物理化学Ａ　期末試験問題および解答用紙　　2013 年 2 月 12 日実施

学籍番号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿　　氏名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

注意事項

思考過程がわかるように計算式は省略しないこと。また、数値で答える問題には必ず単位をつけること。単位がない解答は減点します。10^3 を表す k と絶対温度の K は明確に区別してください。

以下、大問が１から６まで用意されている。各問題の下の空白に解答を記入し、解答用紙とせよ。

１．1 mol の理想気体が、1×10^4 Pa の圧力を及ぼしているピストンを押し上げて膨張する。初めの圧力が 1×10^5 Pa、終わりの圧力が 1×10^4 Pa で、温度は常に 27℃（300 K）に保たれている。このとき、次の問に答えよ。ただし、気体定数 R は 8.314 J K^{-1} mol^{-1} である。

(a)　膨張前後の気体の体積 V_1 および V_2 を求めよ。

(b)　力学的周囲に与えられたエネルギーΔU_{mech} はいくらか。

(c)　理想気体の内部エネルギー変化ΔU はいくらか。

(d)　熱的周囲から気体に与えられたエネルギー$-\Delta U_{\mathrm{therm}}$ はいくらか。

２．亜鉛を塩酸などの酸に加えると、亜鉛が反応し水素が発生する。この反応を発泡スチロールのような定圧熱量計の中で 25℃において行うとき、熱的周囲は反応する亜鉛 1 mol あたり 153.89 kJ のエネルギーを得る。このとき、次の問に答えよ。ただし、気体定数 R は 8.314 J K^{-1} mol^{-1} である。

(a)　この反応の化学反応式を書け。

(b)　亜鉛 1 mol あたりの気体試料のモル数の変化$\Delta\nu_g$はいくらか。

(c)　系の内部エネルギー変化ΔUとエンタルピー変化ΔHを求めよ。

(d)　この反応は発熱反応か吸熱反応のいずれか、理由を付して答えよ。

３．エチレンが水素化するときの反応は次の式に従う。

$CH_2CH_2(g) + H_2(g) \rightarrow CH_3CH_3(g)$

このとき、以下の問に答えよ。ただし、$CH_2CH_2(g)$, $H_2(g)$および $CH_3CH_3(g)$の 25℃における標準生成エンタルピーΔH_f^o はそれぞれ+52.47, 0 および−84.68 kJ mol^{-1} である。

(a)　標準生成エンタルピーとは何か？ 簡潔に説明せよ。

(b)　この反応のエンタルピー変化はいくらか。

４．アセチレン(C_2H_2)ガスを触媒床に流通させることによって、毎分 0.5 mol ずつベンゼン(C_6H_6)に変換する。触媒床と生成したベンゼン蒸気の温度を流入するアセチレンと同じ 25℃に保つためには、どのような速さでエネルギーが供給または取り去られねばならないか。ただし、C_2H_2(g)および C_6H_6(g)の 25℃における標準生成エンタルピーΔH_f^o はそれぞれ+226.73 および+82.93 kJ mol^{-1} である。

５．一酸化炭素は、高温の炭素を作用させることによって CO_2 からつくることができる。

$$CO_2(g) + C(s) \rightarrow 2CO(g) \quad \cdots①$$

このとき、以下の問に答えよ。ただし、$CO_2(g)$, $CO(g)$の 25℃における標準生成エンタルピーΔH_f^o は、–393.52, –110.53 kJ mol^{-1} である。

(b)　25℃における反応①のエンタルピー変化を求めよ。

(a)　反応温度として適当な 1200 K における反応①のエンタルピー変化を計算せよ。ただし、反応①の生成物と反応物に関する定圧熱容量の差ΔC_p は、温度 T を用いて、それぞれ

$$\Delta C_p = -0.00426 - 5.36\times10^{-6}T + 16.24\times10^{2}T^{-2} \quad (\text{kJ K}^{-1}\ \text{mol}^{-1})$$

と書くことができる。

６．シクロプロパンの燃焼エンタルピーは、2091.2 kJ mol^{-1} と報告されている。この値を用いて、シクロプロパン中の C–C 結合エネルギーを見積もりたい。このとき以下の問に答えよ。

(a) シクロプロパンが完全燃焼するときの化学反応式を書け。

(b) シクロプロパン C_3H_6 の 25℃における標準生成エンタルピー$\Delta H_f^o(C_3H_6)$はいくらか。ただし、$O_2(g)$, $CO_2(g)$ および $H_2O(l)$の 25℃における標準生成エンタルピーは、それぞれ 0, –393.52 および–285.83 kJ mol^{-1} である。

(c) シクロプロパンを気体状の構成原子単体にする反応のエンタルピー変化ΔH_{298} はいくらか。ただし、C(g) および H(g)の 25℃における標準生成エンタルピーΔH_f^o は、それぞれ 716.68 および 218.00 kJ mol^{-1} である。

(d) $\Delta H_{f,298}^o = \Delta H_{f,0}^o$ と近似して、C–C 結合エネルギーを求めよ。ただし、C–H 結合エネルギーは 410 kJ mol^{-1} である。