

화학 실험 연수 교재

- 개발년도 1차년도(2003년)
- 제 목 화학1-나일론의 합성
- 연구책임자 우규환(서울대학교)
- 공동연구원 강순희(이화여자대학교)

이 자료는 서울대학교 과학교육연구소가 교육인적자원부의 과학교육 연구기관으로 지정받아 수행하고 있는 「탐구·실험 중심의 과학교육 활성화를 위한 연구개발 사업」의 일환으로 개발되었습니다.



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center

12. 나일론의 합성¹⁾

1) 실험 목표

(1) 지식

- ① 나일론실의 제조 과정을 진술할 수 있다.
- ② 나일론실의 생성 과정을 화학 반응식으로 나타낼 수 있다.
- ③ 고분자 화합물의 성질들을 열거할 수 있다.

(2) 탐구 과정

- ① 나일론의 생성 반응을 통하여 축합 반응의 원리를 추리할 수 있다.

(3) 실험 기능

- ① 두 액체가 섞이지 않고 층이 형성되도록 천천히 액체를 가할 수 있다.

(4) 태도

- ① 고분자 화합물이 생성되는 과정을 이해하고, 우리 주변의 다양한 고분자 화합물에 대해 관심을 갖는다.

2) 실험 안내

(1) 관련 내용 : II. 화학과 인간(2. 탄소 화합물과 우리 생활)

(2) 관련 개념 : 고분자 화합물, 합성 섬유, 중합 반응

3) 조 별 준비물

(1) 기구 : 250mL 비커, 100mL 비커, 약포지, 약수저, 유리 막대, 철사 줄, 보안경, 실험실 용 고무 장갑, 후드

(2) 시약 : 헥사메틸렌디아민, 염화아디프산, 탄산나트륨, 디클로로메탄, 증류수, 식용 색소

4) 실험 과정

(1) 250mL비커에 염화아디프산 2.3g을 넣고 50mL 디클로로메탄으로 녹인다.

유의점

- 실험을 시작하기 전에 보안경을 착용하고 실험실용 고무 장갑을 낀다.
- 실험은 후드 안에서 실시한다.
- 디클로로메탄은 휘발성이 강하므로 사용 후 뚜껑을 잘 닫는다.
- 사용 시약이 몸에 묻지 않도록 조심한다.

1) 화학, 금성출판사, p.178, 대한교과서, p168. 청문각, p.147. 중앙교육, p157



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

(2) 100mL 비커에 헥사메틸렌디아민 2.9g을 넣고 물중탕에서 녹인 다음, 50mL 0.5M탄산나트륨 수용액으로 희석시킨다.

- 유의점**
- 헥사메틸렌디아민은 독성이 강하므로 후드 안에 보관하도록 한다.
 - 색깔이 있는 나일론실을 얻고 싶으면 식용 색소 수용액을 1~2 방울을 가해 색깔을 낸다.

(3) 오른쪽 그림처럼 염화아디프산이 녹아 있는 디클로로메탄 용액 층에 헥사메틸렌디아민 수용액을 가한다.

- 유의점**
- 이 때 디클로로메탄 용액 층이 섞이지 않도록 비커의 벽을 통하여 천천히 헥사메틸렌디아민 수용액을 가한다.
 - 이 때 반응 용액을 휘젓거나 또는 섞이게 하면 안된다.



(4) 오른쪽 그림처럼 두 용액의 경계면에 생성된 막을 철사 고리로 조심스럽게 건져내어 유리 막대에 걸친 후, 유리 막대를 회전하여 나일론실을 감아낸다.

(5) 다 감아낸 나일론 실은 즉시 물로 여러 번 씻는다. 나일론실을 공기 중에서 건조시킨 후, 유리 막대에서 풀어낸다.



5) 결과 및 논의

(1) 어떤 용액 층이 위에 있고, 어떤 용액 층이 아래에 있는가? 관찰하여 쓰시오.

(2) 두 용액이 위층과 아래층으로 나뉘는 이유는 무엇인지 쓰시오.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

(3) 이 실험에서 나일론실이 생성되는 곳은 어느 부분인지 쓰시오,

(4) 헥사메틸렌디아민과 염화아디프산이 반응하여 나일론실이 생성될 때의 화학 반응식을 나타내시오.

헥사메틸렌디아민($\text{HOOCCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$)

염화아디프산($\text{H}_2\text{NCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$)

(5) 실을 감아내는 속도와 실의 굵기는 어떤 관계가 있는지 쓰시오.

