

化 学

教育学部 200点

注 意 事 項

1. 問題は、**1** から **5** までの計 5 問です。
2. **1** から **5** までのすべてを解答しなさい。
3. 解答用紙は、(7の1)から(7の7)までの計 7 枚です。解答は、すべて解答用紙の指定欄に記入しなさい。
4. 必ず解答用紙のすべてに、本学の受験番号を記入しなさい。
5. 印刷不鮮明及びページの落丁・乱丁等に気づいた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
6. 問題冊子の余白等は適宜利用してよい。
7. 試験終了後、問題冊子及び計算用紙は持ち帰りなさい。

1) 必要なときは、次の原子量および数値を用いよ。

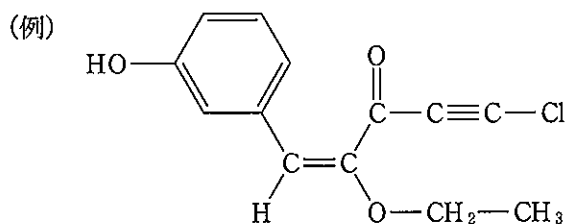
H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0

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

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

2) 気体はすべて理想気体とし、標準状態(0℃, $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)で1 molの気体の体積は22.4 Lとする。

3) 構造式は例にならって書け。



1 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問9に答えよ。

[I] 空気を構成する成分のうち、約78%は [ア] , 21%は [イ] であり、残りの1%はアルゴンや二酸化炭素などである。 [ア] や [イ] は、 [A] 個の原子が [ウ] 結合によって結合した分子である。 [ア] を構成する原子は価電子数が [B] であるから、構成する原子どうしが [C] 重結合を形成する。この結合は、結合エネルギーが非常に大きいため、 [ア] は常温では化学反応性に乏しく不活性ガスとも呼ばれる。 [イ] には、 [D] 個の同一原子で構成される同素体の [エ] が存在する。 [エ] は非常に高い酸化力を示し、飲料水の殺菌や空気の消臭などに用いられる。

[ア] や [イ] は、水にわずかに溶解する。その溶解量は、温度や圧力によって変化することが知られている。

問1. 空欄 [ア] ~空欄 [エ] に入る適切な語句または化学式を書け。

問 2. 空欄 ~空欄 に入る適切な数値を書け。

問 3. 下線部①について、次の数値を用いて、 分子中の 重結合の結合エネルギー [kJ/mol] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

水素分子中の H—H 間の結合エネルギー：436 kJ/mol

アンモニア分子中の各々の N—H 間の結合エネルギー：390 kJ/mol

アンモニア(気)の生成熱：46 kJ/mol

問 4. 下線部②について、 は、20℃、 1.00×10^5 Pa において水 1 L に 1.40×10^{-3} mol 溶解する。20℃で 1.00×10^5 Pa の空気が水 100 L に接しているとき、100 L の水に溶解している の体積は標準状態で何 L であるか、有効数字 2 桁^{けた}で書け。また、計算過程も示せ。

[II] 次の実験 1 ~ 実験 4 をおこなった。

実験 1：白金電極を用いて、水酸化ナトリウム水溶液を 1.93 A の電流で 32600 秒間電気分解したところ、陽極と陰極のいずれからも気体が発生した。陰極から発生した気体を水上置換法で捕集し、十分に時間を経過した後に体積を測定したところ、体積は V[L]であった。

実験 2：白金電極を用いて、硫酸水溶液を電気分解したところ、陽極と陰極のいずれからも気体が発生した。両極から発生した気体を捕集し、それぞれの性質を調べたところ、実験 1 において発生した気体と同じであった。

実験 3：放電した鉛蓄電池を、充電したところ、一方の電極の表面が黒褐色に変化していた。

実験4：実験3で得られた充電後の蓄電池を放電したところ、電流が流れた。完全に放電するまでに流れた電気量を測定したところ Q [C] であった。

問 5. 下線部③について、実験1における陽極および陰極で起こる化学反応の反応式を書け。

問 6. 下線部④について、温度 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、大気圧 $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ のとき、発生した気体の体積 V [L] を有効数字2桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。ただし、 $27\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の飽和蒸気圧は $3.5 \times 10^3\text{ Pa}$ とする。また、発生した気体の水への溶解量は無視できるほど小さいとする。

