

◇ 化 学

化3-1～化3-16まで16ページあります。

必要があれば、原子量および定数は次の値を使うこと。

H=1.0, He=4.0, C=12, O=16, F=19, Na=23, S=32, Ar=40, Cu=64

標準状態での気体の体積は 22.4 L/mol

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

第1問 次の問い（問1～6）に答えよ。〔解答番号 ～ 〕

問1 元素名と単体名とは同じものが多い。次の記述の下線部が、単体ではなく元素の意味に用いられているものとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

- ① カルシウムは、歯や骨に多く含まれている。
- ② アルミニウムは、ボーキサイトなどの鉱石を還元して作る。
- ③ 競技の優勝者に金メダルが与えられた。
- ④ 液体空気から、窒素が分離される。
- ⑤ 手術中の患者に酸素吸入がされている。

問2 物質の分離に用いる下図の蒸留装置について、後の問い(a・b)に答えよ。

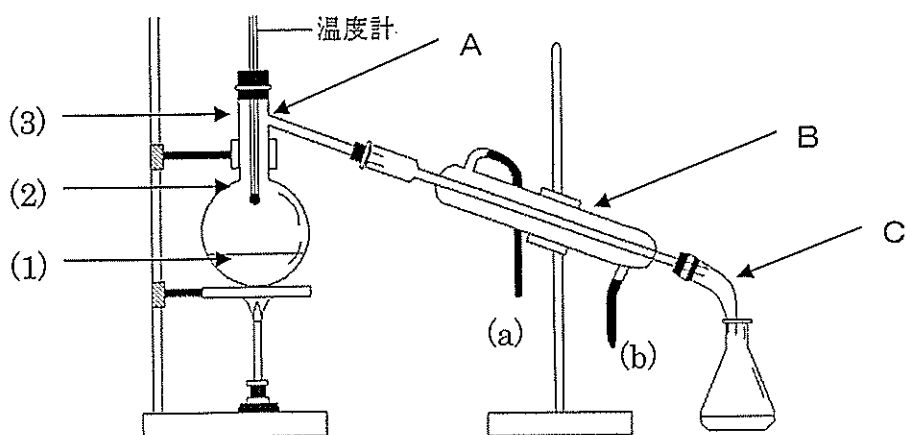


図1 蒸留装置

a 図中の器具A～Cの名称の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 2

	A	B	C
①	枝付きフラスコ	アダプター	リービッヒ冷却器
②	丸底フラスコ	アダプター	リービッヒ冷却器
③	枝付きフラスコ	リービッヒ冷却器	アダプター
④	丸底フラスコ	リービッヒ冷却器	アダプター

b 図中の温度計の位置（下端の球部）と器具Bの水の流し方の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 3

	温度計の位置	器具Bの水の流し方
①	(1)	(a) から (b)
②	(1)	(b) から (a)
③	(2)	(a) から (b)
④	(2)	(b) から (a)
⑤	(3)	(a) から (b)
⑥	(3)	(b) から (a)

問3 原子や元素に関する記述として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 4

- ① すべての原子の原子核は、陽子と中性子からできている。
- ② すべての原子の質量数は、原子番号の2倍である。
- ③ すべての元素の価電子数は、族の番号の一の位の数と同じである。
- ④ 原子の第1イオン化エネルギーは、原子番号の増加とともに周期的に変化する。
- ⑤ 貴ガス（希ガス）元素の原子の最外電子殻には、すべて8個の電子がある。

問4 塩素には ^{35}Cl と ^{37}Cl の2つの同位体があり、炭素には ^{12}C と ^{13}C の同位体がある。同位体の組み合わせによる違いを区別すると、天然に存在する四塩化炭素 CCl_4 の種類として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 5 種類

- ① 8 ② 10 ③ 14 ④ 20 ⑤ 22 ⑥ 28

問5 炭素の同素体の黒鉛とダイヤモンドに関する正しい記述の組合せとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 6

- ア 黒鉛はやわらかいので融点が高いが、ダイヤモンドは硬いので非常に融点が高い。
- イ 黒鉛は乾電池の電極として、ダイヤモンドの微小な結晶は研磨剤として利用される。
- ウ ダイヤモンドは、硬く電気や熱をよく伝えるが、黒鉛は、柔らかく電気や熱を伝えない。
- エ ダイヤモンドは、炭素原子が正四面体構造を作り結合しているが、黒鉛は、炭素原子が網目状の平面構造を作っている。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ ア, エ ④ イ, ウ
- ⑤ イ, エ ⑥ ウ, エ

