

酸化数の規則

1. 単体は, 0

水素 H_2	
H	H
0	0

酸素 O_2	
O	O
0	0

銅 Cu
0

2. 化合物, イオンは, H(+1) O(-2)

水 H_2O		
H	H	O
+1	+1	-2

硝酸 HNO_3				
H	N	O	O	O
+1	+5	-2	-2	-2

酸化ナトリウム Na_2O		
Na	Na	O
+1	+1	-2

硫化水素 H_2S		
H	H	S
+1	+1	-2

硝酸イオン NO_3^-			
N	O	O	O
+5	-2	-2	-2
= -1			

アンモニウムイオン NH_4^+				
N	H	H	H	H
-3	+1	+1	+1	+1
= +1				

過マンガン酸カリウム $KMnO_4$					
K	Mn	O	O	O	O
+1	+7	-2	-2	-2	-2

過マンガン酸イオン MnO_4^-				
Mn	O	O	O	O
+7	-2	-2	-2	-2
= -1				

(例外)

過酸化水素 H_2O_2			
H	H	O	O
+1	+1	-1	-1

水素化ナトリウム NaH	
Na	H
+1	-1

Na^+, H^-

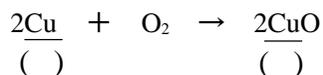
下線部の原子の酸化数を求めよ。

二酸化炭素 <u>C</u> O ₂	炭酸 H ₂ <u>C</u> O ₃	硝酸 H <u>N</u> O ₃	五酸化二窒素 <u>N</u> ₂ O ₅
一酸化炭素 <u>C</u> O	酸化二窒素 <u>N</u> ₂ O	二酸化窒素 <u>N</u> O ₂	四酸化二窒素 <u>N</u> ₂ O ₄
硫酸 H ₂ <u>S</u> O ₄	三酸化硫黄 <u>S</u> O ₃	亜硝酸 H <u>N</u> O ₂	過塩素酸 H <u>C</u> lO ₄
亜硫酸 H ₂ <u>S</u> O ₃	二酸化硫黄 <u>S</u> O ₂	一酸化窒素 <u>N</u> O	塩素酸 H <u>C</u> lO ₃
硫化水素 H ₂ <u>S</u>	クロム酸カリウム K ₂ <u>C</u> rO ₄	アンモニア <u>N</u> H ₃	亜塩素酸 H <u>C</u> lO ₂
過マンガン酸カリウム K <u>M</u> nO ₄	二クロム酸カリウム K ₂ <u>C</u> r ₂ O ₇	塩化水素 H <u>C</u> l	次亜塩素酸 H <u>C</u> lO
酸化マンガン(IV) <u>M</u> nO ₂	三酸化クロム <u>C</u> r ₂ O ₃	メタン <u>C</u> H ₄	メタノール <u>C</u> H ₄ O
硫酸マンガン <u>M</u> nSO ₄	過酸化水素 H ₂ <u>O</u> ₂	シュウ酸 H ₂ <u>C</u> 2O ₄	ホルムアルデヒド <u>C</u> H ₂ O

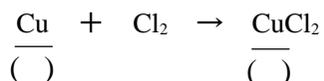
+4	+4	+5	+5
+2	+1	+4	+4
+6	+6	+3	+7
+4	+4	+2	+5
-2	+6	-3	+3
+7	+6	-1	+1
+4	+3	-4	-2
+2	-1	+3	0

酸化

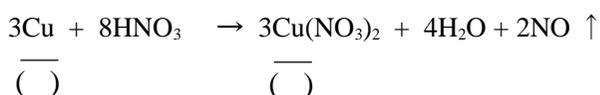
1. 銅を空气中で加熱する。



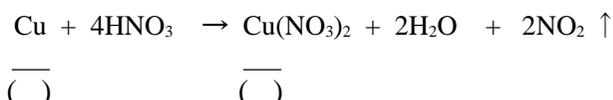
2. 加熱した銅を、塩素ガス中に入れる。



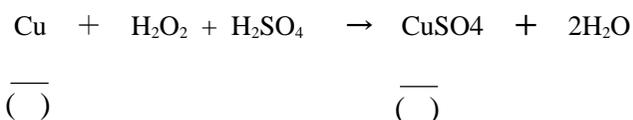
3. 銅粉に希硝酸を加える。



- 3'. 銅粉に濃硝酸を加える。

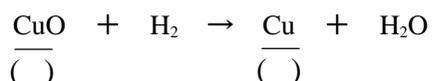


4. 銅に希硫酸と過酸化水素水を加える。

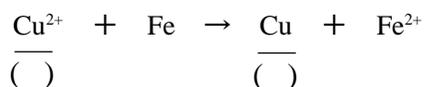


還元

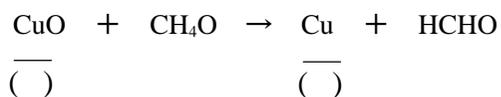
5. 加熱した酸化銅を、水素ガス中に入れる。



6. 硫酸銅水溶液にスチールウールを入れる。

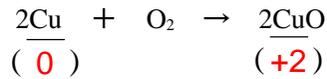


7. 加熱した酸化銅を、メタノール蒸気にふれさせる。

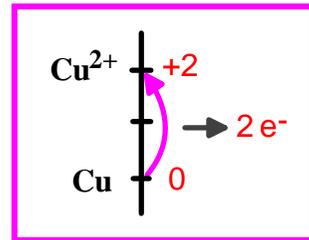
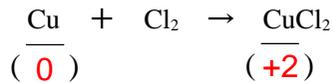


酸化される = 酸化数が増加 = 電子を奪われる

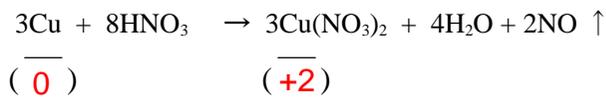
1. 銅を空气中で加熱する。



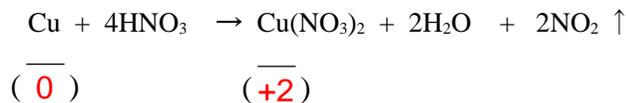
2. 加熱した銅を、塩素ガス中に入れる。



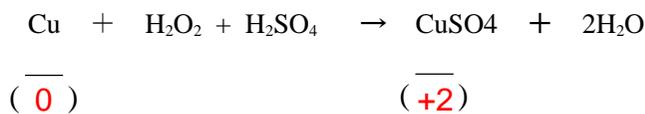
3. 銅粉に希硝酸を加える。



- 3'. 銅粉に濃硝酸を加える。

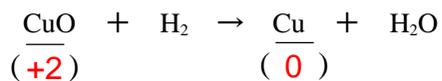


4. 銅に希硫酸と過酸化水素水を加える。

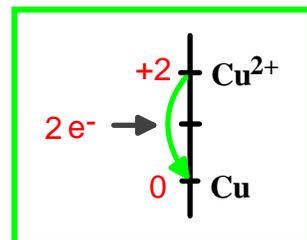
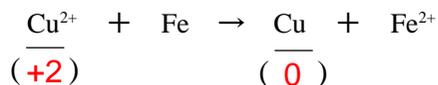


還元される = 酸化数が減少 = 電子を受け取る

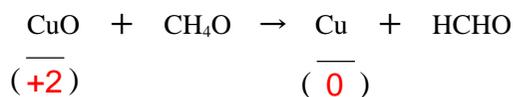
5. 加熱した酸化銅を、水素ガス中に入れる。



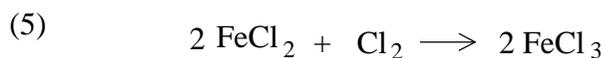
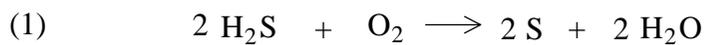
6. 硫酸銅水溶液にスチールウールを入れる。



