

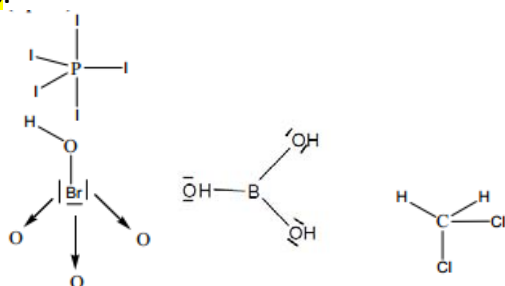
POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di FONDAMENTI DI CHIMICA
I PROVA IN ITINERE – 16 novembre 2012. Compito A

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). Dati i seguenti composti molecolari: PI_5 , HBrO_4 , H_3BO_3 , CH_2Cl_2

Scrivere la formula di struttura, determinare la geometria delle coppie elettroniche solitarie e di legame (CS + CL) attorno all'atomo centrale e la geometria delle molecole, indicando se la molecola è polare o apolare e dire che tipo di orbitale ibrido utilizza l'atomo centrale.

Risp:



PI_5 : Geom. coppie: bpiramidale base trigonale, Geom. Molecola bpiramidale base trigonale, Apolare (sp^3d),
 HBrO_4 Geom. coppie al Br tetraedrica al O tetraedrica, Geom. Molecola al Br tetraedrica al O angolare, polare (sp^3),
 H_3BO_3 Geom. coppie e Geom. Molecola al B trigonale planare (sp^2), Geom. coppie al O tetraedrica e Geom. Molecola al O angolare (sp^3), legame idrogeno
 CH_2Cl_2 Geom. coppie e Geom. Molecola tetraedrica, polare (sp^3)

Esercizio 2 (3 punti): L'idruro di zinco (ZnH_2) viene preparato per riduzione del cloruro corrispondente con LiAlH_4 , secondo la reazione da bilanciare: $\text{ZnCl}_2 (\text{s}) + \text{LiAlH}_4 (\text{s}) \rightarrow \text{ZnH}_2 (\text{s}) + \text{AlCl}_3 (\text{s}) + \text{LiCl} (\text{s})$

Se 5.00 g di cloruro di zinco vengono fatti reagire con 12.00 g di LiAlH_4 , quanti grammi di ZnH_2 si possono ottenere, considerando che la reazione abbia una resa del 90 %?

Risp:

$2 \text{ZnCl}_2 (\text{s}) + \text{LiAlH}_4 (\text{s}) \rightarrow 2 \text{ZnH}_2 (\text{s}) + \text{AlCl}_3 (\text{s}) + \text{LiCl}$
Moli di $\text{ZnCl}_2 = 5.00 \text{ g} / 136.28 \text{ g/mol} = 0.037 \text{ mol}$ Reagente limitante
Moli di $\text{LiAlH}_4 = 12.00 \text{ g} / 37.92 \text{ g/mol} = 0.32 \text{ mol}$
Moli teoriche $\text{ZnH}_2 = 0.037$.
Moli con resa al 90 % = 0.033 mol
Grammi $\text{ZnH}_2 = 0.033 \times 67.38 = 2.22 \text{ g}$

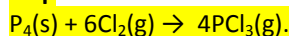
Esercizio 3 (4 punti). La combustione di 14.5 g di gas butano C_4H_{10} , sviluppa 719.5 kJ (acqua prodotta allo stato liquido). Assorbendo in toto questa quantità di calore, a quale temperatura può arrivare una massa di 2.5 kg di rame che inizialmente è a 20°C ? ($C_{p\text{Cu}} = 0.38 \text{ J } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ g}^{-1}$). Calcolare l'entalpia di formazione del butano dai dati termodinamici forniti considerando la CO_2 in forma gassosa e H_2O in forma liquida.

