

## 2013 年度前期試験模擬問題

[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。0 °C = 273 K, 1 cal = 4.184 J, 1 atm = 1013 hPa, 重力加速度は 9.806 m s<sup>-2</sup>, 気体 1 mol が 0 °C, 1013 hPa において占める体積を 22.4 L とする。原子量は H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5 とする。断りのない限り大気圧は 1013 hPa とする。

[1] 単位換算せよ。(20 点)

問 1 0.0821 atm L K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>は何 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>か。

問 2 2.50 kgf cm<sup>-2</sup>は何 hPa か。

問 3 液体の水の比熱は 1.00 cal K<sup>-1</sup> g<sup>-1</sup>である。液体の水のモル比熱は何 J K<sup>-1</sup> mol<sup>-1</sup>か。

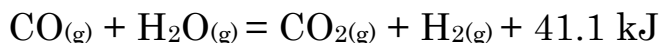
問 4 モル濃度が 0.100 mol L<sup>-1</sup>の NaCl 水溶液の質量/体積パーセント濃度は何%か。

[2] 水溶液の調製に関する以下の問いに答えよ。(20 点)

問 1 5.00 mol L<sup>-1</sup>の NaCl 水溶液を 250 mL 調製したい。このために必要な NaCl の質量は何 g か求め、調製方法を述べよ。

問 2 5.00 mol L<sup>-1</sup>の NaCl 水溶液と、0.250 mol L<sup>-1</sup>のリン酸ナトリウム水溶液を混合して、NaCl を 0.150 mol L<sup>-1</sup>, リン酸ナトリウムを 0.0125 mol L<sup>-1</sup>含む水溶液を 200 mL 調製したい。このために必要な 5.00 mol L<sup>-1</sup>の NaCl 水溶液と、0.250 mol L<sup>-1</sup>のリン酸ナトリウム水溶液の体積はそれぞれ何 mL か求め、調製方法を述べよ。

[3] 次の平衡反応に関して答えよ。(20 点)



問 1 この反応は水素ガスの製造に用いられている平衡反応である。この平衡を、H<sub>2</sub>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べ。

(a) H<sub>2</sub>O を加える, (b) CO<sub>(g)</sub>を加える, (c) CO<sub>2(g)</sub>を加える, (d) 触媒を加える, (e) 500 °C で行っている反応を 400 °C で行う, (f) 反応容器を小型化して圧力を高める。

問 2 この反応を用いて H<sub>2</sub>を 50 kg 生産する際に消費される CO<sub>(g)</sub>の, 物質

量, 質量, および 1013 hPa, 27 °C における体積を求めよ.

[4] エタノール  $C_2H_5OH$  の燃焼熱を用いて水を加熱する操作を考える.

450 mL の水の温度を 20 °C から 75 °C まで温度上昇させるために必要なエタノールは何 mL か. 水の密度は  $1.00 \text{ g cm}^{-3}$ , 水のモル比熱は  $75.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ , エタノールの密度は  $0.789 \text{ g cm}^{-3}$ , 1 mol のエタノールが完全燃焼する際に生じる熱は  $1.37 \times 10^3 \text{ kJ}$  とする. 燃焼熱はすべて温度上昇に用いられるものとする. (20 点)

[5] プロパン  $C_3H_8$  の完全燃焼に関する以下の問に答えよ. (20 点)

問 1 プロパンの完全燃焼をあらわす化学反応式を記せ.

問 2 200 g のプロパンを完全燃焼させるために必要な酸素の体積は 25 °C, 1013 hPa において何 L か.

問 3 200 g のプロパンを完全燃焼させたときに生じる二酸化炭素は, 25 °C, 1013 hPa において少なくとも何  $\text{m}^3$  の水に溶解するか. この条件では 100 mL の水に 0.145 g の二酸化炭素が溶解するものとせよ.

[6] 反応速度に関する以下の問に答えよ. (20 点)

問 1 オキシドールを用いて患部を殺菌する際, 過酸化水素の分解速度は以下の微分方程式であらわされる.

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

ここで時間  $t$  における過酸化水素の存在量を  $C$ , 速度定数を  $k$  としてある.  $t=0$  における過酸化水素の存在量を  $C_0$ , 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.

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

略解

[1]

問 1  $0.0821 \text{ atm L K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

$$= (0.0821)(1013 \times 10^2 \text{ Pa})(10^{-3} \text{ m}^3) / \{(1 \text{ K})(1 \text{ mol})\}$$

$$= 8.32 \text{ Pa m}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1} = \underline{8.32 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$$

問 2  $2.50 \text{ kgf cm}^{-2} = (2.50 \text{ kg})(9.806 \text{ m s}^{-2}) / (10^{-4} \text{ m}^2) = 245.2 \times 10^3 \text{ N m}^{-2}$

$$= 245.2 \times 10^3 \text{ Pa} = 2452 \text{ hPa} = \underline{2.45 \times 10^3 \text{ hPa}}$$

問 3  $1.00 \text{ cal K}^{-1} \text{ g}^{-1} = (1.00)(4.184 \text{ J}) / \{(1 \text{ K})(1/18.0) \text{ mol}\} = \underline{75.3 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}$

問4  $0.100 \text{ mol L}^{-1}$  は  $1000 \text{ mL}$  中に溶質が  $0.100 \text{ mol}$  溶解している状態。  
 $100 \text{ mL}$  中にだと  $0.0100 \text{ mol}$  溶解. この質量は  $(0.0100 \text{ mol})(58.5 \text{ g mol}^{-1}) = 0.585 \text{ g}$  なので  $0.585 \%$ .

