

理科問題紙

平成 27 年 2 月 25 日

自 14:00

至 16:00

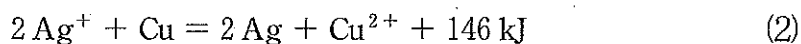
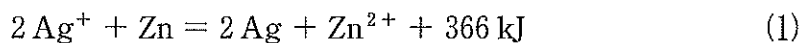
答案作成上の注意

1. 理科の問題紙は 1 から 19 までの 19 ページである。
2. 解答用紙は、生物 ⑦, ⑧, 化学 ⑨, ⑩, ⑪, 物理 ⑫, ⑬, ⑭ の 8 枚である。
3. 生物, 化学, 物理のうち 2 科目を選択すること。
4. 解答はすべて解答用紙の指定された箇所に書くこと。
5. 試験開始後 30 分以内に選択する科目を決定すること。
6. 問題紙と草案紙は持ち帰ること。

化 学

1 以下の文章を読み、問1～8に答えよ。ただし、ファラデー定数は $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ 、 $\text{Cu} = 63.6$ 、 $\text{Zn} = 65.4$ とする。

硝酸銀(I)水溶液に亜鉛板を浸すと、 Ag^+ が A されて銀樹が生成する。また、硝酸銀(I)水溶液に銅板を浸しても銀樹が生成する。これらは発熱反応であり、その熱化学方程式は、それぞれ式(1)、(2)で表される。



硫酸銅(II)水溶液に亜鉛板を浸すと、 Cu^{2+} は A されて銅樹が生成し、亜鉛は B されて Zn^{2+} となって溶出する。この反応の熱化学方程式は式(3)で表される。

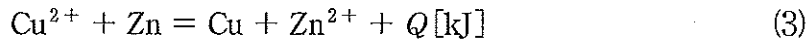


図1に示すダニエル電池は、このエネルギーを C エネルギーとして取り出すことができる。この電池は銅板が D 極で亜鉛板が E 極となり、その起電力は 1.10 V である。

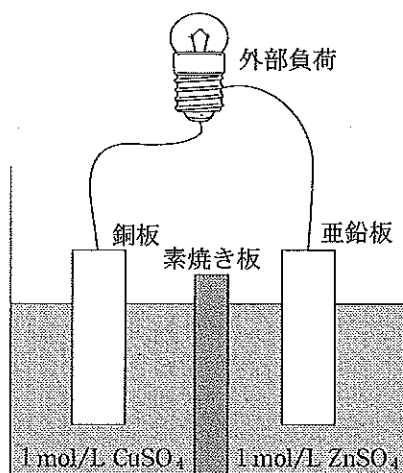


図1 ダニエル電池

この電池の電極に外部負荷をつないで、2.00 A の電流を 1.00 時間流して放電した。この時の電極間の電圧は 1.10 V で一定であった。¹⁾これにより 銅板上に²⁾は銅が析出し、亜鉛板から亜鉛が溶出した。

この外部負荷で消費されたエネルギー [J] は、電気量 [C] × 電圧 [V] で求められる。

問 1 A～E にあてはまる最も適当な語を記せ。

問 2 式(3)の反応熱 Q [kJ] を有効数字 3 桁で求めよ。

問 3 ダニエル電池を放電した時の銅および亜鉛板上の反応式をそれぞれ記せ。

問 4 下線 1) により外部負荷に流れた電気量 [C] を有効数字 3 桁で求めよ。

問 5 外部負荷によって消費されたエネルギー [kJ] を有効数字 3 桁で求めよ。

問 6 下線 2) により電極で析出した銅、および溶出した亜鉛の物質質量と質量をそれぞれ有効数字 3 桁で求めよ。

問 7 この電池の電極反応により放出された化学エネルギーは何 kJ か。有効数字 3 桁で求めよ。

問 8 問 5, 7 の値から、化学エネルギーの何%が外部に取り出されたことになるか。有効数字 2 桁で求めよ。

2 温度 400 K に保った体積 83 L の密閉容器にエタン x mol と酸素 y mol を入れ、燃焼させた。エタンは完全に燃焼し、二酸化炭素 z mol と水蒸気 0.60 mol が生成するとともに、酸素が 0.10 mol 残った。この混合気体にさらに次の 2 つの操作のいずれかを行った。

