

1. 원자, 분자, 그리고 이온

1.1. 원자와 분자에 관한 법칙

(1) 질량 보존 법칙(Law of conservation of mass)

화학 반응이 일어날 때 반응 전 반응물 질량을 더한 값은 반응 후 생성물 질량을 더한 값과 같다.

(2) 일정 성분비 법칙(Law of definite proportion)

반응 경로나 조건 등과 상관없이 같은 화합물이면 구성 원소의 질량비가 일정하다.

(3) 배수 비례 법칙(Law of multiple proportion)

두 가지 원소로 여러 화합물을 만들 수 있을 때 한 원소 일정량에 대응하는 상대 원소 질량이 간단한 정수비를 이룬다.

(4) 게이 뤼삭 법칙(기체 반응 법칙)

일정 온도와 압력에서 반응하는 기체와 생성 기체들의 부피는 간단한 정수비를 만족한다.

(5) 아보가드로 법칙

온도와 압력이 같을 때 같은 부피를 가진 서로 다른 기체들은 같은 입자(분자) 수를 가진다.

(6) 원소 표시법

$${}_Z^AX^{q\pm}$$

Z : 원자 번호 = 양성자 수 = 중성 원자의 총 전자 수

A : 질량수 = (양성자 수)+(중성자 수), $q\pm$: 이온의 전하

(7) 동위원소, 동소체

- 동위원소(isotope) : 원자 번호는 같으나 질량수가 다른 원소들을 말한다. 화학적 성질은 동일하지만 물리적 성질이 다르다.
- 동소체(allotrope) : 같은 원소로 이루어진 홑원소 물질로 원자 배열, 분자 조성 등이 달라 서로 다른 물질들이다.

1.2. 원자 구조와 원자 모형의 발전

(1) 음극선관 실험과 전자 발견

톰슨은 음극선관 실험을 통해 의해 음극선은 질량을 가졌으며 (-)로 대전되었고 모든 원자에 공통으로 존재하는 입자인 전자의 존재를 알게 되었다. 음극선관 실험 결과로부터 ‘푸딩에 건포도가 듬성 듬성 파묻혀 있듯이 원자는 (+)로 대전된 공에 (-) 전기를 띤 전자가 들어 있다’고 생각하였다.

(2) 알파선 산란 실험과 원자핵 발견

러더퍼드의 α 선 산란 실험에서 다음과 같은 결론을 내린다.

- 원자는 대부분 빈 공간이다.
- 원자 대부분의 질량, (+)로 대전된 작은 입자가 중심에 존재하며, 이것을 원자핵(핵)이라 한다.

러더퍼드는 이런 근거로부터 원자 모형을 ‘원자 가운데에 핵이 있고 둘레에 전자가 원운동을 하는 태양계 모형 (행성 모형)이며, 구심력은 핵과 전자 사이의 전기적 힘이다’라고 제안한다.

(3) 보어 모형

보어는 러더퍼드 모형이 가지는 한계점을 극복하기 위해 다음과 같은 가정을 도입한다.

- 전자가 일정한 준위를 가진 전자 껍질을 돌 때는 에너지를 잃거나 얻지 않는다.
- 에너지 준위가 다른 전자 껍질로 전자가 이동할 때 빛 에너지를 흡수하거나 방출한다.

이로부터 ‘일정한 에너지 준위를 가져 불연속적인 전자 껍질이 핵 주위에 존재하고, 전자가 이들 전자 껍질 사이에서 전이하며 빛에너지를 흡수하거나 방출한다’고 설명함으로써 보어는 수소 원자에서 관찰되는 선 스펙트럼을 정확하게 기술할 수 있었다.

(4) 현대적 원자 모형

보어 모형은 전자가 가지는 파동성 때문에 전자가 1개인 입자(원자, 또는 이온)에 대해서는 매우 정확하게 실험적 결과를 설명할 수 있지만, 전자가 2개 이상인 경우에는 잘 맞지 않는다. 슈뢰딩거는 전자에 대해 ‘일정한 궤도를 따라 움직이는 작은 입자’라는 개념을 버린 다음, 전자의 파동성¹⁾에 관심을 가지고 현대의 원자 모형인 ‘오비탈 모형’을 제안했다. 오비탈에 관한 파동 방정식을 풀어 파동함수(ψ , 오비탈(=orbital))를 구하고 이로부터 핵 주위에서 전자를 발견할 확률 밀도로 설명하는 방법이 현대적 모형이며, ‘전자 구름 모형’이라고도 한다.

1.3. 화학 양론

(1) 원자량

- 원자의 질량에 주로 영향을 미치는 입자는 양성자와 중성자로 양성자와 중성자는 질량비가 거의 1:1이지만, 전자는 약 0.0005 정도로 무시할 만큼 작다. 원자량은 $^{12}\text{C} = 12.00\text{amu}^{2)}$ 로 정하여 상대적 비교값으로 나타낸다.

$$1\text{amu} = \frac{\text{한 } ^{12}\text{C 원자 질량}}{12} = 1.660\,539 \times 10^{-24}\text{g}$$

- 평균 원자량은 동위원소의 원자량을 평균한 값이며, 어떤 물질을 구성하는 원소는 그 동위원소를 항상 일정한 비율로 포함하므로 평균 원자량을 적용한다.

(2) 화학식량, 분자량

구성 원자의 원자량을 모두 더한 값으로 그 화합물이나 분자의 화학식량, 또는 분자량이라 부른다.

