

초등 과학 탐구수업 지도자료를 발간하면서

학생들이 과학에 흥미를 가지고 주변 현상을 과학적으로 보는 안목을 가지며, 과학적 탐구 능력을 기르는 것은 개인의 발전은 물론 국가 발전의 밑거름이 된다 할 것입니다. 이에 초등학교에서부터 좋은 과학 수업이 요구되며, 교사의 역할은 그 무엇보다도 중요합니다. 그것은 교사의 과학적 안목이 학생들에게 전수되며, 교사는 학생들의 역할 모델이 되기 때문입니다. 즉 학생은 교사의 과학적 세계관을 배우게 되고, 교사가 과학에 대한 지적 열정과 흥미를 가지면 학생들도 이를 따라 과학을 학습하게 될 것입니다. 그러나 대개의 초등 교사들은 과학 수업에 부담을 느끼거나 어려워하는 것이 현실입니다.

이에 최근 교육인적자원부는 기초 과학 교육의 내실화 및 활성화를 위하여, 「탐구 중심의 초·중등 과학 교육 활성화 계획」을 기획하여 추진하고 있습니다. 이 계획의 일환으로 교육인적자원부는 한국교원대학교 자연과학 교육연구소를 초등 과학교육 전담 연구기관으로 지정하였으며, 본 연구소에서는 현장의 요구를 수렴하여 초등학교 과학 탐구수업을 지원하는 교사용 종합 자료를 개발하게 되었습니다. 이 자료는 크게 두 가지 형태의 자료로 구성되었습니다. 하나는 어떤 교사라도 현행 교과서에 따른 탐구 수업을 매시간 원활히 운영할 수 있도록 도움을 줄 수 있는 매뉴얼식 실험 지도 자료이고, 다른 하나는 학생의 흥미를 유발할 수 있는 실생활 사례나 과학사 이야기, 시범 실험 및 교사의 이해를 돕기 위한 개념 해설 등으로 이루어지는 보조 자료입니다.

지도 자료의 내용 수준은 과학 비전공 교사의 눈높이에 맞추고자 하였으며, 다양한 그림 자료를 포함하므로 교사용 지도 자료로서는 처음으로 컬러판으로 편집하였습니다. 또한 매 차시 수업의 준비와 운영에 필요한 모든 정보와 자료를 한 권의 교재 안에 적절히 조합함으로써, 그간 여러 가지 책자나 인터넷을 탐색해야 했던 과도한 수고 및 시간 부족 문제를 해결해 드리고자 하였습니다. 금년도에는 6학년 13개 단원의 수업 내용을 교과서 흐름 순으로 13권의 책자로 내놓았으며, 최근의 수업 환경을 감안하여 CD 자료를 별도 제공합니다.

짧은 연구 기간에다 처음으로 시도하는 연구이기 때문에 현장 적용 과정에서 부족한 부분이 발견될 것으로 생각합니다. 그와 같은 문제점이나 지적 사항은 차후에 수정 보완을 할 수 있도록 조언해 주시면, 앞으로 더 좋은 자료를 제공하는 데 큰 도움이 될 것 입니다. 아무쪼록 이 과학 탐구수업 지도자료가 선생님들의 과학 수업을 더욱 신나고 풍성하게 해 드리는 도우미 역할을 할 수 있기를 기대합니다.

2004. 1.

한국교원대학교 자연과학교육연구소장 최병순

일러두기

- 1** 본 자료는 단원 도입, 주제별 자료, 단원 총괄 평가로 구성된다. **단원 도입**은 간단한 단원 소개 및 단원 구성표, 단원 개관, 관련 참고 자료를 제공한다. 특히, 단원 개관은 과학을 전공하지 않은 교사들도 해당 단원의 과학적 의미를 이해할 수 있도록, 단원 전체에 관련된 개념과 이론을 알기 쉽게 해설하는 데 주안점을 두었다. 그리고 단원 개관의 말미에는 준비에 시간이 많이 걸려서 단원 시작 전에 미리 준비해 두어야 할 수업 재료를 별도로 제시하였다. 그리고 단원 전체에 대한 참고 자료를 인터넷과 문헌으로 분류하여 수록하였다. 각 주제별 지도자료로는 실험 매뉴얼 6~8쪽, 보조 자료 4~6쪽으로 구성된다.
- 2** **실험 매뉴얼**은 탐구 과정 중심의 교과서를 보완할 수 있는 수업 자료로서, 과학 비전공 교사라 하더라도 이 매뉴얼을 이용하여 수업의 주요 활동을 순조로이 진행할 수 있도록 구성하였다. 즉, 교과서 흐름 순으로 학습 목표와 함께 탐구 활동 과정 순으로 활동 방법, 예상되는 결과, 관련 주의 사항 등을 제공하고, 정리 및 평가문항에 이르기까지 수업 지도에 직접적으로 필요한 내용을 포함한다. 그러나 동기 유발이나 수업 도입 방법은 교사의 재량에 맡긴다.
- 3** **보조 자료**는 교사의 수업 준비 및 수업 운영을 간접적으로 지원하는 6가지 형태의 자료로 분류되며, 교사의 판단에 따라 이를 선별하여 활용할 수 있다. 교사의 내용 이해를 돕는 개념 해설, 교사에게 이야기 거리를 제공하는 과학사 및 실생활 사례, 수업 진행을 위해 교사가 알아두면 편리한 팁이나 참고 자료, 재구성 과정 없이 직접 활용할 수 있는 학생 활동 자료, 도전 과제, 평가 자료 등을 포함한다. 그러나 위 실험 매뉴얼 적용만으로도 수업 시간이 부족한 경우가 많다. 그러므로 보조 교재의 학생 활동 자료, 도전 과제 등은 대개 심화 학습이나 특별 활동 자료로 사용하는 것이 좋을 것이다. 그러나 교사의 판단에 따라 위의 각 보조 자료는 학생의 동기 및 흥미를 유발하는 자료로도 활용될 수 있다.
- 4** 단원의 마지막 부분에는 단원에 대한 총괄 평가와 함께 낱말 퍼즐을 제공한다. 총괄 평가 자료는 그대로 복사하여, 단원 학습의 형성 평가용으로 투입할 수 있다. 낱말 퍼즐은 단원에서 학습한 주요 용어나 개념을 재미있게 복습하고 기억할 수 있도록 구성하였다. 총괄 평가와 낱말 퍼즐의 정답은 단원의 말미에 제공된다.
- 5** 본 지도자료에 수록한 내용 전체는 pdf 파일로 전환하여 CD로 제공한다. 그림 파일은 매 차시 주제별로 분류된 폴더 안에 별도로 수록하였으므로, 수업 진행시 각각의 그림만 화면에 크게 띄워 보여줄 수 있으며, 자료 재편집시 그림만 복사하여 사용할 수도 있다. 그리고 CD에 수록된 자료는 본 연구소의 홈페이지(주소 <http://inse.knue.ac.kr/>) 자료실에도 탑재되어 있으므로 누구나 쉽게 이용할 수 있다.
- 6** 본 자료에 대한 질문이나 건의 사항이 있는 경우에는 위 홈페이지의 게시판을 활용하여 주십시오. 그리고 본 교재는 자원 절약 차원에서 학년말에 수합하여 다음 해에 다시 활용할 수 있도록 협조해 주시기 바랍니다.

