

POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di FONDAMENTI DI CHIMICA
Compito 14 Febbraio 2013. 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 (4 punti). Un pezzo (1.05 kg) di metallo (Me) a 60.5 °C viene immerso in 333 mL di acqua a 15.5 °C ($c_s \text{ H}_2\text{O(l)} = 4.187 \text{ J g}^{-1} \text{ °C}^{-1}$; $d = 1.00 \text{ (g mL}^{-1})$). Dopo stabilizzazione termica, la temperatura del sistema Me-H₂O risulta 25.6 °C. Trascurando gli scambi termici con l'ambiente esterno, verificare di quale metallo trattasi tra Cu ($c_s = 0.385 \text{ J g}^{-1} \text{ °C}^{-1}$) e Pb ($0.142 \text{ J g}^{-1} \text{ °C}^{-1}$). Quale dei due metalli (Cu e Pb) diminuisce maggiormente la propria temperatura per sottrazione di una stessa quantità di calore Q a parità di massa?

Risp:

$$Q_{ceduto} (Me) = m \times c_s \times \Delta t = - [1,05 \text{ (kg)} \times 10^3 \text{ (g kg}^{-1}) \times c_s (Me) \times (25,6 - 60,5) \text{ (°C)}] \\ = - 3,66 \times 10^4 \text{ (g °C)} \times c_s (Me)$$

$$m (\text{H}_2\text{O}) = d \times V = 333 \text{ (mL)} / 1,00 \text{ (g mL}^{-1}) = 333 \text{ g}$$

$$Q_{assorbito} (\text{H}_2\text{O}) = m \times c_s \times \Delta t = 333 \text{ (g)} \times 4,187 \text{ (J g}^{-1} \text{ °C}^{-1}) \times (25,6 - 15,5) \text{ (°C)} = 1,41 \times 10^4 \text{ J}$$

Per il principio di conservazione dell'energia deve essere: $- Q_{ceduto} (Me) = + Q_{assorbito} (\text{H}_2\text{O})$,

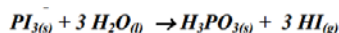
quindi: $- (- 3,66 \times 10^4 \text{ (g °C)}) \times c_s (Me) = 1,41 \times 10^4 \text{ J}$ ovvero:

$$c_s (Me) = 1,41 \times 10^4 \text{ (J)} / 3,66 \times 10^4 \text{ (g °C)} = 0,385 \text{ J g}^{-1} \text{ °C}^{-1} \Rightarrow \text{trattasi di Cu}$$

$\Delta t = Q / (m \times c_s) \Rightarrow$ Il metallo a più basso calore specifico, ovvero Pb ($0,142 \text{ J g}^{-1} \text{ °C}^{-1}$), determina la maggiore diminuzione di temperatura a parità di massa e di calore Q assorbito.

Esercizio 2 (3 punti). Uno studente deve preparare 500 mL di acido orto-fosforoso (H_3PO_3 , $d = 1.65 \text{ g mL}^{-1}$) secondo la reazione da bilanciare: $\text{PI}_3(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_3(\text{s}) + \text{HI}(\text{g})$ sapendo che la resa sarà del 75.0%. Quale quantità (kg) di triioduro di fosforo PI_3 solido dovrà essere inizialmente pesata e quale volume (L) a c.n. di acido iodidrico HI gassoso si formerà contemporaneamente?

