

탐구수업 지도자료

- 학 년 중학교 2학년
- 단 원 혼합물의 분리는 어떻게 할까요?
- 소 단 원 7장 끓는점차를 이용한 혼합물의 분리
- 제 목 도입
- 대표 저자 강순희(이화여자대학교)
- 공동 저자 김지영(이화여자대학교)
박은미(이화여자대학교)
방담이(이화여자대학교)
채명희(이화여자대학교)
이은주(이화여자대학교)
이윤하(이화여자대학교)
김효진(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



제 7 장

끓는점차를 이용한 혼합물의 분리



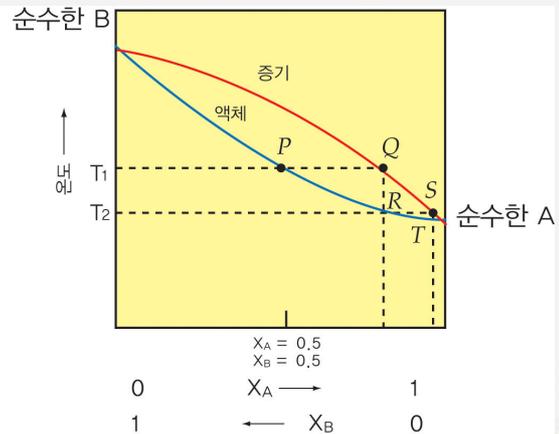
서울대학교
과학교육연구소

배경지식 넓히기

1. 끓는점 차를 이용한 혼합물의 분리

(1) 증류와 분별 증류

액체 혼합물을 가열하면 혼합물의 조성이 변하게 되는데 그 이유는 더 휘발성이 강한 액체가 그렇지 않은 액체에 비해 더 많이 기화하기 때문이다. 이러한 양을 그림과 같이 끓는점 도표로 나타낼 수 있다. 그림은 보면 같은 온도에서 액체와 증기의 조성이 다른 것을 볼 수 있는데, 이것은 증기가 액체보다 휘발성인 성분을 더 많이 포함하기 때문이다. 혼합그림에서 보면 맨 왼쪽에는 순수한 B의 액체가 있을 때의 끓는점을 나타낸 것이며 맨 오른쪽에는 순수한 액체 A가 있을 때의 끓는점을 나타낸 것이다. 액체 A가 B에 비하여 낮은 온도에서 끓는데 이것은 A가 더 휘발성이 크다는 것을 나타낸다.



서울대학교
과학교육연구소

A와 B가 같은 양이 섞여 있는 용액을 생각해 보자. 이 용액을 온도 T_1 까지 가열하면 끓게 되는데 이때 끓어 나오는 증기의 조성은 점 P에서 선으로 연결하여 만나는 점 Q가 된다. 즉 A가 더 휘발성이 강하므로 더 많이 끓어 나오게 되어 증기에는 A가 더 많이 포함되게 된다. 이 증기를 온도 T_2 로 냉시키면 액체로 상태 변화 하게 된다. 이렇게 하면 단순 증류의 1단계가 이루어진 것이다. R지점에서의 액체는 S 점에서 나타난 조성의 기체와 평형을 이루게 되며 이 S조성의 기체는 더 많은 A를 포함하게 된다. 이렇게 증류를 여러 번 거쳐 점점 A를 많이 포함하는하도록 하고 결국에는 순수한 액체 A를 얻게 된다.

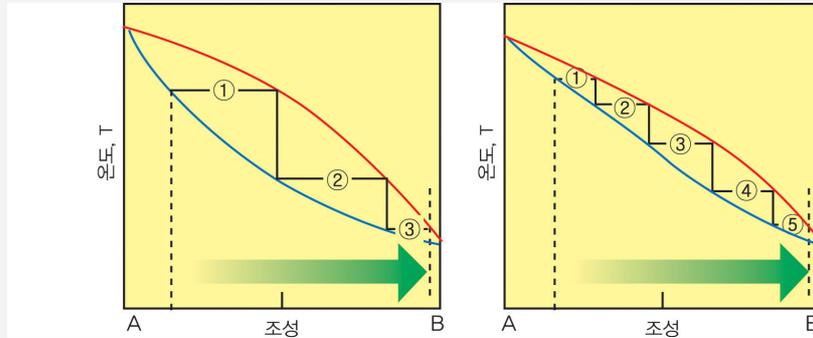
(2) 이론단 수

분별 증류관의 효율을 이론단 수라는 것을 가지고 나타내는데, 이 이론단 수는 한 주어진 증류물로부터 주어진 조성의 응축물을 얻는데 필요한 증발과 응축의 유효 단계수이다. 따라서 아래 그림 (a)에서 점선으로 나타낸 정도로 분리하려면 분별 분리관의 이론단 수



서울대학교
과학교육연구소

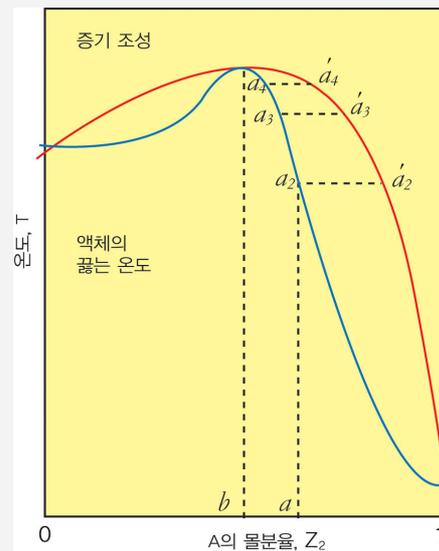
가 3이 되어야 하며, 그림 (b)의 경우에는 계의 성분들이 서로 비슷한 부분 증기 압력을 가지고 있으며, 분별 증류관을 이룬 단수가 5가 되도록 만들어야 한다.



