



## 理 科 問 題

## 注 意

1. この問題冊子は 53 ページあります。解答用紙には、表と裏があります。
2. あなたの受験番号は解答用紙に印刷されています。印刷されている受験番号と、受験票の受験番号が一致していることを確認下さい。
3. 解答用紙の所定の欄に氏名を記入下さい。
4. 問題は物理 3 題(A, B, C), 化学 3 題(D, E, F)の合計 6 題からなっています。
5. この 6 題のうちから 3 題を任意に選択して解答下さい。  
4 題以上解答した場合には、すべての解答が無効になります。
6. 解答はすべて解答用紙の所定の欄にマークするか、または所定の欄に書き下さい。
7. 1 問につき 2 つ以上マークしないこと。2 つ以上マークした場合には、その解答は無効になります。
8. 解答は、必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれも HB・黒)で記入下さい。
9. 訂正するときは、消しゴムできれいに消し、消しクズを残さないこと。
10. 解答用紙は、絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。また、所定の欄以外には絶対に記入しないこと。
11. 解答用紙は必ず提出下さい。
12. 試験時間は 80 分です。

※ この問題冊子は必ず持ち帰り下さい。

(マーク記入例)

良い例	悪い例
	

# 化 学

〔D〕 次の文章を読み、文中の空欄  ～  に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその番号をマークしなさい。ただし、,  については、2桁の整数値になるように順番にも注意して解答を選び、マークしなさい。また、空欄  と  に適する化学反応の反応物と生成物を、それぞれ化学式を使って解答用紙の所定の欄に丁寧に記入しなさい。

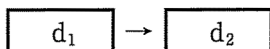
原子量とファラデー定数  $F$  が必要な場合は、次の値を用いなさい。

H = 1.0, N = 14.0, O = 16.0, Cl = 35.5, Mn = 54.9

$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

(1) 窒素は、空気中では主に単体として存在し、地殻中では主に硝酸塩やアンモニウム塩として存在する。また、窒素は動植物の体内にもタンパク質などの化合物として存在しており、生命活動には欠かせない元素の一つである。無機物から有機物への窒素の循環過程が生態系の維持には重要となる。その過程においてアンモニアが要の窒素化合物となっている。

実験室では、アンモニアは塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを混合し、加熱して発生させる。この反応の化学反応式は次式で表される。



この反応は  の水酸化カルシウムにより  のアンモニアが追い出される反応である。発生するアンモニアは  で捕集する。

, ,  の組み合わせとして正しいものは  である。  で捕集しなくてはならない理由は、アンモニアは水に溶けやすいことと、アンモニアの分子量が空気を窒素と酸素のみからなる混合気体(物質質量比4:1)と考えて計算した平均分子量  よりも

え ことである。捕集した気体の中にアンモニアが存在することは、捕集した気体に お をつけたガラス棒を近づけると か の白煙を生じることで確認できる。 え , お , か の組み合わせとして正しいものは ウ である。

ア の解答群

番 号	あ	い	う
①	弱塩基	強塩基	下方置換
②	弱塩基	強塩基	上方置換
③	弱塩基	強塩基	水上置換
④	強塩基	弱塩基	下方置換
⑤	強塩基	弱塩基	上方置換
⑥	強塩基	弱塩基	水上置換

イ の解答群

- ① 14.4      ② 15.0      ③ 15.6      ④ 17.6      ⑤ 28.0  
 ⑥ 28.8      ⑦ 30.0      ⑧ 31.2      ⑨ 32.0

ウ の解答群

番 号	え	お	か
①	大きい	酢酸鉛水溶液	酢酸アンモニウム
②	大きい	石灰水	炭酸アンモニウム
③	大きい	濃塩酸	塩化アンモニウム
④	小さい	酢酸鉛水溶液	酢酸アンモニウム
⑤	小さい	石灰水	炭酸アンモニウム
⑥	小さい	濃塩酸	塩化アンモニウム

(2) 工業的には、アンモニアは **エ** を主体とする触媒を用いて窒素と水素を、温度  $400 \sim 500 \text{ }^\circ\text{C}$ 、圧力  $8 \times 10^6 \sim 3 \times 10^7 \text{ Pa}$  の条件下で反応させて合成される。これをハーバー・ボッシュ法という。この方法は **オ** を化学工業に応用して成功した例である。

窒素と水素からアンモニアを合成する反応は、分子の総数が **き** する反応で、 $92 \text{ kJ/mol}$  の発熱を伴う。この反応は可逆反応であり、効率的な製造のためには、アンモニアの生成率の高い平衡状態をつくることが大切である。

**オ** にもとづくと、アンモニアが生成する方向へ平衡を移動させるには、温度はなるべく **く** の条件がよい。また、圧力については **け** の条件がのぞましい。しかし、**く** の条件では反応の進行に長い時間がかかるので不適當である。そのため、工業的にアンモニアを生成する場合には、触媒を用いて平衡状態に達するまでの時間を短縮している。