(3) 몰의 정의

- ^{12}C 원자 12.00g 속에 들어 있는 탄소 원자 수를 1몰로 정하고 그 수를 아보가드로 수(N_0)라 부르며 6.022×10^{23} 개다.
- 몰질량(g/mol)은 원자나 분자, 또는 화합물 1몰의 질량이고, 크기는 화학식량과 같다.
- 어떤 물질의 몰질량에 몰수를 곱하면 그 물질의 질량이 되므로 다음과 같은 관계를 만족한다.

1) 전자는 음전하로 대전된 입자이지만, 동시에 파동의 성질도 가지고 있다. 자연계에 존재하는 물질은 입자적 성질과 동시에 파동적 성질도 가지고 있으므로 물질을 파동으로 해석할 때 ‘물질파’라는 개념을 도입해 설명한다.

1. 2) amu는 atomic mass unit를 뜻하며 Da(Dalton)이라고도 한다. 1 amu의 크기는 ^{12}C 질량의 1/12이며 $1.66 \times 10^{-27}\text{kg}$ 이다.

$$\text{원자 몰수} = \frac{(\text{질량 g})}{(\text{원자량 g/mol})}, \quad \text{분자 몰수} = \frac{(\text{질량 g})}{(\text{분자량 g/mol})}$$

(4) 표준 상태와 기체 부피

표준 상태³⁾는 0°C, 1기압(1atm)을 말하며 이 상태를 STP라고 한다. STP에서 모든 기체는 기체 종류와 관계없이 1 mol 부피가 22.4 L이다.

(5) 화학 반응식 완성

반응식은 반응물 화학식을 왼쪽에, 생성물 화학식을 오른쪽에 쓰고 반응물과 생성물의 원소와 원자 수가 서로 같게 조절하여 반응 계수를 결정한다. 반응 계수비는 다음과 같은 의미를 내포한다.

- 기체 반응에서 반응에 관여하는 기체 부피비는 반응 계수비와 같다.
- (반응 계수비)=(반응 몰수비)

(6) 화학 반응식의 이용

반응식을 완성하고 반응 계수는 반응물과 생성물의 몰수 비를 반영한다는 점을 이용해 질량, 부피, 또는 몰수를 반응식에서 직접 계산한다. 어느 반응물이 화학량론적인 양보다 일방적으로 많을 때 그것을 과량 반응물, 이보다 적은 반응물을 한계 반응물이라 한다.

1.4. 알짜 이온 반응식

(1) 반응식의 상태 표시

반응식에 사용하는 물질에 대한 상태는 화학식 옆에 괄호를 써서 기체는 g, 액체는 l, 고체는 s, 수용액은 aq로 나타낸다.⁴⁾

(예) $\text{H}_2(\text{g})$, $\text{H}_2\text{O}(\text{l})$, $\text{NaCl}(\text{s})$, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$

(2) 알짜 이온과 구경꾼 이온

수용액 반응에서 반응 전과 후에 변함없이 수용액 상태로 유지되는 이온을 ‘구경꾼 이온’이라 하고, 반응에 실제로 관여한 이온을 ‘알짜 이온’이라 한다.

(3) 물에 잘 녹는 이온(수용성 이온)

- 1) 수용성 양이온 : NH_4^+ , 알칼리 금속 이온은 물에서 수화하기 쉽기 때문에 물에 잘 녹는다.
- 2) 수용성 음이온 : CH_3COO^- , NO_3^- , ClO_4^- 및 할로젠화 이온(다음의 양금 생성 사례 제외)은 물에서 쉽게 수화한다.

(4) 양금 생성 물질

- 1) Cl^- , Br^- , I^- : Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Ag^+
- 2) SO_4^{2-} : Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Ag^+
- 3) CO_3^{2-} : Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Pb^{2+} , Hg_2^{2+} , Ag^+

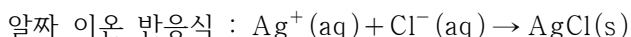
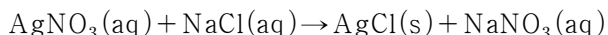
3) 열역학 계산에서는 25°C, 1기압을 표준 상태로 사용한다.

4) g는 gas, l은 liquid, s는 solid, aq는 aqueous solution을 뜻한다.

- 4) PO_4^{3-} : 대부분 물에 안 녹는다. (알칼리 금속 이온, NH_4^+ 제외)
 5) S^{2-} : 대부분 물에 안 녹는다. (알칼리 금속 이온, NH_4^+ , 알칼리 토금속 이온 제외)
 6) OH^- : Be^{2+} , Mg^{2+} 이온을 제외한 1, 2족 금속 이온과 결합한 수산화물은 수용성이고 그밖의 것들은 대부분 물에 녹지 않는다.

(5) 알짜 이온 반응식

반응식에서 구경꾼 이온을 제외한 나머지 화학종들에 의한 반응식을 알짜 이온 반응식이라 한다.



1.5. 이온성 화합물의 화학식과 명명

- ① 이성분 이온성 화합물을 부를 때 영어명으로는 양이온을 먼저 부르고 음이온은 원소 뒤에 -ide를 붙여 읽고, 우리말 이름은 음이온 이름 뒤에 '-소' 대신 '-화'를 붙인 다음 양이온을 읽는다.
- ② 한 금속이 2가지 이상의 양이온을 만들 수 있을 때⁵⁾는 이름 뒤에 괄호 속에 로마 숫자로 양이온 전하를 나타낸다.
- ③ 이성분 분자성 화합물의 명명법 : 이온성 화합물처럼 양성 원소는 원소명 그대로 부르고 음성⁶⁾ 원소명에 -ide를 붙여 부른다.
- ④ 비금속은 다른 비율로 화합하여 다른 화합물을 만드는 경우가 있으므로 그 원소의 수를 나타내는 접두사 (mono-, di-, tri-, ...)를 붙인다.
- ⑤ 다원자 이온을 가진 화합물의 명명법
 - 수산화(OH^-), 싸이안화(CN^-), 과산화(O_2^{2-})는 -화(-ide)로 끝나고 이외에는 산소산 음이온으로서 -ite(아-산), -ate(-산)으로 끝난다.
 - 옥소 음이온(oxoanion, 산소산 음이온)은 기준산 이온보다 산소 수가 1개 적으면 -ite, 2개 적으면 hypo-ite(하이포아-산)를 붙이고, 산소 수가 많으면 per-ate(과-산)을 붙인다.
 - 옥소 음이온에 수소가 결합한 경우 -산 수소(hydrogen -ate, 또는 접두사 bi-)를 붙인다.

