

化学 ～ 酸化と還元① ～

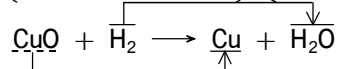
1

酸化還元反応に関する次の空欄をうめよ。

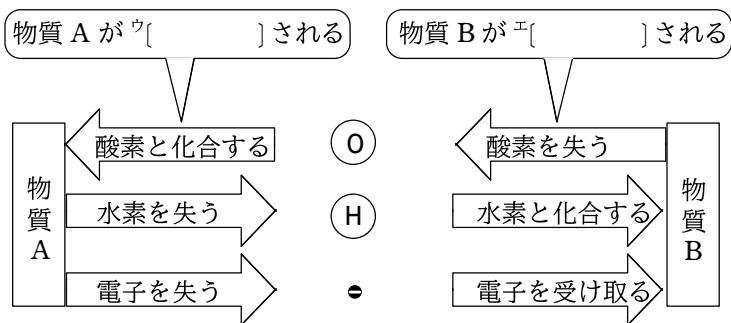
酸化還元反応…酸素や水素、電子のやりとりを行う反応。

1つの反応で酸化と還元は必ず同時に起こる。

[H₂はOと化合した]=[H₂は^ア[]された]



[CuOはOを失った]=[CuOは^イ[]された]



2

下の空欄(ア)～(セ)に適する語句・数字(必要なら+, -をつける)を記せ。

- 単体中の原子の酸化数は^ア[]。
- ふつう、化合物中のHの酸化数は^イ[], Oの酸化数は^ウ[]。ただし、H₂O₂のOの酸化数は^エ[]。
- 化合物中の原子の酸化数の総和は^オ[]。
- 単原子イオンの酸化数は、イオンの^カ[]の符号(+, -)と価数に等しい。
一般に、化合物中のアルカリ金属の酸化数は^キ[], アルカリ土類金属の酸化数は^ク[], アルミニウムの酸化数は^ケ[]。
- 多原子イオン中の原子の酸化数の総和は、イオンの^コ[]の符号(+, -)と価数に等しい。

例 KMnO₄中のKの酸化数は^サ[], Oは^シ[]。Mnの酸化数をxとすると、
[^サ] + x + [^シ] × 4 = ^ス[] x = ^セ[]

3

次の空欄(ア)～(サ)に入る適切な語句・数字・記号を記せ。

	酸化数	例	
単体中の原子	^ア []	<u>H</u> ₂ 0	<u>Cu</u> 0
単原子イオン	イオンの ^イ []	<u>Na</u> ⁺ ^ウ []	<u>O</u> ²⁻ -2
化合物中の水素・酸素	水素 ^エ [] 酸素 ^オ [] ※ただし、例外あり	<u>CH</u> ₄ +1	<u>CuO</u> -2
化合物	構成する原子の酸化数の総和 = 0	<u>Cu</u> <u>O</u> +2 -2 = ^カ []	<u>Na</u> <u>Cl</u> +1 -1 = ^キ []
多原子イオン	構成する原子の酸化数の総和 = イオンの ^ク []	<u>N</u> <u>H</u> ₄ ⁺ -3 +1×4 = +1	<u>S</u> <u>O</u> ₄ ²⁻ +6 -2×4 = ^ケ []

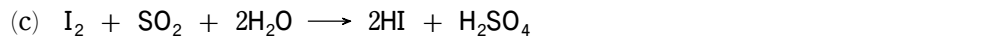
※例外 H₂O₂のO原子の酸化数は^コ[], NaHのHの酸化数は^サ[]である。

4

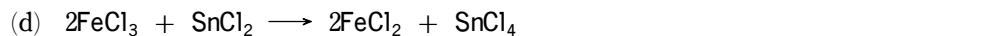
(1)～(16)の化学式の下線を引いた原子の酸化数を答えよ。

- H₂ []
- Cu []
- Cu²⁺ []
- I⁻ []
- SO₄²⁻ []
- NH₄⁺ []
- Cr₂O₇²⁻ []
- PO₄³⁻ []
- CO []
- H_{2O []}
- H_{2O₂ []}
- CH₄ []
- KCl []
- Ca(OH)₂ []
- KMnO₄ []
- NaH []