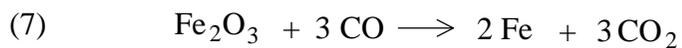
7. 加熱した酸化銅を、メタノール蒸気にふれさせる。



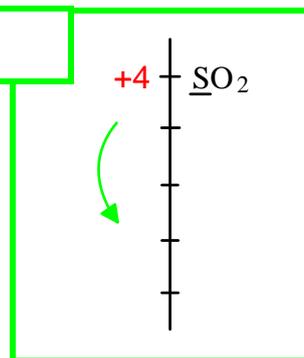
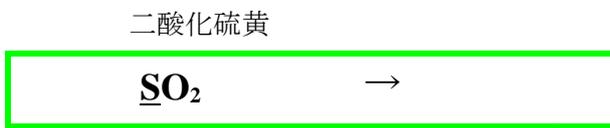
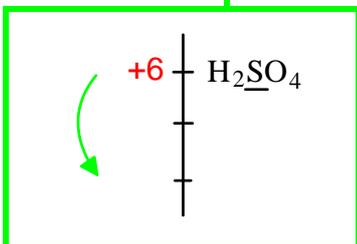
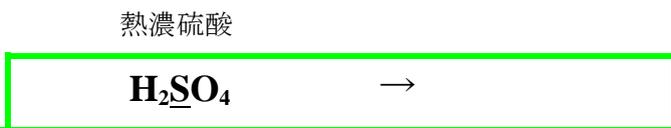
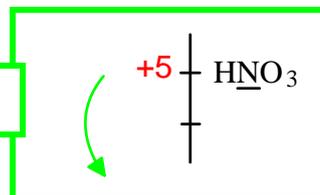
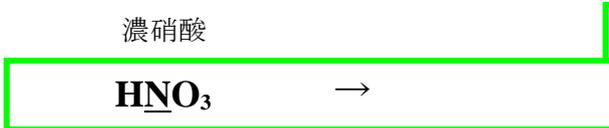
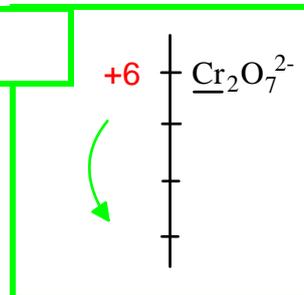
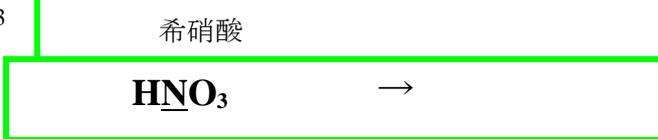
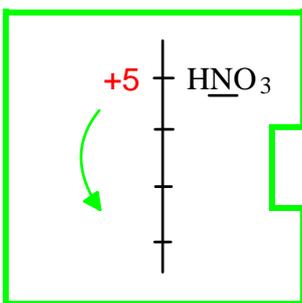
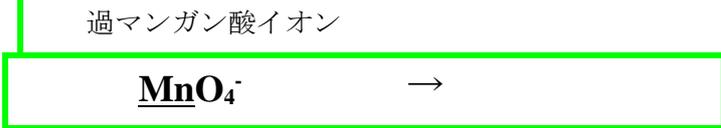
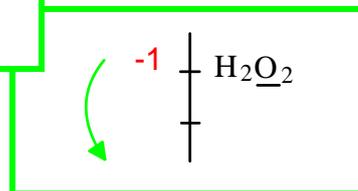
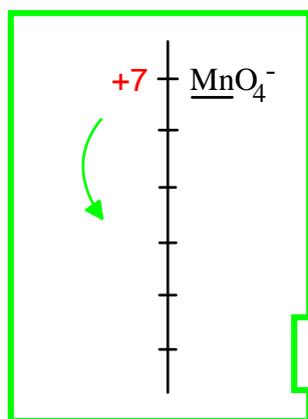
酸化されたものはどの原子か。酸化数を書きなさい。



還元されたものはどの原子か。酸化数を書きなさい。

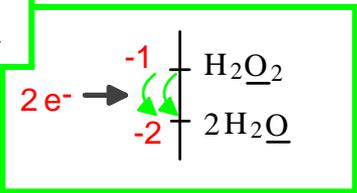
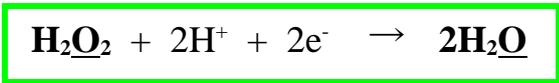


酸化剤 = 電子を奪う(受け取る) = 還元される



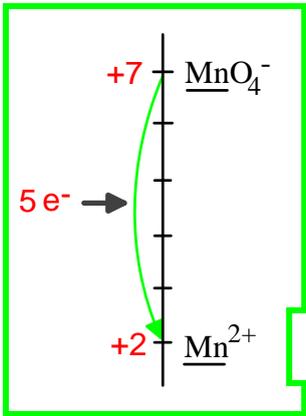
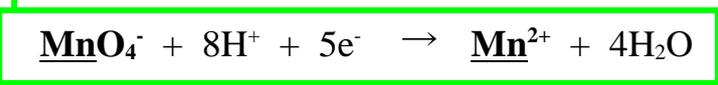
酸化剤 = 電子を奪う(受け取る) = 還元される

過酸化水素

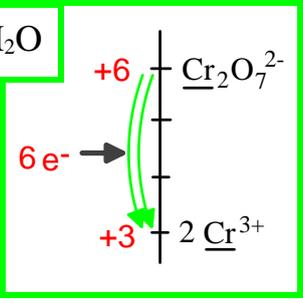
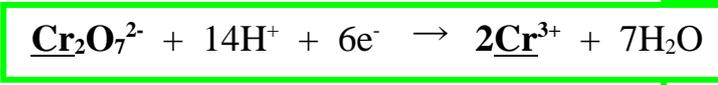


O 原子が2つ

過マンガン酸イオン

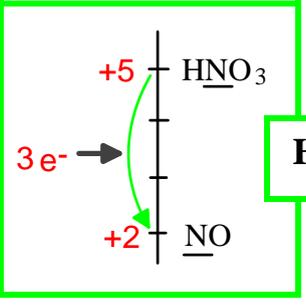
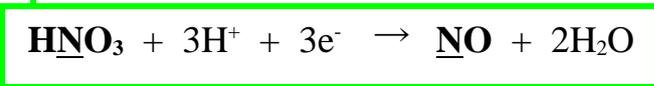


二クロム酸イオン

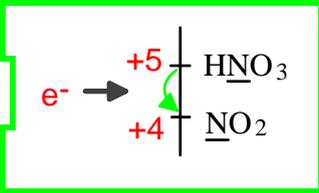
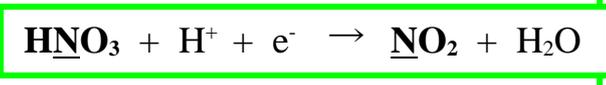


Cr 原子が2つ

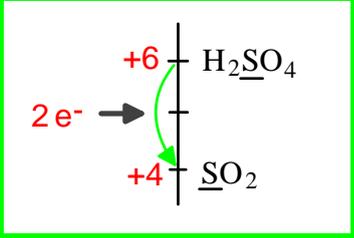
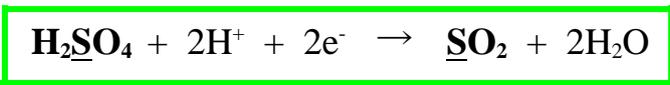
希硝酸



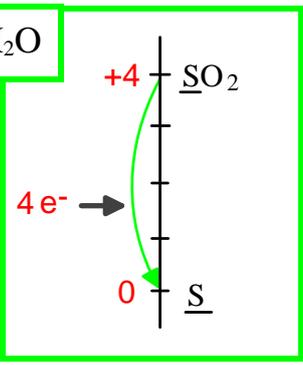
濃硝酸



熱濃硫酸

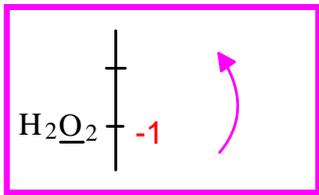


二酸化硫黄

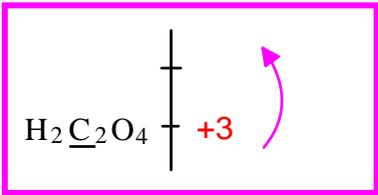


還元剤 = 電子を与える(奪われる) = 酸化される

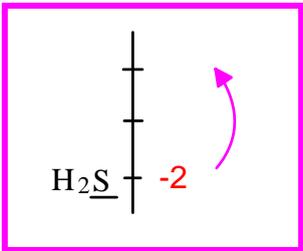
過酸化水素



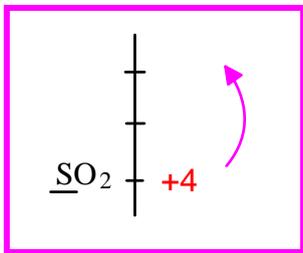
シュウ酸



硫化水素



二酸化硫黄



酸化剤 にも 還元剤 にも なるもの

+4 $\underline{\text{S}}\text{O}_2$

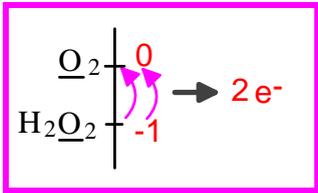
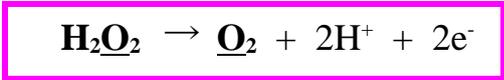
二酸化硫黄

-1 $\text{H}_2\underline{\text{O}}_2$

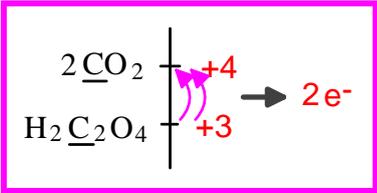
過酸化水素

還元剤 = 電子を与える(奪われる) = 酸化される

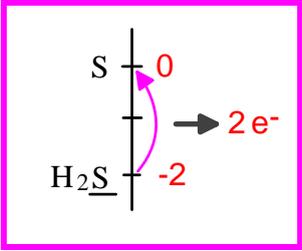
過酸化水素



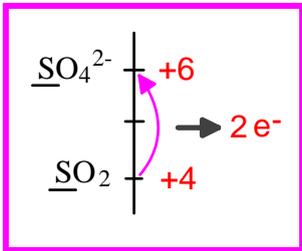
シュウ酸



硫化水素



二酸化硫黄



酸化剤 にも 還元剤 にも なるもの

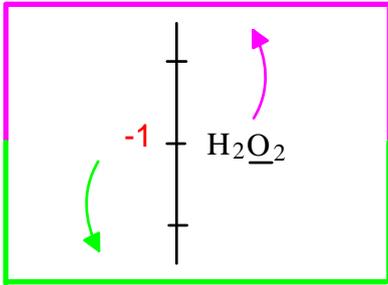
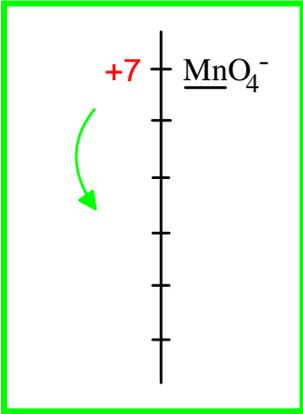
二酸化硫黄

