

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

1 塩化ナトリウムの結晶

塩化ナトリウムの結晶の単位格子を図に示した。

- (1) 単位格子に含まれる Na^+ , Cl^- の数はそれぞれ何個か。

Na^+ [] 個, Cl^- [] 個

- (2) 1 個の Na^+ の最も近くにある Cl^- は何個か。また、中心間の距離は何 nm か。

[] nm, [] 個

- (3) 1 個の Na^+ の最も近くにある Na^+ は何個か。また、中心間の距離は何 nm か。 $\sqrt{2}=1.4$, $\sqrt{3}=1.7$ とする。

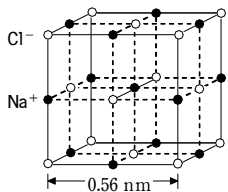
[] nm, [] 個

- (4) 1 mol の塩化ナトリウムの結晶の体積は何 cm^3 か。

アボガドロ定数 $=6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$, $5.6^3 = 176$ とする。 [] cm^3

- (5) 塩化ナトリウムの結晶の密度は何 g/cm^3 か。 $\text{Na}=23$, $\text{Cl}=35.5$ とする。

[] g/cm^3



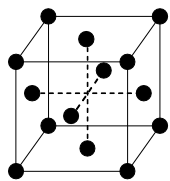
2 充填率

アルミニウム Al の結晶格子は面心立方格子である。Al の原子半径を r , 単位格子の一边の長さを a , $\pi=3.14$, $\sqrt{2}=1.41$ とする。(3) は、整数値で答えよ。

- (1) 単位格子中の原子の数は何個か。 [] 個

- (2) Al の原子半径 r を, a を用いて表せ。 []

- (3) 単位格子の体積中で Al 原子が占める割合(充填率)は何 % か。 [] %



3 結晶と原子量

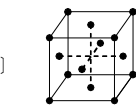
金属 A は図に示す一辺 $4.05 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の立方体の結晶格子をもち、密度は 2.7 g/cm^3 である。

- (1) この結晶格子を何というか。 []

- (2) 結晶 1 cm^3 に含まれる原子は何個か。 $4.05^3 = 66$ とする。

[] 個

- (3) 金属 A の原子量はいくらか。 []



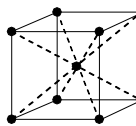
4 結晶と原子量

金属 B は図に示す一辺 0.29 nm の立方体の結晶格子をもち、密度は 7.2 g/cm^3 である。

- (1) この結晶格子を何というか。 []

- (2) 金属 B の原子半径は何 nm か。 [] nm

- (3) 金属 B の原子量はいくらか。 $2.9^3 = 24$ とする。

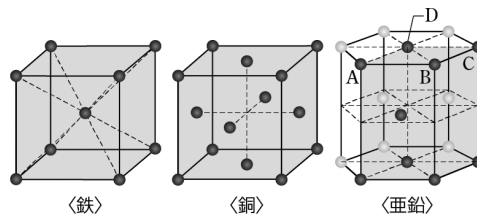


[]

5 金属の結晶構造

図に鉄, 銅, 亜鉛の結晶構造を示す。

- (1) 図の鉄, 銅, 亜鉛の結晶格子をそれぞれ何というか。



鉄: [] 銅: [] 亜鉛: []

- (2) 次の原子は何個の単位格子に共有されているか。また、その原子が 1 つの単位格子に含まれる割合は何分の 1 個と考えればよいか。

- (a) 鉄の単位格子の頂点の原子 [] 個, [] 個

- (b) 銅の単位格子の面の中心の原子 [] 個, [] 個

- (3) 亜鉛の単位格子の上面の菱形の角にある原子 A~D は、1 つの単位格子に含まれる割合をそれぞれ何分の 1 個と考えればよいか。

A [] 個 B [] 個 C [] 個 D [] 個

- (4) 鉄, 銅, 亜鉛の結晶で、単位格子に含まれる原子の総数はそれぞれ何個か。

鉄: [] 個 銅: [] 個 亜鉛: [] 個

- (5) 鉄, 銅, 亜鉛の結晶で、1 個の原子を取り囲んでいる原子はそれぞれ何個か。

鉄: [] 個 銅: [] 個 亜鉛: [] 個

6 NaCl の結晶

NaCl の結晶の単位格子の一边は 0.56 nm である。 $\text{Na}=23$, $\text{Cl}=35.5$

- (1) Na^+ のまわりの Cl^- , Cl^- のまわりの Na^+ の数はそれぞれいくつか。

Na^+ のまわりの Cl^- : [] 個

Cl^- のまわりの Na^+ : [] 個

- (2) 単位格子中の Na^+ , Cl^- の数はそれぞれいくつか。

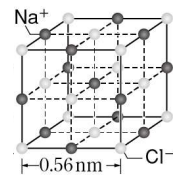
Na^+ [] 個, Cl^- [] 個

- (3) 単位格子中の Na^+ , Cl^- の質量は合計何 g か。 [] g

- (4) Cl^- の半径を 0.17 nm とすると, Na^+ の半径は何 nm か。 [] nm

- (5) 単位格子の体積は何 cm^3 か。 $5.6^3 = 1.8 \times 10^2$ とする。 [] cm^3

- (6) NaCl の結晶の密度は何 g/cm^3 か。 [] g/cm^3



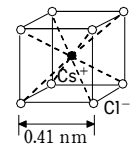
7 CsCl の結晶

CsCl の結晶の単位格子を図に示した。 $\text{Cl}=35.5$, $\text{Cs}=133$

- (1) Cs^+ のまわりの Cl^- , Cl^- のまわりの Cs^+ の数はそれぞれいくつか。 Cs^+ [] 個, Cl^- [] 個

- (2) 単位格子中の Cs^+ , Cl^- の数はそれぞれいくつか。 Cs^+ [] 個, Cl^- [] 個

- (3) Cl^- の半径を 0.17 nm とすると, Cs^+ の半径は何 nm か。 [] nm



- (4) CsCl の結晶 1 mol の体積は何 cm^3 か。 $4.1^3 = 69$ とする。 [] cm^3

- (5) CsCl の結晶の密度は何 g/cm^3 か。 [] g/cm^3

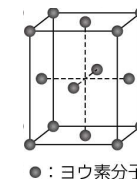
8 ヨウ素の結晶

ヨウ素分子のつくる結晶の単位格子は、各辺が $4.8 \times 10^{-8} \text{ cm}$, $7.3 \times 10^{-8} \text{ cm}$, $9.8 \times 10^{-8} \text{ cm}$ の直方体で、直方体の 8 つの頂点と 6 つの面の中央にヨウ素分子が位置している。ただし、分子は球形であるとし、 $4.8 \times 7.3 \times 9.8 = 343$ とする。

$I=127$, アボガドロ定数 $=6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

- (1) 単位格子中のヨウ素原子の数はいくつか。 [] 個

- (2) ヨウ素の結晶の密度は何 g/cm^3 か。 [] g/cm^3



9 充填率

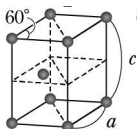
$\sqrt{2}=1.41$, $\sqrt{3}=1.73$, $\pi=3.14$ とする。(1)(3) は、整数で答えよ。

- (1) ナトリウム, 銅の結晶格子は、それぞれ体心立方格子, 面心立方格子である。ナトリウムと銅の結晶の充填率は何 % か。 Na [] % Cu [] %

- (2) ナトリウムより原子半径の大きいカリウム(体心立方格子), 銅より原子半径の大きい銀(面心立方格子)の充填率は、それぞれナトリウム, 銅の充填率より大きいか、小さいか、それとも同じか。カリウム [] 銀 [] %

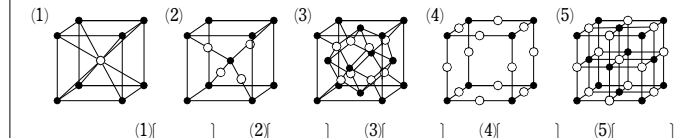
- (3) 亜鉛の結晶格子は、六方最密構造である。単位格子について、底面(菱形)の一边を a , 高さを c , 亜鉛の原子半径を r とすると、 $a=2r$, $c=\frac{2\sqrt{6}}{3}a$ である。亜鉛の結晶の充填率は何 % か。

[] %



10 結晶の組成式

次の(1)~(5)の図は、A 原子(●)と B 原子(○)からなる結晶の構造を示したものである。それぞれの結晶の組成式を A_2B_3 のように示せ。



(1) [] (2) [] (3) [] (4) [] (5) []

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

11 NaCl型構造の安定性

次の問いに答えよ。

(1) 半径 R の陰イオンと半径 r の陽イオン ($R > r$) が接し、さらに陰イオンどうしも互いに接して NaCl 型構造をつくっているとき、 $\frac{r}{R}$ はいくらか。 $\sqrt{2} = 1.41$ とする。