問 7. 下線部⑤について、実験2における陽極および陰極で起こる化学反応の反応式を書け。

問 8. 下線部⑥について、実験3で黒褐色の物質が生成した電極は陰極と陽極のいずれであるかを示せ。また、この黒褐色の生成物の化学式を書け。

問 9. 実験3において、黒褐色の物質の生成量が 23.9 g であったとき、実験4において流れた電気量 Q [C] を有効数字2桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

2 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

沸騰している純水中に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を少量ずつ加えると、アの粒子^①が生成し、赤褐色のコロイド溶液が得られた。このコロイド溶液を用いて以下の実験をおこなった。

実験1：限外顕微鏡^{げんがい}を用いてコロイド粒子を観察すると、光った粒子が不規則に運動しているのが見られた。

実験2：このコロイド溶液をセロハン袋に入れて、ビーカー内で純水中に浸した。十分に時間が経過した後、セロハン袋の外側の水にプロモチモールブルー(BTB)溶液を加えた。

実験3：このコロイド溶液をU字管に入れ、2本の電極を差し込み、電極間に直流電圧をかけたところ、コロイド粒子が陰極側に移動した。

問1. 下線部①により空欄アが生成する化学反応式を示せ。

問2. 実験1で観察された粒子の運動を何というか答えよ。また、このような運動をする理由を30字以内で書け。

問3. 実験2において、BTB溶液を加えると何色になるか答えよ。また、その色となる理由を、「透析」という語句を用いて45字以内で書け。

問4. 次の電解質の水溶液のうち、コロイド粒子を最も凝析させやすい電解質はどれか。なお、電解質の塩の濃度は、同じモル濃度とする。実験3で得られた結果をもとに(A)～(D)の中から一つ選び、記号で答えよ。また、選んだ理由を45字以内で書け。

(A) NaCl (B) MgCl₂ (C) KNO₃ (D) Al₂(SO₄)₃

問 5. 次の(A)~(F)のうち、コロイドであるものには「○」、コロイドではないものには「×」を書け。また、コロイドであるものは、分散質と分散媒をそれぞれ答えよ。

- | | | |
|-----------|---------|--------------|
| (A) セッケン水 | (B) 食塩水 | (C) スクロース水溶液 |
| (D) 雲 | (E) 墨汁 | (F) ダイヤモンド |

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

窒素肥料は食糧の増産に多大な貢献をしてきている。アンモニアは多くの場合アンモニウム塩のかたちで窒素肥料として用いられているが、その一例として硫酸アンモニウムが挙げられる。硫酸アンモニウムは、気体のアンモニアを液状の硫酸に通気することで合成することができるが、現在では工業生産で使用した硫酸あるいはアンモニアを硫酸アンモニウムとして回収する製造法が主流となっている。例えば、ナイロン6の原料である環状アミド構造を有する の合成時に中和のためにアンモニアが使用され、多量の硫酸アンモニウムが回収される。また、アンモニアはオストワルト法と呼ばれる一連の反応において 、次いで となり、さらに と水が反応することで硝酸が生じる。 は空気中では^①すぐに酸化されて になるという性質を持つ。硝酸の塩も窒素肥料として広く用いられている。その他にも、アンモニアと から合成される尿素も主要な窒素肥料として使用されている。^②

問 1. 空欄 ~空欄 に入る適切な物質名または化学式を書け。

問 2. 空欄 、空欄 、硝酸について、窒素原子の酸化数をそれぞれ答えよ。

問 3. アンモニアや硝酸に関する以下の(a)~(e)の反応の化学反応式を書け。

- (a) 下線部①の反応。
- (b) 下線部②の反応。
- (c) 濃塩酸に気体のアンモニアを近づけると白煙が生じた。
- (d) 塩化銀にアンモニア水を加えると無色の水溶液になった。
- (e) 銅に濃硝酸を加えると が発生した。

