

平成 19 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

(医 学 部)

科	目	頁	数
物	理 I・II	1 頁	～ 9 頁
化	学 I・II	10 頁	～ 15 頁
生	物 I・II	16 頁	～ 24 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっているが、そこから二つを選択し、解答すること。

注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。  
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 解答用紙は一切持ち帰ってはいけない。
- 6 問題冊子は持ち帰ってよい。

## 化 学 I・II

(ここでは、水素、炭素、窒素および酸素の原子量をそれぞれ、1.0、12、14および16とする。)

I 次の文を読み、以下の問1～問4に答えよ。

空気が高温になると、窒素と酸素が反応して一酸化窒素NOを生じる。NOは、さらに酸素などの酸化剤と反応して二酸化窒素NO<sub>2</sub>となる。NO<sub>2</sub>は、大気中の水と反応して亜硝酸や硝酸を生じ、酸性の雨を降らす原因になっている。

大気中のNOとNO<sub>2</sub>の濃度をそれぞれ測定するため、図1のような装置が使われる。まずはじめに、吸気された大気中のNO<sub>2</sub>は、全て反応液Aで消費され、赤色の色素になる。NOは、反応液Aと反応せず、反応液BでNO<sub>2</sub>に酸化され、その後、反応液Cにおいて赤色の色素になる。反応液Cおよび反応液Aで生じた色素の濃度から、それぞれNOおよびNO<sub>2</sub>の濃度を求めている。

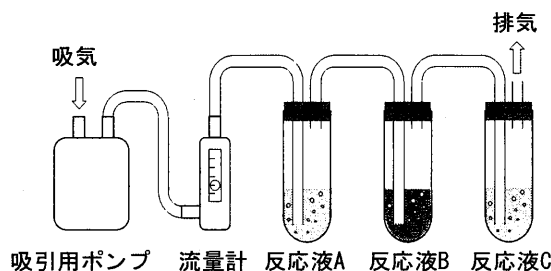


図1 窒素酸化物(NO+NO<sub>2</sub>)測定装置の概略

◎反応液Aおよび反応液C：スルファニル酸およびN-(1-ナフチル)エチレンジアミンの酢酸酸性水溶液  
◎反応液B：硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液

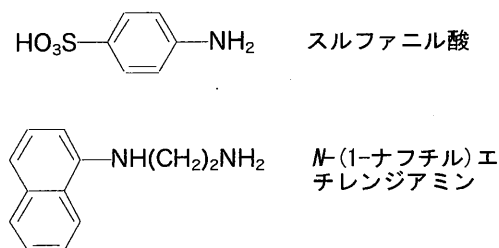


図2 反応液Aおよび反応液Cで用いた試薬の構造式

問1 下線部(a)について説明した次の文中の空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる適当な語句を図2を参照して答えよ。

反応液Aおよび反応液CにNO<sub>2</sub>が吹き込まれたとき、スルファニル酸の (ア) 基は、NO<sub>2</sub>から生じた亜硝酸イオンと反応して、(イ) 化される。この (イ) 基とN-(1-ナフチル)エチレンジアミンのナフタレン環との間の (ウ) 反応により赤色の色素が生じる。このような色素は、一般に (エ) 化合物と呼ばれる。

問2 NOは、図1の反応液Bで過マンガン酸イオンによりNO<sub>2</sub>へ酸化される。消費された過マンガン酸イオンの量は、滴定により求められる。次の問(1)～問(3)に答えよ。

問(1) 硫酸酸性水溶液中、過マンガン酸カリウムとNOとの酸化還元反応を反応式で記せ。

問(2)  $a$  mol/l 濃度の過マンガン酸カリウム水溶液  $b$  ml 中に、NO を含む空気を通じたところ、 $c$  mol の  $\text{NO}_2$  が生じた。操作後、残った過マンガン酸イオンの濃度 (mol/l) を、 $a$ 、 $b$ 、 $c$  を使った式で表せ。

問(3) 過マンガン酸カリウムを使った滴定では、通常、滴定の終点を決定するための指示薬は添加されない。その理由を簡単に記せ。

問 3 試料空気を、図 1 の装置に、 $25^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  ( $= 1.0 \text{ atm}$ )、流速  $2.0 \text{ l/min}$  で 30 分間通気したところ、反応液 A および反応液 C に、それぞれ  $1.5 \times 10^{-7} \text{ mol}$ 、 $1.0 \times 10^{-7} \text{ mol}$  の赤色の色素が生じた。次の問(1)～問(3)に答えよ。

問(1) 既知濃度の  $\text{NO}_2$  を含む空気を用いて、試料空気と同じ条件で予備実験を行った。このとき反応液 A では、 $\text{NO}_2$  1 mol から  $0.84 \text{ mol}$  の割合で赤色の色素を生じることが分かった。