(2) NaCl 型構造が不安定なのは、 $\frac{r}{R}$ が (1) の値より小さいときか、大きいときか。

(3) 塩化ナトリウム NaCl と硫化カルシウム CaS はどちらも結晶構造が NaCl 型であるが、NaCl の融点が 801 °C であるのに対して CaS は 2000 °C でも融解しない。その理由として考えられる要因を 1 つ説明せよ。必要であれば、 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Cl^- 、 S^{2-} のイオン半径がそれぞれ 0.116 nm、0.114 nm、0.167 nm、0.170 nm、あることを用いてもよい。

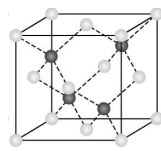
(4) 臭化カリウム KBr の結晶構造も NaCl 型である。KBr の融点が NaCl の融点 (801 °C) よりも高いか低いかわかり、理由とともに説明せよ。

12 ZnS の結晶

ZnS の結晶の単位格子を図に示した。 S^{2-} は単位格子の頂点と各面の中心に位置している。

(1) ある S^{2-} に着目したとき、その S^{2-} に最も近い Zn^{2+} の数と、最も近い S^{2-} の数は、それぞれいくつか。

(2) 単位格子の辺の長さが 5.4×10^{-8} cm であるとき、ZnS の結晶の密度は何 g/cm^3 か。ただし、 $5.4^3 = 1.6 \times 10^2$ とする。



●: S^{2-} ●: Zn^{2+}

13 フラーレンの結晶

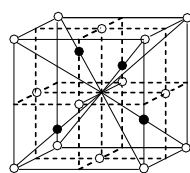
フラーレン分子 C_{60} は、結晶中で立方体形の単位格子に最密に充填されている。 C_{60} を球とみなし、分子の中心間の距離を 1.0 nm とすると、この結晶の密度は何 g/cm^3 か。 $\text{C} = 12$ 、 $\sqrt{2} = 1.41$

14 ダイヤモンドの結晶

ダイヤモンドの結晶の単位格子を、図に示した。この結晶格子は、面心立方格子の配列 (○) と、それと同じ面心立方格子を立方体の対角線の方向に対角線の $\frac{1}{4}$ だけ移動させた配列 (●) が重なり合っでできている。

(1) 単位格子に含まれる炭素原子の数はいくつか。

(2) ダイヤモンドの結晶では、炭素原子は正四面体の中心と 4 個の頂点という位置関係



で結合している。このことがわかるように、小さな立方体 1 個 (単位格子の $\frac{1}{8}$) を取り出して、図に結合を表す補助線を入れよ。

(3) 単位格子の辺の長さは 3.6×10^{-8} cm である。炭素原子間の結合距離は何 cm か。

(4) ダイヤモンドの密度は何 g/cm^3 か。 $3.6^3 = 47$ とする。

15 エンタルピー

次の文の [] に適当な語句を入れよ。

一定圧力で、化学反応に伴い放出・吸収する熱量を q [] という。熱が放出される反応を b [] 反応、熱を吸収する反応を c [] 反応といい、反応物のもつ q [] の総和が生成物のもつ [d] の総和よりも q [] とき、[b] 反応になる。

16 反応エンタルピーの名称

次の化学反応式の ΔH は、どの物質の何という反応エンタルピーを表しているか。

(1) $\text{C}_3\text{H}_8(\text{気}) + 5\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow 3\text{CO}_2(\text{気}) + 4\text{H}_2\text{O}(\text{液}) \quad \Delta H = -2219 \text{ kJ}$

(2) $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) \quad \Delta H = -394 \text{ kJ}$

(3) $\text{CO}(\text{気}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{気}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{気}) \quad \Delta H = -283 \text{ kJ}$

(4) $\text{NH}_4\text{Cl}(\text{固}) + \text{aq} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl}(\text{aq}) \quad \Delta H = 15 \text{ kJ}$

(5) $\text{HCl}(\text{aq}) + \text{KOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{液}) \quad \Delta H = -56 \text{ kJ}$

(6) $\text{H}_2\text{O}(\text{固}) \rightarrow \text{H}_2\text{O}(\text{液}) \quad \Delta H = 6.0 \text{ kJ}$

17 反応エンタルピー

次の事項を、エンタルピー変化を付した反応式で表せ。

(1) エタン C_2H_6 の燃焼エンタルピーは -1516 kJ/mol である。

(2) 希硫酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和エンタルピーは -56 kJ/mol である。

(3) 塩化ナトリウムの溶解エンタルピーは 3.88 kJ/mol である。

(4) メタノール CH_3OH の生成エンタルピーは -239 kJ/mol である。

18 反応エンタルピーの算出

次の事項を、エンタルピー変化を付した反応式で表せ。 $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{Na} = 23$

(1) アセチレン C_2H_2 1.0 g が燃焼すると、50 kJ の発熱がある。

(2) 水酸化ナトリウム 2.0 g を多量の水に溶かすと、2.2 kJ の発熱がある。

(3) 氷が融解すると、1 g 当たり 334 J の吸熱がある。

(4) 単体からエタノール $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ 5.0 g をつくると、30 kJ の発熱がある。

19 エンタルピー変化を付した反応式

次の事項をエンタルピー変化を付した反応式で表せ。原子量を $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{N} = 14$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{K} = 39$ 、水溶液の比熱を $4.1 \text{ J/(g} \cdot \text{K)}$ とし、反応エンタルピーは整数値 [kJ] で示せ。

(1) メタン CH_4 1 mol が完全燃焼すると、891 kJ の熱を放出した。

(2) 炭素 (黒鉛)、水素、酸素からメタノール CH_3OH 1 mol が生じると、239 kJ の発熱があった。

(3) 硝酸カリウム 2.0 g を水 98 g に溶かすと、温度が 1.7 K 下がった。

(4) 希塩酸と希水酸化ナトリウム水溶液の中和で水 6.0 g が生じたとき、18.8 kJ の発熱があった。

20 水のエネルギー

常温、常圧で水の蒸発エンタルピーと凝縮エンタルピーは、それぞれ 44 kJ/mol 、 -44 kJ/mol である。

(1) 水の蒸発エンタルピーと凝縮エンタルピーを、エンタルピー変化を付した反応式でそれぞれ表せ。

蒸発エンタルピー []
凝縮エンタルピー []

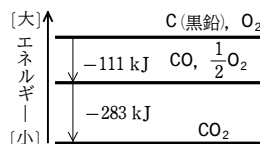
(2) (1) で一方が吸熱変化、他方が発熱変化になる理由を、分子の熱運動のちがいと、気体と液体のもつエンタルピーの差に着目して説明せよ。

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

21 反応エンタルピーの算出

次の問いに答えよ。C=12

- (1) 右のエネルギー図を用いて、炭素(黒鉛)の燃焼エンタルピー、二酸化炭素の生成エンタルピーをそれぞれ求めよ。



Cの燃焼エンタルピー〔 〕kJ/mol
CO₂の生成エンタルピー〔 〕kJ/mol

- (2) 炭素 12 g をある条件で燃焼させると、CO と CO₂ の体積比 1 : 3 の混合気体が生成した。この燃焼で放出された熱量は何 kJ か。〔 〕kJ

22 ヘスの法則

次の〔 〕に適当な数値、語句、関係式を入れよ。

炭素(黒鉛)の燃焼エンタルピーは -394 kJ/mol、水素の燃焼エンタルピーは -286 kJ/mol、メタンの燃焼エンタルピーは -891 kJ/mol である。いま、炭素 1 mol、水素 2 mol、酸素 2 mol があり、炭素 1 mol、水素 2 mol が燃焼するときの反応エンタルピーの総和 Q₁[kJ] は「〔 〕」kJ である。一方、炭素と水素からメタン 1 mol が生じ、これが燃焼するときの反応エンタルピーの総和 Q₂[kJ] は、メタンの「〔 〕」エンタルピーと燃焼エンタルピーの和となる。ヘスの法則によると「〔 〕」であるから、メタンの「〔 b 〕」エンタルピーは「〔 〕」kJ/mol であることがわかる。

23 反応エンタルピーの計算

次の問いに答えよ。

- (1) エタン C₂H₆、炭素(黒鉛)、水素の燃焼エンタルピーがそれぞれ -1561 kJ/mol、-394 kJ/mol、-286 kJ/mol であることを、エンタルピー変化を付した反応式で表せ(生成する水は液体とする)。
- 〔 〕……①
〔 〕……②
〔 〕……③
- (2) (1)の式を用いて、エタンの生成エンタルピーを求めよ。〔 〕kJ/mol

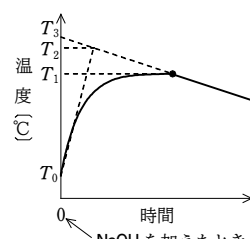
24 反応エンタルピーの算出

次の各問いに答えよ。

- (1) 炭素(黒鉛)、水素、メタンの燃焼エンタルピーは、それぞれ -394 kJ/mol、-286 kJ/mol、-891 kJ/mol である。メタンの生成エンタルピーは何 kJ/mol か。〔 〕kJ/mol
- (2) 二酸化炭素、水、エタノール C₂H₅OH の生成エンタルピーは、それぞれ -394 kJ/mol、-286 kJ/mol、-277 kJ/mol である。エタノールの燃焼エンタルピーは何 kJ/mol か。〔 〕kJ/mol
- (3) アンモニア、一酸化窒素、水(気)の生成エンタルピーは、それぞれ -46 kJ/mol、90 kJ/mol、-242 kJ/mol である。アンモニア 4 mol が酸素と反応して、一酸化窒素と水(気)が生じる反応の反応エンタルピーは何 kJ か。〔 〕kJ

