

탐구수업 지도자료

- 학 년 중학교 1학년
- 단 원 물질이 상태를 바꿔요!
- 제 목 탐구의 발전
- 대표 저자 우규환(서울대학교)
- 공동 저자 이숙경(서울 양화중학교)
 정여진(서울 언남중학교)
 황혜령(서울대학교)
 김혜선(서울대학교)

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 9 장

「물질의 세 가지 상태」 탐구의 발전



서울대학교
과학교육연구소

「물질의 세 가지 상태」 탐구의 역사

1. 반 데르 발스(van der Waals, Johannes Diderik ; 1837~1923) :

네델란드의 물리학자이다. 그의 가장 큰 업적은 고전적인 보일의 법칙과 샤를의 법칙을 결정적으로 개정한 점이다. 기체의 압력과 체적의 관계를 발견한 것은 보일이었고, 온도와 체적의 관계를 훨씬 정확하게 구한 것은 샤를이었다. 이 두 관계를 한 개의 방정식으로 묶으면 $PV/T = K$ 이다 (P는 일정량의 기체의 압력, V는 기체의 부피, T는 절대 온도, K는 상수). 이상적으로는 어떤 기체든 압력, 체적, 절대온도 3개의 양 중에서 어느 것이든 한 개를 변화시키면, 다른 두 개도 변화하고 K는 항상 일정한 값을 지닌다. 그러나 이것은 실제로 반드시 옳지 않았다. 질소, 수소, 산소의 경우는 거의 잘 맞았고, 온도를 올리고 압력을 내리면 더욱 잘 맞았다. 그래서 과학자들은 이러한 기체를 ‘이상 기체’라 불렀다. 그러나 반 데르 발스는 이상기체에 잘 들어맞는 법칙이 어째서 실제 기체에는 잘 맞지 않는가를 의심하였다. 그는 기체분자 사이의 인력과 기체분자의 크기를 보강하고 수정하였다. 이것이 실제기체에 대한 반 데르 발스의 상태방정식이다.



서울대학교
과학교육연구소

2. 물리학자 앤드루스(Andrews, Thomas ; 1813~1885) :

아일랜드의 물리학자로 그는 기체의 액화를 연구하였다. 이미 패러데이는 어떤 종류의 기체에 압력을 가하여 액화시키는 데 성공하였다. 그런데 산소, 수소, 질소 등은 압력을 가해도 액화하지 않았다. 1845년에는 이러한 기체를 ‘영구기체’라 불렀다. 앤드루스는 압력만을 가하여 액화되는 이산화탄소를 사용하여 연구를 계속하였다. 압력을 가해서 액화한 이산화탄소의 온도를 서서히 올리면서 액화상태를 유지하기 위해서 압력을 어떻게 증가하면 좋은가를 조사하였다. 그런데 온도를 올리는 도중에 액체 이산화탄소와 그 위쪽에 있는 기체 이산화탄소의 경계선이 점차 분명치 않게 되고, 섭씨 31도에서는 그 경계가 없어지고 말았다. 그리고 이산화탄소는 모두 기체가 되고 아무리 압력을 높게 해도 액화되지 않았다. 여기서 앤드루스는 어떤 기체라도 어느 일정한 온도 이상에서는 아무리 압력을 높여도 액화하지 않는다고 생각하고, 이 온도를 임계점이라 불렀다. 이것은 압력을 가하기 전에 온도를 임계점 이하로 내림으로써 영구기체도 액화된다는 사실을 암시한다.



서울대학교
과학교육연구소

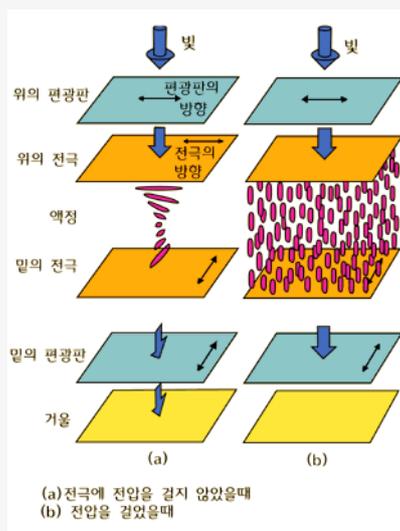
기체의 액화 연구와 관련하여 저온에 대한 연구가 1895년부터 시작되었다. 이 연구는 기체의 액화에 관한 원리를 응용하여 다량의 액체공기를 제조하는 장치를 린데(Linde, Carl Paul Gottfried Ritter von; 1842~1934)가 발견한 데서 본격화하였다. 우선 듀워(Dewar, James; 1842~1923)는 이 액체공기를 보존하기 위하여 진공병(dewar flask)을 제조하는데 성공하였다. 이것은 저온화학 발전의 토대가 되었다. 듀워는 1898년 수소가스의 액화에 성공하였다. 액화가 곤란했던 것은 헬륨이었으나 1908년 오네스(Onnes, Kamerlingh; 1853~1926)가 액화하는데 성공하였다. 저온화학의 실용성은 액체공기의 분류이지만, 화학사적으로 볼 때 아르곤 족 원소가 발견되는 계기가 되었다.



