

平成17年度 個別学力試験問題

理 科 (120分)

- 第一学群 (自然科学類)※地理歴史を選択する者は、地学を除いた理科1科目と合せて120分
 第二学群 (生物学類, 生物資源学類)
 第三学群 (情報学類, 工学システム学類, 工学基礎学類)
 医学専門学群 (医学類, 看護・医療科学類(医療科学主専攻))
 (看護・医療科学類(看護学主専攻)は、1科目選択で60分)
 図書館情報専門学群 (試験時間は、60分)

目 次

物 理…………… 1
 化 学…………… 5
 生 物……………13
 地 学……………22

注 意

1. 問題冊子は1ページから29ページまでである。
2. 受験者は、下表の志望する各学群・学類の出題科目を解答すること。

学類・専門学群		出 題 科 目				備 考
		物理	化学	生物	地学	
自 然 学 類		○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答又は地理歴史を選択する者は地学を除いた○印から1科目選択
生 物 学 類		○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
生 物 資 源 学 類		○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
情 報 学 類		◎	○	○	○	◎印の物理は必須、○印から1科目を選択解答
工 学 シ ス テ ム 学 類		◎	○	○	○	◎印の物理は必須、○印から1科目を選択解答
工 学 基 礎 学 類		◎	○	○	○	◎印の物理は必須、○印から1科目を選択解答
医 学 専 門 学 群	医 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
	看護・医療科学類(看護学主専攻)	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答
	看護・医療科学類(医療科学主専攻)	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
図 書 館 情 報 専 門 学 群		○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答

化 学

問題 I ~ III について解答せよ。なお、計算に必要なならば、次の数値を用いよ。

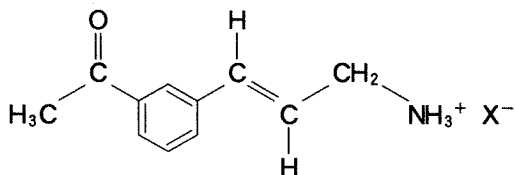
原子量 : H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, S = 32.0,
Cl = 35.5, Cu = 63.5, Au = 197

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

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

気体定数 $R = 8.21 \times 10^{-2} \text{ l}\cdot\text{atm}/(\text{K}\cdot\text{mol})$

有機化合物の構造式は次の記入例にならって示せ。



I 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

希薄溶液は、溶質の種類に関係なく、溶媒に溶けている溶質粒子の質量モル濃度に比例するいくつかの性質を示す。そして、その比例定数は溶媒の種類によって決まっている。希薄溶液のこのような性質の一つに、凝固点降下がある。ベンゼン^(a)を溶媒として用いて、凝固点降下を測定する実験を行った。

〔実験〕

次の3つの試料を準備した。

試料1：ベンゼン 100 g

試料2：ベンゼン 100 g にパラジクロロベンゼン 1.47 g を溶かした溶液

試料3：ベンゼン 100 g に安息香酸 0.610 g を溶かした溶液

それぞれの試料の凝固点を測定するために、図1に示す装置を用意した。試料を図に示すように内側の容器に入れ、外側を氷水と塩化ナトリウムの混合物(冷却剤)で冷やした。測定中は試料の温度が均一になるようにかきまぜ棒で試料および冷却剤をよくかきまぜた。試料の温度が約10℃になったときから、10秒ごとに試料の温度を精密温度計で読み取り、冷却曲線を作成した。

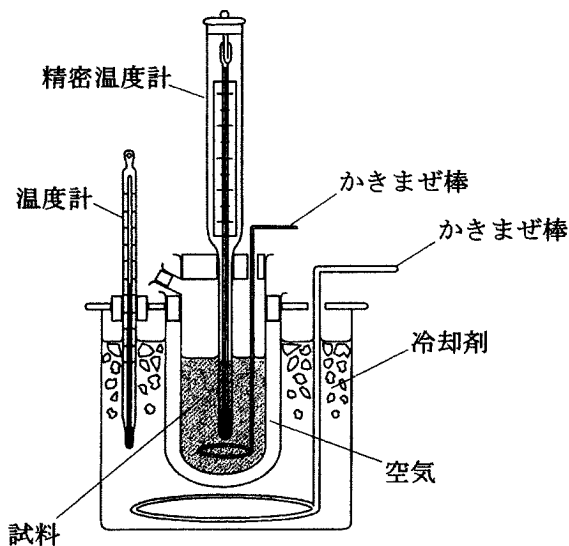


図1

[結果]

