다원자 분자의 극성

1. 대칭 구조

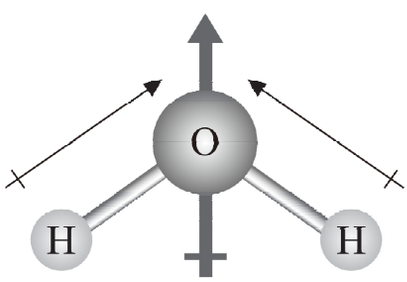
분자의 3차원 구조가 **대칭 구조를 이루는 경우에는 극성 공유 결합들이 서로 상쇄되어 분자 전체는 쌍극자 모멘트의 크기가 0이 되는 무극성 분자가 된다.** 예를 들어 직선형 구조를 이루는 CO_2 분자는 극성 공유 결합이 서로 정반대 방향이므로 쌍극자 모멘트가 서로 상쇄되어서 전체 쌍극자 모멘트 합은 0이 되므로 무극성 분자가 된다. 또한 평면 삼각형 구조를 이루는 BF_3와 정사면체 구조를 이루는 CH_4 분자도 극성 공유 결합의 쌍극자 모멘트가 서로 상쇄되어 쌍극자 모멘트 합이 0이 되므로 무극성 분자이다.

O = C = O

쌍극자 모멘트의 합=0

2. 비대칭 구조

중심 원자에 결합된 원자들이 모두 같은 종류가 아니거나 중심 원자가 비공유 전자쌍을 가져 비대칭 구조를 가지는 경우에는 극성분자가 된다.



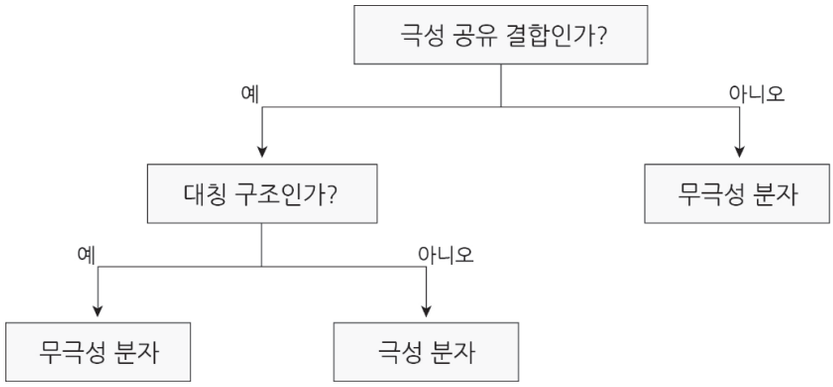
쌍극자 모멘트의 합≠0

물: 극성 분자

(1) 분자의 성질

- **극성 분자** : H_2O와 같이 분자 안에 전자가 고르게 분포하지 않고 한쪽으로 치우쳐서 부분적인 양전하와 음전하를 띠는 분자

- **무극성 분자** : H_2와 같이 분자 안에 전자가 고르게 분포하여 부분적인 전하를 띠지 않는 분자



(2) 극성 분자와 무극성 분자의 성질

■ **용해성**

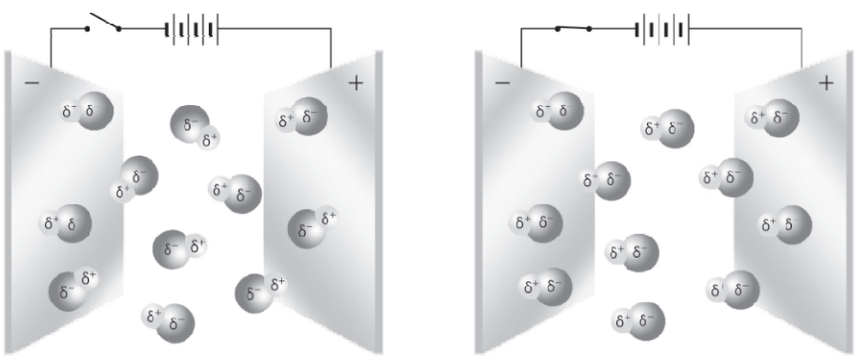
극성 분자는 극성 용매에 잘 용해되고, 무극성 분자는 무극성 용매에 잘 용해된다.
극성 용매와 무극성 용매는 서로 잘 섞이지 않고 층을 이룬다.