실험 매뉴얼 활용에 대한 안내

실험 매뉴얼은 어떤 교과서도 과학 수업을 편리하고 효과적으로 진행할 수 있도록 구성하였다. 기존에는 교사가 과학수업을 진행하기 위해 교과서, 실험 관찰, 지도서를 모두 책상 위에 펼쳐 놓아야 했으나 이를 통합하여 수업의 주요 내용 및 수업 흐름을 한눈에 파악할 수 있도록 본 실험 매뉴얼을 제작하였다. 실험 매뉴얼을 구성하고 있는 요소들을 살펴보면 다음과 같다.



주제는 본 차시 과학 수업에서 다루어지는 핵심적인 내용으로 기존의 교사용 지도서에 제시된 주제와 일치한다.

차시는 단원 전체 차시와 함께 본 차시의 순서를 보여준다. **교과서와 실험 관찰의 쪽수**는 이번 시간에 다루어지는 내용이 실린 위치를 알려 준다.

학습 목표는 본 차시 과학 수업에서 도달해야 할 목표로 개념, 과정(탐구 과정), 태도 영역으로 나누어 진술하였다. 주제마다 세 가지 영역 목표 중 2~3개의 목표를 제시하였다. 그러나 수업시간에는 이 중에서 하나(일반적으로 개념 영역의 목표)를 선택하여 학생들에게 제시하면 된다.

학습 개요는 이번 과학 수업의 주요 흐름을 제시한 것이다. 이를 통해 이번 과학 수업의 전체적인 맥락을 쉽게 파악할 수 있도록 하였다. 수업 시작 전에 학습 개요의 좌측만 훑어보아도 수업의 흐름을 대강 파악할 수 있다.

교과서/실험 관찰은 이번 과학 수업 내용이 실린 교과서와 실험 관찰을 그대로 복사해 놓은 것이다. 따라서 수업 시간에 교사가 교과서나 실험 관찰을 따로 책상 위에 펼쳐 놓지 않아도 수업 진행이 가능하도록 하였다. 교과서 질문에 대해서는 부분적으로 답을 기록해 놓았고, 실험 관찰 질문에 대해서는 예상되는 답을 모두 기록해 놓았다. 그러나 이 답은 유일한 것이 아니고, 가능한 답 중의 하나이므로 참고용으로 활용하기 바란다.



보조 자료 활용에 대한 안내

보조 자료는 교사의 이해를 돕기 위한 교사용 자료 및 수업에 직접 투입할 수 있는 학생용 자료로 구성되며, 다음과 같이 서로 다른 성격을 가진 6 종의 자료로 나누어진다. 그러나 활동 주제의 성격에 맞추어, 차시별로 평균 4 종 정도의 보조 자료를 제공한다. 그러므로 어떤 자료를 선택하고, 얼마의 시간을 투자할 것인가는 수업을 운영하는 교사 자신의 판단에 따른다.

 **개념 해설** : 이 자료는 교사가 수업 내용을 전체적으로 볼 수 있는 안목을 제공하고자, 배경이 되는 이론이나 중요한 기본 개념을 해설한 것이다. 과학 비전공 교사도 이해할 수 있도록, 어려운 개념도 대체로 이야기나 만화 형태로 풀어서 설명하고자 하였다. 이는 기본적으로는 교사용 자료로 제공되었지만 교사의 판단에 따라 학생용 자료로도 활용할 수 있다.

 **생활과 과학** : 수업 내용의 전달 및 이해에 간접적으로 도움이 되는 다양한 이야기 거리를 제공한다. 과학사 이야기, 과학자 소개, 과학 지식의 발견에 숨어 있는 일화, 선조의 지혜, 실생활 관련 읽기 자료 등을 포함한다.

 **수업 도우미** : 수업을 위해 교사가 알아두면 편리한 간단한 정보나 아이디어, 실험 관련 상식, 각종 물리량, 교수 방법 등을 제공한다. 실험 매뉴얼의 탐구 활동 과정에 요구되는 실험 기법이나 각종 주의 사항 등을 다루기도 한다.

 **도전 과제** : 새로운 해결 방법을 요구하는 과제로서, 문제 풀이, 실험 등을 포함하며, 이 자료는 복사하여 학생 활동지로 사용할 수 있다. 교사의 이해 및 수업 적용을 돕기 위하여, 상세한 답과 해설 및 지도상의 유의점을 함께 제공하였으므로 수업 적용시 이 부분이 가려지도록 복사하거나 재편집하여 사용한다. 이 자료는 대체로 심화 학습용으로 사용하기에 적절하다.

 **학생 활동** : 학생 스스로 활동할 수 있는 학습 자료로서, 학생 활동지, OHP 등의 영상 자료, 수행 평가, 학생 실험 등을 포함한다. 답과 해설, 지도상의 유의점을 함께 제공하므로 수업에 투입할 경우 이 부분이 가려지도록 복사하거나 재편집하여 사용한다.

 **참고 자료** : 교사나 학생이 참고할 만한 자료로서, 내용 이해나 수업 운영에 매우 요긴한 내용을 포함한다. 특히 교사나 학생에게 흔히 발견되는 오개념, 대체 실험, 보조 실험, 해보기 활동, 인터넷, 문헌 등의 다양한 참고 정보를 제공한다.

