

## 2010年度化学前期試験模擬問題

原子量は H: 1.0, C:12.0, N:14.0, O: 16.0 とし,  $0\text{ }^{\circ}\text{C}=273\text{ K}$ ,  
 $1\text{ atm}=1013\text{ hPa}$ ,  $1\text{ cal}=4.18\text{ J}$ , 気体定数は  $8.31\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ , もしくは  
 $0.0821\text{ L atm mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$ , 液体の水の密度は  $1.00\text{ g mL}^{-1}$ , 液体の水の比熱は  
 $1.00\text{ cal g}^{-1}\text{ K}^{-1}$ ,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の蒸発熱は  $539\text{ cal g}^{-1}$  とする. また, 気体  
は種類によらず  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $1013\text{ hPa}$  において  $22.4\text{ L}$  の体積をもつものとする.  
大気圧は断りの無い限り  $1013\text{ hPa}$  とする. 有効数字 3 桁で解答せよ.

[1] カセット式コンロは屋外で調理する際に便利な道具である. ブタン  $\text{C}_4\text{H}_{10}$   
を燃料として用いるカセット式コンロでお湯を沸かす場合について考えて  
みよう. やかんに水を  $2.50\text{ L}$  入れ, これでお茶を沸かすことにした. 加熱  
を始めた際の水の温度は  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  であった.

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 うっかりしていて, お湯を沸かしていることを忘れていた. やかんの  
中の水が完全に蒸発しきった段階で気がついて火を止めた.  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  の水  
 $2.50\text{ L}$  を加熱によって完全に蒸発させるまでに用いられた熱エネルギー  
を求めよ. 単位には  $\text{kJ}$  を用いよ.

問 3 ブタン  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  の  $1\text{ mol}$  を完全燃焼させた際に生じる燃焼熱は  $2859\text{ kJ}$   
である.  $2.50\text{ L}$  の水を  $27\text{ }^{\circ}\text{C}$  から加熱し,  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  で蒸発させるまでに消  
費されたブタンの物質質量と質量を求めよ.

問 4 問 3 で求めた量のブタンが消費された際に生成される二酸化炭素  $\text{CO}_2$   
の物質質量, 質量, および  $1013\text{ hPa}$ ,  $30\text{ }^{\circ}\text{C}$  において占める体積を求めよ.  
質量の単位には  $\text{kg}$  を, 体積の単位には  $\text{m}^3$  を用いよ.

[2] 窒素を含む化合物は肥料, 薬品, 材料など広い範囲で用いられている. こ  
れらの化合物を得るためには, 空気中の窒素ガスを原料にアンモニアを合  
成する段階が必要である. アンモニアの合成に関する以下の問いに答えよ.

問 1 水素  $\text{H}_2$  と窒素  $\text{N}_2$  を原料にアンモニア  $\text{NH}_3$  を合成する際の化学反応式  
を記せ.

問 2 上記反応は平衡反応である. 平衡をアンモニア生成側に移動させるた  
めに考えられる手段を 2 つ挙げよ.

問 3 上記反応を用いて  $34.0\text{ kg}$  のアンモニアを合成した際, 消費された窒  
素の物質質量, 質量, および  $1013\text{ hPa}$ ,  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  における体積を求めよ. 質  
量の単位には  $\text{kg}$  を, 体積の単位には  $\text{m}^3$  を用いよ.

[3] 以下の語句に関して簡潔に説明せよ

- (1) 同位体
- (2) 理想気体の状態方程式

[4] コバルト-60 は医療診断に用いられている放射性核種であり，その半減期は 5 年である．あなたが生まれた日にコバルト-60 が 1.00 kg あったとすると，あなたの 80 歳の誕生日には，このコバルト-60 が何 mg 残っているか計算せよ．

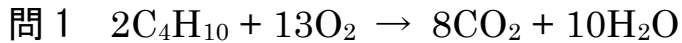
### ●ポイントと注意事項

- 試験範囲は教科書第 1 章から第 9 章までとする．
- 必要な定数は問題用紙に記載するので，暗記してくる必要はない．
- 化学反応に伴う数量関係を，モルを基準に把握できる状態にしておくこと．
- 重要語句を簡潔に説明できるように準備しておくこと．
- 数値および単位の取り扱いに注意すること（そのために講義時間内に数値の取り扱いを説明し，単位変換のプリントを配布した）．
- 問題用紙は提出せずに持ち帰り，解けなかった問題は後期までに解けるようにしておくこと．後期試験出題範囲に今回の試験範囲も含まれる．
- よくあるミス为例
  - 25 °C における体積を求める問題で，0 °C における体積を求めている．
  - 異なる単位系の定数を使って計算している．
  - 桁を間違えて計算している(特にカロリー計算の合算時に悲惨なことになる)．
  - 体積を求める問題なのに質量を求めている．
  - 化学反応式を間違えたために，計算問題が全滅している．
- 化学講義の成績評価は通年で行う．今回の試験結果だけで化学講義の通年評価が不合格となることは無い．調子が出なかった者は後期に努力すればよい．調子が良かった者も後期に油断しないほうがよい．
- 配布物は以下の URL からダウンロードできる．

<http://www.takahiko.info/>

略解

[1]



問 2 以下の 2 段階に分けて考える.

