

화학발광 실험키트 (KS-K701)

【 제품구성 】

- A 시약 (루미놀) 3병
- 루미놀 활성용액 2병
- 투명 시험관 3개
- 시험관 받침대 3개
- 학생용 실험보고서 1장
- 교사용 지도서 1장

이 실험키트에 포함된 A 시약(루미놀 포함)은 1500mL의 반응물질과 1500mL의 산화제(루미놀 활성용액)를 만들기에 충분한 양이다.

【 별도구매 실험준비물 】

- 1L 비커 2개
- 500mL 눈금 실린더 2개
- 깔때기 1개
- (유리) 막대 2개

이 실험키트를 이용하여 화학물질이 빛 에너지로 변화하는 반응을 확인할 수 있다. 이처럼 화학반응으로 생성된 에너지가 열이 아닌 빛의 형태로 방출되는 화학적 반응을 **화학적 발광반응**이라고 한다.

화학적 반응과 변화

화학적 반응과 변화는 종종 에너지의 변화와 관련이 있다. 대부분의 화학반응에서는 열에너지가 발생한다. 이런 에너지 변화를 이용한 대표적인 제품이 손난로이다. 그리고 얼음 팩처럼 에너지를 흡수할 때 발생하는 화학적 반응을 이용한 제품도 있다. 이 실험 키트는 빛 에너지라는 화학적 (발광)반응을 설명하고 이해하는데 효과적이다. 뿐만 아니라 온도와 관련된 화학적 반응 속도를 보여주는데 효과적이다.

화학발광반응

화학발광반응과 관련하여 광범위한 연구가 이루어지고 있다. 산업계에서는 이들 반응을 상업적 목적에 이용하고 있다. 루미놀이 산화되면 푸른빛의 광양자를 방출하는 들뜬 분자를 만들어낸다. 푸른빛은 형광 염료에 의해 녹색이나 오렌지색으로 변화기도 한다. 염색약이 그 푸른빛을 흡수하고 그 에너지를 이용해 녹색이나 오렌지색 빛을 방출하는 것이다. 이 물질은 발광봉이나 야광 목걸이, 장난감 등에 자주 사용된다.

화학발광반응은 물질의 상태와는 상관없이 발생할 수 있다. 이 실험 키트에서는 액체 상태에서 반응이 발생한다. 에너지를 방출하는 화학반응에서 전자적으로 들뜬상태(excited state)의 분자를 만들어지면 화학발광반응이 일어난다. 그 분자가 바닥상태(ground state)로 돌아가면 빛의 형태로 에너지를 방출한다. 번개는 자연에서 볼 수 있는 발광현상의 좋은 예이다.

생물발광

자연 상태에서의 생화학적 반응으로부터 빛이 발생했다면 그 과정을 **생물발광**이라고 한다. 자연에서 발생하는 생물발광의 예는 많다. 반딧불은 가장 잘 알려진 생물발광의 예이다. 해면동물, 산호, 불가사리, 조개 및 다른

어류에서 방출되는 빛은 루시페린과 루시페라아제 사이에서 일어나는 반응의 결과이다. 루시페린은 루시페라아제 효소와 반응하여 아데노신 3인산(ATP)이라는 합성물을 만들어 낸다. 이 반응은 몇 단계를 거치는데 결국에는 푸른빛의 광양자를 방출하고 일반적인 데카르복실루시페린(decarboxyluciferin)이 되는 들뜬상태의 분자(decarboxyketoluciferin)를 만든다. 루시페린과 루시페라아제라는 이름은 생물발광 유기체에서의 활성체를 일컫는 통칭이며 실제 분자 구조는 유기체마다 조금씩 다르다는 사실에 주의한다.

화학발광 시연

이 반응은 산화제(과산화수소)와 환원제(루미놀)이라는 두 가지 물질과 관련 있다. 과산화수소와 루미놀 용액을 섞으면 광양자를 발생하면서 전자는 들뜬상태가 된다. 대개 빛이 발생하며 열은 찾기 힘들다.

많은 학생들에게 친숙한 발광봉에는 화학물질이 두 개의 공간에 나뉘어져 보관되어 있다. 두 공간을 나누는 칸막이가 부서지거나 화학물질이 섞이면 화학발광 현상이 발생한다. 반응 속도가 빠르면 빠를수록 발생하는 빛의 양도 많아진다. 이 화학반응에서 열을 느낄 수 있었는지 학생들에게 물어보자.

