

化 学

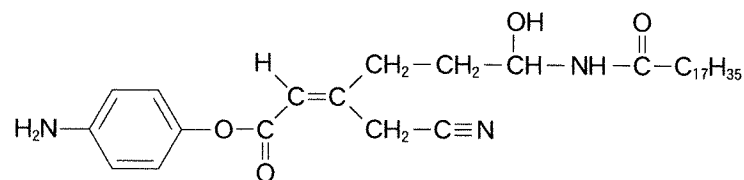
教育学部・医学部・工学部・応用生物科学部

問題冊子

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。
2. 本問題冊子は 10 ページで、医学部は解答用紙 4 枚、その他の学部は解答用紙 5 枚である。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所などがあった場合には、ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 受験番号は医学部 4 枚、その他の学部 5 枚の解答用紙のそれぞれ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。教育学部・工学部・応用生物科学部の受験生は、5 題すべてに解答すること。
5. 医学部の受験生は、問題 **1** , **2** , **3** , **4** に解答すること。
6. 解答は解答用紙の指定箇所に記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。
7. 解答用紙は持ち帰らないこと。問題冊子は持ち帰ること。
8. 大問ごとに満点に対する配点の比率を表示してある。
9. 必要があれば、次の数値を用いよ。計算結果は、特に指定がない限り有効数字 2 桁で示すこと。
原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,
Cl = 35.5, Zn = 65.4
アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$
気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$
ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$
10. 気体は指定がない限り理想気体としてふるまうものとする。
11. 構造式は、特に指定がない限り、次の例にならい簡略に記すこと。

(例)



1 次の文章を読み、以下の問1から問10に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

水素は、周期表1族の元素であるが、いろいろな性質がナトリウムやカリウムなどの他の1族の元素とは異なっている。実験室では、水酸化ナトリウム水溶液を電気分解すると、ア極から水素が得られる。亜鉛を希硫酸と反応させても、水素が発生する。また、水素は、工業的には、石油の成分を高温の水蒸気と反応させるなどの方法で得られる。水素は、アンモニアや塩化水素の製造に用いられるほか、燃料電池やロケットの燃料などに利用されている。

水素と窒素を高温、高圧で、四酸化三鉄を用いて反応させると、アンモニアが発生する。アンモニアから段階的に一酸化窒素、二酸化窒素をつくり、二酸化窒素を水に吸収させると硝酸^(d)ができる。塩化水素は、工業的には水素と塩素を直接反応させてつくられる。塩化水素は水によく溶け、その水溶液が塩酸である。塩酸は、強酸である。アンモニアも水によく溶け、アンモニア水は強塩基性ではなく、弱塩基性を示す。一方、塩化アンモニウムの水溶液は、中性ではなく、弱酸性を示す。実験室では、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱することによりアンモニアを得ることができる。

問 1. ア にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)について、亜鉛を希硫酸と完全に反応させ、発生した水素をすべて捕集したところ、 1.5×10^5 Pa、 27°C で6.0 Lであった。以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) この反応の化学反応式を示せ。
- (2) このとき発生した水素は、何 mol か求めよ。
- (3) この反応では、亜鉛は、何 g 必要か求めよ。

問 3. 下線部(b)の燃料電池では、水素と酸素の反応を利用し、燃焼による熱エネルギーを得るかわりに電気エネルギーを取り出す。燃料電池の正極と負極で起こるそれぞれの反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。

