

탐구수업 지도자료

- 수정본 -

- 학 년 중학교 1학년
- 단 원 분자의 운동
- 제 목 탐구의 발전
- 대표 저자 노태희(서울대학교)
- 공동 저자 강훈식(서울대학교)
 김보경(서울대학교)
 박현주(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 10 장

「분자의 운동」 탐구의 발전



서울대학교
과학교육연구소

「분자의 운동」의 탐구의 역사

분자의 존재가 밝혀지기 이전부터 기체의 운동에 대한 연구는 이루어져왔다. 따라서 분자 운동에 대한 이론적 탐구의 역사를 ‘분자 개념 도입 이전의 기체 연구’ 및 ‘분자의 개념 도입과 분자 운동’으로 나누어 연대순으로 살펴보기로 한다.

1. 분자 개념 도입 이전의 기체 연구

원자의 운동이나 진공이라는 개념은 고대 그리스 시대부터 존재하였다.

데모크리투스(BC460-370)는 ‘온 세계는 아주 작은, 무한히 많은 원자들로 이루어져 있고, 이 원자들은 진공 속에서 계속해서 움직인다.’라는 내용을 포함한 고대 원자론을 제창(BC450년경)하였다.

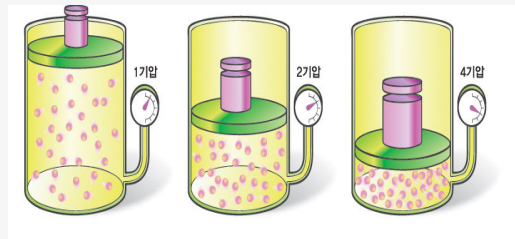
토리첼리(1608-1647)는 사람들은 ‘공기 바다’의 바닥에서 살고 있고 공기의 무게가 모든 사람에게 작용된다고 생각하였다.

파스칼(1623-1662)은 높이 올라갈수록 대기압이 낮아진다는 것을 실험을 통해 보여 주었다.

보일(1627-1691)은 1662년 기체의 압력과 부피가 서로 반비례한다는 ‘보일의 법칙’을 발견하였다.

뉴턴(1642-1727)은 기체가 서로 반발하는 입자들로 구성되고 두 입자 간의 반발력이 거리에 따라 반비례한다면, 그 기체의 압력은 부피에 반비례해야 한다는 것을 수학적으로 보여 주었다.

베르누이(1700-1782)는 1738년에 기체 압력은 수억 개의 입자들이 빠른 속도로 끊임 없이 운동하면서 용기 벽에 충돌한 결과라는 충격 이론(Impact theory)을 발표하였다. 그는 ‘공기 탄성(공기 압력)은 부피 감소만큼 늘어날 뿐 아니라 가해진 열의 의해서도 늘어난다. 왜냐하면 열은 입자의 내부 운동을 증가시키기 때문이다. 공기의 부피가 늘어나지 않는다면 공기를 가열함으로써 공기 압력이 커지며 공기 입자의 운동이 빨라진다.’라고 하였다.



[그림 10.1] 보일의 법칙



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소

샤를(1746~1823)은 1787년 ‘일정 압력 하에서 기체의 부피는 온도와 비례하여 증가된다’고 하는 ‘샤를의 법칙’을 발견하였다. 샤를은 기체가 팽창하는 정도는 기체의 종류에 따라 다르다고 하였다.

케이뤼삭(1778~1850)은 기체가 팽창하는 정도는 기체의 종류에 관계없이 모두 일정함을 밝혀내었다.

