolverà verso i reagenti}$

Esercizio 7 (3 punti) Enunciare in modo sintetico il Principio di Pauli e quello di Hund.

Risp

Vedere slide corso

Esercizio 8 (3 punti). Date le seguenti sostanze allo stato solido: PCl₅, SiO₂, BF₃

Stabilire: a) a quale tipo di solido cristallino (molecolare, ionico, etc.) danno origine, specificando il tipo di interazione responsabile della formazione del solido; b) lo stato di aggregazione a 25°C e 1 atm.

Risp

BF₃: solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, gas

SiO₂: solido covalente, legame covalente, solido

PCl₅: solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, liquido

Esercizio 9 (3 punti). Si ha una pila Cu / Cu²⁺ // Al³⁺ / Al, costruita con elettrodi metallici di 10 g ciascuno e con opportuni volumi di soluzioni a concentrazione 1.00 M di CuSO₄ e di Al(NO₃)₃. Indicare la polarità della pila e calcolarne la fem. Indicare poi qualitativamente se e quali modificazioni producono i seguenti interventi sulla fem della cella: a) viene asportata metà dell'elettrodo di Cu b) [Al³⁺] viene portata a 0.010 M.

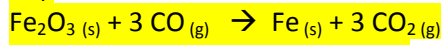
Risp

Noti $E^\circ (\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = -0.34 \text{ V}$ e $E^\circ (\text{Al}^{3+}/\text{Al}) = -1.66 \text{ V}$ si nota che Al si ossiderà, visto che Cu²⁺ ha maggiore tendenza a ridursi, secondo la reazione $3 \text{Cu}^{2+} + 2 \text{Al} \rightarrow 3 \text{Cu} + 2 \text{Al}^{3+}$. Quindi l'elettrodo di Al è l'anodo (-) e quello di Cu è il catodo (+) e la fem vale $\Delta E^\circ = 2,00 \text{ V}$. Per la cella $\Delta E = E(+)-E(-) = \Delta E^\circ - (0.059/6) \times \log [\text{Cu}^{2+}]^3/[\text{Al}^{3+}]^2$. Quindi a) non ha effetto sul potenziale; b) ne provocherà un aumento.

Esercizio 10 (3 punti). Il ferro metallico può essere ottenuto dall'ossido di Ferro Fe₂O₃ secondo la reazione da bilanciare: $\text{Fe}_2\text{O}_3_{(s)} + \text{CO}_{(g)} \rightarrow \text{Fe}_{(s)} + \text{CO}_2_{(g)}$

a) Calcolare la massa di Ferro teoricamente prodotta trattando 287.46 g di Fe_2O_3 con 20.00 L di CO alla pressione di 3.00 atm e alla temperatura di 133 °C; b) Calcolare le moli di CO_2 prodotte e la massa di Fe_2O_3 rimasta indecomposta.

Risp



$$n \text{Fe}_2\text{O}_3 = 287,46/159,7 = 1.8 \text{ moli}$$

$$n \text{CO} = PV/RT = 3 \times 20 / (0.082 \times 406.5) = 1.8 \text{ moli reagente limitante} = \text{moli di } \text{CO}_2 \text{ prodotte}$$

$$\text{moli di } \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ effettivamente reagite} = 1.8/3 = 0.6 = \text{moli di Fe prodotte.}$$

$$\text{Massa di Fe prodotta} = 0.6 \times 55.85 = 33.51 \text{ g}$$

$$\text{Massa di } \text{Fe}_2\text{O}_3 \text{ rimasta indecomposta} = 1.2 \times 159.7 = 191.6 \text{ g}$$