25 反応エンタルピーの測定

断熱性の容器に 0.50 mol/L の塩酸 100 mL をとり、固体の水酸化ナトリウム 2.0 g を加えたときの温度曲線を図に示した。



- (1) 温度変化 ΔT [K] を、T₀、T₁、T₂、T₃ のうち必要なものを用いて表せ。〔 〕
- (2) ΔT=12.4 K、得られた水溶液の体積を 100 mL、密度を 1.0 g/cm³、比熱を 4.1 J/(g・K) とする。この反応をエンタルピー変化を付した反応式で表せ。H=1.0、O=16、Na=23 とし、エンタルピー変化は単位に kJ を用いた整数値とする。〔 〕
- (3) 塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和エンタルピーを -56.5 kJ/mol として、水酸化ナトリウム(固)の溶解エンタルピーを求めよ。〔 〕kJ/mol

26 中和エンタルピー

中和エンタルピーに関して次の問いに答えよ。

- (1) 断熱した容器に 0.20 mol/L の塩酸 200 mL を入れ、これに塩酸と同じ温度の 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 40 mL を加えてよく混合したところ、溶液の温度が 2.2 K 上昇した。塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和エンタルピーは何 kJ/mol か。水溶液の密度を 1.0 g/cm³、比熱を 4.2 J/(g・K) とし、答えよ。〔 〕kJ/mol
- (2) (1)において、塩酸の代わりに 0.10 mol/L の希硫酸 200 mL を用いた実験結果から中和エンタルピーを求めたところ、同じ値になった。その理由を、強酸と強塩基の中和のしくみに着目して説明せよ。〔 〕
- (3) 固体の水酸化ナトリウムの溶解エンタルピーを -44.5 kJ/mol とする。0.50 mol の塩化水素を含む希塩酸に固体の水酸化ナトリウム 1.0 mol を加えたときの発熱量は何 kJ か、(1)で求めた中和エンタルピーの値を用いて求めよ。〔 〕kJ

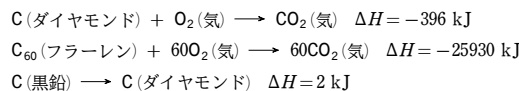
27 混合気体の燃焼

標準状態のエタン C₂H₆ とプロパン C₃H₈ の混合気体 22.4 L を完全燃焼させたところ、4.00 mol の酸素が消費され、1780 kJ の発熱があった。

- (1) エタンとプロパンの物質量の比を簡単な整数比で示せ。〔 〕
- (2) エタンの燃焼エンタルピーを -1560 kJ/mol とする。プロパンの燃焼エンタルピーは何 kJ/mol か。〔 〕kJ/mol

28 炭素の同素体

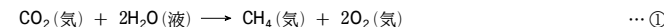
次の反応エンタルピーを用い、同じ質量の黒鉛、ダイヤモンド、フラーレン C₆₀ について、各物質のもつエンタルピーの大小の順を答えよ。



〔 〕

29 反応エンタルピー

太陽光エネルギーと光触媒を使って二酸化炭素 CO₂ と水 H₂O を①式のように反応させ、天然ガスの主成分であるメタン CH₄ を得る研究が行われている。



①式の反応の反応エンタルピーは何 kJ/mol か。また、この反応は発熱反応と吸熱反応のどちらか。ただし、CO₂(気)、H₂O(液)、CH₄(気)の生成エンタルピーを、それぞれ -394 kJ/mol、-286 kJ/mol、-75 kJ/mol とする。〔 〕kJ/mol、〔 〕

30 結合エネルギー

- (1) H-H、Cl-Cl の結合エネルギーを、それぞれ 436 kJ/mol、243 kJ/mol とする。また、HCl の生成エンタルピーを -92.5 kJ/mol とする。H-Cl の結合エネルギーは何 kJ/mol か。〔 〕kJ/mol
- (2) N≡N、N-H および H-H の結合エネルギーをそれぞれ 946 kJ/mol、391 kJ/mol、436 kJ/mol とし、アンモニア NH₃ の生成エンタルピーを求めよ。〔 〕kJ/mol
- (3) H-H、C-H、C-C の結合エネルギーをそれぞれ 436 kJ/mol、416 kJ/mol、368 kJ/mol とする。また、プロパンの生成エンタルピーを -107 kJ/mol とする。C(黒鉛)の昇華エンタルピーは何 kJ/mol か。〔 〕kJ/mol

31 結合エネルギーと反応エンタルピー

O-H、C-H、C=O、O=O の結合エネルギーは、それぞれ 463 kJ/mol、413 kJ/mol、799 kJ/mol、498 kJ/mol である。また、水が水蒸気として生じるときのプロパン C₃H₈ の燃焼エンタルピーは -2043 kJ/mol である。プロパン中の C-C の結合エネルギーは何 kJ/mol か。〔 〕kJ/mol

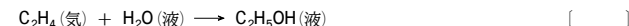
32 光化学反応

次の(1)~(3)の例として適当なものを、(ア)~(ウ)から1つずつ選べ。

- (1) 化学発光 (2) 光合成 (3) 光触媒
- (ア) 酸化チタン(IV)をコーティングした壁は、汚れが付きにくい。
- (イ) 緑色植物は光エネルギーを吸収して、水と二酸化炭素からグルコースなどの糖類をつくっている。
- (ウ) 水酸化ナトリウム水溶液にルミノールを溶かした溶液を、過酸化水素水にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウムを溶かした溶液と混ぜると、青白く発光する。
- (1)〔 〕 (2)〔 〕 (3)〔 〕

33 反応エンタルピーの算出

次の反応の ΔH を求めることができる反応エンタルピーの組合せは、(ア)~(エ)のどれか。



- (ア) C₂H₄(気)の燃焼エンタルピー、C₂H₅OH(液)の燃焼エンタルピー
(イ) C₂H₄(気)の燃焼エンタルピー、C₂H₅OH(液)の生成エンタルピー
(ウ) C₂H₄(気)の生成エンタルピー、C₂H₅OH(液)の燃焼エンタルピー
(エ) C₂H₄(気)の生成エンタルピー、C₂H₅OH(液)の生成エンタルピー

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

34 反応エンタルピーの算出

水溶液中で水素イオンと水酸化イオンから水 1 mol が生じるときの中和エンタルピーは -56 kJ である。また、水に溶けているアンモニア 1 mol と硝酸 1 mol (電離度 1 とする) が反応するときの反応エンタルピーは -51.5 kJ である。水に溶けているアンモニアが水と反応して、アンモニウムイオンが生じるときの反応エンタルピーは何 kJ/mol か。 [] kJ/mol

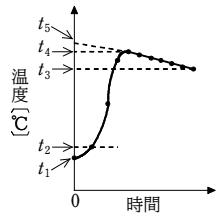
35 反応エンタルピー

塩化亜鉛の生成エンタルピーは -415 kJ/mol 、溶解エンタルピーは -73 kJ/mol である。また、塩化水素の生成エンタルピーは -92 kJ/mol 、溶解エンタルピーは -75 kJ/mol である。亜鉛を塩酸に溶かすときの反応エンタルピーを求め、エンタルピー変化を付した反応式で表せ。

36 反応エンタルピーの測定

次の実験について、[] に適当な語句、式、数値を入れよ。ただし、水の密度を 1.00 g/cm^3 、 1.0 mol/L の塩酸の密度を 1.02 g/cm^3 、 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液の密度を 1.04 g/cm^3 、実験 1 および実験 2 の混合溶液の比熱を $4.0 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、実験 3 の混合溶液の比熱を $3.9 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ とする。

[実験 1] ふた付きの発泡ポリスチレン製容器に水 50 mL をとり、水酸化ナトリウム 2.0 g を入れ、よく混ぜながら温度を測定した。このときの発熱は a [] によるもので、温度上昇は図の b [] に相当し、 10.5 K であった。したがって、水酸化ナトリウムの a [] エンタルピーは何 kJ/mol と算出される。



[実験 2] 同じ容器で 1.0 mol/L の塩酸 100 mL に 1.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 50 mL を加え、よくかき混ぜた。この反応の発熱は a [] によるもので、その値を 56 kJ/mol とすると、温度上昇は a [] K と算出される。

[実験 3] 同じ容器で 1.0 mol/L の塩酸 100 mL に水酸化ナトリウムの固体 2.0 g を加えよく混ぜるとき、その反応エンタルピーは何 kJ/mol の法則より、水酸化ナトリウム 1 mol 当たり c [] $\text{kJ/mol} + (-56 \text{ kJ/mol}) = a$ [] kJ/mol となるので、水溶液の温度上昇は b [] K と算出される。

