

次のⅠ～Ⅵの各設問の解答を、指示に従ってそれぞれの解答群（A, B, C, …）のうちから選んで解答用紙にマークせよ。

必要があれば、定数および原子量は次の値を用いよ。標準状態は、0℃, 1.0×10^5 Pa とする。なお、問題文中の体積の単位記号Lは、リットルを表す。

(定数) 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$

ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数 $N_A = 6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$

水のイオン積 $K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 / \text{L}^2 (25^\circ\text{C})$

(原子量)	H 1.0	He 4.0	Li 6.9	C 12	N 14	O 16	Na 23
	Mg 24	Al 27	S 32	Cl 35.5	K 39	Ca 40	Fe 56
	Co 59	Cu 64	Zn 65	Br 80			

Ⅰ 次の問1～問5に答えよ。(25点)

問1 1 混合物の分離に関する次の文中の(ア), (イ)に当てはまる用語の組合せとして適切なものを、下のA～Fのうちから1つ選べ。

液体に固体などが溶け込んだ混合物を加熱して、目的の液体を気体に変え、これを冷却して再び液体として分離する操作を(ア)という。一方、一定量の溶媒に溶解する物質の量が温度によって異なることを利用し、固体物質に含まれる少量の不純物を除いて目的とする物質の結晶を得る操作を(イ)という。

	ア	イ
A	昇華法	分留
B	昇華法	再結晶
C	抽出	分留
D	抽出	再結晶
E	蒸留	分留
F	蒸留	再結晶

問2 2 次の物質の組合せA～Eのうちから、互いに同素体であるものを1つ選べ。

- | | | |
|----------------|-------------|-------------|
| A 水, 氷 | B 窒素, アンモニア | C 黒鉛, フラーレン |
| D 一酸化炭素, 二酸化炭素 | E 鉛, 亜鉛 | |

問3 **3** CO₂, SiO₂, CaCl₂に関する次の記述A～Fのうちから、誤りを含むものを1つ選べ。

- A CO₂の結晶は、やわらかく昇華しやすい。
- B SiO₂の結晶は、硬く融点が高い。
- C CaCl₂の結晶は、硬いがもろく割れやすい。
- D CO₂の結晶は、共有結合と分子間力でできている。
- E CaCl₂の結晶は、Ca²⁺とCl⁻が個数の比1:2の割合で結合している。
- F CO₂, SiO₂は分子式であり、CaCl₂は組成式である。

問4 **4** 次の文中の(ア)、(イ)に当てはまる用語の組合せとして適切なものを、下のA～Fのうちから1つ選べ。

メンデレーエフは、元素を(ア)の小さいものから順番に並べていくと、同じような性質をもった元素が同じ列に配列できることに気づき、(イ)をつくった。その当時、この(イ)には空欄が設けられており、そののちに発見される元素の性質を予測した。

	ア	イ
A	原子量	周期表
B	原子量	元素記号
C	酸化数	周期表
D	酸化数	元素記号
E	同位体の存在比	周期表
F	同位体の存在比	元素記号

問5 **5** 3種類のイオン(Na⁺, Mg²⁺, K⁺)を、イオン半径の大きい順に並べたものとして適切なものを、次のA～Fのうちから1つ選べ。

	大	←	イオン半径	→	小
A	Na ⁺	>	Mg ²⁺	>	K ⁺
B	Na ⁺	>	K ⁺	>	Mg ²⁺
C	Mg ²⁺	>	Na ⁺	>	K ⁺
D	Mg ²⁺	>	K ⁺	>	Na ⁺
E	K ⁺	>	Na ⁺	>	Mg ²⁺
F	K ⁺	>	Mg ²⁺	>	Na ⁺

Ⅱ 次の問1～問5に答えよ。(25点)