操作 1 温度を 400 K に保ちながら、体積を 5 L まで圧縮したところ、体積 V_c で水蒸気の一部が凝縮し始めた。

操作 2 体積を 83 L に保ちながら、温度を 300 K まで下げたところ、水蒸気の一部が凝縮した。

以下の問 1 ~ 6 に答えよ。ただし、水蒸気以外の気体の凝縮は起こらないものとする。また、問 1 ~ 5 までは、二酸化炭素の水への溶解を考えなくてよい。必要ならば以下の値を用いよ。

気体定数 $8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

温度 400 K における水の飽和蒸気圧 $2.5 \times 10^5 \text{ Pa}$

温度 300 K における水の飽和蒸気圧 $4.0 \times 10^3 \text{ Pa}$

温度 300 K における液体の水の密度 1.0 g/mL

水の分子量 18

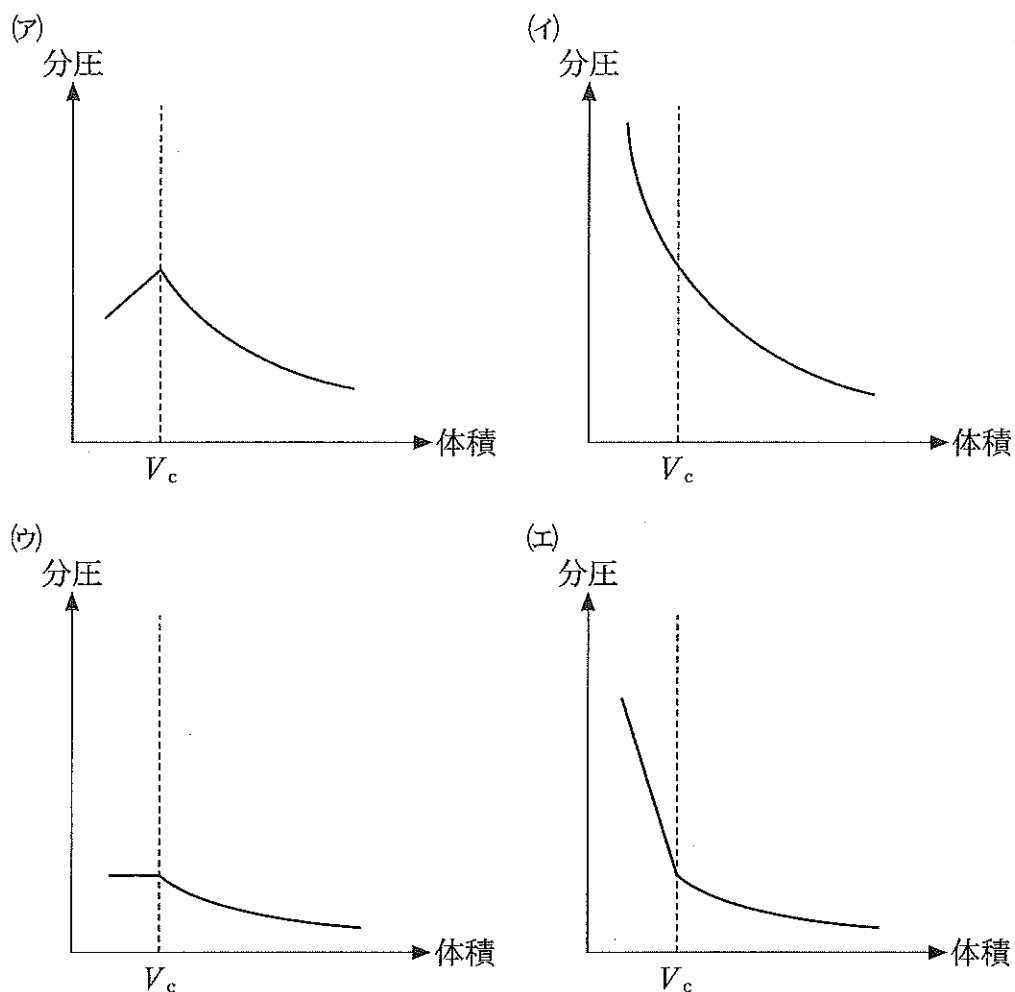
$10^{-4.6} = 2.5 \times 10^{-5}$

問 1 x , y , z に当てはまる数値を有効数字 2 桁で求めよ。

問 2 完全燃焼後、温度 400 K、体積 83 L における混合気体の全圧を有効数字 2 桁で求めよ。

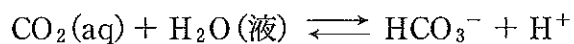
問 3 操作 1 で水蒸気が凝縮を始める体積 V_c を L 単位で求め、有効数字 2 桁で答えよ。

問 4 操作 1 で体積を 83 L から 5 L まで圧縮したとき、二酸化炭素及び水蒸気分圧の変化を示したものとして、最も適切なものを、次の図(ア)~(エ)の中から 1 つずつ選び、記号で答えよ。ただし、同じ選択肢を 2 回選んでもよい。



問 5 操作 2 で凝縮した水の質量を有効数字 2 桁で求めよ。

問 6 実際に操作 2 では、凝縮した水に二酸化炭素の一部が溶解し、pH 4.6 を示した。溶解している二酸化炭素の総量を mol 単位で求め、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、溶解した二酸化炭素 $\text{CO}_2(\text{aq})$ は、以下の電離反応



のみを起し、300 K における電離定数 K_a は、

