

クラス		受験番号		解答用紙番号・コード ※解答用紙冊子記載の番号とコードを転記してください。
出席番号		氏名		

試験開始の指示があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。

## 2021年度 第3回 全統共通テスト模試問題

**理 科①** [物理基礎 化学基礎]  
[生物基礎 地学基礎] (2科目 100点 60分)

**理 科②** [物 理 化 学]  
[生 物 地 学] (2科目 200点 120分)  
(1科目 100点 60分)

模擬試験の問題および解答解説は著作物であり、著作権法およびその他の法律で保護されています。法律上で認められている範囲を超えて、無断でコピーしたり、WEB上に掲載したりするなどの行為ならびに、その他厳正な試験の運営を妨げる行為を固く禁止します。

### 注意事項

- 1 出題科目、ページ、選択方法及び解答用紙については、下表のとおりです。  
\*理科の3科目選択は理科①から2科目と理科②から1科目の組み合わせに限ります。

#### 理科①

出題科目	ページ	選 択 方 法	解答用紙
物理基礎	4~15	左の4科目のうちから、1科目又は2科目を選択し、解答しなさい。	
化学基礎	16~29	*大学入学共通テストを課す大学を志望する場合は、必ず2科目を選択し、解答しなさい。解答時間(60分)の配分は自由です。	「理科①」解答用紙に1科目又は2科目を解答しなさい。
生物基礎	30~45	*1科目のみを解答する場合でも、2科目を解答する場合でも、試験時間は60分です。	
地学基礎	46~63		

#### 理科②

出題科目	ページ	選 択 方 法	解答用紙
物 理	64~85	左の4科目のうちから、1科目又は2科目を選択し、解答しなさい。	「理科②(第1解答科目)」と「理科②(第2解答科目)」の2種類があります。
化 学	86~113	*第1解答科目を指定している大学については、第1解答科目の成績を用いて合格可能性評価を行うので、注意して選択しなさい。	1科目のみを選択する場合は、「理科②(第1解答科目)」解答用紙に解答しなさい。
生 物	114~143		
地 学	144~171		

この注意事項は、問題冊子の裏表紙にも続きます。問題冊子を裏返して必ず読みなさい。

河合塾





# 化 学

(解答番号  ~ )

必要があれば、原子量は次の値を使うこと。

H	1.0	C	12	O	16	Na	23
S	32	Cl	35.5	Cu	64	Ag	108
Ba	137						

気体は、実在気体とことわりがない限り、理想気体として扱うものとする。

## 第1問 次の問い合わせ(問1~4)に答えよ。(配点 20)

問1 次の記述(ア・イ)の両方に当てはまる分子として最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。

ア すべての原子が同一平面上に存在する分子

イ 極性をもたない分子

- ① エチレン(エテン)    ② アンモニア    ③ クロロベンゼン  
④ エタン    ⑤ ホルムアルデヒド

問2 図1は、1価の陽イオン $M^+$ と1価の陰イオン $X^-$ からなる $MX$ の結晶の単位格子(立方体)を示している。単位格子の一辺の長さが $L$  (cm),  $M^+$ のイオン半径が $r$  (cm)のとき,  $X^-$ のイオン半径(cm)を表す式として最も適当なものを、下の①~⑥のうちから一つ選べ。ただし、 $M^+$ と $X^-$ はいずれも球であるとし、最も近くに位置する $M^+$ と $X^-$ は互いに接しているものとする。

2 cm

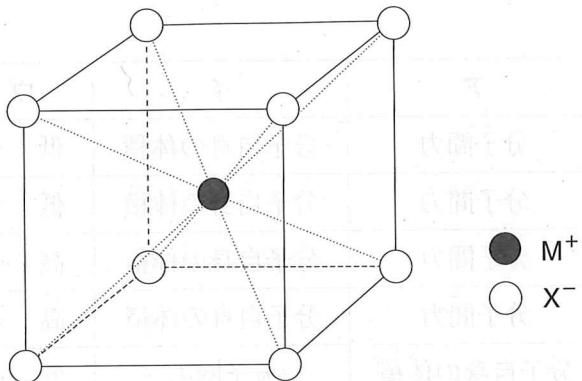


図1  $MX$  の結晶の単位格子

- |                    |                           |                           |
|--------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $L-r$            | ② $\sqrt{2}L-r$           | ③ $\sqrt{3}L-r$           |
| ④ $\frac{1}{2}L-r$ | ⑤ $\frac{\sqrt{2}}{2}L-r$ | ⑥ $\frac{\sqrt{3}}{2}L-r$ |

## 化学

問3 実在気体に関する次の文章中の [ア] ~ [エ] に当てはまる語句の組合せとして最も適當なものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 [3]

実在気体であるアンモニアのモル体積(1 molあたりの体積)は、0°C, 1.013 × 10<sup>5</sup> Paにおいて 22.4 L/mol より小さい。これは、[ア] の影響に比べて、[イ] の影響が大きいからである。一般に、実在気体は、温度が[ウ]、圧力が[エ]ほど、理想気体に近い挙動を示す。

