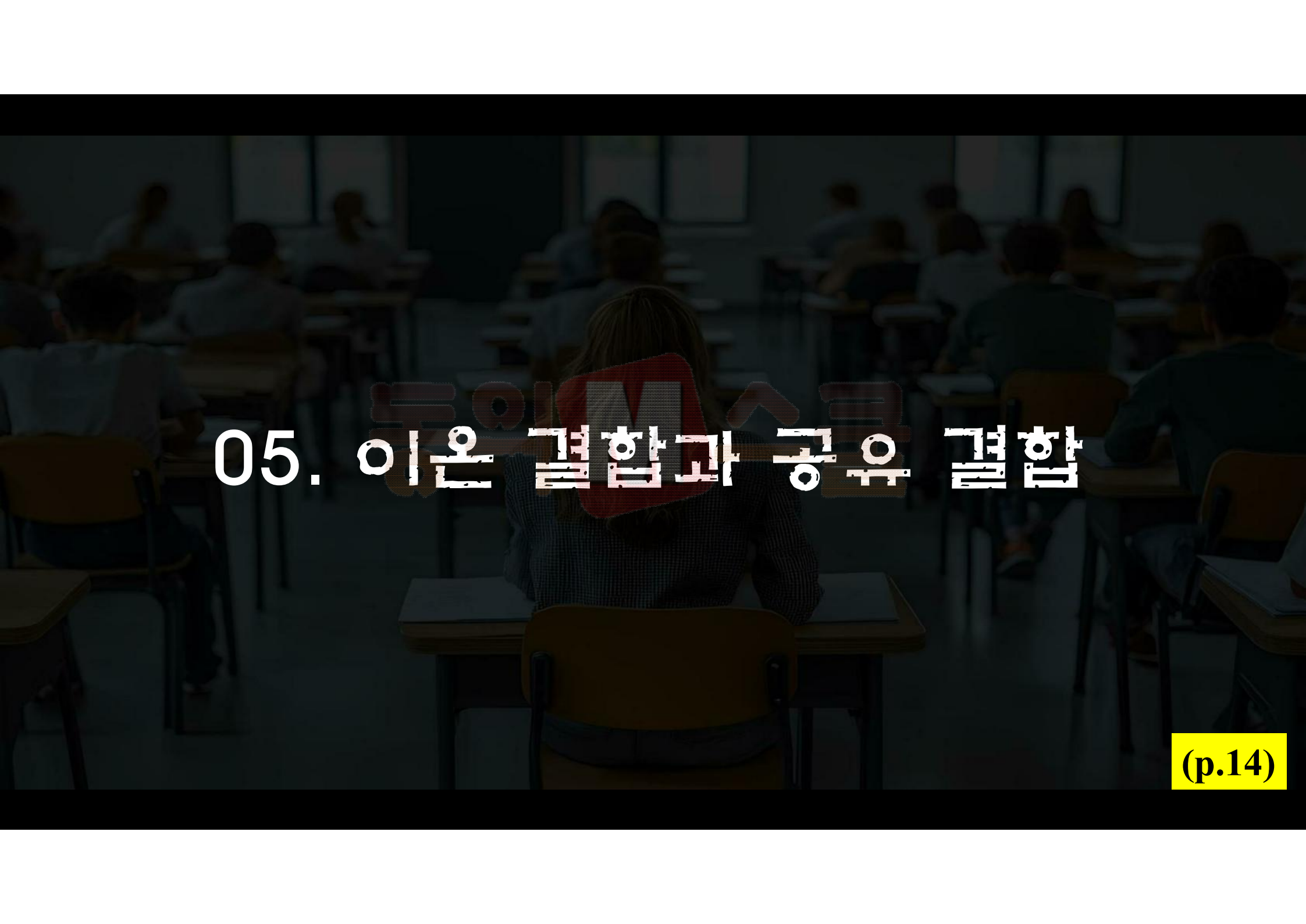
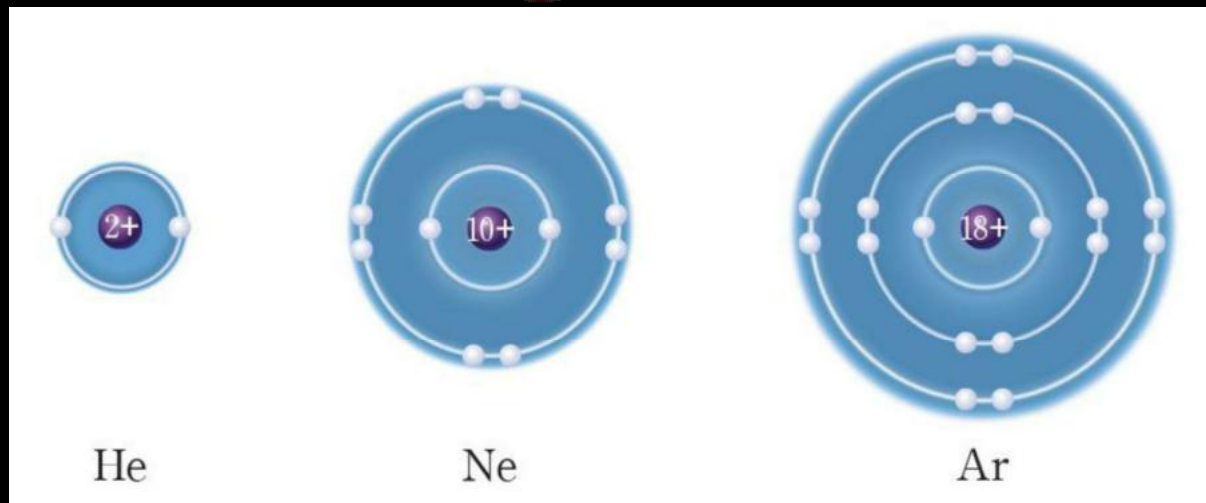




05. **이온 결합과 공유 결합**

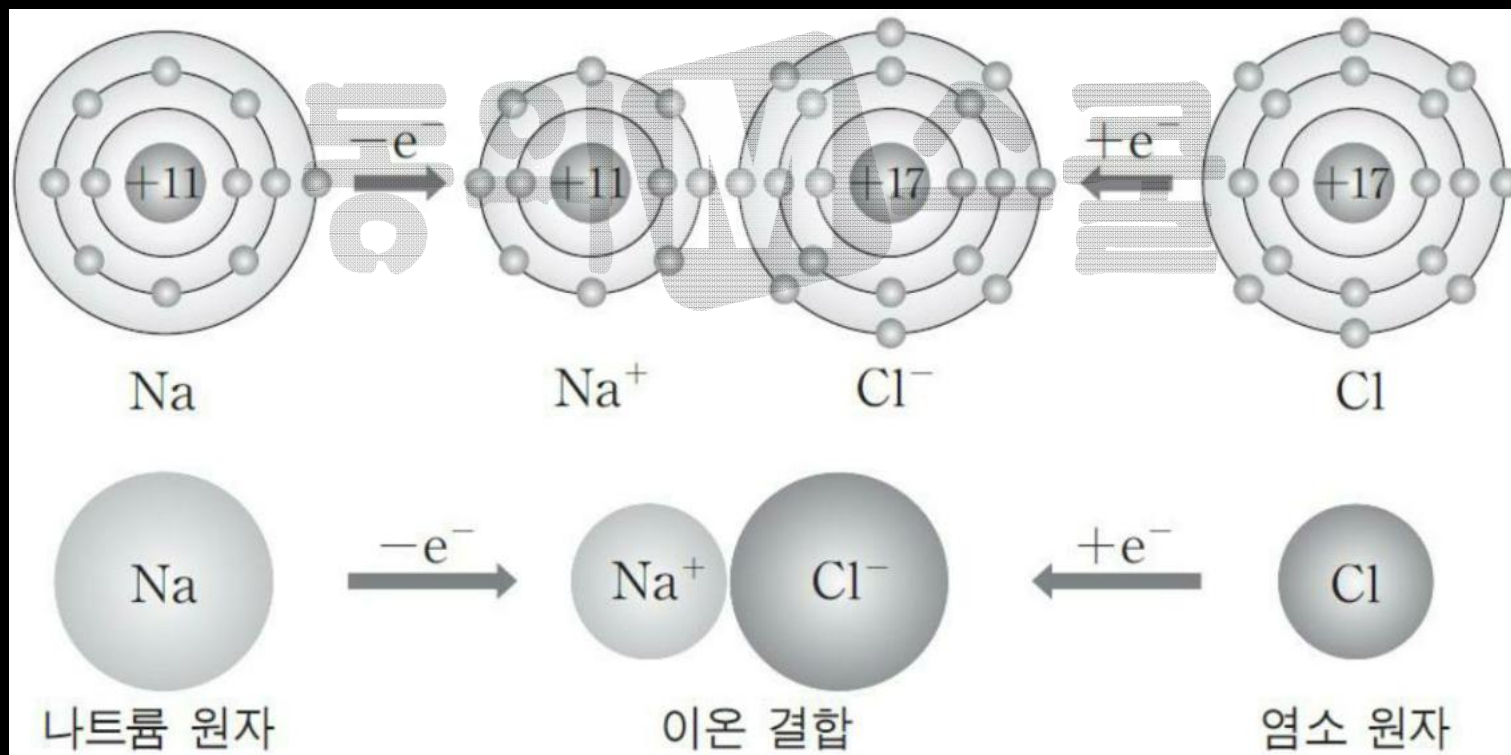
(1) 이온 결합

- ① 옥텟 규칙 : 비활성 기체와 같이 가장 바깥 전자껍질에 8개(단, He는 2개)의 전자가 배치된 안정한 상태를 옥텟이라 하며, 다른 원자들이 전자를 잃거나 얻어 이러한 배치를 이루려는 경향을 옥텟 규칙이라 함.
- ② 이온의 형성 : 원자가 18족 원소와 같은 전자 배치를 이루면서 이온을 형성함.
- 금속 원소 : 원자가 전자를 쉽게 잃고 양이온이 됨. 금속성이 클수록 양이온이 되기 쉬움.
 - 비금속 원소 : 전자를 얻어 음이온이 됨. 비금속성이 클수록 음이온이 되기 쉬움.