問6 粒子が規則正しく配列した固体を結晶という。結晶の融点は、一般に粒子間にはたら
く引力が強いほど高くなる。NaClの融点は801℃、KClの融点は776℃である。KClの
融点がNaClの融点より低くなる理由として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

7

- ① Na⁺よりK⁺のほうがイオン半径は大きく、KClはNaClに比べてイオン間距離が大きくなり、静電気力（クーロン力）は強くなるから。
- ② Na⁺よりK⁺のほうがイオン半径は大きく、KClはNaClに比べてイオン間距離が大きくなり、静電気力（クーロン力）は弱くなるから。
- ③ Na⁺よりK⁺のほうがイオン半径は小さく、KClはNaClに比べてイオン間距離が小さくなり、静電気力（クーロン力）は強くなるから。
- ④ Na⁺よりK⁺のほうがイオン半径は小さく、KClはNaClに比べてイオン間距離が小さくなり、静電気力（クーロン力）は弱くなるから。

第2問 次の問い(問1~7)に答えよ。〔解答番号 ~ 〕

問1 ステアリン酸(分子量284) W [g] をベンゼンに溶かして正確に100 mLの溶液にした。この溶液 V [mL] を水面に滴下すると、ベンゼンは蒸発して下図のように親水基は水に向き、疎水基は空気中に向いて単分子膜をつくった。この単分子膜の面積は S [cm²] であった。ステアリン酸1分子が水面で占める面積を A [cm²] とすると、アボガドロ定数 [/mol] を示す式として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 /mol

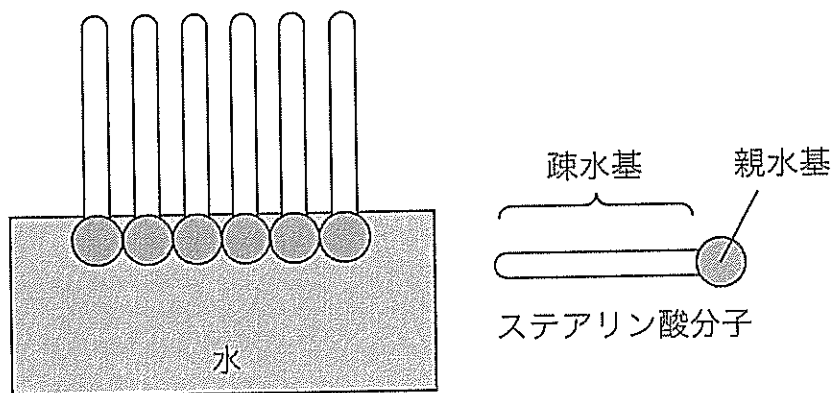


図1 ステアリン酸の単分子膜

- | | | | |
|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\frac{WA}{284S}$ | ② $\frac{284S}{WA}$ | ③ $\frac{WVA}{28400S}$ | ④ $\frac{28400S}{WVA}$ |
| ⑤ $\frac{WS}{284A}$ | ⑥ $\frac{284A}{WS}$ | ⑦ $\frac{WVS}{28400A}$ | ⑧ $\frac{28400A}{WVS}$ |

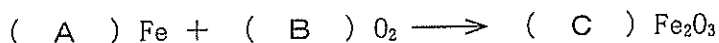
問2 20 m³の容器に標準状態の空気が入っている。空気中の二酸化炭素の体積パーセントを0.040 %とすると、含まれている二酸化炭素の質量 [g] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 g

- | | | |
|------------------------|------------------------|---------------------|
| ① 1.6×10^{-2} | ② 3.5×10^{-1} | ③ 16 |
| ④ 3.5×10^2 | ⑤ 1.6×10^3 | ⑥ 3.5×10^4 |

問3 100 gの水に硫酸銅(Ⅱ)五水和物 20 gを溶かして 30 °Cに保った。この水溶液の密度は 1.1 g/cm³であった。この硫酸銅(Ⅱ)水溶液のモル濃度 [mol/L] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 mol/L

- ① 0.39 ② 0.47 ③ 0.51
 ④ 0.61 ⑤ 0.73 ⑥ 0.80

問4 次の化学反応式の (A) ~ (C) に当てはまる数値の組合せとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。