[2]

問1  $(5.00 \text{ mol L}^{-1})(0.250 \text{ L})(58.5 \text{ g mol}^{-1}) = \underline{73.1 \text{ g}}$

$73.1 \text{ g}$  の  $\text{NaCl}$  を水に溶解して, 水溶液の体積を  $250 \text{ mL}$  にする.

問2  $\text{NaCl}$  について

$(0.150 \text{ mol L}^{-1})(0.200 \text{ L})/(5.00 \text{ mol L}^{-1}) = 6.00 \times 10^{-3} \text{ L} = \underline{6.00 \text{ mL}}$

リン酸ナトリウムについて

$(0.0125 \text{ mol L}^{-1})(0.200 \text{ L})/(0.250 \text{ mol L}^{-1}) = 10.0 \times 10^{-3} \text{ L} = \underline{10.0 \text{ mL}}$

$5.00 \text{ mol L}^{-1}$  の  $\text{NaCl}$   $6.00 \text{ mL}$  と  $0.250 \text{ mol L}^{-1}$  のリン酸ナトリウム  $10.0 \text{ mL}$  を水で希釈して, 水溶液の体積を  $200 \text{ mL}$  にする.

[3]

問1 (a)(b)(e)

問2  $50 \text{ kg}$  の  $\text{H}_2$  の物質量は  $(50 \times 10^3 \text{ g})/(2.0 \text{ g mol}^{-1}) = 2.5 \times 10^4 \text{ mol}$

係数の比較から, これと同じ物質量の  $\text{CO}$  が必要なので,  $2.5 \times 10^4 \text{ mol}$  必要.

この質量は

$(2.5 \times 10^4 \text{ mol})(28.0 \text{ g mol}^{-1}) = 7.0 \times 10^5 \text{ g} = \underline{7.0 \times 10^2 \text{ kg}}$

気体の体積は

$(22.4 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1})(2.5 \times 10^4 \text{ mol})(300 \text{ K}/273 \text{ K}) = \underline{6.2 \times 10^2 \text{ m}^3}$

[4]

$450 \text{ mL}$  の水の物質量は  $(450 \text{ cm}^3)(1.00 \text{ g cm}^{-3})/(18.0 \text{ g mol}^{-1}) = 25.0 \text{ mol}$

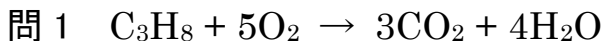
これを温度上昇させるために必要な熱エネルギーは

$(25.0 \text{ mol})(75.3 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(55 \text{ K}) = 103.5 \times 10^3 \text{ J}$

この熱エネルギーを得るために燃焼させなければならないエタノールの物質量は  $(103.5 \times 10^3 \text{ J})/(1.37 \times 10^3 \text{ kJ mol}^{-1}) = 75.6 \times 10^{-3} \text{ mol}$

この体積は  $(75.6 \times 10^{-3} \text{ mol})(46.0 \text{ g mol}^{-1})/(0.789 \text{ g mL}^{-1}) = \underline{4.4 \text{ mL}}$

[5]



問 2 200 g のプロパンの物質量は  $(200 \text{ g}) / (44.0 \text{ g mol}^{-1}) = 4.545 \text{ mol}$

必要な酸素の物質量は  $(5)(4.545 \text{ mol}) = 22.73 \text{ mol}$

これの体積はシャルルの法則より

$$(22.73 \text{ mol})(22.4 \text{ L mol}^{-1})(298 \text{ K}) / (273 \text{ K}) = \underline{556 \text{ L}}$$

問 3 生じる二酸化炭素の物質量は  $(3)(4.545 \text{ mol}) = 13.635 \text{ mol}$

これの質量は  $(13.635 \text{ mol})(44.0 \text{ g mol}^{-1}) = 600 \text{ g}$

$$100 \text{ mL} : 0.145 \text{ g} = x : 600 \text{ g}$$

$$x = (100 \text{ mL})(600 \text{ g}) / (0.145 \text{ g}) = 414 \times 10^3 \text{ mL} = \underline{414 \text{ L}}$$

[6] 省略. 講義ノート参照.

### 前期試験範囲

- 指定教科書: 第 1 章から第 11 章.
- 教科書には書かれていないが講義で解説した内容.
- 講義時間内に行った問題演習

### 注意事項

- 最終的な成績評価に関しては, 第 1 回目の講義(4 月 10 日)に配布された資料に記載されている.
- 病欠や忌引など止むを得ない事情により試験を受験できなかった者に対する追試験を行うかどうかは, 試験終了後に発表する. 追試験を行う場合の受験資格は大学の規則に従う.
- 前期試験においても後期試験においても, **成績不良者に対する再試験は行わない.**
- 前期試験範囲は後期試験範囲にも含まれるので, 問題用紙は持ち帰り, 解けなかった問題を解ける状態にしておくこと.
- 電卓使用可. 携帯電話の計算機能は使用できない. 電卓の貸し出しは行わない.
- 過去の試験問題はダウンロードできる → <http://bit.ly/19RtRSM>

以上