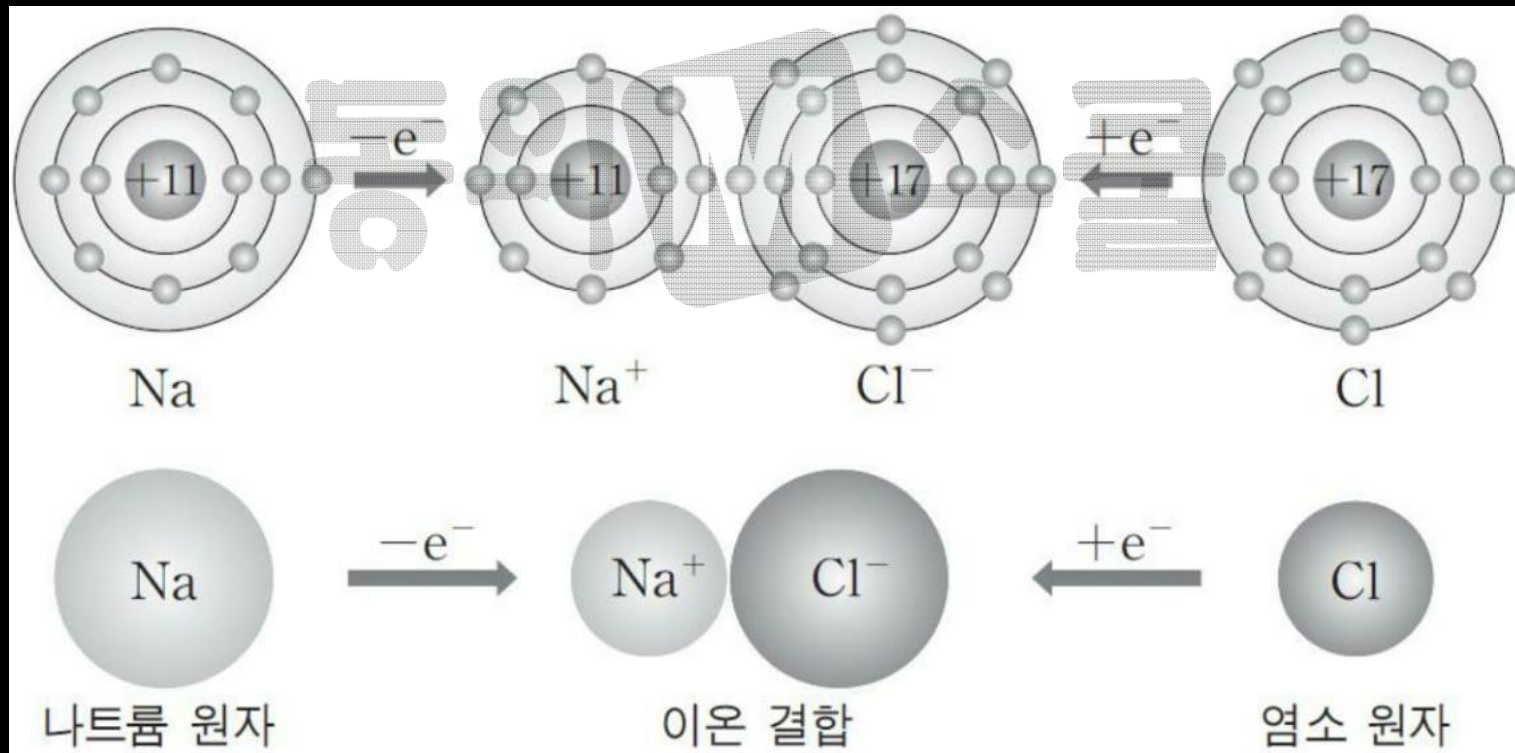
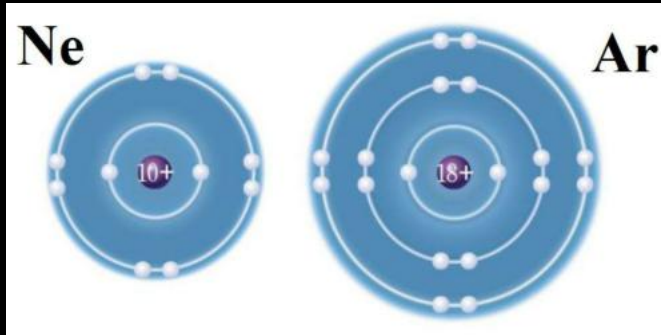


③ 이온 결합의 형성 : 금속 원자와 비금속 원자가 가까워지면 금속 원자는 양이온을, 비금속 원자는 음이온을 형성하면서 두 이온 사이에 정전기적 인력이 작용하여 결합을 형성함. [예] NaCl

(p.14)



비활성 기체
전자 배치



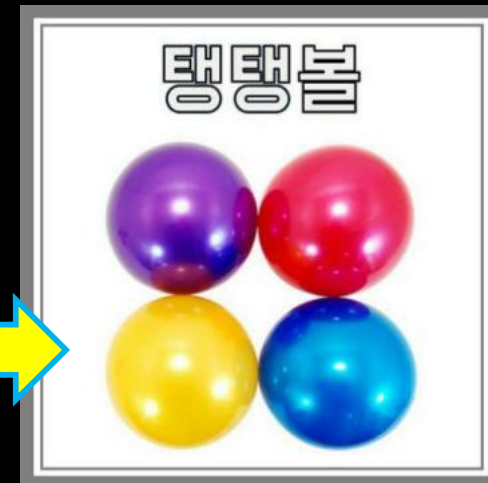
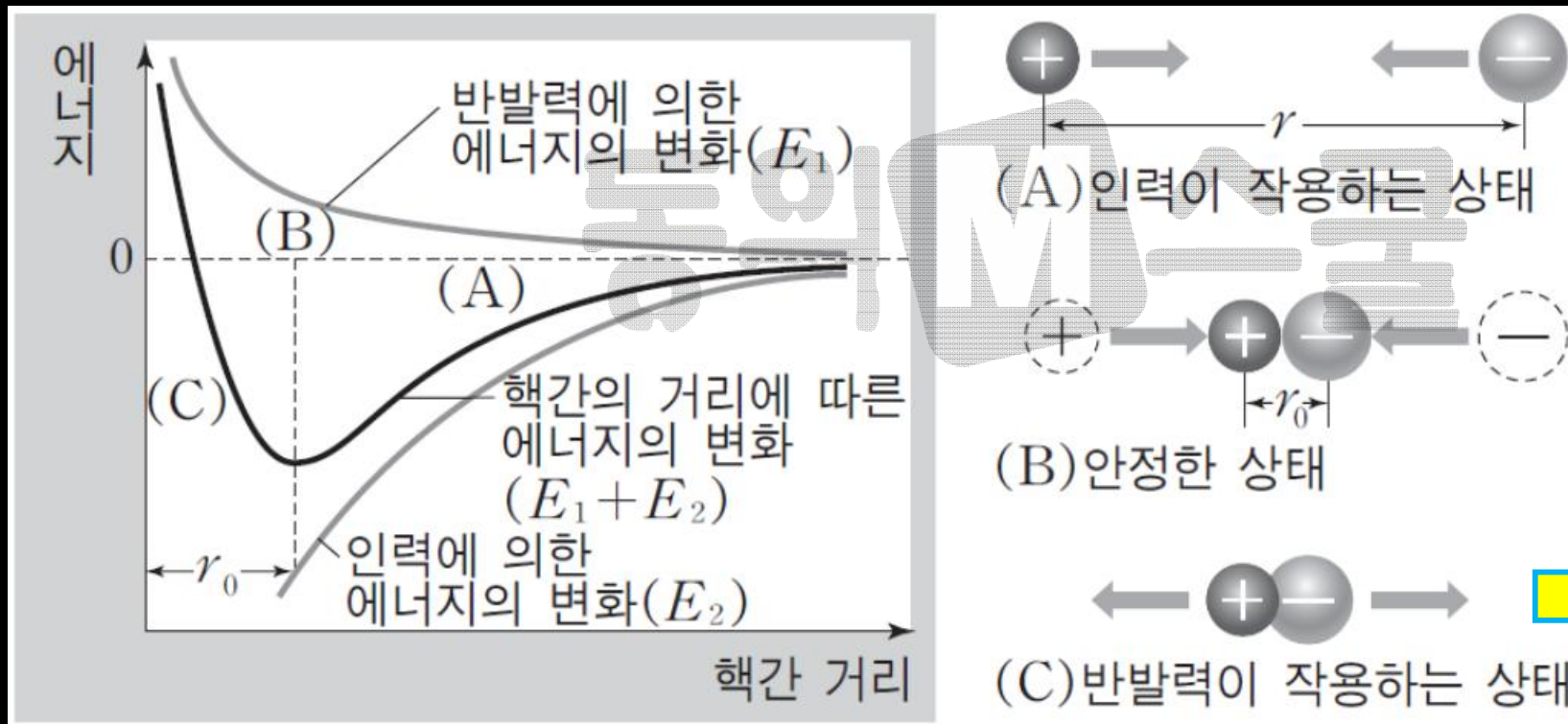
금속 : 전자를 잃고 양이온이 되기 쉽다.

비금속 : 전자를 얻고 음이온이 되기 쉽다.

비활성 기체	전자 껍질이 1개가 감소	1족	2족	13족		15족	16족	17족	전자 껍질이 유지	비활성 기체
1주기 He	←	Li ⁺	Be ²⁺		2주기	N ³⁻	O ²⁻	F ⁻	→	2주기 Ne
2주기 Ne	←	Na ⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	3주기		S ²⁻	Cl ⁻	→	3주기 Ar
3주기 Ar	←	K ⁺	Ca ²⁺		4주기			Br ⁻	→	4주기 Kr
4주기 Kr	←	Rb ⁺	Sr ²⁺		5주기			I ⁻	→	5주기 Xe

④ 이온 결합의 형성과 에너지 : 양이온과 음이온 간의 인력과 반발력이 균형(상쇄)을 이루면서 에너지가 가장 낮아질 때 이온 결합이 형성됨.

(p.14)



입자간 반발

⑤ 이온 결합력의 세기(F , 쿨롱의 힘) : 이온의 전하량의 곱에 비례하고 이온간 거리의 제곱에 반비례한다. 여기서 k 는 비례 상수, q_1 과 q_2 는 이온의 전하량, r 은 이온간 거리를 의미함.

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

- 이온의 전하량이 클수록,
- 이온의 핵간 거리가 짧을수록 이온 결합력의 세기가 큼.



자료 분석

이온 결합력의 세기와 녹는점

이온 결합 물질의 녹는점은 이온 결합력의 세기가 클수록 높아진다.

이온 결합 물질	이온 간 거리(nm)	녹는점(°C)	이온 결합 물질	이온 간 거리(nm)	녹는점(°C)
NaF	0.231	993	MgO	0.210	2853
NaCl	0.276	801	CaO	0.240	2614
NaBr	0.291	755	SrO	0.256	2430
NaI	0.311	661	BaO	0.275	1923

나트륨 이온(Na^+)과 할로겐 이온화합물은 이온 간 거리가 길수록 녹는점이 낮다.

