

選抜Ⅱ期  
化 学

……薬学部のみ解答(12, 13, 14)……

【注意】 以下の問題において必要があれば下記の数値を使用しなさい。

また計算問題の有効数字については、各問題の指示に従いなさい。

原子量：           H：1.00,   C：12.0,   N：14.0,   O：16.0,   Na：23.0,  
                      S：32.0,   Cl：35.5,   K：39.0,   Ca：40.0   Cu：63.5,  
                      Zn：65.4,   Br：80.0

気体の圧力：1 atm =  $1.013 \times 10^5$  Pa

標準状態における気体 1 mol の占める体積：22.4 L

気体定数： $8.31 \times 10^3$  Pa·L/(mol·K)

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}$ /mol

ファラデー定数： $9.65 \times 10^4$  C/mol

1 次の(1)~(5)の操作を行うのに最も適切な方法を、以下の(a)~(e)より選び、記号で答えよ。

- (1) 石灰水から水を分離する。
- (2) 植物の葉から、緑色の色素を取り出す。
- (3) 少量のガラスの破片が混じったヨウ素から、ヨウ素を取り出す。
- (4) 塩化銀の沈殿を含む水溶液から、塩化銀の沈殿を取り出す。
- (5) 原油からガソリンを取り出す。

(a) 分 留      (b) 昇 華      (c) 抽 出      (d) ろ 過      (e) 蒸 留

2 次の文を読み、以下の(1)、(2)に答えよ。

液体の水が氷になるとき、体積が増える。このため、氷は液体の水より **ア** の値が小さくなり、氷は水に浮く。これは、氷では、水分子1個あたり **イ** 個の水分子と水素結合を形成し、隙間の多い立体構造をつくっているからである。氷は水分子が分子間力により規則正しく配列してできた **ウ** 結晶である。水素結合の強さは、共有結合に比べるとはるかに弱い。 **エ** 力よりはかなり強い。

(1) **ア** ~ **エ** にあてはまる語句または数値を記せ。

(2) **ウ** 結晶からなる物質を次の(a)~(g)から2つ選び、記号で答えよ。

- (a) 二酸化ケイ素 (b) ナフタレン (c) 塩化カルシウム (d) ヨウ素  
(e) アルミニウム (f) ダイヤモンド (g) 炭酸ナトリウム

3 ある濃度の過酸化水素水 10 mL に希硫酸を加えて酸性にした。これに 0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を 30 mL 加えると、過酸化水素が過不足なく反応した。以下の(1)~(3)に答えよ。

(1) 過酸化水素と過マンガン酸イオンの反応をイオン反応式で記せ。

(2) この反応において還元剤としてはたらくのは、過酸化水素あるいは過マンガン酸イオンのどちらか、答えよ。

(3) 過酸化水素水の濃度 [mol/L] はいくらか、有効数字 2 桁で答えよ。

4 凝固点降下に関して、以下の(1)、(2)に有効数字 3 桁で答えよ。

(1) 0.585 g の塩化ナトリウムを水 100 g に溶解した。塩化ナトリウムは溶液中で完全に電離したものとして、この水溶液の凝固点 [°C] を求めよ。ただし、水のモル凝固点降下を 1.85 K·kg/mol とする。

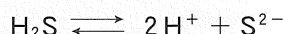
(2) (1)の溶液に水溶液中では電離しない分子量 200 の医薬品を加えて溶解させたところ、凝固点が  $-0.555\text{ }^{\circ}\text{C}$  になった。加えた医薬品の質量 [g] を求めよ。ただし、この医薬品は塩化ナトリウム、水いづれとも化学反応しないものとする。

5 コロイドに関する次の(a)~(e)の記述のうち、正しいものをすべて選び、記号で答えよ。

- (a) 溶液中のコロイド粒子は微粒子として分散している。
- (b) チンダル現象はコロイド粒子が光を散乱させるために生じる。
- (c) コロイド粒子は球形で、直径が  $10^{-11}$  m 以下である。
- (d) 1 個の分子でコロイド粒子になることはない。
- (e) 熱運動している分散媒分子が衝突して、コロイド粒子は不規則に動く。

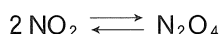
6 ある 2 種類の陽イオン  $Z^{2+}$ 、 $X^{2+}$  を含んだ混合水溶液がある。 $Z^{2+}$  の濃度  $[Z^{2+}]$  および  $X^{2+}$  の濃度  $[X^{2+}]$  は、それぞれ、 $1.0 \times 10^{-3}$  mol/L および  $3.0 \times 10^{-3}$  mol/L である。この混合溶液に硫化水素  $H_2S$  を通じて、硫化水素の濃度  $[H_2S]$  を 0.10 mol/L に保った。 $[H_2S]$  は変化しないものとして、以下の(1)~(3)に答えよ。