Risp

$\text{C}_4\text{H}_{10} + 13/2\text{O}_2 \rightarrow 4\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O}$
 $C_p = Q/\Delta T \cdot m$ quindi $\Delta T = Q/ c_p \cdot m$
 $T_2 - T_1 = Q/ c_p \cdot m$
 $T_2 = Q/ c_p \cdot m + T_1 = 719,5 \cdot 10^3 / (0.38 \cdot 2.5 \cdot 10^3) + 20 = 777^\circ\text{C}$
719.5 kJ sono prodotti dalla combustione di 0.25 moli.
Quindi $\Delta H_{\text{comb}}^\circ = -719.5 \text{ kJ} / 0.25 \text{ moli} = -2878 \text{ kJ/mole}$
 $-2878 = 4 \text{ mol} \times (-393.5 \text{ kJ/mole}) + 5 \text{ mol} \times (-285.9 \text{ kJ/mole}) - 1 \text{ mol} \times \Delta H_f^\circ (\text{C}_4\text{H}_{10})$
 $\Delta H_f^\circ (\text{C}_4\text{H}_{10}) = -125.5 \text{ kJ/mole}$

Esercizio 4 (3 punti). Si consideri la reazione $P_4(s) + Cl_2(g) \rightarrow PCl_3(g)$ (da bilanciare). Dalla reazione di 4.50 g di P_4 con 3.90 L di Cl_2 (misurati a 40 °C e 2.50 atm) si sono ottenuti 10.2 g di PCl_3 . Calcolare la resa del processo.

Risp:



$$n(P_4) = 4,50(g)/124(g/mol) = 0,036 \text{ mol di } P_4.$$

$$n(Cl_2) = (P V)/(R T) = (2,5 \cdot 3,9)/(0,082 \cdot 313) = 0,38 \text{ mol di } Cl_2.$$

$$n(Cl_2) \text{ necessarie} = n(P_4) \cdot 6 = 0,036 \cdot 6 = 0,22 \text{ mol}$$

Cl_2 in eccesso, P_4 reagente limitante.

$$PCl_3 \text{ teorico: } 4 \cdot n(P_4) \cdot M(PCl_3) = 4 \cdot 0,036 \cdot 137,35 = 19,23 \text{ g di } PCl_3.$$

$$\text{Resa } \% = 100 \cdot (g \text{ } PCl_3 \text{ effettivo})/g \text{ } (PCl_3 \text{ teorico}) = 100 \cdot (10,2 \text{ g}/19,23 \text{ g}) = 53,0 \%$$

Esercizio 5 (3 punti). Date le seguenti sostanze allo stato solido: Ca, C_{grafite} , $FeCl_2$, CCl_4

Stabilire: a) a quale tipo di solido cristallino danno origine, specificando il tipo di interazione responsabile della formazione del solido; b) quale di queste sostanze è solida a 25°C e 1 atm.

Risp:

Ca: solido metallico, legame metallico, solido

C_{grafite} : solido covalente, legami covalenti nei piani, interazioni elettrostatiche tra piani, solido

$FeCl_2$: solido ionico, legame ionico, solido

CCl_4 : solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, liquido

Esercizio 6 (3 punti).

Calcolare la temperatura di congelamento di una soluzione acquosa contenente il 2.9% in peso di $CH_3CH_2CH_2OH$, il 4.5% in peso di $FeCl_2$, e il 1.7% in peso di $NaCl$ e 90.90 g di H_2O . La costante crioscopica dell'acqua è 1.86 °C Kg/mol

Risp:

$$m \text{ propanolo} = 2.9/(60 \cdot 90.90) \cdot 1000 = 0.532 \text{ mol/Kg}$$

$$m \text{ } FeCl_2 = 0.39 \text{ mol/Kg}$$

$$m \text{ } NaCl = 0.32 \text{ mol/Kg}$$

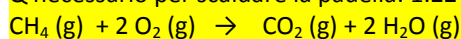
$$DT \text{ totale} = K_c (m \text{ propan} + 3 m \text{ } FeCl_2 + 2 m \text{ } NaCl) = 4.36 \text{ } ^\circ C$$

$$T \text{ cong.} = -4.36 \text{ } ^\circ C$$

Esercizio 7 (4 punti). Per cucinare una bistecca ai ferri viene utilizzata una padella di acciaio inox ($c_p = 0.46 \text{ kJ/kg}\cdot K$) del peso di 1.22 kg, preriscaldata a 200 °C. Considerando la T_{iniziale} della padella pari a 20 °C, calcolare quanto metano sarà necessario bruciare per preriscaldarla. (Considerare l'acqua prodotta allo stato liquido).

