9장 화학 반응식과 몰 (Chemical Equations and the Mole)

화학 반응식

1. 화학 반응식 쓰기

화학 반응식: 화학 반응에서의 반응하는 물질과 생성하는 물질의 원자 재배열이나 새로운 결합을 화학 기호를 이용해서 나타낸 식

반응물(Reactant): 시작 물질 **생성물**(Product): 결과 물질

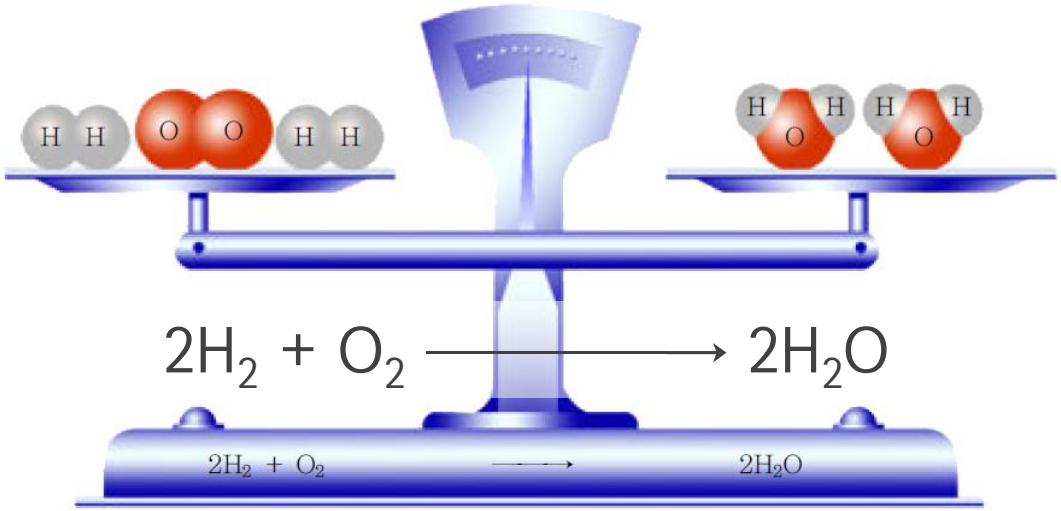
$$A + B \longrightarrow C + D$$

물질의 상태를 표시하는 방법

상태	고체 solid	액체 liquid	기체 gas	수용액 aqueous
표시 방법	(s)	(ℓ)	(g)	(aq)
예시	얼음 H_2O (s)	물 H_2O (s)	수증기 H_2O (s)	수소 이온 H^+ (aq)

- 촉매, 반응조건 (특정 온도, 필요한 에너지) 등은 화살표 위쪽에 기입
- 반응물과 생성물은 원자, 분자, 이온이 될 수 있음

1. 화학 반응식 쓰기



- 원자는 창조되거나 소멸되지 않음

- 반응 전과 후에, 반응물과 생성물 쪽에서 원자의 수는 동일
- **질량 보존의 법칙** (Law of Conservation of mass):
  생성물의 전체 질량이 반응물의 전체 질량과 동일

2. 화학 반응식 균형 맞추기

1. 각 반응물과 생성물에 대한 화학식을 쓴다.
2. 가장 복잡한 식을 나타내는 화합물에 계수 1을 주고서 시작한다.
3. 가장 간단한 화합물을 마지막에 맞춘다.
4. 반응에서 변하지 않는다면 다원자성 이온들은 한 단위로 취급한다.
5. 반응식이 균형을 이루었다고 생각한다면 각 원소들을 검토한다.