37 プロパンの不完全燃焼

ある量の酸素中でプロパン C_3H_8 1.00 mol を燃焼させたところ、不完全燃焼が起こった。その結果、プロパンの水素原子はすべて水 (気体) になったが、炭素原子は 80.0% が二酸化炭素、 20.0% が一酸化炭素になった。 CO_2 、 CO 、 H_2O (液)、 C_3H_8 の生成エンタルピーをそれぞれ -394 kJ/mol 、 -111 kJ/mol 、 -286 kJ/mol 、 -105 kJ/mol 、 H_2O の蒸発エンタルピーを 44 kJ/mol として答えよ。

- プロパンの燃焼で消費された酸素は何 mol か。 [] mol
- 発生した熱量は何 kJ か。 [] kJ

38 結合エネルギーと反応エンタルピー

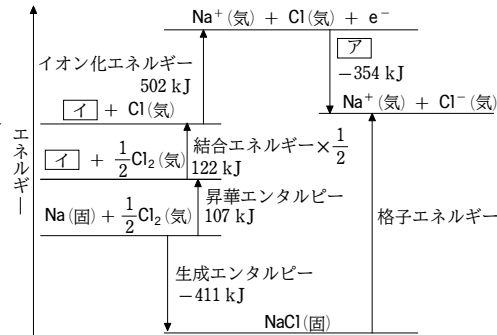
$\text{O}-\text{H}$ 、 $\text{C}=\text{O}$ 、 $\text{O}=\text{O}$ の結合エネルギーは、それぞれ 463 kJ/mol 、 799 kJ/mol 、 498

kJ/mol 、エタンの燃焼エンタルピーは -1429 kJ/mol 、メタン分子 1 mol をすべて C 原子と H 原子にするために必要なエネルギーは 1652 kJ/mol である。ただし、燃焼で生じる水はすべて気体とする。

- メタンにおける $\text{C}-\text{H}$ の結合エネルギーは何 kJ/mol か。 [] kJ/mol
- エタンにおける $\text{C}-\text{C}$ の結合エネルギーは何 kJ/mol か。 [] kJ/mol
- プロパン C_3H_8 の燃焼エンタルピーは何 kJ/mol か。 [] kJ/mol

39 格子エネルギー

図は、ナトリウム、塩素および塩化ナトリウムについて各状態でのエネルギーの関係を示している。ここで、格子エネルギーは 1 mol の塩化ナトリウム結晶を構成するイオンをすべて互いに無限遠の距離まで引き離すのに必要なエネルギーである。



- [ア] に当てはまる語句を書け。 []
- [イ] に当てはまる化学式を書け。(気)、(液) または (固) など、その状態も付して答えよ。 []
- 塩素原子の [ア] を、エンタルピー変化を付した反応式で表せ。 []
- 気体状態において、ナトリウム原子の電子を 1 個取りさり、塩素原子がこの電子を受け取る反応を、エンタルピー変化を付した反応式で表せ。 []
- 塩化ナトリウム結晶の格子エネルギーを、エンタルピー変化を付した反応式で表せ。 []

40 反応速度

次の文の [] に適当な語句を入れよ。
反応速度は、単位時間に a [] する反応物のモル濃度 (または物質質量)、あるいは単位時間に増加する b [] のモル濃度 (または物質質量) で表される。

一般に化学変化が起こるためには、反応物の粒子どうしが c [] することが必要である。反応物の濃度を大きくすると、単位時間当たりの粒子どうしの c [] する回数が大きくなるので、反応速度は a [] くなる。

気体反応の場合、反応する気体の圧力が高いほど反応物の濃度は a [] しく、反応速度は b [] い。

41 反応速度

$\text{A} + 2\text{B} \rightarrow 2\text{C}$ の反応について答えよ。
(1) C の生成速度が $1.2 \times 10^{-3} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ のとき、 A の減少速度、 B の減少速度はそれぞれ何 $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ か。

A の減少速度 [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ 、 B の減少速度 [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$
(2) C の生成速度は、「 A のモル濃度」と「 B のモル濃度の 2 乗」に比例する。 A のモル濃度をそのまま B のモル濃度を 3 倍にすると、 C の生成速度は何 $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ になるか。 [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$

42 反応速度

一定温度で、体積 10 L の容器に入れたヨウ化水素が、 5.0 秒間で 0.20 mol 分解して水素とヨウ素が生成した。(a) ヨウ化水素の分解速度 (b) 水素の生成速度 はそれぞれ何 $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ か。(a) [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ 、(b) [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$

43 反応速度

過酸化水素水に触媒を加えると、過酸化水素が分解して酸素が発生する。 0.35 mol/L の過酸化水素水 100 mL に触媒を加えたところ、 5.0 分後にその濃度が 0.20 mol/L になった。

- この 5.0 分間における過酸化水素の平均の分解速度は何 $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$ か。 [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$
- この 5.0 分間における酸素の平均の発生速度は何 mol/s か。 [] mol/s

44 反応速度式

ある反応 $2\text{A} + \text{B} \rightarrow 2\text{C}$ において、 C の生成速度 v は、 A のモル濃度 $[\text{A}]$ と B のモル濃度 $[\text{B}]$ を用いて次式で表されることがわかっている。
 $v = k[\text{A}]^2[\text{B}]$ (比例定数 $k = 5.0 \times 10^{-2} \text{ L}^2/(\text{mol}^2\cdot\text{s})$)

- A の濃度を 0.5 倍、 B の濃度を 2 倍にすると、 C の生成速度は何倍になるか。 [] 倍
- 式の比例定数 k を何というか。 []
- $[\text{A}] = 0.30 \text{ mol/L}$ 、 $[\text{B}] = 0.40 \text{ mol/L}$ のとき、 v はいくらか。 [] $\text{mol/(L}\cdot\text{s)}$
- 容器にある物質を加えたら k の値が大きくなった。このような物質を何というか。 []

45 反応速度

気体 X と気体 Y から気体 Z が生じる反応 $\text{X} + \text{Y} \rightarrow \text{Z}$ がある。表は、 X と Y の濃度を変えて、一定温度で Z の生成速度を求めた実験結果を示している。

- Z の生成速度 v を、 $v = k[\text{X}]^a[\text{Y}]^b$ と表すとき、 a 、 b の値を求めよ。
 a []、 b []
- (1) の式で速度定数 k を求めよ。
[] $\text{L}^2/(\text{mol}^2\cdot\text{s})$
- 表の空欄 (c) の値を求めよ。 []

実験	濃度 [mol/L]		Z の生成速度
	[X]	[Y]	v [mol/(L·s)]
①	0.10	0.10	0.060
②	0.10	0.20	0.12
③	0.10	0.30	0.18
④	0.20	0.10	0.24
⑤	0.30	0.10	0.54
⑥	0.25	0.20	(c)

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

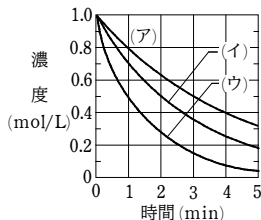
46 反応速度とエネルギー

次の文の〔 〕に適切な語句を入れよ。
 化学反応が起こるためには、分子どうしが衝突するときにある一定以上のエネルギーをもっていることが必要である。このエネルギーを〔 〕という。温度を上げると分子のもつエネルギーが大きくなり、〔 a 〕以上のエネルギーをもつ分子の割合が増し、反応速度は大きくなる。また、〔 〕を加えると反応速度は大きくなる。これは〔 b 〕が〔 a 〕のより〔 〕い別の経路をつくるからである。このとき、反応エンタルピーは、〔 b 〕を加える前と比べて〔 〕。

47 温度と濃度変化

図の曲線(ア)~(ウ)は、ある物質が異なる3つの温度において分解したときの濃度の変化を示している。

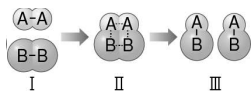
- 反応開始から一定時間経つまでの平均の分解速度が最も大きいものはどれか。〔 〕
- 最も温度が高いものはどれか。〔 〕



48 2分子の単体の反応

分子 A₂ と分子 B₂ から分子 AB が生じるある化学反応が、図のように進むものとする。

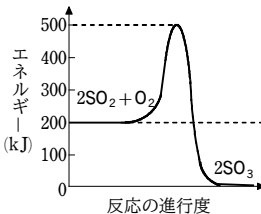
- 図のⅡの状態を何というか。〔 〕
- 図のⅡの状態にするために必要な最小のエネルギーを何というか。〔 〕
- 図のⅡの状態からⅢになるとき、エネルギーを吸収するか、放出するか。〔 〕
- 図のⅡの状態からものⅠにもどることはあるか、ないか。〔 〕



49 反応経路図

図は、次の反応(A), (B)の反応経路図である。

- $$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3 \quad \dots (A)$$
- $$2\text{SO}_3 \rightarrow 2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \quad \dots (B)$$
- 反応(A)の反応エンタルピーは何 kJ/mol か。〔 〕 kJ/mol
 - 反応(A)の活性化エネルギーは何 kJ か。〔 〕 kJ
 - 反応(B)の活性化エネルギーは何 kJ か。〔 〕 kJ