化学 ～ 酸化と還元① ～



酸化剤〔 〕 還元剤〔 〕



酸化剤〔 〕 還元剤〔 〕

10

次の問いに答えよ。

(1) 酸性溶液中での酸化剤のはたらきを示す反応式(e^- を含むイオン反応式)の作り方の例を記した。〔 〕を埋めよ。

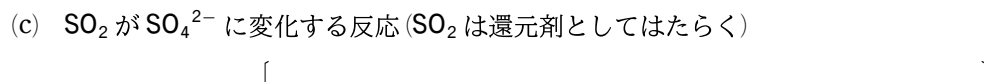
(i) a 〔 〕辺に反応物, b 〔 〕辺に還元されて生じた生成物を書く。

(ii) 酸化数の減少量を調べ, c 〔 〕辺に d 〔 〕を加える。

(iii) e 〔 〕辺に f 〔 〕を加え, 電荷の総和を等しくする。

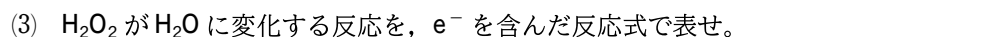
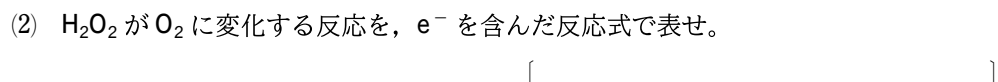
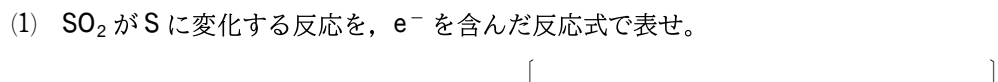
(iv) g 〔 〕辺に h 〔 〕を加え, 両辺の原子の数を等しくする。

(2) 次の反応を e^- を含むイオン反応式で表せ。



11

次の問いに答えよ。



〔 〕

12

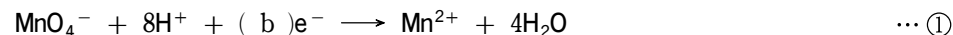
下線を付した原子の反応前後の酸化数を(反応前の酸化数 → 反応後の酸化数)という形で書き, 酸性溶液中でのそれぞれの反応を e^- を含むイオン反応式で表せ。



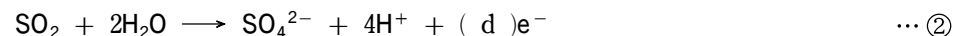
13

酸性の過マンガン酸カリウム水溶液に二酸化硫黄を吹き込んだときの反応について, 次の文の()に適切な酸化数, 数値, 語句, 化学式を入れよ。

過マンガン酸イオン MnO_4^- 中の Mn の酸化数は a ()で, 酸性溶液では MnO_4^- 1個は相手の物質から電子 b ()個を奪って酸化数 c ()の Mn^{2+} になる。

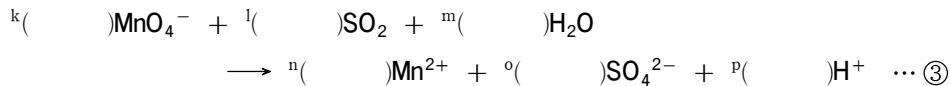


一方, 二酸化硫黄は, SO_2 分子1個が d ()個の電子を相手の物質に与えて SO_4^{2-} になる。このとき, SO_2 中の S の酸化数は, e ()から f ()に変化する。

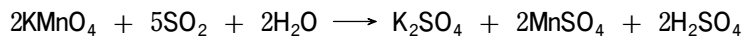


化学 ～ 酸化と還元① ～

酸化還元反応において、 g () 剤が失う e^- の数と h () 剤が受け取る e^- の数が常に等しいので、① 式を i () 倍、② 式を j () 倍して各辺を加えて e^- を消去すると、次のイオン反応式が得られる。



③ 式の両辺に変化しなかったイオンの $2K^+$ を加えて整理すると、酸化剤である q () と還元剤である r () の反応の化学反応式が得られる。



14

下表を参考にして、次の酸化還元反応を化学反応式で表せ。

酸化剤	還元剤
$\text{SO}_2 + 4\text{H}^+ + 4e^- \longrightarrow \text{S} + 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{S} \longrightarrow 2\text{H}^+ + \text{S} + 2e^-$
$\text{Cl}_2 + 2e^- \longrightarrow 2\text{Cl}^-$	$2\text{I}^- \longrightarrow \text{I}_2 + 2e^-$
$\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2e^- \longrightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	$\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
$\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5e^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$	$\longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2e^-$

