

平成 19 年度入学者選抜個別(第 2 次)学力検査問題

理 科

注 意 事 項

1. 監督者の指示があるまで、この冊子を開いてはいけません。
2. 解答用紙は、問題冊子と別に印刷されているから、誤らないように注意しなさい。
3. 解答は、必ず解答用紙の指定された欄内に記入しなさい。点線より右側には何も記入しないこと。
4. 入学志願票に選択を記載した 2 科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答しても無効です。
5. 各解答用紙には、受験番号欄が 2 カ所ずつあります。それぞれ記入を忘れないこと。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、机上に置き、持ち帰ってはいけません。この冊子は持ち帰りなさい。
7. この冊子は、全部で 25 ページあり、第 1～3 ページは下書用紙です。下書用紙は切り離してはいけません。
8. 落丁または印刷の不鮮明な箇所があれば申し出なさい。

下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)

下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)

下 書 用 紙 (切り取ってはいけない)

化 学

必要のある場合には次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.0 C = 12 N = 14 O = 16 Na = 23 S = 32
Cl = 35.5 K = 39 Ca = 40 Cu = 63.5 Ag = 108
Pb = 207

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \frac{\text{Pa} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

対数： $\log_{10} 2 = 0.30$ $\log_{10} 3 = 0.48$ $\log_{10} 7 = 0.85$

数値を計算して答える場合は、結果のみではなく途中の計算式も書き、計算式には必ず簡単な説明文または式と式をつなぐ文をつけよ。

1 尿素はその名のとおり、尿の中から発見された。動物はタンパク質をはじめとする窒素化合物をたくさんとり入れて利用し、不要になったものは分解して排出する。窒素化合物の分解された最も単純な物質であるアンモニアは生体にとって有毒であるため、ヒトでは主に尿素に変えられ尿中に排泄される。成人では一日に約 30 g の尿素を排出している。

尿素は生体内の生理作用によって生成するものであり、実験室で人工的に合成できないものとされていた。1828 年にドイツ人の化学者ウェラーが尿素を無機化合物から実験室で合成できることを見いだした。その発見によって、生命が作り出す物質群とされていた有機化合物は炭素原子を骨格として組み立てられている化合物と定義されるようになった。

【実験】 尿素の合成

操作① シアン酸カリウム KOCN を 4.0 g と硫酸アンモニウム 3.3 g を蒸発皿にとり、蒸留水 50 ml を加えて溶解させた。

操作② 操作①の溶液の一部を試験管にとり、1% AgNO₃ 水溶液数滴を加えると白色沈殿 A が生じた。

操作③ 操作①の溶液の一部を試験管にとり、2 mol/l NaOH 水溶液 1 滴と 5% CuSO₄ 水溶液 1 滴を加えた。

操作④ 操作①の溶液を水浴上で加熱した。注意深くかくはんしながら加熱を続け、液がほとんどなくなるまで濃縮した。析出した固体 B を三角フラスコに移して、無水エタノール 100 ml を加えてかくはんしたのち、ろ過した。ろ紙上に白色の結晶 C が得られた。

操作⑤ 操作④のろ液を濃縮すると白色の結晶 D が得られた。

操作⑥ 結晶 D を燃焼して発生した気体成分を調べたところ、窒素と二酸化炭素の体積は同温・同圧で同じであった。

以下の問に答えよ。

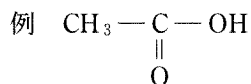
問 1 文中の下線で示された A から D に含まれる物質名を書け。

問 2 操作③で得られた溶液の色および生じた物質名を書け。

問 3 結晶 C と結晶 D が分離できる理由を、化学構造の違いから説明せよ。

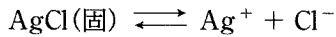
問 4 結晶 D の燃焼の反応式を書け。

問 5 尿素をホルムアルデヒドと反応させて生じる化合物 C₂H₆N₂O₂ の構造式を例にならって書け。またこの反応は一般に何と呼ばれるか。



問 6 問 5 で得られた化合物と尿素を反応させ、水 1 分子がとれて生じる化合物の構造式を問 5 の例にならって書け。また、一般にこの反応は何と呼ばれるか。

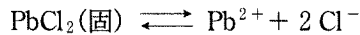
2 塩化銀は水に溶けにくいですが、わずかに溶けて次のような溶解平衡になっている。



室温において飽和水溶液では、水溶液中の $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ の間には

$$[\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = K_{\text{AgCl}} = 1.69 \times 10^{-10} (\text{mol/l})^2$$

という平衡の式が成り立つ。この平衡定数 K は溶解度積と呼ばれる。同じように、塩化鉛の場合は、



$$[\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = K_{\text{PbCl}_2}$$

である。

以下の問に答えよ。

問7 0.10 g の AgCl を少量の水に溶かそうとしたが、溶けきれず白色沈殿が残った。この溶液中の $[\text{Ag}^+]$ と $[\text{Cl}^-]$ を mol/l 単位で求めよ。数値は有効数字 2 桁で答えよ。