	A	B	C
①	1	1	1
②	2	1	2
③	2	3	2
④	3	2	1
⑤	4	2	1
⑥	4	3	2

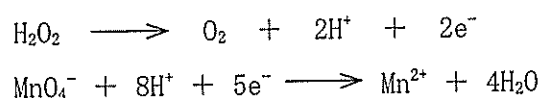
問5 2価の金属Mの酸化物MO a [g]を、フッ化物に変えたら b [g]になった。この金属Mの原子量として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

- ① $\frac{19a+16b}{a+b}$ ② $\frac{-19a+16b}{a-b}$ ③ $\frac{19a-16b}{a-b}$
 ④ $\frac{38a+16b}{a+b}$ ⑤ $\frac{-38a+16b}{a-b}$ ⑥ $\frac{38a-16b}{a-b}$

問6 c mol/L, v mL の a 価の酸の水溶液を c' mol/L, v' mL の b 価の塩基で中和した。中和が完了したときの量的関係として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、 a 価の酸の電離度を α , b 価の塩基の電離度を β とする。 13

- ① $\frac{cva\alpha}{1000} = \frac{c'v'b\beta}{1000}$ ② $\frac{cva}{1000} = \frac{c'v'b}{1000}$ ③ $\frac{cvb\alpha}{1000} = \frac{c'v'a\beta}{1000}$
- ④ $\frac{cvb}{1000} = \frac{c'v'a}{1000}$ ⑤ $\frac{cvb\beta}{1000} = \frac{c'v'a\alpha}{1000}$

問7 濃度不明の過酸化水素水 10 mL に硫酸を加え、0.10 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、14 mL 加えたとき無色透明だった溶液の色がかすかに赤紫色になった。このとき、発生した気体の標準状態における体積 [mL] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、発生した気体は水溶液に溶けないものとし、反応時には以下の反応が起こっている。 14 mL