Risp:



$$m (\text{H}_3\text{PO}_3) = d \times V = 1,65 \text{ (g mL}^{-1}) \times 500 \text{ (mL)} = 825 \text{ g}$$

$$n (\text{H}_3\text{PO}_3) = m / M = 825 \text{ (g)} / 82 \text{ (g mol}^{-1}) = 10,1 \text{ mol}$$

$$n (\text{PI}_3) = n (\text{H}_3\text{PO}_3) = 10,1 \text{ mol}$$

$$m (\text{reagente PI}_3) = n \times M = 10,1 \text{ (mol)} \times 412 \text{ (g mol}^{-1}) \times 10^3 \text{ (g kg}^{-1}) \times 100/75,0 = 5,55 \text{ kg}$$

$$n (\text{HI}) = 3 \times n (\text{H}_3\text{PO}_3) = 3 \times 10,1 \text{ (mol)} = 30,3$$

$$V (\text{HI prodotto}) = n \times V_{\text{molare}} = 30,3 \text{ (mol)} \times 22,4 \text{ (L mol}^{-1}) = 679 \text{ L}$$

Esercizio 3 (4 punti). Dati i seguenti composti molecolari: ClF_5 , HNO_2 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$. Scrivere la formula di struttura, determinare la geometria delle coppie elettroniche solitarie e di legame (CS + CL) attorno agli atomi centrali specificando il tipo di orbitale ibrido che utilizza l'atomo centrale e la geometria delle molecole, indicando se la molecola è polare o apolare.

Risp:

ClF_5 : Geometria Coppie: ottaedrica, sp^3d^2 , Geometria Molecola: piramidale quadrata, polare

HNO_2 : Geometria Coppie intorno a N trigonale planare, (sp^2) intorno a O tetraedrica (sp^3), Geometria Molecola intorno a N e O: angolata; polare.

$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$: Geometria Coppie intorno a C e O: tetraedrica (sp^3), Geometria Molecola intorno a C: tetraedrica, Geometria Molecola intorno a O: angolata; polare

Esercizio 4 (3 punti). Date le seguenti sostanze allo stato solido: Li_2O , Li, HCl, PCl_3 . Stabilire: a) a quale tipo di solido cristallino danno origine, specificando il tipo di interazione responsabile della formazione del solido; b) lo stato di aggregazione a 25°C e 1 atm.

Risp:

Li: solido metallico, legame metallico, solido

HCl: solido molecolare, interazioni dipolo-dipolo, gas

Li_2O : solido ionico, legame ionico, solido

PCl_3 : solido molecolare, interazioni dipolo-dipolo, liquido.

Esercizio 5 (3 punti). Con quale (o quali) delle seguenti sostanze può reagire una soluzione 1.0 M di HCl in acqua? a) NaF; b) Fe; c) CH_3OH .

Risp:

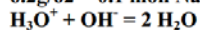
a) $F^- + H_2O \rightarrow HF + OH^-$: HCl è un acido forte e sposta l'equilibrio verso destra neutralizzando gli OH^- (HF acido debole); b) a pH = 0 l'acqua ($E=0.00$) ossida facilmente il Fe ($E^\circ=-0.44$) a Fe^{2+} ; c) nessuna reazione.

Esercizio 6 (3 punti). A 250 mL di una soluzione acquosa 0.6 M di acido cloridrico vengono aggiunti 6.2 grammi di ossido di sodio, disciolti in 150 mL d'acqua. Calcolare il pH finale della soluzione.

Risp:

$$0.6 \times 0.25 = 0.15 \text{ moli di } HCl = 0.15 \text{ moli di } H_3O^+$$

$$6.2g/62 = 0.1 \text{ moli } Na_2O = 0.2 \text{ moli } OH^-$$

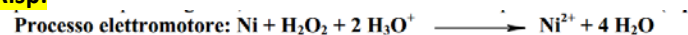


H_3O^+ reagente limitante. Avanzano 0.05 moli di OH^- in 400 mL. $[OH^-] = 0.125 \text{ M}$. $pOH = 0.9$

$$pH = 13.1$$

Esercizio 7 (4 punti). Una Pila è costituita da un elettrodo Pt/ H_2O_2 (1.0 M), H_3O^+ (pH = 3) e un elettrodo standard Ni/ Ni^{2+} alla $T=25^\circ C$. Dopo averne scritto il processo elettromotore, schematizzare la pila, individuando il polo positivo e il polo negativo, e calcolarne la f.e.m. alla temperatura di $25^\circ C$.