問 4. 尿素を 1000 kg 合成するときに理論上必要なアンモニアの質量 [kg] を有効数字 2 桁^{けた}で求めよ。また、計算過程も示せ。

4 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問7に答えよ。

[I] 次の化合物A～Dについて、以下の問1～問4に答えよ。

A：エタン B：エチレン C：アセチレン D：ベンゼン

問 1. 下の記述①～③に当てはまる化合物を、化合物A～Dの中からすべて選び、その記号を記せ。

- ① すべての原子が同一平面上にある。
- ② 炭素原子間の結合は、それを軸とした自由回転ができる。
- ③ 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液の赤紫色を消失させる。

問 2. 化合物A～Dを炭素原子間の結合距離の長いものから順に並べ、記号で答えよ。

問 3. 下の記述①～③の反応を有機化合物の構造式を用いる化学反応式で書け。

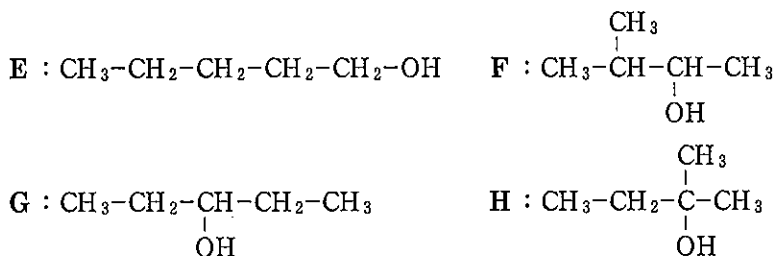
- ① 1分子の化合物Aに紫外線照射下で塩素1分子を反応させる。
- ② 1分子の化合物Bに塩素1分子を反応させる。
- ③ 1分子の化合物Dに鉄粉を触媒として塩素1分子を反応させる。

問 4. 化合物Cをアンモニア性硝酸銀水溶液に通じると、白色沈殿を生じる。

この反応に関する下記の設問(1)と設問(2)に答えよ。

- (1) 白色沈殿の名称を書け。
- (2) この反応を化学反応式で書け。

[II] 分子式 $C_5H_{12}O$ で表されるアルコールには、8種類の構造異性体がある。次の化合物 E~H はそのうちの4種類である。以下の問5~問7に答えよ。



問 5. 8種類の構造異性体のうち、上の化合物 E~H 以外の4種類のアルコールの構造式をすべて書け。

問 6. 化合物 E, G, H を沸点の高い順に並べ、記号で答えよ。

問 7. 硫酸酸性二クロム酸カリウム水溶液を用いて化合物 E を酸化すると化合物 I になり、さらに過マンガン酸カリウム水溶液を用いて酸化すると酸性化合物 J となった。また、同様に化合物 F を酸化すると化合物 K となった。この化合物 I~K に関して、下記の設問(1)~(3)に答えよ。

- (1) 化合物 I~K の構造式を書け。
- (2) 化合物 I~K それぞれに水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて加熱したとき、黄色沈殿を生じるものはどれか。記号で答えよ。また、この黄色沈殿の化学式を書け。
- (3) 化合物 I~K それぞれをフェーリング液に加えて熱したとき、赤色沈殿を生じるものはどれか。記号で答えよ。また、この赤色沈殿の化学式を書け。

5 次の[I]と[II]の文章を読み、問1～問6に答えよ。

[I] グルコースから成る天然高分子として、デンプンとセルロースがある。

デンプンは多数の α -グルコースが 縮合した多糖類で、アミロースとアミロペクチンとで構成されている。アミロースは α -グルコースが α -1,4-グリコシド結合^(注1)により連結された直鎖状分子で、分子内でヒドロキシ基が 結合を形成し、らせん構造をとっている。一方、アミロペクチンは α -1,4-グリコシド結合だけではなく、 α -1,6-グリコシド結合^(注2)によって枝分かれした構造をもつ。アミロペクチンのすべてのヒドロキシ基(-OH)をヨードメタンでメチル化して、^①-OCH₃に変換後、希硫酸を反応させるとグリコシド結合が完全に加水分解され、グルコースが部分的にメチル化された生成物が得られる。この加水分解生成物の存在比から、アミロペクチンの枝分かれの数を推定することができる。