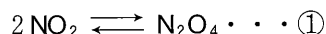
通気試料空気に含まれていた  $\text{NO}_2$  の物質質量 (mol) を求めよ。

問(2) 既知濃度の NO を含む空気を用いた別の予備実験から、反応液 B で NO の 70 % が  $\text{NO}_2$  に酸化され反応液 C に移ることが分かった。

通気試料空気に含まれていた NO の物質質量 (mol) を求めよ。

問(3) 試料空気に、窒素酸化物 ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) は何 ppm 含まれていたか、求めよ。(ただし、窒素酸化物 1 ppm とは、同じ温度・圧力での体積に換算して考えたとき、試料空気 1,000,000 l 中に 1 l の窒素酸化物が含まれていることを示す。また、測定中の気体の温度は  $25^\circ\text{C}$  と一定で、理想気体として挙動するものとする。)

問 4  $\text{NO}_2$  と四酸化二窒素  $\text{N}_2\text{O}_4$  との間には、次の①式の平衡が成立し、高濃度の条件では  $\text{N}_2\text{O}_4$  の割合を無視できない。



ここで、 $25^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における、 $\text{NO}_2$  (気) の生成熱は  $-33.2 \text{ kJ/mol}$ 、 $\text{N}_2\text{O}_4$  (気) の生成熱は  $-9.2 \text{ kJ/mol}$  である。次の問(1)～問(4)に答えよ。

問(1) ①式の平衡反応を熱化学方程式で記せ。

問(2) 実験室で、 $\text{NO}_2$  を合成するには、どのような試薬を使えばよいか、試薬名と化学反応式を記せ。

問(3) 問(2)で合成した  $\text{NO}_2$  から、不純物としての NO を含まない、できるだけ純粋な  $\text{NO}_2$  を得るには、どうすればよいか説明せよ。(ただし、少量の空気の混入は許容してよい。)

問(4)  $25^\circ\text{C}$ 、 $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  のアルゴンが入った 10 l の密閉容器中に、 $0.046 \text{ g}$  (純粋な  $\text{NO}_2$  として  $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$ ) の  $\text{NO}_2$  を添加し、平衡状態に達した後で、容器内に生成した  $\text{N}_2\text{O}_4$  のモル濃度は、 $1.6 \times 10^{-6} \text{ mol/l}$  であった。 $25^\circ\text{C}$  における①式の平衡定数  $K_c$  を、単位を付けて求めよ。

Ⅱ 次の文を読み、以下の問1～問4に答えよ。

有機化合物では、 が同じでも性質が異なる化合物を、互いに異性体と呼び生命現象でたびたび重要な場面に登場してくる。異性体のうちで、構造式が異なる異性体を  異性体という。 異性体は、炭素原子のつながり方の違い、不飽和結合の位置の違い、および特定原子・原子団の位置の違いなど、さまざまな原因から生じる。

異性体のうちで、原子のつながり方や結合の種類は同じであっても、分子の立体的な構造が異なるため生じる異性体を立体異性体という。立体異性体には、 異性体と  異性体があり、炭素原子間の二重結合などが原因で生じる  異性体を  異性体という。

問1 文中の空欄  ～  にあてはまる適当な語句を記せ。

問2 乳酸  $\text{CH}_3\text{-CH(OH)-COOH}$  は、ヒドロキシ酸の1種である。この化合物は、不斉炭素原子を1つ持つので  異性体を生じる。この異性体の1対を立体的な鏡像体として、鏡をはさみ左と右に、図1の立体構造の表示例にならって、それぞれの構造を記せ。

問3 不斉炭素原子となる条件を記せ。

問4 分子式  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$  のアルコールで、 異性体が生じる化合物を構造式で記し、不斉炭素原子に\*を付けよ。

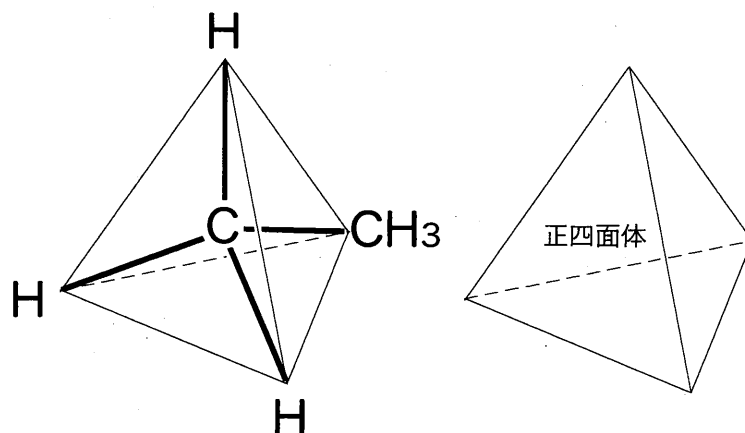


図1 立体構造の表示例

注目する炭素原子は正四面体の中心に位置している。

Ⅲ

次の文および実験(1)～実験(9)の内容を読み、以下の問1～問8に答えよ。(ただし、アルキル基を記す必要が生じた場合は、Rを用いよ。なお、分子量500以下の物質は、ここで使用する半透膜を通過できる。)