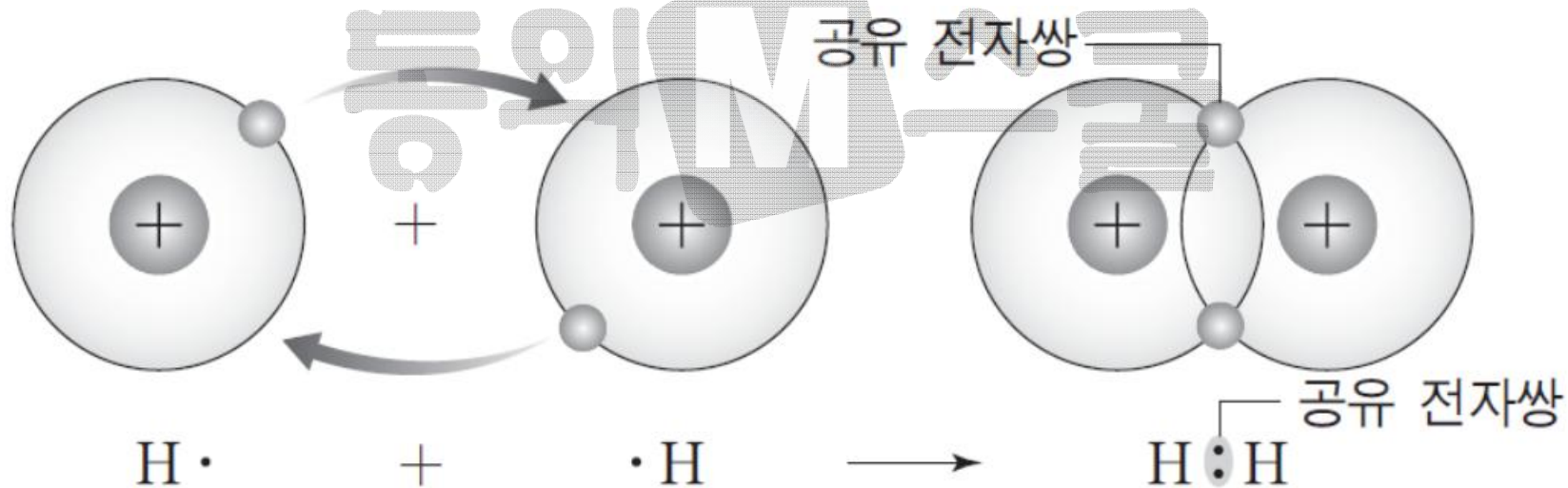
NaCl과 BaO과 같이 이온 간 거리가 비슷해도 Ba^{2+} 과 같이 전하량이 큰 이온 화합물의 녹는점이 더 높다.

2족 원소의 산화물은 이온 간 거리가 짧을수록 녹는점이 높다.

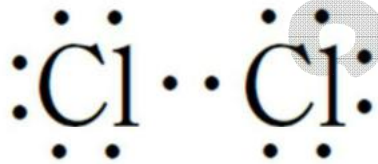
(2) 공유결합

(p.15)

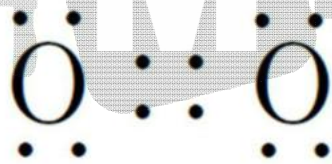
- ① 공유 결합의 형성 : 비금속 원자들이 서로 전자를 제공하여 전자쌍을 만들고 이 전자쌍을 공유함으로써 형성되는 결합을 공유 결합이라고 함. 예 H_2



- 단일 결합 : 1개의 전자쌍을 공유하는 결합. 예 Cl_2
- 이중 결합 : 2개의 전자쌍을 공유하는 결합. 예 O_2
- 삼중 결합 : 3개의 전자쌍을 공유하는 결합. 예 N_2



단일 결합



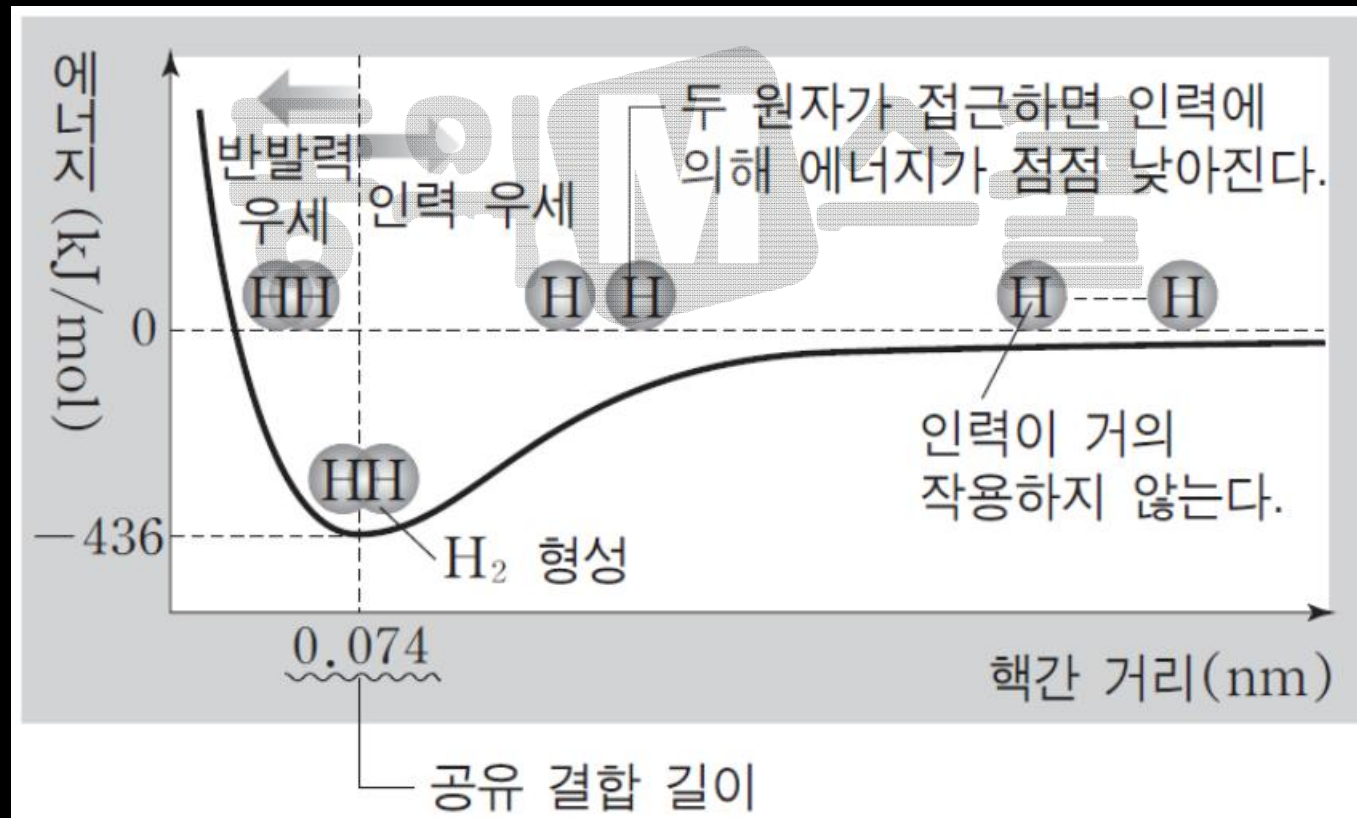
이중 결합



삼중 결합

② 공유 결합의 형성과 에너지 : 두 원자 간의 거리가 가까워지면 두 원자 간 인력과 반발력에 의한 에너지의 합이 최소가 되는 상태에서 결합이 형성됨. 예 H_2

(p.16)



③ 공유 결합에서 결합 길이, 반지름, 결합 에너지

- 공유 결합 길이 : 공유 결합한 원자핵 사이의 거리.
- 공유 결합 반지름 : 동일한 두 원자 간 공유 결합 길이를 2로 나눈 것.
- 공유 결합 에너지 : 두 원자 간 공유 결합을 끊을 때 흡수하는 에너지를 몰당으로 나타낸 것.
- 수소 분자의 공유 결합 길이 : 0.074 nm
- 수소의 공유 결합 반지름 : 0.037 nm
- 수소 분자의 결합 에너지 : 436 kJ/mol

수소 원자 반지름 : 0.052₉ nm

전자는 원자핵 주위를 빠르게 움직이고 있으며, 음전하를 띤다.

동원M스쿨

원자핵 크기
 $10^{-15} \text{ m} \sim 10^{-14} \text{ m}$

원자 크기
 10^{-10} m

원자핵

전자

원자의 중심에는 양전하를 띤 원자핵이 있다. 원자는 전기적으로 중성을 띠므로, 양성자수와 전자 수는 같다.

이온 결합성 화합물	공유 결합성 화합물 (p.16)
1. 높은 녹는점(대체적으로 400 °C 이상)을 갖는 고체다.	1. 낮은 녹는점(대체적으로 300 °C 이하)을 갖는 기체, 액체, 또는 고체이다.
2. 많은 경우 물과 같은 극성 용매에 녹는다.	2. 많은 경우 극성 용매에 녹지 않는다.
3. 대부분 헥세인(C_6H_{14})과 사염화탄소(CCl_4) 같은 무극성 용매에 불용성이다.	3. 대부분 헥세인(C_6H_{14})과 사염화탄소(CCl_4) 같은 무극성 용매에 잘 녹는다.
4. 녹으면, 유동성이 좋은 하전 입자를 가지고 있기 때문에 전도성이 좋다.	4. 액체와 용융된 화합물은 전기를 전도하지 않는다.
5. 금속과 비금속처럼 전기음성도 차이가 큰 두 원소 사이에서 자주 형성된다.	5. 전기음성도가 비슷한 두 원소(보통 비금속) 사이에서 자주 형성된다.



확인 문제

(p.17)

다음 중 이온결합의 일반적인 성질이 아닌 것은?

- ① 녹는점과 끓는점이 낮다.
- ② 용융 상태에서는 전해질이다.
- ③ 극성인 용매에 잘 녹는다.
- ④ 결정성 고체로 휘발성이 없다.

[정답] ① ; 이온 결합성 물질의 녹는점과 끓는점이 매우 높으며, 결정격자를 이루는 고체 화합물로 휘발성이 없다.



확인 문제

(p.17)

전형 금속 원소 X, Y, Z의 이온 반지름의 크기가 $X^+ > Y^+ > Z^{2+}$ 일 때, 세 가지 금속 산화물의 녹는점을 비교한 것 중 옳은 것은?

- ① $X_2O > Y_2O > ZO$
- ② $X_2O > ZO > Y_2O$
- ③ $Y_2O > X_2O > ZO$
- ④ $ZO > X_2O > Y_2O$
- ⑤ $ZO > Y_2O > X_2O$

[정답] ⑤

[설명 : 이온 결합력의 세기와 녹는점, 끓는점]

- ① 이온 결합은 정전기적 인력으로 결합하므로 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 이온 결합력이 커짐. 이온 결합 물질의 녹는점, 끓는점은 이온 결합력의 세기가 클수록 높아짐.
- ② 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높음. 예 $\text{NaCl} < \text{BaO}$
- ③ 이온간 거리가 짧을수록 녹는점이 높음. 예 $\text{NaI} < \text{NaBr} < \text{NaCl} < \text{NaF}$