	ア	イ	ウ	エ
①	分子間力	分子自身の体積	低く	低い
②	分子間力	分子自身の体積	低く	高い
③	分子間力	分子自身の体積	高く	低い
④	分子間力	分子自身の体積	高く	高い
⑤	分子自身の体積	分子間力	低く	低い
⑥	分子自身の体積	分子間力	低く	高い
⑦	分子自身の体積	分子間力	高く	低い
⑧	分子自身の体積	分子間力	高く	高い

## (下書き用紙)

化学の試験問題は次に続く。

## （下書き用紙）

右の圖は、電離度測定装置の構造を示す。電極Aは空氣中の電離度を測定するための電極である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

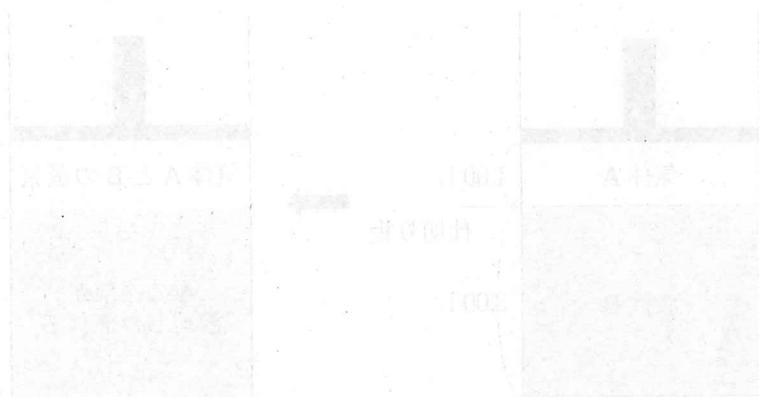
電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。

電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。電極Aの表面積は、 $1 \text{ cm}^2$  である。



電離度測定装置

## 化学

問4 仕切り板によって二つの部分に分けられたピストン付きの容器があり、仕切り板の下部の容積は3.00 Lである。この容器を用いて、気体Aの液体Bへの溶解に関する実験I・IIを行った。これらの実験に関する次ページの問い合わせ(a・b)に答えよ。ただし、気体Aの液体Bへの溶解ではヘンリーの法則が成り立つものとし、AとBは反応しないものとする。また、27°CにおけるBの飽和蒸気圧は $2.0 \times 10^4$  Paであり、気体Aが溶解してもBの飽和蒸気圧は変化しないものとする。さらに、気体Aの溶解や液体Bの蒸発による液体Bの体積変化は無視できるものとする。

実験I 容器内を真空にした後、仕切り板の上部に27°C、 $1.00 \times 10^5$  Paで1.00 Lの気体Aを、仕切り板の下部にAが溶け込んでいない3.00 Lの液体Bを封入した(図2, ア)。仕切り板を外し、温度を27°C、容器内の圧力を $1.00 \times 10^5$  Paに保つと、Aの一部が液体Bに溶解し、Bの一部が蒸発した。十分な時間放置したところ、容器上部の気体の体積は1.10 Lになった(図2, イ)。

実験II 実験Iの後、温度を27°C、容器内の圧力を $3.00 \times 10^5$  Paに保って十分な時間放置した。

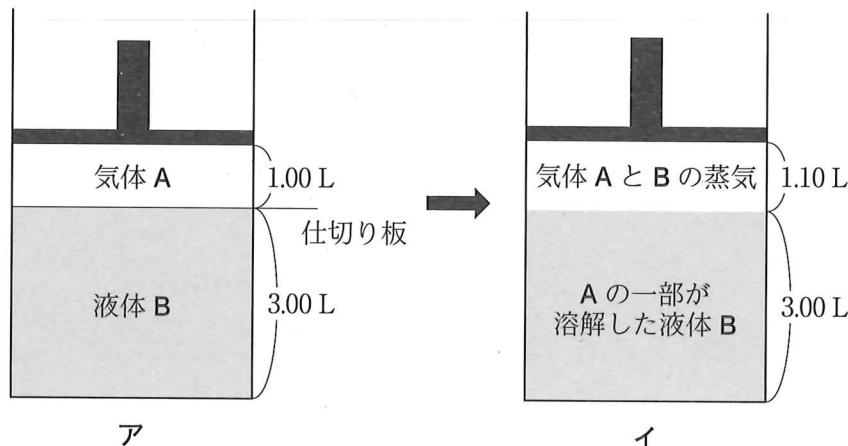


図2 実験Iの模式図

a 実験Iにおいて、3.00 Lの液体Bに溶解した気体Aの物質量は何 molか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、気体定数は  
 $R=8.3\times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ とする。 [4] mol