에너지 변화에 미치는 온도의 영향 즉, 발생하는 빛의 양을 보여줄 수 있다. 차가운 물속에서 보다는 뜨거운 물속에서 화학발광반응이 일어나면 더 많은 빛을 발생시킨다. 그러나 반응이 지속되는 시간은 줄어든다.

실험과정

플라스틱 시험관과 받침대를 이용해 이 반응을 확인한다. 시험관에는 200mL의 용액을 담을 수 있다.

실험 1

다음 실험은 화학물질이 빛 에너지로 변하는 화학반응의 예이다.

1. A 시약(루미놀 함유) 한 병을 모두 비커에 붓고 500mL 수돗물에 완전히 용해시킨다. 루미놀은 용액에서 쉽게 상하기 때문에 시험 바로 전에 준비해야 한다. 루미놀 용액은 몇 주 정도 지속될 수 있다. 그러나 시간에 따라 발생하는 빛의 강도는 줄어든다.
2. 눈금 실린더를 사용하여 30mL의 루미놀 활성용액을 다른 비커에 붓고 470mL의 물로 희석시킨다. 비커에는 총 500mL의 용액이 만들어진다.
3. 두 가지 용액을 깨끗한 플라스크나 눈금 실린더에 각각 80mL씩 따른다.
4. 모든 조명을 끄고 커튼을 내려 가능한 실내를 어둡게 만든다.
5. 깔때기를 이용해 두 용액을 동시에 플라스틱 시험관에 붓는다.

화학 반응이 일어나면서 빛이 방출된다. **주의** : 루미놀 용액과 루미놀 활성용액의 비율에 따라 빛의 세기와 푸른빛이 지속되는 시간이 달라진다. 1:1 비율로 섞으면 비교적 밝은 빛이 발생하며 약 3분 정도의 반응 시간이 지속된다.

질문

1. 반응이 일어나기 전의 용액의 색깔은 무엇인가?
2. 반응 후의 용액의 색깔은 무엇인가?

3. 반응은 얼마나 지속되었나?
4. 반응 중에 빛의 세기 변했는가?
5. 반응 용기에 온도의 변화가 발생했는가?

실험 2

1. 활성용액의 양은 줄이고 A 시약(루미놀)의 양을 늘이면 앞선 실험과 비교했을 때 보다 어두운 빛이 더 오래 지속되는지 실험한다.
2. 두 용액의 양을 조절하여 보다 짧은 시간 동안 더 밝은 빛이 나오도록 실험한다. 활성용액의 양을 더 많이 넣으면 그런 결과를 얻을 수 있다.
3. 학생들에게 용액을 다른 비율로 섞어 실험하고 그 결과를 기록하게 한다.

실험 3

1. 실험 1과 같이 시험관 2개를 준비한다.
2. 뜨거운 물과 차가운 물속에 각각 시험관을 넣는다.
3. 반응이 지속된 시간과 발생하는 빛의 양, 그리고 온도의 관계에 대해 예측하게 한다.

물질이 발열하면 분자는 더 들뜬상태가 되고 반응속도는 빨라진다. 물질의 온도가 내려가면 분자가 덜 들뜬상태가 되어 반응속도도 느려진다. 차가운 환경보다 따뜻한 환경에서 식물이 더 빨리 성장한다는 사실을 알고 있다. 음식은 뜨거운 물 보다는 끓는 물에서 더 빨리 요리된다. 음식은 냉장고에서보다 실온에서 더 빨리 상한다.

실험 4

이 화학반응에서 열이 발생하지 않는다는 것을 보여 주기 위해 시험관의 3분의 2 정도 조각 얼음을 채우고 두 용액을 동시에 붓는다. 그리고 얼음이 빨리 녹는지 관찰한다.

토론을 위한 질문

1. 반응이 멈추었다는 것을 어떻게 확인할 수 있나?
2. 냉광(cold light) 기술이 적용될 수 있는 분야는 무엇인가?
3. 뜨거운 물(50℃)에서 일어난 반응과 실온의 물속에서 일어난 반응 중 어느 쪽이 더 오래 지속될까?
4. 이 경우 빛의 세기는 다른가?

이 실험서는 (주)한국과학에 의해 작성되었으며 저작권법에 의해 보호를 받습니다. 무단복제를 금하며, 무단 복제 및 배포 시 저작권법에 의해 처벌 받을 수 있습니다.