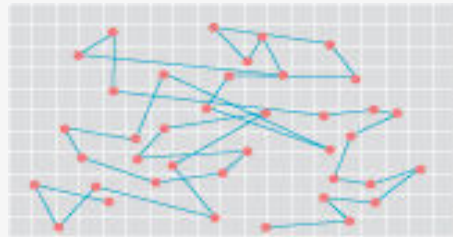


서울대학교
과학교육연구소

2. 분자 개념 도입과 분자 운동

아보가드로(1776~1856)는 그 때까지 물질의 근원이라 생각되던 원자의 성격이 기체 반응의 법칙을 비롯한 기체의 성격과 크게 모순되는 것을 알아내고, 이것을 해결하기 위하여 **분자**라는 개념을 도입하였다. 그는 1811년 ‘아보가드로의 가설’을 발표한 논문에서, 기체는 원자가 아닌 분자로 되어있다고 주장하였다. 이 생각은 보일, 돌턴, 케이뤼삭 등을 비롯하여 그 무렵의 과학자들이 연구하던 문제들을 일시에 해결할 수 있는 것이었다. 그러나 발표된 당시에는 그다지 인정을 받지 못하였고, 약 50년 후에 이탈리아의 카니차로가 이 가설에 명확한 해석을 내림으로써 널리 받아들여지게 되었다.

브라운(1773~1867)은 1827년 브라운 운동을 발견함으로써 액체 속에 존재하는 분자의 존재를 밝혔다.



[그림 10.2] 브라운 운동

아인슈타인(1879~1955)은 1905년에 브라운 운동에 관한 이론식을 세웠고, 1908년에는 페랑(1870~1942)이 이론식과 자신의 실험 결과를 이용하여 아보가드로수를 계산하였다. 결국 브라운 박사가 최초로 발견한 미립자의 움직임을 통해 과학자들은 액체 속에 존재하는 분자와 그것의 운동을 알아내게 되었다.



서울대학교
과학교육연구소

맥스웰(1831~1879)은 확률과 통계를 사용한 획기적인 방법으로 기체 분자의 운동론을 연구하였다. 그는 기체 분자 속도는 동일하다는 당시의 관념을 깨고 기체 분자들은 통계학적인 분포에 따른 운동을 한다고 주장하였다.

볼츠만(1844~1906)은 맥스웰의 이론을 발전시켜 열의 평형 상태를 논한 맥스웰-볼츠만 분포를 확립하였고, 이 법칙으로부터 기체 분자의 평균 속도를 알아내었다.

현대 과학에서 받아들이고 있는 분자 운동 이론은 다음과 같다. (1) 기체는 분자로 구성되어 있다. (2) 분자의 크기는 매우 작다(10^{-10}m). (3) 분자 수는 매우 많다. (4) 분자는 임의의 방향으로 빠르게 움직인다. (5) 분자간의 힘은 무시할 수 있을 정도로 작다. (6) 분자들은 완전 탄성 충돌을 한다.

이 분자 운동 이론으로 과학자들은 온도에 따른 부피 변화 현상, 대기의 균일성 문제, 절대 영도 문제 등을 풀어낼 수 있었다. 그러나 이런 분자 운동 이론도 19세기 이후에는 양자 역학과 통계 역학에 의하여 더욱 개선되었다.



서울대학교
과학교육연구소

「분자의 운동」과 현대 사회

1. 에어백(air bag)의 원리

교통사고로 인한 사상자는 매년 증가하고 있는데, 에어백은 이러한 사상자를 줄이기 위한 대표적인 방법이다. 에어백에는 센서가 있는데, 이 센서에 의해 충돌이 감지되면 기체 발생 장치에서 순간적으로 불꽃이 생긴다. 그리고 이 불꽃에 의해 아지드화 나트륨이라는 고체 화합물이 분해되면서 많은 양의 질소 기체가 발생된다. 발생한 질소 기체는 활발한 분자 운동으로 에어백을 부풀리고 에어백이 탄성을 갖게 하는데, 이렇게 순간적으로 부풀어진 에어백이 인체와 자동차 사이에서 완충 작용을 하여 우리 몸에 가해지는 충격을 완화하는 것이다.



[그림 10.3] 에어백

2. 자동차 타이어의 공기압과 환경 오염

자동차 타이어의 공기압을 정기적으로 점검하는 일을 게을리 하는 것은 환경 오염의 원인이 된다고 한다. 왜 그럴까?