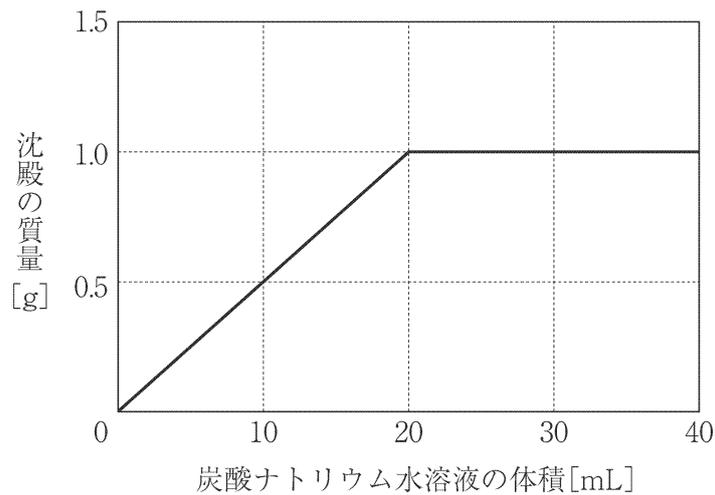
問1 6 マグネシウムには、 ^{24}Mg 、 ^{25}Mg 、 ^{26}Mg の3種類の同位体が存在し、その原子量は24.3である。 ^{25}Mg の存在比が10%であるとき、 ^{26}Mg の存在比[%]として適切なものを、次の数値A～Eのうちから1つ選べ。

ただし、各同位体の相対質量は質量数に等しいものとする。

A 5.0 B 10 C 15 D 20 E 25

問2 7 0.10 mol/Lの塩化カルシウム水溶液 100 mLに、濃度不明の炭酸ナトリウム水溶液を加えたとき、加えた炭酸ナトリウム水溶液の体積[mL]と生成した沈殿の質量[g]の関係は、次の図のようになった。炭酸ナトリウム水溶液の濃度[mol/L]として適切なものを、下の数値A～Eのうちから1つ選べ。

ただし、塩化カルシウムと炭酸ナトリウムの化学反応は、次の式で表される。



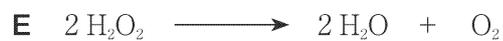
A 0.20 B 0.30 C 0.40 D 0.50 E 0.60

問3 8 次の塩ア～カのうち、水溶液が酸性を示すものの組合せとして適切なものを、下のA～Hのうちから1つ選べ。

ア KNO_3 イ NH_4Cl ウ CH_3COONa エ CuSO_4 オ NaCl カ Na_2CO_3

A アとウ B アとオ C イとウ D イとエ
E ウとエ F ウとカ G エとオ H オとカ

問4 **9** 次の化学反応式A～Fのうちから、酸化還元反応でないものを1つ選べ。



問5 **10** 金属の反応性に関する次の記述A～Fのうちから、誤りを含むものを1つ選べ。

A ニッケルは希硝酸に浸すと表面が反応して緻密な酸化物の被膜をつくるため、酸化が内部まで進行しない。

B アルミニウムは常温で空気中に放置すると、その表面に酸化物の被膜をつくる。

C 銅は硝酸や加熱した濃硫酸(熱濃硫酸)などの酸と反応して気体を発生するが、その気体は水素ではない。

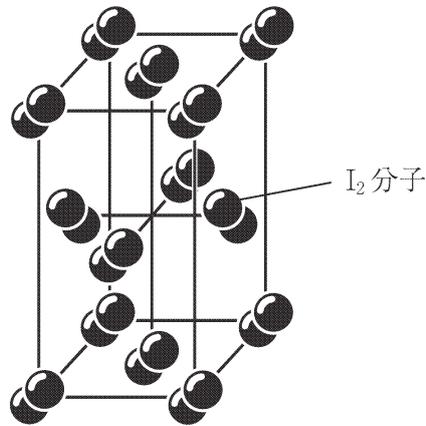
D 銀はイオン化傾向が水素より小さく、塩酸や希硫酸とは反応しない。

E マグネシウムは熱水と反応して、水素を発生する。

F 金は硝酸や濃硫酸に溶けないが、王水(濃硝酸と濃塩酸の混合物)には溶ける。

Ⅲ 次の問1～問5に答えよ。(25点)

問1 **11** 次の図のように、ヨウ素の結晶は、ヨウ素分子 I_2 が直方体の各頂点と各面の中心に位置している。ヨウ素の結晶の種類と単位格子内に存在するヨウ素分子の個数の組合せとして適切なものを、下のA～Fのうちから1つ選べ。