5) 대부분의 전이 금속은 2가지 이상의 양이온을 만드는 능력이 있다. 전형 원소의 경우도 그런 예가 종종 있다. SnCl_2 는 염화 주석(II), SnCl_4 는 염화 주석(IV)다.

6) 전기 음성도가 큰 원소는 전자쌍을 더욱 끌어당겨 음성을 띤다. 전기 음성도 서열은 F, O, N, Cl, Br, C ...와 같은 순서다. 주기율표에서 왼쪽, 아래로 갈수록 전기적 양성, 오른쪽, 위로 갈수록 전기적 음성이 증가한다.

[연습문제]

1. 원자가 존재한다는 것은 단순한 믿음이 아닌 충분한 논리적 근거를 가져야 한다. 즉, 이론은 실험으로 검증되고 수정되어야 한다는 것이다. 다음 중, 원자와 분자의 존재를 보여주는 중요한 증거에 해당하지 않는 것은?
 - ① 원소들이 한 화합물을 만들 때 일정한 질량비로 반응한다.
 - ② 모든 화학 반응에서 반응 전과 후의 물질의 양은 동일하다.
 - ③ 화합물을 쪼개다 보면 더 이상 쪼개지지 않는 최소 입자인 원자를 얻을 수 있다.
 - ④ 일정 압력 하에서 수소 기체와 염소 기체가 1 : 1로 반응하면 염화수소가 같은 부피로 생긴다.
2. 수소 원자에는 핵을 구성하는 양성자가 1개 있고 핵 바깥에 전자가 1개 있다. 다음 설명 중 옳은 것은?
 - ① 양성자와 전자의 질량비가 거의 같다.
 - ② 양성자와 중성자는 질량비가 거의 같다.
 - ③ 양성자와 전자의 전하비는 약 2000 : 1이다.
 - ④ 중성자와 전자의 전하비는 거의 같다.
3. 알루미늄은 염산이나 NaOH 수용액과 모두 반응해 수소를 발생시키는 양쪽성 원소이다. 알루미늄(원자량 = 27.0g/mol) 3.0g을 충분한 염산과 반응시켜 발생하는 수소를 표준상태에서 측정하면 부피가 얼마인가?
 - ① 373mL ② 747mL ③ 3.73L ④ 7.47L
4. 일정 성분비의 법칙은 화합물을 구성하는 원소의 질량이 일정하다는 법칙이다. 물(H_2O)에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?
 - ① 물 분자를 구성하는 수소와 산소의 질량비가 1 : 8이다.
 - ② 물을 생성하는 반응이 달라도 물의 수소와 산소의 질량비도 같다.
 - ③ 수소와 산소로 이루어지는 서로 다른 화합물의 질량비는 서로 같다.
 - ④ 탄화수소를 연소시켜 수분이 36mg 검출되면 탄화수소에서 수소의 질량은 4mg이다.

9. 보어 모형은 러더퍼드 모형이 가지는 한계점을 수정하기 위해 가정을 도입해 현대적 모형에도 많은 설명을 할 수 있게 만들었다. 보어 모형에서 수소 원자의 에너지 준위를 바르게 설명한 것은? (단, n 은 주양자수를 뜻하고 단위는 kJ/mol이다.)

① $E_n = -\frac{1312}{n}$ ② $E_n = \frac{1312}{n}$ ③ $E_n = -\frac{1312}{n^2}$ ④ $E_n = \frac{1312}{n^2}$

10. 현재 사용하는 몰(mol)은 아보가드로 수라는 상수를 이용해 설명하고 있다. 1몰과 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 1몰은 6.02×10^{23} 으로 불변의 상수이다.
- ② $^{12}_6\text{C}$ 12.00g 속에 들어 있는 탄소 원자 수가 1몰이다.
- ③ 수소 분자 1몰에는 수소 원자도 1몰이 들어 있다.
- ④ STP에서 산소 분자 1몰의 부피는 10L이다.

11. 0 °C, 1 기압에서 H_2O 1 몰이 담긴 용기가 있다. 이 H_2O 에 대한 설명으로 옳지 않은 것은?

- ① H_2O 가 수증기이면 용기 부피는 22.4 L이다.
- ② H_2O 가 액체이면 밀도가 거의 1 g/mL이다.
- ③ 이 조건에서 얼음보다 물의 밀도가 더 크다.
- ④ 모든 표준 상태에서 온도 조건은 0 °C이다.

12. 실험에는 오차가 따른다. 이에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 정밀도 높은 실험은 여러 실험값의 오차가 작다.
- ② 정확도가 높은 실험은 정밀도가 높은 실험과 의미가 같다.
- ③ 실험에서 실수로 만들어진 측정값은 계통 오차에 해당한다.
- ④ 우연 오차는 우발적인 원인으로 생기며 작게 할 수 있고, 보정할 수도 있다.