평소 자동차 타이어에서는 공기가 서서히 빠져나가므로 시간이 흐름에 따라 공기압이 낮아진다. 또 날씨가 추워지면 자동차 타이어 속 공기의 온도가 낮아져서 분자들이 느리게 운동하므로 압력이 낮아지게 된다. 실제로 온도가 25℃ 떨어지면 타이어 속의 공기압은 4psi (pound per square inch) 정도 떨어진다고 한다. 공기압이 정상(28-32psi 정도)보다 작을 경우에는 타이어 각 부분의 움직임이 커져 열이 많이 발생하고 그 열에 의해 아래 그림과 같이 타이어의 양 가장자리의 마모가 심해진다. 또한 타이어가 회전하는데 더 많은 에너지가 필요하므로 연료 소모도 많아진다고 한다.



[그림 10.4] 공기압이 정상보다 낮을 경우

반대로, 더운 여름날에는 온도가 높기 때문에 타이어 속의 공기 분자들의 운동이 더 활발해지고 타이어 내부의 공기압이 증가하게 된다. 이 공기압이 정상보다 높아지면 타이어는 완충 능력이 저하되고 다음 그림과 같이 중앙의 마모가 심해진다.

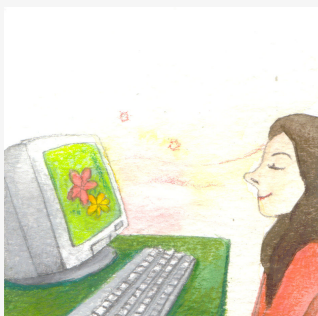


[그림 10.5] 공기압이 정상보다 높을 경우

따라서 운전자들이 타이어의 공기압을 정기적으로 점검하는 일을 게을리 하는 것은 타이어의 수명을 단축시키고 연료도 많이 소모하므로 환경 오염에 일조하는 셈이 된다. 우리나라와 같이 계절에 따른 온도 변화가 큰 곳에서는 계절이 바뀔 때마다 타이어의 공기압을 점검하고 조정해주는 것이 환경 보호를 위한 작은 실천이 될 것이다.

「분자의 운동」 연구의 현황과 전망

최근 몇 년간 향기 나는 만화 영화, 게임, 컴퓨터, 휴대폰, 인터넷 웹사이트 등 후각을 자극하는 제품들이 눈길을 끌고 있다. 이 제품들은 향기 발현 시스템이라고 하는 첨단 기



[그림 10.6] 인터넷을 통한 향기 전송

술을 이용하여 생산된다. 데이터베이스화 된 향기 파일이 인터넷이나 케이블 등을 통해 전달되면 향기 발현기를 통해 원하는 향기가 분사된다. 향기를 휴대폰이나 전자 우편을 통하여 다른 사람에게 전할 수도 있고, 영화 속 전투 장면에서의 화약 냄새를 내도록 하면 영화를 더 실감나게 감상할 수도 있다. 머지않아 TV 요리 프로그램을 보면서 냄새를 맡을 수도 있고 향수 광고를 보면서 냄새를 맡을 수도 있게 될 것으로 보인다. 2003년 6월 현재 국내에서는 드라마를 녹화할 때 오디오·비디오 신호에 후각 메타 정보를 인코딩해서 보낸 뒤, 시청자가 TV를 볼 때 디코더에서 검출한 향기 신호에 맞게 향을 내주도록 하는 향기 TV 관련 특허 출원이 이어지고

있다고 한다. 현재는 TV에 값비싼 향기 키트가 내장되어야 하지만 향후에는 디지털 기술의 발달로 인해 사용자의 요구에 따라 자동적으로 향을 발산하는 기술로 진전될 것으로 보인다.

향기 발현 시스템은 후각 환경에 대한 새로운 시장을 창출함으로써 다양한 응용 분야의 하드웨어와 소프트웨어의 확대 발전에 긍정적으로 기여할 수 있을 것이다.



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소



서울대학교
과학교육연구소