

解答に必要があれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, S = 32.0, Ni = 59.0, Cu = 63.5, Zn = 65.0, Ba = 137

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{K} \cdot \text{mol})$ , アボガドロ定数： $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$

**1** 銅は、天然に単体として存在することもあるが、多くは主成分が化合物（ア）である黄銅鉱などの鉱石として産出する。黄銅鉱を溶鉱炉で空気とともに加熱して鉄や硫黄分を除くと化合物（イ）が得られ、さらに高温で加熱すると粗銅が得られる。粗銅を陽極、純銅板を陰極として、硫酸銅（Ⅱ）水溶液に入れ電気分解すると、陰極に純銅が得られる。銅を空气中で1000℃以上に加熱すると化合物（イ）が生成する。以下の各問いに答えなさい。

問1 化合物（ア）は、銅と鉄と硫黄のみからなる。化合物（ア）を空气中で加熱すると、硫化銅（Ⅰ）、酸化鉄（Ⅲ）、二酸化硫黄が、物質量の比として1：1：3の割合で生じる。化合物（ア）の組成式を、解答欄に書きなさい。

問2 化合物（イ）の名称とその色の正しい組合せはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

	名称	色
A	酸化銅（Ⅰ）	赤色
B	酸化銅（Ⅰ）	黒色
C	酸化銅（Ⅰ）	緑色
D	酸化銅（Ⅱ）	赤色
E	酸化銅（Ⅱ）	黒色
F	酸化銅（Ⅱ）	緑色

問3 不純物としてニッケル，亜鉛，銀のみを含む銅板を陽極に，純銅板を陰極に用いて硫酸銅(Ⅱ)水溶液を電圧 0.3 V で電気分解すると，陽極が 201.3 g 減少し，陰極が 200.0 g 増加した。このとき，溶液中の銅イオンは 0.400 mol 減少し，陽極の下には沈殿が 2.5 g 生じた。次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) 陽極の下に生じた沈殿に含まれる金属の単体に関する記述の中で，正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 熱水と反応して水素を発生する。
- B. 塩酸とは反応しないが，空気中では表面が徐々に酸化され酸化物の被膜が生じる。
- C. 水酸化ナトリウム水溶液と反応して溶ける。
- D. 希硝酸と反応して一酸化窒素を発生する。
- E. 濃硝酸に浸すと表面にち密な酸化物の被膜が生じる。

(2) 陽極から溶けだした銅は何 g か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 149.2 g      B. 174.6 g      C. 187.3 g      D. 198.8 g      E. 200.0 g

(3) 陽極から溶けだしたニッケルは何 g か。次の中から最も適切なものを一つ選んで，解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 5.9 g      B. 8.9 g      C. 11.8 g      D. 17.7 g      E. 23.6 g

2

酸と塩基とが中和反応して水 1 mol が生成するときの反応熱を一般に中和熱という。強酸の希薄水溶液と強塩基の希薄水溶液で中和して塩の希薄水溶液が得られる場合、その中和熱は酸と塩基の種類によらず一定の値 56.5 kJ/mol となる。<sup>(a)</sup>一方、弱酸や弱塩基が関わる中和反応の中和熱はこの値からずれる。この値と、表 1 および表 2 に示した物質の生成熱と溶解熱の値を用いて、以下の各問いに答えなさい。ただし、溶液はすべて希薄水溶液とし、表 2 のアンモニアの水への溶解熱は、アンモニアが電離していないときのものである。

表 1 いくつかの物質の生成熱

物質	生成熱 [kJ/mol]
HCl (気)	92.3
NaOH (固)	425.6
NaCl (固)	411.1
H <sub>2</sub> O (液)	285.8
NH <sub>3</sub> (気)	45.9
NH <sub>4</sub> Cl (固)	313.4

