

2014 年度入学試験問題(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 22 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 4 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に，それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。また，※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて，選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの，および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは，理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子，解答用紙はともに持ち出してはならない。
- 7) 途中退場または試験終了時には，解答が他の受験生の目に触れないように解答用紙を裏返して，下から順に物理，化学，生物の解答用紙を重ねて，監督者の許可を得た後に退出すること。

化 学

〔注意〕 問題を解く際に、必要ならば、次の値を用いなさい。

原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$,

$Al = 27.0$, $Cl = 35.5$

気体定数 $R = 8.31 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3 / (\text{mol} \cdot \text{K})$

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

$\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 7 = 0.845$, $\log_{10} 9.75 = 0.989$

I 次の文章を読み、問1～問7に答えなさい。

ヒトは道具を使うことで文明を飛躍的に進歩させてきた。特にその素材として金属の果たしてきた役割は大きい。最初は、道具として自然に存在する石や棒などを使うだけであったのが、石器を作りだすことを学び、やがて青銅器^①、銅器、鉄器の製造へとより高度な技術を得ることにより文明の発展をもたらした。

これらの金属を得るため、現在の銅の精錬では、黄銅鉱(CuFeS_2)をコークス、石灰石とともに溶鉱炉内で強く熱して硫化銅(I)とした後、転炉内でこの硫化銅(I)に強く熱した空気を送って粗銅を得ている。鉄についても時代を経る間にさび^③に対する工夫がなされ、ステンレス鋼も多く利用されている。また、軽くて加工の容易なアルミニウムは、航空機をはじめとした各種機器の部品や飲食物の容器などとして私たちの生活に大きく寄与している。アルミニウムの原料は、 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ で表される(ア)という鉱物として採掘されるが、そのままでは純度が低いため、濃水酸化ナトリウム水溶液に溶解して純度を高めた後に精錬を行う。 Al_2O_3 は(イ)であるので、熱を加えて融解すると電気を通すことができる。実際アルミニウムの精錬は、陽極と陰極の双方に炭素電極を用いて粗製の Al_2O_3 を 1000°C の高温下で融解塩電解で行っている。

問 1 下線部①の青銅は、2種類の金属が大部分を占める合金である。この2種類の金属を化学式で答えなさい。

問 2 下線部②の反応を化学反応式で答えなさい。

問 3 下線部③の工夫の一つとして、黒さびを人為的に作るという方法がある。この黒さびの化学式を解答欄(i)に答えなさい。また、その黒さびの生成方法を解答欄(ii)に簡単に説明しなさい。

問 4 (ア), (イ)に入る最も適切な語句を、それぞれ解答欄(ア), (イ)に答えなさい。

問 5 下線部④について、陰極で起こる反応を化学反応式で答えなさい。

問 6 下線部④について、10 A の直流電流を3時間13分流した。このとき何 g のアルミニウムを得ることができるか、小数点以下1桁で答えなさい。

問 7 問6で示した電流を流したとき、陽極に二酸化炭素のみが生じた。陽極で起こる反応を化学反応式で解答欄(i)に答えなさい。また、その発生する二酸化炭素の体積は何 m^3 になるか有効数字3桁で解答欄(ii)に答えなさい。ただし、温度は $1000\text{ }^\circ\text{C}$ とし、気圧は $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ とする。

II 次の(ア)~(ウ)の3種類の水溶液の25℃におけるpHを求め、それぞれ解答欄(ア)~(ウ)に小数点以下1桁で答えなさい。なお、25℃における酢酸の電離定数は 2.50×10^{-5} mol/Lとし、水酸化ナトリウム、塩化水素および酢酸ナトリウムの電離度はすべて1とする。

(ア) 濃度 1.00×10^{-2} mol/L の酢酸水溶液

(イ) 濃度 0.100 mol/L の酢酸水溶液 75.0 mL に濃度 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を 25.0 mL 加えた水溶液。なお、混合後の水溶液は、100.0 mL であった。

(ウ) 酢酸および酢酸ナトリウムをそれぞれ 5.00×10^{-2} mol ずつをあわせて水に溶かして 1.00 L の混合水溶液を作り、この溶液に 0.365 g の塩化水素ガスを通した水溶液。なお、塩化水素ガスはすべて水溶液に溶解し、塩化水素ガスが溶解したことによる体積変化はなかった。

Ⅲ 次の文章を読み、問 1～問 4 に答えなさい。

3種類の有機化合物 A, B, Cがあった。これらの化合物をそれぞれ 15.3 mg ずつ量り取り、元素分析を行うため乾燥した酸素を用いて完全燃焼させた。その結果、それぞれの化合物からは、二酸化炭素と水のみが発生し、残渣は存在しなかった。また、発生した二酸化炭素と水の質量も実験誤差の範囲で等しく、二酸化炭素は 33.0 mg で、水は 13.5 mg であった。さらに、他の実験からこれら 3種類の化合物の分子量も同一であることが確認された。

次に、これら 3種類の化合物を酸で加水分解すると、ともに 1価アルコールと 1価カルボン酸が得られた。化合物 A から得られたカルボン酸は銀鏡反応を示したが、化合物 B および C から得られたカルボン酸は銀鏡反応を示さなかった。また、それぞれから得られたアルコールに穏やかな酸化を試みたところ、化合物 A から得られたアルコールへの酸化は認められなかったが、化合物 B および C から得られたアルコールはともに酸化された。これらの酸化物をフェーリング液とともに加熱すると、化合物 B から得た酸化物は沈殿を生じたが、化合物 C から得た酸化物は沈殿を生じなかった。