2. 화학 반응식 균형 맞추기

$Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl$ 의 균형을 맞춰라.

$$Na + Cl_2 \longrightarrow NaCl$$

반응물 쪽에 두 개의 염소원자가 있지만, 생성물 쪽에는 하나만 있다. 염화 나트륨 앞에 계수 2를 놓아 염소원자가 균형을 이루게 한다.

$$Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

생성물 쪽엔 두 개의 나트륨원자가 있지만, 반응물 쪽에는 하나만 있다. 나트륨 앞에 계수 2를 놓아 나트륨 원자가 균형을 이루게 한다.

$$2Na + Cl_2 \longrightarrow 2NaCl$$

반응식 양쪽에는 각각 두 개의 나트륨 원자와 염소원자가 있다.

2. 화학 반응식 균형 맞추기

황을 함유한 석탄이나 석유가 연소될 때에는 소량의 오염물질인 삼산화황이 공기 중으로 방출된다. 이 반응에 대한 화학반응식을 써라.

$$S + O_2 \longrightarrow SO_3$$

반응물 쪽에 산소원자가 두 개, 생성물 쪽에 산소원자가 세 개 있으므로 반응물의 산소원자에 계수 $\frac{3}{2}$를 두어 균형을 이루게 한다.

$$S + \frac{3}{2} O_2 \longrightarrow SO_3$$

계수에 분수를 이용하지 않으므로 반응물과 생성물에 모두 2를 곱해준다.

$$2S + 3O_2 \longrightarrow 2SO_3$$

2. 화학 반응식 균형 맞추기

알루미늄이 황산과 반응하면 수소기체와 황산알루미늄이 만들어진다.

$$Al + H_2SO_4 \longrightarrow H_2\ (g) + Al_2(SO_4)_3$$

가장 복잡한 화합물인 생성물의 황산알루미늄을 1로 두고, 반응물의 알루미늄과 황산이온의 계수를 맞춰준다.

$$2Al + 3H_2SO_4 \longrightarrow H_2\ (g) + Al_2(SO_4)_3$$

생성물의 수소 기체의 계수를 맞춰준다.

$$2Al + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3H_2\ (g) + Al_2(SO_4)_3$$

2. 화학 반응식 균형 맞추기

센물은 용해된 염화칼슘을 함유한다. 이때 탄산나트륨을 넣어서 물을 연하게 만들 수 있다. 칼슘은 탄산이온과 반응해서 불용성의 탄산 칼슘을 형성한다. 이 반응에 대한 균형된 반응식을 써라.

$$CaCl_2\ (aq) + Na_2CO_3\ (aq) \longrightarrow CaCO_3\ (s) + NaCl\ (aq)$$

가장 복잡한 화합물인 생성물의 탄산칼슘을 1로 두고, 반응물의 칼슘이온과 탄산이온의 계수를 맞춰준다. 그 다음에 생성물의 염화나트륨의 계수를 맞춰준다.

$$CaCl_2\ (aq) + Na_2CO_3\ (aq) \longrightarrow CaCO_3\ (s) + 2NaCl\ (aq)$$

2. 화학 반응식 균형 맞추기

(a) $P + O_2 \dashrightarrow P_4O_{10}$

$4P + 5O_2 \longrightarrow P_4O_{10}$

(b) $NOCl \dashrightarrow NO + Cl_2$

$2NOCl \longrightarrow 2NO + Cl_2$

(c) $CH_4 + O_2 \dashrightarrow CO_2 + H_2O$

$CH_4 + 2O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$

(d) $Ca(OH)_2 + HCl \dashrightarrow CaCl_2 + H_2O$

(주의 : H_2O는 또한 HOH로 쓰일 수도 있다.)

$Ca(OH)_2 + 2HCl \longrightarrow CaCl_2 + 2H_2O$

(e) 마그네슘은 산소와 반응해서 산화마그네슘을 형성한다.

$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$

(f) 황화납 (Ⅱ)은 산소와 반응해서 산화납 (Ⅱ)과 이산화황 기체를 형성한다.

$2PbS + 3O_2 \longrightarrow 2PbO + 2SO_2$

(g) 탄산나트륨은 질화마그네슘과 반응해서 탄산마그네슘과 질화나트륨을 형성한다.