- ①  $3.2\times 10^{-3}$     ②  $4.8\times 10^{-3}$     ③  $3.5\times 10^{-2}$     ④  $4.0\times 10^{-2}$

b 実験IIにおいて、容器上部の気体の体積は何 L になったか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 [5] L

- ① 0.21    ② 0.27    ③ 0.33    ④ 0.40

## 化学

### 第2問 次の問い合わせ(問1～4)に答えよ。(配点 20)

問1 一酸化炭素と水素を、触媒を用いて高温・高圧で反応させるとメタノールが得られる。この反応の熱化学方程式は、次の式(1)で表される。



また、水素分子およびメタノール分子中の結合の結合エネルギーを表1に示す。

表1 水素およびメタノール分子中の結合の結合エネルギー

分子	$\text{H}_2$	$\text{CH}_3\text{OH}$		
結合	$\text{H}-\text{H}$	$\text{C}-\text{H}$	$\text{C}-\text{O}$	$\text{O}-\text{H}$
結合エネルギー (kJ/mol)	$a$	$b$	$c$	$d$

一酸化炭素分子中の炭素原子と酸素原子間の結合の結合エネルギー(kJ/mol)を表す式として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

6 kJ/mol

- ①  $Q+2a-3b-c-d$   
③  $-Q+2a-3b-c-d$

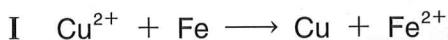
- ②  $Q-2a+3b+c+d$   
④  $-Q-2a+3b+c+d$

問2 酸化還元反応では、強い還元剤が強い酸化剤に電子を与え、弱い酸化剤と弱い還元剤が生じる方向に反応が進行しやすい。例えば、ナトリウムに水を加えた場合、還元剤としての強さが  $\text{Na} > \text{H}_2$ 、酸化剤としての強さが  $\text{Na}^+ < \text{H}_2\text{O}$  なので、次の反応が起こる。



次の酸化還元(Ⅰ・Ⅱ)が起こることから、Cu, Fe,  $\text{Fe}^{2+}$  の還元剤としての強さを比較することができる。Cu, Fe,  $\text{Fe}^{2+}$  を還元剤として強い順に並べたものはどれか。最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

7



①  $\text{Cu} > \text{Fe} > \text{Fe}^{2+}$

②  $\text{Cu} > \text{Fe}^{2+} > \text{Fe}$

③  $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Fe}^{2+}$

④  $\text{Fe} > \text{Fe}^{2+} > \text{Cu}$

⑤  $\text{Fe}^{2+} > \text{Cu} > \text{Fe}$

⑥  $\text{Fe}^{2+} > \text{Fe} > \text{Cu}$

## 化学

問3 不純物として亜鉛と銀のみを含む粗銅板、純銅板、および $0.1000\text{ mol/L}$ の硫酸銅(II)水溶液 $500\text{ mL}$ を用いて、図1のような装置を作り、銅の電解精錬の実験を行った。陽極の粗銅では、銅と亜鉛は2価の陽イオンになって溶け出するが、イオン化傾向が銅より小さい銀はイオンにならず、単体のまま沈殿して陽極泥となる。一方、陰極では、銅(II)イオンが還元されて銅が析出するが、亜鉛は、イオン化傾向が銅より大きいため、析出しない。

一定時間電気分解を行い、回路に $0.0200\text{ mol}$ の電子を流したところ、電解液中の銅(II)イオンのモル濃度が $0.0020\text{ mol/L}$ 減少し、陽極泥が $27\text{ mg}$ 生じた。このとき、粗銅板から溶け出した銅、亜鉛、および単体のまま沈殿した銀の物質量の比(Cu : Zn : Ag)として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