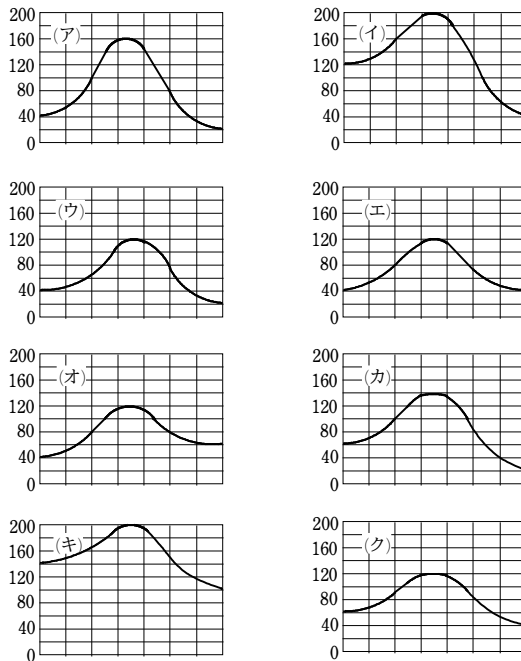


- 反応(B)の反応エンタルピーは何 kJ/mol か。〔 〕 kJ/mol
- 反応(A)に白金触媒を使うと、活性化エネルギーは60 kJになるといふ。反応経路はどのように表されるか。図中に ----- で記入せよ。

50 反応経路図

図は、反応の進行度(横軸)とエネルギー[kJ](縦軸)の関係を示した反応経路図である。なお、縦軸の1目盛りは20 kJである。

- 吸熱反応を示す図はどれか。〔 〕
- 図(ア)に示す反応の活性化エネルギーは何 kJ か。〔 〕 kJ
- 図(ア)~(ク)で表される反応のうち、発熱反応で、かつ発熱量が最も大きいものはどれか。〔 〕
- 図(ア)~(ク)で表される反応の中に、正反応と逆反応の関係であるものが1組あるとすると、どれとどれか。〔 〕,〔 〕
- 図(ア)に示す反応に触媒を加えると反応速度が大きくなることを示す図はどれか。〔 〕



51 反応速度と温度

温度が10 K 上昇すると速度が3倍になる反応がある。

- 温度が上昇すると、反応速度が大きくなる。その理由の1つは、高温になるほど分子の運動が速くなり、分子どうしの衝突回数が増加するためである。このほかの理由を、分子のもつエネルギーに着目して30字程度で説明せよ。〔 〕
- この反応が60℃では10分で完了したとすると、20℃で反応が完了するまでの時間は何分になるか。〔 〕分

52 反応速度

気体Aと気体Bは、 $\text{A} + \text{B} \rightarrow 2\text{C}$ と反応して気体Cになる。

- 10.0 Lの容器にA, Bを1.00 molずつ入れたとき、50秒間のCの平均生成速度は 6.0×10^{-4} mol/(L・s)であった。50秒後のCの生成量は何 mol か。〔 〕 mol

- (1)のとき、(a)50秒間のAの平均反応速度 (b)50秒後のAのモル濃度 はそれぞれいくらか。(a)〔 〕 mol/(L・s), (b)〔 〕 mol/L

53 過酸化水素の分解

0.62 mol/Lの過酸化水素水に触媒を加えたところ、モル濃度に比例して過酸化水素が分解し、2.0分後には0.38 mol/Lになった。

- 2.0分間の平均のモル濃度をもちに、この反応の速度定数を求めよ。〔 〕/min
- 過酸化水素のモル濃度が半分になるまでの時間は、過酸化水素のモル濃度とどのような関係があるか。〔 〕

54 過酸化水素の分解

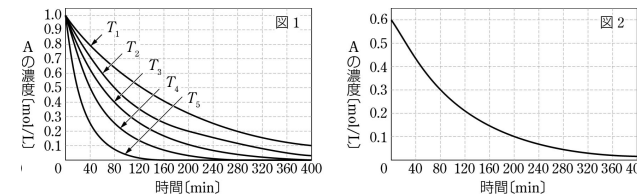
酸化マンガン(IV) MnO₂を1.000 mol/Lの過酸化水素水10.0 mLに加えた実験の結果を、表にまとめた。下の問いに有効数字3桁で答えよ。

時間 t [s]	濃度 [H ₂ O ₂] [mol/L]	平均の濃度 [H ₂ O ₂] [mol/L]	減少量 Δ[H ₂ O ₂] [mol/L]	平均の分解速度 v [mol/(L・s)]
0	1.000	0.907	(a)	6.23×10^{-3}
30	0.813		0.153	5.10×10^{-3}
60	0.660	(b)	0.122	4.07×10^{-3}
90	0.538	0.487	0.102	(c)
120	0.436			2.73×10^{-3}
150	0.354	0.395		

- 時間0~30秒の[H₂O₂]の減少量(a)は何 mol/L か。〔 〕 mol/L
- 時間30~60秒で発生したO₂は何 mol か。〔 〕 mol
- 時間60~90秒でのH₂O₂の平均の濃度(b)は何 mol/L か。〔 〕 mol/L
- 時間90~120秒でのH₂O₂の平均の分解速度(c)は何 mol/(L・s)か。〔 〕 mol/(L・s)
- 時間120~150秒での速度定数を求めよ。〔 〕/s

55 反応速度と温度

A → Bの反応において、Aの減少速度vは、速度定数kとAのモル濃度[A]を用いて $v = k[A]$ と表せる。反応温度をT₁~T₅と変化させたとき、Aの濃度(反応開始時の濃度:1.0 mol/L)と時間との関係は図1のようであった。また、Aの反応開始時の濃度を図1の60%としてT₁~T₅のいずれかの温度で反応させたとき、Aの濃度と時間との関係は図2のようになった。図2での温度はT₁~T₅のうちのどれか。



〔 〕

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

56 反応速度

次の記述について、下線部となる理由を50字程度で述べよ。

- (1) ある反応に触媒を加えたところ、反応速度が大きくなった。

[]

- (2) 一定温度で分子 X と分子 Y から分子 Z が生成する反応 $X + Y \rightarrow Z$ の反応速度 v は、一般に $v = k[X]^x[Y]^y$ で表される。[X]、[Y] は X、Y のモル濃度である。指数の x 、 y の値は、化学反応式から単純に決めることはできず、実験的に決定される。

[]

57 平衡状態

次の文の [] に適当な語句、式を入れよ。

密閉した容器に水素とヨウ素を入れて加熱した。このとき、ヨウ化水素が生じる反応速度 v は、最初は最も a [] くなり、時間とともにしだいに b [] くなる。一方、逆反応のヨウ化水素が水素とヨウ素に分解する反応速度 v' は、最初が最も c [] くなり、時間とともにしだいに d [] くなる。そして、十分に時間が経つと、ヨウ化水素が生じる反応速度と分解する反応速度は e [] となり、反応は見かけ上止まった状態になる。このような状態を f [] の状態という。

この [g] の状態では、水素、ヨウ素、ヨウ化水素のモル濃度 $[H_2]$ 、 $[I_2]$ 、 $[HI]$ の間には、 $K = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$ =一定 の関係がある。この一定値 K を g [] といい、この式で表される関係を h [] の法則という。

58 平衡定数

水素 1.75 mol、ヨウ素 1.50 mol を容器に入れて加熱した。圧力・温度を一定に保ったところ、ヨウ化水素が生じて平衡状態に達した。このとき、水素は 0.50 mol に減少していた。

- (1) 平衡状態とはどのような状態か。反応速度に着目し、40字程度で説明せよ。

[]

- (2) 平衡時のヨウ素、ヨウ化水素はそれぞれ何 mol か。

ヨウ素 [] mol ヨウ化水素 [] mol

- (3) 平衡定数 K を表す式を記せ。また、その値を求めよ。単位についても記せ。

[]、[]

- (4) 上の平衡状態にあるとき、圧力・温度を一定に保って水素を加えると K の値はどうか。 []

59 反応生成量

二酸化炭素と水素を混合して高温に保つと、一酸化炭素と水蒸気が生じて平衡状態になる。一定容積の容器に、二酸化炭素 3.00 mol と水素 1.50 mol を入れてある温度に保ったとき、生じる一酸化炭素と水(水蒸気)はそれぞれ何 mol か。このときの平衡定数を 0.100 として、小数第2位まで求めよ。 一酸化炭素 [] mol 水 [] mol

60 エステル生成量

次の各問に答えよ。

- (1) 酢酸 CH_3COOH とエタノール C_2H_5OH を 3.0 mol ずつ混ぜ、少量の濃硫酸の存在下で一定温度に保ったところ、酢酸エチル $CH_3COOC_2H_5$ と水が 2.0 mol ずつ生じたところで平衡に達した。この反応の平衡定数を求めよ。 []