6) 배경 지식

(1) 고분자 화합물

고분자 화합물을 이루는 저분자량의 기본적인 화합물을 단위체(monomer)라고 하며, 단위체 분자들이 서로 결합하여 고분자가 되는 반응을 중합 반응(polymerization)이라 하며, 이때 형성된 고분자 화합물을 중합체(polymer)라고 한다.

(2) 첨가 중합과 축합 중합

중합체를 합성하는 방법에는 불포화 결합을 가지고 있는 단위체의 첨가 반응으로 중합이 되는 첨가 중합(addition polymerization)과 단위체가 갖고 있는 양쪽 말단 작용기들의 반응으로 간단한 분자(H_2O , HCl 등)가 빠지면서 중합이 되는 축합 중합(condensation polymerization)이 있다.

첨가 중합으로 만들어진 중합체로는 폴리에틸렌, 폴리염화비닐, 즉 PVC, 폴리프로필렌 등이 있으며, 축합 중합으로 만들어진 중합체로는 나일론 66, 나일론 6, 폴리에스테르, 폴리우레탄 등이 있다.



서울대학교
과학교육연구소



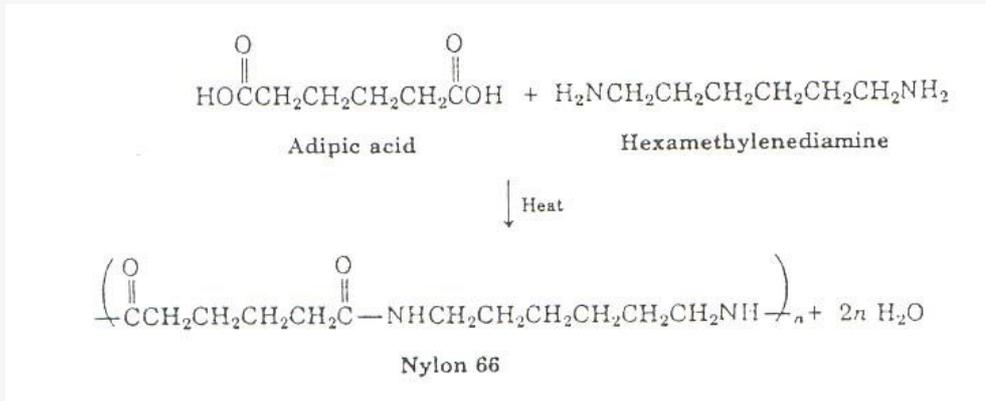
서울대학교
과학교육연구소



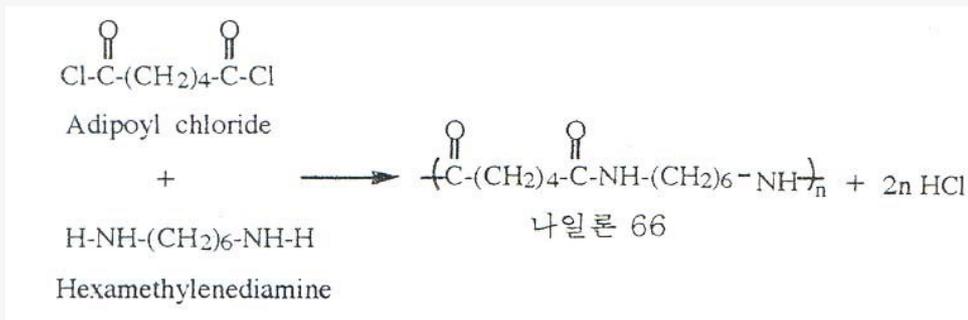
서울대학교
과학교육연구소

(3) 나일론의 종류 및 합성법

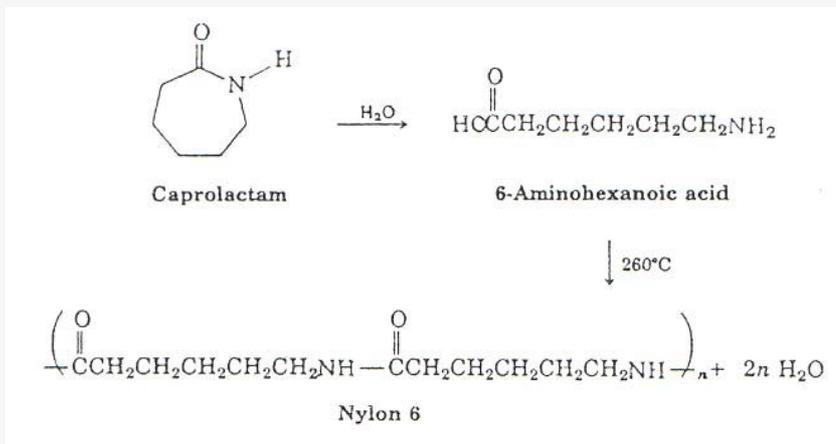
나일론 중에서 가장 널리 사용되는 나일론 66은 아디프산과 헥사메틸렌디아민을 280°C로 가열하여 얻어진 폴리아미드(polyamid)이다.