- ① 3.1×10^{-3} ② 3.1×10^{-2} ③ 1.3
- ④ 7.8 ⑤ 13 ⑥ 78

化学の問題は次のページに続く

第3問 次の問い(問1~4)に答えよ。〔解答番号 ~ 〕

問1 次の文を読んで、後の問いに(a~c)に答えよ。

純水とスクロース水溶液を一定の割合でゆっくりと冷却したところ、純水とスクロース水溶液は、下図に示すような温度変化を示した。

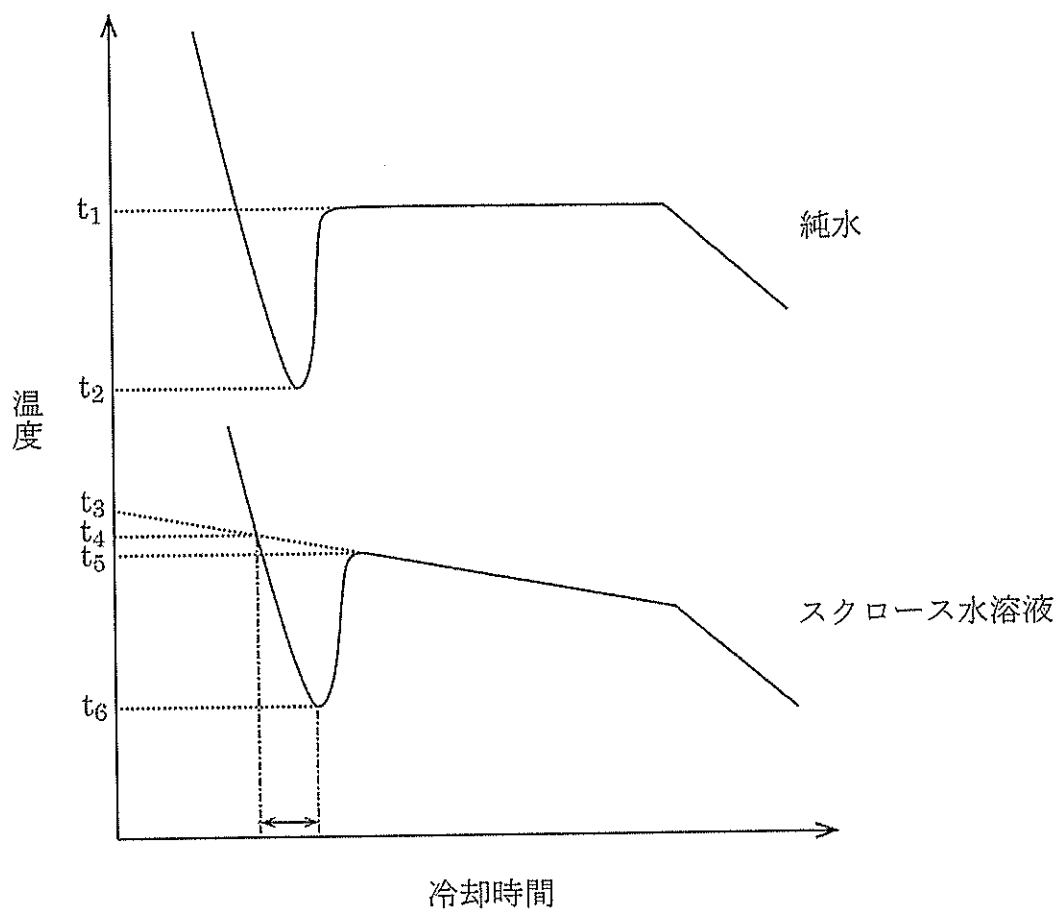


図1 純水とスクロース水溶液の冷却時間と温度変化

a スクロース水溶液の凝固点の温度として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

① t_3

② t_4

③ t_5

④ t_6

b 凝固が始まってから完全に凝固するまで、純水は温度変化をしないがスクロース水溶液は徐々に温度が低下する。その理由として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

16

- ① 凝固によって溶媒が減少するので溶液の質量モル濃度が上昇するから。
- ② 凝固によって溶媒が減少するので溶質が再結晶し溶質の質量が減少するから。
- ③ 凝固によって溶液が減少し溶液の質量が減少するから。
- ④ 凝固によって溶液が減少するので凝固による発熱量が減少するから。

c 図中の領域（ \leftrightarrow ）の名称として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 17

- ① 臨界状態
- ② 凝固点降下
- ③ 過飽和
- ④ 過冷却

問2 次の文を読んで、後の問いに(a・b)に答えよ。

下図のように2つの耐圧容器AとBが、バルブCを有する細いパイプでつながれた装置がある。容器AとBの内容積はそれぞれ2.00 L、4.00 Lである。

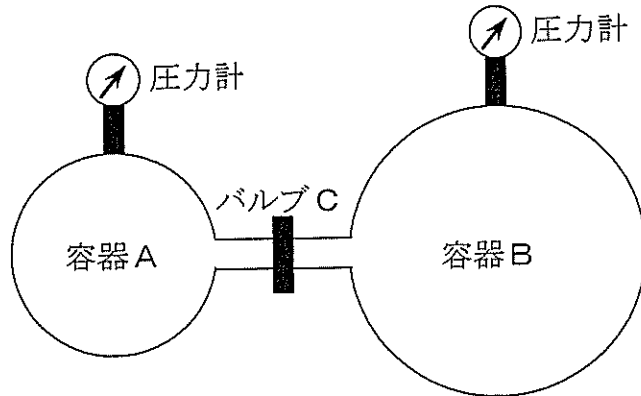


図2 耐圧容器AとB

バルブCを閉じた状態で装置全体を27 °Cに保ち、容器Aには 6.00×10^5 Paのヘリウムを、容器Bには 1.50×10^5 Paのアルゴンを封入した。

a 温度を27 °Cに保ったままバルブCを開いて気体を混合した。十分な時間が経過した後、容器内の全圧として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。 Pa

- ① 1.00×10^5 ② 2.00×10^5 ③ 3.00×10^5
④ 3.75×10^5 ⑤ 7.50×10^5

b 混合気体の平均分子量として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。

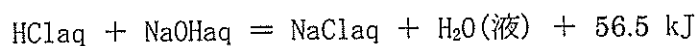
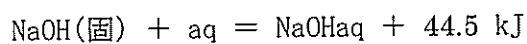
- ① 13 ② 16 ③ 22 ④ 28 ⑤ 31

問 3 鉛蓄電池が放電するときの記述の組合せとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 20

- ア 負極、正極ともに質量が増え白くなる。
- イ 負極側で電解液中の Pb^{2+} が増加する。
- ウ 電解液に用いる希硫酸の濃度は変化しない。
- エ 放電開始時の起電力は約 2.0 V である。

