

# 化 学

## 注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は 12 ページである。
3. 学部名と受験番号は、必ず 5 枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
4. 解答は、解答用紙の指定された所に、問題に指示してある方法で記入すること。
5. 気体はすべて理想気体と考えなさい。必要ならば、次の原子量、定数を使用しなさい。

### [原子量]

$$\begin{array}{cccccc} \text{H} = 1.00 & \text{C} = 12.0 & \text{N} = 14.0 & \text{O} = 16.0 & \text{Na} = 23.0 \\ \text{Cl} = 35.5 & \text{Cu} = 63.5 & \text{Zn} = 65.4 & \text{Ag} = 108 & \text{I} = 127 \end{array}$$

### [気体定数]

$$R = 8.3 \frac{\text{m}^3 \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 8.3 \times 10^3 \frac{\text{l} \cdot \text{Pa}}{\text{K} \cdot \text{mol}}$$

( $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ l}$ ;  $1 \text{ atm} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ )

### [アボガドロ定数]

$$N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$$

6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

1 次の I、II の文を読み、下記の問いに答えなさい。

〔I〕 下の表は、(ア)～(オ)の元素の電子配置を示したものである。ただし、K、L、M は電子の属する電子殻を表す。次の問いに答えなさい。

元素	電子殻の電子数		
	K	L	M
(ア)	2		
(イ)	2	1	
(ウ)	2	4	
(エ)	2	8	1
(オ)	2	8	7

問 1 (ア)～(オ)のうち、第 1 イオン化エネルギーの最も大きいものはどれか。元素記号で答えなさい。

問 2 (ア)～(オ)のうち、同族元素であり、そのうち原子半径の小さいほうの元素記号を記しなさい。

問 3 (ア)～(オ)のうち、最も陰イオンになりやすいのはどれか。元素記号で答えなさい。また、原子が 1 個の電子を受け取って 1 価の陰イオンになるときに放出するエネルギーの名称を答えなさい。

問 4 (ア)は気体として存在し、他の元素と化合物をつくりにくい。その理由を記しなさい。

問 5 (ウ)の質量数が 13 であるとするとき中性子の数はいくらか答えなさい。

問 6 (エ)が安定なイオンになったとき、それと同じ電子配置をとる元素の価電子の数はいくらか答えなさい。

問 7 (エ)と(オ)の 2 つの元素からつくられる化合物の組成式を記しなさい。

〔Ⅱ〕 次の(a)~(e)の分子について下記の問いに答えなさい。

- (a) 水素                      (b) 水                      (c) 二酸化炭素  
(d) アンモニア              (e) メタン

問 8 (a)~(e)の分子の総電子数はそれぞれいくつか答えなさい。

問 9 直線形である分子をすべて選び、その構造式を記しなさい。

問10 常温・常圧で気体であり、空気よりも重いものはどれか。化学式で記しなさい。また、その理由も記しなさい。

問11 以下の文は水の特性について述べたものである。文中の(ア)~(ケ)に適切な語句あるいは数値を記しなさい。

水分子は、原子番号が(ア)で最外殻に(イ)個の価電子を持つ酸素原子と1個の価電子を持つ水素原子2個の間の(ウ)結合により形成される。水分子中の酸素原子と水素原子との(ウ)結合においては、(ウ)電子対がより陰性の強い酸素原子に引きつけられるため、結合に電荷の偏りが生じる。このように結合に電荷の偏りがあることを結合に(エ)があるといい、結合している2原子間の(オ)の差が大きいほど電荷の偏りは大きい。また、水分子が酸素原子の(カ)電子対を用いて水素イオンと結合すると、(キ)イオンを生じる。このようにして形成された結合を(ク)結合という。一方、水分子の水素原子は他の水分子の酸素原子に引きつけられる。このように水素原子を間にはさんで互いに引き合う引力で生じる結合を(ケ)結合という。

2 次の文を読み、下記の問いに答えなさい。

銀は銅と同じ 11 族に属する金属元素であるが、その単体は銅の単体よりも空气中で酸化されにくい。<sup>①</sup>銀の単体を硝酸に溶かした溶液を蒸発乾固した後、水に溶かして再結晶を行うと無色透明の硝酸銀の結晶が得られる。いま、0.34 g の硝酸銀の結晶を水に溶かして硝酸銀水溶液 100 ml を調製した。<sup>③</sup>一方、1.17 g の塩化ナトリウムを水に溶かして塩化ナトリウム水溶液 100 ml を調製した。硝酸銀水溶液 100 ml に塩化ナトリウム水溶液 100 ml を加えると塩化銀の沈殿が生じた。この反応は短時間のうちに終了し、その後はなんら変化が見られなくなった。<sup>④</sup>さらに、この混合水溶液のろ液 100 ml にヨウ化ナトリウムを溶かす実験を行った。<sup>⑤</sup>