$3Na_2CO_3 + Mg_3N_2 \longrightarrow 3MgCO_3 + 2Na_3N$

3. 산화-환원반응의 균형 맞추기 위한 산화수 이용

- 산화-환원반응(Oxidation-reduction: redox):
  한 원자에서 다른 원자로 전자가 전이되는 현상

- 산화(Oxidation): 한 원자에 의한 전자의 상실
- 환원(Reduction): 다른 원자에 의해 전자를 얻는 것

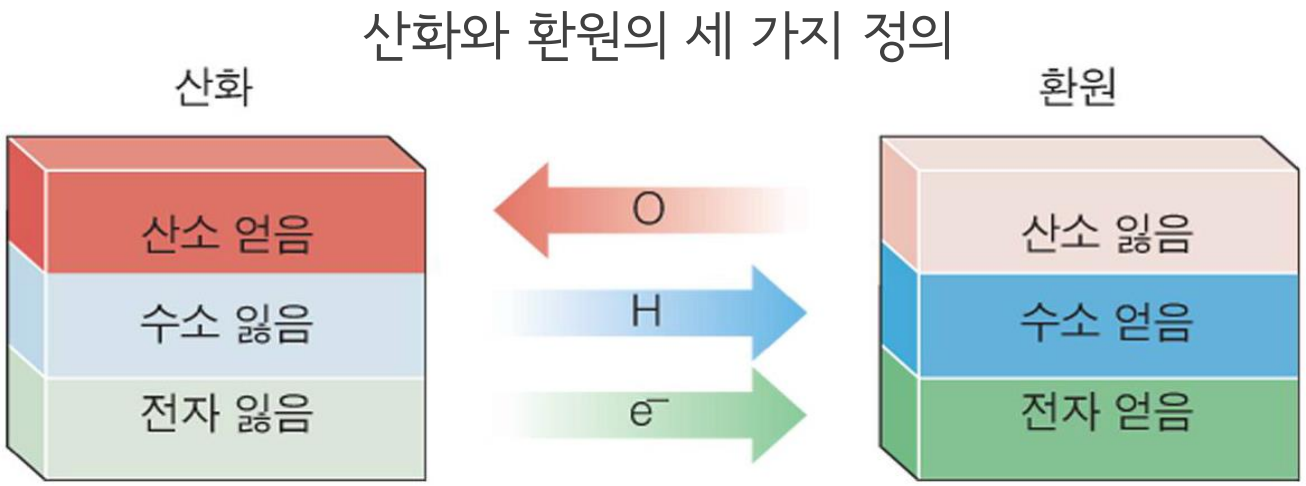
- 산화와 환원은 동시에 일어나며 동등한 양으로 일어남 (상보적인 과정)