**き**、**く**、**け** の組み合わせとして正しいものは **カ** である。この製法で生成したアンモニアは **キ** として分離され、未反応の窒素と水素は原料として再利用される。

**エ** の解答群

- |          |         |           |
|----------|---------|-----------|
| ① 希硫酸    | ② 酸化チタン | ③ 酸化バナジウム |
| ④ 酸化マンガン | ⑤ 四酸化三鉄 | ⑥ ニッケル    |
| ⑦ 白金     | ⑧ パラジウム |           |

**オ** の解答群

- |             |            |
|-------------|------------|
| ① アボガドロの法則  | ② アレニウスの定義 |
| ③ 気体の状態方程式  | ④ 気体反応の法則  |
| ⑤ 質量作用の法則   | ⑥ 質量保存の法則  |
| ⑦ 定比例の法則    | ⑧ ヘスの法則    |
| ⑨ ルシャトリエの原理 |            |

カ の解答群

番 号	き	く	け
①	減 少	低 温	低 圧
②	減 少	低 温	高 圧
③	減 少	高 温	低 圧
④	減 少	高 温	高 圧
⑤	増 加	低 温	低 圧
⑥	増 加	低 温	高 圧
⑦	増 加	高 温	低 圧
⑧	増 加	高 温	高 圧

キ の解答群

- |            |          |          |
|------------|----------|----------|
| ① 水に溶かして溶液 | ② 中和して塩  | ③ 加圧して液体 |
| ④ 加圧して固体   | ⑤ 減圧して固体 | ⑥ 減圧して気体 |
| ⑦ 冷却して液体   | ⑧ 冷却して固体 | ⑨ 加熱して気体 |

(3) 電解槽，直流電源，および直流電流計を用いて，電気分解の実験をおこなった。回路に流れる電流の値は電流計によって測定した。電流はすべて電解槽での電気分解につかわれると仮定する。なお，電気分解により発生した気体は水に溶解しないとす。また，電解槽は十分な容量をもち，水の蒸発および水溶液の濃度変化は無視できるとす。

図1のように，直列に電解槽[1]と電解槽[2]をつないだものに，直流電源および直流電流計を接続し，電気分解をおこなった。電解槽[1]では硫酸銅(Ⅱ)水溶液に電極として2枚の白金板AおよびBを入れ，電解槽[2]では塩化銅(Ⅱ)水溶液に電極として2本の炭素棒CおよびDを入れた。この回路に0.500 Aの電流を3時間13分間流して電気分解をおこなった。電解槽[1]においては，白金板  が陰極で，電気分解によって白金板  では  した。電解槽[2]においては，炭素棒  が陽極で，電気分解によって炭素棒  では  した。 ，  ，  ，  の組み合わせとして正しいものは  である。電解槽[1]および電解槽[2]から発生した気体の標準状態における体積の合計は  Lであった。

次に，図2のように，並列に電解槽[1]と電解槽[2]をつないで，直流電源および直流電流計を接続し，電気分解をおこなった。この回路に0.500 Aの電流を3時間13分間流して電気分解をおこなったとき，電解槽[1]から発生した気体の標準状態における体積は0.224 Lであった。このとき電解槽[2]で発生した気体の標準状態における体積は  Lであった。

