

2016 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 29 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 5 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 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$,

$K = 39.1$, $Ca = 40.1$, $Mn = 54.9$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

I 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

I群に示された金属イオンの硝酸塩それぞれ1種類のみが溶解した8種類の水溶液A～Hがある。これらとは別に、II群に示した塩酸またはアンモニア水のどちらかが入ったボトルIIaおよびIIbと、III群に示した二酸化炭素または硫化水素の入ったボンベIIIaおよびIIIbがある。これらの水溶液および気体を用いて実験を行ったところ、以下の(i)～(v)のことが分かった。

- (i) 水溶液A～Hのうち、同族の金属イオンを含んでいる水溶液は、水溶液AとBの組と、水溶液CとDの組のみである。
- (ii) 水溶液A～Dをそれぞれ白金線につけガスバーナーの外炎に入れると、水溶液Bのみが炎色反応を示した。
- (iii) 水溶液Bを2本の試験管にとり、ボトルIIaの水溶液を少量加えた後、ボンベIIIaおよびIIIbの気体をそれぞれ通じると、ボンベIIIaの気体を通した方に白色沈殿が生じた。
- (iv) 水溶液C, D, Eをそれぞれ試験管にとり、ボトルIIaの水溶液を少量加えた後、ボンベIIIbの気体を通じると、それぞれの試験管に黄色、白色、淡桃(淡赤)色の沈殿が生じた。
- (v) 水溶液C, D, F, Gをそれぞれ試験管にとり、ボトルIIaの水溶液を少しずつ加えていくと、すべての試験管に沈殿が生じた。さらにボトルIIaの水溶液を加えていくと、水溶液C, Dを入れた試験管の沈殿は溶解した。沈殿の残った水溶液F, Gの入った試験管に、さらに水酸化ナトリウム水溶液を加えると、水溶液Gの入った試験管の沈殿は溶解した。

(vi) 水溶液 A~H をそれぞれ試験管にとり、ボトルⅡb の水溶液を加えると、水溶液 H の入った試験管だけが沈殿を生じた。この沈殿が生じた試験管を加熱すると、その沈殿は溶解した。沈殿を生じなかった他の試験管にボンベⅢb の気体を通すと、水溶液 F の入った試験管のみが濁りを生じた。この濁りは、通した気体が酸化されたためである。

【Ⅰ群】 Ag^+ Al^{3+} Ca^{2+} Cd^{2+} Cu^{2+} Fe^{3+} K^+ Li^+
 Mg^{2+} Mn^{2+} Pb^{2+} Zn^{2+}

【Ⅱ群】 塩酸 アンモニア水

【Ⅲ群】 二酸化炭素 硫化水素

問 1 Ⅰ群に示した金属イオンに同族元素のイオンが 4 組存在する。4 組のイオンの組をすべてイオン式で答えなさい。

問 2 ボンベⅢb に入っている気体を化学式で答えなさい。

問 3 水溶液 A~H に入っている金属イオンを解答欄 A~H にそれぞれイオン式で答えなさい。

問 4 下線部(あ)で起こっている化学反応をイオン反応式で答えなさい。

問 5 下線部(い)で起こっている化学反応をイオン反応式で答えなさい。

Ⅱ 次の【実験1】～【実験3】に関連して、問1～問8に答えなさい。

【実験1】 糖類A、Bおよびグルコースをそれぞれ17.1gずつ3個のビーカーに量り取り、それぞれに水100gを加えて溶解した(それぞれ溶液A、B、Gとする)。また、水100gのみを入れたビーカーも用意した。

次に、寒剤中に溶液Aが入ったビーカーを静かに浸して、その温度変化を精密温度計により測定したところ、図の冷却曲線①が得られた。同様に水100g(図の冷却曲線②)、溶液B、G(ともに冷却曲線は省略している)について、それぞれの温度変化を測定した。

溶液Aの凝固点(T_A)についてはグラフのようにして求め、溶液B、Gについても同様にして求めた。その結果、溶液A、B、Gの凝固点と水の凝固点(T_W)との温度差は、それぞれ -0.93°C 、 -0.92°C 、 -1.75°C であった。