Risp:

$$Q \text{ necessario per scaldare la padella: } 1.22 \text{ Kg} \times 0.46 \times 180(\Delta T) = 101.02 \text{ kJ}$$

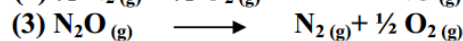
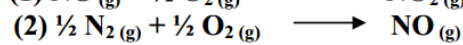
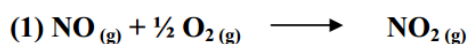
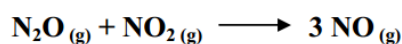


$$\Delta H^\circ \text{ comb} = -393.5 - 2 \times 285.9 + 74.8 = -890.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\text{Moli di } CH_4 \text{ necessarie: } 101.02/890.5 = 0.11 \text{ mol}$$

Esercizio 8 (3 punti). Il calore di ossidazione di NO a dare NO_2 è pari a -57.1 KJ/mol, quello di formazione di NO è pari 90.3 KJ/mol, mentre quello di decomposizione di N_2O a dare N_2 e O_2 è pari a -81.6 KJ/mol. Una volta trascritte queste tre reazioni opportunamente bilanciate, calcolare il ΔH° per la seguente reazione: $N_2O(g) + NO_2(g) \rightarrow NO(g)$ (da bilanciare)

Risp



Legge di Hess: (3)-(1)+2x(2)

$$\Delta H^\circ_{\text{reaz}} = -81.6 - (-57.1) + 2 \times 90.3 = 156.1 \text{ kJ}$$

Esercizio 9 (3 punti). Identificare se queste molecole o ioni esistono o non esistono. Motivare la risposta. Dire quali di queste molecole sono paramagnetiche o diamagnetiche. He_2 ; He_2^+ ; O_2 ; O_2^-

Risp:

He_2 non esiste, ordine di legame zero. He_2^+ esiste, ordine di legame 0.5 (paramagnetica)

O_2 esiste, ordine di legame 2 (paramagnetica) O_2^- esiste, ordine di legame 1.5 (paramagnetica)

Esercizio 10 (3 punti). Spiegare perché l'energia reticolare di NaF è maggiore di quella di NaBr.

Risp:

L'energia reticolare (attrazione tra atomi carichi) diminuisce come aumenta la distanza fra gli ioni. Br- ha un raggio maggiore del F-.

POLITECNICO DI MILANO ING. ENG-AER-MEC. Corso di FONDAMENTI DI CHIMICA I PROVA IN ITINERE – 16 novembre 2012. 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). Per cucinare una bistecca ai ferri viene utilizzata una padella di acciaio inox ($c_p = 0.40 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$) del peso di 1.35 kg, preriscaldata a 200°C . Considerando la T_{iniziale} della padella pari a 20°C , calcolare quanto metano sarà necessario bruciare per preriscaldarla. (Considerare l'acqua prodotta allo stato liquido).

Risp:

Q necessario per scaldare la padella: $1.35 \text{ Kg} \times 0.40 \times 180(\Delta T) = 97.2 \text{ kJ}$

$\text{CH}_4(\text{g}) + 2 \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{g})$

$\Delta H^\circ_{\text{comb}} = -393.5 - 2 \times 285.9 + 74.8 = -890.5 \text{ kJ/mol}$

Moli di CH_4 necessarie: $97.2/890.5 = 0.11 \text{ mol}$

Esercizio 2 (3 punti). Si consideri la reazione $\text{P}_4(\text{s}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{PCl}_3(\text{g})$ (da bilanciare). Dalla reazione di 4.50 g di P_4 con 3.90 L di Cl_2 (misurati a 40°C e 2.50 atm) si sono ottenuti 10.2 g di PCl_3 . Calcolare la resa del processo.

Risp:

$\text{P}_4(\text{s}) + 6\text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{PCl}_3(\text{g})$.

$n(\text{P}_4) = 4.50(\text{g})/124(\text{g/mol}) = 0.036 \text{ mol di } \text{P}_4$.

$n(\text{Cl}_2) = (P V)/(R T) = (2.5 \cdot 3.9)/(0.082 \cdot 313) = 0.38 \text{ mol di } \text{Cl}_2$.