- ① ア, イ ② ア, ウ ③ ア, エ ④ イ, ウ
- ⑤ イ, エ ⑥ ウ, エ

問 4 1.00 mol/L の塩酸 100 mL に固体の水酸化ナトリウム 2.00 g を加えたときに発生する熱量 [kJ] として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、水酸化ナトリウムの溶解熱と中和熱は以下の熱化学方程式で表される。 21 kJ

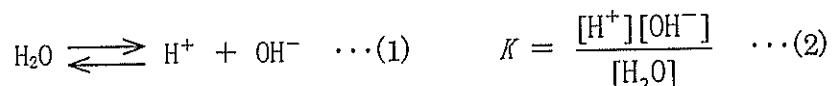


- ① 5.05 ② 5.65 ③ 10.1 ④ 50.5 ⑤ 56.5 ⑥ 101

第4問 次の文章(A・B)を読んで、後の問い(問1~7)に答えよ。〔解答番号 ~ 〕

A

水はごくわずかに電離して、(1)式のような電離平衡が成立し、電離定数 K は(2)式で表される。ここで $[X]$ は X のモル濃度 $[\text{mol/L}]$ を表す。



水の電離度は非常に小さいので、水のモル濃度は電離前後で一定とみなすことができる。したがって、(3)式が成立する。

$$K [\text{H}_2\text{O}] = K_w = [\text{H}^+][\text{OH}^-] \quad \dots(3)$$

(3)式の K_w を水のイオン積といい、その値は という性質を持つ。 K_w の値は下の表に示したように、温度によって変化する。表1の値からわかるように、(1)式の正反応は 反応である。

表1 水のイオン積 K_w

温度[°C]	$K_w[\text{mol/L}]^2$
15	0.45×10^{-14}
25	1.0×10^{-14}
45	4.0×10^{-14}

水溶液の酸性、塩基性の程度は、水素イオン指数 pH で表される ($\text{pH} = -\log_{10}[\text{H}^+]$)。中性では $[\text{H}^+] = [\text{OH}^-]$ なので、中性の水溶液の pH は、25 °Cでは7.0、45 °Cでは となる。

問1 文中の に当てはまる語句として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

- ① 酸や塩基を加えると、 $[\text{H}^+]$ や $[\text{OH}^-]$ が大きくなるので大きくなる
- ② 酸を加えると、 $[\text{OH}^-]$ が小さくなるので小さくなる
- ③ 塩基を加えると、 $[\text{H}^+]$ が小さくなるので小さくなる
- ④ 酸や塩基を加えても、温度が一定であれば常に一定である

問2 25 °Cの純水の電離度として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。ただし、純水の密度は 1.0 g/mL とする。 23

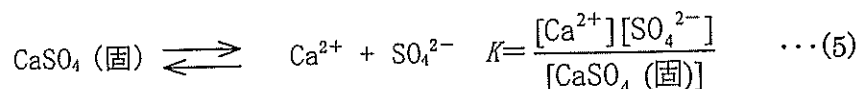
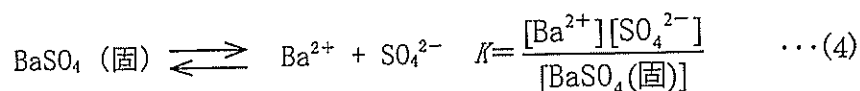
- ① 1.0×10^{-14} ② 1.4×10^{-12} ③ 1.8×10^{-9} ④ 1.0×10^{-7}

問3 文中の イ , ウ に当てはまる語句と数値の組み合わせとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。ただし、 $\log_{10}2=0.30$ とする。 24

	イ	ウ
①	発熱	6.7
②	吸熱	6.7
③	発熱	7.3
④	吸熱	7.3

B

水に難溶性の塩である硫酸バリウム BaSO_4 と硫酸カルシウム CaSO_4 について考える。 BaSO_4 も CaSO_4 も水に微量溶けて、飽和水溶液中で次の平衡が成り立つ。



固体のモル濃度は一定なので、(4)、(5)式は次のように表される。

$$K [\text{BaSO}_4 (\text{固})] = K_{sp} = [\text{Ba}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 1.0 \times 10^{-10} [\text{mol/L}]^2 \quad \dots(6)$$

$$K [\text{CaSO}_4 (\text{固})] = K_{sp} = [\text{Ca}^{2+}][\text{SO}_4^{2-}] = 2.5 \times 10^{-5} [\text{mol/L}]^2 \quad \dots(7)$$