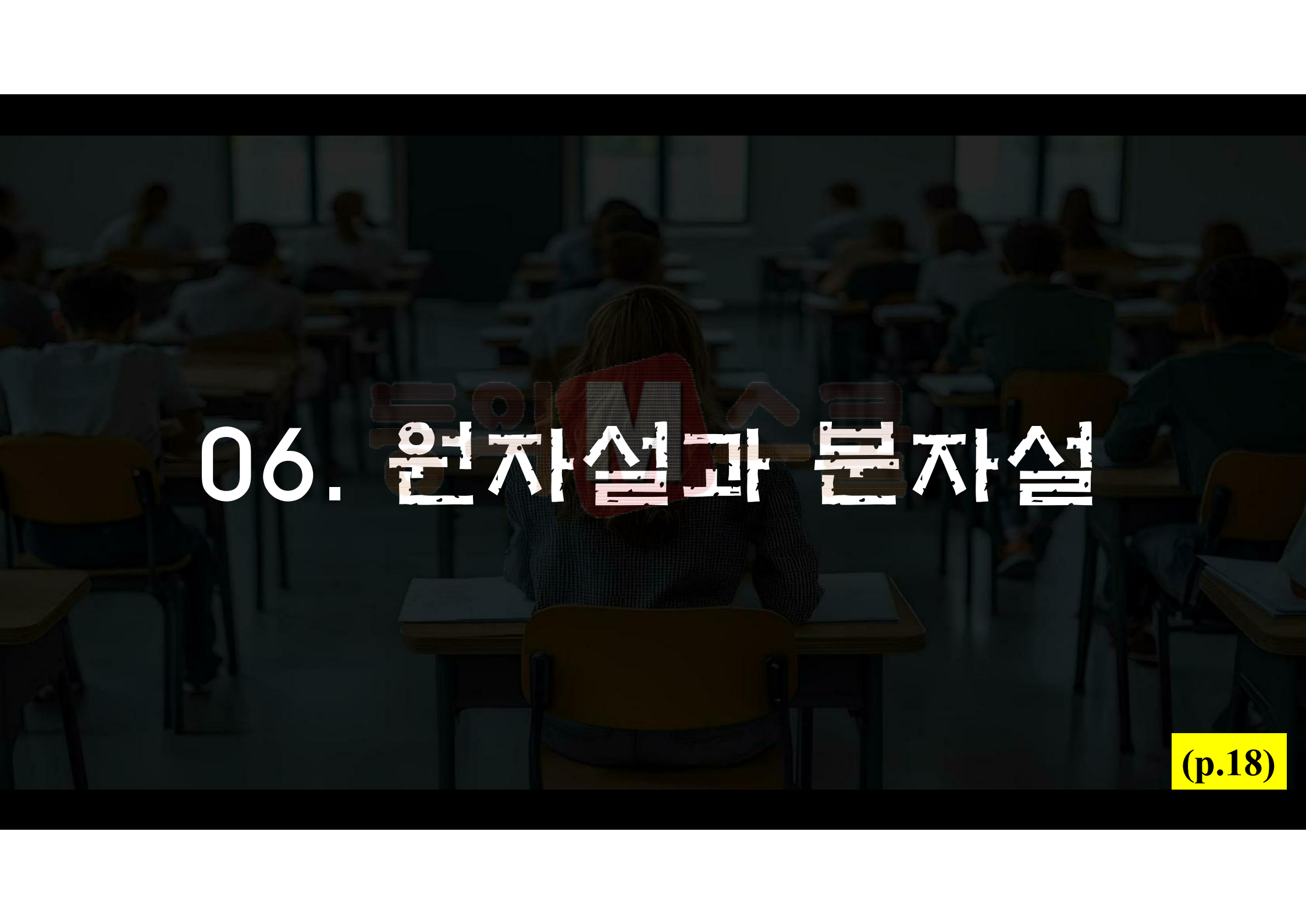
이온 결합 물질	이온간 거리(nm)	녹는점(°C)	이온 결합 물질	이온간 거리(nm)	녹는점(°C)
NaF	0.231	993	MgO	0.210	2853
NaCl	0.276	801	CaO	0.240	2614
NaBr	0.291	755	SrO	0.256	2430
NaI	0.311	661	BaO	0.275	1923

[정답] ⑤

[설명 : 이온 결합력의 세기와 녹는점, 끓는점]

- ① 이온 결합은 정전기적 인력으로 결합하므로 양이온과 음이온 사이의 정전기적 인력이 클수록 이온 결합력이 커짐. 이온 결합 물질의 녹는점, 끓는점은 이온 결합력의 세기가 클수록 높아짐.
- ② 이온의 전하량이 클수록 녹는점이 높음. 예) $\text{NaCl} < \text{BaO}$
- ③ 이온간 거리가 짧을수록 녹는점이 높음. 예) $\text{NaI} < \text{NaBr} < \text{NaCl} < \text{NaF}$

이온 결합 물질	이온간 거리(nm)	녹는점(°C)	이온 결합 물질	이온간 거리(nm)	녹는점(°C)
NaF	0.231	993	MgO	0.210	2853
NaCl	0.276	801	CaO	0.240	2614
NaBr	0.291	755	SrO	0.256	2430
NaI	0.311	661	BaO	0.275	1923

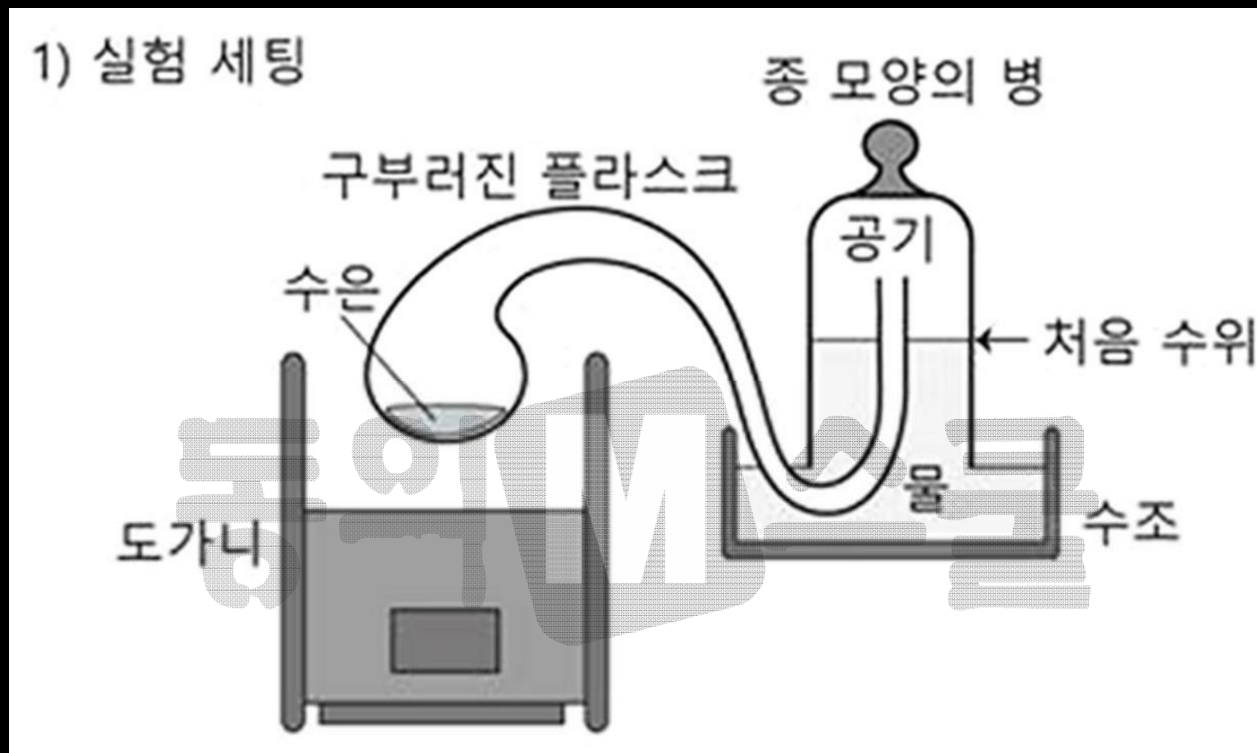


06. 원자설과 분자설

(1) 돌턴의 원자설 이전의 법칙

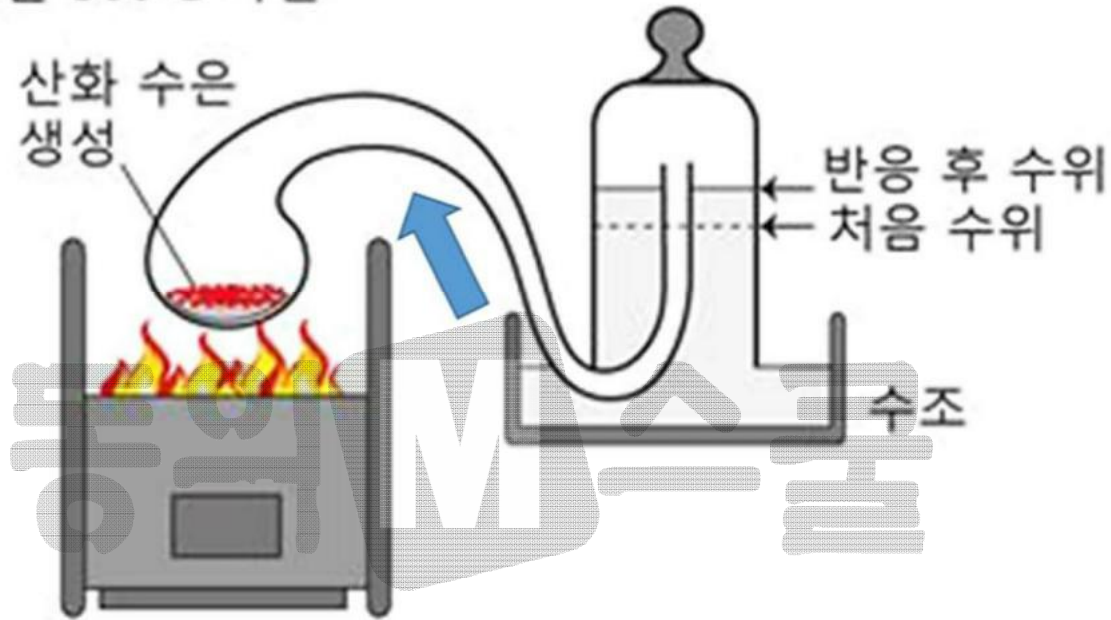
- ① 질량보존의 법칙 : 1774년, 라부아지에, 생성물질 총 질량 = 반응물질 총 질량
- ② 일정 성분비의 법칙 : 1799년, 프루스트, 한 화합물을 구성하는 성분 원소의 질량비는 일정함.





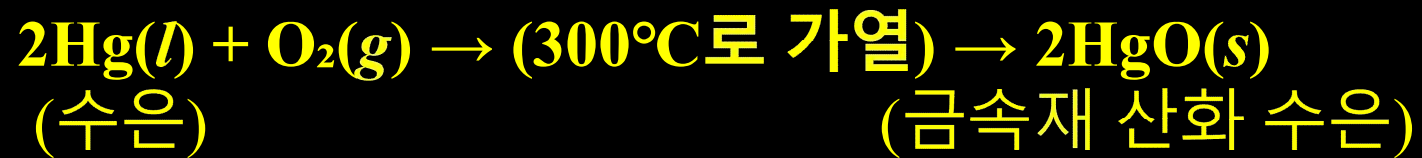
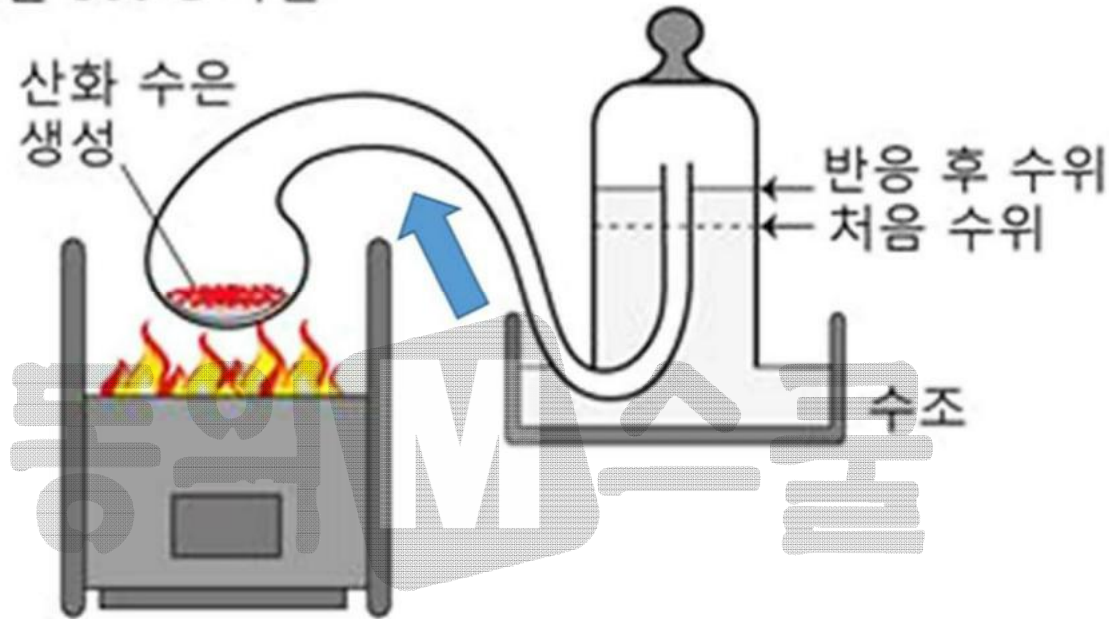
- ① 1774년 라부아지에는
금속이 연소할 때 공기가 흡수된다는 사실을 주목하였다.