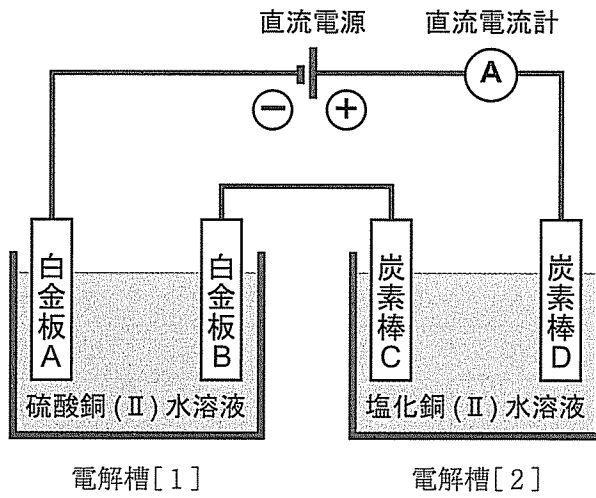


図 1

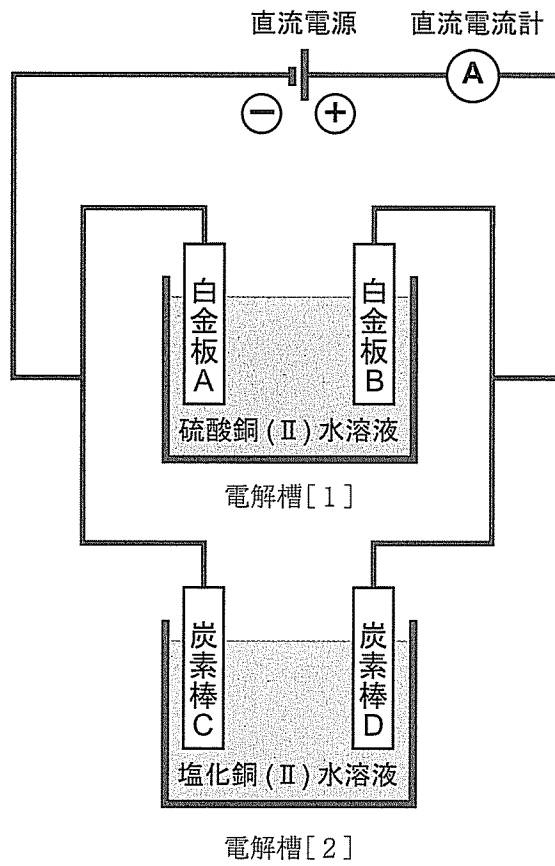


図 2

ク の解答群

番 号	こ	さ	し	す
①	A	銅が析出	D	塩素が発生
②	A	銅が析出	D	銅が析出
③	A	酸素が発生	D	塩素が発生
④	A	酸素が発生	D	銅が析出
⑤	B	銅が析出	C	塩素が発生
⑥	B	銅が析出	C	銅が析出
⑦	B	酸素が発生	C	塩素が発生
⑧	B	酸素が発生	C	銅が析出

ケ の解答群

- ① 0.336      ② 0.672      ③ 1.01      ④ 1.34      ⑤ 1.68  
 ⑥ 2.02      ⑦ 2.36      ⑧ 2.69      ⑨ 3.02

コ の解答群

- ① 0.0560      ② 0.112      ③ 0.168      ④ 0.224      ⑤ 0.336  
 ⑥ 0.448      ⑦ 0.672      ⑧ 0.784      ⑨ 1.01



(4) 4種類の金属イオンを含む水溶液Aに、以下のi)～viii)の操作を順番におこなって、各種金属イオンを分離した。なお、水溶液Aには $Mn^{2+}$ が含まれていることがわかっている。 $Mn^{2+}$ 以外の3種類の金属イオンは、 $Na^+$ 、 $Al^{3+}$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Cu^{2+}$ 、 $Zn^{2+}$ 、 $Ag^+$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $Pb^{2+}$ の9種類のうちのいずれかである。

- i) 水溶液Aに塩酸を加えたが、沈殿は生じなかった。
- ii) 塩酸酸性の水溶液Aに硫化水素を吹き込むと、黒色の沈殿Bが生じた。沈殿Bとそのろ液Cを分離した。
- iii) ろ液Cを煮沸した後、硝酸を加えて再び加熱した。その溶液に、塩化アンモニウムとアンモニア水を加えて塩基性になると、白色の沈殿Dが生じた。沈殿Dとろ液Eを分離した。
- iv) 塩基性のろ液Eに硫化水素を吹き込むと、淡桃色の沈殿Fが生じた。淡桃色の沈殿Fとろ液Gを分離した。
- v) ろ液Gを煮沸して水溶液Hを得た。
- vi) 水溶液Hに炭酸アンモニウム水溶液を加えると、白色の沈殿Iが生じた。沈殿Iとろ液Jを分離した。
- vii) 沈殿Iに塩酸を加えて溶かし、水溶液Kを調製した。水溶液Kは炎色反応を示し、炎は黄緑色であった。
- viii) ろ液Jは炎色反応を示さなかった。

以上の操作により、水溶液Aには $Mn^{2+}$ の他に、3種類の金属イオン

サ
---

 , 

シ
---

 , 

ス
---

 が含まれていることがわかった。  

サ
---

 ～ 

ス
---

 にマークする解答の順番は問いません。

サ
---

 の解答群

- ①  $Na^+$       ②  $Al^{3+}$       ③  $Ca^{2+}$       ④  $Fe^{2+}$       ⑤  $Cu^{2+}$
- ⑥  $Zn^{2+}$       ⑦  $Ag^+$       ⑧  $Ba^{2+}$       ⑨  $Pb^{2+}$

シ の解答群

- ①  $\text{Na}^+$       ②  $\text{Al}^{3+}$       ③  $\text{Ca}^{2+}$       ④  $\text{Fe}^{2+}$       ⑤  $\text{Cu}^{2+}$   
⑥  $\text{Zn}^{2+}$       ⑦  $\text{Ag}^+$       ⑧  $\text{Ba}^{2+}$       ⑨  $\text{Pb}^{2+}$

ス の解答群

- ①  $\text{Na}^+$       ②  $\text{Al}^{3+}$       ③  $\text{Ca}^{2+}$       ④  $\text{Fe}^{2+}$       ⑤  $\text{Cu}^{2+}$   
⑥  $\text{Zn}^{2+}$       ⑦  $\text{Ag}^+$       ⑧  $\text{Ba}^{2+}$       ⑨  $\text{Pb}^{2+}$

(5) 天然に存在する金属の多くは単体としてではなく、様々な種類の化合物として存在している。例えば、マンガンの多くは酸化物、水酸化物あるいは炭酸塩鉱物として産出される。マンガンは セ 族の元素であり、さまざまな酸化数の化合物をつくる。マンガン化合物は鉄鋼製造における添加剤として使用されているほか、酸化剤として乾電池の正極や多くの化学反応の触媒として使用されている。

