

前期試験問題と解答

[1]から[6]のうち 5 問を選んで解答用紙に解答せよ。いずれも 20 点の配点である。5 問を超えて解答した場合、正答していれば成績評価に加算する。有効数字を適切に処理せよ。断りのない限り大気圧は 1013 hPa とする。0 °C = 273 K, 1 cal=4.184 J, 1 atm=1013 hPa=760 mmHg, 重力加速度は 9.806 m s⁻², 気体 1 mol が 0 °C, 1013 hPa において占める体積を 22.4 L として計算せよ。原子量は H=1.0, C=12.0, N=14.0, O=16.0, Na=23.0, Cl=35.5 とする。

[1] 単位換算せよ。(20 点)

問 1 8.314 J K⁻¹ mol⁻¹は何 cal K⁻¹ mol⁻¹か。

問 2 995 mmHgは何 kgf cm⁻²か。

問 3 液体のクロロホルム CHCl₃の比熱は 963 J K⁻¹ kg⁻¹である。モル比熱は何 J K⁻¹ mol⁻¹か。

問 4 質量/体積パーセント濃度で 2.00 %の NaCl 水溶液の濃度はモル濃度で何 mol L⁻¹か。

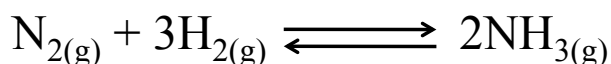
[2] 水溶液の調製に関する以下の問いに答えよ。(20 点)

問 1 2.50 mol L⁻¹の NaCl 水溶液を 500 mL 調製したい。このために必要な NaCl の質量は何 g か。

問 2 2.50 mol L⁻¹の NaCl 水溶液と、0.300 mol L⁻¹のリン酸ナトリウム水溶液を混合して、NaCl を 0.150 mol L⁻¹, リン酸ナトリウムを 0.0150 mol L⁻¹含む水溶液を 200 mL 調製したい。このために必要な 2.50 mol L⁻¹の NaCl 水溶液と、0.300 mol L⁻¹のリン酸ナトリウム水溶液の体積はそれぞれ何 mL か。

[3] アンモニア NH₃の合成反応に関する以下の問いに答えよ。(20 点)

問 1 この反応は次の化学反応式であらわされる。



この反応は発熱反応である。この平衡を、アンモニアの生成側に移動させるために有効な手段を以下からすべて選び、解答欄のあてはまる記号に○を付けよ。

- (a) 熱を加える, (b) 冷却する, (c) 圧力を加える, (d) 圧力を下げる, (e) 触媒を加える。

問 2 この反応を用いてアンモニアを 70 kg 生産する際に消費される窒素の、物質量(mol), 質量(kg), および 1013 hPa, 27 °Cにおける体積(m³)を求めよ.

[4] 氷 1.0 kg が-10 °Cにある. ここに 25 mL のエタノール C₂H₅OH が完全燃焼する際に生じる熱を与えて温水に変える操作を考える. 燃焼熱が全てこの過程に用いられた場合, 最終的に得られる温水の温度は何°Cになるか. 氷のモル比熱は 38 J mol⁻¹ K⁻¹, 液体の水のモル比熱は 75 J K⁻¹ mol⁻¹, 氷のモル融解熱は 6.0 kJ mol⁻¹, 1 mol のエタノールが燃焼熱する際に生じる熱は 1.4×10⁶ J, エタノールの密度は 0.79 g cm⁻³とせよ. (20 点)

[5] ブタン C₄H₁₀ の完全燃焼に関する以下の間に答えよ. (20 点)

問 1 ブタンの完全燃焼をあらわす化学反応式を記せ.

問 2 250 g のブタンを完全燃焼させた際に生じる水および二酸化炭素の質量はそれぞれ何 g か.

問 3 この燃焼によって生じる二酸化炭素が, 27 °C, 1013 hPa において占める体積は何 L か.

[6] ラジオアイソトープの崩壊速度に関する以下の間に答えよ. (20 点)

問 1 ラジオアイソトープの崩壊速度は以下の微分方程式であらわされる.

$$\frac{dC}{dt} = -kC$$

ここで C はラジオアイソトープの存在量, k は速度定数, t は時間をあらわす. ラジオアイソトープの初期存在量を C_0 , 自然対数の底を e とするとき, 以下の関係式が成り立つことを, 上記の微分方程式から導き出せ.

$$C = C_0 e^{-kt}$$

問 2 n 半減期後において次の関係が成り立つことを示せ.

$$C = C_0 \left(\frac{1}{2}\right)^n$$

解答

[1]

問 1 $8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = (8.314/4.184)(\text{cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}) = \underline{1.987 \text{ cal K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$

問 2 $1 \text{ kgf cm}^{-2} = (1 \text{ kg})(9.806 \text{ m s}^{-2})/(10^{-4} \text{ m}^2) = 9.806 \times 10^4 \text{ kg m s}^{-2}/\text{m}^2$
 $= 9.806 \times 10^4 \text{ N m}^{-2} = 9.806 \times 10^4 \text{ Pa}$

$1 \text{ kgf cm}^{-2} : 9.806 \times 10^4 \text{ Pa} = x : (995 \text{ mmHg}/760 \text{ mmHg}) \times 1013 \times 10^2 \text{ Pa}$

$x = \underline{1.352 \text{ kgf cm}^{-2}}$

問 3 クロロホルムのモル質量は 119.5 g mol^{-1}

$963 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = 963 \text{ J}/\{(1 \text{ K})(1000/119.5)\text{mol}\} =$

$(963 \times 119.5/1000) \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = \underline{115 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$

問 4 100 mL に 2.00 g 溶けている → 1 L には 20.0 g 溶けている → 20.0 g は何 mol か?