図2に試料1の冷却曲線の凝固点近傍を拡大して示す。試料の温度は、測定開始後、徐々に低下し、点Aを經由して点Bまで到達したところで急激に上昇した。そして、点C以降では、試料の温度はほぼ一定となった。直線CDを延長して曲線ABと交わった点Mの温度を試料1の凝固点とした。

試料2、試料3についても試料1と同様にして凝固点を求めたところ、表1に示す凝固点降下度が得られた。

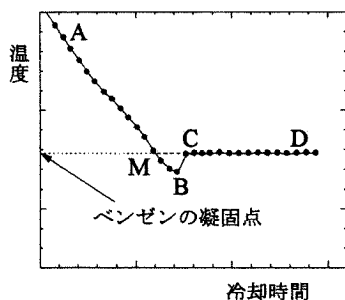


図2

表1

	凝固点降下度 (K)
試料2	0.512
試料3	0.154

[考察]

- (1) 試料2の凝固点降下度から、ベンゼンのモル凝固点降下は $5.12 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ と求められた。
- (2) 試料3の凝固点降下度と、考察(1)で求めたベンゼンのモル凝固点降下から、試料3の溶質濃度は 0.0301 mol/kg と求められた。この濃度は、実際に加えた安息香酸の質量から計算される濃度よりも低くなっている。これは、ベンゼン中では安息香酸分子の大部分が 水素結合により2分子会合して、安定な二量体を形成するためである。^(b) 安息香酸二量体は1分子のように振る舞うため、見かけの溶質濃度が低くなる。
- (3) 本実験で用いた冷却剤について考察する。氷水と塩化ナトリウムを混合した直後では、次の3つの現象が起こっている。
 - ① 塩化ナトリウムが溶解することにより水の凝固点が下がる。
 - ② 塩化ナトリウムが水に溶解するときに熱を吸収する。
 - ③ 氷が融解して水になるときに熱を吸収する。

以上のことから、この冷却剤は試料を 0°C より低い温度に保つことができる。

問 1 下線部 (a) に関して、凝固点降下のほかに、溶質粒子の質量モル濃度に比例する希薄溶液の性質を 2 つ記せ。ただし、溶質は不揮発性とする。

問 2 冷却曲線に関して、以下の問に答えよ。

- (i) 図 2 の冷却曲線上の点 A では、ベンゼンの状態は液体である。点 C、点 M におけるベンゼンの状態をそれぞれ記せ。
- (ii) 溶液の冷却曲線は純粋なベンゼンの冷却曲線とは異なり、図 2 の直線 CD に相当する部分が一定温度にならないことが多い。その理由を 30 字以内で述べよ。
- (iii) 試料 2 の冷却曲線を模式図で示せ。解答欄には試料 1 で得られた冷却曲線を示してあるので、違いがはっきりわかるように示し、図 2 にならって凝固点に対応する温度を矢印で示せ。

問 3 下線部 (b) に関して、以下の問に答えよ。

- (i) 安息香酸二量体を構造式で示せ。ただし、水素結合を点線で表すこと。
- (ii) 試料 3 の溶液中に存在する安息香酸二量体の物質量を有効数字 2 桁で求めよ。
- (iii) 試料 3 の溶液中の安息香酸分子のうち二量体を形成している安息香酸分子の割合(会合度)を有効数字 2 桁で求めよ。
- (iv) ベンゼンに溶かす安息香酸の量を増やしたとき、会合度の値はどのように変化するかを記せ。