- 二酸化硫黄 SO_2 水溶液に硫化水素 H_2S 水を加える。
[]
- ヨウ化カリウム KI 水溶液に塩素 Cl_2 を加えると、ヨウ素 I_2 ができる。
[]
- 塩素 Cl_2 に二酸化硫黄 SO_2 水溶液を加える。
[]
- 硫酸で酸性にした過酸化水素 H_2O_2 水にヨウ化カリウム KI 水溶液を加えると、ヨウ素 I_2 ができる。
[]
- 硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム KMnO_4 水溶液に二酸化硫黄 SO_2 水溶液を

加える。

[]

化学 ～ 酸化と還元① ～

1

解答 (ア) 酸化 (イ) 還元 (ウ) 酸化 (エ) 還元

2

解答 (ア) 0 (イ) +1 (ウ) -2 (エ) -1 (オ) 0 (カ) 電荷
(キ) +1 (ク) +2 (ケ) +3 (コ) 電荷 (サ) +1 (シ) -2
(ス) 0 (セ) +7

3

解答 (ア) 0 (イ) 価数 (ウ) +1 (エ) +1 (オ) -2 (カ) 0
(キ) 0 (ク) 価数 (ケ) -2 (コ) -1 (サ) -1

4

解答 (1) 0 (2) 0 (3) +2 (4) -1 (5) +6 (6) -3 (7) +6
(8) +5 (9) +2 (10) -2 (11) -1 (12) -4 (13) -1
(14) +2 (15) +7 (16) -1

解説 酸化数は、次のようにして決める。

- ① 単体中の原子の酸化数は0。
- ② 単原子イオンの酸化数はイオンの電荷に等しい。
- ③ 化合物中のHの酸化数はふつう +1, Oの酸化数はふつう -2。
(NaH, CaH₂, H₂O₂などは例外)
- ④ 多原子イオンを構成する原子の酸化数の総和は、そのイオンの電荷に等しい。
- ⑤ 化合物を構成する原子の酸化数の総和は0。

(1), (2) ①より, 酸化数は0

(3), (4) ②より, 酸化数はイオンの電荷に等しい。

(5) SO₄²⁻中のOの酸化数は-2。④より, Sの酸化数を x とおくと,

$$x \times 1 + (-2) \times 4 = -2 \quad x = +6$$

(6) NH₄⁺中のHの酸化数は+1。④より, Nの酸化数を x とおくと,

$$x \times 1 + (+1) \times 4 = +1 \quad x = -3$$

(7) Cr₂O₇²⁻中のOの酸化数は-2。④より, Crの酸化数を x とおくと,

$$x \times 2 + (-2) \times 7 = -2 \quad x = +6$$

(8) PO₄³⁻中のOの酸化数は-2。④より, Pの酸化数を x とおくと,

$$x \times 1 + (-2) \times 4 = -3 \quad x = +5$$

(9) CO中のOの酸化数は-2。⑤より, Cの酸化数を x とおくと,

$$x \times 1 + (-2) \times 1 = 0 \quad x = +2$$

(10), (11) 化合物中のOの酸化数はふつう -2だが, H₂O₂中のOは例外で-1。

(12) CH₄中のHの酸化数は+1。⑤より, Cの酸化数を x とおくと,

$$x \times 1 + (+1) \times 4 = 0 \quad x = -4$$

(13) KClはK⁺とCl⁻から構成されている。②より, 酸化数はKが+1, Clが-1。

(14) Ca(OH)₂はCa²⁺とOH⁻から構成されている。②, ④より, 酸化数はCaが+2, Oが-2, Hが+1。

(15) KMnO₄はK⁺とMnO₄⁻から構成されている。②, ④より, 酸化数はKが+1,

MnO₄⁻中のOの酸化数は-2, Mnの酸化数を x とおくと,

$$x \times 1 + (-2) \times 4 = -1 \quad x = +7$$

(16) NaHはNa⁺とH⁻から構成されている。②より, 酸化数はNaが+1, Hが-1。

5

解答 (1) (ア) +7 (イ) +5 (ウ) +3 (エ) +1 (オ) -1
(2) (ア) 0 (イ) 0 (ウ) +2 (エ) -2 (オ) +4 (カ) -1
(キ) +4 (ク) +3 (ケ) +6
(コ) NH₄のN: -3, NO₃のN: +5