■ **녹는점과 끓는점**

극성 물질은 한 분자의 부분적인 양전하를 띤 원자와 이웃 분자의 부분적인 음전하를 띤 원자 사이에 인력이 존재하므로 **분자량이 비슷한 무극성 물질에 비해 분자 사이의 인력이 크다.**

■ **전기적 성질**

극성 분자는 쌍극자를 가지므로 전기장에서 기체 상태의 극성 분자는 **부분적인 음전하를 띠는 부분이 전기장의 (+)극 쪽으로, 부분적인 양전하를 띠는 부분은 전기장의 (−)극** 쪽으로 향하도록 배열된다.



전기장이 없을 때　　전기장이 있을 때

(3) 빈출되는 분자 자료값

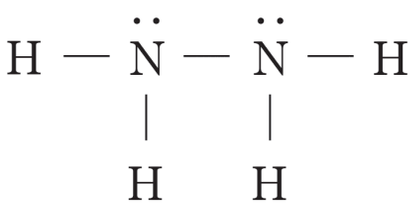
위에서 몇가지 분자들을 소개하긴 했지만 문제를 풀 때 매번 입체수나 여러 개념들을 떠올리며 분자구조를 생각해내는 것은 비효율적이므로 자주 출제되는 분자들의 루이스전자점식과 분자구조들은 암기해 놓으시길 바랍니다.

또한 미지의 분자들을 이용하여 분자의 값(공유전자쌍, 비공유전자쌍 등)에 대한 해석을 요구하는 문제들이 있습니다. 예를 들어 $\frac{\text{공유 전자쌍 수}}{\text{비공유 전자쌍 수}}=1$과 같은 조건을 해석하게 만드는 유형으로 최근에 자주 출제되고 있으니 암기할 수 있는 한 최대한 눈에 익혀둔다면 문제풀이 속도와 자신감에 큰 도움을 줄 것입니다.

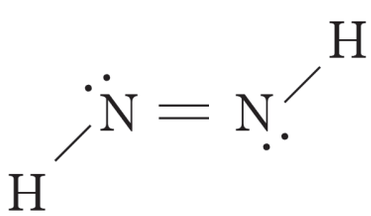
물질	H_2O	CO_2	FCN	OF_2	CF_4	CH_2O	CF_2O	BF_3	NF_3	O_2F_2
공유 전자쌍 수	2	4	4	2	4	4	4	3	3	3
비공유 전자쌍 수	2	4	4	8	12	2	8	9	10	10

아래의 분자들은 학생들이 자주 헷갈려 하는 자료들이므로 차라리 암기해놓는 것을 추천한다.

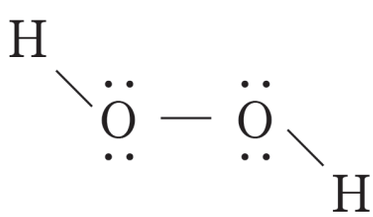
N_2H_4 입체구조 (5,2) : 공유전자쌍 5개, 비공유 전자쌍 2개 , 모두 단일결합



N_2H_2 평면구조 (4,2) : 공유전자쌍 4개, 비공유 전자쌍 2개, 이중결합이 존재



H_2O_2 입체구조 (3.4) : 공유전자쌍 3개, 비공유 전자쌍 4개, 모두 단일결합



(4) 산화 환원 반응의 양적 관계

화학 반응식에서 계수 비는 반응 몰 비 이므로 산화 환원 반응식을 완성하면 반응하는 산화제와 환원제의 양적 관계를 구할 수 있다.