問 1 下線部①から、電子を失いやすいのはどちらの単体か、元素記号で示しなさい。また、その理由も述べなさい。

問 2 下線部②について、銀と濃硝酸の反応を化学反応式で示しなさい。

問 3 下線部③で調製した硝酸銀水溶液のモル濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 4 下線部④の状態を何というか答えなさい。

問 5 下線部④の状態において、混合水溶液中の塩化物イオン濃度  $[\text{Cl}^-]$  と銀イオン濃度  $[\text{Ag}^+]$  との間には以下の関係が成り立つ。(ア) と (イ) に入る適当な数値を有効数字を考慮して答えなさい。

$$(\text{ア}) - [\text{Cl}^-] = (\text{イ}) - [\text{Ag}^+]$$

問 6 下線部④の状態において $[\text{Cl}^-]$ を計算したところ、 $0.090 \text{ mol/l}$ であった。

$[\text{Ag}^+]$ を有効数字2桁で求めなさい。ただし、塩化銀の溶解度積は $1.8 \times 10^{-10} (\text{mol/l})^2$ である。

問 7 下線部⑤の実験で、ヨウ化銀の沈殿を析出させるために最低必要なヨウ化ナトリウムの質量を有効数字2桁で求めなさい。ただし、ヨウ化銀の溶解度積は $8.5 \times 10^{-17} (\text{mol/l})^2$ である。また、ヨウ化ナトリウムを加えたり、沈殿が生成したりすることによる体積変化は無いものとする。

3 次の I, II の文を読み, 下記の問いに答えなさい。

〔I〕 濃度  $C_a$  (mol/l) の酢酸水溶液 1 l を調製した。ただし, 水溶液中での酢酸の電離度を  $\alpha$ , 酢酸の電離定数を  $K_a$  とする。

問 1 酢酸の電離定数  $K_a$  を電離度  $\alpha$  と濃度  $C_a$  を用いて表しなさい。さらに,  $C_a = 0.18$  mol/l のとき,  $\alpha = 1.0 \times 10^{-2}$  であった。酢酸の電離定数  $K_a$  を有効数字 2 桁で求めなさい。

問 2 酢酸水溶液 1 l に, さらに  $C_b$  (mol) の酢酸ナトリウムを溶かした。このときの酢酸の電離定数  $K_a$  を  $C_a$ ,  $C_b$ , および  $\alpha$  を用いて表しなさい。ただし, 酢酸ナトリウムを溶かしたことによる水溶液の体積変化は無いものとする。

問 3 問 2 で調製した混合水溶液に対して, ある条件のもとでは以下の関係式が成り立つ。

$$[\text{H}^+] = K_a \times \frac{C_a}{C_b}$$

この関係式が成り立つ混合水溶液を水で希釈したとき, 水素イオン濃度  $[\text{H}^+]$  はどのようになるか, 理由を付けて述べなさい。

問 4 酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液と同様な性質を示す水溶液を次の中から 1 つ選びなさい。

- (a) 塩酸と酢酸ナトリウム                      (b) 酢酸と塩化ナトリウム  
(c) 硝酸と硝酸カリウム                      (d) クエン酸とクエン酸カリウム

〔II〕 金属のイオン化傾向は金属の種類によって異なり, 水や酸などとの反応性や電池の極性などと深く関係している。ダニエル電池,  $\text{Zn} \mid \text{ZnSO}_4$  水溶液  $\mid \text{CuSO}_4$  水溶液  $\mid \text{Cu}$ , の金属電極およびその金属イオン水溶液の種類を変えたものをダニエル型電池という。下記の問いに答えなさい。

