# 2023학년도 연세대학교 수시모집 논술시험 문제 자연계열(화학)

| 모집단위 | | 수험번호 | | 성명 | |
|---|---|---|---|---|---|

**※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하시오.**

**[가]** 독일의 화학자 하버는 질소($N_2$)와 수소($H_2$)로부터 암모니아($NH_3$)를 합성할 수 있다는 사실을 제시하였고, 오스트발트는 암모니아로부터 질산($HNO_3$)을 만드는 방법을 제시하였다. 하버가 제시한 방법은 200기압과 500 °C라는 고온·고압이 요구되었기에 당시로서는 대량 생산에 적용하기 어려운 기술이었다. 하버는 보슈와의 협업으로 1913년에 하버-보슈법을 개발하여 암모니아의 상업화에 성공하였다. 암모니아와 질산으로부터 만들어지는 질산 암모늄($NH_4NO_3$)은 대표적인 질소 비료이다. 또 다른 질소 비료로 요소를 사용하기도 하는데 이 또한 암모니아로부터 합성된다.

**[나]** 지구상에 존재하는 원소 중에 질량 기준으로 가장 많은 양을 차지하는 것은 철이며, 대기의 성분으로 가장 많은 것은 질소이다. 생명체를 구성하는 주요 성분은 탄소, 수소, 산소, 질소, 황, 인 등이다. 광합성 식물은 토양의 성분을 흡수하여 성장하며 광합성 과정에서 대기 중의 이산화 탄소를 흡수한다. 단백질 및 핵산의 중요한 구성 성분인 질소는 매우 안정하므로, 일부 박테리아를 제외한 생명체는 대기 중의 질소를 직접 이용할 수 없다.

**[다]** 2020년 레바논 수도 베이루트에서 엄청난 규모의 폭발사고가 발생했다. 이 폭발사고는 창고에 대량으로 적재되어 있던 질산 암모늄에 의한 것이다. 질산 암모늄은 안정한 상태로 보관 가능하지만, 엄청난 충격이 가해지면 빠르게 분해된다. 대부분의 폭발물은 산소 공급이 없어도 분해되어 대량의 기체들과 열을 발생시킨다. 일반적으로, 반응이 일어나기 위해서는 충분히 큰 에너지를 가진 반응물들이 적절한 방향으로 충돌해야 한다. 반응물과 생성물 사이에 넘어야 하는 에너지 장벽, 즉 화학 반응이 일어나는 데 필요한 최소한의 에너지를 활성화 에너지라고 한다. 활성화 에너지는 반응 속도에 큰 영향을 준다.

**[라]** 기체 상태에서 두 원자 사이의 공유 결합 1몰을 끊는 데 필요한 에너지를 결합 에너지라고 한다. **[표1]**에 다양한 결합의 평균 결합 에너지를 나타내었다.

**[표1]** 원자 사이의 평균 결합 에너지 (단위: kJ/몰)

| 결합 | 결합 에너지 | 결합 | 결합 에너지 |
|---|---|---|---|
| H–H | 436 | N–H | 391 |
| H–O | 460 | O=O | 498 |
| N–O | 200 | N≡N | 945 |

**[마]** 이온 화합물은 전하를 띤 이온들이 정전기적 인력에 의해서 결합한 물질이다. 이온 화합물은 매우 강한 인력으로 연결되어 있으므로 대부분 상온에서 고체를 이룬다. 1가 이온들로 구성된 이온 화합물 대부분은 물에 잘 녹아 수용액을 형성한다.

**[바]** 우리 몸 전체를 순환하는 혈액은 거의 일정한 pH를 유지하는 완충 용액이다. 산성이나 염기성을 띠는 음식을 섭취하거나 몸속에서 산이나 염기가 생성되어도 혈액의 pH는 거의 변하지 않는다. 이는 서로 다른 전해질에 공통으로 포함된 이온에 의한 완충 작용 덕분이다. 체내에서 단백질이 분해되는 과정에서 염기성 물질인 암모니아가 생성된다. 암모니아는 독성이 강한 물질로 간에서 중성의 화합물인 요소로 전환되어 체외로 배출된다.

$$NH_3(aq) + H_2O(l) \rightleftharpoons NH_4^+(aq) + OH^-(aq) \quad K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

**[문제 1]** 하버의 암모니아 합성법은 농업 혁명의 기반이 되었다. 질산 암모늄이 질소 비료의 주요 성분으로 유용한 이유에 대해서 제시문을 참고하여 논술하시오. **[10점]**

**[문제 2]** 제시문 **[다]**의 폭발은 질산 암모늄의 화학 변화에 의해서 발생하였다. 이 폭발 과정에서의 변화를 화학 반응식으로 완성하고, 질산 암모늄이 폭발물로 작용할 수 있는 이유를 제시문을 참고하여 논술하시오. (단, 질산 암모늄 폭발 과정은 반응 엔탈피의 절댓값($|\Delta H|$)이 가장 큰 반응으로 진행된다.) **[10점]**

**[문제 3]** 질소 비료의 과다한 사용은 환경에 큰 영향을 주게 된다. 특히, 질산 암모늄의 사용은 토양 산성화를 유발한다. 질산 암모늄의 사용이 토양 산성화를 유발하는 원인에 대해서 설명하고, 이를 해결할 방법들을 논술하시오. **[10점]**

**[문제 4]** 제시문 **[바]**를 참고하여 암모니아를 포함하는 효과적인 완충 용액을 만드는 방법을 제시하고, 이 용액에 소량의 산($H_3O^+$)을 첨가했을 때, 그리고 많은 양의 산($H_3O^+$)을 첨가했을 때 일어나는 변화를 비교하여 논술하시오. **[10점]**



연세대학교