2) 수은을 300°C 가열



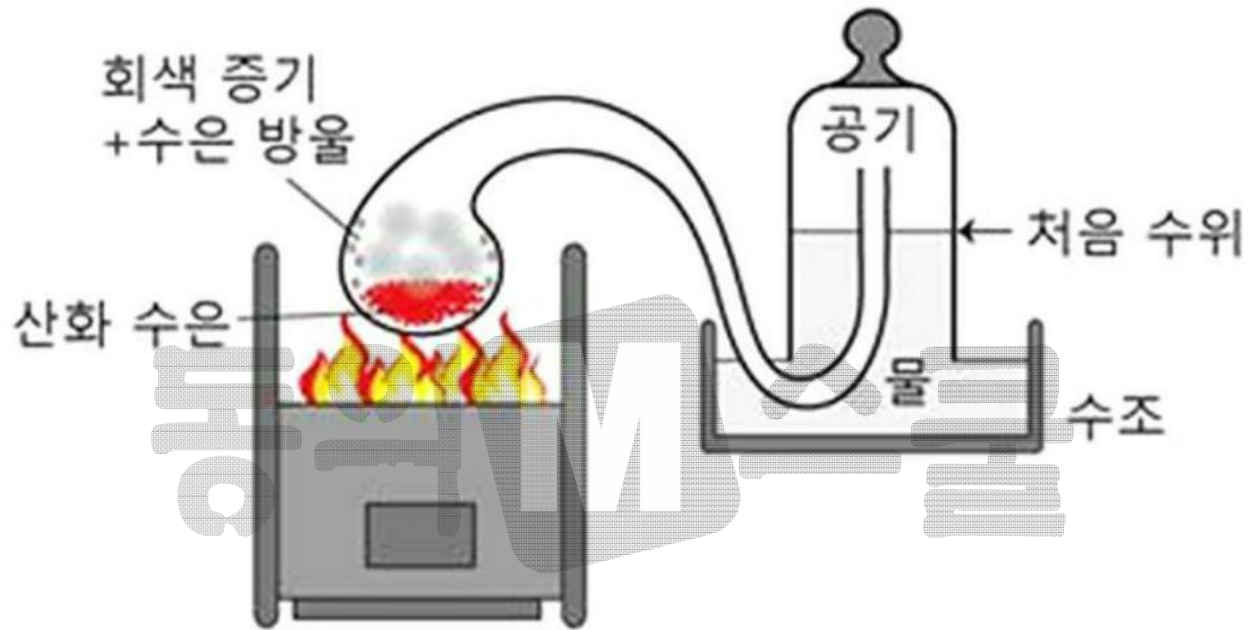
② 라부아지에는 실험 후
질량이 증가하는 원인은 공기의 흡수에 있다고 생각하였다.

2) 수은을 300°C 가열



② 라부아지에 실험 후
질량이 증가하는 원인은 공기의 흡수에 있다고 생각하였다.

3) 산화 수은을 600°C 가열



- ③ 몇 개월 후 라부아지에는 산화 수은(II)($\text{HgO}(s)$)을 작은 유리관에 넣고 가열하여 발생한 기체를 모아 부피를 측정하였다.
- ④ 그 결과 이전에 수은이 연소되면서 줄어들었던 기체의 부피와 거의 같은 양이라는 것과 질량적으로도 거의 같은 양임을 알았다.

- ⑤ 라부아지에는 산화 수은(II)에서 얻은 기체의 이름을 '산소(oxygen)'로 지었다.
- ⑥ 결과적으로 수은이 연소할 때 질량의 증가량은 결합하는 산소의 질량과 같았고, 결합하고 있던 산소는 다시 열분해 결과로 산소 기체가 되었다.



[연습]

다음 중 $2\text{Hg}(l) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{HgO}(s)$ 반응을 연구하면서 산소 기체($\text{O}_2(g)$)를 발견한 학자는?

- ① 돌턴 ② 보어 ③ 라부아지에 ④ 톰슨 ⑤ 아보가드로

✨ 질량 보존 법칙 ✨

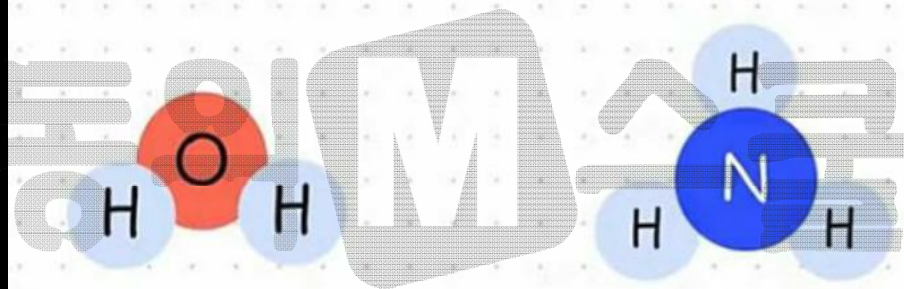
- 1) 화학 변화가 일어날 때 반응물의 총 질량과 생성물의 총 질량은 같다.
- 2) 반응 전후에 질량은 변하지 않는다.
- 3) 화학 변화가 일어날 때 물질을 구성하는 원자의 배열은 달라지더라도 원자의 종류와 수는 변하지 않기 때문이다.
- 4) 질량이 변하는 것처럼 보이더라도 반응물과 생성물을 모두 고려하면 질량이 보존되는 것을 확인할 수 있다. (즉, 미 반응물의 양을 고려함.)

[일정 성분비 법칙] (프루스트)

→ 질량 보존의 법칙을
전제로 함.

✨ 일정 성분비 법칙 ✨

화합물을 구성하는 성분들의 일정한 비율(질량비)



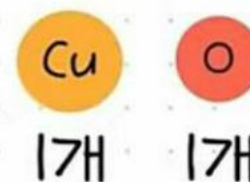
물

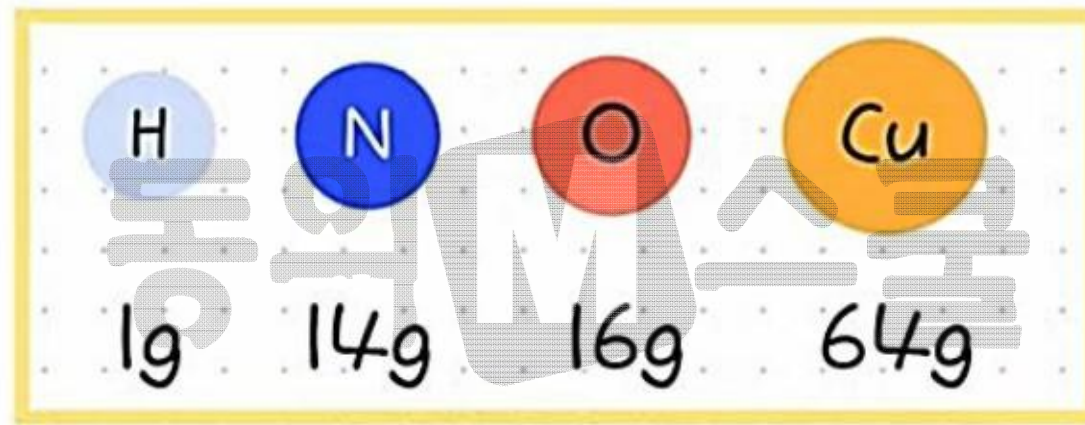


암모니아

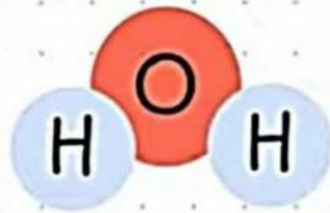


산화 구리





예) 질소 원자와 수소 원자의 질량비는 14:1이다
(1개) (1개)



H	N	O	Cu
1g	14g	16g	64g

개수비



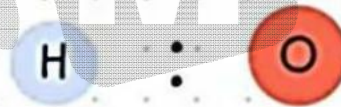
2개 : 1개

$1g \times 2개$

$= 2g$

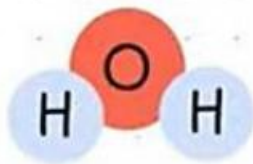
16g

질량비



2g : 16g = 1 : 8 의 질량비로 결합!

→ 물 분자를 구성하는 수소와 산소의 질량비는 1:8



질량비



= 1 : 8 의 질량비로 결합!

$$0.2g \times 8 = 1.6g$$

ex) 수소 0.2g과 산소 2g을 반응시키면?



변화 전
총 질량 : 2.2 g



수소 0.2g과 산소 1.6g이 반응해서 물 1.8g을 만들고, 산소는 0.4g이 남음



1g

14g

16g

64g

어느 한 물질이
모두 반응하여 없어지면
다른 물질이 남아 있더라도
반응이 일어나지 않는다.

변화 후 총 질량 : 2.2 g

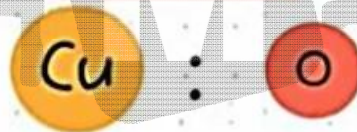


H	N	O	Cu
1g	14g	16g	64g

개수비



질량비



64g : 16g = 4 : 1 의 질량비로 결합!

→ 산화 구리를 구성하는 구리와 산소의 질량비는 4:1임.

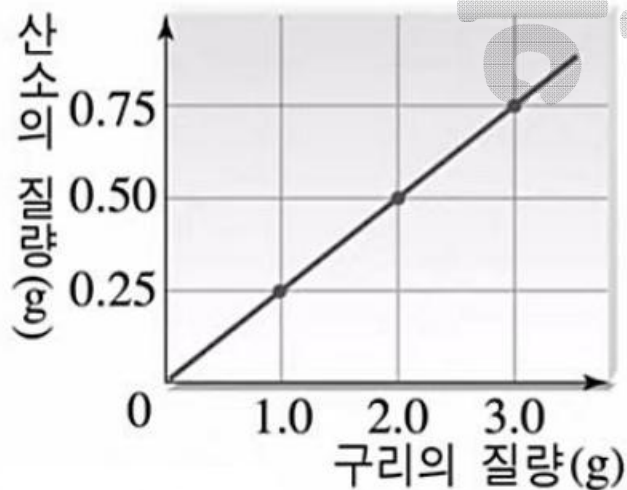


질량비



= 4 : 1 의 질량비로 결합!