$$K_a = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2(\text{aq})]} = 4.5 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$$

とする。

3

糖類に関する次の文章を読み、問1～8に答えなさい。

グルコースのように、それ以上加水分解されない糖類を^①単糖類という。単糖類は分子中に多くの-OHを含むため、水によく溶ける。また水溶液は例外なく^②還元性を示す。単糖類には^③アルドースとケトースがある。単糖類には炭素数6の六炭糖と炭素数5の^④五炭糖がある。ラクトースのように、加水分解によって単糖類2分子を生じる^⑤糖類を二糖類という。^⑥デンプンのように加水分解によって多数の単糖類を生じる^⑦糖類を多糖類という。多糖類には^⑧グリコーゲンやセルロースがある。単糖類と二糖類と多糖類を合わせて糖類といい、また炭水化物または糖質ともよばれる。

問1 下線部①の単糖類の一般式を答えなさい。さらに炭素数が最も少ない単糖類の分子式を答えなさい。

問2 下線部②の還元性の検出法を2種答えなさい。さらにそれぞれの検出法で金属イオンの変化を答えなさい。

問3 下線部③のアルドースとケトースの還元性を示す基をそれぞれ構造式で答えなさい。さらにそれぞれの還元性を示す基が-OHと反応して環状構造を作る時に出来るヘミアセタール構造を構造式により答えなさい。

問4 下線部④五炭糖について、核酸にはDNAとRNAがある。DNAとRNAに含まれる糖の名称をそれぞれ答えなさい。さらにDNAとRNAに含まれる糖の相違を答えなさい。

問5 下線部⑤二糖類の糖と糖、および糖と有機物の結合(C-O-C)はエーテル結合であるが特別の名称で呼ばれている、その特別な名称を答えなさい。

問 6 下線部⑥デンプンはヒトのだ液に含まれる消化酵素によりマルトースに変えられ、さらに腸液に含まれる消化酵素によりグルコースに加水分解される。ヒトのだ液に含まれる消化酵素名と腸液に含まれる消化酵素名をそれぞれ答えなさい。

問 7 デンプン粒にはアミロースとアミロペクチンがある。ヒトを含む動物体内には下線部⑦グリコーゲンがある。グリコーゲンの構造(糖と糖の結合様式)は、アミロースとアミロペクチンいずれの多糖に類似しているか答えなさい。さらにグリコーゲンの構造の特徴(アミロースとアミロペクチンの構造の相違)を答えなさい。

問 8 デンプンはヒトの体内でエネルギー源になるが、下線部⑧セルロースはヒトの体内でエネルギー源にはならない、その理由を答えなさい。