四酸化三マンガ  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  と酸素  $\text{O}_2$  をある条件で反応させると、二酸化マンガ  $\text{MnO}_2$  に変化する。不純物を含まない  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  を試料として、すべてを  $\text{MnO}_2$  に変化させると、反応前の試料の質量に対して反応後の試料の質量は ソタ %増加する。

また、 $\text{Mn}_3\text{O}_4$  と  $\text{MnO}_2$  の混合物を試料として酸素  $\text{O}_2$  と反応させて、試料に含まれる  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  のすべてを  $\text{MnO}_2$  としたとき、反応前の試料の質量に比べて反応後の試料の質量が 2.00 %増加した。この混合物の試料に含まれていた  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  の割合を質量パーセント濃度で表すと チツ %となる。

セ の解答群

- ① 4            ② 5            ③ 6            ④ 7            ⑤ 8  
⑥ 9            ⑦ 10           ⑧ 11           ⑨ 12

ソ の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 5  
⑥ 6            ⑦ 7            ⑧ 8            ⑨ 9

タ の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 5  
⑥ 6            ⑦ 7            ⑧ 8            ⑨ 9

チ の解答群

- ① 1          ② 2          ③ 3          ④ 4          ⑤ 5  
⑥ 6          ⑦ 7          ⑧ 8          ⑨ 9

ツ の解答群

- ① 1          ② 2          ③ 3          ④ 4          ⑤ 5  
⑥ 6          ⑦ 7          ⑧ 8          ⑨ 9

〔E〕 次の文章を読み、文中の空欄  ～  に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその番号をマークしなさい。また、空欄  に適する数値を、解答用紙の所定の欄に有効数字にも注意して丁寧に記入しなさい。

(1) 化学反応に伴って、発生するまたは吸収される熱を反応熱という。反応物もつエネルギーの総和が、生成物もつエネルギーの総和よりも大きい場合は、 反応となる。一方、反応物もつエネルギーの総和が、生成物もつエネルギーの総和よりも小さい場合は、 反応となる。化学反応式の  辺に反応熱を記し、左辺と右辺を等号(=)で結んだ式を熱化学方程式という。このとき、発熱反応の反応熱には  の符号、吸熱反応の反応熱には  の符号をつけて表す。 ,  ,  ,  ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

物質 1 mol が完全燃焼するときの反応熱を  熱という。同じ元素からなる物質でも、 の場合には  熱は異なる値となる。例えば、炭素の単体には、黒鉛(C)、ダイヤモンド(C)、フラーレン(C<sub>60</sub>)などの  があるが、それぞれの  熱の値は異なる。 ,  の組み合わせとして正しいものは  である。黒鉛(C)、ダイヤモンド(C)、フラーレン(C<sub>60</sub>)の  熱を、それぞれ  $Q_A$ 、 $Q_B$ 、 $Q_C$  とし、 $Q_A < Q_B < Q_C$  の大小関係が成り立つものとする。黒鉛からダイヤモンドを生成する反応は  反応で、反応熱は  となる。 ,  の組み合わせとして正しいものは  である。また、黒鉛からフラーレンを生成する反応も同様に  反応で、反応熱は  となる。

どうしの  熱の違いは、原子の配列や結合状態の違いを原因として起こる。例えば、上に述べた炭素の  の場合、ダイヤモンドの各炭素原子は、隣接する  個の炭素原子と  結合を形成して立体網目構造を形成する。一方、黒鉛では、各炭素原子は隣接する

し 個の炭素原子と さ 結合を形成し、平面構造を形成する。黒鉛の平面構造どうしはファンデルワールス力で積み重なる。ファンデルワールス力とは オ のことである。 こ , さ , し の組み合わせとして正しいものは カ である。

ア の解答群

番号	あ	い	う	え	お
①	吸熱	発熱	右	+	-
②	吸熱	発熱	右	-	+
③	吸熱	発熱	左	+	-
④	吸熱	発熱	左	-	+
⑤	発熱	吸熱	右	+	-
⑥	発熱	吸熱	右	-	+
⑦	発熱	吸熱	左	+	-
⑧	発熱	吸熱	左	-	+

イ の解答群

番号	か	き
①	中和	同位体
②	燃焼	同位体
③	融解	同位体
④	溶解	同位体
⑤	中和	同素体
⑥	燃焼	同素体
⑦	融解	同素体
⑧	溶解	同素体

ウ の解答群

番 号	く	け
①	吸 熱	$Q_A$
②	吸 熱	$Q_B$
③	吸 熱	$Q_A + Q_B$
④	吸 熱	$Q_A - Q_B$
⑤	発 熱	$Q_A$
⑥	発 熱	$Q_B$
⑦	発 熱	$Q_A + Q_B$
⑧	発 熱	$Q_A - Q_B$

エ の解答群

- ①  $Q_A$                       ②  $Q_C$                       ③  $Q_A + Q_C$                       ④  $Q_A - Q_C$   
 ⑤  $60 Q_A + Q_C$                       ⑥  $60 Q_A - Q_C$                       ⑦  $Q_A + 60 Q_C$                       ⑧  $Q_A - 60 Q_C$