13. 화학 반응식을 이용하면 생성물에 대해 예측할 수 있다. STP에서 다음 각 금속 1몰을 충분한 염산과 반응시켰을 때 생성된 수소 기체 부피가 다른 것은?

- ① Mg ② Zn ③ Al ④ Fe

14. 80%(wt/wt) 메탄올 수용액의 메탄올 몰분율과 가장 가까운 것은? (단, CH₃OH의 분자량 = 32 g/mol, H₂O의 분자량 = 18 g/mol 이다.) [영남대]

- ① 0.7 ② 0.3 ③ 0.5 ④ 0.9 ⑤ 0.8

15. 메탄올(CH₃OH)과 에탄올(CH₃CH₂OH)이 섞인 용액이 있다. 이 용액에서 에탄올의 몰분율이 $\frac{1}{4}$ 일 때, 이 용액의 평균 질량을 유효숫자 3 개로 표현하면?

- ① 33.0 ② 34.5 ③ 35.5 ④ 36.0

16. 다음 중 「Na₂CO₃ + 2HCl → H₂CO₃ + 2NaCl」과 같은 반응식을 「유효 이온 반응식(또는 알짜이온 반응식)」의 형태로 올바르게 표현한 것은? [강원대]

- ① $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow 2\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
 ② $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
 ③ $2\text{Na}^+ + \text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NaCl}$
 ④ $\text{CO}_3^{2-} + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$

17. 화합물을 이름짓기 위해서는 몇 가지 원칙이 필요하고 유기 화합물이 개입되는 경우, 중요 작용기는 외우는 게 좋다. 다음 각 화합물의 명명법이 옳은 것은?

- ① KCN : 싸이안화 칼륨 ② Ca(OH)₂ : 이수산화 칼슘
 ③ Fe(ClO)₂ : 차아염소산 철 ④ NaHSO₄ : 황산 나트륨

18. $1.0 \times 10^{-6} \text{M}$ HCl 용액 1mL를 100 L의 물로 희석하면 (1.0×10^5 배로 희석)이 용액의 pH는 얼마인가?
[전남대]

- ① 11 ② 9 ③ 12 ④ 7

19. 원자는 핵과 전자로 구성되고, 핵에는 양성자와 중성자가 있을 수 있다. 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 최외각 전자를 주고 받는 반응이 산화, 환원이다.
② 핵 속의 양성자와 전자의 질량은 거의 비슷하다.
③ 수소화 이온(H^+)을 내놓는 입자가 산이다.
④ 염기는 수소 이온(H^+)을 내놓는 입자를 가리킨다.

20. 과학적 표기법을 사용하면 유효숫자를 확인하는 데 도움이 된다. 다음 중 유효숫자가 3개인 실험 결과를 바르게 적은 것은?

- ① 메스실린더로 측정한 부피가 1.3mL
② 구의 반지름이 0.11cm인 구의 표면적
③ 화학저울로 36.0mg인 시료 무게
④ 부피가 12.56mL, 질량이 110.25g인 물질의 밀도
⑤ 물 3.156L에 0.01467L를 추가한 전체 부피

21. 낱개의 원자나 분자는 너무 작아 눈으로 확인하기 어렵다. 원자와 분자 등에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 원자량, 분자량, 화학식량을 나타내는 질량은 상대적이다.
② 원자량, 분자량, 화학식량은 $^{12}\text{C} = 12.00$ 을 기준으로 나타낸다.
③ 낱개는 보기 어렵지만, 100 개는 충분히 볼 수 있어 100개가 1몰이다.
④ 몰수는 어떤 물질의 질량 g을 그 물질의 몰질량(g/mol)으로 나눈 값이다.

22. 균일한 혼합물과 화합물에 관한 다음의 설명들 중 옳은 것은?

- ① 균일한 혼합물을 이루는 동안 그 구성 물질들의 성질이 달라진다.
- ② 화합물을 이루어도 그 구성 물질들이 원래 가졌던 성질은 유지된다.
- ③ 균일한 혼합물에 대하여는 일정 성분비의 법칙이 적용된다.
- ④ 화합물의 경우 일정 성분비의 법칙이 적용된다.

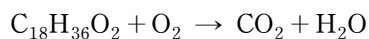
23. 화학식과 화학 반응식은 여러 가지 정보를 담고 있으며, 물질을 표현하는 방법은 다양하다. 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 시성식과 실험식은 같은 의미를 가진다.
- ② 실험식과 분자식 사이에는 간단한 정수 배를 포함한다.
- ③ 평형에 도달하는 방법을 화학 반응식에 나타낼 수 있다.
- ④ 반응식의 화살표 왼편에는 생성물을, 오른편에는 반응물을 쓴다.
- ⑤ 기체와 고체가 섞인 화학 반응에서 반응 계수비와 반응 부피비는 같다.

24. 다음 중 물에 대한 용해도가 가장 작은 것은?

- ① $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ② CaBr_2 ③ MgCl_2 ④ MgSO_4 ⑤ Ag_2SO_4

25. 다음 화학 반응식을 완성하였을 때 O_2 의 계수는 얼마인가?



- ① 23 ② 24 ③ 25 ④ 26 ⑤ 27

26. 물(H_2O)은 분자량이 18.0이다. 물 18 ng에 들어 있는 물의 분자 수는 얼마인가? (단, 아보가드로 수는 6.0×10^{23} 이고 1 ng는 1.0×10^{-9} g이다.)

- ① 3.0×10^{23} ② 2.0×10^{20} ③ 1.0×10^{17} ④ 1.0×10^{15} ⑤ 6.0×10^{14}

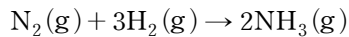
27. 살리실산은 질량 분석 결과 C 60.9%, H 4.3%, O 34.8%임이 밝혀졌다. 살리실산의 분자식을 구하면?