ただし、化合物  $ZS$  および  $XS$  の溶解度積は、それぞれ、 $1.3 \times 10^{-23}$  (mol/L)<sup>2</sup> および  $3.9 \times 10^{-19}$  (mol/L)<sup>2</sup> である。また、 $H_2S$  の水溶液中での電離平衡は以下のように表され、その電離定数は  $1.3 \times 10^{-21}$  (mol/L)<sup>2</sup> である。



- (1) 溶液中の  $[S^{2-}]$  が  mol/L よりも (イ){a 大きい b 小さい} とき、 $ZS$  の沈殿が生じる。 にあてはまる数値を有効数字 2 桁で答えよ。また、(イ)については、a、b より正しい方を選び、記号で答えよ。
- (2)  $[H^+]$  が  mol/L よりも (エ){a 大きい b 小さい} とき、 $ZS$  の沈殿が生じる。 にあてはまる数値を有効数字 2 桁で答えよ。また、(エ)については、a、b より正しい方を選び、記号で答えよ。
- (3) 溶液の pH が  より大きく、 より小さいときに (キ){a  $ZS$  b  $XS$ } のみ沈殿が生じる。 と  にあてはまる数値を整数で答えよ。また、(キ)については、a、b より正しい方を選び、記号で答えよ。

7 二酸化窒素と四酸化二窒素は密閉容器内で次式の平衡状態にある。



容積可変の容器に二酸化窒素  $a$  (mol) を入れ、絶対温度  $T$  (K) で圧力を  $P$  (Pa) に保ち、平衡に到達させたところ、四酸化二窒素が  $b$  (mol) 生成した。気体定数を  $R$  (Pa·L/(mol·K)) とし、四酸化二窒素の生成反応の平衡定数 [L/mol] を  $a$ 、 $b$ 、 $T$ 、 $P$ 、 $R$  を用いて記せ。

8 次の文を読み、以下の(1)~(4)に答えよ。

2族元素のうち、ベリリウムとマグネシウムを除いた元素は特に性質が似ており、ア金属元素と呼ばれる。ア金属元素の単体は、同一周期では、水素を除いた1族元素の単体に比べて、融点がイ，密度がウ。ア金属元素の水酸化物は強塩基であり、その固体または水溶液は、二酸化炭素を吸収して炭酸塩になる。例えば、石灰水に二酸化炭素を通じると、白色の沈殿物が生じる。さらに、二酸化炭素を通じ続けると、白色沈殿が消える。この沈殿物が溶ける反応は、自然界において、二酸化炭素を含んだ水が、長い年月をかけて石灰石を溶かし、鍾乳洞が形成されるのと同じ現象である。一方、この沈殿物が溶ける反応は可逆反応であり、溶けた沈殿物は再び析出し得る。この沈殿物が再び析出する反応は、鍾乳洞の内部に鍾乳石が形成されていくのと同じ現象である。

- (1) ア ~ ウ にあてはまる語句を記せ。
- (2) 2族元素の一つであるカルシウムの金属結晶は面心立方格子構造をとっている。カルシウムの金属結晶の (エ)単位格子中の原子の数，および (オ)単位格子中で1個のカルシウム原子が接している他の原子の数をそれぞれ答えよ。
- (3) 下線(a)の反応を，化学反応式で記せ。
- (4) 下線(b)の可逆反応を，化学反応式で記せ。

9 硝酸銀水溶液が入った3本の試験管に、塩化ナトリウム水溶液、硫化水素水、クロム酸カリウム水溶液をそれぞれ加えると、沈殿ア，イ，ウが生じた。次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 沈殿ア，イ，ウの化学式と色を記せ。ただし，色は以下の選択肢の中から選び，答えよ。  
黄色      緑色      白色      黒色      青色      赤褐色      青紫色
- (2) 沈殿アにアンモニア水を加えると沈殿が溶けた。このとき生成した錯イオンの化学式を記せ。
- (3) 光をあてると色が変わる沈殿は，ア，イ，ウのうちどれか。

10 炭素、水素、酸素だけからなるベンゼン環をもつ化合物 A 76.0 mg を元素分析装置で完全燃焼させたところ、二酸化炭素 176 mg、水 36.0 mg が得られた。以下の(1)~(3)に答えよ。ただし、化合物 A はベンゼン環以外の環状構造をもたないものとする。

- (1) 化合物 A の組成式を記せ。
- (2) 化合物 A として、分子量が 152 で不斉炭素原子をもつ化合物は何種類考えられるか、答えよ。ただし、光学異性体の数は含めないものとする。
- (3) (2)の化合物のうち、エーテルに溶かした後、炭酸水素ナトリウム水溶液を加えて振り混ぜると塩を形成して水溶液に移る化合物の構造式を記せ。ただし、光学異性体は区別して示す必要はない。

