

化 学

医学部・工学部・応用生物科学部

問 題 冊 子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、本問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 8 ページで、解答用紙は 5 枚と白紙 3 枚である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所があった場合には、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は、5 枚の解答用紙それぞれの指定した欄すべてに必ず記入すること。
4. 問題は 5 題である。工学部・応用生物科学部への受験生は、5 題すべてに解答すること。
5. 医学部への受験生は、問題 **2**，**3**，**4**，**5** に解答すること。**1** の解答用紙には大きく×印を付すこと。
6. 解答用紙(その 1～5)の後についている白紙 3 枚は、計算用紙として使用してよい。
7. 解答用紙は持ち帰らないこと。問題冊子、計算用紙は持ち帰ること。
8. 各問題への配点は、すべて同じである。

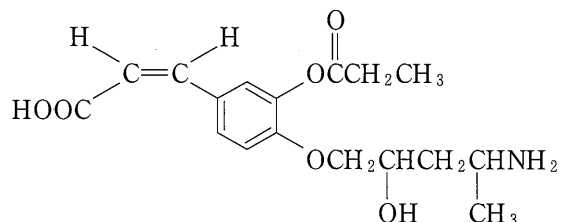
必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0

$$\sqrt{2} = 1.41, \sqrt{3} = 1.73, \sqrt{5} = 2.24$$

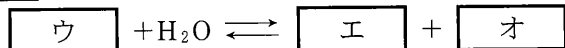
構造式は、次の例にならい簡略に示せ。ただし特に指定のない限り光学異性体を考慮する必要はない。

(例)



1 次の文を読み、以下の問1から問6に答えよ。

酢酸ナトリウムを水に溶解し、0.1 mol/lの水溶液を調製した。その溶液のpHを測定したところ、8付近の弱塩基性を示した。このことは以下のように説明できる。酢酸ナトリウムは水溶液中ではほぼ完全に **ア** しているが、このとき生じる酢酸イオンの一部は、酢酸の **イ** が小さいため、次のイオン反応式のように水と反応する。



このような反応を塩の **カ** といい、そのため、酢酸ナトリウムの水溶液は弱い塩基性を示したのである。

つぎに、この水溶液 200 ml に 6 mol/l の塩酸を 0.1 ml ずつ滴下して溶液のpH変化を観察した。最初の 0.1 ml の滴下で溶液は弱塩基性から弱酸性に変化した。そして、しばらく滴下し続けても溶液のpHは大きくは変化しなかった。その後、滴下量がある量を超えると溶液のpHは大きく低下した。

上の実験において、「塩酸を加えても溶液のpHは大きくは変化しなかった」ことを観察した。一般に少量の強酸や強塩基を加えてもpHがほぼ一定に保たれる水溶液のことを **キ** という。

問 1. **ア** , **イ** , **カ** および **キ** に最も適切な語句を答えよ。

問 2. **ウ** ~ **オ** にあてはまる適切な化学式またはイオン式を答えよ。

問 3. 次の化合物の水溶液は、酸性、中性、塩基性のいずれを示すか答えよ。

(1) 炭酸ナトリウム, (2) 塩化カリウム, (3) 硝酸ナトリウム, (4) 硫酸銅(II)

問 4. 下線部(a)ではどのような反応が起こっているかをイオン反応式で答え、溶液のpHに大きな変化がみられない理由を述べよ。

問 5. pH の定義を式で示せ。

問 6. 下線部(b)のような水溶液は化合物を組合せても調製できる。そのような組合せとなるような化合物を次のA群とB群から1つずつ選べ。

A群：硫酸, アンモニア, 水酸化ナトリウム

B群：塩化ナトリウム, 塩化アンモニウム, 硫酸カリウム

2

次の文を読み、以下の問1から問9に答えよ。計算結果は有効数字3桁で示せ。

金属は一般に電気伝導度が大きい。(a)これは金属結晶中の金属原子の結合と密接に関連している。これに対してイオン結晶は一般に電気を通さない。(b)またイオン結晶はイオン結合でできているために一般に硬いがもろく、強くたたくと割れる。(c)

ダイヤモンドは非常に硬い。これはダイヤモンド中ではすべての炭素原子が他の4個の炭素原子とある結合をしているためである。(d)一方、ダイヤモンドの同素体である黒鉛(グラファイト)は炭素原子が結合して正六角形の平面状網目構造をつくり、これが層状に積み重なってできている。(e)この層間にはたらく力は分子間力とよばれ、結合力は弱い。そのため黒鉛は軟らかい。分子間力による結合には、この他にも氷における水分子間の結合などがある。

鉄は室温では体心立方格子の結晶であり、密度(D)は 7.86 g/cm^3 、単位格子の一辺の長さ(A)は $2.87 \times 10^{-8} \text{ cm}$ 、原子量(M)は55.9である。これらの値からアボガドロ定数(N_A)が計算できる。(f)(g)体心立方格子中で鉄の原子は球であり互いに接していると仮定すると、単位格子の一辺の長さから鉄の原子半径が計算できる。(h)

