

※ 다음 제시문을 읽고 논제에 답하시오.

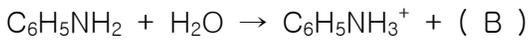
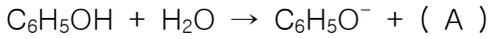
[가] 브뢴스테드-로우리 산염기 이론(영어: Brønsted-Lowry acid-base theory)은 1923년 덴마크의 화학자 요하네스 니콜라우스 브뢴스테드와 영국의 화학자 토머스 마틴 로우리가 독자적으로 발표한 산염기 이론이다. 이 이론에 의하면 다른 화합물에 양성자를 주는 화합물은 산이며, 양성자를 받는 화합물은 염기이다. 예로 브뢴스테드-로우리 산염기 이전의 아레니우스 산염기에 포함되지 않았던 기체 염화수소와 암모니아의 반응 역시 산과 염기의 범주에 포함시켰다. 그러나 이온화되기 위한 양성자가 존재하지 않는 산과 염기를 설명하지 못한다는 한계가 존재한다. 쉽게 말해 브뢴스테드-로우리의 산이란 수소이온을 내놓는 물질이고, 브뢴스테드-로우리의 염기는 수소이온을 받는 물질이다. 아레니우스, 루이스 산도 있다.

[나] 루이스는 화학 결합을 나타내기 위해서 원자들의 원자가 전자를 점으로 나타내는 방법을 이용하였는데, 이것을 루이스 전자점식이라고 한다. 원자의 최외각 전자 껍질에 존재하는 원자가 전자 중에서 쌍을 이루지 않는 전자를 홀전자라고 하는데, 원자들이 공유 결합을 할 때에는 홀전자들이 전자쌍을 이루어 공유 전자쌍을 만든다. 공유 결합을 가지는 원자는 다른 원자들과 전자를 공유함으로써 비활성 기체와 같이 안정된 전자 배치를 이루면서 옥텟 규칙을 만족시킨다.

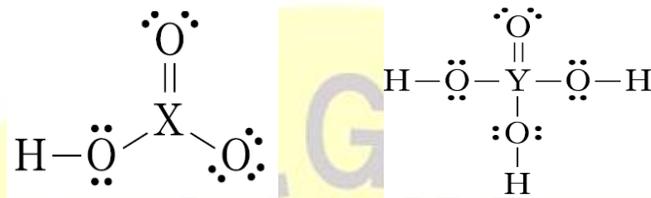
[다] 1940년 시지윅은 공유 결합으로 형성된 분자에서 중심원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 그들 사이의 반발력 때문에 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려고 한다는 전자쌍 반발 원리를 제안하였다. 루이스 전자점식과 전자쌍 반발 원리를 적용하면 공유 결합 화합물의 분자 구조를 예측할 수 있다.

[라] 공유결합하는 원자 사이에서는 공유하는 전자쌍을 전기음성도가 높은 원자 쪽으로 배분하고, 같은 종류의 원자에서는 양쪽 원자에 등분한다. 예를 들면, 암모니아(NH_3), 이산화탄소 (CO_2) 등에서는 각각 전기음성도가 높은 N 및 O쪽으로 공유전자쌍이 배분되므로, H는 전자쌍이 1개 부족하여 전하의 수는 +1, C는 마찬가지로 +4이고, 전기음성도가 높은 쪽인 N에서는 -3, O는 -2가 된다. 따라서 그 수가 산화수가 된다. 한편, 구조가 아직 밝혀지지 않은 분자 내에 있는 원자의 산화수는 그 속에 있는 다른 원자에 알맞은 산화수를 정하고, 그것에서 계산에 의하여 구할 수 있다.

● **문제 1** 다음 두 가지 물질 페놀(C₆H₅OH), 아닐린(C₆H₅NH₂)과 물의 반응을 통해 생성된 (A)와 (B)를 구하고 페놀, 아닐린이 산성, 중성, 염기성 물질 중 어디에 해당하는지 판단하고 그 근거를 논하시오.

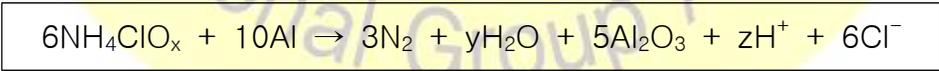


※ 그림은 2주기 원소 X와 3주기 원소 Y로 이루어진 HXO₃와 H₃YO₄ 분자의 구조를 나타낸 것이다. 다음 물음에 답하시오.