問 5 次に示す金属を水との反応性の観点から、下記の3つのグループ(a)~(c)に分類しなさい。

Ag Al Ca Cu Fe Na Zn

- (a) 常温の水とでも反応する
- (b) 高温の水蒸気であれば反応する
- (c) 高温の水蒸気とも反応しない

問 6 ダニエル型電池に関する次の記述のうち、正しいものを1つ選びなさい。

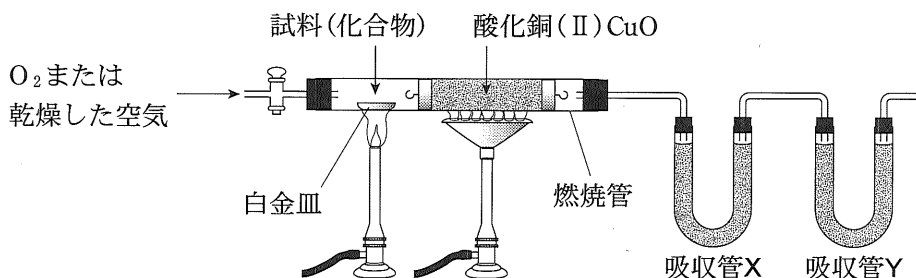
- (ア) イオン化傾向の大きい金属が正極になる
- (イ)  $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{CuSO}_4$  水溶液  $|$  Cu の起電力は、 $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{AgNO}_3$  水溶液  $|$  Ag の起電力より小さい
- (ウ) 電極の表面積を大きくすると、起電力は大きくなる
- (エ)  $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{CuSO}_4$  水溶液  $|$  Cu で、 $\text{SO}_4^{2-}$  は亜鉛極側から銅極側へ移動する

問 7  $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{CuSO}_4$  水溶液  $|$  Cu を使って電球を1時間点灯させた。重くなるのは正極または負極のどちらか答えなさい。また、質量はいくら増加するか有効数字2桁で求めなさい。ただし、電球の点灯には1.10 V, 0.20 A を要するものとし、また、電子1個の電気量は  $1.6 \times 10^{-19}$  C とする。

問 8 ダニエル型電池、 $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{CuSO}_4$  水溶液  $|$  Cu の起電力は1.10 V、 $\text{Zn} | \text{ZnSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{NiSO}_4$  水溶液  $|$  Ni の起電力は0.51 V である。これより、 $\text{Ni} | \text{NiSO}_4$  水溶液  $|$   $\text{CuSO}_4$  水溶液  $|$  Cu の起電力を求めなさい。

4 同じ分子量の有機化合物A, B, C, DおよびEについて, 以下の実験を行った。下記の問いに答えなさい。

〔実験1〕 吸収管Xに塩化カルシウム( $\text{CaCl}_2$ )を, 吸収管Yにソーダ石灰を入れた下図のような装置を用いて, 炭素, 水素, 酸素だけからなる化合物A, B, CおよびDのそれぞれ40.6 mgを完全燃焼させたところ, 化合物A, B, Cにおいてはいずれも吸収管Xで12.6 mg, 吸収管Yで61.6 mgの質量の増加が確認された。また, 化合物Dにおいては吸収管Xで37.8 mg, 吸収管Yで92.4 mgの質量の増加が確認された。



〔実験2〕 化合物A, B, CおよびDの水溶液のそれぞれにアンモニア性硝酸銀水溶液を加えたところ, いずれも銀鏡は生じなかった。また, 化合物A, B, CおよびDの沸点を測定したところ, 同じ分子量をもつ炭化水素よりもいずれも沸点が高かった。これは化合物分子中に含まれる共通の1種類の官能基の作用により, 分子同士が会合したためであると考えられた。

〔実験3〕 ベンゼンとプロピレン(プロペン)を触媒存在下で空气中で反応させた後, 希硫酸を加えたところ化合物Fおよびアセトン(2-プロパノン)が生じた。また, このとき生じた化合物Fに水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ, 化合物Eが生じた。この化合物Eの水溶液に二酸化炭素を吹き込んだところ, 化合物Fが遊離した。

〔実験4〕 化合物A, B, Cを加熱したところ, 化合物Aでは約 $140^\circ\text{C}$ で分解反応が起こり, 化合物Bでは約 $160^\circ\text{C}$ で無水物を生じた。一方, 化合物Cでは顕著な変化はみられなかった。

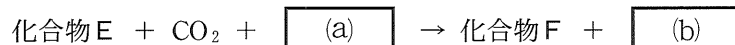
問 1 実験 1 の装置における酸化銅(Ⅱ) (CuO) のように、試料を完全燃焼させる目的で用いられるものを一般に何剤というか。

問 2 下線部①のソーダ石灰の主成分 2 つを化学式で答えなさい。

問 3 実験 3 に関して、化合物 E および F と塩化鉄(Ⅲ) (FeCl<sub>3</sub>) 水溶液との反応性について、下の(ア)～(エ)の中から適当なものを 1 つ選んで記号で答えなさい。

- (ア) 化合物 E では紫色を呈するが、化合物 F では変化は見られない
- (イ) 化合物 F では紫色を呈するが、化合物 E では変化は見られない
- (ウ) 化合物 E, F ともに紫色を呈する
- (エ) 化合物 E, F ともに変化は見られない