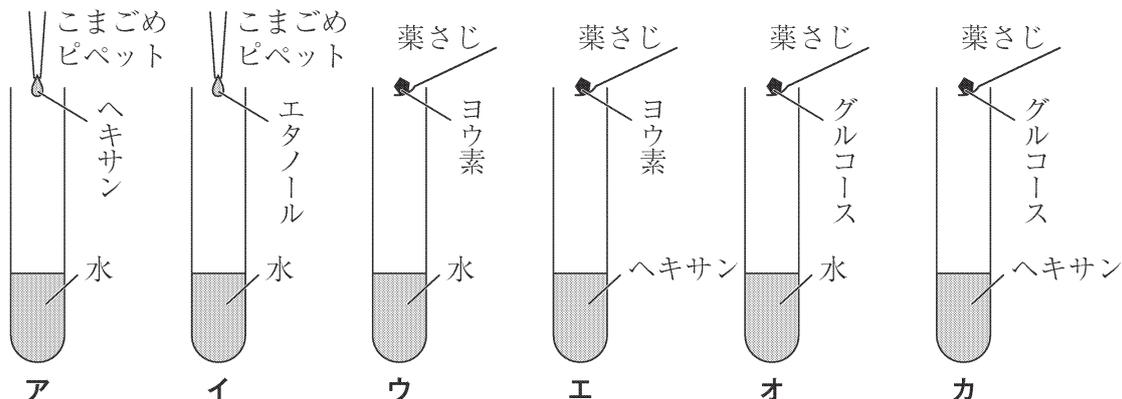


	ヨウ素の結晶の種類	単位格子内に存在するヨウ素分子の個数
A	イオン結晶	2
B	イオン結晶	4
C	分子結晶	2
D	分子結晶	4
E	金属結晶	2
F	金属結晶	4

問2 **12** 水の飽和蒸気圧と気液平衡に関する次の記述A～Eのうちから、適切なものを1つ選べ。

- A 温度が高くなると熱運動が激しくなり、蒸発する分子の数が増すため、飽和蒸気圧は大きくなる。
- B 気液平衡とは、蒸発も凝縮も起こっていない状態のことである。
- C 一定温度で、気体と液体が入った容器の体積を小さくすると、飽和蒸気圧は大きくなる。
- D 他の気体が共存する場合、水の飽和蒸気圧は小さくなる。
- E 気圧の低いところでは、水は蒸発しにくくなる。

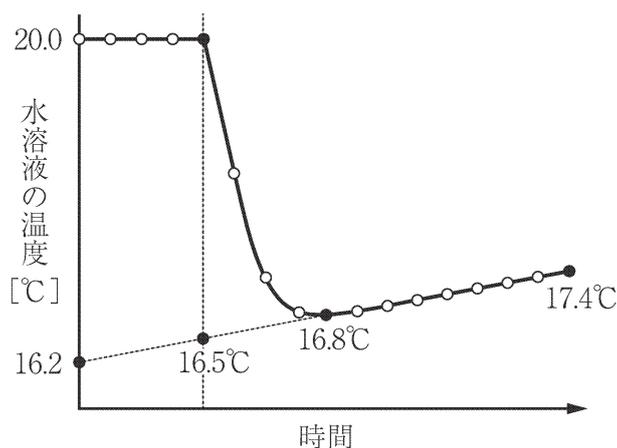
問3 **13** 次の図のように水またはヘキサンを入れた試験管ア～カに、4種類の物質を入れてよく振り混ぜた。このときほとんど溶けなかったもの、または、混じり合わなかったものの組合せとして適切なものを、下のA～Hのうちから**1つ**選べ。



- A ア, ウ, オ B ア, ウ, カ C ア, エ, オ D ア, エ, カ
 E イ, ウ, オ F イ, ウ, カ G イ, エ, オ H イ, エ, カ

問4 **14** 次の図は、水 94.0 g を入れた断熱容器に尿素(分子量 60) 6.00 g を入れ、よくかき混ぜてすべて溶解させたときの時間と水溶液の温度[°C]の関係を表したものである。この図から、尿素の水への溶解エンタルピー(尿素 1 mol が水に溶けるときに吸収する熱量) [kJ/mol]として適切なものを、下の数値A～Fのうちから**1つ**選べ。