過酸化水素

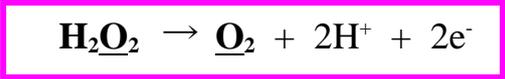
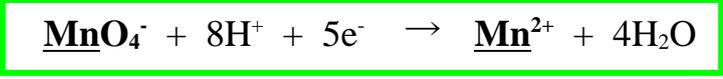
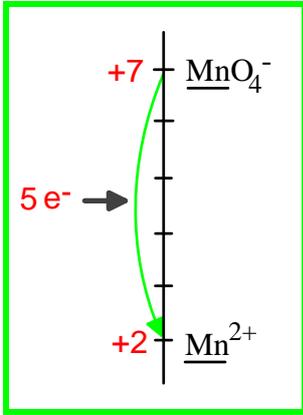
酸化還元反応

硫酸酸性過マンガン酸カリウムと過酸化水素との反応

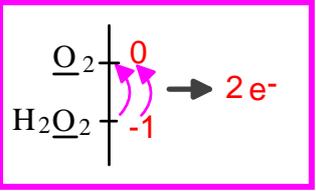
過酸化水素は
酸化剤？
還元剤？



硫酸酸性過マンガン酸カリウムと過酸化水素との反応



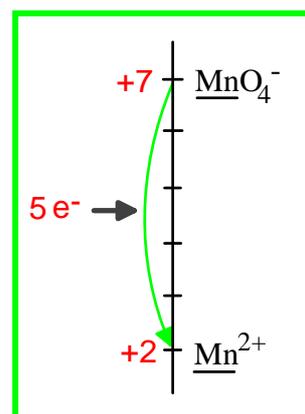
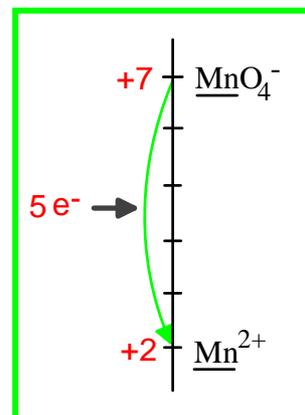
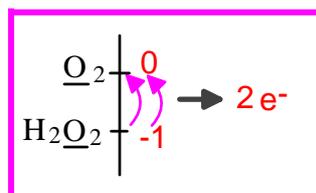
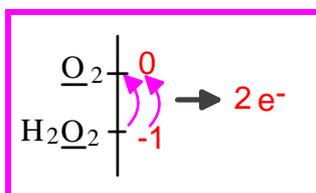
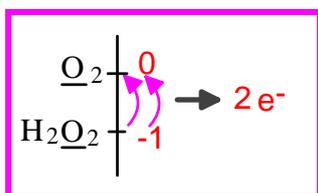
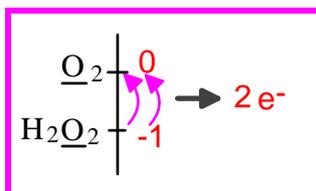
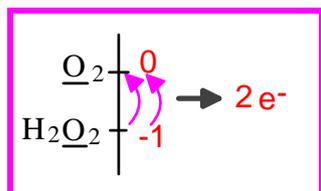
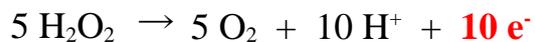
相手が酸化剤なら
過酸化水素は
還元剤



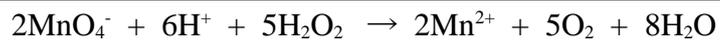
硫酸酸性過マンガン酸カリウムと過酸化水素との反応



電子数を合わせる

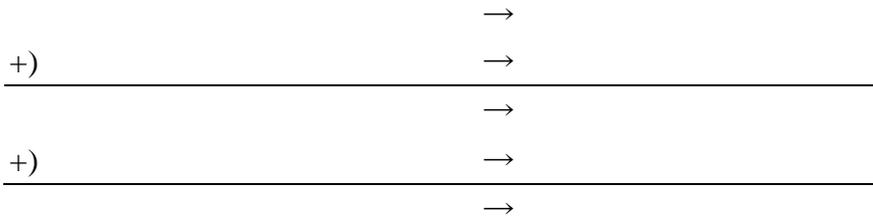


電子数を合わせる

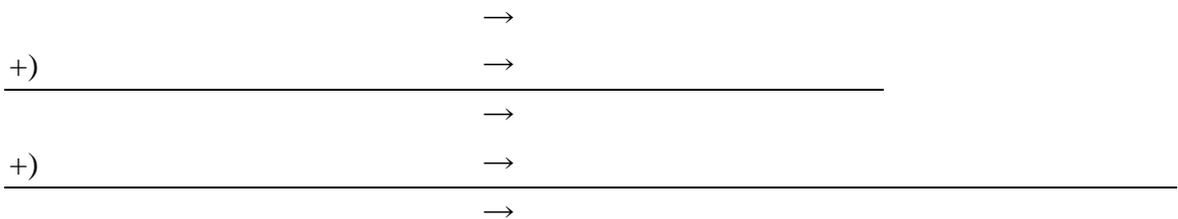
2K⁺ と 3SO₄²⁻ を
組み合わせる

酸化還元反応

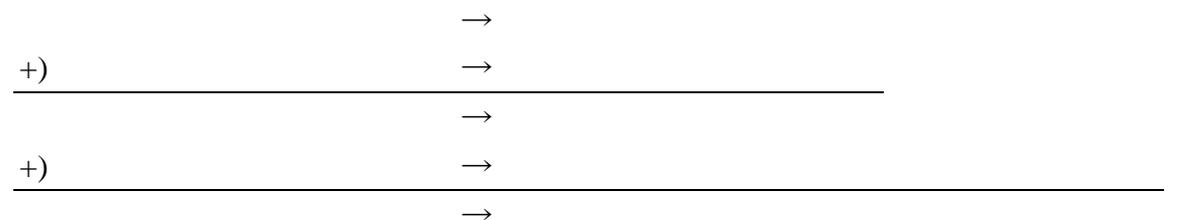
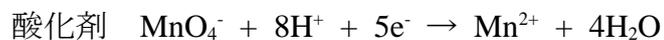
A 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水の反応



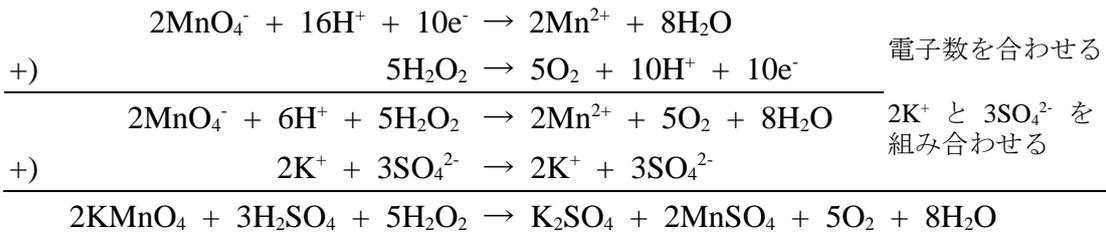
B 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液と二酸化硫黄の反応



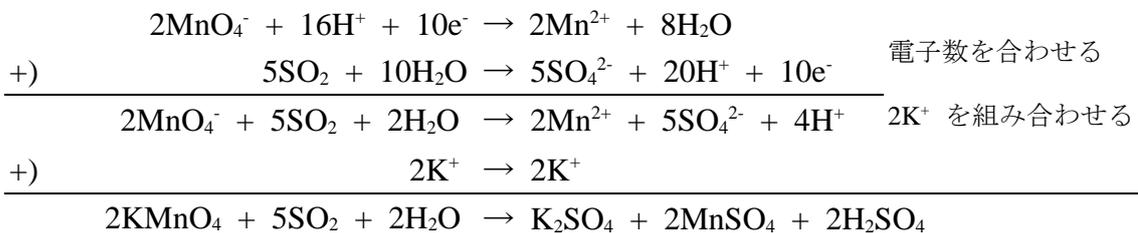
C 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液と硫酸鉄(Ⅱ)水溶液の反応



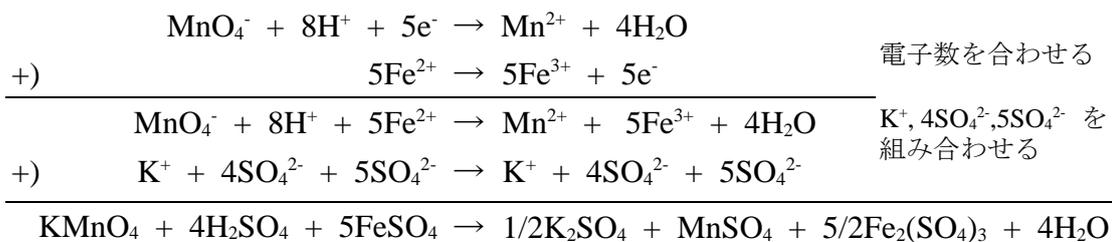
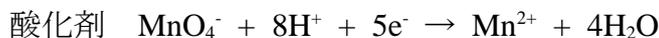
A 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水の反応



