

※다음 제시문을 읽고 아래 질문에 답하십시오.

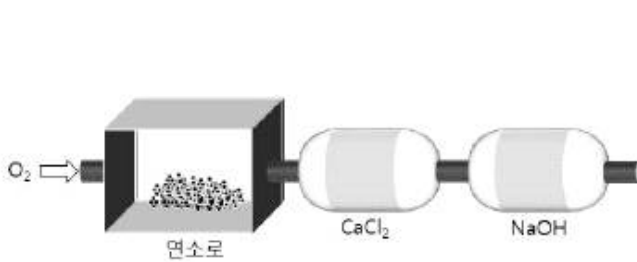
[가] (ㄱ) 진공 유리관의 양 끝에 수천 볼트의 높은 전압을 걸어주면 음극에서 양극으로 빛을 내면서 직진하는 선을 발견할 수 있다. (ㄴ) 19세기 후반 과학자들은 진공 유리관 안에 소량의 기체를 넣고 높은 전압을 걸었을 때 불연속적인 선스펙트럼이 관찰되는 것을 확인하였다. (ㄷ) 20세기 초 러더퍼드는 방사성 원소에서 방출되는 알파 입자를 얇은 금박에 충돌 시켰을 때 극히 일부의 알파 입자가 크게 휘거나 튕겨져 나오는 것을 확인하였다. (ㄹ) 채드윅은 베릴륨 원자에 알파 입자를 충돌시킬 때 전하를 띠지 않는 입자가 방출되는 것을 발견하였다.

[나] 화학 반응은 원자 간의 결합이 끊어지고 새로운 결합이 형성되는 과정이다. 화학 반응이 일어나기 위해서는 일정 수준 이상의 에너지를 가진 입자들이 유효한 방향으로 충돌해야 하는데, 이를 유효 충돌이라 한다. 화학 반응의 과정에서는 원자 간의 결합이 끊어질 때 에너지가 흡수되고, 새로운 결합이 형성될 때 에너지가 방출된다. 결합이 끊어질 때 흡수되는 에너지와 새로운 결합이 형성될 때 방출되는 에너지의 차이가 반응열이 된다. 가장 안정한 상태의 성분 원소로부터 1몰의 물질이 생성될 때의 반응열을 생성열이라고 한다. 예를 들면, 25°C, 1기압에서 CO(g), CO₂(g), H₂O(g)의 생성열은 각각 -110.5, -393.5, -241.8 kJ/mol이 된다. 화학 반응이 일어날 때 반응물의 종류와 상태, 그리고 생성물의 종류와 상태가 같으면 반응 경로에 관계없이 반응열의 총합은 일정하다.

[다] 리비히는 [그림1]과 같이 유기화합물이 연소될 때 생성되는 물과 이산화 탄소의 질량을 측정하여 탄소, 수소, 산소의 성분비를 알아내는 원소분석법을 개발하였다.

[라] 산화-환원 반응은 원자나 이온이 전자를 잃거나 얻는 과정이다. 화학 전지는 자발적인 산화-환원 반응을 이용하여 화학 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 장치이다. [그림2]는 화학 전지의 한 종류인 다니엘 전지의 구조를 나타낸 것으로, 아연판을 황산 아연(ZnSO₄) 수용액에 넣고 구리판을 황산 구리(CuSO₄) 수용액에 넣은 다음, 두 용액을 염다리로 연결하고 두 금속을 도선으로 연결하여 만든 것이다. 염다리는 염화 칼륨(KCl)을 포함하는 한천 용액을 굳혀서 만들 수 있다. 반쪽 전지 반응의 표준 환원 전위(E°)는 Cu²⁺(aq) + 2e⁻ → Cu(s)에 대하여 +0.34 V이며 Zn²⁺(aq) + 2e⁻ → Zn(s)에 대하여 -0.76 V가 된다.

[마] 이온화 에너지는 기체 상태의 원자로부터 전자를 떼어내는 데 필요한 에너지이다. 원자에서 전자를 1개씩 순차적으로 떼어내는 데 필요한 에너지를 순차적 이온화 에너지라 하며, 제일 이온화 에너지(E₁), 제이 이온화 에너지(E₂), 제삼 이온화 에너지(E₃), 로 나타낸다.



[그림1] 원소분석 장치의 구조



[그림2] 다니엘 전지의 구조

- 제시문 [가]에 나타난 각 실험을 통해 밝혀진 원자의 구조에 대해서 논하십시오. [8점]
- 탄산 칼슘(CaCO₃)을 염산(HCl) 수용액에 넣으면 기체가 발생하면서 서서히 녹는다. 탄산 칼슘과 염산이 반응하는 과정의 화학 반응식을 나타내고, 염산 수용액에 분말 상태의 탄산 칼슘을 넣었을 때와 덩어리 상태의 탄산 칼슘을 넣었을 때의 반응 속도가 어떻게 다른지 논하십시오. 또, 이 반응의 반응 속도에 영향을 줄 수 있는 추가적인 요인들에 대해서 논하십시오. [8점]
- 화합물 A는 탄소, 수소, 산소로 구성되어 있다. [그림1]의 장치를 이용하여 23 g의 화합물 A의 원소분석을 진행하였더니 염화 칼슘(CaCl₂)의 질량이 27 g 증가했고 수산화 나트륨(NaOH)의 질량은 44 g 증가했는데, 화합물 A가 연소되는 과정에서는 683 kJ의 열이 발생하였다. 한편, 산소가 부족한 환경에서 1몰의 화합물 A를 연소시켰을 때 일산화 탄소(CO)와 수증기(H₂O)의 혼합물이 생성되었으며, 이 혼합물에 충분한 산소를 공급하여 다시 연소시켰을 때에는 566 kJ의 열이 발생하였다. 화합물 A를 산소가 부족한 환경에서 연소시켜 일산화 탄소와 수증기를 생성하는 반응의 열화학 반응식을 풀이 과정과 함께 논하십시오 (단, 탄소, 수소, 산소의 원자량은 각각 12, 1, 16이며, 모든 반응 조건은 25°C, 1기압이라 가정하라). [8점]
- 다니엘 전지의 산화 전극 및 환원 전극에서 일어나는 반응을 이온 농도와 전극 질량의 변화와 관련지어 설명하고, 이 반응 과정에서 염다리가 어떤 역할을 하는지 논하십시오. [8점]
- 마그네슘(Mg)의 순차적 이온화 에너지 E₁, E₂, E₃의 상대적 크기를 비교하고, 그 결과에 대한 이유를 논하십시오. [8점]