問 4 下線部②の反応は以下の化学反応式で表される。空欄(a), (b)に当てはまる化学式を書きなさい。



問 5 下線部③の無水物とはどのような物質か。下の(ア)～(エ)の中から適当なものを 1 つ選んで記号で答えなさい。

- (ア) 脱水反応によって分子内から水分子が除去されたもの
- (イ) 脱水反応によって分子間から水分子が除去されたもの
- (ウ) 化合物中に水分子が含まれず、化合物の純度が高いもの
- (エ) 分子中から結晶水が除去されたもの

問 6 化合物 A, B および C の構造式を書きなさい。

問 7 下記の(ア)~(エ)において、化合物BとCの構造的な関係と同じ関係にある組み合わせはどれか。適当なものを1つ選んで記号で答えなさい。

(ア) エタノールとジメチルエーテル

(イ) ブタンとイソブタン(2-エチルプロパン)

(ウ) 1-ブテンと2-ブテン

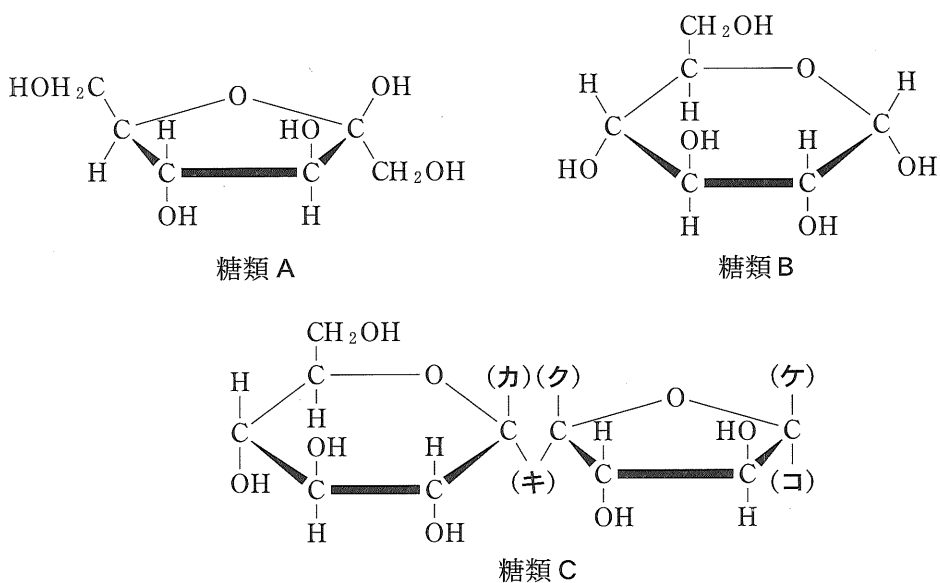
(エ) トランス-2-ブテンとシス-2-ブテン

問 8 化合物Dの分子式を記しなさい。また、先の実験から考えられるある共通の官能基を持つ化合物Dの構造異性体はいくつあるか答えなさい。

問 9 化合物C、EおよびFの化合物名を答えなさい。

5 次の I、II の文を読み、下記の問いに答えなさい。

〔I〕 下の糖類 A と糖類 B は同じ分子式(ア)で表され、それ以上加水分解されない糖類として特に(イ)といわれる。糖類 A と糖類 B を水に溶解すると、(ウ)構造を介していくつかの環状(環式)構造の異性体が形成されて平衡状態となり、このうち糖類 A の図には(エ)型の五員環構造、糖類 B の図には(オ)型の六員環構造が示されている。また、糖類 C は糖類 A と糖類 B が脱水縮合したもので、サトウキビやテンサイ(ビート)に多く含まれる。



問 1 (ア)～(オ)に適切な分子式または語句を入れなさい。また、糖類 C の構造式の(カ)～(コ)には適切な原子または原子団を入れなさい。



問 4 (ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。また、下線部①のときにおける化合物Aの構造式について、(カ)～(ク)に原子または原子団を入れて完成させなさい。

問 5 次の説明文で正しいものをすべて選びなさい。

- (a) 化合物Aは、キサントプロテイン反応により呈色する
- (b) 化合物Aの水溶液に、固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、黒色沈殿を生じる
- (c) 下線部②のアミノ酸は、不斉炭素原子をもつ
- (d) 下線部③のアミノ酸は、ヒトの必須アミノ酸である
- (e) 下線部②のアミノ酸と下線部③のアミノ酸は、ビウレット反応により呈色する
- (f) 下線部②のアミノ酸と下線部③のアミノ酸は、ニンヒドリン反応により呈色する

問 6 化合物Aを構成するアミノ酸3分子からなる鎖状のトリペプチドの異性体は何種類考えられるか答えなさい。ただし、アミノ酸の光学異性体についても考慮すること。