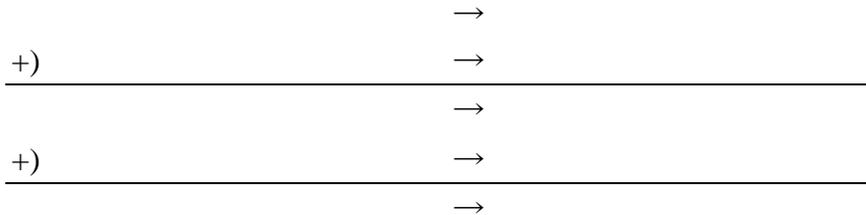
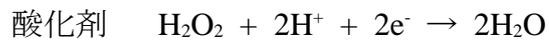
B 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液と二酸化硫黄の反応



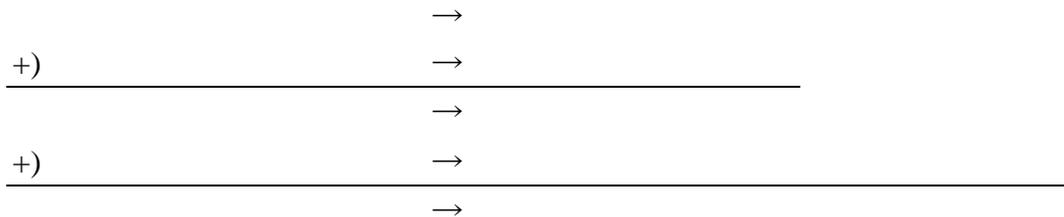
C 硫酸酸性過マンガン酸カリウム水溶液と硫酸鉄(II)水溶液の反応



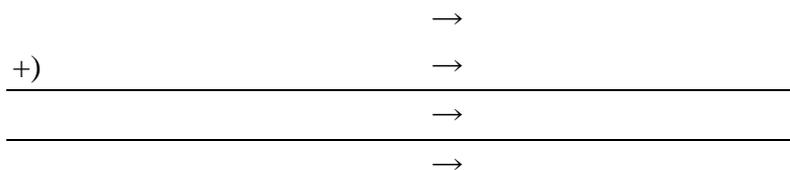
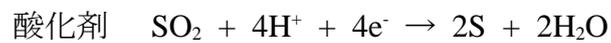
D 硫酸酸性過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液の反応



E 硫化水素水と塩化鉄(Ⅲ)水溶液の反応



F 硫化水素と二酸化硫黄の反応



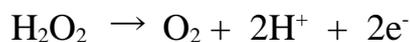
酸化還元の問題

問1 0.050 mol/L FeSO₄ 水溶液 20 mL と過不足なく反応する 0.020 mol/L KMnO₄ 硫酸酸性水溶液の体積は何 mL か。最も適当な数値を、下の①～⑧のうちから一つ選べ。ただし、MnO₄⁻ と Fe²⁺ はそれぞれ酸化剤および還元剤として次のようにはたらく。



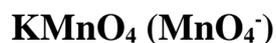
- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| ① 2.0 | ② 4.0 | ③ 10 | ④ 20 |
| ⑤ 40 | ⑥ 50 | ⑦ 100 | ⑧ 250 |

問2 濃度不明の過酸化水素水 1.0 mL に少量の希硫酸を加えて酸性にした。これに 0.050 mol/L の過マンガン酸カリウム水溶液を滴下すると、最初は赤紫色が消えるが、7.0 mL のところで、その色が消えなくなった。ただし、過酸化水素水の密度は 1.0 g/cm³ とする。MnO₄⁻ と H₂O₂ はそれぞれ酸化剤および還元剤として次のようにはたらく。



- (1) 過酸化水素水の濃度は mol/L か。
- (2) 過酸化水素水中の H₂O₂ の質量百分率はいくらか。

問1



1 mol

.....

5 mol

0.02 mol/L \times v/1000 L

.....

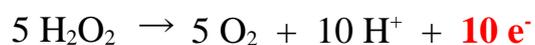
0.05 mol/L \times 20/1000 L

$$1 : 5 = 0.02 v : 1$$

$$0.1 v = 1$$

$$v = 10$$

問2



2 mol

.....

5 mol

0.05 mol/L \times 7/1000 L

.....

C mol/L \times 1/1000 L

$$2 : 5 = 0.35 : C$$

$$1.75 = 2 C$$

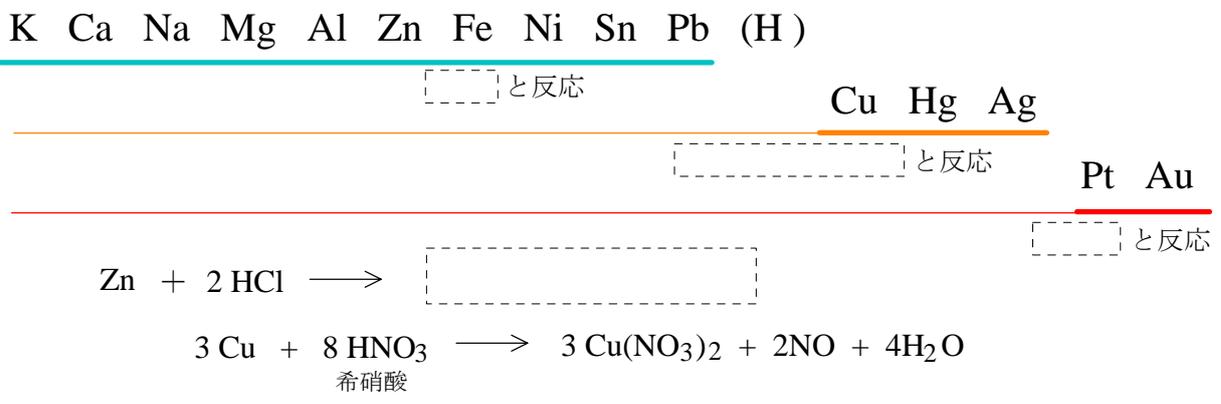
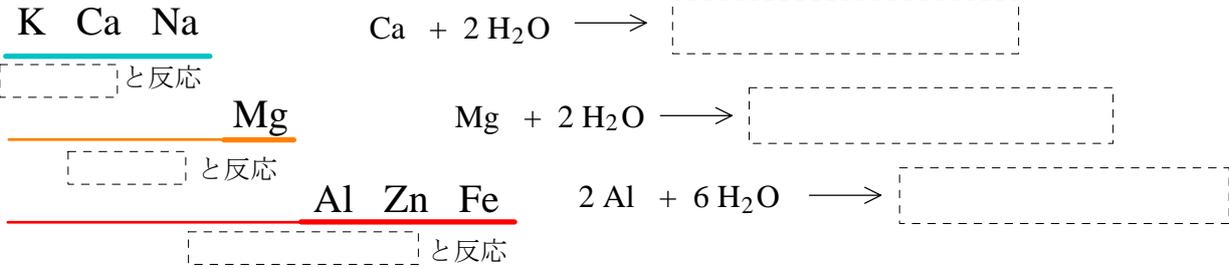
$$C = 0.875 \text{ mol/L}$$

(2) 1 L (1000 g)中に, H_2O_2 は, $0.875 \text{ mol} \times 34 \text{ g/mol} = 29.8 \text{ g}$

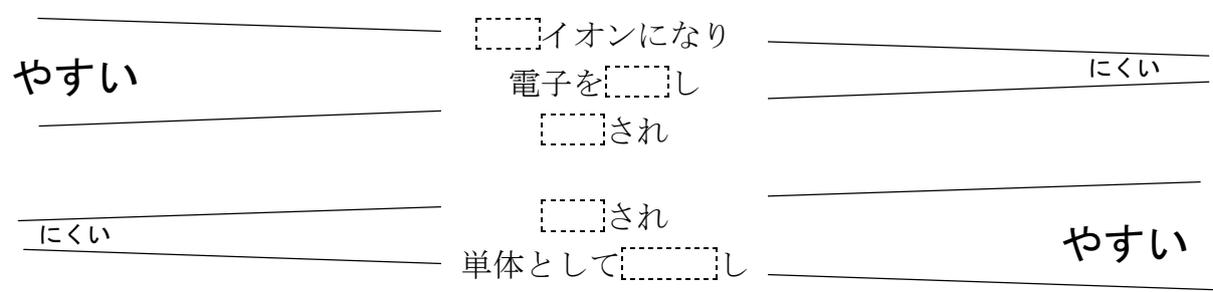
100 g 中に 3 g だから 3 %

イオン化列

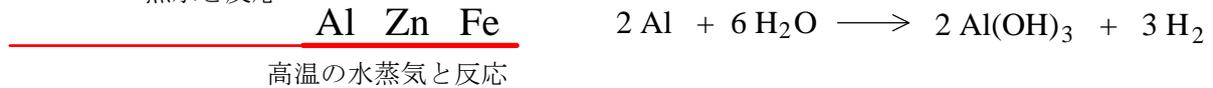
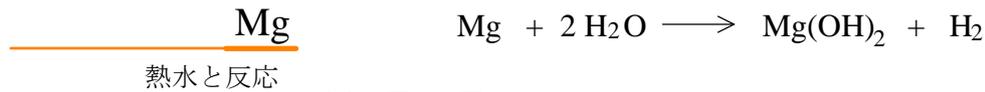
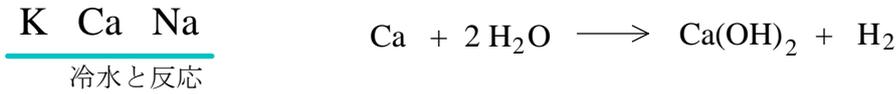
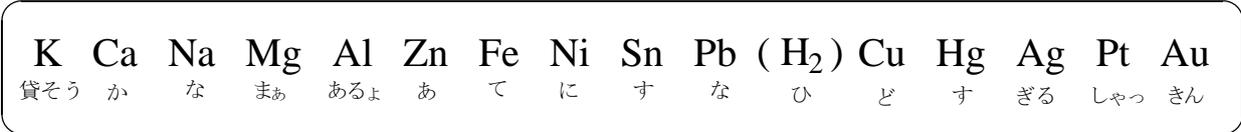
K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H₂) Cu Hg Ag Pt Au
貸そう か な まあ あるよ あ て に す な ひ ど す ぎる しゃっ きん