(i) 27 °C (300 K)の水 2.50 L を 100 °C (373 K)まで加熱する段階.

2.50 L の水の質量は 2.50 kg=2500 g, 温度変化は 373 K-300 K=73 K  
熱エネルギーは

$$\begin{aligned} & (2500 \text{ g})(1.0 \text{ cal g}^{-1} \text{ K}^{-1})(73 \text{ K}) \\ & = 182.5 \times 10^3 \text{ cal} = 762.85 \times 10^3 \text{ J} \\ & = 762.85 \text{ kJ} \end{aligned}$$

(ii) 100 °Cにおいて 2.5 L の水を蒸発させる段階.

$$\begin{aligned} & (2500 \text{ g})(539 \text{ cal g}^{-1}) \\ & = 1347.5 \times 10^3 \text{ cal} = 5632.55 \times 10^3 \text{ J} = 5632.55 \text{ kJ} \end{aligned}$$

(i)と(ii)をあわせて

$$762.85 \text{ kJ} + 5632.55 \text{ kJ} = 6395.4 \text{ kJ} = \underline{6.40 \times 10^3 \text{ kJ}}$$

問 3 ブタンが 1 mol 燃焼する際に生じる熱エネルギーが 2859 kJ なので,  
上記熱量をまかなうために必要なブタンの物質量は,

$$(6395.4 \text{ kJ}) / (2859 \text{ kJ mol}^{-1}) = 2.236 \text{ mol} = \underline{2.24 \text{ mol}}$$

この質量は,  $\text{C}_4\text{H}_{10} = 58.0$  より,

$$(2.236 \text{ mol})(58.0 \text{ g mol}^{-1}) = 129.7 \text{ g} = \underline{130 \text{ g}}$$

問 4 化学反応式より, ブタンの物質量の 4 倍量の二酸化炭素が発生する.

$$(4)(2.236 \text{ mol}) = 8.944 \text{ mol} = \underline{8.94 \text{ mol}}$$

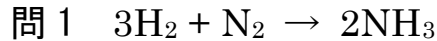
この質量は,  $\text{CO}_2 = 44.0$  より

$$(8.944 \text{ mol})(44.0 \text{ g mol}^{-1}) = \underline{394 \text{ g}}$$

30 °C (303 K)における体積は理想気体の状態方程式を用いて,

$$\begin{aligned} & (8.944 \text{ mol})(8.31 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(303 \text{ K}) / (101.3 \times 10^3 \text{ Pa}) \\ & = 0.2223 \text{ m}^3 = \underline{0.222 \text{ m}^3} \end{aligned}$$

[2]



問 2 「加圧する」, 「アンモニアを取り除く」. この反応がアンモニア生成時に発熱する反応であることを知っていれば, 「冷却する」でも OK.

問 3 34.0 kg のアンモニアは,  $\text{NH}_3=17.0$  より

$$(34.0 \times 10^3 \text{ g}) / (17.0 \text{ g mol}^{-1}) = 2000 \text{ mol}$$

化学反応式より, 1 mol のアンモニアをつくるために 0.5 mol の窒素が必要なので, その物質量は,

$$(0.5)(2000 \text{ mol}) = 1000 \text{ mol} = \underline{1.0 \times 10^3 \text{ mol}}$$

この質量は,  $\text{N}_2=28.0$  より,

$$(28.0 \text{ g mol}^{-1})(1000 \text{ mol}) = 28.0 \times 10^3 \text{ g} = \underline{28.0 \text{ kg}}$$

理想気体の状態方程式から

$$(1000 \text{ mol})(8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})(298 \text{ K}) / (101.3 \times 10^3 \text{ Pa}) \\ = 24.46 \text{ m}^3 = \underline{24.5 \text{ m}^3}$$

[3] 省略

[4] 80 年は 16 半減期に相当する.

この間にコバルト-60 は初期存在量の  $1/2^{16}$  になる.

$$2^{16} = 65536 \text{ なので, } (1 \times 10^3 \times 10^3 \text{ mg}) / 65536 = \underline{15.2 \text{ mg}}$$

配布 : 2010-07-07

改訂版公開 : 2010-07-09