$$Na \longrightarrow Na^+ + e^-$$ 산화 반응

$$Cl + e^- \longrightarrow Cl^-$$ 환원 반응

$$Na^+ + Cl^- \longrightarrow NaCl$$ 상보적인 과정

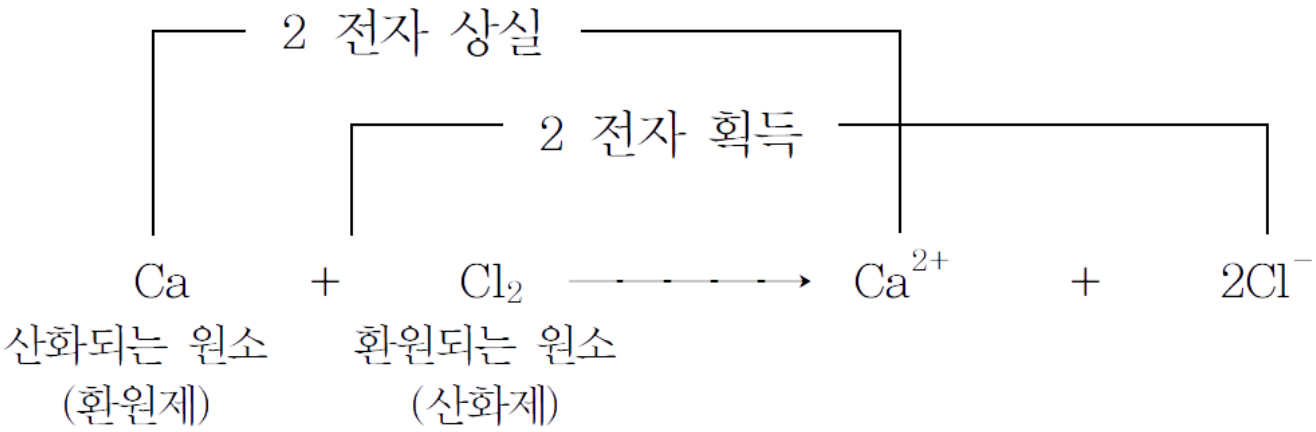
3. 산화-환원반응의 균형 맞추기 위한 산화수 이용



- 산화-환원반응의 예시:
  - 석탄의 연소
  - 철이 녹스는 것
  - 얼룩을 제거하는 표백제
  - 필름의 현상
  - 음식으로 섭취한 영양물질의 에너지 전환

3. 산화-환원반응의 균형 맞추기 위한 산화수 이용

- 산화제(Oxidizing agent): 전자를 획득하는 원소 (환원되는 원소)
- 환원제(Reducing agent): 전자를 잃는 원소 (산화되는 원소)



- 산화환원 반응의 균형을 맞추기 위해 산화수를 사용함

3. 산화-환원반응의 균형 맞추기 위한 산화수 이용

마그네슘이 산소와 반응해서 산화마그네슘을 형성하는 경우

$$Mg + O_2 \longrightarrow MgO$$

반응물과 생성물의 원소들을 보며 화학반응식의 계수를 맞춰준다.

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

각 원소에 대해 산화수를 적은 다음에 산화수가 어떻게 변했는지 확인한다.

$$2Mg + O_2 \longrightarrow 2MgO$$

산화수: 0 0 +2 -2



전자 상실 (산화): +2 × 2 = 4개
환원제

전자 획득 (환원): -2 × 2 = 4개
산화제

3. 산화-환원반응의 균형 맞추기 위한 산화수 이용

다음의 산화환원 반응들 각각에 대해서 산화되는 원소와 환원되는 원소를 찾아라. 산화제와 환원제를 찾아라. 산화수를 사용해서 반응식의 균형을 맞추어라.

1. $\overset{0}{Mg} + \overset{0}{Br_2} \dashrightarrow \overset{+2\ -2}{MgBr_2}$

산화되는 원소: Mg, 환원되는 원소: Br
산화제:Br, 환원제: Mg

2. $\overset{+1\ -1}{KCl} + \overset{+4\ -2}{MnO_2} + \overset{+1\ +6-2}{H_2SO_4} \dashrightarrow \overset{+1\ +6-2}{K_2SO_4} + \overset{+2\ +6\ -2}{MnSO_4} + \overset{0}{Cl_2} + \overset{+1\ -2}{H_2O}$

$2KCl + MnO_2 + 2H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Cl_2 + 2H_2O$

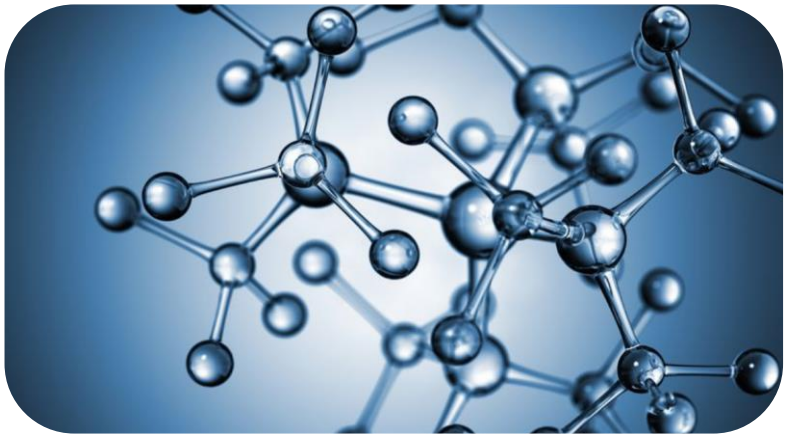
산화되는 원소: Cl,
환원되는 원소: Mn
산화제: Mn 환원제: Cl