問 4 考察 (3) に関して、以下の問に答えよ。

- (i) 次の物質 (ア) ~ (ウ) を同じ物質量とり、それぞれ水に溶かしたとき、水の凝固点をもっとも下がる物質を記号で示し、その理由を 30 字以内で述べよ。
 - (ア) ショ糖
 - (イ) 塩化ナトリウム
 - (ウ) 塩化カルシウム
- (ii) 現象②を熱化学方程式で表せ。ただし、塩化ナトリウム 11.7 g を多量の水に溶かすと、0.776 kJ の熱が吸収されるとする。
- (iii) 0 °C における現象③を熱化学方程式で表せ。ただし、0 °C の氷 27.0 g が完全に融解して同じ温度の水になるとき、9.02 kJ の熱が吸収されるとする。

II 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

硫黄は、周期表の16族に属する元素の一つである。硫黄の単体には、斜方硫黄、単斜硫黄などの同素体がある。硫黄を空气中で燃やすと、刺激臭のある有毒な気体である二酸化硫黄が発生する。二酸化硫黄は水に溶け、その水溶液は弱酸性を示す。^(a)二酸化硫黄は、硫黄原子が酸素原子2つと結合した三原子分子であり極性をもつ。^(b)また、二酸化硫黄は相手の物質に電子を与えることができるので、普通は還元剤として作用するが、硫化水素のように還元性の強い物質と反応するときには酸化剤として作用する。^(c)^(d)

硫黄は、各種金属の硫化物、硫酸塩として広く天然に存在している。銅の原料である黄銅鉱も硫黄を含んでいる。黄銅鉱を微粉状にして溶鉱炉、転炉で製錬すると、二酸化硫黄を発生して粗銅ができる。この粗銅を陽極、純銅を陰極として、硫酸銅(II)の硫酸酸性水溶液中で電解精錬を行うと陰極に純銅が析出する。^(e)一方、発生した二酸化硫黄は回収され、硫酸の原料として利用されている。二酸化硫黄から硫酸を得るためには、まず、酸化バナジウム(V)の存在下で、二酸化硫黄を空気が酸化し、三酸化硫黄をつくる。^(f)この三酸化硫黄を水と反応させると硫酸が得られる。硫酸は、無色無臭、不揮発性の液体である。硫酸は濃度や温度によって異なる反応性を示す。たとえば、希硫酸は銅を溶かすことはできないが、熱せられた濃硫酸には強い酸化作用があるため銅を溶かすことができる。^(g)

硫黄は、肥料や医薬品などの原料としても重要である。また、少量の硫黄を天然ゴムに加えて加熱すると、ゴムの弾性が増し、耐久性がよくなる。^(h)このようなゴムは弾性ゴムと呼ばれ、さまざまな用途に用いられている。

- 問 1 下線部 (a) に関して、硫黄のほかに炭素などの単体にも同素体が存在する。
炭素の同素体を 3 つ記せ。
- 問 2 下線部 (b) に関して、二酸化硫黄の水溶液中に存在するイオンをすべてイオン式で示せ。ただし、二酸化硫黄の水溶液中では酸化還元反応は起こらないものとする。
- 問 3 下線部 (c) に関して、二酸化硫黄分子が極性をもつ理由を 40 字以内で述べよ。
- 問 4 下線部 (d) に関して、以下の問に答えよ。
- (i) 二酸化硫黄と硫化水素の反応を化学反応式で表せ。
 - (ii) 二酸化硫黄に含まれる硫黄原子の酸化数を記せ。
 - (iii) 硫化水素に含まれる硫黄原子の酸化数を記せ。
- 問 5 下線部 (e) に関して、以下の問に答えよ。
- (i) 電解精錬を 6.7 A の電流で 12 分間行ったとき、陰極に析出する純銅の質量を有効数字 2 桁で求めよ。
 - (ii) 粗銅に不純物として金が含まれているとき、電解精錬により陽極で起こる現象を 30 字以内で述べよ。
- 問 6 下線部 (f) の反応における酸化バナジウム(V)の役割を 25 字以内で述べよ。
- 問 7 下線部 (g) の反応を化学反応式で表せ。
- 問 8 下線部 (h) に関して、ゴムの弾性が増し、耐久性がよくなる理由を 25 字以内で述べよ。