서울대학교
과학교육연구소

「물질의 세 가지 상태」와 현대사회

1. 액정



대부분의 물질은 고체 상태에서 규칙적인 입자 배열을 이루며 액체 상태가 되면 입자의 배열이 불규칙해진다. 그러나, 어떤 물질들은 특이하게도 평상시에는 액체와 마찬가지로 불규칙한 구조를 나타내지만, 열이나 전기장을 걸어주면 고체의 입자 배열과 같이 부분적으로 규칙적인 구조를 나타내는데 이러한 물질을 액정(액체 결정:Liquid Crystal)이라 한다. 이러한 물질은 결정과 액체의 중간적인 성질을 지닌 상태로 물질의 존재상태의 하나이다. 겉보기에는 탁하거나 끈기가 있는 액체와 같은데 보통의 액체의 분자는 방향이나 배열이 제멋대로인데 비하여, 액정에서는 분자의 축의 방향이 가지런하거나, 축의 방향에 일정한 질서가 있다. 고분자의 용액이라든가 생물체에 있는 막 등을 포함하여, 수천 종의 화합물이 액정이 된다



서울대학교
과학교육연구소

는 것이 알려져 있다. 액정은 낮은 전압으로 작동시킬 수 있으며 소비전력이 작기 때문에 숫자나 문자를 표시하는 전자장치의 두께가 얇은 대형 화면을 만들 수 있다. 전압을 걸면 분자의 배열이 변하는 유형의 액정을 시계, 전자계산기, 휴대폰, 워드프로세서 등의 문자 표시에 사용할 수 있다. 또 온도 변화로 색이 변하는 유형의 액정을 온도계로 사용할 수 있으며, 이것은 외부로부터 들어오는 빛을 산란시킬 수 있어 어두운 곳에서도 읽을 수 있다. 따라서 자동차 계기판, 벽걸이형 TV, 노트북 컴퓨터 등에 많이 이용된다.

2. 용해와 응고를 이용한 재활용

더운 여름날 시원한 음료수는 우리의 갈증을 풀어 준다. 음료수는 흔히 알루미늄캔, 유



서울대학교
과학교육연구소

리병, 페트병 등에 들어 있는데, 음료수를 마시고 난 후 남은 캔이나 병들은 훌륭한 자원으로 재활용될 수 있다. 이 때, 우리가 배운 용해와 응고의 원리가 이용되고 있다. 우리가 원하는 알루미늄 제품을 만들기 위해서는 먼저 광석으로부터 알루미늄을 뽑아내고, 이것을 용해시켜 액체로 만든 다음 틀에 부어 다시 응고시키게 된다. 그런데 폐 알루미늄캔을 재활용한다면, 어려운 알루미늄의 제련 과정을 생략하고 용해와 응고의 과정만 있으면 된다. 그러므로 광석으로부터 알루미늄 제품을 얻는 데 필요한 비용을 약 1/10



정도까지 줄일 수 있다.

유리도 마찬가지이다. 유리 제품들은 규사(석영 모래)에 약간의 다른 물질을 섞어 높은 온도에서 용해시킨 다음 응고시켜 만든다. 사용한 유리병이나 깨진 유리 조각도 바로 용해와 응고의 과정을 거쳐 원하는 모양의 제품을 만들 수 있다. 음료수를 담은 페트 병도 사용 후 약간의 세척 과정만 거치면 바로 용해와 응고의 과정을 거쳐 다른 모양의 제품을 만들 수 있다. 이와 같이 알루미늄캔이나 유리병 또는 페트 병 등을 녹여 다시 쓰는 재활용은 비용을 줄일 수 있을 뿐만 아니라 자원을 절약하고 환경을 보호한다는 면에서 매우 중요한 일이다.