3. $Cu + HNO_3 \dashrightarrow Cu(NO_3)_2 + NO + H_2O$

$3Cu + 8HNO_3 \longrightarrow 3Cu(NO_3)_2 + 2NO + 4H_2O$

산화되는 원소: Cu, 환원되는 원소: N
산화제: N, 환원제:Cu

4. 몰 (Mole)



몰 (Mole): 원자들을 세는 단위

- 1몰: 12.0000g의 탄소-12 내에 들어있는 원자의 개수
  = 아보가드로수 (Avogadro's number, N_A) 6.02×10^{23} 개

- 어떤 물질 1mol은 그 물질 6.02×10^{23} 개로 이루어져 있음

4. 몰 (Mole)

- 어떤 원소 1몰의 원자는 그 원소의 그램으로 나타낸 **원자량**과 일치

$$1\text{몰 Na} \times \frac{6.02 \times 10^{23}\ \text{원자 Na}}{1\text{몰 Na}} \times \frac{23\ \text{원자질량단위 (amu)}}{1\text{원자 Na}} \times \frac{1.66 \times 10^{-24}\text{g}}{1\text{amu}} = 23\text{g}$$

원소	원자수	시료의 질량 (g)
알루미늄	6.02×10^{23}	26.98
구리	6.02×10^{23}	63.55
철	6.02×10^{23}	55.85
황	6.02×10^{23}	32.07
아이오딘	6.02×10^{23}	126.9
수은	6.02×10^{23}	200.6

- 표준상태(0℃, 1기압, STP) 에서 기체 1mol은 22.4L 부피를 차지한다.

4. 몰 (Mole)

다음 각각의 무게를 결정하라.

(a) 1몰의 마그네슘 원자 — 24g

(b) 3.50몰의 철 — 196g

다음 각각의 mole수를 결정하라.

(a) 1.8×10^{24} 원자의 납 — 3.0몰

(b) 257g 붕소 — 25.5몰

5. 식량 (Formula Weight)

- 식량: 화학식에 나타나는 모든 원자들의 원자량의 총합에 상응하는 값
  염화나트륨 (58.5 amu) = 나트륨원자 (23.0 amu) + 염소원자(35.5 amu)
  사염화탄소 (154 amu) = 탄소원자 (12.0 amu) + 4 × 염소원자 (35.5 amu)

- 몰질량 (Molar mass): 화합물 1mol의 질량을 그램으로 표시한 것
  분자량(Molecular weight)으로 표시하기도 함

- 대략적인 원자량: 원소번호가 짝수인 경우: (원소번호 × 2) amu
  홀수인 경우: (원소번호 × 2 + 1) amu

5. 식량 (Formula Weight)

다음의 식량을 계산하시오.

(a) KBr — 39 + 80 = 119 amu

(b) $Ca(OH)_2$ — $40 + 2 \times (16 + 1) = 74$ amu

(c) $Mg_3(PO_4)_2$ — $3 \times 24 + 2 \times (31 + 4 \times 16) = 262$ amu

1몰 $Ca(OH)_2$의 무게는 얼마인가? 74g

119g KBr에는 얼마나 많은 KBr 이온군이 들어있나? 1몰 혹은 6.02×10^{23}

5. 식량 (Formula Weight)

다음의 식량을 계산하시오.

(a) I_2 253.8 amu

(b) HF 20 amu

(c) PbS 239.2 amu

(d) $KClO_3$ 122.6 amu

(e) $Al_2(SO_4)_3$ 342 amu

다음 1몰의 무게는 얼마인가?