表 2 いくつかの物質の水への溶解熱

物質	溶解熱 [kJ/mol]
HCl (気)	74.9
NaCl (固)	-3.9
NH <sub>3</sub> (気)	34.2
NH <sub>4</sub> Cl (固)	-14.8

問 1 下線部(a)で述べた強酸の希薄水溶液と強塩基の希薄水溶液の中和反応に共通な熱化学方程式を、解答欄に書きなさい。

問 2 固体の水酸化ナトリウム 1 mol を希塩酸で直接中和すると、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 25 kJ の発熱      B. 50 kJ の発熱      C. 75 kJ の発熱      D. 100 kJ の発熱  
 E. 25 kJ の吸熱      F. 50 kJ の吸熱      G. 75 kJ の吸熱      H. 100 kJ の吸熱

問 3 固体の水酸化ナトリウム 1 mol を大量の水に溶かすと、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 5 kJ の発熱      B. 20 kJ の発熱      C. 30 kJ の発熱      D. 45 kJ の発熱  
 E. 5 kJ の吸熱      F. 20 kJ の吸熱      G. 30 kJ の吸熱      H. 45 kJ の吸熱

問4 アンモニア 1 mol を溶かしたアンモニア水を希塩酸で中和すると、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、アンモニア水中のアンモニアは電離していないものとする。

- |              |              |              |               |
|--------------|--------------|--------------|---------------|
| A. 25 kJ の発熱 | B. 50 kJ の発熱 | C. 75 kJ の発熱 | D. 100 kJ の発熱 |
| E. 25 kJ の吸熱 | F. 50 kJ の吸熱 | G. 75 kJ の吸熱 | H. 100 kJ の吸熱 |

問5 水溶液中でアンモニア 1 mol が、水分子と反応してアンモニウムイオンと水酸化物イオンとに電離したとすると、その反応熱は何 kJ の発熱あるいは吸熱となるか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- |             |              |              |              |
|-------------|--------------|--------------|--------------|
| A. 5 kJ の発熱 | B. 20 kJ の発熱 | C. 30 kJ の発熱 | D. 45 kJ の発熱 |
| E. 5 kJ の吸熱 | F. 20 kJ の吸熱 | G. 30 kJ の吸熱 | H. 45 kJ の吸熱 |

**3** 化合物（ア）～（オ）は、いずれも無機物質である。（ア）と（イ）は加熱すると、ともに二酸化炭素を発生する。（ア）を加熱して二酸化炭素が発生した後に生成する固体（ウ）は生石灰ともいわれる。（ウ）は、水と反応して（エ）となる。（エ）の水溶液に二酸化炭素を通じると、（ア）の沈殿が生成する。一方、（イ）は重曹ともいわれ、加熱して二酸化炭素が発生した後に生成する塩（オ）は水に溶ける。以下の各問いに答えなさい。

問1 化合物（ア）、（ウ）、（エ）の性質に関する記述の中で、誤っているものはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. （ア）は、石灰石や大理石の主成分である。
- B. （ア）は、強酸と反応して二酸化炭素を生成する。
- C. （ウ）は、乾燥剤として用いられる。
- D. （ウ）は、セメントに含まれる。
- E. （エ）は、水に溶けると弱塩基性を示す。
- F. （エ）は、さらし粉の製造に用いられる。

問2 化合物（ア）は二酸化炭素を含む水に溶ける。この反応は、可逆反応である。この反応の化学反応式を、解答欄に書きなさい。

問3 ある量の化合物(イ)を加熱したところ、一部が反応して(オ)が生成した。このとき発生した二酸化炭素のみを27℃のもとで、水1.0Lを含む容積5.0Lの容器に集めたところ、内部の気体の圧力が $1.0 \times 10^5$  Paとなった。その後、容器内の液体を取り出して塩化バリウム水溶液を加えたところ、難溶性の白色沈殿が7.9 g生じた。次の(1)~(3)に答えなさい。ただし、水の蒸気圧は無視してよい。