Ⅲ 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

有機化合物の性質に大きな影響を与える原子または原子団のことを官能基という。官能基は反応性に富むので、有機化合物は多様な反応を示す。したがって、有機化合物の反応は官能基の性質に基づいて理解することができる。

アミノ基は塩基性を示す官能基であり、水素イオンを受け取りやすい性質をもっている。一方、カルボキシル基は酸性を示す官能基である。アミノ酸は、分子内にアミノ基とカルボキシル基をもつ両性物質であり、結晶中では、アミノ基がカルボキシル基から水素イオンを受け取り、中和した構造(分子内塩)になっている。芳香族アミンであるアニリンもアミノ基をもっている^(a)ので、弱塩基性を示す。そのため、アニリンをニトロ化してパラニトロアニリンを直接合成しようとする^(a)と、ニトロ化が起こらず、化合物 **ア** が生成する。したがって、パラニトロアニリンはアニリンから次のように3段階の反応で合成される。まず、アニリンと無水酢酸を反応させて化合物 **イ** を合成する。化合物 **イ** は通常の条件でニトロ化することができる。その結果、主な生成物として化合物 **ウ** が生成する。最後に、化合物 **ウ** を加水分解することにより、パラニトロアニリンを得ることができる。

ヒドロキシル基がアルキル基と結合した化合物をアルコールという。代表的なアルコールにエタノールがある。エタノールは工業的には酸を触媒として **A** と水から合成される。ヒドロキシル基はほかの官能基に容易に変換される。たとえば、エタノールを酸化するとアセトアルデヒドが生じ、さらに酸化を続けるとアセトアルデヒドは酢酸になる。また、エタノールと酢酸の混合物に少量の濃硫酸を加えて加熱すると酢酸エチルと水が生じる^(b)。エタノールは金属ナトリウムと反応して水素を発生する^(c)。フェノールはヒドロキシル基をもっている^(c)ので、カルボン酸との反応ではエステルを与え、ナトリウムと反応して水素を発生するなど、アルコールと類似の性質を示す。しかし、フェノールとエタノールは水酸化ナトリウム水溶液に対して異なる反応性を示す^(d)。また、**B** の水溶液をフェノールの水溶液に加えると紫色を呈するが、エタノールの水溶液に加えても呈色しない。このようにフェノール類と脂肪族アルコールは異なる性質を示す。フェノールは、べ

ンゼンに を作用させて得られるベンゼンスルホン酸を とともに高温で融解する方法でつくることができる。

また、高分子化合物にさまざまな官能基を導入することにより多様な機能をもたせることが可能となる。スチレンとパラジビニルベンゼンの共重合で得られる三次元的網目構造をした合成樹脂を でスルホン化すると、この樹脂は新しい機能をもつようになる。^(e) 官能基が導入されたこのような樹脂は、多方面に活用されている。

問 1 下線部 (a) の構造を名称で記せ。

問 2 ニトロ化に用いられる試薬 2 つを名称で記せ。

問 3 化合物 ~化合物 を構造式でそれぞれ示せ。ただし、陰イオンは X^- で表してよい。

問 4 ~ の物質を名称でそれぞれ記せ。

問 5 下線部 (b) と同様の反応で、メタノールとサリチル酸から消炎塗布剤^{しょうえんとふざい}などに使用される物質が生成物として得られる。

(i) メタノールとサリチル酸の反応を化学反応式で表せ。

(ii) この反応は平衡反応である。反応に用いるサリチル酸が生成物に変換される割合を反応の効率とすると、この効率を向上させるための簡便な方法を 1 つ 15 字以内で述べよ。ただし、反応温度は変えないものとする。

問 6 下線部 (c) の反応で水素のほかに生成する物質を名称で記せ。

問 7 下線部 (d) に関して、フェノールとエタノールの水酸化ナトリウム水溶液に対する反応で生じる化合物を名称でそれぞれ記せ。ただし、反応が起こらない場合には、なしと答えよ。

問 8 下線部 (e) に関して、スルホン化した樹脂に塩化ナトリウム水溶液を加えたときに起こる反応を 30 字以内で具体的に述べよ。