(3) 불변 끓음 혼합물

많은 액체들이 이상적 모양의 온도-조성 상평형 그림을 나타내지만 이상성으로부터 현저하게 벗어나는 행동을 하는 액체도 많다. A와 B분자들 사이의 상호작용으로 이들의 혼합물이 이상적 값보다 낮은 증기 압력을 나타낼 때는 상평형 그림에 극대가 나타날 수 있다. 이때는 A-B의 상호작용이 액체를 안정화시킨다. 이러한 예로는 트리클로로메탄/ 아세톤, 질산/ 물의 혼합물을 들 수 있다.

한편 극소점을 나타내는 상평형 그림은 혼합물이 이상적인 경우보다 안정하지 못하며 따라서 A-B 상호작용이 나쁘다는 것을 의미한다. 이러한 예로서는 디옥산/물, 에탄올/물을 들 수 있다.

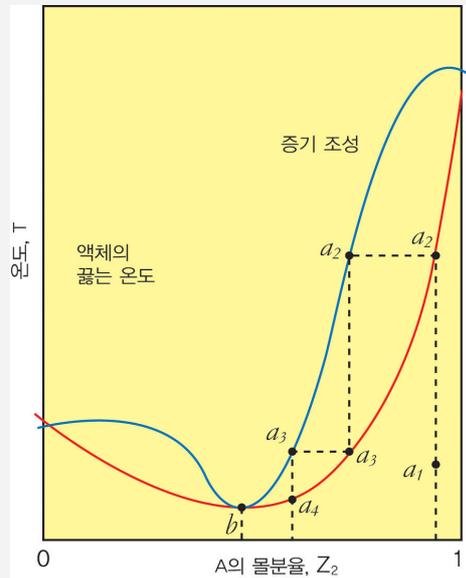


이상성으로부터의 이탈이 상평형 그림 상에서 극대나 극소를 나타낼 정도로 항상 강한 것은 아니지만 이러한 경우에는 증류 결과에 큰 영향을 준다. 위의 그래프에서 조성 a 가 극대점의 오른쪽에 있는 액체를 생각하자. 이 혼합물이 끓을 때(a_2 에서) 나오는 증기(a'_2) 속에는 성분 A가 더 풍부하게 들어 있다. 이 증기를 뽑아내면(이어서 별도로 냉각시킨다) 남아 있는 액체 속에는 B가 더 풍부하게 들어 있게 되어, 액체의 조성은 예컨대 a_3 가 되고 이 액체와 평형을 이루고 있는 증기의 조성은 a'_3 이 된다. 이 증기를 뽑아내면 끓는 액체의 조성은 a_4 와 같은 점으로 이동하고, 증기의 조성은 a'_4 으로 이동하게 된다. 따라서 증류가 계속되면 A가 증류되어 나감에 따라 남아 있는 액체의 조성이 B쪽으로 이동해간다. 그러면 용액의 끓는점은 올라가고 증기 속에는 점점 B가 풍부해진다. 성분 A



를 뽑을 만큼 뽑아서 액체의 조성이 b 에 도달하면 증기의 조성이 액체의 조성 같아지며, 따라서 증발이 계속해서 일어나더라도 조성의 변화가 생기지 않는다. 이렇게 된 혼합물을 불변 끓음 혼합물(azeotrope)이라고 한다. 불변 끓음 혼합물 조성에 도달하면 응축액의 조성이 처음 액체의 조성 같아지므로 증류를 하더라도 두 액체가 분리되지 않는다.

오른쪽 그래프에 나타낸 계도 또한 불변 끓음 혼합물이지만 그 성질이 다르다. 조성이 a_1 인 액체로부터 시작하여 분별 증류관을 통해 올라가는 증기의 조성 변화를 생각하여 보자. 이 용액은 a_2 에서 끓기 시작하여 조성이 a'_2 인 증기를 내놓는다. 이 증기는 증류관 속에서 응축되어 동일 조성의 액체(a_3 로 표시된)로 된다. 이 액체는 조성이 a'_3 인 증기와 평형을 이루게 되며, 이 증기는 증류관 속의 더 높은 곳까지 올라가서 동일 조성의 액체(a_4)로 응축된다. 따라서 이 분별 증류는 증기를 불변 끓음 조성 쪽으로 b 까지만 이동시키고 그리하여 증류관 꼭대기로부터 불변 끓음 증기가 나오게 한다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소