H	N	O	Cu
1g	14g	16g	64g



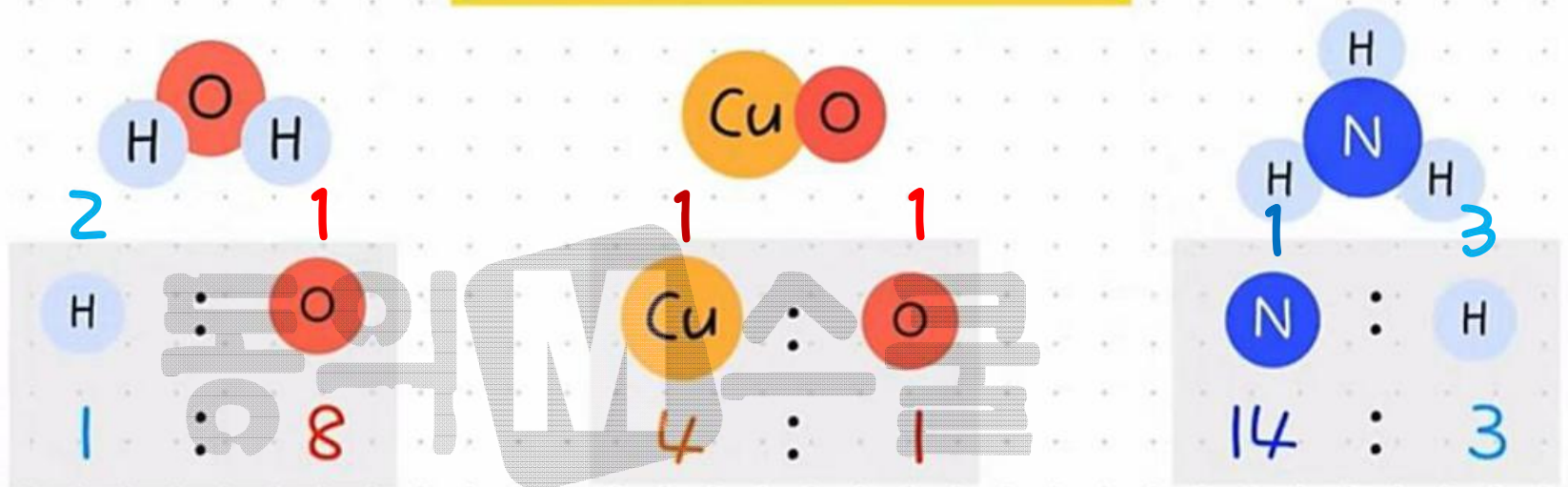
산화 구리를 만들기 위한



구리의 질량과 산소의 질량의 관계가

4 : 1 이다.

✨ 일정 성분비 법칙 ✨



화합물을 이루는 원소들 사이에는 일정한 질량비가 있다.

H	N	O	Cu
1g	14g	16g	64g

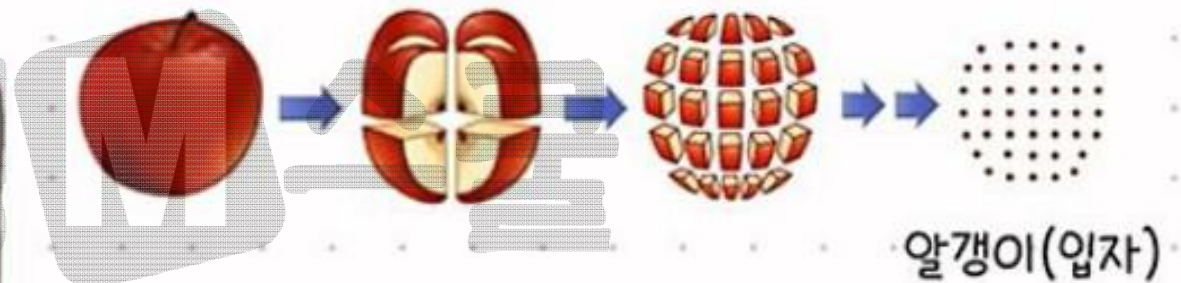
원자수 비

질량비

① 데모크리토스의 '입자설' (돌턴의 원자설 이전)



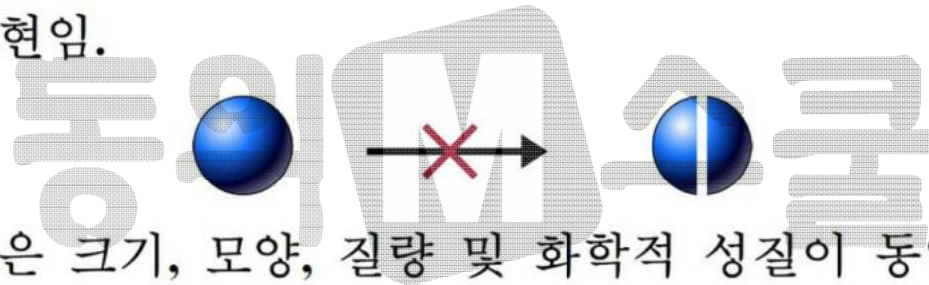
데모크리토스



(2) 돌턴의 원자설

① 원소는 극단적으로 작고, 더 이상 나뉘질 수 없는 원자라 불리는 입자들로 구성됨.

⇒ ①의 주장은 현재 원자의 아원자(원자핵, 전자)의 발견으로 더 이상 나뉘지지 않는다는 것은 잘못된 표현임.

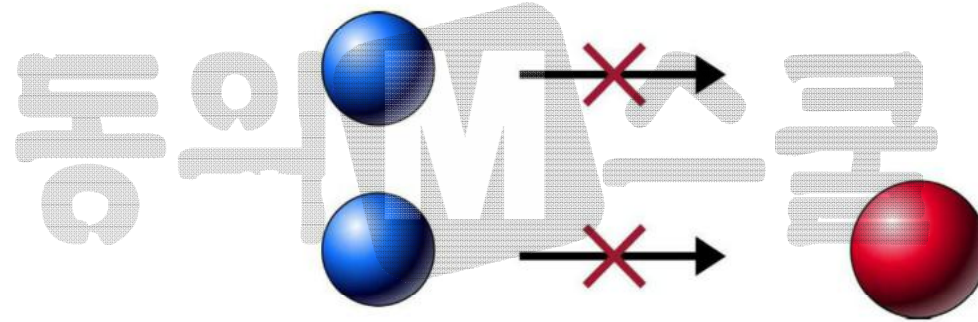


② 주어진 원소의 원자들은 크기, 모양, 질량 및 화학적 성질이 동일함.

③ 서로 다른 원소들은 다른 종류의 원자로 되어 있으며 특히 이 원자들은 크기, 모양, 질량 및 화학적 성질이 다름.

⇒ ②와 ③의 주장은 현재 동위원소의 발견으로 같은 원소라도 화학적 성질은 같지만 물리적 성질(질량)이 서로 다를 수 있기 때문에 잘못된 표현임.

④ 원자들은 창조되거나 파괴되지 않으며, 다른 원소의 원자들로 변환되지 않음.



⑤ 다른 원소들의 원자들이 작은 정수비로 결합할 때 화합물이 생성됨.

(p.18)

돌턴의 원자설과 수정되어야 할 내용

① 모든 물질은 더 이상 쪼갤 수 없는 원자라는 작은 알갱이로 구성되어 있다.

↳ 원자는 원자핵과 전자로 나뉘며, 핵분열에 의해 쪼개질 수 있다.

② 같은 원소의 원자는 크기, 모양, 질량 및 성질이 모두 같다.

↳ 같은 원소라도 질량이 다른 동위 원소가 존재한다. **(질량 보존의 법칙)**

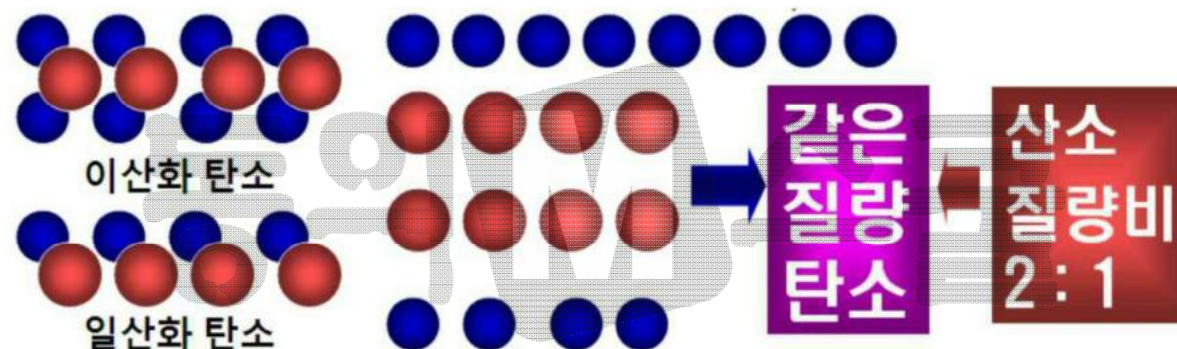
③ 화학 변화가 일어날 때 원자들은 새로 생겨나거나 없어지지 않는다. 

↳ 핵융합과 핵분열 반응에 의해 새로 생겨나거나 없어질 수 있다.

④ 화합물은 한 원자가 다른 원자와 **일정한 비율**로 결합하여 생긴다.