- (2) (1) の平衡状態にある溶液にさらに酢酸 1.0 mol と酢酸エチル 1.0 mol を加えると、平衡はどちらに移動するか。 []

61 圧平衡定数

N_2O_4 は $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ のように反応する。容器に N_2O_4 を入れて 1.0×10^5 Pa に保ったところ、40% の N_2O_4 が反応して平衡に達した。

- (1) N_2O_4 、 NO_2 の分圧は何 Pa か。

N_2O_4 の分圧 [] Pa、 NO_2 の分圧 [] Pa

- (2) 圧平衡定数 K_p を求めよ。 [] Pa

62 平衡の移動

次の反応が平衡状態にあるとき、() 内のように条件を変化させると、平衡はどちらに移動するか。

- (1) $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ $\Delta H = 57$ kJ (加熱する) []

- (2) $CO + H_2O(気) \rightleftharpoons CO_2 + H_2$ (圧力を高くする) []

- (3) $NaCl(固) + aq \rightleftharpoons Na^+aq + Cl^-aq$ (塩化水素を通じる) []

- (4) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (全圧を一定に保ち、アルゴンを加える) []

- (5) $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3$ (体積を一定に保ち、アルゴンを加える) []

- (6) $C(固) + H_2O(気) \rightleftharpoons CO + H_2$ (圧力を高くする) []

63 平衡移動の条件

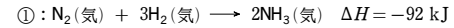
$aA(気) + bB(気) \rightleftharpoons cC(気)$ $\Delta H = Q$ [kJ] で示される可逆反応がある。ここで、 $a \sim c$ は係数である。高温にした場合と高圧にした場合でいずれも気体 C の平衡時の濃度が大きくなるのは、次のうちどの場合か。 []

- (ア) $a + b < c$, $Q > 0$ (イ) $a + b < c$, $Q < 0$ (ウ) $a + b = c$, $Q < 0$

- (エ) $a + b > c$, $Q > 0$ (オ) $a + b > c$, $Q < 0$

64 アンモニアの合成

アンモニア NH_3 は、工業的には①式の反応により合成される(ハーバー・ボッシュ法)。

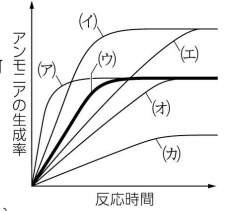


いま、 4×10^7 Pa、 $500^\circ C$ における反応時間とアンモニアの生成率の関係が、図の太線(ウ)のようになるとする。

- (1) 圧力 4×10^7 Pa で、 $500^\circ C$ よりも低い温度で①式の反応を行うとき、反応時間とアンモニアの生成率の関係を表す曲線は、図の(ア)~(カ)のうちどれになるか。 []

- (2) 4×10^7 Pa、 $500^\circ C$ で、触媒を加えて①式の反応を行うとき、反応時間とアンモニアの生成率の関係を表す曲線は、図の(ア)~(カ)のうちどれになるか。 []

- (3) ハーバー・ボッシュ法で用いられる触媒の主成分を化学式で答えよ。 []



65 pHの計算

$25^\circ C$ における次の水溶液の pH を小数第1位まで求めよ。 $\log_{10} 2.0 = 0.30$, $\log_{10} 3.0 = 0.48$

- (1) 0.0050 mol/L の塩酸 []
- (2) 0.10 mol/L の酢酸水溶液 (電離度 0.016) []
- (3) 0.050 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 []
- (4) 0.30 mol/L の塩酸 1.0 L と 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 1.0 L の混合液 []

66 水のイオン積

水はごくわずかに、 $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$ のように電離している。水や水溶液の温度は $25^\circ C$ に保たれているとして、次の問に答えよ。

- (1) $[H^+]$ と $[OH^-]$ の関係を表す式を記せ。 []
- (2) $[H^+] = 0.010$ mol/L のとき、 $[OH^-]$ は何 mol/L か。(1)での関係に着目して求めよ。 [] mol/L
- (3) 0.010 mol/L 水酸化カルシウム水溶液中の $[H^+]$ は何 mol/L か。 [] mol/L
- (4) 純水 (密度 1.0 g/cm³) の電離度はいくらか。 $H = 1.0$, $O = 16$ []
- (5) 純水に酸を加えると、水の電離度は(4)と比べてどう変化するか。考え方とともに説明せよ。 []

67 塩基性水溶液の pH

$25^\circ C$ における次の塩基性水溶液の pH を求めよ。 $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ mol²/L²

- (1) 0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 []
- (2) 0.050 mol/L の水酸化バリウム水溶液 []
- (3) 0.050 mol/L のアンモニア水 (電離度 0.020) []

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

68 pHと酸の濃度
ある酸性雨の pH が 3.7 であった。この雨水中の酸性成分が硝酸のみであるとすると、この雨水は何 mol/L の硝酸に当たるか。 $10^{0.3} = 2.0$ とする。 [] mol/L

69 水溶液の pH
25℃における次の pH の値を、(1)~(2) は小数第 1 位まで、(3) は整数値で答えよ。
 $\log_{10} 5.05 = 0.70$ とする。

- (1) pH=1.0 の塩酸 1.0 L と pH=3.0 の塩酸 1.0 L の混合液の pH []
- (2) pH=11.0 の水酸化ナトリウム水溶液を 100 倍に薄めた溶液の pH []
- (3) pH=5.0 の塩酸を 1000 倍に薄めた溶液の pH []

70 酢酸の電離定数
1.0 mol/L の酢酸水溶液の電離度は 5.3×10^{-3} である。 $\log_{10} 2.4 = 0.38$ 、 $\log_{10} 5.3 = 0.72$ 、 $\sqrt{1.4} = 1.2$ 、 $\sqrt{5.6} = 2.4$ とする。

- (1) 1.0 mol/L の水溶液での酢酸分子、酢酸イオン、水素イオンのモル濃度は、それぞれ何 mol/L か。 酢酸分子 [] mol/L、酢酸イオン [] mol/L、水素イオン [] mol/L

(2) 1.0 mol/L の水溶液の pH を求めよ (小数第 1 位まで)。 []

(3) 酢酸の電離定数 K_a を表す式を示せ。 []

(4) c [mol/L] の水溶液の酢酸の電離度を α ($\alpha \ll 1$) として、電離度 α と水素イオン濃度 $[H^+]$ を、それぞれ K_a と c で表す近似式を示せ。また、水溶液の K_a を求めよ。

$$\alpha \left[\begin{array}{c} \\ \end{array} \right], [H^+] \left[\begin{array}{c} \\ \end{array} \right], K_a \left[\begin{array}{c} \\ \end{array} \right] \text{ mol/L}$$

(5) 0.20 mol/L の水溶液での α 、 $[H^+]$ 、pH (小数第 1 位まで) を求めよ。
 α []、 $[H^+]$ [] mol/L、pH []

71 NH₃の電離
25℃におけるアンモニアの電離定数は 2.3×10^{-5} mol/L である。 $\log_{10} 2.0 = 0.30$ 、 $\log_{10} 3.0 = 0.48$

(1) アンモニアの電離定数 K_b を表す式を記せ。 []

(2) c [mol/L] の水溶液でのアンモニアの電離度 α ($\alpha \ll 1$) と水酸化イオン濃度 $[OH^-]$ を、それぞれ K_b と c を用いて表せ。

$$\alpha \left[\begin{array}{c} \\ \end{array} \right], [OH^-] \left[\begin{array}{c} \\ \end{array} \right]$$

(3) 0.10 mol/L の水溶液でのアンモニアの α と $[OH^-]$ を求めよ。 $\sqrt{2.3} = 1.5$ とする。
 α []、 $[OH^-]$ [] mol/L

(4) 0.10 mol/L の水溶液の pH を小数第 1 位まで求めよ。 $\log_{10} 1.5 = 0.18$ とする。 []

72 ギ酸の電離定数
ギ酸は 1 価の弱酸である ($HCOOH \rightleftharpoons HCOO^- + H^+$)。25℃で pH が 3.0 のギ酸水溶液 20.0 mL を中和するのに、0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液が 9.0 mL 必要であった。次の値を求めよ。

(1) ギ酸水溶液のモル濃度 (2) ギ酸の電離度 (3) ギ酸の電離定数
(1) [] mol/L (2) [] (3) [] mol/L

73 弱酸・弱塩基の遊離
炭酸アンモニウム $(NH_4)_2CO_3$ 水溶液に水溶液 A を注いだところ、気体 B が発生した。この気体 B を石灰水に通すと、溶液が白くにごった。また、別の $(NH_4)_2CO_3$ 水溶液に水溶液 C を注いだところ、刺激臭のある気体 D が発生した。気体 D に、湿らせた赤色リトマス紙を近づけたところ、リトマス紙が青色に変化した。

(1) 水溶液 A と水溶液 C の溶質として適当なものを、それぞれ次の (ア)~(エ) から選べ。
A [] C []
(ア) NaCl (イ) H₂SO₄ (ウ) K₂SO₄ (エ) NaOH

(2) 気体 B と気体 D はそれぞれ何か。物質名と化学式を答えよ。
B 物質名 [] 化学式 []
D 物質名 [] 化学式 []