Risp:



Al catodo (+) si riduce l'acqua ossigenata. All'anodo si ossida il Ni.

$$\Delta E = \Delta E^\circ - 0.0592/2 * \log[H_3O^+]^2 = \Delta E^\circ - 0.0592 * pH = 2.01 - 0.18 = 1.83 \text{ V}$$

Esercizio 8 (3 punti). 18.0 litri di H_2O vapore misurati a $100^\circ C$ e ad 1.0 atm vengono raffreddati a $25^\circ C$. Calcolare la quantità di calore rilasciata.

Risp:

$$PV = nRT \quad n = 0.59 \text{ moli}$$

$$\Delta H^\circ_{\text{condensazione}} = 0.59 \text{ moli} \times -44.1 \text{ kJ/mol} = -26.02 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{raffreddamento}} = 4.184 * 10.62g * 75 = 3332.56 \text{ J} = 3.33 \text{ kJ}$$

$$Q_{\text{tot}} = \Delta H^\circ_{\text{condensazione}} + Q_{\text{raffreddamento}} = 29.35 \text{ kJ}$$

Esercizio 9 (3 punti). Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false, motivando le risposte:

- L'entropia aumenta sempre all'aumentare della temperatura;
- La velocità di reazione aumenta sempre all'aumentare della temperatura;
- La costante di equilibrio aumenta sempre all'aumentare della temperatura;
- Il metanolo (CH_3OH) in presenza di un acido forte si comporta da base.

Risp:

a) V; b) V; c) F; d) F.

Esercizio 10 (3 punti). Dire come varia qualitativamente il pH introducendo in soluzione acquosa i seguenti composti:

SO_2 , K_2SO_3 , LiBr, NaH, CaO, $Ca(NO_3)_2$

Risp:

SO_2 : pH < 7; K_2SO_3 : pH > 7; LiBr: pH = 7; NaH: pH > 7; CaO: pH > 7; $Ca(NO_3)_2$: pH = 7

POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di FONDAMENTI DI CHIMICA
Compito 14 Febbraio 2013. 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 (3 punti). 36.0 litri di H₂O vapore misurati a 100 °C e ad 1.0 atm vengono raffreddati a 15 °C. Calcolare la quantità di calore rilasciata.

Risp:

$$\begin{aligned}PV &= nRT & n &= 1.18 \text{ moli} \\ \Delta H^{\circ}_{\text{condensazione}} &= 1.18 \text{ moli} \times -44.1 \text{ kJ/mol} = -52.04 \text{ kJ} \\ Q_{\text{raffreddamento}} &= 4.184 \times 21.24 \text{ g} \times 85 = 7553.79 \text{ J} = 7.55 \text{ kJ} \\ Q_{\text{tot}} &= \Delta H^{\circ}_{\text{condensazione}} + Q_{\text{raffreddamento}} = 59.59 \text{ kJ}\end{aligned}$$

Esercizio 2 (3 punti). Dati i seguenti composti molecolari: CH₃OCH₃, H₂SO₃, BrF₃. Scrivere la formula di struttura, determinare la geometria delle coppie elettroniche solitarie e di legame (CS + CL) attorno agli atomi centrali specificando il tipo di orbitale ibrido che utilizza l'atomo centrale e la geometria delle molecole, indicando se la molecola è polare o apolare.

Risp:

BrF₃: Geometria Coppie: bipyramidale a base trigonale (sp³d), Geometria Molecola: forma T; polare
H₂SO₃: Geometria Coppie intorno a S e agli O: tetraedrica (sp³), Geometria Molecola intorno a S: piramidale a base trigonale, Geometria Molecola intorno a O: angolata; polare
CH₃OCH₃: Geometria Coppie intorno a C e O: tetraedrica (sp³), Geometria Molecola intorno a C: tetraedrica, Geometria Molecola intorno a O: angolata; polare.