$(20.0 \text{ g})/(58.5 \text{ g mol}^{-1}) = 0.342 \text{ mol}$

モル濃度は $\underline{0.342 \text{ mol L}^{-1}}$

[2]

必要な NaCl の物質質量

$(2.50 \text{ mol L}^{-1})(0.500 \text{ L})(58.5 \text{ g mol}^{-1}) = 73.125 \text{ g} = \underline{73.1 \text{ g}}$

NaCl 水溶液の体積を x とする.

$(2.50 \text{ mol L}^{-1})(x) = (0.150 \text{ mol L}^{-1})(0.200 \text{ L})$

$x = (0.150 \text{ mol L}^{-1})(0.200 \text{ L})/(2.50 \text{ mol L}^{-1}) = 0.0120 \text{ L} = \underline{12.0 \text{ mL}}$

リン酸ナトリウム水溶液の体積を y とする.

$(0.300 \text{ mol L}^{-1})(y) = (0.0150 \text{ mol L}^{-1})(0.200 \text{ L})$

$y = (0.0150 \text{ mol L}^{-1})(0.200 \text{ L})/(0.300 \text{ mol L}^{-1}) = 0.0100 \text{ L} = \underline{10.0 \text{ mL}}$

[3]

問 1 b と c

問 2 70 kg のアンモニアの物質質量は $(70 \times 10^3 \text{ g})/(17.0 \text{ g mol}^{-1}) = 4118 \text{ mol}$

これを生産するために必要な窒素の物質質量は

$(1/2)(4118 \text{ mol}) = 2059 \text{ mol} = \underline{2.1 \times 10^3 \text{ mol}}$

この質量は $(2059 \text{ mol})(28.0 \text{ g mol}^{-1}) = 57652 \text{ g} = \underline{58 \text{ kg}}$

この体積は $(2059 \text{ mol})(22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3)(300 \text{ K}/273 \text{ K}) = 50.68 \text{ m}^3 = \underline{51 \text{ m}^3}$

[4]

25 mL のエタノールの物質質量は

$(25 \text{ cm}^3)(0.79 \text{ g cm}^{-3})/(46.0 \text{ g mol}^{-1}) = 0.429 \text{ mol}$

これを燃焼して得られる熱エネルギーは

$(0.429 \text{ mol})(1.4 \times 10^6 \text{ J mol}^{-1}) = 601 \text{ kJ} \text{ ----- (1)}$

氷 1.0 kg の物質質量は $(1000 \text{ g})/(18.0 \text{ g mol}^{-1}) = 55.56 \text{ mol}$

これを $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ から $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで温度上昇させるために必要な熱エネルギーは
 $(55.56\text{ mol})(38\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1})(10\text{ K}) = 21.1 \times 10^3\text{ J} = 21\text{ kJ}$ -----(2)

これを融解するために必要な熱エネルギーは
 $(55.56\text{ mol})(6.0\text{ kJ mol}^{-1}) = 333\text{ kJ}$ -----(3)

(1)から(2)と(3)を差し引いた残りは 247 kJ

この熱エネルギーで起こせる温度変化は

$(247 \times 10^3\text{ J}) / \{(55.56\text{ mol})(75\text{ J K}^{-1}\text{ mol}^{-1})\} = 59\text{ K}$

水温は $59\text{ }^{\circ}\text{C}$ になる.

[5]

問1 $2\text{C}_4\text{H}_{10} + 13\text{O}_2 \rightarrow 8\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O}$

問2 250 g のブタンの物質量は $(250\text{ g}) / (58.0\text{ g mol}^{-1}) = 4.310\text{ mol}$

ここから生じる水の質量は

(5) $(4.310\text{ mol})(18.0\text{ g mol}^{-1}) = 387.9\text{ g} = \underline{388\text{ g}}$

二酸化炭素の質量は

(4) $(4.310\text{ mol})(44.0\text{ g mol}^{-1}) = 758.56\text{ g} = \underline{759\text{ g}}$

二酸化炭素の体積は

(4) $(4.310\text{ mol})(22.4\text{ L mol}^{-1})(300\text{ K}/273\text{ K}) = 424.3\text{ L} = \underline{424\text{ L}}$

[6] 省略. 前期講義 13 回目に解説した.

101 点以上獲得 → 19 名 : 優 ← 100 点を越えた分の得点は後期試験に加算.

80 点 ~ 100 点 → 25 名 : 優

70 点 ~ 79 点 → 26 名 : 良

60 点 ~ 69 点 → 11 名 : 可

59 点以下 → 12 名 : 不可

最高点 119 点, 最低点 24 点.

1 年次での単位取得を希望する者は, 後期試験で高得点を獲得すること. 最終成績判定は前期試験得点 + 後期試験得点で行う. 前期も後期も成績不良者に対する救済処置は一切行わない.

前期試験点数の問い合わせ : 大学発行のメールアドレス (***)@st.kitasato-u.ac.jp) からの問い合わせに限り得点を回答する.

野島 高彦

nojima@kitasato-u.ac.jp