(1) 発生した二酸化炭素の物質量は何 mol か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、気体はすべて理想気体とする。

- A. 0.10 mol      B. 0.20 mol      C. 0.30 mol      D. 0.40 mol      E. 0.50 mol

(2) 化合物(オ)の性質に関する記述の中で正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 強酸の水溶液を加えると、一酸化炭素を発生する。  
 B. 水に溶けると、弱酸性を示す。  
 C. 空気中で放置すると、水分を吸収して溶ける。  
 D. オストワルト法で製造される。  
 E. ガラスや洗剤の原料として利用される。

(3) 二酸化炭素が発生した後に残った固体をすべて水に溶かし、200 mLの水溶液とした。そのうち5 mLをとり、0.50 mol/Lの希塩酸を用いてメチルオレンジを指示薬として滴定したところ、終点まで25 mLを要した。加熱前に存在した(イ)は何 mol か。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 0.10 mol      B. 0.20 mol      C. 0.30 mol      D. 0.40 mol      E. 0.50 mol

4 表に示した化合物 ( ア ) ~ ( カ ) は、いずれもベンゼン環に1つ、または2つの原子団が水素原子と置換して結合した化合物であり、特有の薬理作用を示す芳香族化合物である。化合物 ( オ ) はアニリンをアセチル化して得られる化合物である。以下の各問いに答えなさい。

化合物	分子式	含まれる原子団	原子団の位置	薬理作用
( ア )	$C_9H_8O_4$	a と b	<i>o</i> -位	解熱鎮痛作用
( イ )	$C_8H_8O_3$	c と d	<i>o</i> -位	消炎鎮痛作用
( ウ )	$C_7H_8O$	d と e	<i>o</i> -位, <i>m</i> -位, <i>p</i> -位	i
( エ )	$C_6H_8N_2O_2S$	f と g	<i>p</i> -位	病原菌の活動を阻害する作用
( オ )	$C_8H_9NO$	h	—	j
( カ )	$C_8H_9NO_2$	d と h	<i>p</i> -位	j

問1 化合物 ( ア ) ~ ( カ ) の元素分析を行ったところ、ある化合物の炭素の質量百分率は41.9%、水素の質量百分率は4.7%であった。この化合物はどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. ア    B. イ    C. ウ    D. エ    E. オ    F. カ

問2 化合物 ( ア ) と ( イ ) は、いずれもある有機化合物 ( キ ) から1段階の反応で得られる。化合物 ( キ ) の合成法に関する記述の中で正しいものはどれか。次の中から最も適切なものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. *o*-キシレンを過マンガンカリウム水溶液で酸化すると得られる。  
 B. クロロベンゼンを水酸化ナトリウム水溶液と混合し、高温・高圧で反応させる。得られた有機化合物 X の水溶液に塩酸を加えると得られる。  
 C. 化合物 X の水溶液に二酸化炭素を通じると得られる。  
 D. ニトロベンゼンを濃塩酸と鉄で還元したのち、その溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加える。得られた有機化合物 Y に無水酢酸を反応させると得られる。  
 E. 化合物 Y と亜硝酸ナトリウムを氷冷した塩酸中で反応させる。得られた有機化合物 Z の水溶液に、化合物 X の水溶液を加えると得られる。  
 F. 化合物 Z の水溶液を室温に加熱して得られる有機化合物と水酸化ナトリウムとから生じる塩に、二酸化炭素を高温・高圧で反応させ、その後希硫酸を加えると得られる。

問3 化合物(ウ)の3つの異性体のうち *m*-異性体の構造式を、解答欄に書きなさい。

問4 化合物(ア)～(カ)のうち、次の性質①と②にあてはまるものはそれぞれいくつあるか。A～Iの中から最も適切な組合せを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

性質① 水に溶けると、弱い塩基性を示す。

性質② 水に溶けると、弱い酸性を示す。

	性質①	性質②
A	1	1
B	1	3
C	1	4
D	3	1
E	3	3
F	3	4
G	4	1
H	4	3
I	4	4

問5 薬理作用iとjはそれぞれ何か。次の中から最も適切な組合せを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