실험실에서 나일론 66은 염화아디프산과 헥사메틸렌디아민으로부터 쉽게 합성할 수 있다.



나일론 66과 구조적으로 깊은 관련이 있는 나일론 6은 카프로락탐의 중합 반응으로 합성된 폴리아미드이다.



(4) 나일론의 사용

나일론은 섬유 제조와 공학적 응용에 사용되고 있다. 나일론은 충격 강도와 마모 저항성이 커서 각종 베어링과 톱니바퀴로서 금속을 대체할 수 있으며, 섬유로서는 커튼, 인조 잔디, 카펫, 타이어선, 등산용 밧줄 등에 이용되고 있다. 나일론은 땀을 빨아들이지 못하고, 정전기가 생기므로 옷감으로는 적합하지 않다.

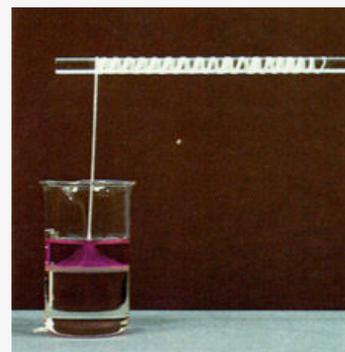
나일론과 같은 합성 고분자 화합물은 천연 고분자 화합물과는 달리 사용 후 자연계에 버려질 때 산소, 물, 빛, 그리고 미생물 등에 의하여 쉽게 분해되지 않는다. 따라서 그 폐기물은 토양 오염의 한 원인이 되고 있으며 연소 될 때 발생하는 유독 가스는 대기 오염을 유발하기도 한다.

그러므로 자연계에서 분해 가능한 합성 고분자 화합물을 합성하는 것과 합성 고분자 폐기물의 재생 또는 다른 유용한 화합물로의 전환이 앞으로의 중요한 과제이다.

(5) 읽기 자료

나일론은 미국의 화학자 캐러더스에 의해 최초로 개발되었는데, 합성 고무인 네오프렌을 개발한 미국의 화학자 캐러더스는 1930년 초에 견직물의 섬유와 면직물의 섬유가 어떤 모양으로 결합되어 있는가를 연구하기 시작하였으며, 헥사메틸렌디아민과 아디프산을 화합시켜 나일론이라는 고분자 화합물을 개발하였다. 그러나 그가 처음 개발한 섬유는 약해서 쓸모가 없었다. 이것은 나일론이 생성되면서 발생한 작은 물방울들이 반응 용액으로 다시 들어가 중합 공정을 억제하기 때문이었다.

캐러더스는 실험 장치를 다시 배열하여 반응에서 생긴 수증기를 빼내어 냉각시키는 방법으로 물방울을 제거하였으며, 레이온 섬유 가공과 유사한 방법을 적용하여 방적 돌기를 통해 나일론을 압축시켜서 최초의 나일론 실을 생산하는 데 성공하였다. 이처럼 어렵게 나일론을 합성한 캐러더스는 이 물질이 무슨 특별한 성질을 가졌는지를 처음에는 몰랐었다. 그가 실험실을 잠깐 비운 어느 날 그의 연구 조수가 실패한 실험을 치우느라고 시험관 바닥에 달라붙은 나일론 찌꺼기를 유리 막대로 긁어 내려 하였는데, 유리 막대 끝에서 실크처럼 아름답고 가는 실이 끝없이 뿜혀 나오는 것이었다. 이렇게 하여 실험실에서 잠잘 뻔했던 나일론이 합성 섬유의 대명사로 탄생하게 되었다.



이와 같은 캐러더스의 연구와 노력으로 1935년에 최초의 화학 인조 섬유 나일론은 매우 질기고 탄력성이 커서 제품화되기 시작하였다. 1938년 9월 21일 캐러더스가 몸담고 있던 회사는 '석탄과 물과 공기로 만드는 섬유'가 마침내 제품화 되었다고 선언하였다(요즈음엔 석탄을 석유로 바꾸어야 맞는다).



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소