 **총괄 평가** : 단원 학습을 마친 후 학업 성취도를 평가할 수 있는 문항을 2 면에 걸쳐 제시하였다. 과학 지식, 탐구 과정에 관한 객관식, 주관식 문항과 함께 수행 평가 문항도 포함한다. 끝으로 단원에서 다룬 주요 개념이나 용어와 관련한 낱말 퍼즐 문제를 제시하였다. 총괄 평가와 낱말 퍼즐은 복사하여 바로 투입할 수 있으며, 답은 끝에 별도로 수록하였다.

CD 활용에 대한 안내

- 책자에 수록된 지도자료 전체를 pdf 파일 형태로 전환한 CD 자료이다. 파일이 열리지 않을 때는 함께 탑재된 Acrobat pdf reader 프로그램을 먼저 컴퓨터에 install한 후에 다시 필요한 주제를 클릭하여 열도록 한다.
- 본 CD는 각 단원 및 주제별로 교재의 내용을 나누어서 실었다. 그러므로 차시 수업에 필요한 자료를 클릭하여 연 후에, 프로젝션 TV를 이용하여 수업 시간에 학생들에게 보여줄 수 있다.
- 학생 활동이나 도전 과제 등, 학생에게 직접 배부할 자료는 책자를 복사할 수도 있으나, 본 CD 파일을 화면에 띄운 후에 필요한 부분을 블럭 설정하여 인쇄 출력하여 사용할 수 있다.
- 본 교재에 실린 모든 그림은 주제별로 제작된 폴더 속에 하나씩 별도 수록하였다. 그러므로 그림 파일을 찾아서 클릭하면, 각각의 그림이 화면에 확대되어 나타난다. 특히 일기도나 동식물 그림과 같이 그림 자체가 수업 내용이 되는 경우, 학생들에게 좀 더 선명한 자료를 확대하여 화면으로 제공할 수 있으므로 편리하다.
- 교사가 수업 자료를 재편집하는 경우에도, 원 그림 파일을 복사하여 다른 편집 문서에 붙여 쓸 수 있다. 본 교재의 텍스트(지문 내용)를 인용하고자 할 때는 창 상단의 [텍스트 선택] 을 클릭한 후에 필요한 부분을 블록으로 설정하여 복사한다. 그 후에 한글이나 다른 프로그램에다 붙이기를 하면 교재 내용의 재구성이 가능하다. 그리고 필요한 그림은 위에서 설명한 방식으로 복사하여 붙여 넣을 수 있다.
- 본 CD에 수록된 자료는 본 연구소의 홈페이지(주소 <http://inse.knue.ac.kr/>) 자료실에서도 제공되며, 관련 의문 사항이 있을 경우에는 게시판을 활용하여 질문할 수 있다.



1. 기체의 성질

활동 주제	차시	자료명 (내용 주제)	쪽수			
단원 도입		단원 소개, 단원 구성, 단원 개관, 참고 자료, 준비물	9			
1. 공기가 무게를 가지는지 알아보기	1	실험 매뉴얼 : 공기도 무게가 있을까요?	12			
		보조 자료	개념 해설 : 공기도 물질인가?/공기의 무게를 저울로 측정할 수 있는가?	20		
			수업 도우미 : 질량과 무게 / 기압과 기체의 압력	21		
			학생 활동 : 가위 없이 실 자르기	23		
			참고 자료 : 집안의 공기와 사람들 중 어느 쪽이 더 무거운가? 생활과 과학 : 공기의 무게를 증명한 파스칼의 실험	24 25		
2. 기체에 힘을 가할 때의 부피의 변화	2~3	실험 매뉴얼 : 기체에 힘을 가하면 부피는 어떻게 될까요?	26			
		보조 자료	개념 해설 : 기체에 힘을 가할 때 부피가 줄어드는 이유는? 생활과 과학 : 높은 곳에서 내려올 때 왜 귀가 멍해질까요? 도전 과제 : 하늘로 올라간 풍선	32 34 35		
			실험 매뉴얼 : 기체가 물에 녹을까요?	36		
3. 물에 대한 기체의 용해	4~5	보조 자료	개념 해설 : 모든 기체가 물에 잘 녹을까?/기체가 물에 녹는 양은 온도에 따라 달라지나?/왜 기체는 온도가 높을수록 물에 잘 녹지 않나? 도전 과제 : 어항 속에서 나오는 기포의 정체는? 생활과 과학 : 잠수부의 잠수병/샴페인 병을 따면 거품이 나오는 이유는? 참고 자료 : 기체의 용해도를 이용하여 분수 만들기	46 48 49 50		
			실험 매뉴얼 : 바람으로 움직이는 장난감을 만들어 볼까요?	52		
		4. 바람으로 움직이는 장난감을 만들어 경주하기(심화)	6~7	보조 자료	학생 활동 : 날아라 뱅돌이/호버크래프트 만들기 생활과 과학 : 바람으로 움직이는 운송 수단 참고 자료 : 호버크래프트	58 60 61
					총괄 평가	평가 문항/날말 퍼즐



단원 소개

본 단원에서는 기체의 전반적인 성질을 다루는 과정을 통하여 기체도 물질임을 지도해야 한다. 액체나 고체와 달리 기체는 눈에 거의 보이지 않기 때문에 초등학생들에게 지도하기 매우 어려운 주제이다.

선수학습으로 3학년에서 공기의 존재와 공기도 부피가 있음을 확인하였는데, 본 단원에서는 공기도 무게가 있음을 확인하고, 압력을 가하면 부피가 변하며 물에 용해된다는 것을 실험을 통하여 경험함으로써, 공기도 물질의 하나라는 것을 지도하도록 구성되어 있다. 공기는 한 가지 물질로 된 것이 아니라 질소와 산소 등 여러 가지 물질의 혼합물이라는 것을 후속 단원에서 지도하게 될 것이다.

차시별로 과학 교과서 및 실험 관찰의 활동들에 대한 안내를 단계별로 첨가하였고, 각 차시에 관련된 개념과 참고 사항을 교사들이 이해할 수 있도록 간단히 설명하였다. 또한 수업 내용의 이해에 도움이 되도록 실생활 사례나 과학사 이야기 등과 같은 자료를 생활과 과학에 수록하였으며, 학생들과 함께 직접 적용 가능한 실험 지도 자료를 도전 과제와 학생 활동에 수록하였다.