- ① C_6H_6O ② $C_6H_5O_2$ ③ $C_6H_5O_3$ ④ $C_7H_6O_2$ ⑤ $C_7H_6O_3$

28. 화학에서는 주로 전자에 관심이 있으므로 비교적 간단한 모형만으로도 많은 설명을 할 수 있다. 핵과 전자로 이루어진 원자와 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 양성자와 전자는 질량은 같고 전하가 반대이다.
 ② 핵은 원자 대부분의 질량을 가지고 있다.
 ③ 원자의 밀도는 핵의 밀도와 비슷한 값이다.
 ④ 핵 바깥에 있는 전자 수가 같으면 화학적 성질도 비슷하다.

29. 다음과 같은 반응을 생각해 보자.



위 반응과 관련한 다음 설명 중 옳지 않은 것은? (단, 반응은 완전히 이루어진다.)

- ① 질소 10 L가 수소 30 L와 반응해 암모니아 20 L가 생긴다.
 ② NH_3 34 g이 생기려면 최소 N_2 28 g, H_2 6 g이 필요하다.
 ③ STP에서 N_2 22.4 L가 완전히 반응하면 NH_3 가 44.8 L가 생긴다.
 ④ 질소 28.0 g이 수소와 모두 반응하면 암모니아가 17.0 g이 생긴다.

30. 에탄올(CH_3CH_2OH)에 들어 있는 탄소의 함량을 %로 바르게 나타낸 것은? (단, 원자량은 C=12.00, H=1.00, O=16.00이다.)

- ① 13.04 ② 34.78 ③ 52.17 ④ 65.21

2. 주기성과 원자의 전자 배치

2.1. 파동함수

(1) 파동함수와 양자수

파동 방정식의 해를 파동함수(ψ)라 부르며, ψ^2 은 전자가 발견될 확률에 비례한다. 핵 주위에서 오비탈을 규정하는 양자수가 3가지, 전자를 규정하는 양자수가 1가지 있다.

- 주양자수(n) : 전자껍질을 규정하며 핵으로부터 차례로 1(K껍질), 2(L껍질), 3(M껍질),...의 자연수로 나타낸다.

- 각운동량 양자수(l) : 오비탈의 3차원 모양을 규정하며 $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$ 로 나타낼 수 있다.

$$\begin{array}{cccccc} l=0 & 1 & 2 & 3 & 4 & \cdots \\ s & p & d & f & g & \cdots \end{array}$$

- 자기 양자수(m_l) : 표준 좌표축에 대한 오비탈의 공간적 배향을 규정하며 $-l$ 에서 l 까지 있다.

$$\begin{array}{ll} l=0 : m_l = 0 & l=1 : m_l = -1, 0, +1 \\ l=2 : m_l = -2, -1, 0, +1, +2 \end{array}$$

- 스핀 양자수(m_s) : 오비탈에 배열되는 전자의 스핀을 규정하며 $+\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}$ 로 두 가지가 있다.

2.2. 원자의 에너지 준위

(1) 수소 원자의 에너지 준위

수소 원자와 같이 양전하를 띠는 핵과 핵 바깥의 전자가 1개인 입자는 전자가 배치되는 오비탈의 에너지 준위가 주양자수에 의해 결정된다.

$$\text{수소 원자의 에너지 준위 : } E_n = -\frac{1312}{n^2} (\text{kJ/mol})$$

(2) 수소 원자의 방출 스펙트럼

Lyman 계열(자외선) : $n \geq 2 \rightarrow n = 1$

Balmer 계열(가시광선) : $n \geq 3 \rightarrow n = 2$

Paschen 계열(적외선) : $n \geq 4 \rightarrow n = 3$

(3) 다전자 원자의 에너지 준위

전자가 2개 이상인 경우 오비탈의 에너지 준위는 $1s < 2s < 2p < 3s < 3p < 4s < 3d < 4p \dots$ 이다.

2.3. 전자 배치

(1) 파울리 배타 원리

- 한 오비탈에 들어가는 두 전자는 스핀이 반대여야 한다.

(2) 훈트 규칙

- 축퇴 오비탈⁷⁾에 배열되는 2개 이상의 전자는 홀전자가 최대이고 평행 스핀으로 배열된다.

7) 여러 오비탈이 서로 같은 에너지 준위를 가지고 있을 때 이 오비탈들은 '축퇴되었다(degenerated)'고 하며 이 오비탈을 축퇴 오비탈이라 부른다.

(3) $n+l$ 규칙

오비탈의 에너지 준위를 모두 외워서 전자를 배열하는 것보다 $n+l$ 규칙을 이용해 전자 배열 순서를 판단하는 게 쉽다.

- $n+l$ 값이 작은 오비탈에 전자가 우선 배열된다.
- $n+l$ 값이 같으면 n 값이 작은 오비탈에 전자가 우선 배열된다.

2.4. 원소의 주기적 성질

(1) 원자와 이온 반지름

- 같은 족에서 원자 번호가 클수록 전자껍질 수가 증가해 원자 반지름이 증가한다.
- 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 증가해 원자 반지름이 감소한다.
- 등전자 이온에서 원자 번호가 클수록 유효 핵전하가 증가해 이온 반지름이 감소한다.
- 원자 반지름과 이온 반지름은 (원자 반지름) > (양이온 반지름), (원자 반지름) < (음이온 반지름)이다.