問 4. 下線部(c)の物質は、何としてはたらいっているか答えよ。

問 5. 下線部(d)について、以下に示す化合物中の窒素原子の酸化数をそれぞれ示せ。

- (1) アンモニア (2) 一酸化窒素 (3) 二酸化窒素 (4) 硝酸

問 6. 下線部(e)について、その理由を 30 字以内で述べよ。

問 7. 下線部(f)について、その理由を、反応式を交えながら説明せよ。

問 8. 下線部(g)の反応の化学反応式を示せ。

問 9. pH = 3 の塩酸 500 mL をつくるには、0.10 mol/L の塩酸が何 mL 必要か答えよ。ただし、塩酸の電離度は 1.0 とする。

問10. 実験室内で発生させた水素とアンモニアを捕集する場合、最も適切な方法を、以下の①～③の中からそれぞれ選び、番号で答えよ。

- ① 水上置換 ② 上方置換 ③ 下方置換

2

以下の問1と問2に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

問1. 次の文章を読み、以下の(1)~(4)の問いに答えよ。

水溶液中において溶解度が小さい難溶性金属塩には、
ア {硫酸バリウム | 硝酸カリウム} や塩化銀、銅(II)イオンに硫化水素を反応させて
生じる黒色の イ が知られている。このような難溶性の塩の反応性について考
える。例えば、塩化銀の飽和水溶液に気体の塩化水素を吹き込むと、水溶液中での溶解平衡に
おいて、塩化銀の溶解度が小さくなる。これは、平衡に関する物質の添加によって平衡移
動が生じる現象である。一方、固体の塩化銀は、アンモニア水と反応すると溶解する性質を
もつ。

- (1) ア にあてはまる適切な語句を{ }内から選び答えよ。また、イ
にあてはまる化合物を、化学式で示せ。
- (2) 下線部(a)の現象について、次の反応例を考える。 $1.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の硝酸銀の水溶液
100 mLを調製し、ここに同濃度の塩化ナトリウム水溶液を少量加える。溶液の混合によ
る体積変化は無視できるほど小さいとするとき、この反応で生じる塩化銀が沈殿しない範
囲で加えられる塩化ナトリウムの添加量[g]は、最大でいくらとなるか求めよ。ただし、
塩化銀の溶解度積 K_{sp} は、 $1.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ とする。
- (3) 下線部(b)の塩化銀の反応で生じる生成物の化学式を答えよ。また、このような形態のイ
オンの一般的名称を答えよ。
- (4) 塩化銀に光を当てると、沈殿物の色が次第に変化した。沈殿物の色は何色から何色に変
化したか、答えよ。また、この現象を化学反応式で示せ。

問 2. 次の文章を読み、以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

14 族の元素であるスズは、酸化数が +2 および の化合物をつくる。例えば、塩化スズ(II)は、 が強く、有機化合物の合成用試薬として用いられる。単体のスズと同様、13 族の元素のアルミニウムは、酸とも強塩基とも反応する両性の性質をもち、水酸化ナトリウム水溶液と反応すると水素が発生する。また、^(c)12 族の元素の亜鉛イオンを含む水溶液に少量の水酸化ナトリウム水溶液を加えると、 のゲル状沈殿 が生成する。

(1) ~ にあてはまる適切な語句を{ }内から選び、それぞれ答えよ。また、 については、化学式を示せ。

(2) 下線部(c)の単体のアルミニウムの反応を、化学反応式で示せ。

(3) 下線部(c)の反応において、単体のアルミニウムを 5.0 g 用いるとき、発生する水素の標準状態での体積[L]を求めよ。ただし、未反応のアルミニウムは残らず、水素の生成が 100 %進むものとする。

3 以下の問1と問2に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

問 1. 次の文章を読み、以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

炭素、水素、酸素、窒素からなる化合物 X がある。化合物 X の分子式を求めるために以下の実験を行った。

化合物 X に含まれる炭素と水素の含量を求めるため、6.50 mg の化合物 X を酸化銅(II)を詰めた燃焼管に入れ、乾燥した酸素を通しながら完全燃焼させた。このとき、燃焼管につないだ塩化カルシウム管の質量が 3.90 mg 増加し、また、ソーダ石灰管の質量は 7.70 mg 増加した。これより、化合物 X 6.50 mg 中に水素が mg、炭素は mg 含まれていることになる。

有機化合物に含まれる窒素含量は有機化合物を二酸化炭素気流下で酸化銅(II)とともに高温に加熱し、分解して生じた気体 N_2 の体積から求めることができる。いま、6.50 mg の化合物 X をこの方法で完全に加熱分解したところ、生成した気体 N_2 は 1.013×10^5 Pa、 $27^\circ C$ で 1.10 mL であった。化合物 X 中の窒素が全て気体の N_2 に分解したとすると、化合物 X 6.50 mg 中に窒素は mg 含まれていることになる。また、この化合物 X は分子量が 75 であることが実験によって求められた。以上より、この化合物の分子式は、 となる。

化合物 X はニンヒドリン溶液を加えると青紫色を呈し、またアルコールと反応させると エステルが生じた。^(a) 化合物 X は一般の有機化合物に比べて融点が高く、水に溶けやすいが 有機溶媒には溶けにくい。^(b)