アミロース、マルトース(麦芽糖)、油脂、タンパク質(水溶性で、以下の実験で変性しない)およびセルロースからなる混合物がある。この混合物から、それぞれの物質を分離するために、次の実験を行った。

- 実験(1) この混合物にエーテルを加えて抽出し、エーテル層(I)と残留物(II)を得た。  
 実験(2) エーテル層(I)の溶媒を蒸発して乾かし、物質(A)を得た。  
 実験(3) 残留物(II)を冷水で抽出し、水層(III)と残留物(IV)を得た。  
 実験(4) 水層(III)を半透膜の袋に入れ、ビーカーの水に対して透析した。  
 実験(5) 透析後、袋の内液(V)の水を蒸発して乾かし、物質(B)を得た。  
 実験(6) 透析後、ビーカーに残った外液(VI)の水を蒸発して乾かし、物質(C)を得た。  
 実験(7) 実験(3)の残留物(IV)に水を加えて加熱抽出し、水層(VII)と残留物(VIII)を得た。  
 実験(8) 残留物(VIII)を乾燥し物質(D)を得た。  
 実験(9) 水層(VII)の水を蒸発して乾かし、物質(E)を得た。

- 問1 物質(A)～物質(E)は、それぞれどの物質か、答えよ。  
 問2 物質(A)に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した。このときの反応を化学反応式で記せ。  
 問3 フェーリング液を加え加熱したとき、赤色沈殿を生じるのは物質(A)～物質(E)のどれか、A～Eの記号で答えよ。  
 問4 問3で該当する物質がフェーリング反応を示す理由を、物質の構造をもとに説明せよ。  
 問5 実験(5)の内液(V)および実験(7)の水層(VII)にレーザー光を当てると、光路が輝いて見える。この現象の名称を答えよ。  
 問6 問5の現象を示す、ゼラチンと水酸化鉄(III)を含むそれぞれの水の溶液に、少量の電解質を加えた。このとき両者にどのような違いが見られるか、理由を付けて説明せよ。  
 問7 硫酸存在下、セルロースを無水酢酸で処理すると、トリアセチルセルロースができる。この化学反応式を、示性式を用いて記せ。  
 問8 トリアセチルセルロースは、アセトンに溶けにくいので、部分的に加水分解してジアセチルセルロースにして溶かす。このアセトン溶液を細孔から押し出して乾燥させると、アセテート繊維ができる。アセテート繊維中のアセチル基の質量%を小数点以下第1位まで求めよ。

IV 次の文を読み、以下の問1～問3に答えよ。

キサントプロテイン反応は代表的なタンパク質の定性反応の1つである。操作法は、図1に示すように3つのステップで行われる。すなわち、卵白の水溶液 1.0 ml に濃硝酸 1.0 ml を加え混合し(ステップ1)、次いで、加熱するとタンパク質は淡く発色する(ステップ2)。冷却後、2.0 mol/l アンモニア水 18 ml を加えて塩基性になると色調が著しく変化する(ステップ3)。この簡単な反応から様々な化学の現象について学ぶことができる。

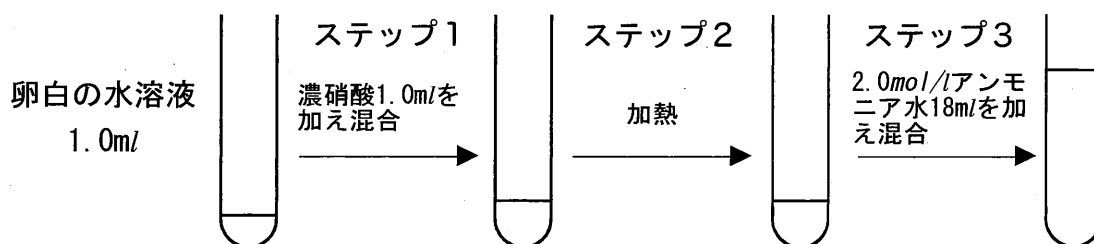


図1 キサントプロテイン反応の実験操作

問1 各ステップで起きた変化を観察し次のようにまとめた文章の空欄 (1) ~ (5) に適当な語句を入れよ。

ステップ1では、卵白は硝酸により (1) し、白濁した。ステップ2では、白濁した卵白は加熱により凝集し、同時に (2) 反応が進み、(3) 色を示すようになった。このとき、注意深く観察すると溶液も (3) 色に着色していた。ステップ3では、(3) 色の色調が著しく変化し (4) 色になった。溶液の着色の原因としては、卵白の一部が酸と熱によって加水分解して、(2) された (5) やアミノ酸が溶け出したためであると考えられる。