(2) 이온화 에너지

- 이온화 에너지는 중성 기체 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어내 양이온이 될 때 드는 에너지다.
- 이온화 에너지(E_1)는 같은 주기에서 원자 번호가 클수록 대체로 증가하며, 예외가 (2족) > (13족)이고 (15족) > (16족)이다.
- 한 원소에서 순차적 이온화 에너지가 $E_n \ll E_{n+1}$ 일 때 원자가 전자는 n 개다.

(3) 전자 친화도

- 전자 친화도는 중성 기체 원자 1몰이 전자 1몰을 받아 음이온이 될 때 내어놓는 에너지다.
- 최외각의 오비탈에 들어가는 전자가 팔전자를 만족하는 원소는 같은 주기에서 방출 에너지량이 크고, 높은 에너지 준위의 오비탈에 전자가 들어가는 원소는 방출 에너지량이 적다.

2.5. 주요 전형원소의 성질

(1) 알칼리 금속과 알칼리 토금속

- 최외각 전자 배치 : 알칼리 금속 ns^1 , 알칼리 토금속 ns^2 이다.
- 산소와 염기성 산화물을 생성하고, 물과 반응하면 염기와 수소를 발생시킨다.
- 주요 원소들은 특유의 불꽃색을 가진다.

(2) 할로젠 원소와 비활성 기체

- 할로젠은 이원자 분자로 반응성은 $F_2 > Cl_2 > Br_2 > I_2$ 순이다.
- F_2 는 담황색 기체, Cl_2 황록색 기체, Br_2 적갈색 액체, I_2 흑자색 고체
- 최외각 전자 배치 : 할로젠 $ns^2 np^5$, 비활성 기체 $ns^2 np^6$
- 비활성 기체는 반응성이 거의 없어 단원자 기체로 존재한다.

[연습 문제]

1. 탄소는 다양한 유기 화합물을 만들 수 있어 생명을 구성하는 핵심 원소 중 하나이다. 화합물을 형성하며 혼성 오비탈을 만들기 위해 들뜬 상태의 탄소 원자가 가지는 전자 배치를 바르게 나타낸 것은?

- ① $1s^2 2s^2 2p^2$ ② $1s^2 2s^1 2p^3$
 ③ $1s^1 2s^2 2p^3$ ④ $1s^1 2s^1 2p^3 3s^1$

2. 다음 중 그 내용이 옳은 것은?

[강원대]

- ① 전기 음성도란 주어진 원자가 전자에 대해 나타내는 인력의 척도이다.
 ② 전기 음성도란 주어진 원자가 공유 전자쌍에 대해 나타내는 인력의 척도이다.
 ③ 전자 친화력이란 주어진 원자가 공유 전자쌍에 대해 나타내는 인력의 척도이다.
 ④ 이온화 에너지란 주어진 원자가 전자를 얻는 과정에 관련된 용어이다.

3. 수소 원자에서 볼 수 있는 방출 스펙트럼 중 발머 계열은 가시광선 영역에서 일부 나타난다. 다음은 발머 계열에 대한 설명이다. 옳은 것은?

- ① 전자 전이 에너지는 $n=2 \rightarrow n=1$ 보다 $n=\infty \rightarrow n=2$ 가 더 크다.
 ② 주양자수(n , 자연수)가 $n \geq 3 \rightarrow n=2$ 로 전자가 전이할 때 나타난다.
 ③ 방출 스펙트럼은 에너지(E)가 클수록 파장(λ)도 길다.
 ④ $3s$ 오비탈에 들어 있는 에너지 준위보다 $3p$ 오비탈의 에너지 준위가 더 크다.

4. 양자 수는 원자를 구성하는 전자 배열을 설명할 때 유용하다. 양자 수와 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 주양자수(n)는 전자 껍질을 규정하며 자연수로 이루어진다.
 ② 부양자수(l)는 오비탈 개수를 규정하며 주양자 수보다 작다.
 ③ 자기 양자수(m_l)는 오비탈의 2차원 모양과 공간 배향을 규정한다.
 ④ 스핀 양자수(m_s)는 오비탈에 배열되는 전자의 스핀을 규정하며 $+1$, -1 이다.

5. 다음 중 옳은 것은 어느 것인가?

[영남대]

- ① 금속의 이온 반경은 그 금속의 원자 반경과 같다.
- ② 금속의 이온 반경은 그 금속의 원자 반경보다 크다.
- ③ 비금속의 원자 반경은 그 비금속의 이온 반경과 같다.
- ④ 비금속의 원자 반경은 그 비금속의 이온 반경보다 크다.
- ⑤ 금속의 이온 반경은 그 금속의 원자 반경보다 작다.

6. 전자가 많은 다전자 원자에 대해 전자가 채워지는 오비탈 순서를 바르게 나타낸 것은? (단, 먼저 채워지는 오비탈을 왼쪽부터 나타내기로 한다.)

- ① $6s, 4f$ ② $4d, 5s$ ③ $6p, 5d$ ④ $5f, 6p$

7. 리튬(${}^7_3\text{Li}$)은 1족 금속 원소로 최외각 전자가 1개지만, 에너지를 가하면 ${}^7_3\text{Li}^{2+}$ 와 같이 만들 수 있다. ${}^7_3\text{Li}^{2+}$ 와 같은 입자에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 오비탈의 에너지 준위는 $3s = 3d$ 이다.
- ② 전자의 에너지 준위는 주양자수(n)에 비례한다.
- ③ 주양자수(n)가 같아도 오비탈에 따라 에너지 준위가 다르다.
- ④ 수소 원자에서 전자의 에너지 준위와 ${}^7_3\text{Li}^{2+}$ 에서 전자의 에너지 준위는 서로 같다.

8. 파동 역학(wave mechanics) 또는 양자 역학(quantum mechanics)에 대한 설명 중 옳지 않은 것은?