解説 (1) 酸化数が決まっているものを基準として分子全体で総和が0になるようにして求める。酸化数が変化することが多い原子は非金属元素や遷移元素である。また, 酸化数は個々の原子について表すことに注意する。

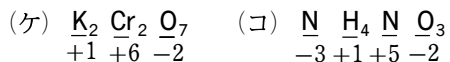
(2) (1)と同様だが, イオンの場合は酸化数の総和がイオンの価数に等しくなるようにする。

(ア), (イ) 単体は0とする。

(ウ) 単原子イオンは価数と酸化数が等しい。

(エ) $\overset{+1}{\text{H}}_2 \overset{-2}{\text{S}}$ (オ) $\overset{+4}{\text{Mn}} \overset{-2}{\text{O}}_2$ (カ) $\overset{+1}{\text{H}}_2 \overset{-1}{\text{O}}_2$ (キ) $\overset{+4}{\text{C}} \overset{-2}{\text{O}}_3^{2-}$ (ク) $\overset{+1}{\text{H}}_2 \overset{+3}{\text{C}}_2 \overset{-2}{\text{O}}_4$

化学 ～ 酸化と還元① ～



6

解答 イ

解説 酸化数は、①単体では0 ②単原子イオンではイオンの電荷 ③O原子は-2,

H原子は+1 をもとに、化合物では酸化数の総和=0の関係より求める。

(ア) NH_3 の N : $x + (+1) \times 3 = 0$ $x = -3$

NO の N : $x + (-2) = 0$ $x = +2$

$-3 \rightarrow +2$, 変化量は +5

(イ) KClO_3 の Cl : $(+1) + x + (-2) \times 3 = 0$

$x = +5$

KCl の Cl : Cl^- なので -1

$+5 \rightarrow -1$, 変化量は -6

(ウ) KMnO_4 の Mn : $(+1) + x + (-2) \times 4 = 0$ $x = +7$

MnSO_4 の Mn : Mn^{2+} なので +2

$+7 \rightarrow +2$, 変化量は -5

(エ) H_2SO_4 の S : $(+1) \times 2 + x + (-2) \times 4 = 0$ $x = +6$

SO_2 の S : $x + (-2) \times 2 = 0$ $x = +4$

$+6 \rightarrow +4$, 変化量は -2

(オ) $+4 \rightarrow +6$, 変化量は +2

7

解答 (1) 酸化された物質 : Zn, 還元された物質 : HCl

(2) 酸化された物質 : KI, 還元された物質 : Br_2

(3) 酸化された物質 : Ca, 還元された物質 : H_2O

(4) 酸化された物質 : Fe, 還元された物質 : H_2SO_4

(5) 酸化された物質 : SO_2 , 還元された物質 : Cl_2

(6) 酸化された物質 : Na_2SO_3 , 還元された物質 : Cl_2

(7) 酸化された物質 : H_2S , 還元された物質 : SO_2

解説 反応式の中で、各原子の左辺 \Rightarrow 右辺での酸化数の増減を調べて、酸化・還元

判定をする。

(1) $\text{Zn} : 0 \Rightarrow +2$, $\text{H} : +1 \Rightarrow 0$

(2) $\text{I} : -1 \Rightarrow 0$, $\text{Br} : 0 \Rightarrow -1$

(3) $\text{Ca} : 0 \Rightarrow +2$, $\text{H} : +1 \Rightarrow 0$

(4) $\text{Fe} : 0 \Rightarrow +2$, $\text{H} : +1 \Rightarrow 0$

(5) $\text{S} : +4 \Rightarrow +6$, $\text{Cl} : 0 \Rightarrow -1$