また、 $911 \text{ }^\circ\text{C}$ に加熱すると鉄は面心立方格子に結晶構造が変化する。(i)このとき原子の大きさが温度によって変化せず、原子が互いに接していると仮定すると、 $911 \text{ }^\circ\text{C}$ での面心立方格子の一辺の長さを計算することができる。

問 1. 下線部(a)の電気伝導度が大きい理由を45字以内で説明せよ。

問 2. 下線部(b)のようにイオン結晶は一般に電気を通さないが、ある操作をすると電気伝導を示すようになる。イオン結晶に以下の操作を行ったとき、電気伝導を示すものに○、そうでないものに×を書け。

- (ア) 粉末にする (イ) 水溶液にする (ウ) 融解する

問 3. 下線部(c)のイオン間にはたらく力を何というか答えよ。

問 4. 下線部(d), (e)にあてはまる結合の名称を答えよ。

問 5. 下線部(e)と同様の結合が重要な役割をはたすものを、下の(ア)~(ウ)からすべて選び記号で答えよ。

- (ア) ポリペプチドがらせん構造をとる。
 (イ) イソプレンの重合体がゴム弾性を示す。
 (ウ) HFの沸点はHCl, HBr, HIの沸点より高い。

問 6. 下線部(f)の体心立方格子では単位格子あたり何個の原子が存在しているか答えよ。

問 7. 下線部(g)のアボガドロ定数(N_A)を, 密度(D), 単位格子の長さ(A), 原子量(M)の関係で示せ。

問 8. 下線部(h)の原子半径を計算し, cm 単位で答えよ。

問 9. 下線部(i)の長さを計算し, cm 単位で答えよ。

3 溶液 A～C を調製し、実験 1～4 を行った。以下の問 1 から問 8 に答えよ。計算結果は有効数字 3 桁で示せ。

溶液 A : シュウ酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$: 式量 134) 1.68 g を正確にはかり、蒸留水に溶解して全量を 100 ml とした。

溶液 B : ある量の過マンガン酸カリウムを蒸留水に溶解し、赤紫色の溶液を調製した。

溶液 C : 市販の過酸化水素水を蒸留水で希釈し、全量を 500 ml とした。

実験 1 : 10.0 ml の溶液 A を正確にはかり取り、これに濃度約 9 mol/l の硫酸約 5 ml を加えて加温した。この溶液に対して、溶液 B をビュレットに入れて滴下し、薄く色がついて消えなくなったところを終点とした。滴下した溶液 B の量と溶液 A のモル濃度から、溶液 B のモル濃度を求めたところ、0.0504 mol/l であった。

実験 2 : 20.0 ml の溶液 B に溶液 C を 17.5 ml 加えたところ、茶色の沈殿が生じて濁った溶液となった。さらに溶液 C を 5 ml 加えたが、顕著な変化は認められなかった。

実験 3 : 10.0 ml の溶液 B を正確にはかり取り、これに濃度約 9 mol/l の硫酸約 5 ml を加えて加温した。この溶液に、溶液 C を 14.4 ml 加えると非常に薄い赤色(ほぼ無色)の溶液となった。

実験 4 : 実験 3 の下線部(d)溶液に、さらに 5 ml の溶液 C を加えたが、顕著な変化は認められなかった。この溶液に、ヨウ化カリウム水溶液を加え、さらにデンプン水溶液を加えて混ぜたところ青紫色になった。

問 1. 下線部(a), (c), (d)に含まれるマンガンの酸化数を答えよ。

問 2. 実験 1 では、過マンガン酸カリウム 1 mol につき、2.5 mol のシュウ酸ナトリウムが反応している。実験 1 でビュレットから滴下した溶液 B の量を求めよ。

問 3. 実験 1 で下線部(b)の硫酸を加えた理由を述べよ。

問 4. 実験 3 では還元反応と酸化反応が起きている。それらの反応を電子を含むイオン反応式でそれぞれ示せ。また、それらの反応式をもとに実験 3 の反応をイオン反応式で示せ。

問 5. 実験 3 の結果より溶液 C のモル濃度を求めよ。

問 6. 下線部(e)により起こった反応を反応式で示せ。

問 7. 実験 4 の下線部(e)の反応において過酸化水素とヨウ化カリウムは、それぞれ還元剤であるか酸化剤であるか答えよ。

問 8. 下線部(f)の呈色反応の名称を答えよ。

4 以下の問 1 から問 4 に答えよ。

問 1. 次の(a)から(e)の分子またはイオンの構造を電子式で表せ。

- (a) ヨウ素 (b) アンモニア (c) ホルムアルデヒド
(d) アンモニウムイオン (e) シアン化物イオン

問 2. 次の(a)から(e)の各記述のうち正しいものに○を、誤っているものに×を書け。

- (a) イオン化エネルギーが大きい原子ほど陽イオンになりやすい。
(b) 同じ電子配置の陽イオンどうしではイオンの価数が小さいほどイオンの大きさが大きい。
(c) 希ガスを除く第 2, 第 3 周期の元素では周期表の右にいくほど電気陰性度の値が大きい。
(d) 四塩化炭素 CCl_4 は電気陰性度の大きな塩素原子が結合しているため極性分子である。
(e) オキシニウムイオンは水分子中の酸素原子の非共有電子対に H^+ が配位結合してできているため、3つの酸素—水素結合のうち一つは結合距離や結合エネルギーなどが異なる。