(6)、(7)式の K_{sp} を溶解度積という。

溶解度積の違いを利用して金属イオンが分離できるかどうかを実験で確かめてみた。バリウムイオン Ba^{2+} とカルシウムイオン Ca^{2+} がともに 1.0×10^{-2} [mol/L] の水溶液を試料液とし、これに硫酸イオン SO_4^{2-} を徐々に加える実験を行った。なお、実験全体を通して、加えた硫酸水溶液の液量はごくわずかであり、硫酸イオンを加えたことによる体積変化は無視できるものとする。混合する溶液のカルシウムイオンと硫酸イオンとの関係を図1に示した。

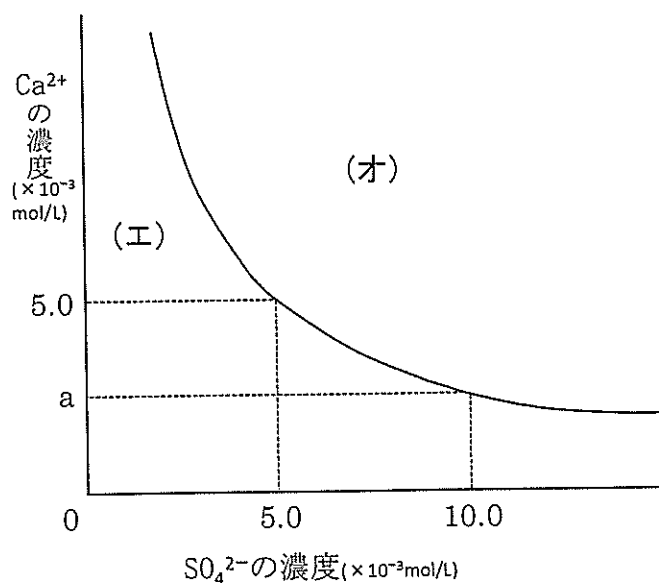


図1 カルシウムイオンと硫酸イオンとの関係

試料液に硫酸イオンを徐々に加えると、硫酸イオンが カ mol/L に達したとき BaSO₄ の沈殿が生じ始めた。さらに硫酸イオンを加え続けると CaSO₄ の沈殿が生じ始めた。このとき水溶液中に残っていた Ba²⁺ は、最初のバリウムイオン濃度の キ % であった。このことから、溶解度積の値の異なる金属イオンは、加える試薬の量を調節することでも分離できることが解った。

問4 図中の (工), (オ) の領域(曲線部は含まない)に該当する $[Ca^{2+}] \times [SO_4^{2-}]$ ($[Ca^{2+}][SO_4^{2-}]$ と略記) と K_{sp} との関係式及び CaSO₄ 沈殿生成の有無の組合せとして最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。 25

	領域 (工)	領域 (オ)
①	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] > K_{sp}$ で沈殿生成あり	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] < K_{sp}$ で沈殿生成なし
②	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] < K_{sp}$ で沈殿生成なし	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] > K_{sp}$ で沈殿生成あり
③	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] > K_{sp}$ で沈殿生成なし	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] > K_{sp}$ で沈殿生成あり
④	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] < K_{sp}$ で沈殿生成あり	$[Ca^{2+}][SO_4^{2-}] > K_{sp}$ で沈殿生成なし

問5 図中の a に当てはまる数値として最も適当な数値を、後の選択肢から一つ選べ。

26

- ① 1.0 ② 2.0 ③ 2.5 ④ 3.0 ⑤ 3.5

問6 文中の カ に当てはまる数値として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

27

- ① 1.0×10^{-12} ② 5.0×10^{-12} ③ 1.0×10^{-10}
 ④ 5.0×10^{-10} ⑤ 1.0×10^{-8} ⑥ 5.0×10^{-8}

問7 文中の キ に当てはまる数値として最も適当なものを、後の選択肢から一つ選べ。

28

- ① 2.0×10^{-4} ② 4.0×10^{-4} ③ 2.0×10^{-3}
 ④ 4.0×10^{-3} ⑤ 2.0×10^{-2} ⑥ 4.0×10^{-2}