(a) 불화수소 HF = 20g

(b)염소산 포타슘 $KClO_3$: 122.6g

(c) 황산 알루미늄 $Al_2(SO_4)_3$: 342g

6.02×10^{23} 분자의 I_2 그램 무게는 얼마인가?

253.8g

6. 문제 해결에 있어서 몰의 사용

9g의 물이 담긴 플라스크를 가지고 있을 때, 이 플라스크 안에는 얼마나 많은 몰의 물이 있는가?

H_2O의 식량: $2 \times 1 + 16 = 18$ amu

18g H_2O = 1 mol H_2O

$\therefore$ 9g H_2O = 0.5 mol H_2O

6. 문제 해결에 있어서 몰의 사용

7.10g의 염소를 함유하는 탱크 내에 들어있는 염소 기체 분자의 개수는?

Cl_2 의 식량: $35.5 \times 2 = 71.0$ amu

71g Cl_2 = 1mol Cl_2 = 6.02×10^{23} 분자

$\therefore$ 7.10g Cl_2 = 0.1mol Cl_2 = 6.02×10^{22} 분자

6. 문제 해결에 있어서 몰의 사용

1. 다음에 대해 그램으로 무게를 계산하시오.

(a) 0.500 mol I_2 127g

(b) 2.8 mol PbS 670g

(c) 0.035 mol $KClO_3$ 4.3g

(d) 4.00 mol $Al_2(SO_2)_3$ 1370g

2. 다음의 몰수를 결정하라.

(a) 500 g HF 25mol

(b) 17.4 g C_4H_{10} 0.30mol

(c) 1.76 g $Ca(NO_3)_2$ 0.0107mol

3. 1.45 g의 C_4H_{10}에는 얼마나 많은 분자들이 있나? 1.5×10^{22}

7. 균형 이룬 반응식을 이용한 계산

$$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$$

1. 개수: 두 개의 수소 분자가 하나의 산소 분자와 반응해서 두 분자의 물을 만든다
2. 몰: 두 몰의 수소가 한 몰의 산소와 반응해서 두 몰의 물을 생성한다
3. 그램: 4그램의 수소가 32그램의 산소와 반응해서 36그램의 물을 생성한다

7. 균형 이룬 반응식을 이용한 계산

$$2Al + 3H_2SO_4 \longrightarrow 3H_2 + Al_2(SO_4)_3$$

1. 개수: 알루미늄 두 원자가 세 개의 황화수소(황산) 분자와 반응해서 3분자의 수소와 한 분자의 황산알루미늄 이온군을 생성한다

2. 몰: 두 몰의 알루미늄은 3몰의 황화수소와 반응해서 3몰의 수소와 1몰의 황산알루미늄을 생산한다

3. 그램: 알루미늄 54그램이 294그램의 황산과 반응해서 6그램의 수소와 342그램의 황산알루미늄을 생산한다

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

8장 연습문제

다음 분자들이 극성인지 비극성인지를 예측하시오.

(a) Oxygen difluoride, OF_2

극성, (이불화산소, F — O — F)

(b) Fluorine, F_2

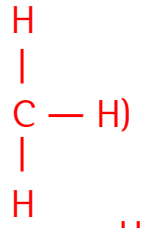
비극성, (불소, F — F)

(c) Hydrogen iodide, H_I

극성, (아이오딘화 수소, H — I)

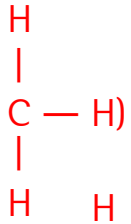
(d) Methane, CH_4

무극성, (메탄,



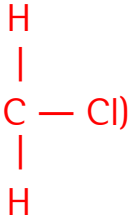
(e) Chloromethane, CH_3Cl

극성, (염화메탄,

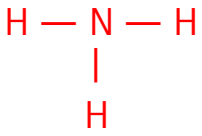


(f) Trichloromethane, $CHCl_3$

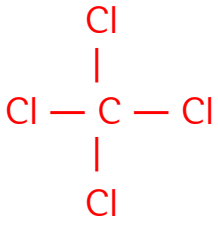
극성, (삼염화메탄, 클로로 포름



다음 화합물들 각각에 대한 결합도를 그리시오.