단원 구성

내용 분류 활동 주제	차시	실험 매뉴얼	보조 자료					
			개념 해설	도전 과제	생활과 과학	수업 도우미	참고 자료	학생 활동
단원 도입			○				○	
1. 공기가 무게를 가지는지 알아보기	1	○	○		○	○	○	○
2. 기체에 힘을 가할 때의 부 피의 변화	2~3	○	○	○	○			
3. 물에 대한 기체의 용해	4~5	○	○	○	○		○	
4. 바람으로 움직이는 장난 감 만들어 경주하기	6~7	○			○		○	○
총괄 평가								



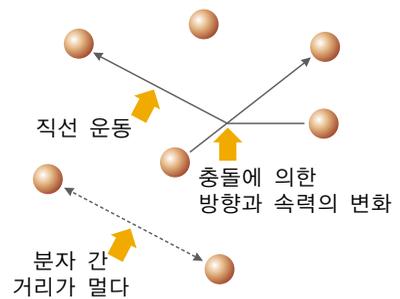
단원 개관

이 단원에서는 기체의 전반적인 성질을 다룬다. 기체는 물질의 세 가지 상태(고체, 액체, 기체) 중의 하나인데, 물질이 갖는 에너지량에 의하여 결정되며, 상태가 변하는 온도와 압력은 물질마다 고유한 값을 가진다. 어떤 용기 안에 들어 있는 공기를 모두 비운 후, 색깔이 있는 기체를 집어넣으면 이 기체는 서서히 그 용기 전체로 퍼지는 것을 볼 수 있다. 이를 토대로 기체 분자들은 끊임없이 움직이고 있으며, 기체 분자들 사이에는 상호 작용이 강하지 않음을 알 수 있다. 만일 분자들이 상호 작용을 강하게 한다면 기체가 아니라 액체나 고체로 될 것이다. 기체 분자는 서로 멀리 떨어져 있으며 분자 자체가 차지하는 부피는 용기의 부피에 비하여 무시할 수 있을 정도로 작다고 가정한다.

기체는 직선 운동을 하며, 용기의 벽이나 다른 분자와 충돌하였을 때만 방향을 바꾼다. 기체의 압력은 기체 분자가 용기의 벽에 충돌하여 나타난다. 기체 분자 간의 충돌은 완전 탄성 충돌로서, 충돌 전후에 기체 분자의 운동 방향과 속력은 변하지만 운동 에너지는 변하지 않는다고 가정한다.

이와 같은 가정들을 완전히 만족하는 기체를 이상 기체라 한다. 실제 기체에서는 이 가정들이 정확히 적용되지 않지만, 온도가 높고 압력이 낮아지면 기체의 부피가 커지고 분자 사이의 거리도 멀어지므로 실제 기체도 이상 기체와 비슷한 성질을 나타낸다.

제7차 교육 과정에서는 6학년에서 기체에 대하여 다루면서 입자 개념은 사용하지 않도록 되어 있다. 따라서 기체의 성질과 관련하여 위에서 언급한 것과 같은 미시적 설명은 교사의 이해를 돕기 위한 것이므로 수업 시간에 다루지 않고, 거시적 측면에서 나타나는 기체의 성질을 위주로 다루어야 한다. 각 차시의 내용을 간략하게 정리하면 다음과 같다.



1. 공기도 무게가 있을까요?

본 차시에서는 먼저 공기의 무게를 잴 수 있는 방법을 학생 스스로 찾아보도록 하고, 공기 중에서 저울을 사용하여 공기의 무게를 잴 수 없는 이유를 생각하게 한다. 3학년에서 배운 ‘공기가 공간을 차지한다’는 것을 상기시키고, 본 차시에서 ‘공기도 무게가 있다’는 것을 확인함으로써 공기도 물질이라는 것을 이해하도록 하는 데 중점을 둔다.

2. 기체에 힘을 가하면 부피는 어떻게 변할까요?

고체나 액체와 달리 기체는 입자 사이에 공간이 많이 있기 때문에 힘을 가하면 그 부피가 많이 줄어든다. 본 차시에서는 물과 공기가 각각 들어 있는 피스톤을 밀었다 손을 떼어보고, 또 물이 거의 가득 담긴 페트병을 눌러 보는 활동을 통하여 기체에 힘을 가하면 부피가 감소함을 알게 한다.

3. 기체가 물에 녹는지 알아봅시다.

본 차시에서는 고체나 액체처럼 기체도 물에 녹을 수 있는 물질이라는 것을 알게 한다. 기체를 직접 물에 녹이는 과정이 쉽지 않기 때문에, 본 차시에서는 탄산 음료에서 기체가 나오는 것을

관찰함으로써 기체가 물에 녹을 수 있다는 것을 추론하게 한다.

4. 바람으로 움직이는 장난감을 만들어 경주하여 봅시다.

본 차시는 심화 과정으로서 바람으로 움직이는 장난감을 가지고 경주하면서, 장난감이 빨리 움직이게 하려면 어떻게 해야 할지를 생각하는 과정을 통하여 기체의 성질을 이해하도록 한다.



미리 준비하세요(실험 매뉴얼 사전 준비물)

주제 3(4~5차시) : 물에 대한 기체의 용해

석회수 : 석회수는 수산화칼슘($\text{Ca}(\text{OH})_2$: Calcium hydroxide)을 물에 녹인 용액이다. 수산화칼슘은 물에 조금밖에 녹지 않는다. 500mL의 비커에 수산화칼슘 10g 정도를 넣은 다음, 물을 조금씩 부으면서 잘 저어 준다. 약 300mL 정도 물을 부은 다음 잘 저은 후 비커의 윗면을 비닐랩으로 싸서 그대로 놓아둔다. 하룻밤이 지나면 녹지 않은 수산화칼슘이 밑에 가라앉게 된다. 다른 병에 맑은 윗물만 따라 석회수로 사용한다. 또, 거름종이로 걸러서 사용해도 좋다. 석회수를 만든 다음에 놓아두면 공기 중의 이산화탄소와 반응하여 표면에 흰색의 막이 생기므로 비닐랩을 씌우거나 뚜껑이 있는 용기에 보관한다.

주제 4(6~7차시) : 바람으로 움직이는 장난감

바람으로 움직이는 장난감 참고 작품(실험 관찰 11쪽 하단의 작품 참고)



참고 자료

■ 인터넷

<http://www.edunet4u.net> : 이 단원에서 행해지는 비치볼 실험, 사이다 만들기, 사이다 속 건포도, 저절로 찌그러지는 깡통, 페트병 실험 등에 대한 동영상 자료가 있다.