オ の解答群

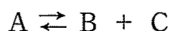
- ① 陰イオンと陽イオンの間に働く強い静電気力  
 ② 価電子が自由電子として振る舞うことにより生じる力  
 ③ 原子間で価電子が共有されることにより生じる力  
 ④ すべての分子の間に働く弱い引力

カ の解答群

番 号	こ	さ	し
①	3	イオン	3
②	3	イオン	4
③	3	共 有	3
④	3	共 有	4
⑤	4	イオン	3
⑥	4	イオン	4
⑦	4	共 有	3
⑧	4	共 有	4



(2) 次式で表される可逆反応について考える。



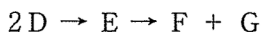
実験の結果、 $A \rightarrow B + C$ の反応速度  $v_1$  と  $B + C \rightarrow A$ の反応速度  $v_2$  は、次の二式で与えられることがわかった。

$$v_1 = k_1[A]$$

$$v_2 = k_2[B][C]$$

ここで、 $[A]$ 、 $[B]$ 、 $[C]$ は、それぞれ成分 A、B、C の濃度である。反応開始後の時刻 5 分から 10 分までの 5 分間に、 $[A]$ が 1.2 mol/L から 1.0 mol/L まで変化した。この 5 分間における A の減少速度は  mol/(L·min) である。反応速度  $v_1$  を大きくするためには、 $[A]$ を  したり、温度を  したりするとよい。また、A が気体の場合には、A の分圧を  するとよい。、、 の組み合わせとして正しいものは  である。時間が十分に経過して平衡状態に達したとき、 $[A]$ は  となる。なお、 については、有効数字にも注意して解答を記入しなさい。

次に、次式で表される二段階反応について考える。



ただし、この反応は右向きの反応(正反応)のみが進行する不可逆反応とする。実験の結果、 $2D \rightarrow E$ の反応速度  $v_3$  と  $E \rightarrow F + G$ の反応速度  $v_4$ は、次の二式で与えられることがわかった。

$$v_3 = k_3[D]^2$$

$$v_4 = k_4[E]$$

ここで、[D]と[E]は、それぞれ成分 D と E の濃度である。触媒を用いると、活性化エネルギーがより た 反応経路で反応を進行させることができる。このとき反応熱の値は、触媒を使用しない場合 ち。いま、 $v_3$  か  $v_4$  のどちらか一方を大きくできる触媒があり、 $v_3$  と  $v_4$  の間には  $v_3 < v_4$  の大小関係が成り立つものとする。このとき、D から F と G が生成するまでの反応速度を大きくするためには、つ を大きくする触媒を用いるとよい。た，ち，つ の組み合わせとして正しいものは ケ である。E が生成する速度と E が分解する速度が等しくなったとき、[E]は変化しなくなる。このとき、[E]は コ と表される。

キ の解答群

番号	す	せ	そ
①	大きく	高く	高く
②	大きく	高く	低く
③	大きく	低く	高く
④	大きく	低く	低く
⑤	小さく	高く	高く
⑥	小さく	高く	低く
⑦	小さく	低く	高く
⑧	小さく	低く	低く

ク の解答群

① 0

②  $[B][C]$

③  $\frac{1}{[B][C]}$

④  $\frac{k_2}{k_1}$

⑤  $\frac{k_1}{k_2}$

⑥  $\frac{k_2[B][C]}{k_1}$

⑦  $\frac{k_1[B][C]}{k_2}$

⑧  $\frac{k_2}{k_1[B][C]}$

⑨  $\frac{k_1}{k_2[B][C]}$

ケ の解答群

番 号	た	ち	つ
①	大きな	と同じになる	$v_3$
②	大きな	と同じになる	$v_4$
③	大きな	より小さくなる	$v_3$
④	大きな	より小さくなる	$v_4$
⑤	小さな	と同じになる	$v_3$
⑥	小さな	と同じになる	$v_4$
⑦	小さな	より小さくなる	$v_3$
⑧	小さな	より小さくなる	$v_4$

コ の解答群

- |                            |                               |                               |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① 0                        | ② $\frac{k_3[D]}{k_4}$        | ③ $\frac{k_4[D]}{k_3}$        |
| ④ $\frac{k_3[D]^2}{k_4}$   | ⑤ $\frac{k_4[D]^2}{k_3}$      | ⑥ $\sqrt{\frac{k_3}{k_4}}$    |
| ⑦ $\sqrt{\frac{k_4}{k_3}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{k_3}{k_4}}[D]$ | ⑨ $\sqrt{\frac{k_4}{k_3}}[D]$ |

(3) 絶対温度  $T_1$  に保たれたピストン付き容器に、水と気体 X を物質量比 7 : 2 の割合で入れて、容器内部の体積が  $V_1$  になるようにピストンを固定した。ただし、気体 X の凝縮・昇華(凝結)および水との反応は起こらないものとし、液体として存在する水の体積および気体 X の水への溶解は、無視できるものとする。また、容器内部に存在する気体は全て理想気体とみなし、以下の全ての過程の各状態で平衡状態が成り立つものとする。なお、水の飽和蒸気圧は、温度  $T_1$  のときに  $P_1$ 、温度  $T_2$  のときに  $8P_1$ 、温度  $T_3$  のときに  $28P_1$  とする。