K Ca Na Mg Al Zn Fe Ni Sn Pb (H₂) Cu Hg Ag Pt Au
貸そう か な まあ あるよ あ て に す な ひ ど す ぎる しゃっ きん



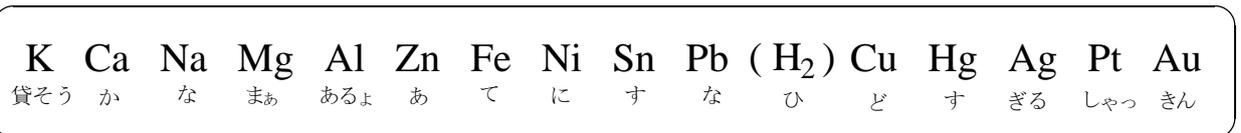
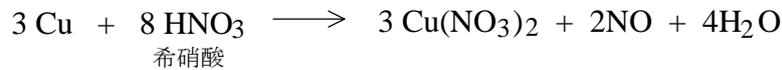
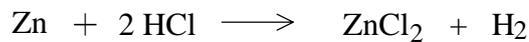
イオン化列



酸化力ある酸と反応



王水と反応



やすい

陽イオンになり
電子を放出し
酸化され

にくい

にくい

還元され
単体として取り出し

やすい

さびと電池

さび

負極 (Fe)

正極 (Cu)

Fe²⁺ の確認は, ?
OH⁻ の確認は, ?

鉄と銅の電池

負極 (Fe)

正極 (Cu)

電子の流れは, ?
電流の向きは, ?

さび

負極	Fe	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$
正極	Cu	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

Fe²⁺の確認は、ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム
OH⁻の確認は、フェノールフタレイン

鉄と銅の電池

負極 (Zn)	Fe	$\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{e}^-$
正極 (Cu)	Cu	$\text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^- \rightarrow 4\text{OH}^-$

電子の流れは、Fe → Cu
電流の向きは、Fe ← Cu

さまざまな電池

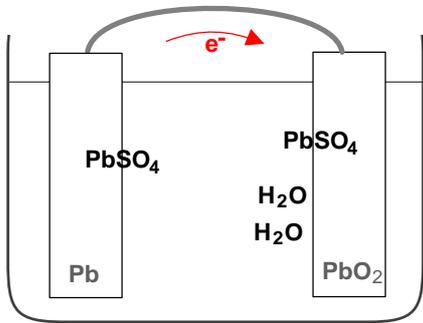
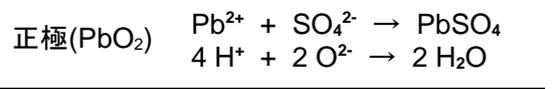
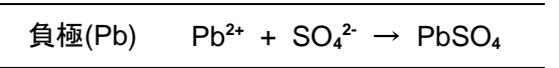
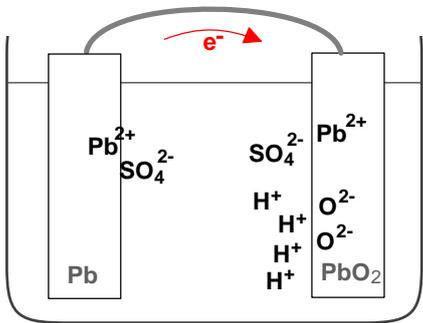
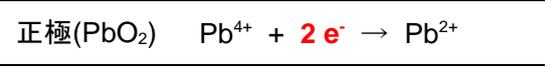
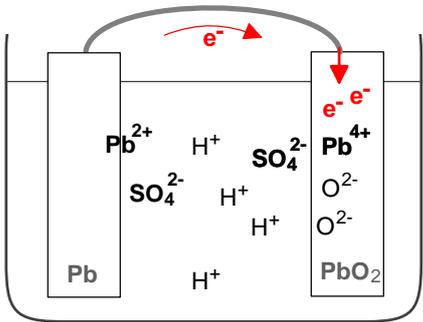
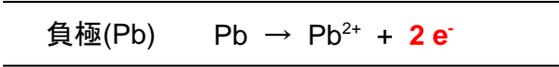
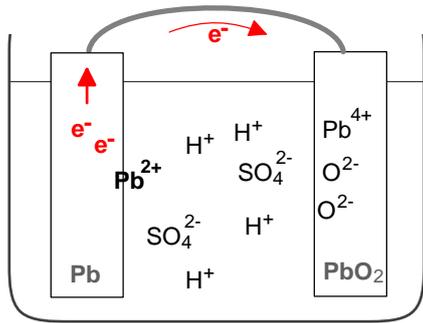
ボルタの電池

負極 (Zn)	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$
正極 (Cu)	$2H^{+} + 2e^{-} \rightarrow H_2$

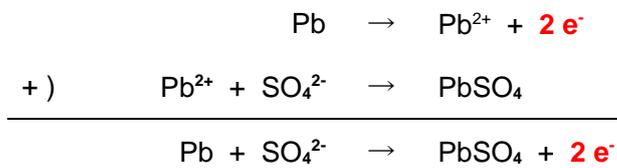
ダニエル電池

負極 (Zn)	$Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$
正極 (Cu)	$2Cu^{2+} + 2e^{-} \rightarrow 2Cu$