$n(\text{Cl}_2)$ necessarie = $n(\text{P}_4) \cdot 6 = 0.036 \cdot 6 = 0.22 \text{ mol}$

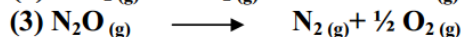
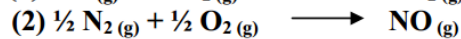
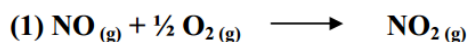
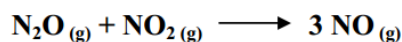
Cl_2 in eccesso, P_4 reagente limitante.

PCl_3 teorico: $4 \cdot n(\text{P}_4) \cdot M(\text{PCl}_3) = 4 \cdot 0.036 \cdot 137.35 = 19.23 \text{ g di } \text{PCl}_3$.

Resa % = $100 \cdot (\text{g } \text{PCl}_3 \text{ effettivo})/\text{g } (\text{PCl}_3 \text{ teorico}) = 100 \cdot (10.2 \text{ g}/19.23 \text{ g}) = 53.0 \%$

Esercizio 3 (3 punti). Il calore di ossidazione di NO a dare NO_2 è pari a -57.1 kJ/mol , quello di formazione di NO è pari 90.3 kJ/mol , mentre quello di decomposizione di N_2O a dare N_2 e O_2 è pari a -81.6 kJ/mol . Una volta trascritte queste tre reazioni opportunamente bilanciate, calcolare il ΔH° per la seguente reazione: $\text{N}_2\text{O}(\text{g}) + \text{NO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g})$ (da bilanciare)

Risp



Legge di Hess: (3)-(1)+2x(2)

$$\Delta H^\circ_{\text{reaz}} = -81.6 - (-57.1) + 2 \times 90.3 = 156.1 \text{ kJ}$$

Esercizio 4 (3 punti). Identificare se queste molecole o ioni esistono o non esistono. Motivare la risposta. Dire quali di queste molecole sono paramagnetiche o diamagnetiche. O_2^{2+} ; He_2 ; He_2^+ ; O_2

Risp:

O_2^{2+} esiste, ordine di legame 3 (diamagnetica) He_2 non esiste, ordine di legame zero.

He_2^+ esiste, ordine di legame 0.5 (paramagnetica) O_2 esiste, ordine di legame 2 (paramagnetica)

Esercizio 5 (4 punti). Dati i seguenti composti molecolari: H_3PO_4 , NH_2OH , H_3BO_3 , CHClBr_2

Scrivere la formula di struttura, determinare la geometria delle coppie elettroniche solitarie e di legame (CS + CL) attorno all'atomo centrale e la geometria delle molecole, indicando se la molecola è polare o apolare e dire che tipo di orbitale ibrido utilizza l'atomo centrale.

Risp:

H_3PO_4 : Geom. coppie e Geom. Molecola al P Tetraedrica (sp^3), Geom. coppie al O tetraedrica e Geom. Molecola al O angolare (sp^3), legame idrogeno, polare

NH_2OH : Geom. coppie al N tetraedrica e Geom. Molecola al N piramidale trigonale (sp^3), Geom. coppie al O tetraedrica e Geom. Molecola al O angolare (sp^3), legame idrogeno, polare

H_3BO_3 Geom. coppie e Geom. Molecola al B trigonale planare (sp^2), Geom. coppie al O tetraedrica e Geom. Molecola al O angolare (sp^3), legame idrogeno

CHClBr_2 Geom. coppie e Geom. Molecola tetraedrica, polare (sp^3)

Esercizio 6 (3 punti): L'idruro di zinco (ZnH_2) viene preparato per riduzione del cloruro corrispondente con LiAlH_4 , secondo la reazione da bilanciare: $\text{ZnCl}_2 (s) + \text{LiAlH}_4 (s) \rightarrow \text{ZnH}_2 (s) + \text{AlCl}_3 (s) + \text{LiCl} (s)$

Se 7.00 g di cloruro di zinco vengono fatti reagire con 18.00 g di LiAlH_4 , quanti grammi di ZnH_2 si possono ottenere, considerando che la reazione abbia una resa del 80 %?