ピストンを固定してから十分に時間が経過したとき、容器内部には液体の水が存在し、容器内部の圧力は  $3P_1$  となっていた。このとき、気体 X の分圧は   $P_1$  である。また、容器内部に液体として存在する水の物質量は、気体として存在する水の物質量の  倍である。

次に、ピストンを固定したまま、容器を温度  $T_1$  から、温度  $T_2$  を経て温度  $T_3$  までゆっくりと加熱した。このとき、容器内部の温度  $T$  と圧力  $P$  の比 ( $P/T$ ) は、 $T_1$  から  $T_2$  までの温度範囲では温度上昇に伴って変化したが、 $T_2$  以上の温度では一定になった。温度  $T_2$  のときの容器内部の圧力は   $(T_2/T_1)P_1$  である。また、温度  $T_3$  のとき、容器内部に気体として存在する水の分圧は   $(T_3/T_1)P_1$  である。

最後に、容器の温度を  $T_3$  に保ったまま、容器内部の体積が減少する方向にピストンをゆっくりと動かした。このとき、容器内部の圧力  $P$  と体積  $V$  の積 ( $PV$ ) は、容器内部の圧力が   $P_1$  以下の場合には一定であったが、圧力   $P_1$  以上になると体積の変化に応じて変化した。温度  $T_3$  が温度  $T_1$  の 1.2 倍であるとして考えると、容器内部の圧力が   $P_1$  のときの容器内部の体積は   $V_1$  と求められる。

の解答群

- ①  $\frac{2}{9}$       ②  $\frac{2}{7}$       ③  $\frac{1}{3}$       ④  $\frac{2}{3}$       ⑤ 1  
 ⑥  $\frac{3}{2}$       ⑦ 2      ⑧  $\frac{7}{3}$       ⑨ 3

シ の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 5  
⑥ 6            ⑦ 7            ⑧ 8            ⑨ 9

ス の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 7  
⑥ 8            ⑦ 9            ⑧ 12           ⑨ 28

セ の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 7  
⑥ 8            ⑦ 9            ⑧ 12           ⑨ 28

ソ の解答群

- ① 3            ② 6            ③ 8            ④ 12           ⑤ 18  
⑥ 28           ⑦ 36           ⑧ 126           ⑨ 252

タ の解答群

- ① 0.1           ② 0.2           ③ 0.3           ④ 0.4           ⑤ 0.5  
⑥ 0.6           ⑦ 0.7           ⑧ 0.8           ⑨ 0.9

〔F〕 次の文章を読み、文中の空欄  ～  に最も適するものをそれぞれの解答群の中から一つ選び、解答用紙の所定の欄にその番号をマークしなさい。また、空欄 ,  に適する構造式を、解答用紙の所定の欄に丁寧に記入しなさい。

原子量が必要な場合は、次の値を用いなさい。

H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0

(1) 次の記述 i)～iv)は、有機化合物の反応と特徴に関するものである。

i) アルコールとカルボン酸はどちらも単体のナトリウムと反応し、 を生じる。一方、 を炭酸水素ナトリウム水溶液に加えると、 を生じる。, ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

の解答群

番号	あ	い	う
①	水素	アルコール	酸素
②	水	アルコール	酸素
③	水	アルコール	水
④	水素	カルボン酸	酸素
⑤	水素	カルボン酸	二酸化炭素
⑥	水	カルボン酸	二酸化炭素

ii) エタノールと濃硫酸の混合物を約 130℃ に加熱すると、2 分子間での脱水反応が起こり  を生じる。

の解答群

- |            |            |
|------------|------------|
| ① アセトアルデヒド | ② アセトン     |
| ③ エタン      | ④ エチレン     |
| ⑤ グリセリン    | ⑥ ジエチルエーテル |
| ⑦ 1-プロパノール | ⑧ プロペン     |
| ⑨ メタノール    |            |

iii) ニトロベンゼンにスズと濃塩酸を加えて加熱すると、 が生じる。

の解答群

- |                |                         |
|----------------|-------------------------|
| ① アセトアニリド      | ② アニリン塩酸塩               |
| ③ 塩化ベンゼンジアゾニウム | ④ グリセリン                 |
| ⑤ サリチル酸        | ⑥ トルエン                  |
| ⑦ ナフトール        | ⑧ <i>p</i> -ヒドロキシアゾベンゼン |
| ⑨ ベンゼンスルホン酸    |                         |

iv) 分子中に一つの  $-\text{COOH}$  と一つの  $-\text{NH}_2$  を持つあるアミノ酸を、純水に完全に溶解させた。このアミノ酸は水溶液中で電離平衡状態にあり、第一電離定数  $K_1$  を  $4.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、第二電離定数  $K_2$  を  $2.5 \times 10^{-10} \text{ mol/L}$  とすると、このアミノ酸の等電点は  である。