(6) $\text{Cl} : 0 \Rightarrow -1$, $\text{S} : +4 \Rightarrow +6$

(7) SO_2 の S : $+4 \Rightarrow 0$, H_2S の S : $-2 \Rightarrow 0$

8

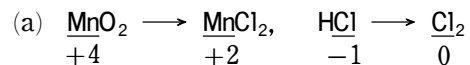
解答 (1) 還元される (2) 酸化剤 (3) 還元剤

9

解答 (a) 酸化剤 MnO_2 , 還元剤 HCl (c) 酸化剤 I_2 , 還元剤 SO_2

(d) 酸化剤 FeCl_3 , 還元剤 SnCl_2

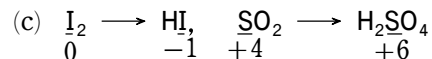
解説 反応前後の各原子の酸化数を比較する。酸化数の減った原子を含む物質=還元された=酸化剤, 酸化数の増えた原子を含む物質=酸化された=還元剤, 酸化数の変化しなかった原子のときは酸化還元反応ではない。



O : -2, H : +1, MnCl_2 の Cl : -1 で変化なし。

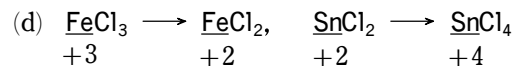
MnO_2 は酸化剤, HCl は還元剤。

(b) K : +1, Cl : -1, H : +1, S : +6, O : -2 で、すべて変化なし。したがって、この反応は酸化還元反応ではない。



O : -2, H : +1 で変化なし。

I_2 は酸化剤, SO_2 は還元剤。



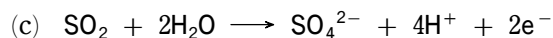
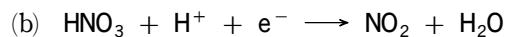
Cl : -1 で変化なし。

FeCl₃ は酸化剤, SnCl₂ は還元剤。

- ・酸化数の変化した原子がある反応 → 酸化還元反応
- ・酸化数が減少した原子を含む …… 酸化剤
- ・酸化数が増加した原子を含む …… 還元剤

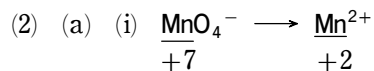
10

【解答】 (1) (a) 左 (b) 右 (c) 左 (d) e⁻ (e) 左 (f) H⁺
(g) 右 (h) H₂O

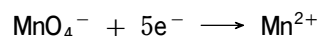


【解説】 (1) 還元剤のはたらきを示す反応式も、ほぼ同じ考え方でつくることができる。

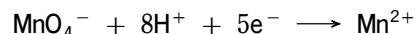
ただし、e⁻ や H⁺ を加えるのは右辺、H₂O を加えるのは左辺となる。



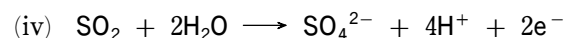
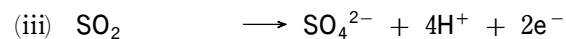
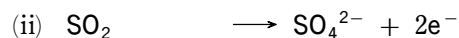
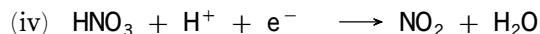
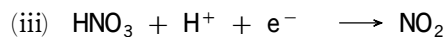
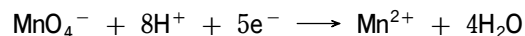
(ii) 酸化数が5減るので、左辺に5e⁻を加える。



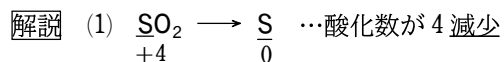
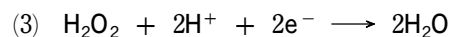
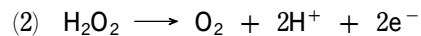
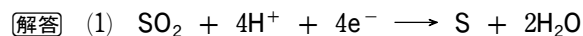
(iii) 電荷の総和は、左辺が-6、右辺が+2なので、左辺に8H⁺を加える。



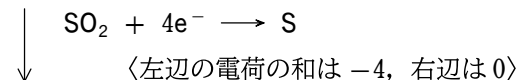
(iv) O原子の数、H原子の数を等しくするために、右辺に4H₂Oを加える。



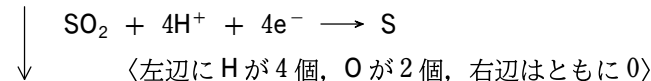
11



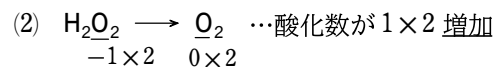
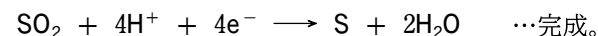
【手順1】 酸化剤だから、酸化数変化分の電子を左辺に加える。



