

理 科

科目：化学基礎・化学

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は表紙を含めて6枚、解答用紙は4枚、下書用紙は1枚です。
試験開始の合図があってから確かめなさい。
3. 解答用紙に受験番号を記入しなさい。ただし、氏名を書いてはいけません。
4. 文字などの印刷に不鮮明なところがあった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
5. 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。ただし、「総得点欄」「採点欄」「得点欄」に記入してはいけません。また、裏面を使用してはいけません。
6. 問題冊子の余白は、下書きとして利用してかまいません。
7. 配付された問題冊子、下書用紙は持ち帰りなさい。
8. 計算問題は、別の指示が無い限り有効数字2桁で解答しなさい。
必要であれば、以下の値を用いなさい。
原子量は H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Si = 28.0, Ca = 40.0 とする。

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題1 以下の(1)～(3)の問いに答えなさい。

- (1) 次の(a)～(d)の文章中の空欄(ア)～(ク)に入る最適な数値、語句もしくは化学式を答えなさい。
- (a) 中性子を12個有する原子番号11のナトリウム原子の陽子の数は(ア)個であり、質量数は(イ)である。
- (b) 1個の水分子において、酸素原子は水素原子と(ウ)組の共有電子対をもち、さらに(エ)組の非共有電子対をもつ。
- (c) 塩化水素は(オ)性分子であるため水に溶けやすいが、水素分子は(カ)性分子であるため水にほぼ溶けない。
- (d) 硫酸1 molを完全に中和するには、水酸化ナトリウムが(キ) mol必要であり、このとき生成する塩は化学式で表すと(ク)である。
- (2) 水の入ったビーカーに体積 2.75 cm^3 のドライアイス(密度 1.60 g/cm^3)を入れると、白煙と発泡が生じ、ドライアイスはすべて消失した。次の(a)～(c)の問いに答えなさい。
- (a) ドライアイスが示した状態変化の名称と生成した白煙の物質の名称を答えなさい。
- (b) 投入したドライアイスがすべて気体となったとすると、その気体の $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ における体積(L)を有効数字3桁で答えなさい。
- (c) ドライアイス消失後にビーカーの水のpHを測定したところpH 5.0であった。この水の水酸化物イオン濃度 $[\text{OH}^-]$ (mol/L)を答えなさい。ただし、水の温度を $25 \text{ }^\circ\text{C}$ とする。
- (3) 有機化合物X(C, H, Oのみを含む)0.100 gを元素分析装置で完全燃焼させたところ、 CO_2 吸収管の質量は0.227 g増加し、 H_2O 吸収管の質量は0.093 g増加した。また、有機化合物Xにヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると特有の臭気をもつ黄色沈殿が生じた。なお、有機化合物Xの分子量は58であった。次の(a)～(c)の問いに答えなさい。
- (a) 下線部の反応の名称を答えなさい。
- (b) 有機化合物Xの組成式を答えなさい。
- (c) 有機化合物Xの構造式、化合物名と官能基の名称を答えなさい。なお、構造式は簡略化せず示しなさい。

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題2 次の文章を読み、以下の(1)～(4)の問いに答えなさい。

反応物の間で電子の授受が行われる反応を(ア)という。(ア)では、反応の前後で物質中の原子の(イ)の数が変化する。(ウ)される原子は電子を放出し、(エ)剤としてはたらく。逆に(オ)される原子は電子を受け取り、(カ)剤としてはたらく。

(エ)と(カ)を別々の場所で行わせ、回路を作ることによって導線を通して授受される電子を移動させ、化学エネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置を電池という。回路を流れる電流が大きくなると、回路の抵抗により電池の起電力は小さくなる。

ある金属Mの板を電極とし、その金属イオン M^{n+} の水溶液に浸したものを、ここでは半電池と呼ぶこととする(図1)。標準電極電位の異なる2種類の金属の半電池を組み合わせることで、電池を作ることができる。ある金属Mの半電池は、組み合わせる金属の標準電極電位によって、正極になる場合も負極になる場合もある。

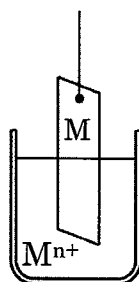
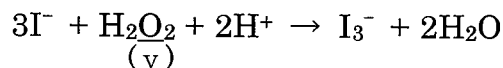
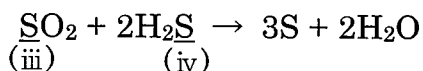
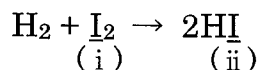


図1 金属Mの半電池

- (1) (ア)～(カ)に入る適切な語を解答用紙の選択肢から選び丸をつけなさい。
- (2) 次の化学反応式あるいはイオン反応式中の下線(i)～(v)の原子の酸化数を答えなさい。