8

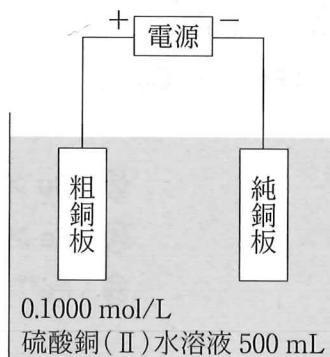


図1 銅の電解精錬の実験装置

- ① 32:8:1      ② 36:4:1      ③ 72:8:1      ④ 76:4:1

問4 気体Aと気体Bを混合して高温にすると、次の式(1)に示すように、気体Cが生成する。



この反応は可逆反応であり、平衡定数Kは次の式(2)で表される。

$$K = \frac{[C]}{[A][B]^2}$$

この反応に関する次の実験I～IIIを行った。これらの実験に関する次ページ以降の問い合わせ(a～c)に答えよ。

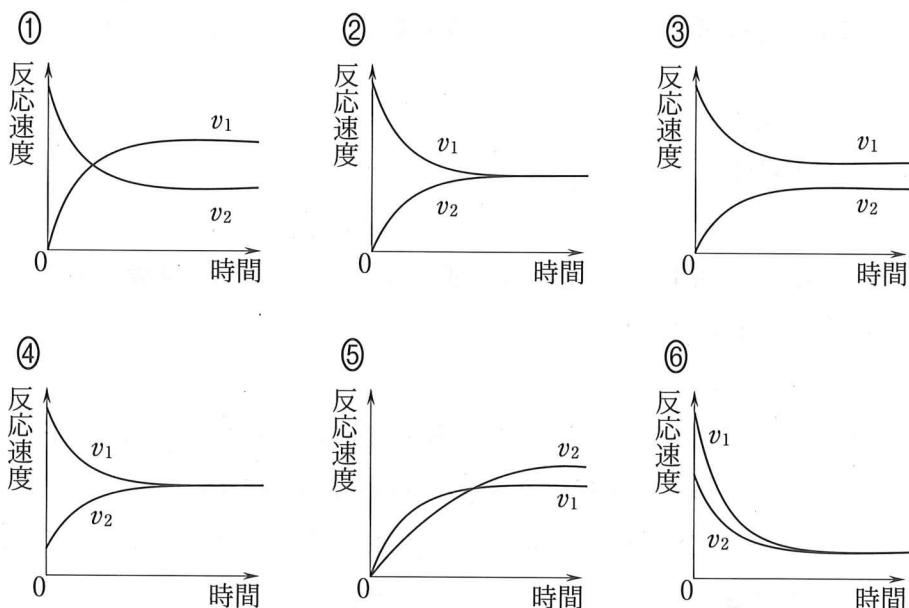
**実験I** 容積可変の容器に、AとBの混合気体を入れ、温度と圧力を一定に保ったところ、平衡状態に達し、気体の体積は3.0Lとなった。このとき、混合気体中にAは1.0mol、Bは1.0mol、Cは1.0mol含まれていた。この状態を状態Iとする。この結果、 $K=9.0\text{ L}^2/\text{mol}^2$ と求まった。

**実験II** 状態Iから、容器内の温度と容積を一定に保ったまま、ある量のBを加えた。

**実験III** 状態Iから、容器内の温度と圧力を一定に保ったまま、ある量のAを加えた。

## 化学

- a 実験 Iにおいて、式(1)の正反応で A が減少する速度を  $v_1$  ( $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ )、式(1)の逆反応で A が増加する速度を  $v_2$  ( $\text{mol}/(\text{L}\cdot\text{s})$ ) とする。反応開始後の  $v_1$  と  $v_2$  の時間変化を表すグラフとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [9]



- b 実験 IIにおいて、平衡状態での C の物質量が 1.6 mol となるようにしたい。このとき、容器内に加える B の物質量は何 mol にすればよいか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 [10] mol

- ① 0.87      ② 1.0      ③ 1.6      ④ 2.2

c 実験IIIのように、温度と圧力が一定の条件で容器内に気体Aを加えたときは、容器内の気体の総物質量に比例してその体積が変化するため、平衡が移動する方向を判断するにあたって、Aのモル濃度だけではなく、BとCのモル濃度も変化することに注意する必要がある。実験IIIに関する考察を述べた次の文章中のア～エに当てはまる語の組合せとして最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。11

【実験IIIに関する考察】

加えたAが1.0 molのとき、反応が起こらないと仮定して考えると、Aの物質量が2.0 mol、混合気体の体積は4.0 Lとなるので、 $\frac{[C]}{[A][B]^2}$ の値が平衡定数Kの値よりアなる。したがって、式(1)の平衡はイに移動すると判断できる。

一方、加えたAが4.0 molのとき、反応が起こらないと仮定して考えると、Aの物質量が5.0 mol、混合気体の体積は7.0 Lとなるので、 $\frac{[C]}{[A][B]^2}$ の値がKの値よりウなる。したがって、式(1)の平衡はエに移動すると判断できる。

	ア	イ	ウ	エ
①	大きく	右	小さく	左
②	大きく	左	小さく	右
③	小さく	右	大きく	左
④	小さく	左	大きく	右

## 化学

### 第3問 次の問い合わせ(問1～3)に答えよ。(配点 20)

問1 周期表の第3周期に属する元素ア～エは、次の記述(I～III)に述べる特徴をもつ。ア～エとして最も適当なものを、それぞれ下の①～⑦のうちから一つずつ選べ。ただし、記述(I～III)中の酸化物は、元素ア～エの最高酸化数(価電子の数をXとすると、+Xの酸化数)の酸化物を表すものとする。

ア	12
イ	13
ウ	14
エ	15

- I アの酸化物は水と反応すると1価の強酸を生じ、イの酸化物は水と反応すると2価の強酸を生じる。
- II ウの酸化物は水と反応して水酸化物を生じ、その水溶液は強い塩基性を示す。
- III エの酸化物は、アの水素化合物の水溶液に塩を生じて溶ける。この塩は、潮解性があり、また、にがりに多く含まれる。

- ① Al            ② Cl            ③ Mg            ④ Na  
⑤ P            ⑥ S            ⑦ Si