 **질량비(일정 성분비의 법칙)**

- ⑥ 주어진 화합물 내에서, 원자들의 상대적인 개수와 종류는 일정함.
- ⑦ 배수 비례의 법칙 : 두 원소가 결합하여 두 가지 이상의 화합물을 만들 때, 한 원소의 일정량과 결합하는 다른 원소의 질량 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 법칙임. 단, 2성분 원소 화합물에만 적용됨. 예 CO와 CO₂ / 예 NO, NO₂ 및 N₂O

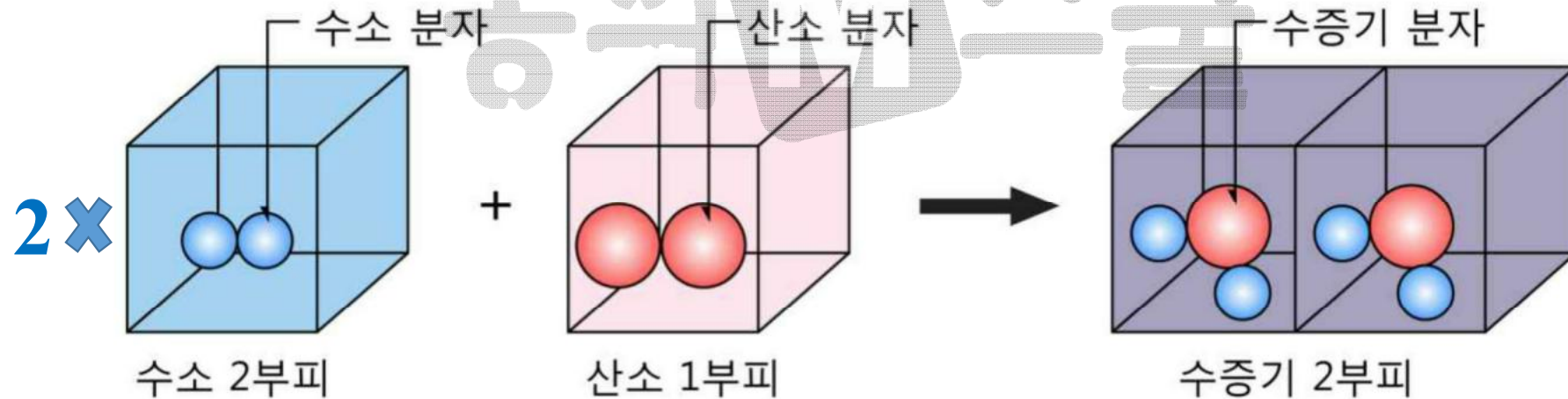


화학식	NO	NO ₂	N ₂ O
N와 O의 질량비	14 : 16	14 : 32	28 : 16
	7 : 8	7 : 16	7 : 4
	28 : 32	14 : 32	56 : 32
O의 최소 질량비	2	4	1
N의 최소 질량비	2	1	4

(2) 분자설

(p.19)

- ① 게이뤼삭의 기체반응의 법칙 : 같은 온도 같은 압력에서 기체와 기체가 반응하여 새로운 기체가 생성될 때 반응하는 기체와 생성되는 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다는 법칙임. 원자설로는 기체 반응의 법칙을 설명할 수 없음.



▼수소와 산소가 반응하여 수증기를 만드는 반응 모형

그림 1: 수소 원자 2 개와 산소 원자 1 개가 반응하여 수증기 2 개를 만들 때



원자는 더 이상 나누어지지 않는다는 사실에 위배된다.

그림 2: 수증기의 산소 원자가 쪼개지지 않게 할 때



산소와 수소, 수증기의 부피비가 2 : 1 : 2라는 사실에 위배된다.

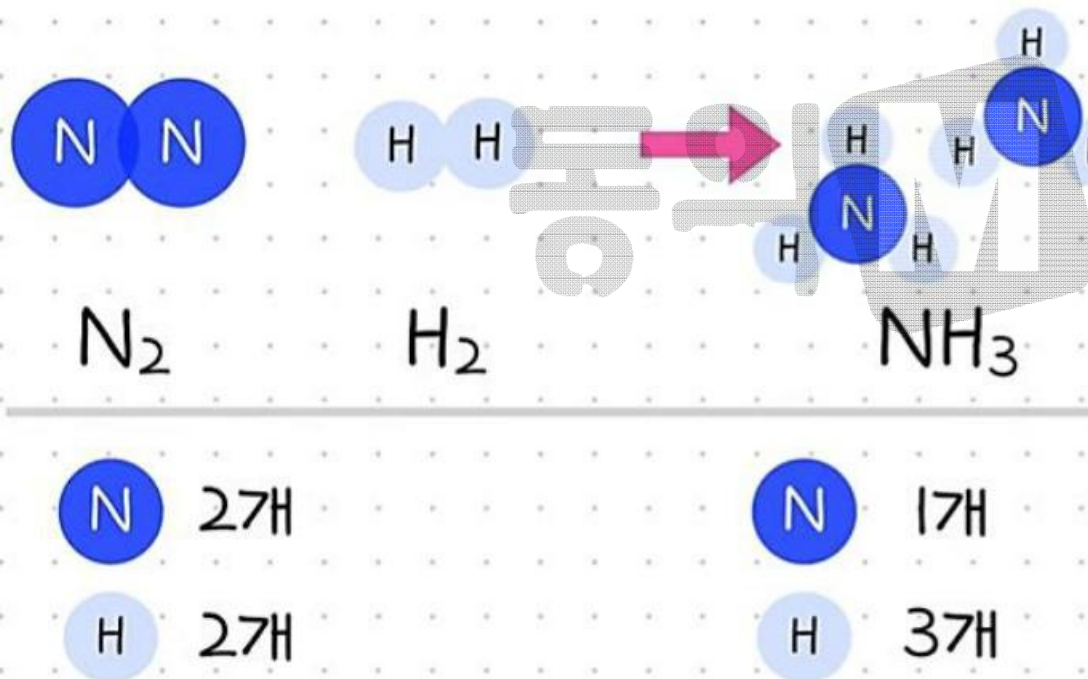
그림 3: 수소 분자 2 개와 산소 분자 1 개와 반응하여 수증기 2 개를 만들 때



분자 개념을 이용하면 모든 사실을 잘 설명할 수 있다.

[기체 반응의 법칙]

질소 기체(N_2)와 수소 기체(H_2)가 반응하여 암모니아(NH_3)가 생성된다.



1. 분자 모형 생각해보기

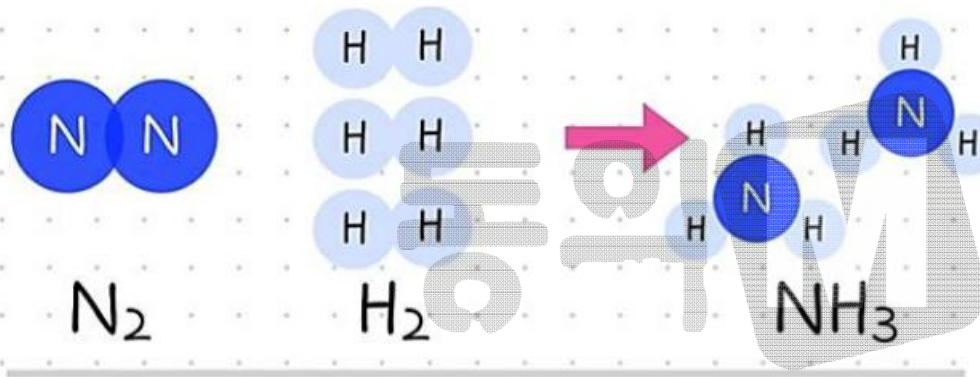
2. 원소기호를 이용하여
분자들을 화학식으로 적는다.

3. 반응 전과 후에 원자들의 수가
동일하도록 맞춘다.

계수 맞추는 순서 Tip
분자 구조에서 중심에 있는 원자부터!!

[기체 반응의 법칙]

질소 기체(N_2)와 수소 기체(H_2)가 반응하여 암모니아(NH_3)가 생성된다.



N 2개

H ~~2개~~ 6개

N ~~1개~~ 2개

H ~~3개~~ 6개

1. 분자 모형 생각해보기

2. 원소기호를 이용하여
분자들을 화학식으로 적는다.

3. 반응 전과 후에 원자들의 수가
동일하도록 맞춘다.

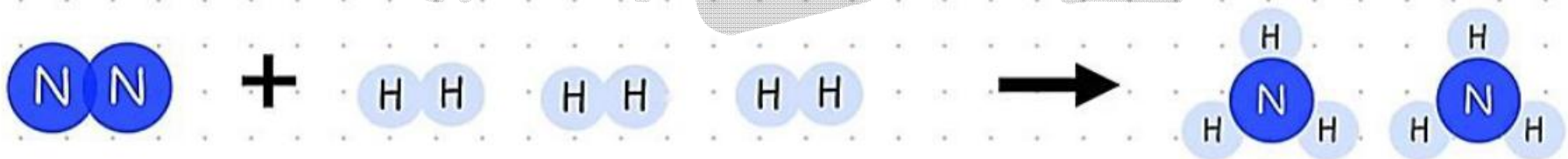
계수 맞추는 순서 Tip
분자 구조에서 중심에 있는 원자부터!!



[기체 반응의 법칙]

✨ 기체 반응의 법칙 ✨

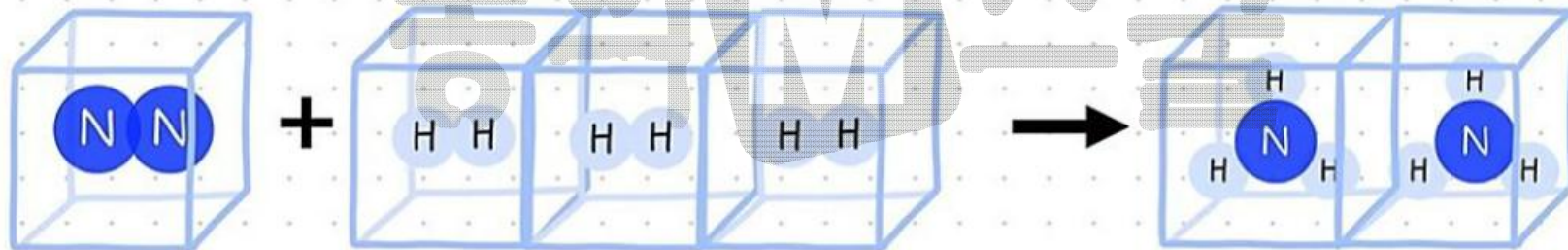
(일정한 온도와 압력에서) 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때
각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다.



[기체 반응의 법칙]

✨ 기체 반응의 법칙 ✨

(일정한 온도와 압력에서) 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때
각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다.



부피비

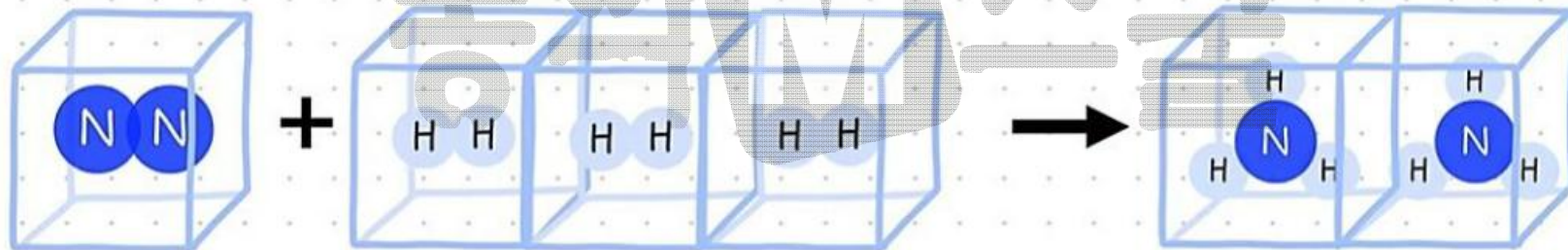


$$= 1 : 3 : 2$$

[기체 반응의 법칙]

✨ 기체 반응의 법칙 ✨

(일정한 온도와 압력에서) 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때
각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다.