- (3) 亜鉛 Zn 板を ZnSO_4 水溶液に浸した半電池とアルミニウム Al 板を硫酸アルミニウム $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 水溶液に浸した半電池を組み合わせ、電池を作り電流を流した。この時、亜鉛 Zn 電極での化学反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示しなさい。

問題用紙

(化学基礎・化学)

(4) 亜鉛 Zn 板を $ZnSO_4$ 水溶液に浸した半電池と銅 Cu 板を硫酸銅 (II) $CuSO_4$ 水溶液に浸した半電池を組み合わせ、図 2 に模式図で示した①, ②, ③の装置を作った。

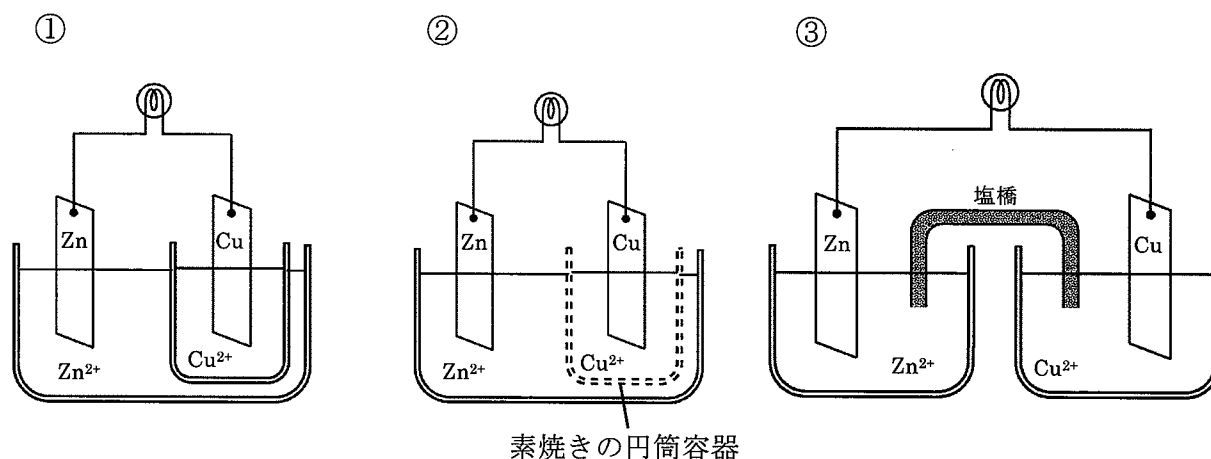


図 2 半電池を組み合わせた装置の模式図
塩橋は U 字型のガラス管内で塩化カリウム等の水溶液を寒天で固めたもの

- ① 大きなガラスビーカーの中に小さなガラスビーカーを置き、大きなビーカーに亜鉛 Zn の半電池、小さなビーカーに銅 Cu の半電池を作成し、両金属板を導線で接続した。
- ② 大きなガラスビーカーの中に素焼きの円筒容器を置き、大きなビーカーに亜鉛 Zn の半電池、素焼きの円筒容器に銅 Cu の半電池を作成し、両金属板を導線で接続した。
- ③ 2 つのガラスビーカーにそれぞれ亜鉛 Zn の半電池と銅 Cu の半電池を作成し、2 つのビーカーを塩橋でつなぎ、両金属板を導線で接続した。

以下の (a) ~ (c) の問いに答えなさい。

- (a) 亜鉛 Zn と銅 Cu の半電池を組み合わせで作った電池の構成を電池式で書きなさい。
- (b) ①, ②, ③の装置のうち、1 つは電流が流れなかった。電流が流れないものを、解答用紙の①, ②, ③から選び、丸をつけなさい。また、その理由を 30 字以内で説明しなさい。
- (c) 電流が流れる 2 つの装置を比べて、起電力の測定に適しているのはどちらかを選び、解答用紙の①, ②, ③の 1 つに丸をつけなさい。また、その理由を 30 字以内で説明しなさい。

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題3 次の文章を読み、以下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

ケイ素 Si は、地球の地殻を構成する主要な元素であり、酸素 O に次いで 2 番目に多く存在する。近年、デジタル化の進展と世界的需要の増加により、このケイ素を基盤とする材料の戦略的な重要性が改めて注目されている。

単体のケイ素は、炭素の同素体である (i) ダイヤモンドと同様の結晶構造をもつ共有結合の結晶であり、半導体として利用されている。このケイ素は、まず石英やけい砂をコークスとともに電気炉で高温に加熱・反応させることで、純度の低いケイ素として得られる。その後、高純度に精製され、半導体や太陽電池に不可欠な材料となる。

一方、自然界ではケイ素は、石英やけい砂などの二酸化ケイ素や、長石や雲母などのケイ酸塩として存在する。SiO₂ の代表的な利用例の一つにケイ酸塩ガラスがある。その中でも (ii) ソーダ石灰ガラスは、透明性や耐久性に優れるため、窓ガラスや食器として広く用いられている。これは、SiO₂ に炭酸ナトリウム Na₂CO₃ や炭酸カルシウム CaCO₃ などを混合・加熱することで製造される。