(a) NH_3



(b) CCl_4



(c) HCl

(d) C_2Br_2 Br — C ≡ C — Br

(e) SF_2 F — S — F

(f) I_2 I — I

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

8장 연습문제

다음 화합물에서 각 원소의 산화수를 결정하시오.

(a) Na_2S
Na: +1, S: -2

(b) Cl_2
Cl: 0

(c) $HClO_2$
H: +1, Cl: +3 O: -2

(d) N_2O_4
N: 4, O: -2

(e) $HBrO_3$
H: +1, Br: +5, O: -2

(f) $KMnO_4$
K: +1, Mn: +7, O: -2

(g) $NaHSO_4$
Na: +1, H: +1, S: +6, O: -2

(h) $Zn(NO_3)_2$
Zn: +2, N: +5, O: -2

(i) $Fe_3(PO_4)_2$
Fe: +2, P: +5, O: -2

(j) SO_4^{2-}
S: +6, O: -2

(k) SO_3^{2-}
S: +4, O: -2

(l) $Cr_2O_7^{2-}$
Cr: +6 O: -2

다음 이온쌍들로 구성된 화합물에 대해 정확한 화학식을 쓰시오.
화학식을 썼던 화합물들 각각에 이름을 쓰시오.

(a) K^+, CO_3^{2-}
K_2CO_2 탄산 포타슘

(b) Na^+, S^{2+}
Na_2S 황화 소듐

(c) Ca^{2+}, NO_3^-
$Ca(NO_3)_2$ 질산 칼슘

(d) Sr^{2+}, S^{2-}
SrS 황화 스트론튬

(e) Cr^{3+}, Cl^-
$CrCl_3$ 염화 크로뮴(III)

(f) Fe^{3+}, HPO_4^{2-}
$Fe_2(HPO_4)_3$ 인산수소 철 (III)

(g) Cu^{2+}, $C_2H_2O_2^-$
$Cu(C_2H_3O_2)_2$ 아세트산 구리(II)

(h) Ba^{2+}, SO_4^{2-}
$BaSO_4$ 황산 바륨

(i) Al^{3+}, SO_3^{2-}
$Al_2(SO_3)_2$ 아황산 알루미늄

(j) Sn^{4+}, NO_3^-
$Sn(NO_3)_4$ 질산 주석 (IV)

(k) Be^{2+}, F^-
BeF_2 플루오린화 베릴륨

(l) Cs^+, Br^-
CsBr 브롬화 세슘

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

연습 문제

다음 화합물 각각에 대해서 식량을 계산하여라.

그룹 2	그룹 3
KCl	$Ca(OH)_2$
H_2SO_4	$(NH_4)_2SO_4$
$Mg_3(PO_4)_2$	CH_4
CO_2	HCl
$NaHCO_3$	$NaNO_3$
$KMnO_4$	$AgNO_3$
HNO_3	H_2CO_3
$CuSO_4$	$CaCO_3$

다음 각각에 대해 그램으로 무게를 나타내어라.

그룹 2	그룹 3
4.20몰의 KCl	0.95몰의 Ca(OH)2
1.50몰의 H_2SO_4	4.60몰의 $(NH_4)_2SO_4$
0.015몰의 $Mg_3(PO_4)_2$	12.5몰의 CH_4
5.50몰의 CO_2	0.025몰의 HCl
0.32몰의 $NaHCO_3$	0.62몰의 $NaNO_3$
0.075몰의 $KMnO_4$	0.50몰의 $AgNO_3$
0.10몰의 HNO_3	6.50몰의 H_2CO_3
0.060몰의 $CuSO_4$	0.0001몰의 $CaCO_3$

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

연습 문제

다음 반응식의 균형을 맞추어라.