(1) ~ にあてはまる適切な数値と、 にあてはまる適切な分子式を答えよ。ただし数値は有効数字3桁で答えよ。

(2) 下線部(a)よりわかる化合物 X の物質名と構造式を示せ。

(3) 化合物 X が下線部(b)の性質を示すのは、化合物 X が結晶中で特徴的なイオンの状態で存在するからである。この特徴的なイオンの一般的な名称と、このイオンの状態がわかるように化合物 X を構造式で示せ。

問 2. 次の文章を読み、以下の(1)~(4)の問いに答えよ。

分子式 $C_5H_{10}O_2$ で表される中性の化合物 A と B がある。これを希硫酸で加水分解すると化合物 A からは C と D, 化合物 B からは E と F が生じた。

化合物 C と E は共に常温では液体で、金属ナトリウムと反応して水素を発生する。

化合物 D と F を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると、どちらからも二酸化炭素が発生して溶ける。

化合物 F はアンモニア性硝酸銀水溶液から銀を析出させる。

化合物 D はエタノールを酸化して得られる物質であり、D に脱水剤を加えて加熱すると分子間で脱水縮合して化合物 G となる。

- (1) 化合物 F の構造式を示せ。
- (2) 化合物 E として考えられる物質の構造式をすべて示せ。
- (3) 化合物 G の構造式を示せ。また、G のような脱水縮合した化合物のことを何というか。その一般的名称を答えよ。
- (4) 化合物 C と E が共にヨードホルム反応を示した場合に考えられる元の化合物 A と B の構造式を示せ。

4 次の文章を読み、以下の問1から問5に答えよ。

(配点比率 医：25%，教育・工・応生：20%)

セルロースは植物の細胞壁の主成分で、植物体の30～50%を占めている。セルロースを
ア {濃い | 薄い} 水酸化ナトリウム水溶液に浸した後、二酸化炭素と反応させ、その後に
イ {濃い | 薄い} 水酸化ナトリウム水溶液に溶かすと、ウ と呼ばれる粘性の大きい溶液^(a)が得られる。ウ を細孔から希硫酸中に押し出してセルロースを糸状に再生させたものを エ という、膜状に再生させたものを オ という。また、セルロースを濃硝酸と濃硫酸の混合物に浸して放置し、水洗後に乾かすと カ^(b) が得られる。
カ は点火すると、一瞬で燃えつきる。セルロースは、酵素の一つである キ^(c) によって加水分解されると、その水溶液が還元性を示す二糖の ク^(d) になる。

問 1. ア ～ ク にあてはまる適切な語句あるいは化合物名をそれぞれ答えよ。
ただし、ア および イ には{ }内から適切な語句を選び、答えよ。

問 2. 下線部(a)に関する以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 直径1～10² nm程度の大きさの粒子が液体中に分散し、流動性があるものを一般に何と呼ぶか。その名称を2文字で答えよ。

(2) このような溶液に電極を浸して直流電圧をかけると粒子はどちらかの電極のほうに移動する。このような現象を何というか、その名称を答えよ。

問 3. 下線部(b)に関する以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) セルロースから カ が生成する反応を化学反応式で示せ。なお、セルロースの重合度は n とせよ。

(2) セルロース 100 g を使用したときに得られる カ の質量 [g] を求めよ。

問 4. 下線部(c)に関する以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) 次の文章中の ケ および コ にあてはまる適切な語句を答えよ。

酵素は決まった基質にしか作用しない。例えば、トリプシンはタンパク質をペプチドやアミノ酸に分解するが、油脂を分解しない。一方、リパーゼは油脂を ケ とモノグリセリドに分解するが、タンパク質には作用しない。このような性質を酵素の コ という。

(2) スクロースは酵素インベルターゼによってグルコースとフルクトースに加水分解される。グルコースとフルクトースの等量混合物は転化糖とよばれる。また、マルトースは酵素マルターゼによってグルコースに加水分解される。転化糖とマルトースを重量比 2:1 の割合で均一に混ぜた混合物 10 g を水で十分に希釈した後、この水溶液にマルターゼを作用させた。この酵素反応後に溶液中に含まれるグルコースの質量 [g] を求めよ。

