

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. 問題冊子は 9 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。

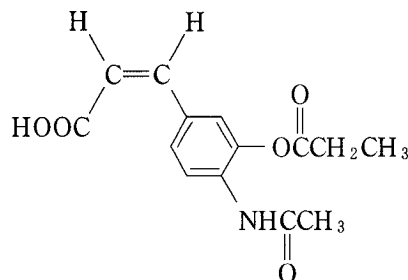
必要があれば、次の数値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0, Cl = 35.5

ファラデー定数 = 9.65×10^4 C/mol

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7に答えよ。計算結果は有効数字3桁で示せ。

気体状態の原子から **ア** の電子を1個取り去って1価の陽イオンにするのに必要なエネルギーを **イ** という。同周期の元素では、原子番号が **ウ** ほど原子核の電荷が増え、電子を束縛するので **イ** が大きくなる傾向にある。同族の元素では、周期が増えるほど **イ** は **エ** なる。逆に原子が1個の電子を受け取って **オ** イオンになるときに放出するエネルギーを **カ** という。

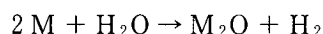
水素を除く1族元素を **キ** という。この元素の金属単体は、空気中の酸素や水と反応しやすいため、通常石油中で保存される。

ハロゲンは、周期表の **ク** 族に属する元素である。その単体は、強い酸化作用を示す。また、ハロゲンの代表的な化合物であるハロゲン化水素は、無色で刺激臭をもつ気体であり、水に良く溶けて酸性を示す。

問 1. **ア** ~ **ク** にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)の1族元素の単体はすべて金属である。これらの金属について、以下の(1)~(5)の記述から、正しいものを一つ選べ。

- (1) リチウム、ナトリウム、カリウムの中で最も密度が大きいのはカリウムである。
- (2) 融点は高い順に、リチウム>カリウム>ナトリウムである。
- (3) 100 g の塩化ナトリウムから、39.3 g のナトリウムを得ることができる。
- (4) 金属元素の単体を M とすると、水との反応の化学反応式は次式になる。



- (5) リチウムは炎色反応で黄色を示す。

問 3. ナトリウムの単体が完全に酸化されて、酸化ナトリウム(Na_2O)と過酸化ナトリウム(Na_2O_2)の1:1(物質量の比)の混合物が140 g 得られた。もとのナトリウムの単体は何gか答えよ。

問 4. 下線部(b)について、ハロゲンの単体4種類をとりあげ、酸化力の強い順に不等号を入れて化学式で答えよ。

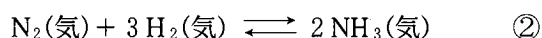
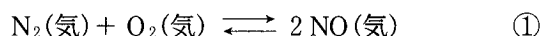
問 5. フェノールの水溶液に十分な量の臭素水を作用させたときの生成物の構造式と、その名称を答えよ。

問 6. 下線部(C)について、分子量が最も小さいフッ化水素は他のハロゲン化水素から予想される値よりも著しく沸点が高い。その理由を 40 字以内で答えよ。

問 7. 濃硫酸を用いてフッ化水素および塩化水素を得るための反応をそれぞれ化学反応式で示せ。

2 次の文を読み、以下の問1から問6に答えよ。計算結果は有効数字3桁で示せ。

窒素は空気中に多量に存在する元素である。窒素を資源化する試みとして、高温にして一酸化窒素を得る反応(式①)や、液体空気の で窒素を分離し、水素と反応させるアンモニア合成反応(式②)がある。前者は吸熱反応、後者は発熱反応である。また白金触媒を用いて、アンモニアを酸素と反応させて二酸化窒素とし、 の合成に用いる。周期表の15族元素が水素と結合して生成する化合物の中では、アンモニアの沸点は分子量から予想される値よりも異常に高い。アンモニアは水に溶けて塩基性を示し、金属イオンに 結合して を形成する。

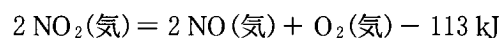


問1. ~ にあてはまる適切な語句を答えよ。

問2. 下線部(a)について、地表の大気圧が $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ (760 mmHg) のとき、地表面の 1 m^2 の上にある空気層は何 kg の窒素を含むか答えよ。ただし、空気を体積比で窒素と酸素の4 : 1 混合気体とし、水銀の密度を 13.6 g/cm^3 とする。

問3. 下線部(b)について、 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ で 1 mol のアンモニアを酸素と反応させる。以下の問に答えよ。