問2 ステップ3に関連して、次の問(1)と問(2)に答えよ。(ただし、濃硝酸の濃度は 16 mol/l とする。)

問(1) 硝酸をアンモニア水で中和した溶液と硝酸を水酸化ナトリウム水溶液で中和した溶液との間に、pH の相違があるかどうか理由を付けて説明せよ。

問(2) 卵白の水溶液の代わりに水 1.0 ml を用い、濃硝酸 1.0 ml と 2.0 mol/l アンモニア水 18 ml を順次加えた溶液の 25 °C における pH を求めよ。また、計算の過程も書け。

(ただし、25 °C におけるアンモニアの電離定数  $K_b$  を  $1.7 \times 10^{-5} (\text{mol/l})$  とし、 $\log_{10} 1.7 = 0.23$ 、 $\log_{10} 2.0 = 0.30$  を用いて計算せよ。)

問3 卵白の水溶液の代わりに、ある有機化合物の水溶液を用いてステップ1～ステップ3の操作を行うと、卵白とほぼ同じように発色し、アンモニア水を加えると色調の著しい変化が観察された。ステップ2ではいくつかの種類の化合物が生じるが、その1つの化合物Aは図2のように電離する。次の問(1)～問(3)に答えよ。

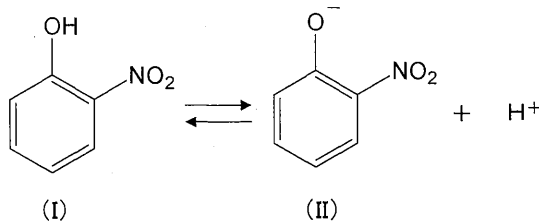


図2 化合物Aの平衡状態

問(1) 図2の成分(I)および(II)を、それぞれ“分子”および“イオン”と呼び、それぞれの濃度を[分子]および[イオン]と定義する。この定義を用いて電離定数  $K_a$  を表す式を記せ。

問(2) 25℃での各pHにおいて平衡で存在する[分子]と[イオン]の比率を求め、図3のグラフ上に各pHにおける[イオン]の割合(%)をプロットしグラフを完成せよ。グラフの作成を容易にするため、表1を用意した。表1の空欄を計算により埋め、そのデータを用いて、図3のグラフを作成するとよい。

(ただし、25℃での化合物Aの電離定数  $K_a$  は  $1.0 \times 10^{-7}$  (mol/l) とする。)

pH	$\frac{K_a}{[H^+]}$	[イオン]の割合(%)
5.0		
6.0		
7.0		
8.0		
9.0		

表1 各pHにおける化合物Aの[イオン]の割合(%)

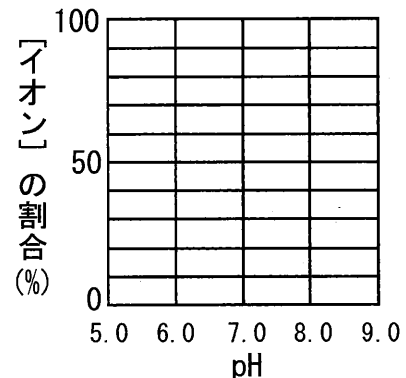


図3 各pHにおける化合物Aの[イオン]の割合(%)

問(3) 次の文中の空欄 (ア) ~ (エ) にあてはまる適切な語句を記せ。

硝酸とアンモニアの中和点におけるpHでは、化合物Aの大部分が、(ア) で存在し色も薄い。しかし、2.0 mol/lアンモニア水を増やしていくと色調が変化し、18 ml 加えたころには色調の変化がおさまった。このときのpHでは、化合物Aの大部分は(イ) が占めている。アンモニア水を増やしていったときの色調の変化は、化合物Aの(ウ) を反映したものといえよう。キサントプロテイン反応でアンモニア水を加えたときの色調の変化もこれと類似しているの、卵白中に存在する(エ) とよく似た置換基をもつアミノ酸が硝酸と反応して発色のもとになっていると考えられる。

(この頁は空白)