問 3. 次の(a)から(d)の各記述にあてはまるすべての化合物を下の(ア)～(オ)の化合物群から選び、記号で答えよ。ただし、同じ化合物を何度選んでもよい。

- (a) 不飽和結合をもたない。
(b) 非共有電子対をもつ。
(c) すべての炭素原子が同等の結合をもっている。
(d) 臭素水を加えて振り混ぜるとすみやかに臭素水の褐色が消える。

[化合物群]

- (ア) ヘキサン (イ) 2-ヘキセン (ウ) シクロヘキサン
(エ) ベンゼン (オ) フェノール

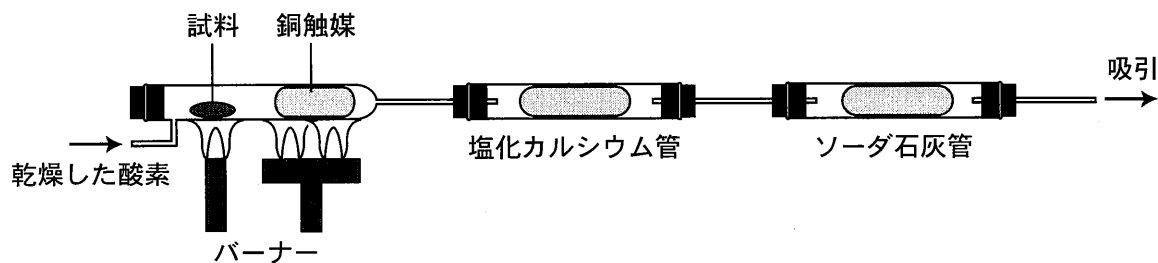
問 4. 塩素には相対質量が 35.0 の ^{35}Cl と 37.0 の ^{37}Cl の同位体が存在する。 ^{35}Cl と ^{37}Cl の存在割合がそれぞれ 70.0 % と 30.0 % である塩素からなるジクロロメタン(塩化メチレン)について以下の問に答えよ。ただし、炭素と水素には同位体が含まれず、それぞれの相対質量が 12.0 および 1.0 であり、分子量は構成する原子の相対質量の和であるとする。

- (a) このジクロロメタンには質量の異なる分子が何種類存在するか答えよ。
(b) 上記(a)の質量の異なるジクロロメタン分子の存在割合を、質量の小さいものから順に百分率で示せ。
(c) このジクロロメタンの平均の分子量を小数点以下 1 桁まで計算せよ。

5

次の文を読み、以下の問 1 から問 8 に答えよ。

炭素、水素および酸素だけからなる質量 3.72 mg の有機化合物 A の元素分析を行うため、下図のように乾燥した酸素中で銅触媒と共に有機化合物 A を完全に燃焼させた。発生した気体を、先に塩化カルシウム管に通じ、続いてソーダ石灰(酸化カルシウムと水酸化ナトリウムの混合物)管に通じて完全に吸収させた。次に、あらかじめ精密に質量を測定しておいたそれぞれの管の気体吸収後の質量を測定した。その結果、塩化カルシウム管は 4.52 mg、ソーダ石灰管は 8.86 mg 質量が増加していた。



- 問 1. 塩化カルシウム管およびソーダ石灰管で吸収された気体の物質名をそれぞれ答えよ。
- 問 2. 元素分析装置の塩化カルシウム管とソーダ石灰管の順序を逆にした場合、上で示した質量の測定結果と大きく異なっていた。その理由を簡潔に述べよ。
- 問 3. 有機化合物 A に含まれていた炭素、水素、酸素の質量 (mg) をそれぞれ求めよ。計算結果は小数点以下 2 桁まで示せ。また、有機化合物 A の分子量を測定したところ 74 であった。有機化合物 A の分子式を求めよ。
- 問 4. 有機化合物 A は単体のナトリウムと反応する。このとき発生する気体の物質名を答えよ。
- 問 5. 有機化合物 A として考えられる化合物の構造式をすべて示せ。
- 問 6. 有機化合物 A の水溶液にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を少量加えて温めると、特有の臭気をもつ黄色結晶が生じた。この黄色結晶の化学式と物質名を答えよ。
- 問 7. 有機化合物 A の構造式とその名称を答えよ。

問 8. 有機化合物 A の構造異性体で、単体のナトリウムと反応しないものが存在する。そのような構造異性体の構造式をすべて示せ。