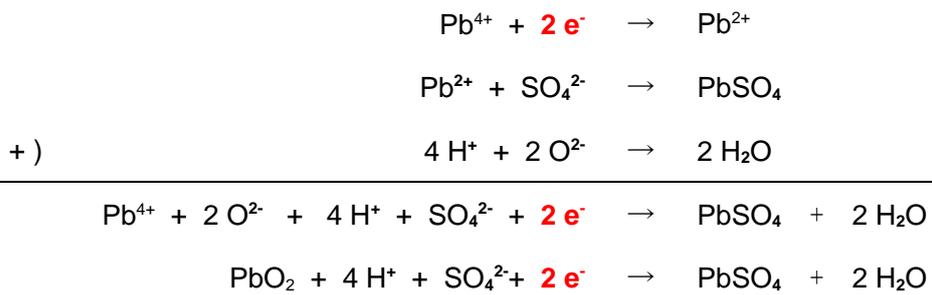
鉛蓄電池の放電



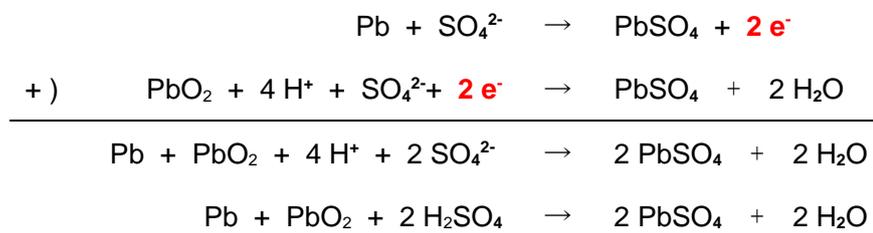
負極の反応

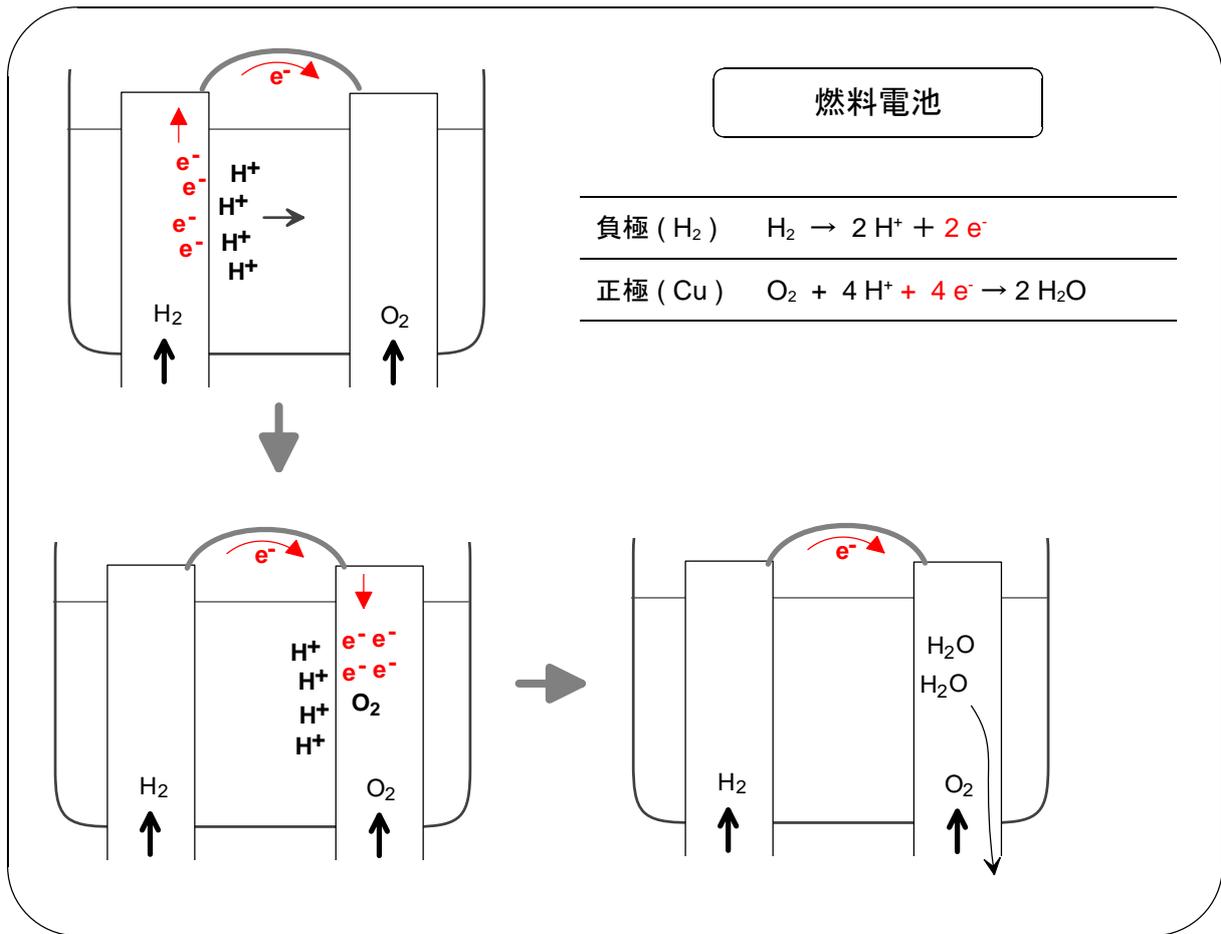


正極の反応

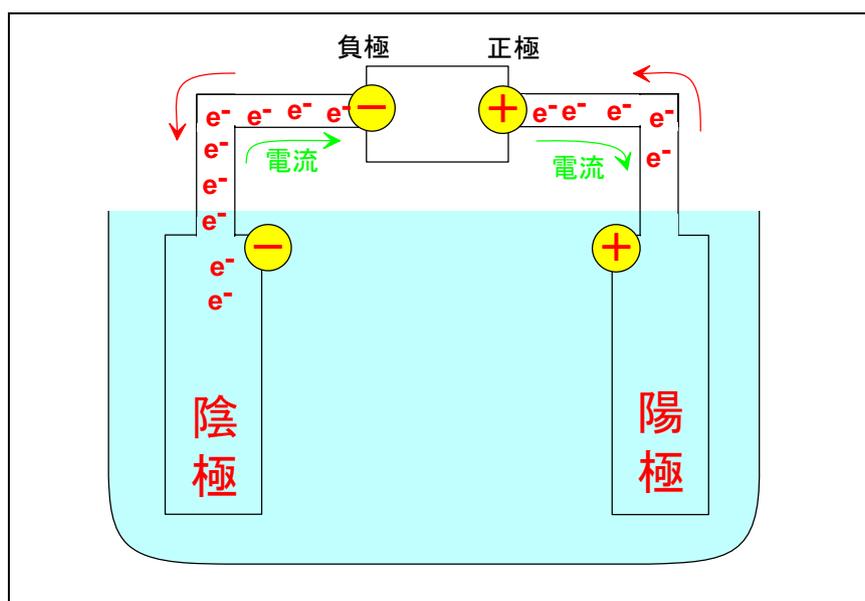
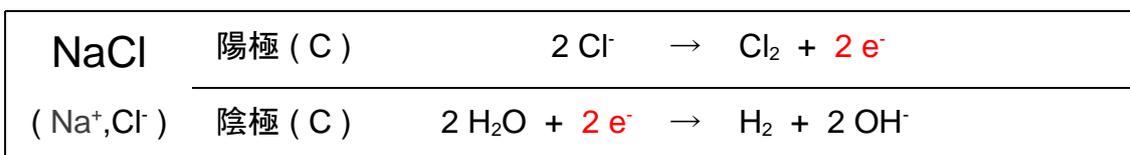
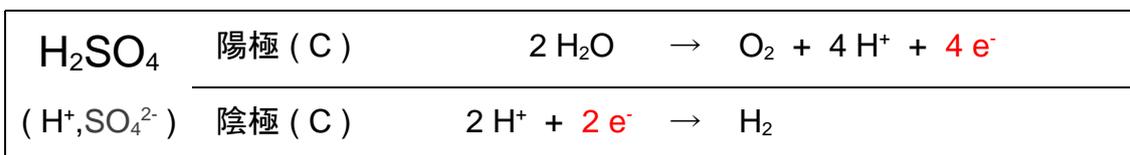
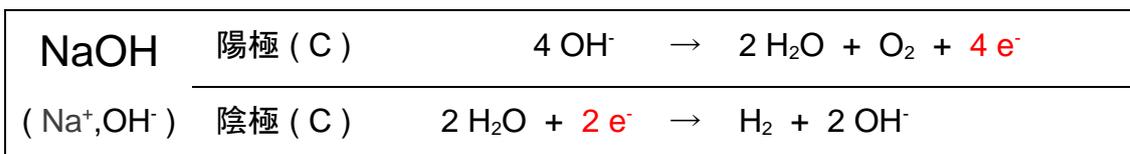
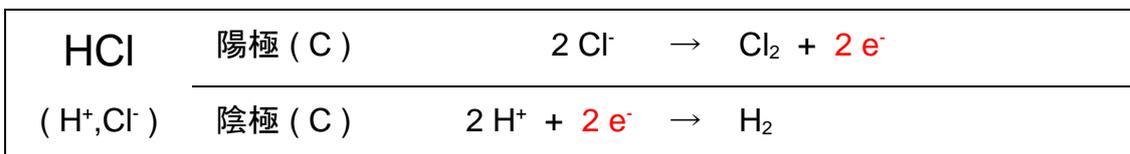
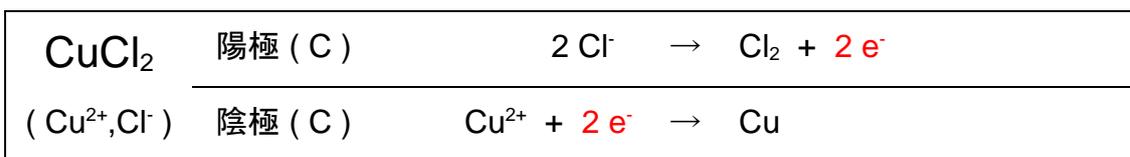


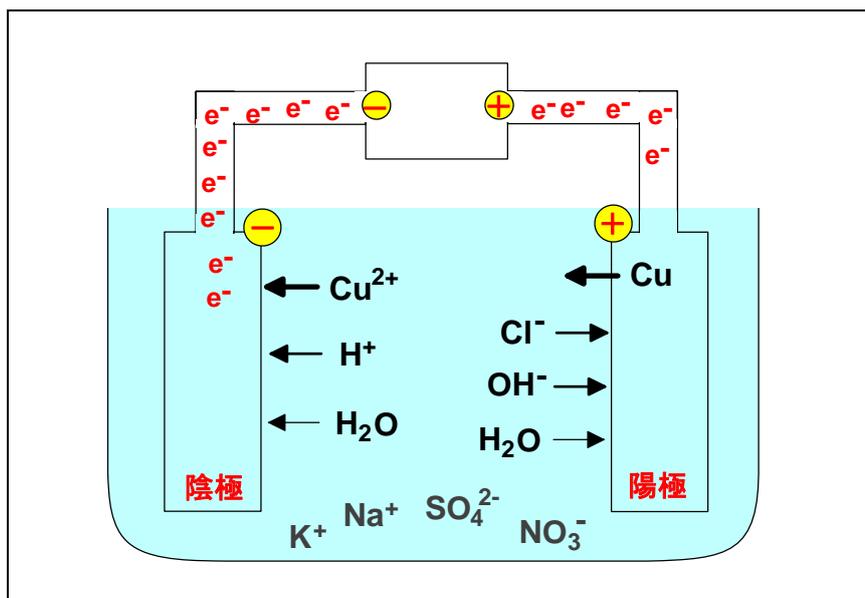
鉛蓄電池の反応





電気分解





反応の優先順位

陰極

1. イオン化傾向の大きい金属を除いて、**金属の析出**は最もおこりやすい。

$$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$$
2. H^+ が電子を受け取って、 H_2 を発生。

$$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$$
3. 水が電子を受け取って、 H_2 を発生。

$$2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2 + 2\text{OH}^-$$

(イオン化傾向の大きい金属は、析出しない。)

$\text{K}^+, \text{Ca}^{2+}, \text{Na}^+, \text{Mg}^{2+}, \text{Al}^{3+}$

陽極

1. 陽極の素材が、Pt以外の金属の場合は、**金属の溶け出し**が最もおこりやすい。

$$\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^-$$

$$\text{Ag} \rightarrow \text{Ag}^+ + \text{e}^-$$
2. 反応する陰イオンがあれば、電子を失う反応が起こる。

$$2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$$

$$2\text{Br}^- \rightarrow \text{Br}_2 + 2\text{e}^-$$

$$2\text{I}^- \rightarrow \text{I}_2 + 2\text{e}^-$$

$$4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 4\text{e}^-$$
3. 反応するイオンがない場合、水が反応する。

$$2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$$

(NO_3^- , SO_4^{2-} は、反応しない。)