[덕성여대]

- ① 전자와 같은 작은 입자의 운동을 설명하는 현대 이론이다.
- ② 전자의 운동을 파동으로 간주하고 전자가 발견될 위치를 확률(Ψ^2)로만 말할 수 있다.
- ③ 소립자의 운동은 물론 모든 물체의 운동을 설명할 수 있는 획기적인 현대 이론이다.
- ④ 전자가 발견될 확률이 큰 공간 영역이 원자궤도이다.

9. 핵 주위의 전자는 오비탈에 배열되며 전자가 배열되는 오비탈을 규정하는 양자수는 3가지가 있고, 전자의 스핀을 규정하는 양자수는 $+\frac{1}{2}$, $-\frac{1}{2}$ 로 두 가지가 있다. 오비탈을 규정하는 양자수에는 일정한 규칙이 적용되는데, 다음 중 양자수 조합을 괄호 안에 바르게 나타낸 것은? (단, 양자수는 (n, l, m_l) 로 나타낸다.)

- ① (1, 1, 0) ② (2, 1, 2) ③ (3, 2, -3) ④ (4, 3, -2)

10. 다전자 원자에서 오비탈의 에너지 준위는 수소 원자처럼 전자가 하나뿐인 경우와 다르다. 전자 배치에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 산소 원자에 배열된 전자는 모두 짝진 전자들이다.
 ② 질소 원자의 $2p$ 전자는 파울리 배타 원리를 만족한다.
 ③ 탄소 원자의 오비탈 에너지 준위는 $3s = 3p = 3d$ 이다.
 ④ 수소 원자의 오비탈 에너지 준위는 $3s = 3p = 3d$ 이다.

11. ${}_{22}\text{Ti}^{4+}$ 의 전자 배치는 ${}_{22}\text{Ti}^{4+} : [\text{Ar}]$ 이다. Ti, Ti^{2+} 의 전자 배치로 바르게 나타낸 것은?

- | <u>Ti</u> | <u>Ti²⁺</u> | <u>Ti</u> | <u>Ti²⁺</u> |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| ① $[\text{Ar}]3d^24s^2$ | $[\text{Ar}]3d^2$ | ② $[\text{Ar}]4s^24p^2$ | $[\text{Ar}]4s^2$ |
| ③ $[\text{Ar}]3d^24s^2$ | $[\text{Ar}]4s^2$ | ④ $[\text{Ar}]3d^4$ | $[\text{Ar}]3d^2$ |

12. 알칼리 토금속은 같은 주기 원소와 비교할 때 금속으로서 반응성이 매우 크다. 알칼리 토금속의 전자 배치를 바르게 나타낸 것은? (단, n 은 최대 주양자수를 뜻한다.)

- ① ns^1 ② ns^2 ③ ns^2np^1 ④ ns^2np^6

13. 다음은 바닥 상태에서 탄소 원자의 전자 배열에 대한 설명이다. 옳은 것은?

- ① 원자가 전자 배치는 $2s^22p^2$ 이고, 파울리 배타 원리, 훈트 규칙으로 배열한다.
 ② 원자가 전자는 $2s$ 와 $2p$ 오비탈에 배열되며 두 오비탈의 에너지 준위는 같다.
 ③ 가장 간단한 탄화수소인 CH_4 에서 결합각이 90° 인 것도 있다.
 ④ 모든 전자는 짝진 상태로 존재하며 홀전자는 존재하지 않는다.

14. 순차적 이온화 에너지는 전자를 차례 차례 떼어낼 때 들어가는 에너지를 나타낸 것이다. 다음 3주기 원소 중에서 2차 이온화 에너지가 가장 큰 것은?

- ① $_{11}\text{Na}$ ② $_{12}\text{Mg}$ ③ $_{13}\text{Al}$ ④ $_{14}\text{Si}$

15. 같은 주기 원소 중 전자 친화도가 가장 큰 것은?

- ① 알칼리 금속 ② 탄소족 원소 ③ 할로젠 원소 ④ 비활성 기체

16. 이온화 에너지는 중성 기체 원자 1몰에서 전자 1몰을 떼어낼 때 드는 에너지를 뜻한다. 이것을 확장해서 어떤 물질 1몰에서 전자 1몰을 떼어낼 때 드는 에너지를 이온화 에너지로 할 때, 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① Cl보다 Cl^- 의 이온화 에너지가 크다.
 ② N보다 N_2 의 이온화 에너지가 작다.
 ③ Na보다 Na^+ 의 이온화 에너지가 작다.
 ④ O_2 보다 N_2 의 이온화 에너지가 크다.

17. 다음은 알칼리 토금속에 대한 설명이다. 옳은 것은?

- ① 12족 원소로 최외각 전자는 ns^2 로 12개이다.
 ② 전자를 잃어 +2가 양이온이 되기 쉽다.
 ③ 알칼리 토금속은 산화력이 커서 쉽게 환원된다.
 ④ 마그네슘의 산화수는 -6~+2로 다양하게 나타난다.

18. 알루미늄, 아연 등은 양쪽성 원소이다. 일반적으로 금속이 염산과 같은 산과 반응하면 수소가 발생한다. 알루미늄이 염기와 반응하는 반응식을 바르게 나타낸 것은?

- ① $\text{Al} + 3\text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{OH})_3 + 2\text{H}_2$ ② $\text{Al} + 3\text{OH}^- + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}(\text{H}_2\text{O})_3(\text{OH})_3 + 3\text{H}_2$
 ③ $\text{Al} + \text{OH}^- + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{AlO}_2^- + \text{H}_2$ ④ $2\text{Al} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{AlO}_2^- + 3\text{H}_2$

19. 할로젠 원소는 F, Cl, Br, I이 있다. 할로젠 원소에 대한 다음 설명 중 옳지 않은 것은?