개수비

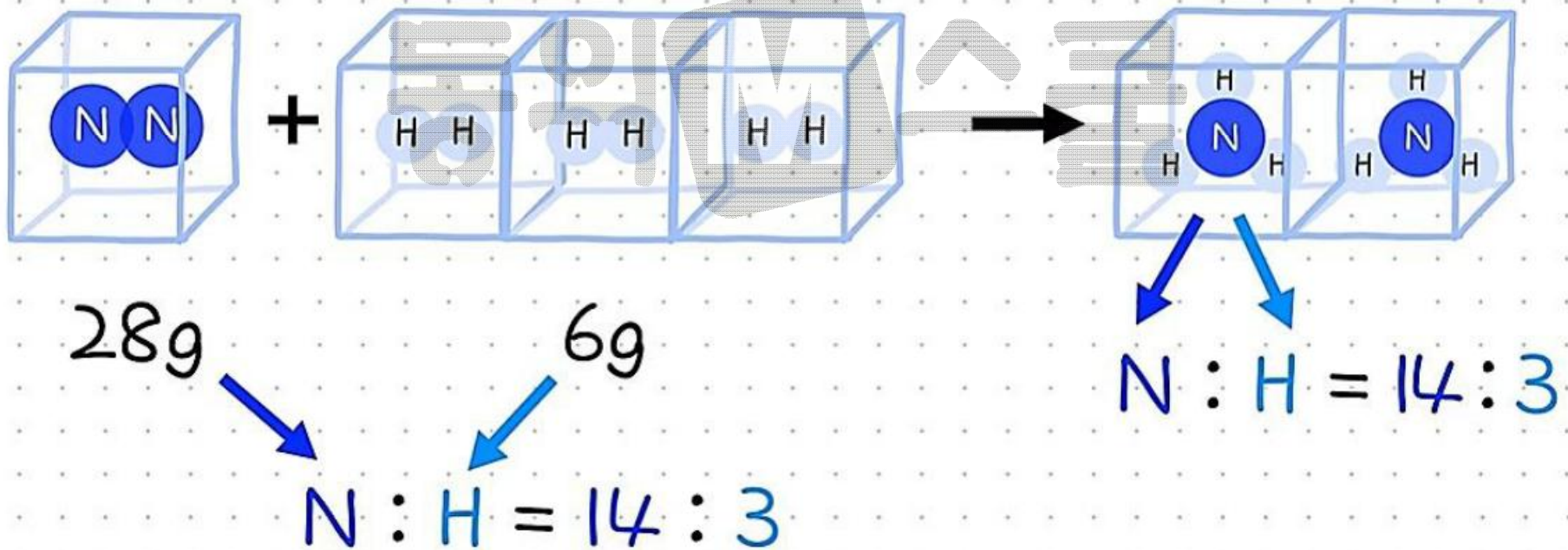


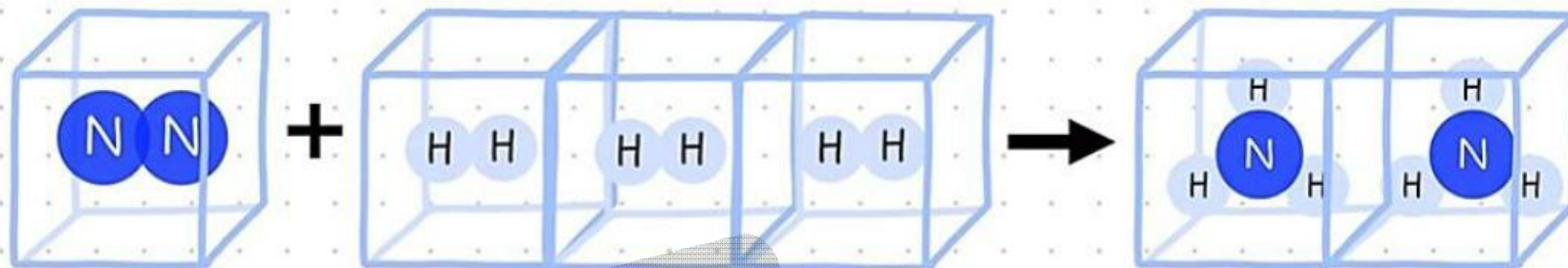
$$= 1 : 3 : 2$$

✨ 일정 성분비 법칙 ✨

H	N	O	Cu
1g	14g	16g	64g

화합물을 이루는 원소들 사이에는 일정한 질량비가 있다. 34g

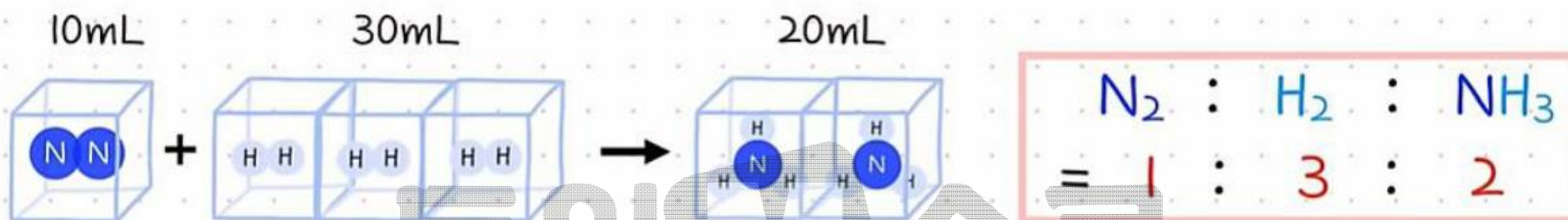




동익 M 스쿨

개수비	1	3	2
부피비	1	3	2
질량비	14(28g)	3(6g)	17(34g)

✨기체 반응의 법칙✨



(일정한 온도와 압력에서) 기체가 반응하여 새로운 기체를 생성할 때

각 기체의 부피 사이에는 간단한 정수비가 성립한다.

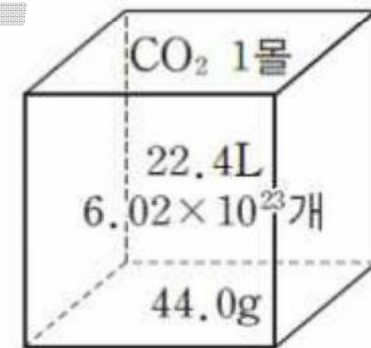
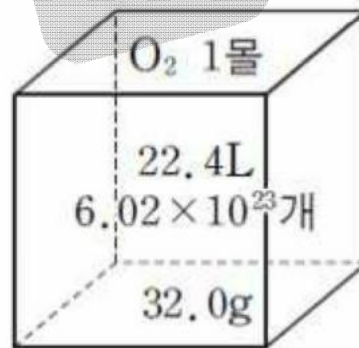
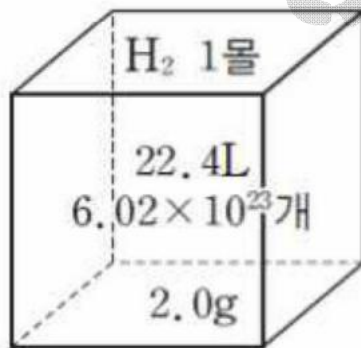
→ 반응물과 생성물의 부피비는 화학반응식에서의 계수비와 동일하다.

1) 반응물과 생성물의 부피비 파악하기

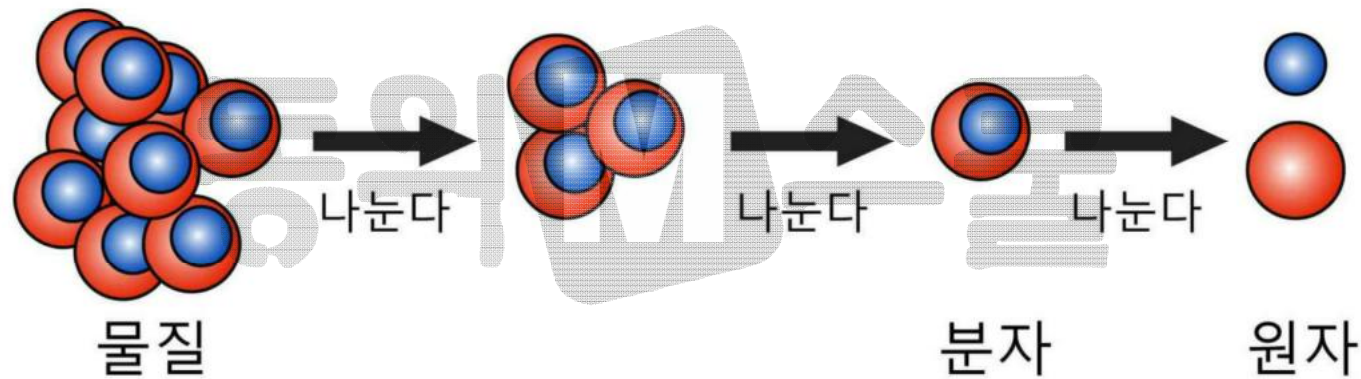
2) 반응물의 부피가 얼마나 필요한지? 생성물의 부피는 얼마인지?

② 아보가드로의 분자설 : 동일한 온도와 압력조건에서 동일한 부피 속에 존재하는 기체 입자의 수는 기체의 종류에 상관없이 일정하다는 법칙임.

- 기체 1몰의 부피 : 기체 1몰은 기체의 종류에 관계없이 표준 상태(0°C , 1기압)에서 22.4 L의 부피(표준 몰 부피)를 차지한다. 따라서 기체의 몰수는 0°C , 1기압에서 기체의 부피를 22.4 L로 나눈 값과 같다.



- 물질은 원자의 집합체인 분자로 이루어져 있으며 분자 상태로 그 물질의 특성을 가짐.



- 분자가 반응하여 원자상태로 되면 그 물질의 특성을 잃어버림.



확인 문제

(p.19)

다음에서 설명하고 있는 물질의 분자식은?

- 구성 원소는 질소와 산소이다.
- 물질 한 분자를 구성하는 원자의 총 수는 3개이다.
- 물질을 구성하는 질소 원자와 산소 원자수의 비는 1:2이다.

① NO ② NO₂ ③ N₂O ④ N₂O₄ ⑤ N₂O₅

[정답] ② ; 질소 원자와 산소 원자 수의 비가 1:2인 분자는 NO₂와 N₂O₄이다. 이 중에서 3원자 분자는 NO₂이다.



확인 문제

(p.20)

과산화수소(H_2O_2)는 항상 수소와 산소의 질량비가 1:16이다. 이를 설명하는 법칙은 무엇인가?

- ① 질량보존의 법칙
- ② 일정성분비의 법칙
- ③ 배수비례의 법칙
- ④ 기체반응의 법칙

[정답] ②

- ① $\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2$ 의 화학반응에서 화합물의 질량은 반응 전후에 동일하다.
- ② 동일한 화합물은 항상 동일한 원소의 질량비를 갖는다.
- ③ 두 원소가 결합하여 두 가지 이상의 화합물을 만들 때 두 원소의 질량비들 간에 정수비가 성립한다.



확인 문제

(p.20)

Dalton의 원자론으로 설명할 수 없는 것은?

- ① 이산화탄소를 구성하는 탄소와 산소의 질량비는 항상 3:8이다.
- ② 화학 반응에서 반응 전후의 질량의 합은 일정하다.
- ③ 질소 1 부피와 수소 3 부피가 반응하면 암모니아 2부피가 된다.
- ④ 일산화탄소와 이산화탄소에서 일정량의 탄소와 결합하는 산소의 질량비는 1:2이다.

[정답] ③

- ① 일정 성분비의 법칙(프루스트)
- ② 질량보존의 법칙(라부아지에)
- ③ 기체반응의 법칙(게이뤼삭)
- ④ 배수비례의 법칙(돌턴)