イオンの安定性

H^+

$\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+} > \dots > \text{Cu}^{2+} > \text{Ag}^+$

左のほうが安定

NaOH	陽極 (C)	→
(Na ⁺ , OH ⁻)	陰極 (C)	→

CuSO ₄	陽極 (C)	→
(Cu ²⁺ , SO ₄ ²⁻)	陰極 (C)	→

CuSO ₄	陽極 (Cu)	→
(Cu ²⁺ , SO ₄ ²⁻)	陰極 (Cu)	→

NiSO ₄	陽極 (Ni)	→
(Ni ²⁺ , SO ₄ ²⁻)	陰極 (Cu)	→

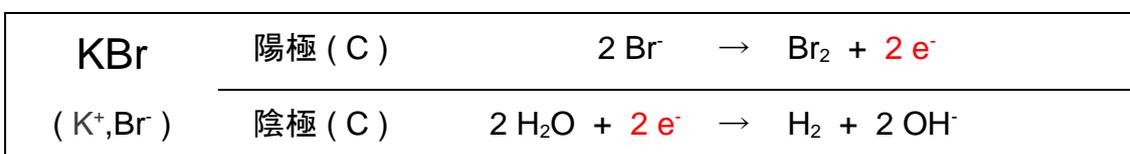
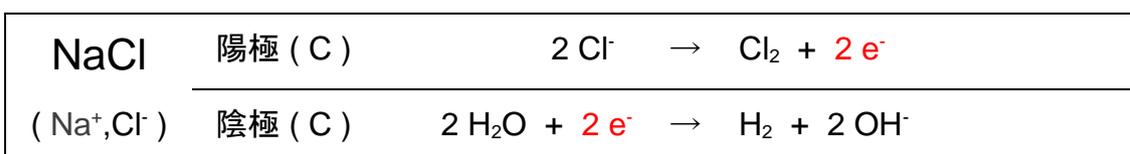
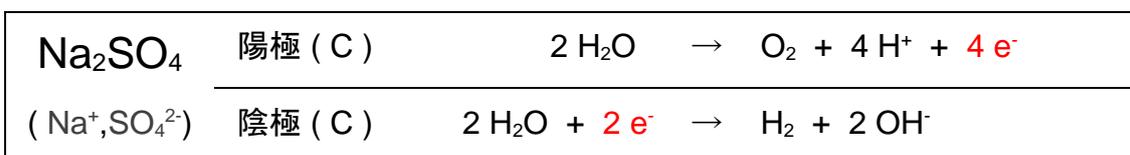
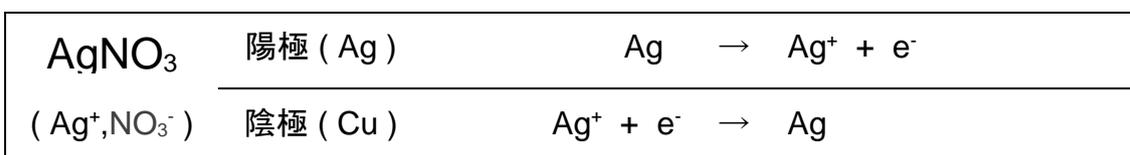
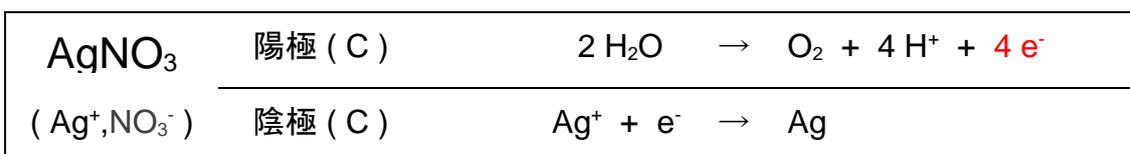
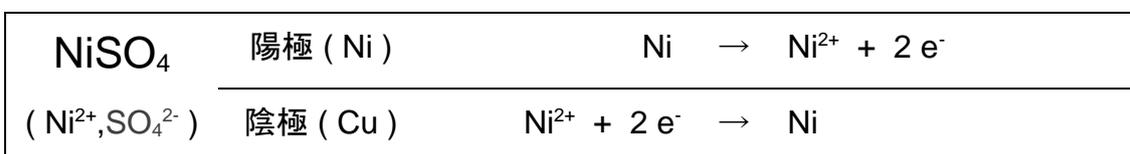
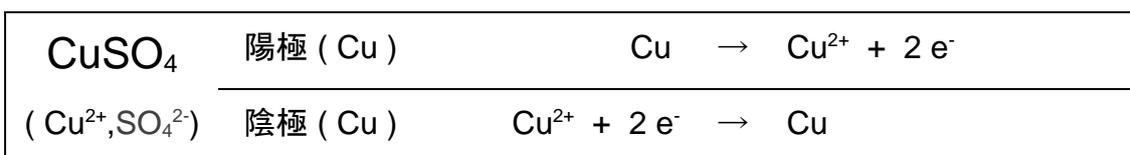
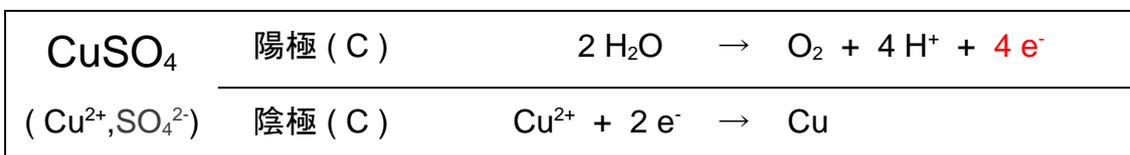
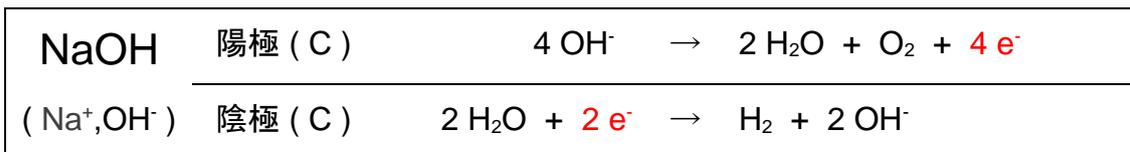
AgNO ₃	陽極 (C)	→
(Ag ⁺ , NO ₃ ⁻)	陰極 (C)	→

AgNO ₃	陽極 (Ag)	→
(Ag ⁺ , NO ₃ ⁻)	陰極 (Cu)	→

Na ₂ SO ₄	陽極 (C)	→
(Na ⁺ , SO ₄ ²⁻)	陰極 (C)	→

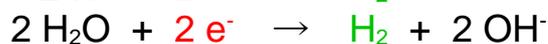
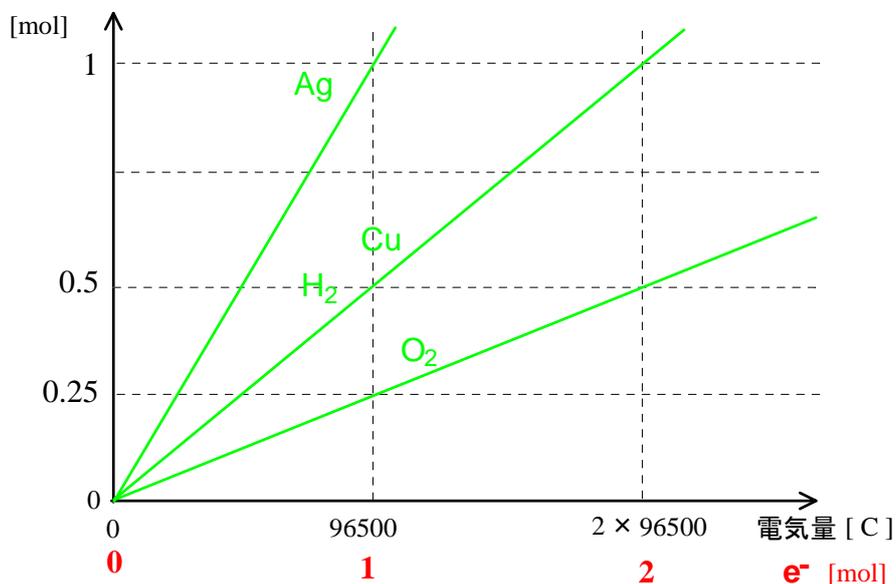
NaCl	陽極 (C)	→
(Na ⁺ , Cl ⁻)	陰極 (C)	→

KBr	陽極 (C)	→
(K ⁺ , Br ⁻)	陰極 (C)	→



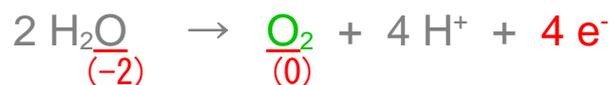
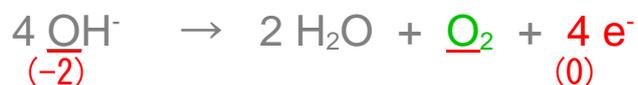
ファラデーの法則

