

논술고사 (수학과학우수자)

화학 선택 : 20점

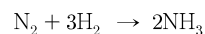
※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오.

(가) 원자들은 비활성 기체의 전자 배치와 같이 8개(1주기 원소는 2개)의 원자가 전자를 가지도록 전자를 잃거나 얻거나 공유하려는 경향이 있는데, 이를 옥텟 규칙이라고 한다. 루이스는 각 원자가 옥텟 규칙을 만족시키기 위해 전자쌍을 공유함으로써 공유 결합이 형성된다고 제안하였다. 또한 루이스는 화학 결합을 나타내기 위하여 원자들의 원자가 전자를 점으로 나타내는 방법을 고안하였는데, 이것을 루이스 전자점식이라고 한다. 분자의 루이스 전자점식은 먼저 분자 내의 각 원자의 원자가 전자 수를 더하여 총 원자가 전자의 수를 구한 후, 모든 원자가 옥텟 규칙을 만족하도록 원자가 전자를 적절히 배치하여 구한다. 필요하면 다중 결합도 사용한다. 공유결합으로 형성된 분자들 중 대부분은 옥텟 규칙을 만족하지만 예외적으로 옥텟 규칙을 만족하지 않으면서도 안정하게 존재하는 것들도 있다.

(나) 공유 결합 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 서로 같은 전하를 띠고 있으므로 반발력을 최소화하기 위해 가능한 멀리 떨어지려고 한다. 따라서 중심 원자가 갖는 전자쌍의 수에 의해 중심 원자의 전자쌍의 공간적 배치가 결정되며 그 결과 분자의 모양이 결정된다. 이것을 전자쌍 반발 이론이라고 하며 영국의 화학자 시지윅이 제안하였다. 예를 들어 중심 원자가 전자쌍을 두 개 가지면 이 두 전자쌍은 서로 180°로 배열되어 직선형 구조를 이룬다. 전자쌍이 3개이면 평면에서 서로 120°로 배치되어 평면삼각형 구조를 이루고, 전자쌍이 4개이면 중심원자를 기준으로 109.5°의 결합각을 이루는 정사면체 구조를 가지게 된다.

중심 원자가 갖는 전자쌍의 종류에 따라 분자의 실제 모양은 기본적인 기하학적 구조와 약간 달라진다. 즉, 비공유 전자쌍은 공유 전자쌍 보다 더 넓은 공간을 차지하므로 비공유 전자쌍-공유 전자쌍 간의 반발은 공유 전자쌍-공유 전자쌍 간의 반발보다 크며, 이중 결합 또는 삼중 결합도 단일 결합의 전자쌍보다 더 큰 반발력을 나타낸다. 따라서 중심 원자가 이러한 전자쌍을 가지고 있으면 기본적인 기하학적 구조와 약간 다른 구조를 가지게 된다. 예를 들어 중심 원자인 질소가 4쌍의 전자쌍을 갖는 암모니아(NH₃)의 경우 질소 원자가 한 쌍의 비공유 전자쌍을 가지고 있어 H-N-H 결합각이 정사면체 구조에서 예상되는 109.5°보다 조금 작은 107°를 나타낸다.

(다) 화학적 변화인 화학 반응은 화학 반응식으로 나타낸다. 화학 반응식은 반응하는 물질과 생성되는 물질을 알려 주는 동시에 반응하는 물질들 간의 양적인 관계를 말해준다. 예를 들어 질소와 수소가 반응하여 암모니아를 생성하는 반응은 다음과 같다.



이 반응식은 질소와 수소가 반응하여 암모니아를 생성할 때 반응하는 N₂와 H₂ 및 NH₃의 분자 수 또는 몰수의 비가 각각 1 : 3 : 2임을 말하고 있다. 반응하는 물질과 생성되는 물질 사이의 이러한 양적인 관계를 이용하여 반응에 필요한 물질의 양이나 생성될 생성물의 양을 예측할 수 있다. 여기서 한 가지 주의할 점은 반응물과 생성물 간의 양적인 관계는 반드시 양론 계수가 맞추어진 '완결된 화학 반응식'에 대해서만 성립한다는 것이다.

논술고사 (수학과학우수자)

(※) 산성비의 원인이 되는 주요 성분 중 하나인 이산화질소(NO_2)는 물(H_2O)과 반응하여 질산(HNO_3)과 아질산(HNO_2)을 생성한다. 이 반응에 대하여 아래 물음에 답하시오. 참고로 N과 O 원자의 바닥 상태 전자배치는 다음과 같다.



[문제 1] 위 반응의 반응물과 생성물 중 원자가 전자의 총수가 홀수인 분자를 찾아 쓰고, 이 분자의 루이스 전자점식이 옥텟 규칙을 만족하지 않음을 보이시오. (4점)

[문제 2] 위 반응의 생성물인 아질산(HNO_2) 분자 내의 결합각 중 가장 작은 결합각을 찾아 쓰고 설명하시오. 단, 수소 원자는 산소 원자에 결합되어 있고, 결합각은 $\angle X-Y-Z$ (여기서 X, Y, Z 는 임의의 원소 기호) 형태로 표시하시오. (6점)

[문제 3] 물 18g 에 이산화질소(NO_2)를 조금씩 가하면서 생성되는 질산(HNO_3)의 양을 측정하는 실험을 하고 있다. 가한 이산화질소(NO_2)의 질량이 0g 에서 120g 이 될 때까지 생성된 질산(HNO_3)의 질량 변화를 그래프로 나타내고 설명하시오. 그래프는 아래 제시한 도식을 참고하여 답안지에 그리시오. (단, H, N, O의 원자량은 각각 1, 14, 16 이고, 반응은 즉시 일어나며 부반응은 없다고 가정한다.) (10점)