<http://www.science.or.kr/lee/chemistry.html> : 이동준 선생님의 자바 실험 중 화학에 관련된 것들을 모아 놓은 곳이다. 이 곳에서 기체 분자 운동론이 본 단원의 학습 내용과 깊은 관련이 있다. 초등학생들에게는 다소 어려운 내용일 수 있으나 교사들이 기체의 성질에 대한 이해를 하는 데 도움이 되는 자료이다.

<http://uniweb.unitel.co.kr:8008/class/chem/lesson/chapter4/state/general/main.html> : 서울대학교 사범대학에서 개발한 유니텔의 인터넷 스쿨 화학 교실이다. 기체 상태의 예, 기체의 일반적 성질, 보일의 법칙, 샤를의 법칙, 이상 기체 상태 방정식, 기체의 확산 등에 대하여 고등학교 수준에서 자세히 설명되어 있다.

주제1

공기가 무게를 가지는지 알아보기

차시	1/7 차시		
교과서	4~5쪽	실험 관찰	3쪽

학습 목표

- 개념 영역** ● 비치볼 속 공기의 양에 따른 막대의 기울어지는 현상을 공기의 무게와 관련지어 설명할 수 있다.
- 과정 영역** ● 공기의 무게를 알아볼 수 있도록 변인이 통제된 실험을 설계할 수 있다.
- 태도 영역** ● 공기의 무게에 대한 학생 자신의 예상을 확인하기 위해 적극적으로 실험을 수행하는 태도를 갖는다.

고과서

공기도 무게가 있을까요?

공기가 무게를 가지고 있는지 알아보려면 어떻게 해야 하는지 이야기하여 봅시다.

공기가 들어 있는 두 비치볼 중 하나의 공기를 뺀 후 무게를 비교하였다. 어떤 방법으로 실험하였습니까? 실험 결과로 알 수 있는 것은 무엇입니까?
공기(또는 기체)는 무게를 가지고 있다.

학습 개요

1. 공기의 무게를 확인하기 위한 실험 설계

- 비치볼을 이용하여 공기의 무게를 확인할 수 있는 실험 설계하기



2. 공기의 무게를 확인하는 실험 수행

- 실험을 통하여 공기의 무게가 있는지 또는 없는지 확인하기



3. 기체의 무게에 대한 결론 도출

- 기체의 무게에 대한 결론 도출하기

실험 관찰

1. 기체의 성질

이오 공기가 무게를 가지는지 알아보기 4-5쪽

❗ 공기가 무게를 가지고 있는지 알 수 있는 방법:

❗ 실험 결과:

❗ 실험을 통해 알게 된 점:

실험거너 우리는 왜 공기의 무게를 느끼지 못할까요?
공기가 큰 비치 볼을 들어 봅시다. 또, 어깨 위에 올려놓아 봅시다. 무게를 느낄 수 있나요? 무게를 거의 느끼지 못하는 것은 비치 볼 주위가 공기요 둘러싸여 있기 때문입니다.
물론 가득 담은 풍선을 공기 중에서 떠있을 때에는 무겁다는 것을 느끼는데, 물 속에서 들어 보면 무게를 느끼지 못하는 것과 마찬가지로입니다.



공기 중



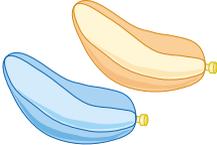
물 속

- 공기가 빠진 두 비치볼 중 하나에 공기를 넣은 후 무게를 비교한다.
- 공기가 들어 있는 두 비치볼 중 하나의 공기를 뺀 후 무게를 비교한다.

- 공기가 빠진 비치볼 쪽이 위로 올라간다.
- 공기가 들어 있는 비치볼 쪽이 아래로 내려간다.

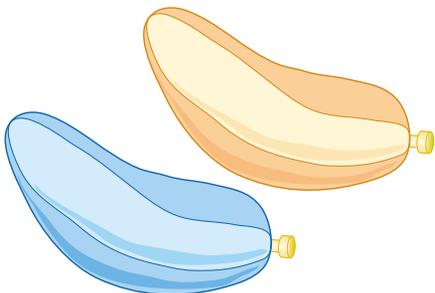
- 공기가 들어 있는 비치볼 쪽이 내려가는 것으로 보아 공기(또는 기체)는 무게를 가지고 있다.

준비물

- | | | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 스탠드(1개/모둠) |  |  | 링(1개/모둠) |
| 비치볼(2개/모둠) |  |  | 셀로판 테이프(1개/모둠) |
| 50cm 나무자(1개/모둠) |  |  | 실(약간/모둠) |

탐구 활동 과정

1. 같은 종류, 같은 크기의 비치볼 2개를 준비한다.



풍선으로 실험해도 된다. 풍선으로 실험할 경우 공기를 뿜 때 바늘로 풍선을 찌러야 한다. 이 경우 풍선이 터질 수 있으므로 풍선에 셀로판 테이프를 조금 붙인 후, 그 중 한 곳을 바늘로 찌르면 풍선이 터지지 않고 공기만 빠져나가도록 할 수 있다.



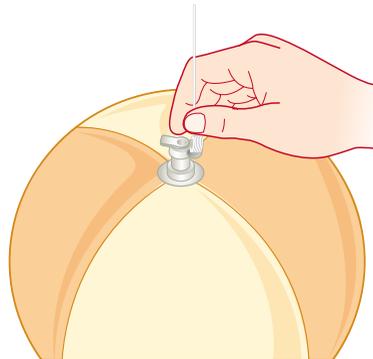
2. 각각의 비치볼에 손펌프를 이용하여 공기를 팽팽하게 넣는다.

바람이 없는 곳에서 실험한다.



3. 비치볼의 공기 주입구 고리에 실을 묶는다.

두 비치볼을 묶은 실의 길이는 같게 하는 것이 수평 잡기에 좋다.

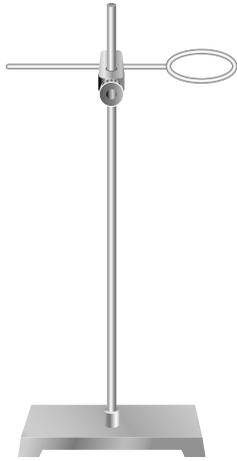


4. 50cm 나무자를 준비한다.



펜치로 옷걸이용 철사를 50cm 정도 자른 후 펴서 사용하여도 된다. 이외에 50cm 정도의 나무 막대를 사용해도 된다.