● **문제 2** 제시문[나]와 공유결합의 원리를 이용하여 원소 X와 Y를 결정하고 제시문[다]의 전자쌍 반발원리와 제시문[라]의 전기음성도의 특성을 고려하여 X와 Y의 수소화합물인 XH₃와 YH₃의 결합각을 비교하고 그 근거를 설명하시오.

● **문제 3** 다음은 로켓의 연료로 사용되는 고체 연료에 대한 균형 화학 반응식이다. y, z는 반응계수이다.



반응에서 산화제로 작용한 물질과 x+y+z의 값을 구하고 그 근거를 설명하시오.

[문제 1] $C_6H_5OH + H_2O \rightarrow C_6H_5O^- + (H_3O^+)$ 이므로 A는 H_3O^+ 이다.
 페놀은 물과 가수분해 반응하여 H^+ 을 내놓으므로 브뢴스테드-로우리의 산이다.
 $C_6H_5NH_2 + H_2O \rightarrow C_6H_5NH_3^+ + (OH^-)$ 이므로 B는 OH^- 이다.
 아닐린은 물과 가수분해 반응하여 H^+ 을 받았으므로 브뢴스테드-로우리의 염기이다.

단계	내 용	배점
1	C_6H_5OH 과 H_2O 의 가수분해반응을 올바르게 표현하였는가?	2.5점
2	브뢴스테드-로우리의 정의에 의한 산으로 표현하였는가?	2.5점
3	$C_6H_5NH_2$ 과 H_2O 의 가수분해반응을 올바르게 표현하였는가?	2.5점
4	브뢴스테드-로우리의 정의에 의한 염기로 표현하였는가?	2.5점

[문제 2] 제시문[나]에서 원소들은 공유결합을 통해 옥텟을 만족시키고 안정적인 결합을 유지함을 알 수 있다. 따라서, 산소의 원자가 전자수인 6개를 옥텟에서 제외시키면 X로부터 공유받은 전자수를 알 수 있는데, 이런 방법으로 원소 X의 원자가 전자수를 계산하면 5가 된다. 같은 방법으로 원소 Y역시 원자가 전자수가 5임을 알 수 있다. X는 2주기원소이므로 질소(N)이고, Y는 3주기 원소이므로 인(P)이다.

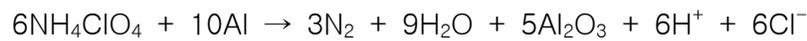
X와 Y의 수소화합물 XH_3 와 YH_3 는 NH_3 와 PH_3 이므로 중심원자인 N와 P은 수소원자 3개와 결합하고 비공유전자쌍 한쌍이 있으므로 삼각뿔구조이다. 이때 중심 원자의 크기가 클수록 공유 전자쌍 간 실제 거리가 멀어져서 반발력이 작아진다. 그러므로 결합각은 NH_3 가 PH_3 보다 크다.

단계	내 용	배점
1	공유결합과 옥텟규칙에 의해 X, Y의 원자가전자수를 바르게 구했는가?	2.5점
2	X와 Y원소를 파악했는가?	2.5점
3	X와 Y의 수소화합물 구조를 올바르게 표현하였는가?	2.5점
4	두 물질의 결합각을 올바르게 비교했는가?	2.5점

[문제 3] 각 원소의 산화수 변화량과 반응에서 이동한 전자의 수는 다음과 같다.

원소	산화수 변화	원자 1몰당 이동한 전자 수	원자 수	이동한 전자 수
N	-3 → 0	3	6	18
Al	0 → +3	3	10	30

질소와 알루미늄은 모두 산화되며, 이동한 전자수의 합은 총 48몰이다. 따라서 반응에서 환원되는 물질이 얻은 전자는 48몰이어야 한다. Cl의 몰수는 6이므로 Cl 1몰당 이동한 전자 수는 8이고, NH_4ClO_x 에서 Cl의 산화수는 +7이어야 한다. 따라서 $x=4$ 이다. 완성된 반응식은 다음과 같다.



산화제는 반응에서 환원 되는 물질이므로 염소 원자를 포함한 화합물, NH_4ClO_4 이다.
 그러므로 산화제는 NH_4ClO_4 이고 $x+y+z=4+9+6=19$ 이다.

단계	내 용	배점
1	각 원소의 산화수 변화를 올바르게 표현하였는가?	2.5점
2	총 이동 전자몰수를 구하여 NH_4ClO_x 에서 X를 올바르게 구하였는가?	2.5점
3	산화·환원식을 올바르게 표현하였는가?	2.5점
4	산화제를 올바르게 선택하고 $x+y+z$ 의 값을 올바르게 구하였는가?	2.5점