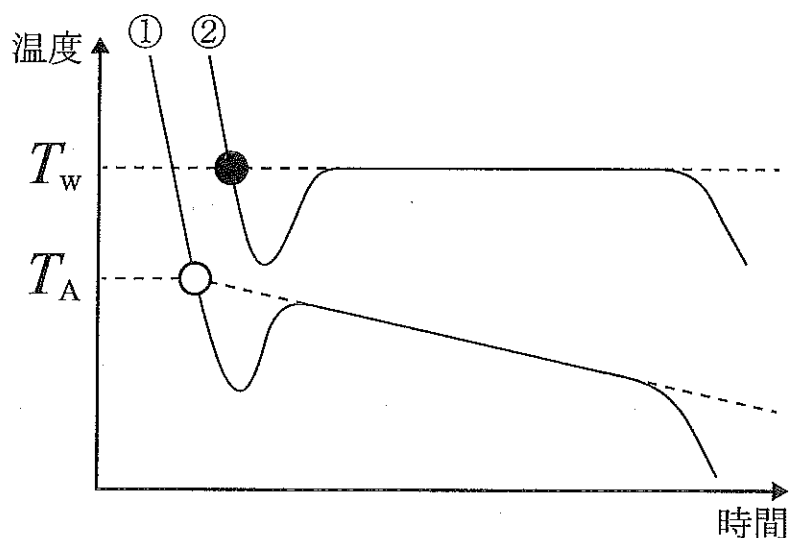


図 溶液Aおよび水の冷却曲線

【実験2】 糖類A、Bおよびグルコースを0.450gずつ、それぞれ別の試験管に取り、5.00mLの水を加え十分に攪拌して溶解した(それぞれ溶液A'、B'、G'とする)。

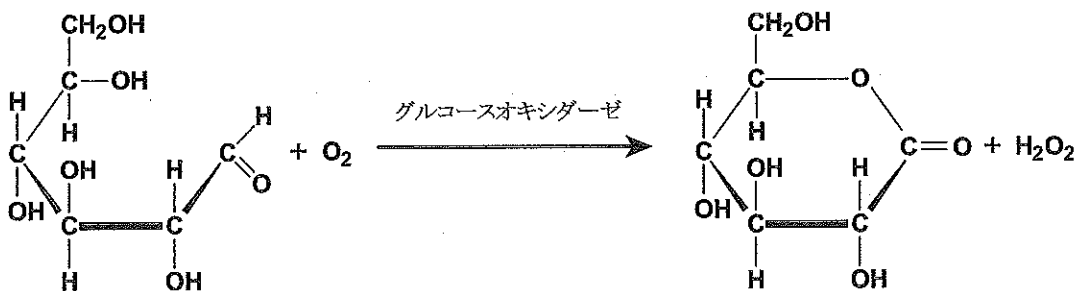
3本の試験管にそれぞれ溶液A'、B'、G'を1.00mL入れ、これらの試験管にフェーリング液を2.00mLずつ加えた後に加熱したところ、溶液A'を入れた試

験管には変化がなかったが、溶液 B'、G' を入れた試験管にはともに沈殿を生じ、溶液 G' を入れた試験管に生じた沈殿の量は溶液 B' を入れた試験管の沈殿量の 2 倍程度存在した。

また、別の 3 本の試験管に溶液 A'、B'、G' を 2.00 mL ずつ取り、それぞれに 2.00 mol/L の塩酸 2.00 mL を加え、ガラスビーズで試験管に蓋をして沸騰水浴中で 30 分間加熱した。その後、それぞれの試験管から 1.00 mL ずつ別の試験管に量り取り、それらにフェーリング液を 2.00 mL ずつ加えて加熱すると、どの試験管にもほぼ同量の沈殿が生じた。^(あ)

【実験 3】 【実験 2】で塩酸を加えて加熱した試験管から反応液をそれぞれ 1.00 mL ずつ試験管に取り出した。水酸化ナトリウム水溶液を用いてそれぞれの反応液を中和したのち、全量を別々のメスフラスコに移して 100 mL になるように水で希釈した(それぞれ溶液 A'', B'', G'' とする)。

これらの希釈した溶液 3.00 mL ずつを 3 本の試験管にとり、それぞれのグルコース濃度をグルコース分析装置で測定した。この装置には、下の反応を触媒するグルコースオキシダーゼ(グルコース酸化酵素)が測定部分に組み込まれていて、この反応により消費される酸素量や、生成する過酸化水素量を測定することで、グルコースの濃度を算出している。^(イ)^(ウ)



分析の結果、溶液 G'' のグルコース濃度は、期待した通り 45.0 mg/dL で、溶液 A'', B'' のグルコース濃度もほぼ同じ値であった。^(エ)

問 1 【実験 1】の図に示すように冷却する過程で、凝固点(○, ●)を下回る温度でも、しばらく凝固は起こらなかった。その後、ビーカー内の温度上昇とともに状態変化が観察された。このような凝固点を下回っても状態変化が見られない状態を何というか、答えなさい。