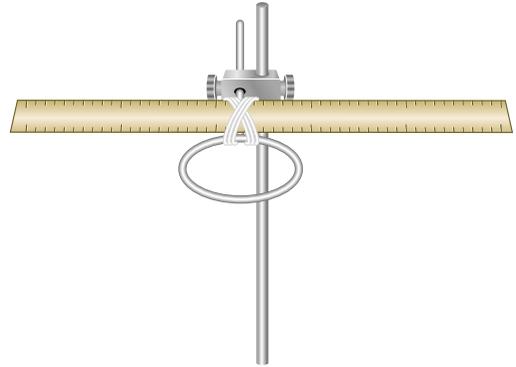
5. 스탠드의 위쪽에 링을 설치한다.



비치볼을 막대에 매달았을 때, 비치볼이 바닥에 닿지 않도록 클램프의 위치를 조정한다.

6. 나무자를 링 위에 올려놓고 실로 단단히 맨다.

클램프의 윗면에 편평한 부분이 있는 것이 수평 잡기에 좋다.



7. 나무자의 위치를 조정하면서 수평을 이루게 한다.

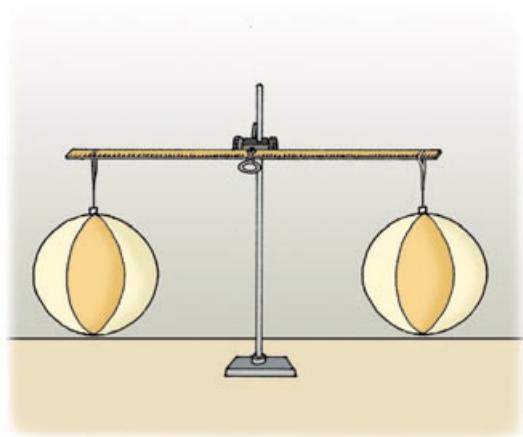


8. 비치볼을 나무자의 양쪽 끝에 매단다.

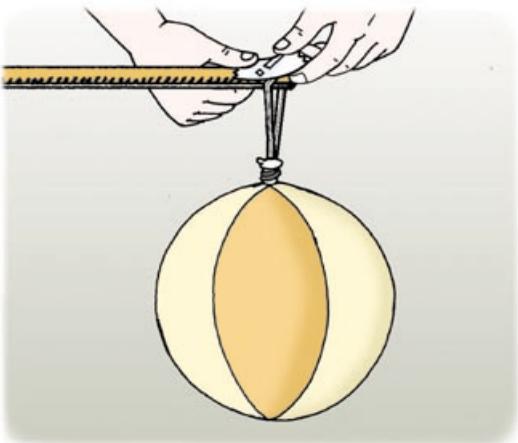


9. 나무자가 수평이 되도록 조정한다.

비치볼이 걸린 실의 위치를 조정하여 수평을 맞춘다. 옷걸이용 철사나 나무 막대를 이용할 경우, 비치볼을 매달았을 때 양끝이 휘어지는데, 양쪽 끝이 휘어진 정도가 같도록 조정한다.



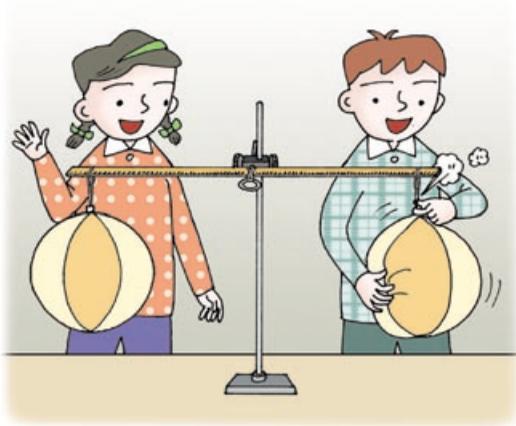
10. 실이 움직이지 않도록 셀로판 테이프로 고정한다.



양쪽에 사용된 셀로판 테이프의 양이 같도록 한다.



11. 한쪽 비치볼의 공기를 빼면 어떻게 될지 실험 결과를 예상해 본다

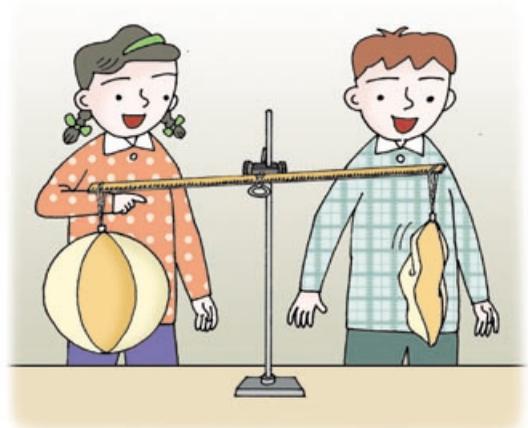


왜 그렇게 예상하는지 그 이유도 생각해 보게 한다.

또한 비치볼의 공기 주입구에 안전막이 없는 것이 공기를 뺄 때 좋다.

12. 한쪽 비치볼의 공기를 뺀 후 변화를 관찰한다.

나무자는 공기를 뺀 비치볼 쪽으로 기울다. 옷걸이용 철사나 나무 막대를 이용할 경우 공기를 뺀 비치볼 쪽의 끝이 공기가 들어 있는 비치볼 쪽의 끝보다 덜 휘어진다. 따라서 휘어진 정도를 비교해 봄으로써 공기도 무게가 있음을 알 수 있다.



13. 한쪽 비치볼의 공기가 빠졌을 때, 나무자는 어떻게 되었는지 이야기해 본다.

- 공기가 많이 들어 있는 비치볼 쪽으로 나무자가 기울다.

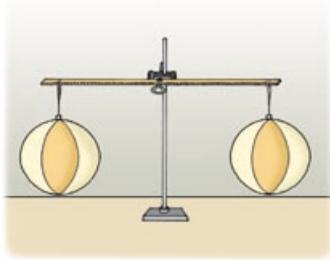
14. 위의 실험을 통해 알 수 있는 사실이 무엇인지 발표해 본다.

- 공기도 무게가 있다.



정리

1. 공기가 많이 들어 있는 비치볼 쪽의 나무자가 아래로 내려간다. 또는 공기가 많이 들어 있는 비치볼 쪽으로 막대가 기운다.



2. 공기(또는 기체)도 무게가 있다.