우리나라에서는 알루미늄캔과 같이 재활용이 가능한 물건의 한쪽에 재활용 표시를 넣어 효율적인 자원의 재활용을 돕고 있다. 우리들도 재활용할 수 있는 물건을 그냥 버리고 있지 않은지 다시 한번 살펴, 자원 절약과 환경 보호를 몸소 실천하도록 하자.



서울대학교
과학교육연구소



3. 전사염(轉寫染, Transfer-dyeing)

공예염색에서의 전사염은 본래 나뭇잎이나 요철이 있는 물체에 전사 염액을 칠한 후 천에 전사시키는 기법을 말하는데, 요즈음에는 종이에 전사 염액으로 그리거나 날염하여 200~210℃에서 약5~10초간 열 압축으로 천에 전사시키는 염법을 말한다. 이 날염 원리는 고체 상태의 염료분말이 고열에 승화하여 기화된 염료가 섬유에 염착 되는 것이다. 다른 염색법과 달리 증열 처리나 고착처리가 필요 없고 다리미질로만 후처리가 가능하여 어떤 염색보다 간편하고 3~4번 연속하여 전사가 가능하다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

「물질의 세 가지 상태」 연구의 현황과 전망



중성인 기체 분자나 원자들에 많은 에너지를 가하면 전기적으로 전리되면서 전리기체인 제 4의 물질 상태 즉, 플라즈마가 된다. 현재 플라즈마는 여러 분야에서 응용되고 있다. 그 중에서 가장 관심의 대상이 되는 분야는 크게 2가지이다. 고온 플라즈마를 이용하여 ‘핵융합(nuclear fusion) 발전’을 일으켜서 에너지 개발 문제를 근본적으로 해결해 보려는 시도와 저온 플라즈마를 이용하여 새로운

물질을 합성 내지 가공 처리하는 ‘플라즈마 공정(plasma processing)’등이다.

태양에서 일어나고 있는 반응 그 자체를 지구상에서 직접 일으켜 그 에너지를 이용하려는 시도가 있다. 이것이 고온 플라즈마를 이용한 제어 핵융합 반응으로 플라즈마를 이용하여 제 4의 불인 ‘핵 융합발전’을 만드는 것이다. 핵융합 반응을 일으키기 위하여 가벼운 두 원자핵(이온화되어 전자가 없는)을 융합시키려면 아주 큰 에너지(속도)로 서로 충돌하여야 하므로 고온의 플라즈마를 일정 밀도 이상으로 일정 공간에 정해진 시간동안 유지하여야 한다. 이러한 ‘핵융합 점화조건’을 ‘로슨(Lawson)조건’이라고 하며, 대략 플라즈마 온도(T)1억도이다. 이런 고온 고밀도의 플라즈마를 일정시간 동안 일정 용기에 가두어 두기란 쉽지 않다. 가장 유망한 장치는 자기 용기로서 ‘토카막(Tokamak)’이 있다.



그 외에 십 만도 정도의 비교적 낮은 온도의 플라즈마에 의한 새로운 물질의 합성과 가공처리에 대한 플라즈마 공정이 있다. 재래식 물질의 합성이나 가공 처리는 온도가 수 백도 내지 수 천도인 열 반응이나 화학반응에 의하여 이루어져 왔다. 이에 비해 글로방전 플라즈마를 이용함으로써 지금까지 불가능했던 여러 가지 재료의 성형이나 가공이 가능하게 됨은 물론이고 고온에서 일어나는 물질 반응을 이용함으로써 새로운 물질의 합성이나 분해도 이를 수 있게 되었다. 예를 들어 다이아몬드를 플라즈마 장치에 의하여 비교적 쉽게 합성 내지 가공할 수 있다. 이처럼 특수 금속을 비롯하여 반도체들과 같은 특수 재료의 성형이나 가공을 초고온 상태에서 실행할 수 있을 뿐만 아니라 고온 화학 등 더욱 넓은 영역의 물성학에 응용하고 있다. 기타 우주개발을 위한 물리학 에너지 변환 효율을 획기적으로 개선할 MHD(전자기 유체역학적) 발전, MHD추진장치, 평판 표시 장치의 일종인 PDP(Plasma Display Panel), 그리고 각종 기체 방전관의 개발 등과 같이 다방면에 응용되고 있다.