の解答群

- |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 1.0 | ② 2.0 | ③ 3.0 | ④ 4.0 | ⑤ 5.0 |
| ⑥ 6.0 | ⑦ 7.0 | ⑧ 8.0 | ⑨ 9.0 |       |

(2) 分子式が一般式  $C_nH_{2n+2}$  ( $n \geq 1$ ) で表される鎖状構造をもつ飽和炭化水素をアルカンという。アルカンのように共通の一般式で表される一群の化合物を **え** という。直鎖状のアルカンは炭素原子が一つ増えるごとに分子間の **お** が **か** なる。したがって、直鎖状のアルカンは炭素原子の数が増加するにつれて沸点が高くなる。 **え** , **お** , **か** の組み合わせとして正しいものは **オ** である。枝分かれ状のアルカンは、同じ分子式の直鎖状のアルカンと比べて沸点が低い。たとえば、分子式  $C_5H_{12}$  で表されるアルカンうち、もっとも沸点が低い化合物は 2,2-ジメチルプロパンであり、二番目に沸点が低い化合物は **カ** である。

環状構造をもつ飽和炭化水素はシクロアルカンとよばれ、一般式は  $C_nH_{2n}$  ( $n \geq 3$ ) で表される。シクロアルカンであるシクロプロパン  $C_3H_6$  の環をつくる炭素原子間の結合角は **キ** であり、シクロヘキサン  $C_6H_{12}$  の環を構成する炭素原子間の結合角約  $109.5^\circ$  と比べて小さい。

**オ** の解答群

番号	え	お	か
①	同素体	水素結合	強く
②	同素体	水素結合	弱く
③	同素体	ファンデルワールス力	大きく
④	同素体	ファンデルワールス力	小さく
⑤	同族体	水素結合	強く
⑥	同族体	水素結合	弱く
⑦	同族体	ファンデルワールス力	大きく
⑧	同族体	ファンデルワールス力	小さく



カ の解答群

- |         |            |             |
|---------|------------|-------------|
| ① 1-ブテン | ② シクロブタン   | ③ シクロペンタン   |
| ④ 2-ブテン | ⑤ 2-メチルブタン | ⑥ 2-メチルプロパン |
| ⑦ ブタン   | ⑧ ヘキサン     | ⑨ ペンタン      |

キ の解答群

- |       |       |       |        |       |
|-------|-------|-------|--------|-------|
| ① 20° | ② 30° | ③ 40° | ④ 50°  | ⑤ 60° |
| ⑥ 70° | ⑦ 80° | ⑧ 90° | ⑨ 100° |       |

(3) セルロース( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>は植物の細胞壁を構成する主成分であり、自然界に多く存在する有機化合物である。セルロースの分子は、β-グルコース分子が直線状に  した構造をとる。なお、β-グルコース分子は  結合でつながれている。セルロース分子は直線状構造をとるためセルロース分子鎖が平行に並び、分子間の  により、強い繊維状の物質となる。, ,  の組み合わせとして正しいものは  である。

セルロースに希硫酸を加えて長時間加熱すると、セルロースは加水分解されてグルコースが得られる。たとえば、45 gのセルロースを希硫酸中で長時間加熱して完全に加水分解すると、 gのグルコースが得られる。

水酸化銅(Ⅱ)を濃アンモニア水に溶かして得られる  にセルロースを溶かすと、粘性の高い溶液になる。この溶液を細孔から希硫酸中に押し出すと  が得られる。 と  の組み合わせとして正しいものは  である。

の解答群

番号	き	く	け
①	縮合	エステル	共有結合
②	縮合	エステル	水素結合
③	縮合	グリコシド	共有結合
④	縮合	グリコシド	水素結合
⑤	付加	エステル	共有結合
⑥	付加	エステル	水素結合
⑦	付加	グリコシド	共有結合
⑧	付加	グリコシド	水素結合

ケ の解答群

- ① 10      ② 20      ③ 30      ④ 40      ⑤ 50  
⑥ 60      ⑦ 70      ⑧ 80      ⑨ 90

コ の解答群

番 号	こ	さ
①	シュワイツァー試薬	キュプラ
②	シュワイツァー試薬	ベークライト
③	シュワイツァー試薬	アセテート繊維
④	フェーリング液	キュプラ
⑤	フェーリング液	ベークライト
⑥	フェーリング液	アセテート繊維
⑦	ニンヒドリン水溶液	キュプラ
⑧	ニンヒドリン水溶液	ベークライト
⑨	ニンヒドリン水溶液	アセテート繊維