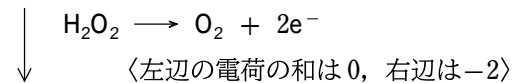
【手順2】 両辺の電荷をつりあわせるために、H⁺を左辺に4個加える。



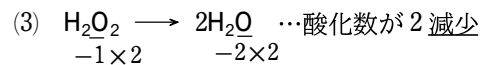
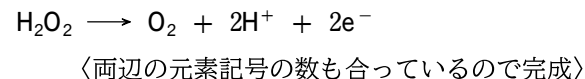
【手順3】 両辺の原子の数をつりあわせるために、H₂Oを右辺に2個加える。



【手順1】 還元剤だから、酸化数変化分の電子を右辺に加える。

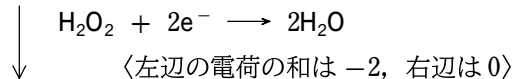


【手順2】 両辺の電荷をつりあわせるために、H⁺を右辺に2個加える。

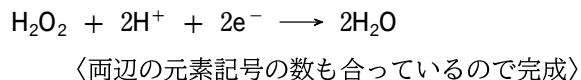


化学 ～ 酸化と還元① ～

[手順1] 酸化剤だから、酸化数変化分の電子を左辺に加える。



[手順2] 両辺の電荷をつりあわせるために、 H^+ を左辺に2個加える。



12

解答 (1) $(+7 \rightarrow +2), \text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}$

(2) $(+5 \rightarrow +4), \text{HNO}_3 + \text{H}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(3) $(+4 \rightarrow +6), \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

(4) $(+6 \rightarrow +4), \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(5) $(0 \rightarrow +2), \text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

(6) $(+6 \rightarrow +3), \text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

解説 e^- を含むイオン反応式は (i)~(iv) の手順で作成する。

(i) 反応の前後で酸化数が変化する物質を \rightarrow の左右に書く。

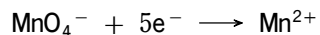
(ii) 酸化数の変化に応じて、右辺または左辺に e^- を加える。

(iii) 電荷の総和が両辺で等しくなるように、右辺または左辺に H^+ を加える。

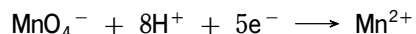
(iv) 両辺の原子数が等しくなるように、 H_2O を加える。

(1) (i) $\underset{+7}{\text{MnO}_4^-} \longrightarrow \underset{+2}{\text{Mn}^{2+}}$

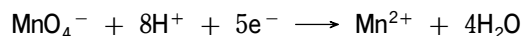
(ii) 酸化数が5減るので、左辺に 5e^- を加える。



(iii) 電荷の総和は、左辺が -6 、右辺が $+2$ なので、左辺に 8H^+ を加える。



(iv) O原子の数、H原子の数を等しくするために、右辺に $4\text{H}_2\text{O}$ を加える。



(2) (i) $\underset{+5}{\text{HNO}_3} \longrightarrow \underset{+4}{\text{NO}_2}$

(ii) $\text{HNO}_3 + \text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_2$

(iii) $\text{HNO}_3 + \text{H}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_2$

(iv) $\text{HNO}_3 + \text{H}^+ + \text{e}^- \longrightarrow \text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

(3) (i) $\underset{+4}{\text{SO}_2} \longrightarrow \underset{+6}{\text{SO}_4^{2-}}$

(ii) $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 2\text{e}^-$

(iii) $\text{SO}_2 \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

(iv) $\text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^-$

(4) (i) $\underset{+6}{\text{H}_2\text{SO}_4} \longrightarrow \underset{+4}{\text{SO}_2}$

(ii) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{SO}_2$

(iii) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{SO}_2$

(iv) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{SO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

(5) (i) $\underset{0}{\text{Fe}} \longrightarrow \underset{+2}{\text{Fe}^{2+}}$

(ii) $\text{Fe} \longrightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$

(6) (i) $\underset{+6}{\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}} \longrightarrow \underset{+3}{2\text{Cr}^{3+}}$