Esercizio 3 (3 punti). A 250 mL di una soluzione acquosa 0.6 M di acido cloridrico vengono aggiunti 6.2 grammi di ossido di sodio, disciolti in 150 mL d'acqua. Calcolare il pH finale della soluzione.

Risp:

$$\begin{aligned}0.6 \times 0.25 &= 0.15 \text{ moli di HCl} = 0.15 \text{ moli di H}_3\text{O}^+ \\ 6.2 \text{ g} / 62 &= 0.1 \text{ moli Na}_2\text{O} = 0.2 \text{ moli OH}^- \\ \text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^- &= 2 \text{ H}_2\text{O} \\ \text{H}_3\text{O}^+ \text{ reagente limitante. Avanzano } 0.05 \text{ moli di OH}^- \text{ in } 400 \text{ mL. } [\text{OH}^-] &= 0.125 \text{ M. pOH} = 0.9 \\ \text{pH} &= 13.1\end{aligned}$$

Esercizio 4 (3 punti). Dire come varia qualitativamente il pH introducendo in soluzione acquosa i seguenti composti: CO₂, NaNO₂, KF, Na₂O, LiI, K₂SO₄

Risp:

CO₂: pH < 7; NaNO₂: pH > 7; KF: pH > 7; Na₂O: pH > 7; LiI: pH = 7; K₂SO₄: pH = 7.

Esercizio 5 (3 punti). Dire se le seguenti affermazioni sono vere o false, motivando le risposte:

- La differenza di entropia aumenta all'aumentare della temperatura;
- La differenza di entropia è maggiore nel passaggio di stato solido-liquido rispetto al passaggio liquido-gas;
- L'aggiunta di un gas inerte a P costante non altera mai la posizione di equilibrio;
- I potenziali standard di riduzione tabulati sono valori assoluti.

Risp:

a) F; b) F; c) F; d) F.

Esercizio 6 (3 punti). Date le seguenti sostanze allo stato solido: Sr, H₂S, I₂, NCl₃
Stabilire: a) a quale tipo di solido cristallino danno origine, specificando il tipo di interazione responsabile della formazione del solido; b) lo stato di aggregazione a 25°C e 1 atm.

Risp:

Sr: solido metallico, legame metallico, solido
I₂: solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, solido
NCl₃: solido molecolare, interazioni dipolo-dipolo, liquido
H₂S: solido molecolare, interazioni dipolo-dipolo molto deboli, gas.

Esercizio 7 (4 punti). Un pezzo (1.05 kg) di metallo (Me) a 60.5 °C viene immerso in 333 mL di acqua a 15.5 °C ($c_s \text{ H}_2\text{O(l)} = 4.187 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; $d = 1.00 \text{ (g mL}^{-1})$). Dopo stabilizzazione termica, la temperatura del sistema Me-H₂O risulta 25.6 °C. Trascurando gli scambi termici con l'ambiente esterno, verificare di quale metallo trattasi tra Cu ($c_s = 0.385 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$) e Pb ($0.142 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$). Quale dei due metalli (Cu e Pb) diminuisce maggiormente la propria temperatura per sottrazione di una stessa quantità di calore Q a parità di massa?

Risp:

$$Q_{ceduto}(\text{Me}) = m \times c_s \times \Delta t = - [1,05 \text{ (kg)} \times 10^3 \text{ (g kg}^{-1}) \times c_s(\text{Me}) \times (25,6 - 60,5) \text{ (}^\circ\text{C)}] \\ = - 3,66 \times 10^4 \text{ (g }^\circ\text{C)} \times c_s(\text{Me})$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = d \times V = 333 \text{ (mL)} / 1,00 \text{ (g mL}^{-1}) = 333 \text{ g}$$

$$Q_{assorbito}(\text{H}_2\text{O}) = m \times c_s \times \Delta t = 333 \text{ (g)} \times 4,187 \text{ (J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}) \times (25,6 - 15,5) \text{ (}^\circ\text{C)} = 1,41 \times 10^4 \text{ J}$$