問2 図1に示す実験装置により、塩素を発生させ、分離して捕集することができる。この実験に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 16

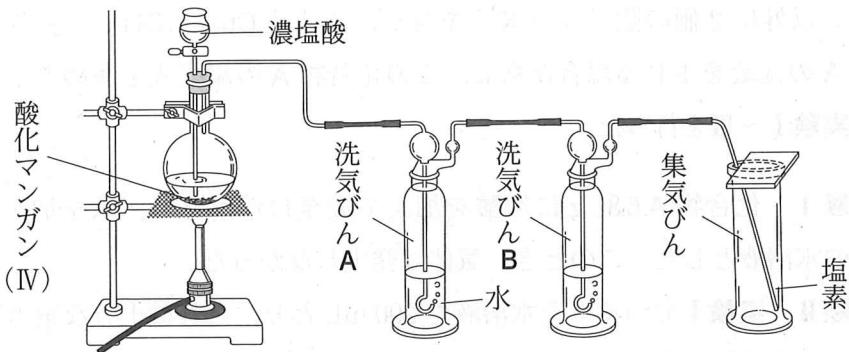


図1 塩素を発生・分離して捕集する実験装置

- ① 酸化マンガン(IV)  $MnO_2$  は、触媒としてはたらく。
- ② 洗気びん A の水は、発生した塩素に混入している塩化水素を除くために用いられている。
- ③ 洗気びん B には、乾燥剤として濃硫酸を入れる。
- ④ 捕集した塩素をスポットで吸いとり、ヨウ化カリウム水溶液に吹き込むと、水溶液が褐色に変化する。
- ⑤ 捕集した塩素を、水素と体積比 1:1 で混合して光を当てると、爆発的に反応する。

## 化学

問3 銅の化合物に関する次の文章を読み、下の問い合わせ(a～c)に答えよ。

硫酸銅(II)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えると、通常、(a)水酸化銅(II)の沈殿が生じる。しかし、条件によっては、銅(II)イオンと水酸化物イオン以外に2価の陰イオン $X^{2-}$ を含み、組成式 $Cu_aX_b(OH)_c$ で表される化合物Aの沈殿を生じる場合がある。この化合物Aの組成式を決めるために、次の実験I～IIIを行った。

実験I 化合物A 6.81 gに塩酸を加えて完全に溶解させ、水を加えて1.00 Lの水溶液とした。このとき、気体は発生しなかった。

実験II 実験Iでつくった水溶液を200 mLとり、これに十分な量の塩化バリウム水溶液を加えたところ、化合物Bの白色沈殿が生じた。この沈殿をろ過してを集め、水洗・乾燥後に質量をはかったところ、ア gであった。

実験III 実験Iでつくった水溶液を50 mLとり、これに十分な量のヨウ化カリウム水溶液を加えた。この水溶液を0.100 mol/Lのチオ硫酸ナトリウム $Na_2S_2O_3$ 水溶液で滴定したところ、終点までに30.0 mLを要した。なお、この実験では、次の式(1)の反応で生成したヨウ素を、式(2)の反応にしたがって滴定している。



a 下線部(a)に関連して、水酸化銅(II)に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。17

- ① 青白色である。
- ② 加熱すると、黒色に変化する。
- ③ 濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶け、無色の水溶液になる。
- ④ 希硫酸に溶け、その水溶液を白金線の先端につけてガスバーナーの外炎に入れると、青緑色の炎色反応が見られる。

- b  $X^{2-}$  に当たるイオンは、実験 I・II の結果から判明した。また、実験 II で生じた化合物 B の沈殿の物質量は  $3.0 \times 10^{-3} \text{ mol}$  と求められた。 $X^{2-}$  の化学式と文章中の [ア] に当たる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [18]

	$X^{2-}$	ア
①	$O^{2-}$	0.46
②	$O^{2-}$	0.92
③	$CO_3^{2-}$	0.59
④	$CO_3^{2-}$	1.2
⑤	$SO_4^{2-}$	0.70
⑥	$SO_4^{2-}$	1.4

- c 実験 I～III の結果から、化合物 A には  $Cu^{2+}$ ,  $X^{2-}$ ,  $OH^-$  以外のイオンや水和水は含まれないことが判明し、化合物 A の組成式が決定した。化合物 A の組成式  $Cu_aX_b(OH)_c$  中の a, b, c に当たる数値の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 [19]

	a	b	c
①	2	1	1
②	2	1	2
③	3	1	4
④	3	2	2
⑤	4	1	3
⑥	4	1	6

## 化学

### 第4問 次の問い合わせ(問1～5)に答えよ。(配点 20)

問1 エチレン(エテン)とアセチレン(エチン)に関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 [ 20 ]