(1) 次の熱化学方程式を用いて発生する熱量を答えよ。



(2) 必要な酸素は何 g か答えよ。

問4. 窒素 1 mol と水素 3 mol を $V[\text{l}]$ の容器に入れ、体積を一定にして $500 \text{ }^\circ\text{C}$ で平衡に到達させたとき、アンモニアが $x \text{ (mol)}$ 生成した。次の式で表される平衡定数 K を x と V を用いて示せ。

$$K[(\text{mol/l})^{-2}] = \frac{[\text{NH}_3]^2}{[\text{N}_2][\text{H}_2]^3}$$

問5. 下線部(c)について、以下の問に答えよ。

(1) 周期表の15族元素の価電子数を答えよ。

(2) 窒素以外の周期表の15族元素が水素と結合して生成する化合物を一つ化学式で示せ。

問 6. 次の文の下線部が正しければ○印を，間違っていれば適切な語句を記せ。

- (1) 式①の反応で，平衡に達した反応混合物を冷却すると一酸化窒素が分解する。
- (2) アンモニアは比熱が大きく，冷凍機の冷媒に使われる。
- (3) 体積一定で式②の反応が平衡にあるとき，反応混合物にヘリウム(気)を加えた場合，平衡は右に移動する。
- (4) 硫酸銅水溶液にアンモニア水を加えると青白色沈殿が生成するが，アンモニア水を過剰に加えると無色溶液になる。
- (5) 25℃の水溶液中におけるアンモニアの電離定数 K_b は次の式で表される。

$$K_b[\text{mol/l}] = \frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]}$$

水のイオン積を $K_w[(\text{mol/l})^2]$ とすると，濃度 $c[\text{mol/l}]$ の塩化アンモニウム水溶液の 25℃における水素イオンのモル濃度は $\sqrt{cK_b/K_w}$ で表すことができる。

3 次の文を読み、以下の問1から問6に答えよ。計算結果は有効数字3桁で示せ。

地殻中の元素は、酸素、ケイ素、アルミニウムの順に多く、ケイ素は主に酸化物である ア として天然に存在する。ア を水酸化ナトリウムとともに融解すると、ケイ酸ナトリウムが生じる。(a) ケイ酸ナトリウムに水を加え加熱すると、粘性をもつ イ が得られる。イ に塩酸を加えると、ケイ酸が半透明のゲルとして得られる。これを熱して脱水すると、無定形固体のシリカゲルが得られる。シリカゲルは、乾燥剤や脱水剤として用いられる。

アルミニウムの単体は、鉱石の ウ から得られる酸化アルミニウムを融解塩電解して製造される。酸化アルミニウムは融点が約 2000℃ と高いが、エ を混ぜると約 1000℃ で融解する。この融解塩に炭素を電極として電流を通じると、アルミニウムは オ 極に析出する。アルミニウムの単体は強酸にも強塩基にも反応し、水素を発生して溶解する。(b)

問 1. ア ~ オ にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)の反応を化学反応式で示せ。

問 3. 乾燥剤としてシリカゲルを用いることが適当でない気体を下から一つ選べ。また、その理由を 60 字以内で答えよ。

〔一酸化炭素、二酸化炭素、窒素、アンモニア、酸素、二酸化硫黄〕

問 4. アルミニウムイオンを含んだ水溶液の電気分解では、アルミニウム単体は得られない。その理由を 60 字以内で答えよ。

問 5. アルミニウムの単体を得るために、電圧 5.00 V、電流 3.00×10^4 A の条件で 15.0 時間炭素棒に電流を通じて、融解塩電解を行った。得られたアルミニウムの質量[kg]を求めよ。ただし、加えた電気エネルギーは、すべてアルミニウムの融解塩電解に使用されたとする。

問 6. 下線部(b)について、アルミニウムと塩酸の反応、およびアルミニウムと水酸化ナトリウム水溶液の反応をそれぞれ化学反応式で示せ。

4 次の問題[I]と[II]に答えよ。計算結果は有効数字3桁で示せ。

[I] 次の実験1から実験3に関する文を読み、以下の問1から問5に答えよ。

実験1：分子式が $C_{11}H_{12}O_4$ で、分子中に二つの $-COO-$ 結合を持つ化合物Aを水酸化ナトリウム水溶液中で完全に加水分解した。この反応溶液に食塩とジエチルエーテルを加えて振り混ぜ、エーテル層Iと水層Iを分離した。このエーテル層Iには化合物Bが含まれていた。水層Iに二酸化炭素を吹き込み、次にジエチルエーテルを加えて振り混ぜ、エーテル層IIと水層IIを分離した。エーテル層IIから、弱酸性化合物Cが得られた。水層IIに塩酸を加えると、2価のカルボン酸Dが得られた。

実験2：化合物Bを含むエーテル層Iからジエチルエーテルを除いた後、ニクロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液を加えて温めると、ケトンEが得られた。

実験3：化合物Dにエタノールと少量の硫酸を加えて加熱すると、分子内に二つの $-COO-$ 結合を有する分子量146の化合物Fが得られた。この化合物Fの元素分析を行った。