(a) $Na + H_2O \longrightarrow NaOH + H_2$(기체)

(b) $KClO_3 \longrightarrow KCl + O_2$(기체)

(c) $MnO_2 + HCl \longrightarrow Cl_2$(기체) $+ MnCl_2 + H_2O$

(d) $C_3H_8 + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

(e) $NH_3 + O_2 \longrightarrow NO + H_2O$

(f) $CO_3^{2-} + H+ \longrightarrow CO_2 + H_2O$

다음 반응식의 균형을 맞춰라.

(a) $HCl + Cr \longrightarrow CrCl_3 + H_2$(기체)

(b) $FeCl_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow Fe_2(CO_3)_3 + NaCl$

(c) $PbS + H_2O_2 \longrightarrow PbSO_4 + H_2O$

(d) $C_4H_{10} + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

(e) $CrO_4^{2-} + H^+ \longrightarrow Cr_2O_7^{2-} + H_2O$

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

연습 문제

다음 반응식의 균형을 맞춰라.

(a) $AgNO_3 + CaCl_2 \longrightarrow Ca(NO_3)_2 + AgCl$

(b) $Fe_2O_3 + H_2 \longrightarrow Fe + H_2O$

(c) $Al(NO_3)_3 + H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + HNO_3$

(d) $C_3H_8O + O_2 \longrightarrow CO_2 + H_2O$

(e) $Al + H_2SO_4 \longrightarrow Al_2(SO_4)_3 + H_2$

(f) $Fe_2O_3 + C \longrightarrow Fe + CO_2$

다음 반응들에 대해 균형된 반응식을 써라.

(a) 수소가 브롬과 반응해서 브롬화수소를 형성한다.

(b) 중탄산칼슘은 열이 가해지면
탄산칼슘과 물 그리고 이산화탄소로 분해된다.

(c) 질산은은 구리와 반응을 해서 이산화구리(Ⅱ)와 은을 생성

(d) 수소가 질소와 반응해서 암모니아(NH_3)를 형성한다.

(e) 메탄과 염소기체가 반응해서 사염화탄소와 염산을 생성

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

연습 문제

이 균형된 반응식을 이용해서

$$Mg_3N_2 + 6H_2O \longrightarrow 3Mg(OH)_2 + 2NH_3$$

다음 질문들에 답하라.

(a) 0.10몰의 Mg_3N_2 반응에서는 몇 몰의 $Mg(OH)_2$가 만들어지나?

(b) 500 g의 Mg_3N_2 반응에서는 몇 몰의 $Mg(OH)_2$와 NH_3가 생성되나?

(c) 0.060몰의 $Mg(OH)_2$를 만들기 위해서는 몇 그램의 Mg_3N_2와 H_2O가 반응해야 하는가?

(d) 52.2 g의 $Mg(OH)_2$를 생성하기 위해 필요한 Mg_3N_2 그램은?

(e) 10.0 g의 Mg_3N_2와 14.4 g의 H_2O 반응에 의해 생성되는 최대의 $Mg(OH)_2$ 그램수는?

송아란
genchem.jwu@gmail.com

카카오톡 > 친구 추가 > QR코드
중원대학교 임상병리학과 일반화학

연습 문제

산화수를 써서 다음의 산화환원 반응식의 균형을 맞춰라.

(a) $Fe_2O_3 + C \longrightarrow Fe + CO_2$

(b) $KCl + MnO_2 + H_2SO_4 \longrightarrow K_2SO_4 + MnSO_4 + Cl_2 + H_2O$

(c) $I_2 + HNO_3 \longrightarrow HIO_3 + NO_2 + H_2O$

(d) $SO_2 + HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_2SO_4 + NO$

(e) $K_2Cr_2O_7 + HCl \longrightarrow KCl + CrCl_3 + Cl_2 + H_2O$