- ① 모두 이원자 분자를 형성한다.
 ② 색깔을 띠는 분자를 형성한다.
 ③ 원자가 전자는 모두 옥텟 규칙을 만족한다.
 ④ 반응성이 가장 큰 것은 플루오린 분자이다.

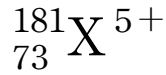
20. 탄소(C)와 질소(N)의 전자 친화도와 관련한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 원자에 추가되는 전자의 오비탈 배열은 서로 같다.
 ② 원자에 전자 하나를 추가할 때 더 발열적인 것은 질소이다.
 ③ 탄소에 전자가 추가되면 홀전자가 3개, 질소에 전자가 추가되면 홀전자는 2개가 된다.
 ④ 탄소의 전자 친화도가 질소보다 더 발열적인 것은 오비탈 에너지 준위가 $2s < 2p$ 이기 때문이다.

21. 수소 원자에서 관찰할 수 있는 방출 선스펙트럼에 대한 다음 설명 중 옳은 것은? (단, n 은 주양자수를 뜻한다.)

- ① 발머 계열 선 스펙트럼은 4 가지만 존재한다.
 ② $n \geq 2 \rightarrow n = 1$ 전이는 적외선 영역에서 발견된다.
 ③ 파장(λ)이 증가할수록 선 스펙트럼의 에너지도 증가한다.
 ④ 핵과 전자가 하나씩인 수소 원자와 ${}^7_3\text{Li}^{2+}$ 의 선 스펙트럼은 같다.
 ⑤ 수소 원자의 에너지 준위는 주양자수가 커지면 증가한다.

22. 다음 원소에 대하여 양성자, 중성자, 전자 수를 바르게 나타낸 것은?



	양성자 수	중성자 수	전자 수
①	73	108	68
②	73	78	73
③	73	181	78
④	78	108	73
⑤	78	181	176

23. 이온화 에너지에 대한 다음 설명 중 옳은 것은?

- ① 2 주기 원소에서 이온화 에너지가 가장 작은 것은 Li이다.
- ② 같은 주기에서 이온화 에너지가 가장 큰 것은 할로젠이다.
- ③ 이온화 에너지는 1족이 가장 작고 17족이 가장 크다.
- ④ 이온화 에너지가 클수록 비금속의 반응성이 증가한다.
- ⑤ 이온화 에너지 정보로부터 그 원소의 원자가 전자 수를 알 수 있다.

24. Octet rule은 화합물을 설명하는 데 용이하고 간단하다. 다음 화합물 중 중심 원자가 Octet rule을 만족하지 않는 것은?

- ① SiF_4 ② CO_2 ③ NF_3 ④ BrCl_3 ⑤ O_3

25. 다음은 원자모형들이 등장한 순서를 보여준다. 옳게 나열된 것은?

- ① 톰슨(Thomson)의 원자 모형 → 러더포드(Rutherford)의 원자 모형 → 보어(Bohr)의 원자 모형 → 현대 원자 모형
- ② 러더포드의 원자모형 → 톰슨의 원자모형 → 보어의 원자모형 → 현대 원자모형
- ③ 톰슨의 원자모형 → 보어의 원자모형 → 러더포드의 원자모형 → 현대 원자모형
- ④ 보어의 원자모형 → 톰슨의 원자모형 → 러더포드의 원자모형 → 현대 원자모형

26. 다음 중 동위원소의 발견으로 이어진 실험은?

- ① 질량 분석기 실험 ② 양극선 실험 ③ 기름방울 실험 ④ 음극선 실험

27. $n \geq 2$ 인 전자 배치에서 $n+l$ 규칙을 적용할 수 있다. 다음 중 $n+l$ 값이 가장 작은 오비탈을 구하면?

- ① $3d$ ② $4s$ ③ $4p$ ④ $4d$

28. 다음의 이온 Cl^- 에는 양성자, 중성자 그리고 전자가 각각 몇 개씩인가?

[덕성여대]

- ① 양성자 17, 중성자 18, 전자 18
 ② 양성자 17, 중성자 18, 전자 17
 ③ 양성자 35, 중성자 17, 전자 18
 ④ 양성자 35, 중성자 17, 전자 17

29. 러더퍼드는 빠르게 움직이는 알파선을 금박에 충돌시켜 원자에 대한 정보를 얻으려고 실험하였다. 실험 결과 98%의 알파 입자가 직진하였고 2% 정도는 약간 휘었으며, 약 0.01%의 알파 입자는 90° 이상 큰 각도로 반발함을 알게 되었다. 이런 실험 결과를 설명하기에 적합한 원자 모형은 어느 것인가?

- ① 원자 중심부에 양전하를 띤 원자핵이 있고 그 외부에서 전자가 회전한다.
 ② 원자는 (+)로 대전되어 있고 (-)전하를 가진 전자가 덩성 덩성 박혀 있다.
 ③ 원자핵 주위에 일정한 에너지 준위를 가진 궤도에서 전자가 핵 주위를 회전한다.
 ④ 원자핵 주위에 전자가 발견될 확률 분포에 의해 오비탈을 형성한다.

30. 옥텟 규칙은 원소의 최외각 전자가 8개일 때 안정하다는 뜻(예외, 1주기 원소)이다. 다음 중 옥텟 규칙을 벗어나는 원소가 있는 분자는?

- ① NH_3 ② O_3 ③ BF_3NH_3 ④ CH_4 ⑤ SF_4