- ① エチレンは、160～170℃に加熱した濃硫酸にエタノールを加えると得られる。
- ② エチレンを臭素水に通じると、臭素の赤褐色が消える。
- ③ アセチレンは、炭化カルシウム(カーバイド)に水を加えると得られる。
- ④ 硫酸水銀(II)を触媒として希硫酸中でアセチレンと水を反応させると、ホルムアルデヒドが得られる。

問2 炭素、水素、塩素からなる化合物Aがある。Aの分子量は76.5で、その元素分析値(質量パーセント)は、炭素47.1%，水素6.5%，塩素46.4%であった。Aとして考えられる鎖式化合物はいくつあるか。正しい数を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。ただし、立体異性体があれば区別して数えるものとする。

21

- ① 1    ② 2    ③ 3    ④ 4    ⑤ 5    ⑥ 6

## 化学

問3 分子式  $C_5H_{10}O_2$  で表されるエステル A を加水分解したところ、化合物 B と化合物 C が得られた。表1は、B と C のそれぞれに次の操作 I ~ IIIを行ったときに観察された結果をまとめたものである。ただし、表中の×は変化が見られなかったことを表す。

**操作I** アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて温める。

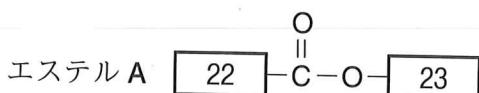
**操作II** ヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加えて温める。

**操作III** 炭酸水素ナトリウム水溶液を加える。

表1 操作I ~ IIIの観察結果

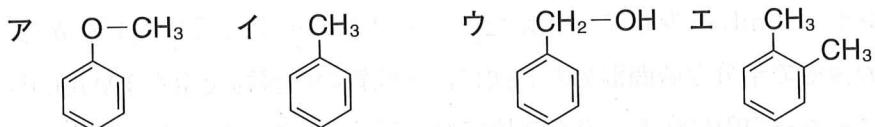
	操作I	操作II	操作III
化合物B	×	黄色沈殿が生じた	×
化合物C	銀が析出した	×	気体が発生した

次に示すエステル A の構造式中の 22・23 に当てはまるものを、下の①~⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。ただし、同じものを繰り返し選んでもよい。



- |  |   |                                      |
|--|---|--------------------------------------|
| ① H—   | ② CH <sub>3</sub> —   | ③ CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> — |
| ④ CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —                  | ⑤ CH <sub>3</sub> —CH—<br> <br>CH <sub>3</sub>                  |                                      |
| ⑥ CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> —CH <sub>2</sub> — | ⑦ CH <sub>3</sub> —CH—CH <sub>2</sub> —<br> <br>CH <sub>3</sub> |                                      |
| ⑧ CH <sub>3</sub> —CH <sub>2</sub> —CH—<br> <br>CH <sub>3</sub>        | ⑨ CH <sub>3</sub> —C—<br> <br>CH <sub>3</sub>                   |                                      |

問4 次の芳香族化合物ア～エのうち、適當な酸化剤で酸化すると安息香酸を得ることができるものが二つある。その組合せとして最も適當なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 24



- |  |  |  |
|--|--|--|
| <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">①</span> ア, イ | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">②</span> ア, ウ | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">③</span> ア, エ |
| <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">④</span> イ, ウ | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">⑤</span> イ, エ | <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">⑥</span> ウ, エ |

問5 ベンゼンからアニリンを合成するために行った次の実験I・IIについて、下の問い合わせ(a・b)に答えよ。

**実験I** 試験管に濃硝酸と濃硫酸をそれぞれ1mLずつはかりとり、これにベンゼン1mLを少しづつ加えた。この試験管をよく振り混ぜながら、60℃の湯浴で十分な時間温めた。次に、試験管の内容物を冷水100mLの入ったビーカーの中に注ぎ、ガラス棒でかき混ぜた後静置すると、淡黄色の化合物Xが得られた。

**実験II** 実験Iで得られたX 0.5mLを別の試験管に移し、これに粒状のスズ2gと濃塩酸5mLを加えた。この試験管をよく振り混ぜながら、60℃の湯浴で温めた。淡黄色の油滴がなくなったら、内容物の溶液のみを三角フラスコに移した。この溶液が塩基性になるまで6mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を少しづつ加えると、油状のアニリンが生成した。

a 実験I・IIに関する記述として誤りを含むものはどれか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。25

- ① 実験Iで用いた硫酸は、触媒としてはたらいている。
- ② 実験Iで得られたXは、油滴としてビーカーの底に沈んでいた。
- ③ 実験IIで用いたスズは、酸化剤としてはたらいている。
- ④ 実験IIで水酸化ナトリウム水溶液を加えたのは、弱塩基であるアニリンを遊離させるためである。

- b 実験Ⅱの後のアニリンの分離、確認に関する次の文章中の [ア]・[イ] に当てはまる語と水溶液の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 [26]