(注1) α -グルコース同士が1位の-OHと4位の-OHで 縮合してできた結合。

(注2) α -グルコース同士が1位の-OHと6位の-OHで 縮合してできた結合。

問1. 空欄 と空欄 に入る適切な語句を書け。

問2. 平均分子量 4.86×10^5 のアミロペクチン 7.78 g を使って、下線部①のように操作をおこなったところ、3種類のメチル化されたグルコース(化合物A, B, C)が生成した。それぞれ、化合物Aが0.355 g、化合物Bが9.99 g、化合物Cが0.313 gであった。なお、希硫酸で完全に加水分解すると、グルコースの1位の-OCH₃も-OHに加水分解される。下記の設問(1)~(3)に答えよ。

(1) このアミロペクチン1分子中には平均して何個のグルコースが含まれるか。下から選べ。

- ① 2000 ② 3000 ③ 3500 ④ 4000 ⑤ 4500

(2) 生成した3種類のメチル化グルコース(化合物A, B, C)の構造式を、図1を参考にして書け。なお、分子量はそれぞれ、化合物Aは236、化合物Bは222、化合物Cは208である。

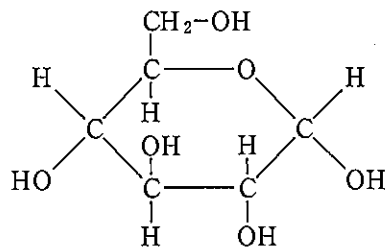


図1 α -グルコース

(3) このアミロペクチン1分子中に含まれるグルコース単位の枝分かれの数を整数で答えよ。なお、計算過程も示せ。

[II] プラスチック(合成樹脂)とは合成高分子のうち熱や圧力で成形加工できるものである。現代社会で幅広く利用され、社会活動に大きな恩恵をもたらしているが、廃棄物処理や環境汚染の問題により、代替品としての生分解性プラスチック(生分解性高分子化合物)の研究開発が進められている。生分解性プラスチックは、一般的に「使用するときにはプラスチックとしての性質を維持しつつ、使用後は自然界の微生物などの働きによって生分解され、最終的には水と二酸化炭素に完全に分解されるプラスチック」とされている。

ここに生分解性的高分子化合物Dがある。高分子化合物Dは微生物の発酵によりデンプンから生成される化合物Eの重合により得られる合成高分子化合物である。

問 3. 合成樹脂は大きく、熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂に分類される。それぞれの特徴と例で正しいものを以下からすべて選べ。

- ① 熱硬化性樹脂は付加重合で合成されるものが多い。
- ② 熱可塑性樹脂は網目状の架橋構造をとるものが多い。
- ③ 熱硬化性樹脂は耐熱性に優れる。
- ④ エチレンを付加重合させるとポリエチレンが得られる。
- ⑤ フェノール樹脂はフェノールとマレイン酸の付加重合によってつくられる。
- ⑥ ナイロン 66 はヘキサメチレンジアミンとアジピン酸の縮合重合によってつくられる。

問 4. 以下の①～③は化合物 E の説明である。化合物 E の構造式と名称を書け。なお、不斉炭素原子には*印を付記せよ。

- ① 化合物 E はグルコースと同じ組成式を持つが、分子量はグルコースより小さい。また、不斉炭素原子をもつ。
- ② 化合物 E を炭酸水素ナトリウム水溶液と反応させると気体を発生しながら溶解した。
- ③ 化合物 E に二クロム酸カリウム水溶液を加えたところ、化合物 F を生成した。化合物 F は銀鏡反応を示さなかった。

問 5. 化合物 F の構造式を書け。

問 6. 高分子化合物 D 中の単量体間をつなぐ官能基と同じ官能基からなる高分子化合物を下記から 1 つ選び、記号で答えよ。

- ① ナイロン 66 ② ナイロン 6 ③ ビニロン
- ④ シリコーン樹脂 ⑤ ポリ塩化ビニル
- ⑥ ポリエチレンテレフタレート