問8 AgCl 飽和水溶液 1.0 l 中に、AgCl は何 g 溶けているか。有効数字 2 桁で答えよ。

問9 0.0100 mol/l 塩酸水溶液 1.00 l に AgCl は最大何 g 溶けるか。有効数字 3 桁で答えよ。

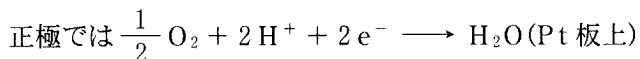
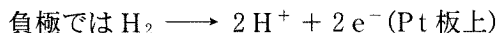
問10 室温では塩化鉛は水 1.0 l に 4.5 g 溶けるものとして、塩化鉛の溶解度積を有効数字 2 桁で求めよ。

問11 1.0 l 中に 0.010 mol の Ag^+ と 0.010 mol の Pb^{2+} を含んだ混合水溶液がある。ただし、この混合水溶液には Cl^- は含まれていないものとする。この混合水溶液に 0.10 mol/l の塩酸を少量ずつ加えたときに、最初に生じる沈殿は何か。その理由を説明せよ。

問12 問11の混合水溶液 1.0 l 中の Ag^+ と Pb^{2+} を分離するためには、溶液中の Cl^- が最大何 mol/l になるまで塩酸を加えてもよいか。有効数字 2 桁で答えよ。

3

燃料電池の発電の原理はダニエル電池と本質的には変わらないが、反応物質(燃料)が外部から供給されて、反応生成物が外部に排出されるという点で異なる。負極に水素、正極に酸素を用いた燃料電池の模式図を図1に示す。



の電極反応が起こり、水が生成される。

負極側の燃料として水素の代わりにメタノール、エタノールを用いるものも開発されている。例えば、メタノールの場合、負極にメタノール水溶液を供給し、Pt-Ru 触媒上で直接メタノールを酸化して H^+ を発生させ、正極には酸素を供給する。さらに、無機触媒の代わりに生体触媒(酵素)を用いた燃料電池も開発途上にあり、生物電池(バイオ電池)と呼ばれる。生物電池の負極の燃料としてグルコースが用いられることが多い。

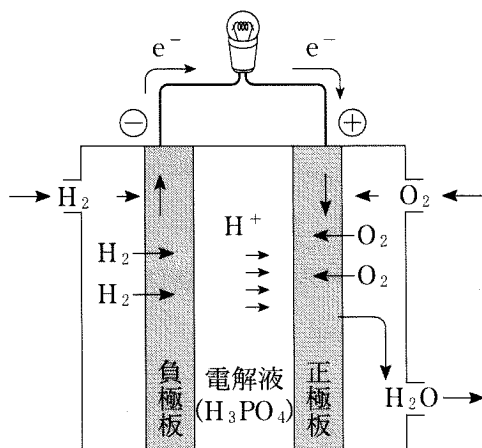


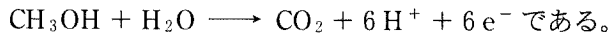
図1 燃料電池の模式図

以下の問に答えよ。

問13 ダニエル電池の電池式は $(-)\text{Zn}|\text{ZnSO}_4\text{aq}|\text{CuSO}_4\text{aq}|\text{Cu}(+)$ と表わされる。これにならって、図1の燃料電池の電池式を書け。

問14 図1の正極で1.00 kgの水を得たとすると、負極で消費された水素は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、 27°C で何lになるか。有効数字3桁で答えよ。

問15 燃料としてメタノール水溶液を用いた場合、負極側の反応は



メタノールの代わりにエタノールおよびグルコースを用いた場合の負極の電極反応を書け。ただし、炭素は完全に酸化されるものとする。

問16 CH_3OH , CO_2 , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ の炭素原子アからエの酸化数をそれぞれ求めよ。

問17 ダニエル電池の電池反応は $\text{Zn} + \text{CuSO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{Cu}$ で表される。

負極側の燃料にグルコース、正極側に酸素を用いた燃料電池の電池反応を示せ。

問18 負極にメタノール、エタノール、グルコースをそれぞれ用いた燃料電池から $9.65 \times 10^4 \text{ C}$ の電気量を取り出した。電池反応から 100 % の効率で電気がとり出せたものと仮定して、消費量(g)が最も少なくすむのはどの燃料か。また、その選んだ燃料の消費量(g)を有効数字2桁で求めよ。

問19 生体内でグルコースは呼吸により二酸化炭素と水に酸化されるが、アルコール発酵ではエタノールと二酸化炭素になる。

アルコール発酵で 1 mol のグルコースからエタノールと二酸化炭素ができるときの反応式を書け。また、この反応式の反応熱を求めよ。ただし、グルコース、エタノールの燃焼熱は 25°C , $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ でそれぞれ 2816 kJ/mol , 1368 kJ/mol である。