問 2 【実験 1】の結果から、水のモル凝固点降下を有効数字 3 桁で求めなさい。

問 3 【実験 1】の結果から、糖質 A の分子量を有効数字 3 桁で求めなさい。

問 4 下線部(あ)の反応で沈殿が生じるような糖を何というか解答欄(i)に、そして、その沈殿の化学式を解答欄(ii)に、それぞれ答えなさい。

問 5 下線部(い)のように、酵素は反応する化合物が厳密に決まっている。このことを何というか、答えなさい。

問 6 下線部(う)では陽極に白金を、陰極に銀を用いて、生成した過酸化水素が陽極で化学反応するとき生じる電流を測定している。この陽極で起こっている化学反応を化学反応式で答えなさい。

問 7 下線部(え)の結果から、この試験管 3.00 mL 中のグルコースがすべて酸化される際に、消費される酸素は 1000 hPa, 27 °C の状態では何 L となるか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 8 糖質 A, B の物質名をそれぞれ解答欄 A, B に答えなさい。

Ⅲ 次の文章(1)および(2)を読み、問1～問5に答えなさい。

(1) 結晶水を含むシュウ酸($C_2H_2O_4 \cdot nH_2O$) 0.400 g をコニカルビーカーに量り取り、これに水 15.0 mL を加えて溶解した後、希硫酸を適量加えて硫酸酸性にした。この溶液を、あらかじめ用意してあった濃度 10.0 g/L の過マンガン酸カリウム水溶液をビュレットに入れて、滴定を行った。過マンガン酸カリウム水溶液を滴下すると、初めは加えられた過マンガン酸カリウムによって赤紫色に着色するが、よく振り混ぜているとほとんど無色になった。さらに注意深く滴定を続けていくと、よく振り混ぜてもごく薄い赤紫色が消えなくなった。このときの滴下量は 20.10 mL であった。

問 1 下線部(あ)において起こっている化学反応をイオン反応式で答えなさい。

問 2 滴定が終了した時点において、消費された過マンガン酸カリウムの物質量は
いくらか、有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 この実験で用いたシュウ酸 0.400 g に含まれていたシュウ酸の物質質量および
結晶水の質量を、それぞれ有効数字 3 桁で解答欄(i), (ii)に答えなさい。

(2) 酢酸 120.0 g とエタノール 92.0 g を混合してエステル化の反応を行った。ある
温度で平衡に達したときの体積は V L で、平衡定数 K_c (濃度平衡定数) は 4.0
であった。

問 4 この反応の平衡定数 K_c を、平衡状態の各成分の濃度を用いて表しなさい。
なお、ある成分の分子式または示性式を X としたとき、その濃度は $[X]$ と表し
なさい。

問 5 平衡状態において、何 g のエステルが存在するか、小数点以下 1 桁で答え
なさい。

IV 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

2種類の不飽和炭化水素A、Bが均一に混じった試料があった。この試料13.3 mgを完全に燃焼させたところ、44.0 mgの二酸化炭素が生成した。また、試料0.400 gを30.0 gのベンゼンに溶解して、その溶液の凝固点を測定したところ、その値は4.76℃であった。なお、純粋なベンゼンの凝固点は5.53℃で、ベンゼンのモル凝固点降下は5.12 K・kg/molである。

次に、この試料2.66 gを硫酸酸性のもとで過マンガン酸カリウム溶液を用いて酸化すると、化合物Aからはモノカルボン酸が、化合物Bからはジカルボン酸のアジピン酸がそれぞれ生成した。この酸化反応が100%の収率で進行したとすると、これらのカルボン酸を中和するためには、80.0 gの水酸化ナトリウムを溶解して1.00 Lにした水溶液が20.00 mL必要である。

さらに、化合物Aに臭素と臭化鉄(III)を用いて反応させると臭素化反応が、化合物Bと臭素を反応させると付加反応が、それぞれ起こった。

問1 この混合物試料における水素の質量百分率は何%になるか、小数点以下2桁で答えなさい。

問2 この試料の平均分子量はいくらになるか、有効数字3桁で答えなさい。

問3 この試料において、化合物Aの物質量は全物質量の何%になるか、小数点以下1桁で答えなさい。

問4 化合物Aを構造式で示しなさい。なお、炭素原子や水素原子を省略した略号は用いないこと。

問5 化合物Bを構造式で示しなさい。なお、炭素原子や水素原子を省略した略号は用いないこと。