電極で変化する物質の物質量は、流れた電気量に比例する。



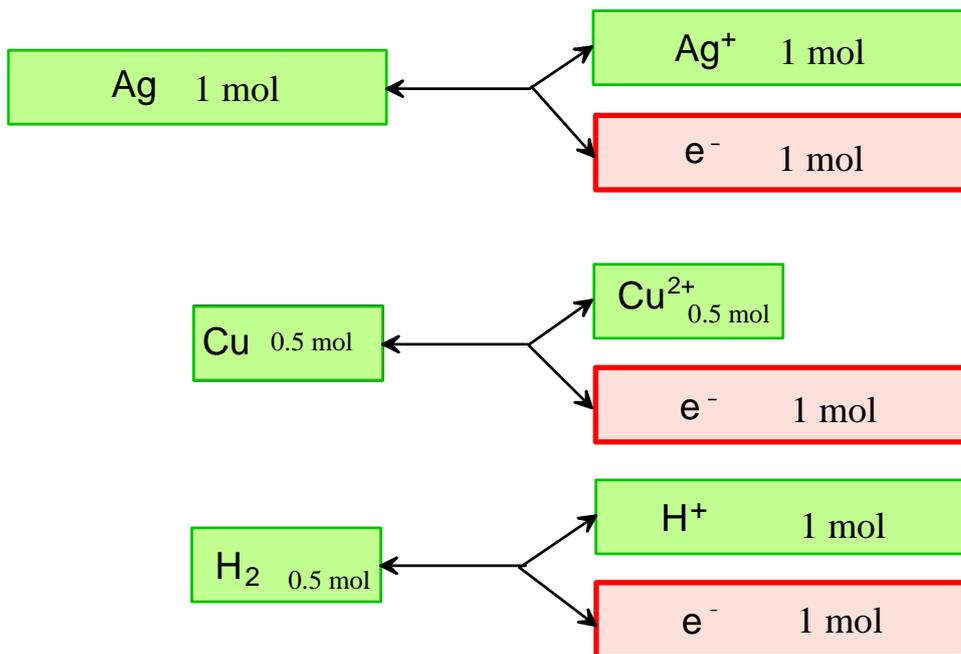
O₂ と 4 e⁻ の関係は覚えておこう

(式全体を覚える必要はあまりない)

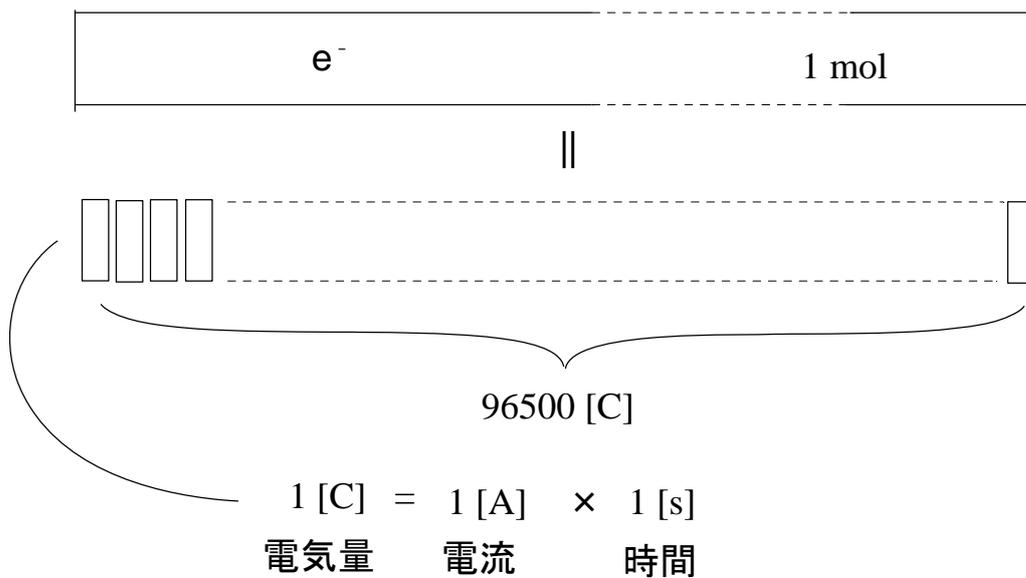


O₂ ができるときの、酸化数の変化が $2 \times 2 = 4$ だから $4e^-$ と覚えるとよい。





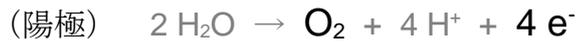
ファラデー定数 $F = 96500 \text{ [C/mol]}$
 (電子 1 mol 当たりの電気量)



白金電極を用いて、硫酸銅(II)水溶液を電解した。5.00 Aの電流を16分5秒間流したとして、析出する銅の質量と発生する酸素の体積（標準状態）を求めよ。ただし、Cuの原子量=64とする。

(解)

生成した物質と電子の量の関係は



流れた電気量は

$$5 [\text{A}] \times (16 \times 60 + 5) [\text{s}] = 5 \times 965 [\text{C}]$$

よって

$$\begin{array}{rcccl}
 \text{e}^- & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{Cu} & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{O}_2 \\
 1 \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{ mol} \\
 \parallel & & \parallel & & \parallel \\
 96500 [\text{C}] & \text{-----} & 32 [\text{g}] & \text{-----} & 5.6 [\text{L}] \\
 \downarrow \times \frac{1}{20} & & & & \\
 5 \times 965 [\text{C}] & \text{-----} & x [\text{g}] & \text{-----} & y [\text{L}]
 \end{array}$$

$$x = \frac{32}{20} = 1.6 [\text{g}] \qquad y = \frac{5.6}{20} = 0.28 [\text{L}]$$

白金電極を用いて、水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を電解した。流れた電気が 3.86×10^5 [C] のとき、何 g の水が減少するか。

(解)

生成した物質と電子の量の関係は

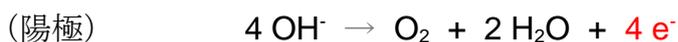


H_2 と O_2 が発生した分だけ H_2O が減少するから

$$\begin{array}{ccccccc} \text{e}^- & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{H}_2 & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{O}_2 & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \\ 1 \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol} \\ \parallel & & & & & & \parallel \\ 96500 \text{ [C]} & \text{-----} & & \text{-----} & & \text{-----} & 9 \text{ [g]} \\ 386000 \text{ [C]} & \text{-----} & & \text{-----} & & \text{-----} & x \text{ [g]} \end{array}$$

$$x = \frac{386000}{96500} \times 9 = 36 \text{ [g]}$$

別解



$$\begin{array}{ccc} \text{e}^- & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O} \\ 1 \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol} \\ \parallel & & \parallel \\ 96500 \text{ [C]} & \text{-----} & 9 \text{ [g]} \\ 386000 \text{ [C]} & \text{-----} & x \text{ [g]} \end{array}$$

$$x = \frac{386000}{96500} \times 9 = 36 \text{ [g]}$$

電極は白金として次の問に答えよ。Cu=64,ファラデー定数 $F=96500 \text{ C/mol}$ とする。

硫酸銅(II)水溶液を電気分解して陰極に銅が 0.64 [g] 析出したとき, 陽極で発生した酸素は標準状態で何 L か。

電極は白金として次の問に答えよ。ファラデー定数 $F=96500 \text{ C/mol}$ とする。

硫酸ナトリウム水溶液を 20 分間電気分解したとき, 陽極から標準状態で 0.56 L の気体が発生した。流れた電流は平均何 A か。

また, このとき陰極からはどの物質が何 g 生じたか。

電極は白金として次の間に答えよ。Cu=64,ファラデー定数 F=96500 c/mol とする。

硫酸銅(II)水溶液を電気分解して陰極に銅が 0.64 [g] 析出したとき, 陽極で発生した酸素は標準状態で何 L か。



$$\begin{array}{rcc} \text{e}^- & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{Cu} & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{O}_2 \\ 1 \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{ mol} \\ & & \parallel & & \parallel \\ & & 32 \text{ [g]} & \text{-----} & 5.6 \text{ [L]} \\ & & 0.64 \text{ [g]} & \text{-----} & x \text{ [L]} \end{array}$$

$$x = \frac{0.64}{32} \times 5.6 = 0.112 \text{ [L]}$$

電極は白金として次の間に答えよ。ファラデー定数 F=96500 c/mol とする。

硫酸ナトリウム水溶液を20分間電気分解したとき, 陽極から標準状態で 0.56 L の気体が発生した。流れた電流は平均何 A か。

また, このとき陰極からはどの物質が何 g 生じたか。



$$\begin{array}{rcc} \text{e}^- & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{H}_2 & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{O}_2 \\ 1 \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{2} \text{ mol} & \text{-----} & \frac{1}{4} \text{ mol} \\ \parallel & & \parallel & & \parallel \\ 96500 \text{ [C]} & \text{-----} & 1 \text{ [g]} & \text{-----} & 5.6 \text{ [L]} \\ x \text{ [C]} & \text{-----} & y \text{ [g]} & \text{-----} & 0.56 \text{ [L]} \end{array}$$

$$x = \frac{0.56}{5.6} \times 96500 = 9650 \text{ [C]} \quad y = \frac{0.56}{5.6} \times 1 = 0.1 \text{ [g]}$$

20分間は1200秒だから

$$\text{電流は } \frac{9650}{1200} = 8 \text{ [A]}$$