ただし、水溶液の比熱は $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot\text{K})$ とし、熱はすべて水溶液から吸収されるものとする。



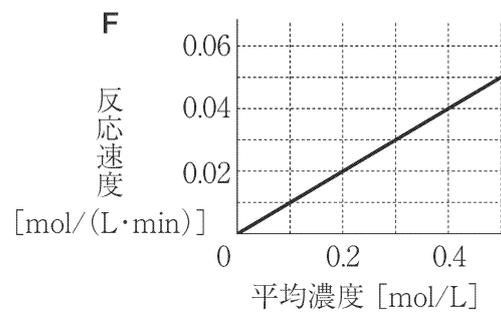
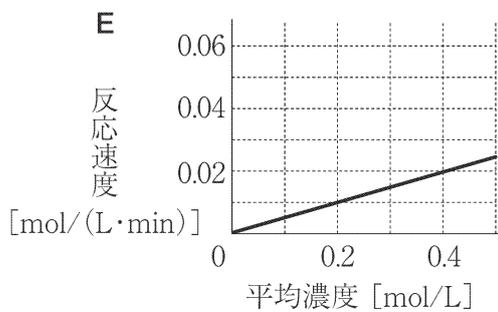
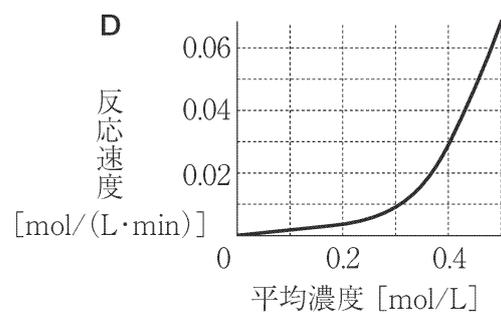
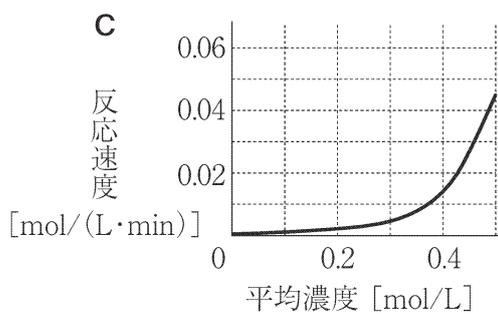
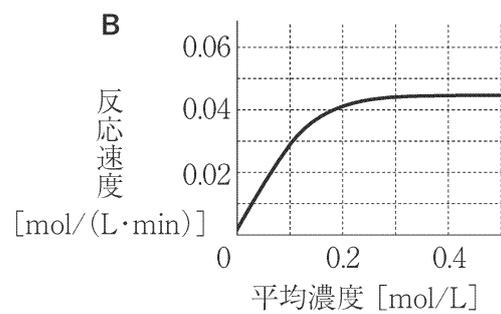
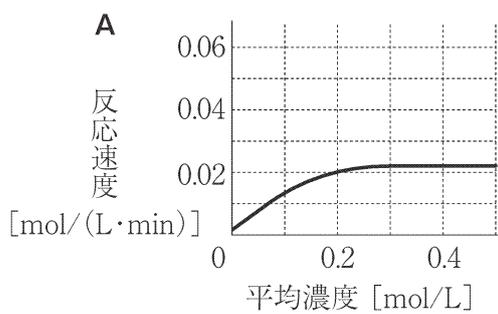
- A 13.4 B 14.7 C 16.0 D 68.0 E 69.3 F 70.6

問5 **15** 一定温度で、過酸化水素水に触媒を加えて、過酸化水素を分解した。過酸化水素のモル濃度の時間変化を測定すると次の表のような結果が得られた。この分解反応における平均濃度[mol/L]と反応速度[mol/(L・min)]の関係を表すグラフとして適切なものを、下の図A～Fのうちから**1つ**選べ。