Per il principio di conservazione dell'energia deve essere: $- Q_{ceduto}(\text{Me}) = + Q_{assorbito}(\text{H}_2\text{O})$,

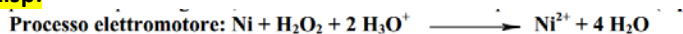
quindi: $- (- 3,66 \times 10^4 \text{ (g }^\circ\text{C)} \times c_s(\text{Me})) = 1,41 \times 10^4 \text{ J}$ ovvero:

$$c_s(\text{Me}) = 1,41 \times 10^4 \text{ (J)} / 3,66 \times 10^4 \text{ (g }^\circ\text{C)} = 0,385 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \Rightarrow \text{trattasi di Cu}$$

$\Delta t = Q / (m \times c_s) \Rightarrow$ Il metallo a più basso calore specifico, ovvero Pb ($0,142 \text{ J g}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$), determina la maggiore diminuzione di temperatura a parità di massa e di calore Q assorbito.

Esercizio 8 (4 punti). Una Pila è costituita da un elettrodo Pt/H₂O₂ (1.0 M), H₃O⁺ (pH = 3) e un elettrodo standard Ni/Ni²⁺ alla T=25 °C. Dopo averne scritto il processo elettromotore, schematizzare la pila, individuando il polo positivo e il polo negativo, e calcolarne la f.e.m. alla temperatura di 25 °C.

Risp:



Al catodo (+) si riduce l'acqua ossigenata. All'anodo si ossida il Ni.

$$\Delta E = \Delta E^\circ - 0.0592/2 * \log[\text{H}_3\text{O}^+]^2 = \Delta E^\circ - 0.0592 * \text{pH} = 2.01 - 0.18 = 1.83 \text{ V}$$

Esercizio 9 (3 punti). Con quale (o quali) delle seguenti sostanze può reagire una soluzione 1.0 M di HCl in acqua? a) NaF; b) Fe; c) CH₃OH.

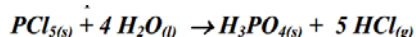
Risp:

a) $\text{F}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HF} + \text{OH}^-$: HCl è un acido forte e sposta l'equilibrio verso destra neutralizzando gli OH⁻ (HF acido debole);

b) a pH = 0 l'acqua (E=0.00) ossida facilmente il Fe (E°=-0.44) a Fe²⁺; c) nessuna reazione.

Esercizio 10 (3 punti). Uno studente deve preparare 400 mL di acido orto-fosforico (H₃PO₄, $d = 1.88 \text{ g mL}^{-1}$) secondo la reazione da bilanciare: $\text{PCl}_5(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow \text{H}_3\text{PO}_4(\text{s}) + \text{HCl}(\text{g})$ sapendo che la resa sarà del 68.0%. Quale quantità (kg) di pentacloruro di fosforo PCl₅ solido dovrà essere inizialmente pesata e quale volume (L) a c.n. di acido cloridrico HCl gassoso si formerà contemporaneamente?

Risp:



$$m(\text{H}_3\text{PO}_4) = d \times V = 1,88 \text{ (g mL}^{-1}) \times 400 \text{ (mL)} = 752 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = m / M = 752 \text{ (g)} / 98 \text{ (g mol}^{-1}) = 7,67 \text{ mol}$$

$$n(\text{PCl}_5) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 7,67 \text{ mol}$$

$$m(\text{reagente PCl}_5) = n \times M = 7,67 \text{ (mol)} \times 208,5 \text{ (g mol}^{-1}) \times 10^{-3} \text{ (g kg}^{-1}) \times 100/68,0 = 2,35 \text{ kg}$$

$$n(\text{HCl}) = 5 \times n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 5 \times 7,67 \text{ (mol)} = 38,4$$

$$V(\text{HCl prodotto}) = n \times V_{\text{molare}} = 38,4 \text{ (mol)} \times 22,4 \text{ (L mol}^{-1}) = 860 \text{ L}$$