(ii) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}$

(iii) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+}$

(iv) $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} + 14\text{H}^+ + 6\text{e}^- \longrightarrow 2\text{Cr}^{3+} + 7\text{H}_2\text{O}$

13

解答 (a) +7 (b) 5 (c) +2 (d) 2 (e) +4 (f) +6 (g) 還元
(h) 酸化 (i) 2 (j) 5 (k) 2 (l) 5 (m) 2 (n) 2 (o) 5
(p) 4 (q) KMnO_4 (r) SO_2

解説 酸化還元反応では、酸化剤が受け取る e^- の物質質量 = 還元剤が失う e^- の物質質量

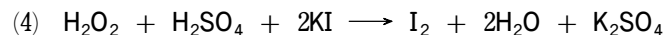
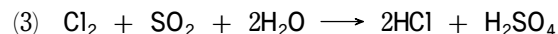
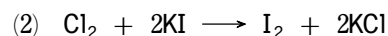
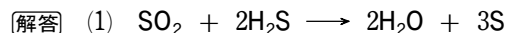
となる。 e^- を消去してイオン反応式を得る。…③式

酸化剤： e^- を他から奪い、酸化数が減少する原子を含む物質

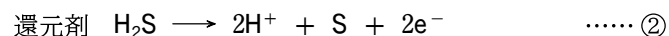
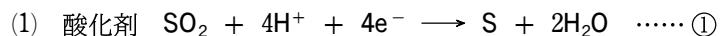
化学 ～ 酸化と還元① ～

還元剤： e^- を他に与え、酸化数が増加する原子を含む物質

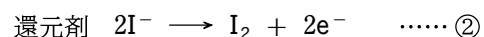
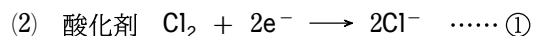
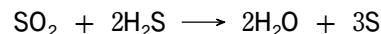
14



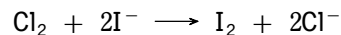
【解説】 それぞれ、酸化剤が酸化作用を示す反応式と、還元剤が酸化される反応式を表から引き出し、それぞれの電子の最小公倍数をかけて電子を消去し、場合によっては共存するイオンを両辺に同数加え、陽イオンと陰イオンを結びつけて物質の化学式にする。



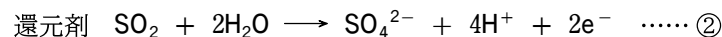
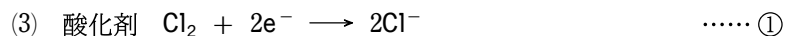
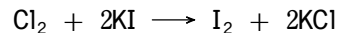
①式+②式×2より、



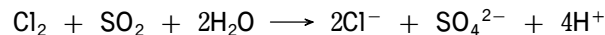
①式+②式より、



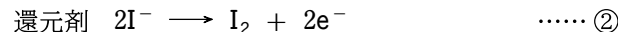
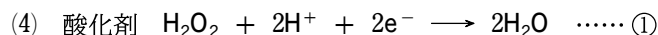
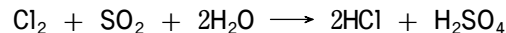
両辺に $2K^+$ を加え、物質の化学式にする。



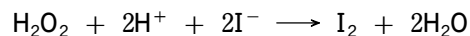
①式+②式より、



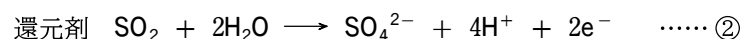
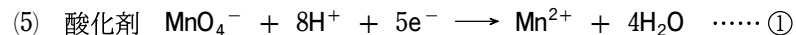
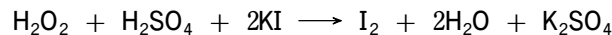
右辺の陽イオンと陰イオンを組み合わせ、物質の化学式にする。



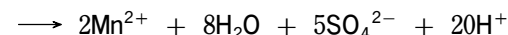
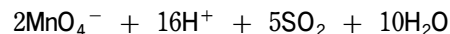
①式+②式より、



両辺に $2K^+$ と SO_4^{2-} を加え、物質の化学式にする。



①式×2+②式×5より、



H_2O と H^+ を消去し、両辺に $2K^+$ を加え、右辺は陽イオンと陰イオンを組み合わせ、物質の化学式にする。