ただし、過酸化水素の分解反応は、次の式で表される。また、表中の□□は数字が隠されていることを示している。



時間[min]	H ₂ O ₂ の濃度[mol/L]	平均の反応速度[mol/(L・min)]	H ₂ O ₂ の平均濃度[mol/L]
0	0.54	0.045	□□
4	0.36		□□
8	0.24	□□	0.20
12	0.16		



Ⅳ 次の問1～問5に答えよ。(25点)

問1 **16** 次の条件①～③の文中の**ア～エ**に当てはまる元素の組合せとして適切なものを、下の**A～H**のうちから**1つ**選べ。

ただし、元素**ア～エ**は、窒素、酸素、リン、硫黄のいずれかである。

条件① **ア**と**イ**、**ウ**と**エ**は、それぞれ同族元素である。

条件② **イ**の同素体には、淡黄色の固体で反応性に富み、空气中で自然発火するので水中保存されるものがある。

条件③ **ウ**の同素体には、淡青色、特異臭のある有毒な気体で、飲料水の殺菌などに使われるものがある。

	ア	イ	ウ	エ
A	窒素	リン	酸素	硫黄
B	窒素	リン	硫黄	酸素
C	リン	窒素	酸素	硫黄
D	リン	窒素	硫黄	酸素
E	酸素	硫黄	窒素	リン
F	酸素	硫黄	リン	窒素
G	硫黄	リン	酸素	窒素
H	硫黄	リン	窒素	酸素

問2 **17** 硫黄とその化合物に関する次の記述**A～E**のうちから、**誤りを含むものを1つ**選べ。

A 硫黄の単体には、斜方硫黄、単斜硫黄、ゴム状硫黄などの同素体が存在する。

B 硫黄は空气中で点火すると炎をあげて燃え、二酸化硫黄を生じる。

C 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加えると、硫化水素が発生する。

D 硫化水素は、水に少し溶け、水溶液は強い酸性を示す。

E 硫化水素の水溶液に二酸化硫黄を吹き込むと、硫黄の単体が遊離する。

問3 **18** カルシウムの化合物に関する次の記述**A～E**のうちから、**誤りを含むものを1つ**選べ。

A 酸化カルシウムに水を加えると、水酸化カルシウムが生じる。

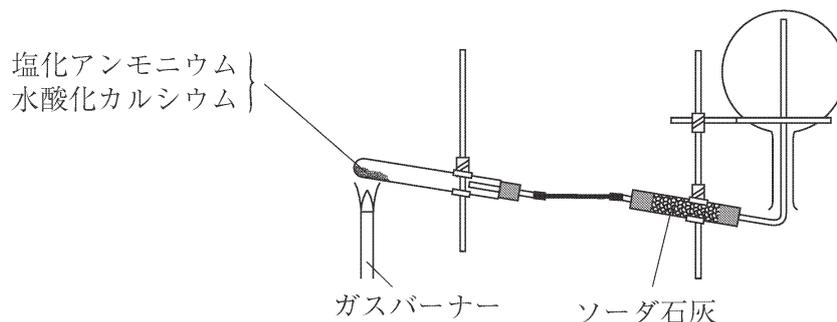
B 水酸化カルシウム水溶液に二酸化炭素を通じると、炭酸カルシウムの白色沈殿が生じる。

C 炭酸水素カルシウム水溶液を加熱すると、炭酸カルシウムの白色沈殿が生じる。

D 硫酸カルシウム二水和物を加熱すると、白色粉末状の焼きセッコウが得られる。

E 炭酸カルシウムに塩酸を加えると、二酸化炭素が発生して水に不溶性の塩化カルシウムが得られる。

問4 **19** 次の図は気体 X の発生および捕集装置を示したものである。この実験に関する下の記述 A～E のうちから、誤りを含むものを 1 つ 選べ。



- A 丸底フラスコの内側に、湿らせた赤色リトマス紙を入れると、青色に変化する。
- B 丸底フラスコの口に、濃塩酸をつけたガラス棒を近づけると、白煙が生じる。
- C 水酸化カルシウムの代わりに硫酸カルシウムを用いても、気体 X が発生する。
- D ソーダ石灰は、発生した気体から水分を除くために用いられる。
- E 試験管の口を少し下げることによって、試験管の破損を防ぐことができる。