평가

1. 공기의 양에 따른 비치볼의 무게를 비교하기 위해서 다르게 해주어야 할 조건과 같게 해주어야 할 조건은 무엇인가요? ()
2. 비치볼 속의 공기의 양에 따른 나무자의 기울어짐과 공기(또는 기체)의 무게에 대하여 바르게 말한 것을 모두 고르시오.
 - ① 공기가 없는 비치볼 쪽으로 나무자가 기운다.
 - ② 공기가 들어 있는 비치볼 쪽으로 나무자가 기운다.
 - ③ 공기(또는 기체)는 무게가 없다.
 - ④ 공기(또는 기체)는 무게가 있다.

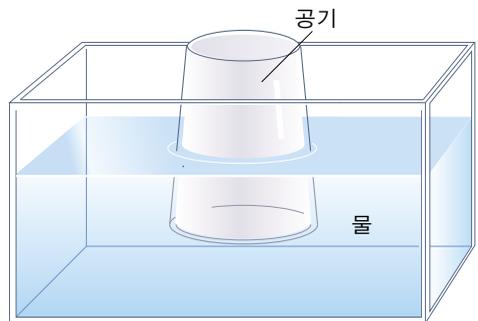
정답 1. 다르게 해주어야 할 조건 : 공기의 양
 같게 해주어야 할 조건 : 비치볼의 종류, 크기, 무게 등

2. ②, ④

공기도 물질인가?

철학적인 개념으로는 인간의 정신에 대하여 그 의식 바깥에 존재하는 것을 물질이라 하지만, 과학적 개념으로는 자연계의 한 요소로서 일정한 부피와 질량을 갖는 소재를 물질이라고 한다. 물질을 이루는 작은 입자의 하나인 전자는 우리가 사용하는 보통 저울로는 측정할 수 없는 매우 작은 질량($9.109 \times 10^{-28} \text{g}$)을 가지지만, 물질을 이루는 다른 구성 입자들은 대부분 질량이 있다. 이렇게 질량을 가진 입자들로 구성된 물질들은 당연히 질량을 가진다. 물질은 또한 부피를 갖고 있어서 서로 다른 두 물질은 같은 공간을 차지할 수 없다.

공기는 눈에 보이지 않지만 컵을 거꾸로 물 속에 넣으면 컵 안으로 물이 들어가지 못하는 것으로 보아 공기라는 물질이 컵 안에 존재한다는 것을 입증할 수 있다. 또한 공기는 그 질량이 매우 작기는 하지만 질량을 가지고 있기 때문에 물질이라 할 수 있다. 공기는 고대로부터 물질을 이루는 기본적인 요소 중 하나로 간주되기도 했지만, 실제로는 한 가지 물질이 아니라, 여러 가지 물질로 이루어진 혼합물이다. 즉, 질소가 78%, 산소가 21%, 그리고 그 밖의 기체가 약 1%를 차지하고 있다.



본 차시에서는 공기도 무게(질량)가 있음을 확인하는 활동을 통하여 공기도 물질이라는 것을 이해하도록 지도해야 된다.

공기의 무게를 저울로 측정할 수 있는가?

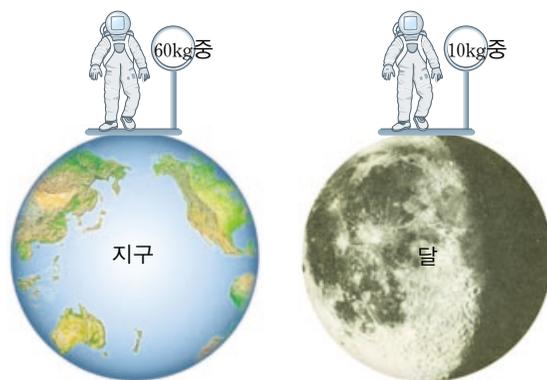
공기가 들어 있는 비치볼의 무게와 공기가 빠진 비치볼의 무게를 저울로 측정한 후 그 차이를 구하면 비치볼 안에 든 공기의 무게를 구할 수 있다고 생각할 것이다. 얼핏 생각하면 그럴듯하지만, 지구 표면에는 공기가 고루 퍼져 있기 때문에 공기의 무게를 재는 것이 그리 간단하지 않다. 비치볼에서 공기를 빼고 저울에 올려놓았지만, 저울 위에는 비치볼 뿐 아니라 공기도 올려져 있기 때문에 비치볼 만의 무게를 잴 수 없다. 또한 비치볼에 공기를 얼마나 많이 넣어 주느냐에 따라 즉, 비치볼 내의 공기의 압력에 따라 공기가 든 비치볼의 무게가 달라진다. 비치볼에 공기를 더 넣을수록 비치볼 내의 공기 밀도가 증가하여 공기가 든 비치볼의 무게는 증가한다. 따라서 본 차시에서는 직접 공기의 무게를 저울로 재는 것이 아니라, 단지 공기가 들어 있는 두 개의 비치볼 중에서 하나의 비치볼의 공기를 빼면 공기가 많이 들어 있는 비치볼 쪽으로 기울는 것으로 보아 공기도 무게가 있음을 추론하게 한다.

1. 질량과 무게

일상 생활에서 우리는 질량과 무게를 혼동해서 사용하고 있으며, 본 차시에서도 질량이라는 용어 대신 무게를 사용하고 있다. 초등학교 수준에서도 질량과 무게를 정확히 구분하여 사용해야 한다는 주장도 있으나, 현 교육 과정에서는 일상 생활에서 사용하는 대로 무게라는 용어를 사용하고 있다.

물리학적으로 보면 질량과 무게는 엄연히 구별되는 서로 다른 개념이다. 질량이란 물질의 고유한 크기를 나타내는 양으로서 물체가 운동의 변화에 대하여 얼마만큼 저항하느냐(관성)에 따라 정의되는 양이다. 예를 들어, 축구공을 발로 차면 쉽게 움직이지만, 볼링공을 발로 차면 축구공보다 덜 움직인다. 물체 내부에 존재하는 물질이 양이 많으면 그 물체의 운동 상태를 변화시키는 데 더 많은 힘이 든다. 따라서 볼링공이 축구공보다 질량이 크다는 것을 알 수 있다. 결국 질량은 물체를 구성하는 원자의 종류와 수에만 관계된다. 만일 어떤 물체의 질량이 같다면 지구에 있건 달에 있건 힘이 작용하지 않는 우주 먼 곳에 있건 같은 주기로 그 물체를 흔들 때 똑같은 힘을 필요로 한다. 따라서 물체의 질량은 위치에 따라 변하지 않는 물체의 고유한 성질이다.