実験Ⅱで得られた溶液を分液ろうとに移して、ジエチルエーテル 5 mL を加えてよく振り混ぜ、静置すると二層に分かれた。このうち [ア] のエーテル層を蒸発皿にとり、ジエチルエーテルを蒸発させてアニリンを分離した。得られたアニリンの一部を試験管にとり、 [イ] を加えると、赤紫色に変化した。

	[ア]	[イ]
①	上層	臭素水
②	上層	さらし粉水溶液
③	上層	塩化鉄(Ⅲ)水溶液
④	下層	臭素水
⑤	下層	さらし粉水溶液
⑥	下層	塩化鉄(Ⅲ)水溶液

## 化学

### 第5問 炭酸ナトリウム $\text{Na}_2\text{CO}_3$ および炭酸水素ナトリウム $\text{NaHCO}_3$ に関する次の問い合わせ(問1・問2)に答えよ。(配点 20)

問1  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と  $\text{NaHCO}_3$  の質量の和が 100 g の試料 1 ~ 5 がある。これらの試料を別々の容器に入れ、電気炉中で 200 °C に保ち十分な時間加熱した。その後、容器内の固体の質量を測定した。表1は、試料 1 ~ 5 に含まれる  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の質量と、加熱後の固体の質量をまとめたものである。これに関する下の問い合わせ(a・b)に答えよ。なお、必要があれば次ページの方眼紙を使うこと。

表1 各試料に含まれる  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の質量と加熱後の固体の質量

	試料に含まれる $\text{Na}_2\text{CO}_3$ の質量(g)	加熱後の固体の質量(g)
試料 1	100	100
試料 2	75	91
試料 3	50	82
試料 4	25	72
試料 5	0	63

a 試料を加熱すると、試料 2 ~ 5 では気体が発生した。発生した気体として適當なものは、次のア～エのうちどれか。すべてを正しく選択しているものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 [27]

ア 水 素 イ 一酸化炭素 ウ 二酸化炭素 エ 水蒸気

- ① ア, イ  
④ イ, ウ

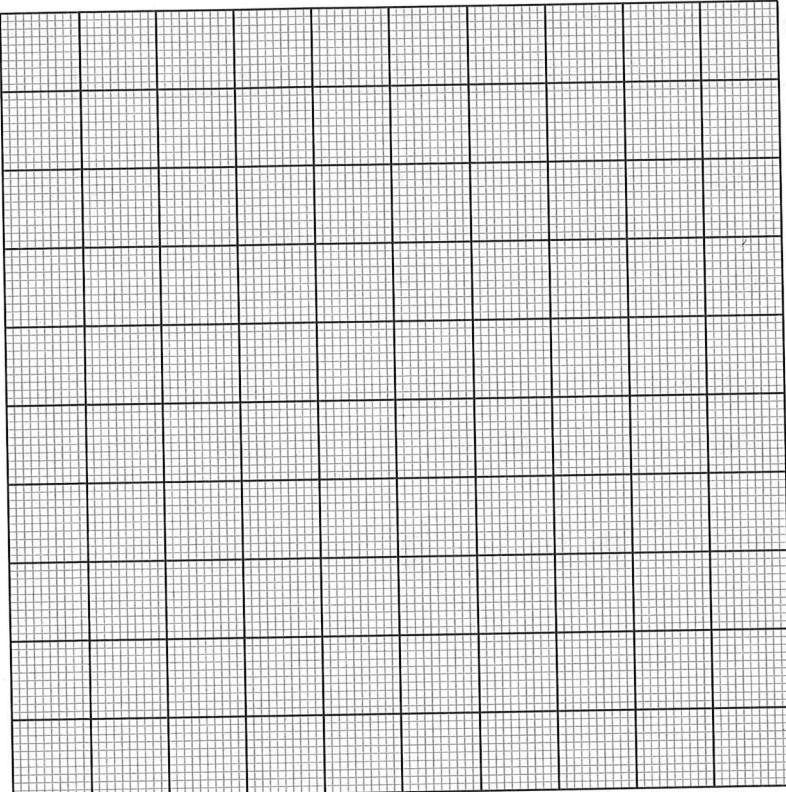
- ② ア, ウ  
⑤ イ, エ

- ③ ア, エ  
⑥ ウ, エ

b  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  と  $\text{NaHCO}_3$  の物質量の比 ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 : \text{NaHCO}_3$ ) が 1 : 2 である試料 100 g を、電気炉中で 200 °C に保ち十分な時間加熱した。このとき、加熱後の固体の質量は何 g か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。

28 g

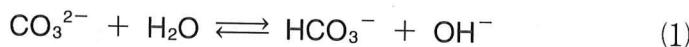
- ① 73      ② 77      ③ 83      ④ 87



## 化学

問2 次の文章を読み、下の問い合わせ(a～c)に答えよ。

(a)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ は水溶液中で完全に電離し、生じた炭酸イオンが次の式(1)のように加水分解するため、その水溶液は塩基性を示す。