問5 **20** 3種類の金属イオン(Al^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+})のうち、いずれか1つを含む水溶液が入った試験管ア～ウを用いて、次の実験①、②を行った。実験結果からア～ウに含まれる金属イオンの組合せとして適切なものを、下のA～Fのうちから1つ選べ。

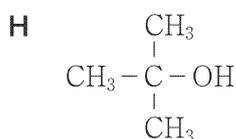
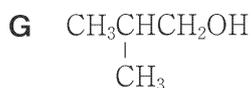
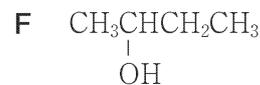
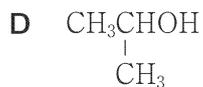
実験① ア～ウの試験管に過剰の水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、ア、イの試験管では一度生じた沈殿が溶けた。ウの試験管は沈殿が生じたままだった。

実験② ア～ウの試験管に過剰のアンモニア水を加えたところ、ア、ウの試験管では一度生じた沈殿が溶けた。イの試験管は沈殿が生じたままだった。

	ア	イ	ウ
A	Al^{3+}	Cu^{2+}	Zn^{2+}
B	Al^{3+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}
C	Cu^{2+}	Al^{3+}	Zn^{2+}
D	Cu^{2+}	Zn^{2+}	Al^{3+}
E	Zn^{2+}	Al^{3+}	Cu^{2+}
F	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Al^{3+}

※次ページ以降にも問題がありますので注意してください。

問3 **23** 操作③から化合物**イ**の示性式として適切なものを、次の**A**～**H**のうちから**1つ**選べ。



問4 **24** 操作③で生じた化合物**ウ**，**エ**，**オ**に関する次の記述**A**～**E**のうちから，**誤りを含むもの**を**1つ**選べ。

- A** **ウ**を臭素水に通すと、赤褐色が消える。
- B** **ウ**を硫酸酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に通すと、赤紫色が消える。
- C** **ウ**，**エ**，**オ**にそれぞれ白金を触媒として水素を付加すると、すべて同じ化合物が生成する。
- D** **ウ**に臭素を付加させると、鏡像異性体を含む2種類の化合物を生じる。
- E** **エ**と**オ**に臭化水素を付加させると、鏡像異性体を含む4種類の化合物を生じる。

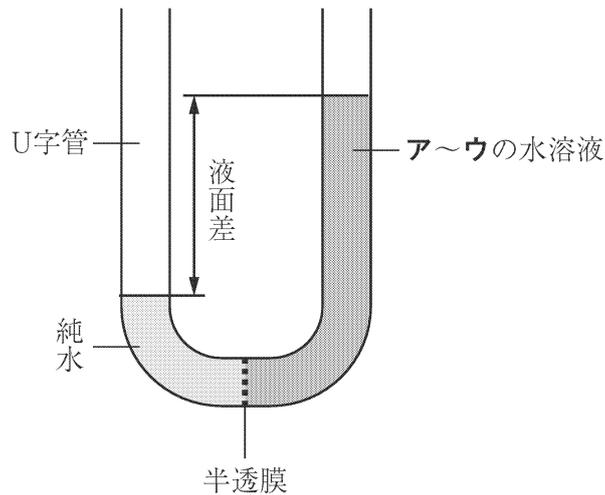
問5 **25** 操作④で生じた化合物**カ**の性質として適切なものを、次の**A**～**E**のうちから**1つ**選べ。

- A** 銀鏡反応を示す。
- B** フェーリング液を還元する。
- C** ヨードホルム反応を示す。
- D** 水溶液は酸性を示す。
- E** ナトリウムと反応して気体を発生する。

Ⅵ 次の問1～問5に答えよ。(25点)

問1 **26** 次の図のように半透膜で仕切られた左右対称のU字管に、膜の左側に純水、右側に次のア～ウの水溶液のいずれかを、液面の左右が同じ高さになるように加えた。しばらく放置すると、ア～ウの水溶液の液面が純水の液面より高くなった。