- (4) ベンゼン環を一つ持つ芳香族炭化水素 **A**, **B**, **C** および **D** は互いに構造異性体の関係にある。これらについて、以下の実験をおこなった。
- i) **A** を 30 mg 量りとり、酸素気流下において完全燃焼させたところ、99 mg の二酸化炭素と 27 mg の水のみが生じた。
  - ii) **A**, **B**, **C** および **D** のそれぞれを過マンガン酸カリウム水溶液に加えて反応させ、溶液を酸性にしたところ、**A** からは **E** が、**B** からは **F** が、**C** からは **G** が、**D** からは **H** が、それぞれ得られた。
  - iii) **E**, **F**, **G** および **H** のそれぞれを  $2.0 \times 10^{-5}$  mol 量りとり、それぞれに水 20 mL を加えて 4 種類の水溶液を調製した。それらの水溶液に、よくふり混ぜながら  $2.0 \times 10^{-2}$  mol/L の水酸化カリウム水溶液をゆっくり滴下したところ、**E** では 3.0 mL、**F** と **G** では 2.0 mL、**H** では 1.0 mL を使用したところでそれぞれ中和点に達した。
  - iv) **E**, **F**, **G** および **H** のそれぞれを加熱したところ、**E** のみがより分子量が小さい **I** へ変化した。
  - v) **A**, **B** および **C** のそれぞれに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させたところ、**A**, **B** および **C** それぞれのベンゼン環の一つの水素原子がほかの原子団に置換され、**A** からは三つの構造異性体の混合物が、**B** からは二つの構造異性体の混合物が、**C** からは三つ以上の構造異性体の混合物がそれぞれ得られた。
  - vi) 記述 v) で、**B** から生じた二つの構造異性体を分離・精製したのちに、それぞれを記述 ii) の条件で反応させたところ、記述 ii) と同じ反応が起こり、どちらの構造異性体も **J** のみを生じた。
  - vii) **D** を高温で酸素により酸化すると、過酸化物である **K** が生じた。**K** に希硫酸を作用させたところ、溶剤として用いられる **L** と殺菌作用や腐食性がある **M** が得られた。
  - viii) **L** を、ヨウ素を含む水酸化ナトリウム水溶液に加えて加熱攪拌したところ、黄色の沈殿が生じた。
  - ix) **M** の水溶液に臭素水を十分に加えると、直ちに白色沈殿が生じた。

(a) 記述 i) にもとづけば、芳香族化合物 A が持つ炭素原子の数(x)と水素原子の数(y)の組み合わせとして正しいものは **サ** である。

**サ** の解答群

番 号	x	y
①	8	10
②	8	11
③	8	12
④	9	10
⑤	9	11
⑥	9	12
⑦	10	10
⑧	10	11
⑨	10	12

(b) 芳香族化合物 A の構造異性体のうち、ベンゼン環を含む芳香族炭化水素は A, B, C および D の他に **シ** 種類ある。

**シ** の解答群

- ① 1            ② 2            ③ 3            ④ 4            ⑤ 5  
 ⑥ 6            ⑦ 7            ⑧ 8            ⑨ 9

(c) 記述 v) で進行した反応は **ス** である。

**ス** の解答群

- ① アセタール化            ② エステル化            ③ カップリング  
 ④ ジアゾ化                ⑤ スルホン化            ⑥ ニトロ化  
 ⑦ 乳化                      ⑧ 発酵                      ⑨ ハロゲン化

(d) 記述vii)で生じた化合物 **M** は、別の方法でもつくりることができる。ベンゼンスルホン酸ナトリウムを固体の水酸化ナトリウムと高温で反応させて **セ** とする。得られた **セ** の水溶液に二酸化炭素を十分に通じると化合物 **M** が生じる。

**セ** の解答群

- |                |         |
|----------------|---------|
| ① アニリン         | ② 安息香酸  |
| ③ 塩化ベンゼンジアゾニウム | ④ キシレン  |
| ⑤ クレゾール        | ⑥ スチレン  |
| ⑦ ナトリウムフェノキシド  | ⑧ ナフトール |
| ⑨ ニトロベンゼン      |         |

(e) 記述viii)で生成した黄色沈殿の分子式は **ソ** で表せる。

**ソ** の解答群

- |                                    |                            |                                  |                                    |                           |
|------------------------------------|----------------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------------|
| ① $\text{CH}_3\text{I}$            | ② $\text{CHOI}$            | ③ $\text{C}_2\text{H}_5\text{I}$ | ④ $\text{CH}_3\text{OI}$           | ⑤ $\text{CH}_2\text{I}_2$ |
| ⑥ $\text{C}_2\text{H}_4\text{I}_2$ | ⑦ $\text{CH}_2\text{OI}_2$ | ⑧ $\text{CHI}_3$                 | ⑨ $\text{C}_2\text{H}_3\text{I}_3$ |                           |

(f) 記述ix)で用いた臭素水は、臭素と水の混合物である。臭素分子と付加反応を起こし、不斉炭素原子を含む生成物を与える化合物は **タ** である。

**タ** の解答群

- |         |           |        |
|---------|-----------|--------|
| ① アセチレン | ② エタン     | ③ エチレン |
| ④ 四塩化炭素 | ⑤ シクロヘキサン | ⑥ ブタン  |
| ⑦ プロパン  | ⑧ プロペン    | ⑨ ヘキサン |

(g) 記述 i)～ix)にもとづけば，芳香族化合物 **I** の構造式を  $\boxed{f_1}$  ，芳香族化合物 **J** の構造式を  $\boxed{f_2}$  と特定できる。