(5) 금속 이온의 산화 환원 신유형 – (전하량 총합 일정)

2023학년도 6월 평가원 모의고사에 처음 등장하여, 9월 평가원, 대수능까지 계속해서 출제가 된 신유형이 있다. 금속 이온이 존재하는 수용액을 제시하고, 이 수용액 내부에 존재하는 금속 이온의 가수와 몰수를 이용해 문제 출제를 하는 유형이다. 과거(이전 교육과정)에는 금속의 반응성 단원이 존재하여 이를 이용한 문제들이 상당한 난이도의 킬러 유형으로 출제 되었으나, 교육과정이 개편된 이후 이와 관련된 내용이 대폭 삭제되어 출제가 안되고 있었다. 하지만 만약 금속의 종류를 미지의 금속으로 바꾸고 이를 가수와 몰수만 제시한 상태로 출제하면 교육 과정에 위배 되지 않고, 금속의 산화 환원 또한 매우 중요한 내용이기에 평가원이 간과해선 안된다고 생각하여 출제한 것으로 예상된다.

이러한 유형은 과거와는 다르게 다소 평이한 난이도로 출제되며, 이러한 문제를 풀이하는 방법은 **"전하량 총합이 일정하다"**는 사실을 이용하는 것으로 매우 간단하게 풀이가 전개된다. 간단한 예시를 들며 풀이 방법을 적립해보자.

자작문항 예제

표는 금속이온 $X^{2+}(aq)$이 들어있는 비커 (가)와 (나)에 각각 금속 $Y(s)$와 $Z(s)$를 넣어 반응을 완결시켰을 때, 반응전과 후 수용액에 존재하는 양이온의 종류와 양을 나타낸 것이다.

비커	반응 전	반응 후
(가)	X^{2+}: $a mol$	Y^{3+}: $2N mol$, X^{2+}: $2N mol$
(나)	X^{2+}: $4N mol$	Z^{m+}: $6N mol$, X^{2+}: $N mol$

이에 대한 설명으로 옳은 것만을 <보기>에서 있는 대로 고른 것은? (단, X~Z는 임의의 원소 기호이고, X~Z는 물과 반응하지 않으며, 음이온은 반응에 참여하지 않는다.)

<보 기>

ㄱ. $a=4N$ 이다.
ㄴ. $m=1$이다.
ㄷ. (나)에서 $Z(s)$는 산화제로 작용한다.

위의 상황에서 비커 (가)를 살펴보자.

반응 전의 전하량은 (2+) × $a$mol
반응 후의 전하량은 (3+) × 2Nmol + (2+) × 2Nmol 이다.

이 둘의 값이 동일하다고 놓고 계산을 진행하면 a=5N이라는 사실을 알 수 있다.
따라서 ㄱ선지는 옳지 않다. 같은 방식으로 비커 (나)를 살펴보자

반응 전의 전하량은 (2+) × 4Nmol
반응 후의 전하량은 (m+) × 6Nmol + (2+) × Nmol 이다.

이 둘의 값이 동일하다고 놓고 계산을 진행하면 m의 값이 1이라는 사실을 알 수 있다.

따라서 ㄴ선지는 옳다. 또한 비커 (나)에서는 Z(s)를 넣었고 이 Z(s)가 반응 후에 Z^{1+}로 양이온이 되어 자기 자신이 산화 되었으므로 산화제가 아닌 환원제라는 사실을 알 수 있고, 이에 따라 ㄷ선지는 옳지 않다.

따라서 답은 ㄴ이다.

example

$Fe_2O_3 + 3CO \rightarrow 2Fe + 3CO_2$

1. 1몰의 Fe_2O_3가 반응할 때 이동한 전자의 몰수는?
2. 1몰의 Fe가 생성될 때 이동한 전자의 몰수는?
3. 1몰의 CO_2가 생성될 때 이동한 전자의 몰수는?

〈sol〉

1, 1mol 의 Fe_2O_3 가 반응 할 때 Fe의 산화수는 $+3$에서 0으로 3만큼 감소하며,
Fe의 원자수는 2 이므로 (3×2) = 6mol 의 전자가 이동한다.
2. 2mol 의 Fe가 생성될 때 6mol 의 전자가 이동 하므로
1mol의 Fe 가 생성될 때는 3mol의 전자가 이동한다.
3. 3mol 의 CO_2가 생성될 때 6mol 의 전자가 이동 하므로
1mol의 CO_2가 생성될 때는 2mol의 전자가 이동한다.