(3) $(NH_4)_2CO_3$ 水溶液に石灰水を注ぐと、水溶液 C のときと同様に気体 D が生じた。このときの化学反応式を示せ。
[]

74 塩の加水分解
次の文の [] に適当な語句、イオン名を入れよ。

同じ濃度の酢酸水溶液と水酸化ナトリウム水溶液を同量混合すると、過不足なく反応し、酢酸ナトリウムの水溶液になる。この水溶液は^a[]性を示し、pH は 7 よりも^b[]。これは、酢酸ナトリウム水溶液中の^c[]の一部が水と反応し、^e[]が生じるためである。このような反応を、塩の^e[]という。

75 塩の加水分解
次の塩の水溶液は酸性、中性、塩基性のいずれを示すか。また、その理由をそれぞれ簡単に説明せよ。

- (1) 塩化カルシウム []
理由 []
- (2) 硫酸アンモニウム []
理由 []
- (3) 炭酸水素ナトリウム []
理由 []
- (4) 硝酸カリウム []
理由 []
- (5) 酢酸ナトリウム []
理由 []
- (6) 硫酸水素ナトリウム []

理由 []

76 緩衝液
次の文の [] に適当なイオン反応式、[] に適当な語句を入れよ。
酢酸と酢酸ナトリウムの混合溶液では、CH₃COOH と CH₃COO⁻ が多く存在し、
 $CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$

の平衡が成立している。
この混合溶液に少量の酸を加えると [a] の反応が起こり、また少量の塩基を加えると [b] の反応が起こって、それぞれ加えられた H⁺、OH⁻ が消費され、[H⁺] はほぼ一定に保たれる。このような溶液を「 [] という。

a []
b []

77 緩衝液
次の組合せの試薬を同じ物質質量ずつ溶かした水溶液が、緩衝液になるものをすべて選べ。
[]

- (ア) CH₃COOH と CH₃COONa (イ) NaOH と NaCl
- (ウ) H₂SO₄ と NaHSO₄ (エ) NH₃ と NH₄Cl
- (オ) CO₂ (水溶液) と NaHCO₃

78 溶解度積と沈殿の生成
次の各問いに答えよ。O=16, Cl=35.5, Cr=52, Ag=108

- (1) 塩化銀は水 1 L に対して、25℃で 1.9 mg 溶ける。
(a) 25℃での塩化銀の飽和溶液中の Ag⁺ のモル濃度は何 mol/L か。
[] mol/L
- (b) 25℃での塩化銀の溶解度積を求めよ。 []
- (c) 1.0×10^{-3} mol/L の硝酸銀水溶液 100 mL に塩化ナトリウムを少しずつ加えたとき、沈殿が生じるのは何 mg より多く加えたときか。ただし、塩化ナトリウムを加えても、水溶液の体積は変わらないものとする。 [] mg
- (2) クロム酸銀 Ag₂CrO₄ が水 1 L に対して 3.32×10^{-2} g 溶けるとして、クロム酸銀の溶解度積を求めよ。 []

79 エステルの生成量
40% の酢酸 CH₃COOH 水溶液 300 g とエタノール C₂H₅OH 46 g を反応させた。このときの平衡定数を 4.0 とすると、平衡状態では何 g の酢酸エチル CH₃COOC₂H₅ が生じているか。有効数字 2 桁で答えよ。 $\sqrt{97} = 9.8$, H=1.0, C=12, O=16 とする。
[] g

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

80 ヨウ化水素の生成量

次の各問いに答えよ。

- ヨウ化水素を 448 °C に保つと、その 22 % が解離して水素とヨウ素が生じ、平衡状態に達する。このときの平衡定数を求めよ。 []
- 1.0 mol の水素と 2.0 mol のヨウ素を混合して 448 °C に保ったときのヨウ化水素の物質質量は何 mol か。(1) で答えた値を用いて、有効数字 2 桁で求めよ。 $\sqrt{1.64} = 1.28$ とする。 [] mol

81 N2O4 の解離

0.90 mol の N₂O₄ を 8.0 L の容器に入れて 27 °C に保ったところ、NO₂ が生じて平衡状態になった。このとき、気体の総物質質量は 1.00 mol であった。

- この反応の平衡定数を求めよ。 [] mol/L
- この反応の圧平衡定数を求めよ。気体定数 $R = 8.3 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ [] Pa

82 圧平衡定数

1.0 mol のエチレン C₂H₄ と 1.0 mol の水素の混合気体がある温度に保つと、
 $\text{C}_2\text{H}_4 + \text{H}_2 \rightleftharpoons \text{C}_2\text{H}_6$ の平衡状態になり、全圧が $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ で、各成分気体のモル分率がすべて $\frac{1}{3}$ となった。

- この反応の、この温度での圧平衡定数を求めよ。 []/Pa
- 2.0 mol のエチレンと 1.0 mol の水素の混合気体を同じ温度に保って平衡状態にしたとき、エタン C₂H₆ のモル分率が $\frac{1}{3}$ となる圧力(全圧)は何 Pa か。 [] Pa

83 K_p と K_c

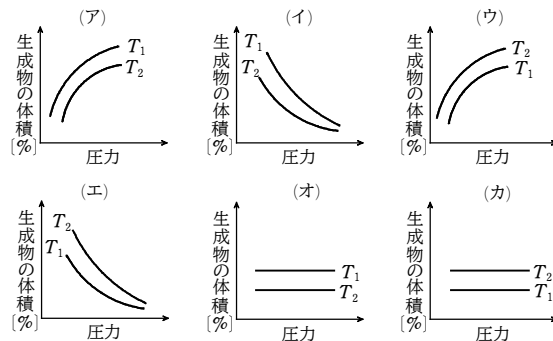
高温の炭素に二酸化炭素が接触すると、一酸化炭素が生じて、
 $\text{C}(\text{黒鉛}) + \text{CO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{気})$ の平衡状態になる。

- 容積一定の容器に二酸化炭素と十分な量の黒鉛を封入して 727 °C に加熱したところ、平衡状態に達した。このとき、二酸化炭素の分圧は $1.1 \times 10^6 \text{ Pa}$ 、一酸化炭素の分圧は $2.0 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。この反応の圧平衡定数を求めよ。 [] Pa
- (1) の平衡について、平衡定数 K_c を求めよ。気体定数 $R = 8.3 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ [] mol/L

84 平衡の移動とグラフ

次の化学反応について、生成物の体積百分率 (%) と圧力・温度の関係を表すグラフを、それぞれ下から選べ。ただし、図中の T は温度を表し、 $T_1 < T_2$ とする。

- $2\text{SO}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{SO}_3(\text{気}) \quad \Delta H = -198 \text{ kJ}$ []
- $\text{N}_2(\text{気}) + \text{O}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{NO}(\text{気}) \quad \Delta H = 181 \text{ kJ}$ []
- $\text{H}_2(\text{気}) + \text{I}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{気}) \quad \Delta H = -10 \text{ kJ}$ []
- $\text{C}(\text{固}) + \text{CO}_2(\text{気}) \rightleftharpoons 2\text{CO}(\text{気}) \quad \Delta H = 172 \text{ kJ}$ []



85 中和と pH 変化

0.010 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100.0 mL を、0.10 mol/L の塩酸で滴定したとき、9.9 mL 滴下したときから 10.1 mL 滴下するまでの pH 変化量を整数値で求めよ。

$$\log 1.1 = 0.04, K_w = 1.0 \times 10^{-14} \text{ mol}^2/\text{L}^2 \quad []$$

86 水の電離

次の各問いに答えよ。(2) (3) は、小数第 1 位まで、(4) は小数第 2 位まで答えよ。

- 水のイオン積の値は温度によりどう変わるか、または変わらないか。 []
- 60 °C での水のイオン積は $1.0 \times 10^{-13} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ である。60 °C の水の pH はいくらか。 []
- 25 °C で、水酸化イオン濃度と水素イオン濃度の比が 1 : 400 である水溶液の pH はいくらか。 $\log_{10} 2.0 = 0.3$ とする。 []
- 25 °C で、pH = 4.0 の塩酸を 10000 倍に薄めると、pH はいくらになるか。 $\log_{10} 1.05 = 0.02$ とする。 []

87 多価酸の電離

2 価以上の酸は、H⁺ が 1 個ずつ取れて段階的に電離する。

- (a) リン酸の三段階の電離を、それぞれイオン反応式で表せ。 []
 []
 []
- (b) リン酸の一段階目の電離の電離定数 K_1 を、[H⁺], [OH⁻], [H₃PO₄], [H₂PO₄⁻], [HPO₄²⁻], [PO₄³⁻] のうち必要なものを用いて表せ。 []
 []
- (c) pH = 7.2 のとき、H₂PO₄⁻ と HPO₄²⁻ の濃度が等しくなった。リン酸の二段階目の電離の電離定数 K_2 を求めよ。 $10^{0.8} = 6.3$ とする。 [] mol/L
- (2) 硫酸の一段階目の電離は完全電離であるが、二段階目は完全ではなく、その電離定数は $2.0 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ である。 $\sqrt{14} = 3.74, \log_{10} 1.148 = 0.06$ とする。
 (a) 硫酸の二段階目の電離の電離定数 K_2 を、[H⁺], [OH⁻], [H₂SO₄], [HSO₄⁻], [SO₄²⁻] のうち必要なものを用いて表せ。 []