さらに、化合物 B および C をそれぞれ 20.5 g ずつ量り取り、水酸化ナトリウム水溶液を用いて完全に加水分解すると、どちらの化合物からもカルボン酸の塩 16.5 g とアルコール 12.0 g が得られた。

問 1 化合物 A の組成式を答えなさい。

問 2 上に示した実験結果の数値を用いて、化合物 C の分子量を有効数字 3 桁で求めなさい。

問 3 下線部の沈殿を化学式で答えなさい。

問 4 化合物 A, B, C の構造を示性式で答えなさい。

IV 次の文章を読み、問1～問3に答えなさい。

マルトースがマルターゼによって加水分解されてグルコースを生成する反応は、次のように2段階で起こっている。まず、マルトース(S)がマルターゼ(E)と1対1で結合した複合体(C)を形成する。



次に、この複合体と水が反応してグルコース(P)を生成する。



この加水分解反応で、式(1)の正反応および逆反応はともに速やかに起こり、マルトースとマルターゼを混合すると、式(2)の反応に影響しないほど速く平衡に達する。

今、マルトースとマルターゼを混合し、平衡状態に達したときの遊離の(複合体を形成していない)マルトースおよびマルターゼの濃度はそれぞれ s mol/L および e mol/L で、複合体の濃度は c mol/L であった。したがって、式(1)の平衡定数 K は、

$$K = \boxed{\text{イ}} \text{ となり、}$$

e を用いずに、反応溶液中における全マルターゼの濃度 e_0 mol/L を用いると、

$$K = \boxed{\text{ウ}} \text{ となる。}$$

ここで、式(1)の逆反応である複合体の解離定数 K_d および e_0 を用いると、平衡状態における複合体の濃度 c mol/L は、

$$c = \boxed{\text{エ}} \text{ と表される。}$$

この反応では、他の化合物に比べて水は多量に存在し、水の濃度変化は無視できるので、マルターゼによりマルトースからグルコースを生成する反応初期の反応速度 v は、解離定数 K_d を用いて、

$$v = k \boxed{\text{オ}} \text{ と表される。}$$

なお、 k は水の濃度を含めた反応速度定数である。

この反応過程におけるエネルギー変化は、図1のようになる。この反応全体のマルトースを加水分解してグルコースを生成するために必要なエネルギーを $\boxed{\text{カ}}$ と呼び、図1に表された記号を用いると $\boxed{\text{キ}}$ となる。また、この反応に伴う反応熱は $\boxed{\text{ク}}$ であり、 $\boxed{\text{ケ}}$ 熱反応となる。

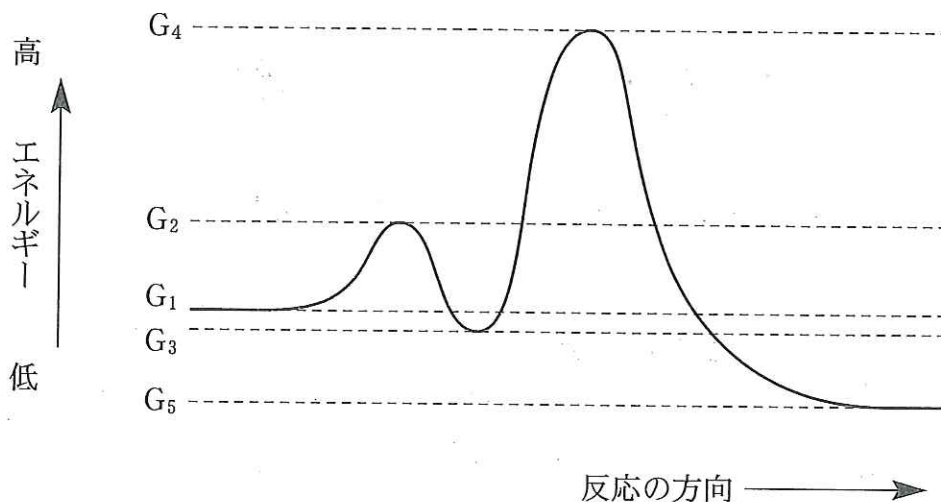


図 1

問 1 ~ に入る最も適切な化学式(ただし, マルトースは S, マルターゼは E, 複合体は C, グルコースは P を化学式とする), 記号, 語句などを, それぞれ解答欄(ア)~(ケ)に答えなさい。

問 2 マルトースの加水分解反応初期における反応速度 v と平衡状態における遊離のマルトースの濃度 s の関係を, 横軸に s を縦軸に v を取り, 図示しなさい(ただし, 濃度 s は 0 から始まり広範囲にわたって示すこと)。なお, グラフ中に $s = K_d$ のときの反応速度 v の値も分かるように示しなさい。

問 3 マルトース 1.00 g が溶解した水溶液 250 mL がある。この水溶液の 37 °C における浸透圧は $P_0 \text{ atm}$ であった。この水溶液に微量のマルターゼを加えて 37 °C で 1 時間反応を行ったところ, 浸透圧は反応前の 1.4 倍の $1.4 P_0 \text{ atm}$ になった。このときのグルコースのモル濃度を有効数字 3 桁で答えなさい。なお, 加えられたマルターゼの量は, 浸透圧に対して無視でき, 反応に伴う水溶液の体積変化も無視できるものとする。