問 5. 下線部(d)に関連して、水溶液としたときに還元性を示さないものを以下の①～⑤からすべて選び、番号で答えよ。

- ① アミロース
- ② トレハロース
- ③ マルトース
- ④ ラクトース
- ⑤ リボース

5

次の文章を読み、以下の問1から問4に答えよ。

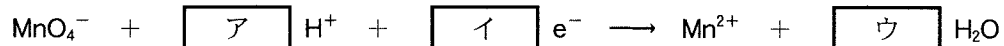
(配点比率 教育・工・応生：20%)

河川や湖沼などの水の汚染の程度を示す指標の一つに化学的酸素要求量(COD)がある。CODは、試料水中に被酸化性物質(主に有機化合物)がどれくらい含まれるかを示す値であり、試料水に過剰量の過マンガン酸カリウムなどの酸化剤を加えて一定の条件下で反応させたのち、消費された酸化剤の量から、それに相当する酸素 O_2 の消費量[mg/L]に換算して表わす。

ここに、ある湖沼から採取した試料水 A がある。この試料水 A の COD を調べるため、以下のような一連の操作を行なった。

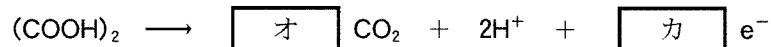
[操作 I] 100 mL の試料水 A を三角フラスコにとり、希硫酸を加えて硫酸酸性条件にした。そこに 5.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液 10.0 mL を加えて振り混ぜ、直ちに沸騰水中で 30 分間加熱した。

本操作により、試料水中の有機化合物を過マンガン酸カリウムによって完全に酸化する。過マンガン酸カリウムが硫酸酸性条件下で酸化剤としてはたらくときの電子 e^- を含むイオン反応式は次の通りである。



[操作 II] 1.25×10^{-2} mol/L のシュウ酸ナトリウム水溶液 10.0 mL を加えてよく振り混ぜた。シュウ酸ナトリウムは、硫酸酸性条件下ではシュウ酸となる。

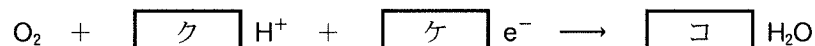
本操作により、試料水中に残存する過マンガン酸カリウムをシュウ酸により完全に還元することで、試料水 A の色が $\boxed{\text{エ}}$ となった。このときのシュウ酸の電子 e^- を含むイオン反応式は次の通りである。



[操作 III] 操作 II の後、試料水の温度を $60 \sim 80^\circ\text{C}$ に維持しながら、 5.00×10^{-3} mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定した。試料水の色が $\boxed{\text{エ}}$ から $\boxed{\text{キ}}$ に変化した点を終点としたところ、終点までに 4.50 mL を要した。

試料水中の COD を求めるため、有機化合物を酸化するのに要した過マンガン酸カリウム量に相当する酸素 O_2 消費量[mg/L]を求めた。

酸素が酸化剤としてはたらくときの電子 e^- を含むイオン反応式は次の通りである。



問 1. ア ~ コ にあてはまる適切な語句または数字を答えよ。

問 2. 試料水 A の COD [mg/L] を求めよ。

問 3. 試料水中には、通常、塩化物イオンが存在し、この塩化物イオンによって正確な COD 測定結果が得られない。そこで、より正確な COD 測定結果を得るために、試料水に硝酸銀水溶液を添加して塩化物イオンを取り除くことがある。試料水中に塩化物イオンが含まれると正確な COD の測定結果が得られない理由を説明せよ。

問 4. 次の文章を読み、以下の(1)~(3)の問いに答えよ。

COD 測定の酸化剤として、二クロム酸カリウムを用いることがある。二クロム酸カリウムを用いた COD 測定では、硫酸存在下の試料水に過剰量の二クロム酸カリウム水溶液を添加して煮沸後、残存した二クロム酸イオンを硫酸アンモニウム鉄(II)水溶液で滴定して、試料水中の被酸化性物質量を測定する。

- (1) 硫酸酸性条件下で二クロム酸イオンが酸化剤としてはたらくときの反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。
- (2) 鉄(II)イオンが還元剤としてはたらくときの反応を、電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。
- (3) 下線部の残存した二クロム酸イオンを硫酸アンモニウム鉄(II)水溶液で滴定するときの反応を、イオン反応式で示せ。