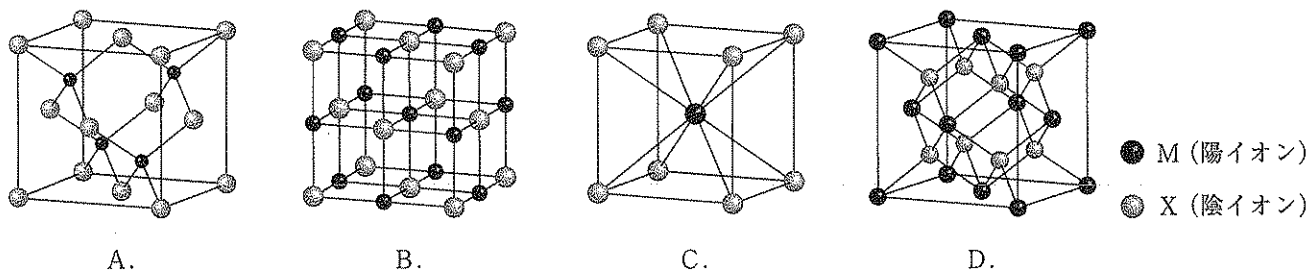
	薬理作用 i	薬理作用 j
A	麻酔作用	解熱作用
B	麻酔作用	消炎作用
C	麻酔作用	制酸作用
D	血管拡張作用	解熱作用
E	血管拡張作用	消炎作用
F	血管拡張作用	制酸作用
G	殺菌・消毒作用	解熱作用
H	殺菌・消毒作用	消炎作用
I	殺菌・消毒作用	制酸作用



5 以下の各問いに答えなさい。

問1 フッ化カルシウムは<sup>ほたあし</sup>螢石の主成分であり、イオン結晶を形成する。次の(1)～(3)に答えなさい。

(1) フッ化カルシウムの結晶の単位格子として、最も適切なものはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。ただし、下図の結晶の単位格子はいずれも立方体である。



(2) フッ化カルシウムの式量は78.1であり、結晶の単位格子の1辺の長さは $5.44 \times 10^{-8}$  cmである。フッ化カルシウムの密度はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A.  $1.6 \text{ g/cm}^3$     B.  $2.4 \text{ g/cm}^3$     C.  $3.2 \text{ g/cm}^3$     D.  $4.8 \text{ g/cm}^3$     E.  $6.4 \text{ g/cm}^3$

(3) フッ化カルシウムに濃硫酸を加えて加熱すると、分子性化合物が生成する。この分子性化合物に関する記述として、誤っているものはどれか。次の中から一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A. 水と激しく反応し、酸素を発生する。  
 B. 水に溶けると、弱酸性を示す。  
 C. 水溶液は、二酸化ケイ素を溶かす。  
 D. 沸点は、常温付近 ( $20^\circ\text{C}$ ) である。  
 E. 液体状態において、水素結合している。

問2 ポリ酢酸ビニルを加水分解して得られたポリマー(ア) 1.0 gを水に溶かし、全量を100 mLとした。この水溶液の浸透圧を $27^\circ\text{C}$ で測定したところ、 $3.0 \times 10^3$  Paであった。次の(1)、(2)に答えなさい。

(1) ポリマー(ア)の構造式を、解答欄に書きなさい。

(2) ポリ酢酸ビニルの平均分子量はいくらか。次の中から最も近いものを一つ選んで、解答欄の記号にマークしなさい。

- A.  $4.0 \times 10^3$     B.  $8.0 \times 10^3$     C.  $1.2 \times 10^4$     D.  $1.6 \times 10^4$     E.  $2.0 \times 10^4$   
 F.  $2.4 \times 10^4$     G.  $2.8 \times 10^4$