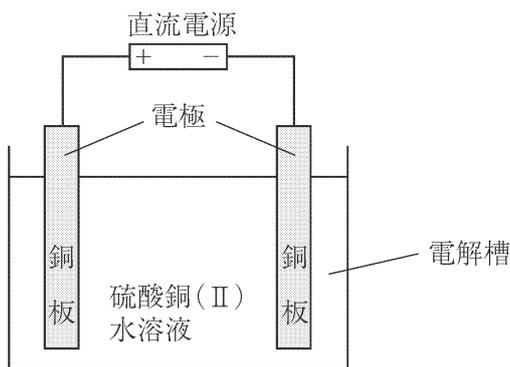
ア～ウの水溶液と純水との液面差の大小関係として適切なものを、下のA～Fのうちから1つ選べ。



- ア グルコース(分子量 180)270 mg を溶かした 500 mL の水溶液
- イ 塩化ナトリウム(式量 58.5)58.5 mg を溶かした 500 mL の水溶液
- ウ タンパク質(分子量 2.00×10^4)20.0 g を溶かした 500 mL の水溶液

- | | | |
|-------------|-------------|-------------|
| A ア > イ > ウ | B ア > ウ > イ | C イ > ア > ウ |
| D イ > ウ > ア | E ウ > ア > イ | F ウ > イ > ア |

問2 **27** 次の図のように電極に銅板を用いて、硫酸銅(Ⅱ)水溶液を 5.0 A の電流で 965 秒間電気分解した。これに関する下の記述 **A** ~ **E** のうちから、**誤りを含むものを1つ** 選べ。



- A 電解槽に流れた電子の物質量は 0.05 mol である。
- B 陰極では還元反応が起こる。
- C 陰極では銅が 1.6 g 増加する。
- D 陽極では酸素が発生する。
- E 電気分解の前後で、水溶液中の銅(Ⅱ)イオンの濃度は変化しない。

問3 **28** 溶解平衡と溶解度積に関する次の文中の(ア) ~ (ウ)に当てはまる用語と数値の組合せとして適切なものを、下の **A** ~ **H** のうちから **1つ** 選べ。

塩化銀は水に溶けにくい塩であるが、ごくわずかに溶けて飽和水溶液になり、次の溶解平衡が成立する。また、温度が一定であれば、その溶解度積 K_{sp} は次の式で表される。



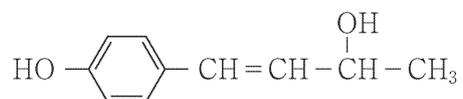
25°Cにおいて塩化銀の沈殿を含む水溶液 1 L に、0.050 mol の塩化ナトリウムを加えると、溶解平衡が移動し塩化銀の沈殿量が(ア)する。このような現象を(イ)効果という。溶液中の $[\text{Cl}^-]$ を 0.050 mol/L とし、NaCl を加えたことによる体積変化がないものとする、溶液中の $[\text{Ag}^+]$ の値は(ウ) [mol/L] である。

	ア	イ	ウ
A	減少	緩衝	9.0×10^{-6}
B	減少	緩衝	3.6×10^{-9}
C	減少	共通イオン	9.0×10^{-6}
D	減少	共通イオン	3.6×10^{-9}
E	増加	緩衝	9.0×10^{-6}
F	増加	緩衝	3.6×10^{-9}
G	増加	共通イオン	9.0×10^{-6}
H	増加	共通イオン	3.6×10^{-9}

問4 29 ある化学反応の反応物と生成物, その反応名の組合せとして**適切でないもの**を, 次のA~Eのうちから**1つ**選べ。

	反応物	生成物	反応名
A	フタル酸	無水フタル酸	酸化
B	ニトロベンゼンと水素	アニリン	還元
C	ベンゼンと塩素	クロロベンゼン	置換
D	サリチル酸と無水酢酸	アセチルサリチル酸	アセチル化
E	サリチル酸とメタノール	サリチル酸メチル	エステル化

問5 30 次の構造式で表される化合物に関する下の記述A~Eのうちから, **誤りを含むもの**を**1つ**選べ。



- A シス-トランス異性体が存在する。
- B 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると, 呈色する。
- C 炭酸水素ナトリウム水溶液を加えると, 気体が発生する。
- D 分子内に不斉炭素原子をもつ。
- E 赤褐色の臭素水に加えると, 溶液の色が薄くなる。