問1. 実験1で、水層Iに二酸化炭素を吹き込むと、化合物Cと化合物Dが分離される理由を100字以内で答えよ。ただし、化合物Cと化合物Dの名称を文章に含めよ。

問2. 化合物Cを呈色反応で検出する方法を40字以内で答えよ。

問3. 実験2で得られたケトンEの構造式を示せ。

問4. 実験3で得られた化合物Fの元素分析を行う時、予想される炭素の質量百分率を示せ。

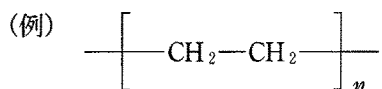
問5. 化合物Aの構造式を示せ。

[II] 次の文を読み、以下の問1から問4に答えよ。

ポリビニル系の合成高分子は、通常、単量体のビニル化合物の付加重合で合成される。ところが、ポリビニルアルコール(PVA)の単量体のビニルアルコールは不安定な化合物で、直ちに異性体の **ア** に変化する。そこでまず、アセチレンに酢酸を付加させて **イ** とし、これを付加重合させてポリマーGとする。ポリマーG中には多数の **ウ** 結合があるため、水酸化ナトリウム水溶液でけん化されてPVAが得られる。

問 1. **ア** ~ **ウ** にあてはまる適切な語句を答えよ。

問 2. 下線部(a)と(b)の反応式を構造式を用いて示せ。ただし、ポリマーGの構造式は、繰り返し単位がわかるように例にならって示せ。



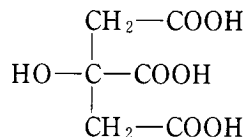
問 3. ポリマーG 5.00 g を 1.00 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液で完全にけん化する場合、水酸化ナトリウム水溶液何 ml を必要とするか答えよ。

問 4. アセチレン 65.0 kg を原料とし、上記の反応によってPVAを合成する時、何 kg のPVAが得られるか答えよ。ただし、各反応は完全に進行し、反応物および生成物の損失はないものとする。

5 次の問題〔Ⅰ〕と〔Ⅱ〕に答えよ。

〔Ⅰ〕 次の文を読み、以下の問1から問4に答えよ。

レモン果汁は主な酸としてクエン酸(右の構造式で示される3価の酸)を含んでいる。クエン酸に関して以下のような手順で実験1と2を行った。



実験1：レモン果汁 100 ml をビーカーにとり、60℃程度まで加熱し、炭酸カルシウムの粉末を少しずつ加えると泡が発生し、単一な組成の沈殿が生じた。この沈殿をろ過して集め、ビーカーに移し、希硫酸を加えて、ガラス棒でかき混ぜながら数分加熱した後、溶液を冷却すると白い沈殿が得られた。この沈殿をろ過し、ろ液を蒸発皿に入れて加熱濃縮し、放冷すると結晶が析出した。さらに、この結晶を熱湯に溶かして再結晶させると、純粋なクエン酸一水和物が得られた。

実験2：実験1で得られたクエン酸一水和物(0.920 g)を水で溶かして100 ml とした。この水溶液 10.0 ml をとり、フェノールフタレインを加えて、0.100 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定した。

問 1. 実験1はレモン果汁からクエン酸を分離する方法である。下線部(a)~(c)にあてはまる適切な化合物を化学式で答えよ。

問 2. 実験2の指示薬としてフェノールフタレインを用いる理由を80字以内で述べよ。

問 3. 実験2で調製したクエン酸水溶液の25℃におけるpHを求めよ。クエン酸の電離度は、1より非常に小さく、第一電離定数は、25℃で 8.22×10^{-4} mol/l で、第二、第三電離定数は、第一電離定数に比べて非常に小さく無視できるものとする。必要ならば、 $\log_{10} 2 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3 = 0.48$ を用い、計算結果は小数第2位まで答えよ。

問 4. 実験2でクエン酸水溶液の中和に必要な0.100 mol/l の水酸化ナトリウム水溶液の体積 [ml] を求めよ。計算結果は有効数字3桁で示せ。

[II] 以下の問1と問2に答えよ。

問 1. 以下の ～ にあてはまる化合物の名称と構造式を答えよ。

- (1) 油脂に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱すると、脂肪酸ナトリウムと が生成する。
- (2) は、ヘキサメチレンジアミンと縮合重合(縮重合)して6,6-ナイロン(ナイロン66)を生じる。
- (3) 分子式 $C_8H_6O_4$ で表される芳香族の2価カルボン酸の は、PET^{ペット}ボトルの原料となる。
- (4) メタノールを酸化して得られるカルボン酸である は、刺激臭のある無色の液体で還元性を示す。
- (5) 分子式 $C_4H_4O_4$ で表される2価のカルボン酸には、幾何異性体が存在する。そのうち、加熱により酸無水物をつくるカルボン酸は である。

問 2. 次の文を読み、(1)～(3)に答えよ。

油脂 A は、2種類の直鎖状の脂肪酸(炭素数18の飽和脂肪酸と二重結合(C=C)を有する不飽和脂肪酸)から構成されている。 1.59×10^{-2} molの油脂 A は、 3.18×10^{-2} molの水素を付加して油脂 B に変化した。つぎに、油脂 B を完全にけん化した後、得られた混合液を酸性にし、ジエチルエーテルで抽出すると、1種類の飽和脂肪酸 C が得られた。

- (1) 飽和脂肪酸 C の名称と示性式を答えよ。
- (2) 油脂 A の1分子中には、何個の二重結合(C=C)が存在するか答えよ。
- (3) 油脂 A には光学異性体を含めて何種類の異性体が考えられるか答えよ。ただし、脂肪酸部分での異性体は考慮しないものとする。