また、SiO₂ と Na₂CO₃ を高温で反応させてケイ酸ナトリウム Na₂SiO₃ が得られる。この水溶液は水ガラスとして知られ、シリカゲルなどの原料として用いられる。シリカゲルは SiO₂ の非晶質の構造的な特徴を活かし、乾燥剤として用いられている。

- (1) 下線 (i) に関して、単体のケイ素の単位格子に含まれるケイ素原子の数を答えなさい。
- (2) 石英 SiO₂ をコークス C とともに加熱・反応させてケイ素 Si を得る際の化学反応式を示しなさい。
- (3) 下線 (ii) のソーダ石灰ガラスは、酸化物表示で SiO₂, Na₂O, および CaO の混合物とみなすことができる。あるソーダ石灰ガラスの酸化物組成を分析したところ、SiO₂ が 60.0 g, Na₂O が 12.4 g, CaO が 11.2 g であった。このガラスの組成を SiO₂, Na₂O, CaO の物質量の比として最も簡単な整数比で答えなさい。解答用紙に計算過程も示しなさい。
- (4) 非晶質な構造のシリカゲルは、結晶質の石英と比較して密度が低い。この理由を「不規則」, 「すき間」, 「充填率」の 3 語を使って簡潔に説明しなさい。(70 字程度)
- (5) ケイ酸ナトリウムの水溶液は塩基性を示す。その理由となる反応をケイ酸イオン SiO₃²⁻ と水とのイオン反応式で示しなさい。
- (6) シリカゲルが乾燥剤として使用される理由を「多孔質」, 「表面積」, 「吸着」の 3 語を使って簡潔に説明しなさい。(70 字程度)

問題用紙

(化学基礎・化学)

問題4 次の文章を読み、以下の(1)～(6)の問いに答えなさい。

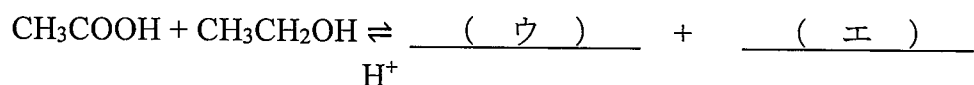
セルロースは、(ア)が多数連結された高分子である。(ア)は水に溶けるが、セルロースはセルロース分子間の強固な(イ)により、多くの溶媒に溶けず、また、昇温すると融解しないで分解する。

映画の撮影・編集・上映は現在ではデジタル化されているが、かつてはフィルムが主流であった。映画フィルムは、映像を記録した帯状の薄い樹脂である。小さな写真が連続して並んでいて、高速で次から次へと映写することにより、人の目には動画にみえる。映画フィルムの長さは非常に長いので、ロール状に巻かれて運搬、保存される。当初は、発火性の高いニトロセルロースを主原料とするセルロイドフィルムが使われていたが、安全性の問題から、不燃性のアセチルセルロース系フィルムが開発された。日本では1950年代にトリアセチルセルロース(TAC)フィルムの量産が始まり、映画や写真用として広く使われるようになった。

しかし、TACフィルムは長期保存の過程で「ビネガーシンドローム」と呼ばれる劣化現象が発生することがある。フィルムから酢のようなにおいがし、収縮、脆化、破損を引き起こす。TACフィルムはその優れた光学特性から、現在では液晶ディスプレイの偏光板保護フィルムにも利用されているが、同様の劣化現象が報告されることもある。

なお、実際の映画フィルムでは、ゼラチンや乳剤等が塗布されているが、本問題ではそれらが塗布されていないものとする。

- (1) (ア)、(イ)に入る適切な語を答えなさい。
- (2) (ア)の分子式、およびセルロースとTACの繰り返し単位の組成式を示しなさい。セルロースとTACの組成式にもとづき、セルロースをアセチル化してTACにすると重量は何%増加するか、計算の過程を示し、小数第一位まで求めなさい。
- (3) 次の酢酸とエタノールによるエステル化の化学反応式の(ウ)、(エ)を適当な示性式で答えなさい。



- (4) TACフィルムの劣化は、高温、高湿度、かつ通気性の悪い環境で進行しやすい。それぞれの理由を、(3)の化学反応式を参考にして説明しなさい。
- (5) TACフィルムの劣化を防ぐために、固体のCaCO₃に発生した酢酸を吸収させた。この酢酸を吸収する反応を化学反応式で示しなさい。
- (6) TACフィルムから発生した酢酸を除去するのに、水酸化ナトリウム水溶液でフィルムを洗浄するのは、エステル結合の化学的安定性の点から好ましくない。その理由を説明しなさい。