(b) 0.100 mol/L の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水溶液を調製し、水溶液の pH を測定したところ 11.7 であり、したがって、水素イオン濃度は  $2.0 \times 10^{-12}$  mol/L であった。

a 下線部(a)に関連して、次の塩ア～エのうち、 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ と同様に、加水分解によってその水溶液が塩基性を示すものはいくつあるか。正しい数を、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 29

ア 硫酸水素ナトリウム  $\text{NaHSO}_4$

イ 硫化ナトリウム  $\text{Na}_2\text{S}$

ウ 硝酸アンモニウム  $\text{NH}_4\text{NO}_3$

エ 酢酸ナトリウム  $\text{CH}_3\text{COONa}$

① 1

② 2

③ 3

④ 4

⑤ 0

b 0.100 mol/L の  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  水溶液 500 mL を、炭酸ナトリウム十水和物  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  の結晶から調製したい。必要な  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  の質量を  $w$  (g) とすると、 $w$  に当たはまる数値は、あ～うのうちのどれか。また、この溶液を調製する操作はえ・おのどちらか。 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  の質量  $w$  (g) と溶液を調製する操作の組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

30

【 $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  の質量  $w$  (g)】

あ 5.30      い 10.6      う 14.3

## 【溶液を調製する操作】

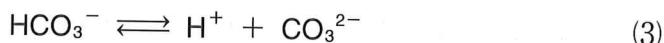
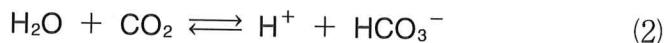
え 200 mL のビーカーに  $w$  (g) の  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  を入れて少量の水に溶かし、この溶液およびビーカーの中を洗った液を 500 mL のメスフラスコに移し、水を標線まで加えてよく振り混ぜた。

お 1 L のビーカーに  $w$  (g) の  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$  を入れ、メスシリンダーではかりとった水 500 mL を加え、よくかき混ぜて溶解した。

	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ の 質量 $w$ (g)	溶液を調製する操作
①	あ	え
②	あ	お
③	い	え
④	い	お
⑤	う	え
⑥	う	お

## 化学

c 二酸化炭素は水に溶け、水溶液中で次のように二段階で電離する。



式(3)の電離定数  $K_2$  は、式(4)で表される。

$$K_2 = \frac{[\text{H}^+][\text{CO}_3^{2-}]}{[\text{HCO}_3^-]} \quad (4)$$

下線部(b)のデータを用いて、式(4)の電離定数  $K_2$  の値を計算すると何 mol/L になるか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、水のイオン積は  $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$  (mol/L)<sup>2</sup> とする。31 mol/L

- ①  $2.0 \times 10^{-12}$     ②  $3.8 \times 10^{-11}$     ③  $2.5 \times 10^{-5}$     ④  $2.6 \times 10^{-4}$

(下書き用紙)



- 2 解答用紙に、正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。特に、解答用紙の解答科目欄にマークされていない場合又は複数の科目にマークされている場合は、0点となることがあります。

解答科目については、間違いないよう十分に注意し、マークしなさい。

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。
- 4 解答は、解答用紙の解答欄にマークしなさい。例えば、10と表示のある問い合わせに対して③と解答する場合は、次の(例)のように10の解答欄の③にマークしなさい。

(例)

解答番号	解 答 欄
10	① ② ● ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩ ⑪ ⑫

- 5 問題冊子の余白等は適宜利用してよいが、どのページも切り離してはいけません。
- 6 理科②2科目受験者の試験の進行方法について(理科②2科目受験者のみ確認)

- ① 先に解答する科目を「理科②(第1解答科目)」、後に解答する科目を「理科②(第2解答科目)」として取り扱います。解答する科目及び順序は、志望する大学の指定に基づき、各自で決めなさい。
- ② 理科②(第1解答科目)、理科②(第2解答科目)ともに解答時間は60分です。60分で1科目だけを解答しなさい。
- ③ 理科②(第1解答科目)の後に、答案を回収する時間などを設けてありますが、休憩時間ではありませんので、問題冊子や参考書などを開いてはいけません。  
注) 進行方法が分からぬ場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。

- 7 理科①2科目と理科②1科目の受験者の試験の進行方法について(理科①2科目と理科②1科目の受験者のみ確認)

- ① 先に解答する科目を「理科②(第1解答科目)」、後に解答する科目を「理科①1科目め・2科目め」とします。
- ② 理科②(第1解答科目)、理科①1科目め・2科目めともに解答時間は60分です。60分で、理科②、理科①のそれぞれを解答しなさい。
- ③ 理科②(第1解答科目)の後に、答案を回収する時間などを設けてありますが、休憩時間ではありませんので、問題冊子や参考書などを開いてはいけません。  
注) 進行方法が分からぬ場合は、手を高く挙げて監督者に知らせなさい。

問題を解く際には、「問題」冊子にも必ず自分の解答を記録し、試験終了後に配付される「学習の手引き」にそって自己採点し、再確認しなさい。