[SO₄²⁻] のうち必要なものを用いて表せ。

- (b) 0.10 mol/L の硫酸の pH を、小数第 2 位まで求めよ。 []

88 CO₂ 水溶液

次の文の [] に適当な数値を入れよ。

二酸化炭素は 10 °C、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 1 L の水に 0.054 mol 溶ける。二酸化炭素を体積で 0.037 % 含む空気を 10 °C、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ で水 1 L に長い時間接触させたとき、水 1 L に溶ける二酸化炭素は [] mol である。炭酸の電離は一段階目のみを考え、その電離定数を $3.4 \times 10^{-7} \text{ mol/L}$ 、電離度 $\alpha \ll 1$ とすると、この二酸化炭素の水溶液の [H⁺] は [] mol/L、pH = [] (小数第 1 位まで) となる。 $\sqrt{6.8} = 2.6, \log_{10} 2.6 = 0.41$ とする。

89 酢酸の電離定数

c [mol/L] の水溶液の酢酸の電離度 α は、1 に比べて非常に小さいものとする。次の各問いに答えよ。 $\sqrt{10} = 3.2$ とする。

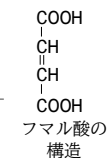
- 電離度 α と水素イオン濃度 [H⁺] を、それぞれ電離定数 K_a と c で表す近似式を示せ。

$$\alpha = [\quad], [\text{H}^+] = [\quad]$$

- (1) の近似式が成りたつとき、水溶液の濃度を $\frac{1}{10}$ とすると、 α は何倍になるか。 [] 倍
- (2) の場合、pH はどれだけ大きくなるか、あるいは小さくなるか。 []

90 入溶剤の成分

主成分として炭酸水素ナトリウム NaHCO₃ とフマル酸 H₄C₄O₄ を含む入溶剤を水へ入れると、水溶液中で炭酸水素ナトリウムとフマル酸が反応し、二酸化炭素の気泡が発生する。ここで、フマル酸 H₄C₄O₄ は、図のように -COOH をもつ固体の物質で、水溶液中で $\text{H}_4\text{C}_4\text{O}_4 \rightarrow 2\text{H}^+ + \text{H}_2\text{C}_4\text{O}_4^{2-}$ のように電離する弱酸である。



- 水溶液中で炭酸水素ナトリウムとフマル酸が反応するときの化学反応式を書け。 []
- 炭酸とフマル酸のうちどちらがより強い酸であると考えられるか。「遊離」という言葉を用いて説明せよ。 []

- 炭酸水素ナトリウムとフマル酸は、常温・常圧とともに固体の物質であり、水溶液中では速やかに反応するが、固体のまま混合してもほとんど反応しない。固体のままの状態での反応を進行させる方法の一つあげよ。 []

結晶格子・熱化学・化学平衡 練習問題

91 CH₃COONa水溶液

c [mol/L]の酢酸ナトリウム水溶液がある。

(1) 酢酸ナトリウムの加水分解を表すイオン反応式を記せ。

[]

(2) [H₂O]を一定とみなし、(1)の反応の加水分解定数 K_h を表す式を記せ。

[]

(3) K_h を変形して K_h を酢酸の電離定数 K_a と水のイオン積 K_w で表すと、 $K_h = \frac{K_w}{K_a}$

となる。また、(2)の式からは $K_h = \frac{[\text{OH}^-]^2}{c}$ が導かれる。 $K_a = 2.8 \times 10^{-5}$ mol/L,

$K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ mol²/L²として、0.070 mol/Lの酢酸ナトリウム水溶液のpHを小数第1位まで求めよ。log₁₀2.0 = 0.30 []

92 NH₄Cl水溶液

塩化アンモニウム水溶液の濃度を c [mol/L]とすると、塩化アンモニウムの加水分解

定数 K_h は $K_h = \frac{[\text{H}^+]^2}{c}$ と表せる。また、NH₃の電離定数 K_b と水のイオン積 K_w を用い

ると、 $K_h = \frac{K_w}{K_b}$ と表せる。 $K_b = 2.0 \times 10^{-5}$ mol/L, $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ mol²/L²として、

0.050 mol/Lの塩化アンモニウム水溶液のpHを小数第1位まで求めよ。log₁₀2.0 = 0.30 []

93 緩衝液の[H⁺]

次の文の()に適当な式を入れよ。

酢酸と酢酸ナトリウムの混合水溶液があり、その濃度は酢酸について c_A [mol/L], 酢酸ナトリウムについて c_S [mol/L]とする。酢酸ナトリウムは水溶液中で完全に電離し、酢酸イオンが多く含まれるため酢酸の電離度はきわめて小さくなり、酢酸の電離による酢酸イオンは無視できるほど少ない。したがって、 $[\text{CH}_3\text{COO}^-] \approx c_A$ [mol/L], $[\text{CH}_3\text{COOH}] \approx c_S$ [mol/L]とおくことができる。これを酢酸の電離定数 K_a を表す式に代入すると、 $[\text{H}^+] = \left(\frac{c_A c_S}{c_A + c_S} \right)$ の近似式が成りたつ。

94 緩衝液の[H⁺]

100 mL中に酢酸0.050 molと酢酸ナトリウム0.014 molを含む水溶液について、次の問いに答えよ。酢酸の電離定数 $K_a = 2.8 \times 10^{-5}$ mol/Lとする。

(1) この水溶液の[H⁺]は何mol/Lか。 [] mol/L

(2) この水溶液に、0.50 mol/Lの塩酸を1.0 mL加えると、[H⁺]は何mol/Lになるか。 [] mol/L

(3) この水溶液と同じpHを示す希塩酸100 mLに、0.50 mol/Lの塩酸を1.0 mL加えると、[H⁺]は何mol/Lになるか。 [] mol/L

95 緩衝液のpH

0.10 mol/Lの酢酸水溶液10.0 mLに、0.10 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液7.0 mLを加えた。この水溶液のpHを小数第1位まで求めよ。酢酸の電離定数

$K_a = 2.8 \times 10^{-5}$ mol/L, log₁₀2.0 = 0.30, log₁₀3.0 = 0.48 とする。 []

96 酪酸の中和

酪酸 C₃H₇COOH は電離定数 1.6×10^{-5} mol/Lの弱酸である。0.16 mol/Lの酪酸水溶液50 mLに0.25 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を滴下する。滴下量が次の値のとき、溶液のpHはいくらか。小数第1位まで求めよ。 $\sqrt{1.64} = 1.28$, log₁₀1.28 = 0.11, log₁₀2.0 = 0.30, log₁₀3.0 = 0.48 とする。

- (1) 0 mL []
- (2) 16 mL []
- (3) 32 mL []
- (4) 40 mL []

97 沈殿の生成

塩化銀 AgClの溶解度積を 1.0×10^{-10} mol²/L², クロム酸銀 Ag₂CrO₄の溶解度積を 1.0×10^{-12} mol³/L³とし、 $\sqrt{5} = 2.24$, Cl = 35.5, Ag = 108 とする。

(1) pH = 5.0の塩酸100 mLに塩化銀は何g溶けるか。ただし、塩化銀を溶かしても、水溶液の体積は変わらないものとする。 [] g

(2) 塩化物イオンとクロム酸イオンをそれぞれ0.010 mol/L含む混合溶液100 mLに、0.010 mol/Lの硝酸銀水溶液を滴下したとき、最初に生じる沈殿の化学式を記せ。また、それは硝酸銀水溶液を何 mLより多く滴下したときか。 [], [] mL

98 金属硫化物の沈殿

硫化水素の電離平衡は $\text{H}_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + \text{S}^{2-}$ と表され、温度を一定に保ってpHを調整すると、電離平衡は移動する。

- (1) 下線部の現象を何効果というか。 []
- (2) pHを1.0にすると、水素イオンのモル濃度は何mol/Lになるか。 [] mol/L
- (3) pHを1.0にすると、硫化物イオンのモル濃度は何mol/Lになるか。ただし、硫化水素は飽和していて、その濃度は0.10 mol/Lである。また、硫化水素の電離定数を 9.6×10^{-22} mol²/L²とする。 [] mol/L
- (4) Cu²⁺を0.010 mol/L, Fe²⁺を0.060 mol/L含む水溶液のpHを1.0に調整し、硫化水素を通じて飽和させたとき、Cu²⁺, Fe²⁺のどちらが沈殿するか。CuS, FeSの溶解度積をそれぞれ 6.0×10^{-36} mol²/L², 6.0×10^{-18} mol²/L²とする。 []
- (5) (4)で沈殿しなかった金属イオンを沈殿させるには、硫化物イオンのモル濃度を何mol/Lより大きくすればよいか。 [] mol/L