Risp:



Moli di $\text{ZnCl}_2 = 7.00 \text{ g} / 136.28 \text{ g/mol} = 0.051 \text{ mol}$ Reagente limitante

Moli di $\text{LiAlH}_4 = 18.00 \text{ g} / 37.92 \text{ g/mol} = 0.475 \text{ mol}$

Moli teoriche $\text{ZnH}_2 = 0.051 \text{ mol}$.

Moli con resa al 80 % = 0.041 mol

Grammi $\text{ZnH}_2 = 0.041 \times 67.38 = 2.76 \text{ g}$

Esercizio 7 (3 punti). Date le seguenti sostanze allo stato solido: FeCl_3 , Na, $\text{C}_{\text{diamante}}$, CBr_4

Stabilire: a) a quale tipo di solido cristallino danno origine, specificando il tipo di interazione responsabile della formazione del solido; b) quale di queste sostanze è solida a 25°C e 1 atm.

Risp:

FeCl_3 : solido ionico, legame ionico, solido

Na: solido metallico, legame metallico, solido

$\text{C}_{\text{diamante}}$: solido covalente, legami covalenti tetraedrici, solido

CBr_4 : solido molecolare, interazioni dipolo indotto-dipolo indotto, solido

Esercizio 8 (3 punti). Spiegare perché l'energia reticolare di NaI è minore di quella di NaF .

Risp:

L'energia reticolare (attrazione tra atomi carichi) diminuisce come aumenta la distanza fra gli ioni. I^- ha un raggio maggiore del F^- .

Esercizio 9 (3 punti).

Calcolare la temperatura di congelamento di una soluzione acquosa contenente il 3.1% in peso di NaCl, il 4.3% in peso di FeCl₂, e il 1.5% in peso di CH₃CH₂CH₂OH e 91.10 g di H₂O. La costante crioscopica dell'acqua è 1.86 °C Kg/mol

Risp:

$$m \text{ propanolo} = 1.5 / (60 \cdot 91.10) \cdot 1000 = 0.274 \text{ mol/Kg}$$

$$m \text{ FeCl}_2 = 4.3 / (127 \cdot 91.10) \cdot 1000 = 0.372 \text{ mol/Kg}$$

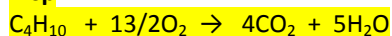
$$m \text{ NaCl} = 3.1 / (58.5 \cdot 91.10) \cdot 1000 = 0.582 \text{ mol/Kg}$$

$$\Delta T \text{ totale} = K_c (m \text{ propan} + 3 m \text{ FeCl}_2 + 2 m \text{ NaCl}) = 4.75 \text{ °C}$$

$$T \text{ cong.} = -4.75 \text{ °C}$$

Esercizio 10 (4 punti). La combustione di 17.5 g di gas butano C₄H₁₀, sviluppa 619.5 kJ (acqua prodotta allo stato liquido). Assorbendo in toto questa quantità di calore, a quale temperatura può arrivare una massa di 2.8 kg di ferro che inizialmente è a 23°C? (C_{pFe} = 0.42 J °C⁻¹ g⁻¹). Calcolare l'entalpia di formazione del butano dai dati termodinamici forniti considerando la CO₂ in forma gassosa e H₂O in forma liquida.

Risp



$$C_p = Q / \Delta T \cdot m \text{ quindi } \Delta T = Q / c_p \cdot m$$

$$T_2 - T_1 = Q / c_p \cdot m$$

$$T_2 = Q / c_p \cdot m + T_1 = 619,5 \cdot 10^3 / (0.42 \cdot 2.8 \cdot 10^3) + 23 = 550 \text{ °C}$$

619.5 kJ sono prodotti dalla combustione di 0.30 moli.

$$\text{Quindi } \Delta H_{\text{comb}}^\circ = -619.5 \text{ kJ} / 0.30 \text{ moli} = -2065 \text{ kJ/mole}$$

$$-2065 = 4 \text{ mol} \times (-393.5 \text{ kJ/mole}) + 5 \text{ mol} \times (-285.9 \text{ kJ/mole}) - 1 \text{ mol} \times \Delta H_f^\circ (\text{C}_4\text{H}_{10})$$

$$\Delta H_f^\circ (\text{C}_4\text{H}_{10}) = -938.5 \text{ kJ/mole}$$