11 次の(a)~(h)の分子について、次の(1)~(5)に答えよ。

- (a) ガラクトース    (b) グルコース    (c) スクロース    (d) セルロース  
(e) デンプン    (f) フルクトース    (g) マルトース    (h) ラクトース

- (1) 単糖類に分類されるものをすべて選び、記号で答えよ。
- (2) 分子式が  $C_{12}H_{22}O_{11}$  で示されるものをすべて選び、記号で答えよ。
- (3) 水溶液が還元性を示さないものをすべて選び、記号で答えよ。
- (4) 水中で熱してもほとんど溶けない直線状の高分子化合物を 1 つ選び、記号で答えよ。
- (5) 以下の文の  ~  にあてはまる分子を(a)~(h)から選び、記号で答えよ。  
 はアミラーゼによって加水分解され  になる。 を別の酵素で加水分解すると  になる。 と  が脱水縮合してできる  は鎖状構造に変化できない二糖類で還元性を示さない。

12 以下の文を読み、次の(1)~(3)に答えよ。

原子説を発表した **ア** は、原子量の基準として水素 H を 1 に選び、化合物を構成する元素の質量比から他の元素の原子量を定めた。しかし、元素と元素が何対何で結合しているかの情報がなかったために、特別なことがない限り原子は 1 対 1 で結合すると仮定した。たとえば、水分子は H と O が 1 対 1 に結合し、HO という分子式をもつと考えたのである。この仮定に基づくと、酸素 O の原子量は 8.0 となる。

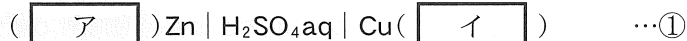
- (1) **ア** にあてはまる科学者の名前を答えよ。
- (2) この仮定に基づき、アンモニアの化学式を NH とした際、窒素 N の原子量はいくつになるか、小数第 1 位まで答えよ。
- (3) 酸素 O の原子量として 8.0、窒素 N の原子量として(2)で得られる値を用いると、現在  $\text{HNO}_3$  で与えられる硝酸の化学式はどうなるか、答えよ。

13 1.0 mol の鎖式炭化水素 A に水素を付加させると、最大 1.0 mol の水素が反応した。また、3.5 g の A に対しては、8.0 g の臭素が付加した。以下の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 鎖状炭化水素 A の分子式を答えよ。
- (2) A の構造として考えられる化合物のうち、シス-トランス異性体が存在するものについて、シス体とトランス体の構造式をそれぞれ記せ。
- (3) (2)の化合物以外の構造異性体のうち、HCl を付加させたとき、不斉炭素原子をもつ化合物が主生成物として得られる異性体の構造式を 1 つ記せ。

14 次の文を読み、以下の(1)~(4)に答えよ。

電池は酸化還元反応に伴って放出されるエネルギーを電気エネルギーとして取り出す装置である。イタリアのボルタは希硫酸溶液に亜鉛板と銅板を浸した電池を発明した。ボルタ電池では Zn 電極と Cu 電極の表面で酸化還元反応が起こっている。この反応の結果、Zn 電極は (a)  極、Cu 電極では  極となり、電池式は次のように表される。



ボルタ電池では、最初約 1.1 V の起電力を示すが、すぐに約 0.4 V まで低下する。これは電極上で発生する気泡により、電極表面がおおわれるためであり  $\text{H}_2\text{O}_2$  や  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  などの酸化剤を用いることで防ぐことができる。

ボルタ電池を改良したのがイギリスのダニエルである。ダニエルは Zn 電極を浸した硫酸亜鉛溶液と Cu 電極を浸した硫酸銅溶液を素焼き板で仕切った構成の電池 (ダニエル電池) <sup>(b)</sup> を提案した。これにより気泡が発生せず、電圧の変化が小さい電池となり、実用性が高められた。起電力はボルタ電池と同様約 1.1 V であった。

- (1) Zn および Cu それぞれの電極表面で起こる下線部(a)の反応を、イオン反応式で記せ。
- (2)  と  には、+ あるいは-のいずれがあてはまるか、記せ。
- (3) ①の電池式を参考にして、下線部(b)のダニエル電池の電池式を記せ。
- (4) ダニエル電池において Zn, Cu の両電極を導線でつなぎ、放置したところ、一方の電極の質量は 58.9 mg 減少した。このとき、放電した電気量 [C] はいくらか。また、もう一方の電極で析出した金属の質量 [mg] はいくらか。ともに有効数字 3 桁で答えよ。