반면에 무게는 물체에 작용하는 중력(만유 인력)의 척도로서 물체의 위치에 따라 달라진다. 예를 들어, 동일한 물체라도 달에 가면 지구에서 무게의 1/6이 된다. 이는 달에서의 중력 가속도가 지구의 약 1/6밖에 되지 않기 때문이다. 무중력 상태에서 물체의 무게는 0이 되고, 중력이 큰 곳에서는 무게가 많이 나가게 된다.



지구와 달에서의 무게

우리는 일상 생활에서 사용하는 저울로 과연 질량을 측정하는 것일까? 아니면 무게를 측정하는 것일까? 체중계에 올라가서 몸무게를 측정했다고 말하므로 무게를 측정한다고 생각할지 모르겠지만, 엄밀한 의미에서 무게가 아니라 질량이다. 질량과 무게를 쉽게 혼동하는 이유는 일정한 장소에서 두 양이 서로 비례하기 때문이다. 같은 장소에 있다면 물체의 질량이 두 배가 되면 무게도 두 배가 되고, 질량이 반으로 줄면 무게도 반으로 준다. 실제로 지구상

에서 중력의 변화는 그리 크지 않으므로, 물체의 무게는 그 질량을 나타내는 것으로 취급하고 있다. 우리가 일상 생활에서 보통 무게의 단위로 kg을 쓰고 있는데, 이것은 질량의 단위이다. 물체의 무게는 그 물체의 질량에 중력 가속도를 곱한 값으로 나타내며, 힘의 단위인 뉴턴(N) 또는 kg중을 사용해야 한다. 이 경우 1kg중은 9.8N에 해당한다. 질량과 무게를 구분하기 위해 제3차 국제도량형총회(1901년)에서 다음과 같이 선언했다.

- 1) Kg은 질량의 단위이며 국제 킬로그램원기의 질량과 같다.
- 2) 무게는 힘과 같은 성질의 양을 나타낸다. 한 물체의 무게는 그 질량과 중력 가속도의 곱이며, 특히 한 물체의 표준 무게는 그 질량과 표준 중력 가속도의 곱이다.
- 3) 국제도량형 지원본부에서 채택한 표준 중력 가속도의 값은 980.665cm/s^2 이다.

2. 기압과 기체의 압력

기압(대기압)과 기체의 압력은 동일한 의미이면서도 상황에 따라 다른 방식으로 이해되거나 사용되고 있다. 둘 다 압력으로서 단위 면적 당 가해진 힘의 크기를 나타내지만, 가해지는 힘의 근원에 차이가 있는 것으로 흔히들 생각하고 있다. 지구의 대기를 이루는 공기가 질량을 가지고 있기 때문에 지구와 공기 사이의 만유인력, 즉 공기의 무게가 지표면에 미치는 힘이 기압(대기압)의 근원이라고 생각한다. 이에 비해 기체의 압력은 기체가 특정 용기 내에 들어 있을 때, 기체 분자가 자유로운 운동을 하면서 용기의 벽에 충돌하여 나타나는 것으로 생각한다. 지표면에서 대기의 압력을 설명함에 있어서 기체의 운동에 의한 충돌로 설명하기 보다는 공기의 무게로 설명하는 경우가 많다. 지구의 대기를 이루는 공기는 질량을 가지고 있기 때문에, 지표면 어느 한 곳의 상공에 공기가 많이 모여 있으면 대기의 무게가 증가하여 기압이 높아진다고 설명하는 것을 흔히 볼 수 있다. 지표면에서 높이 올라갈수록 기압이 낮아지는 현상은 위에서 누르는 공기의 양이 줄어들므로 낮아진다고 설명한다. 그러나 대기의 압력이 머리 위 뿐만 아니라 옆 또는 아래 등 모든 방향에서 작용한다는 것을 이와 같이 공기의 무게로 설명하는 데에는 한계가 있다.

대기의 압력이나 여러 방향에서 작용하는 공기의 압력을 제대로 설명하기 위해서는 기체 분자의 운동을 사용해야 한다. 기체 분자는 위에서 아래로 뿐 아니라 자유롭게 여러 방향으로 운동하기 때문에, 기체의 압력은 모든 방향으로 작용한다. 또한 상공보다 지표면에서 기압이 더 큰 것은 대기의 밀도가 상공보다 지표면에서 크기 때문으로 설명할 수 있다. 기체의 밀도가 높으면 기체 분자가 충돌하는 횟수가 증가하여 압력이 더 높게 나타난다.



기압의 작용 방향

가위 없이 실 자르기

준비물 :

신문지, 실 50cm, 셀로판 테이프

실험 과정 :

책상 위에 신문지 한 장을 펴고 한 가운데에 셀로판 테이프로 실을 붙인다.



예상하기 : 실을 잡아당기는 속도에 따라 어떠한 결과가 나올까?

관찰하기 : 실을 빠르게 잡아당기면 어떻게 될까?

설명하기 : 실을 빠르게 잡아당길 때, 신문지가 끌려오지 않고 실이 끊어지는 이유는?

지도상의 유의점 교사가 실험을 보이기 이전에 예상하는 단계를 두어 아이들로 하여금 어떠한 결과가 나올 것인지에 대해서 생각해 볼 수 있도록 한다. 그리고 관찰한 이후에 결과가 나타난 이유에 대하여 생각해 보도록 한다.

크기가 약 40cm×50cm 되는 신문지 위에 있는 공기는 약 2톤이나 된다. 따라서 신문지에 달린 실을 갑자기 당기게 되면 신문지는 공기가 누르는 힘 때문에 팔려 오지 않고 실이 끊어지게 된다. 그러나 실을 서서히 당기는 경우, 실을 당기는 힘이 신문지에 전달되면서 신문지와 바닥 사이에 공간이 생기면, 공기가 신문지 아래에서도 받치게 되므로 신문지를 누르던 공기의 힘은 아래에서 위로 받치는 힘과 상쇄가 된다. 따라서 실을 잡아당기는 속도가 실험 결과에 큰 영향을 미치므로 주의한다.

집 안에 있는 공기와 사람들 중 어느 쪽이 더 무거울까?

당연히 사람들이 더 무겁다고 생각할 것이다. 공기는 기체로 되어 있으며 기체의 무게는 별로 나가지 않는다고 생각한다. 사실 공기처럼 가벼운 것은 이 세상에 그리 많지 않다. 영어에서도 공기(air)를 형용사화 한 airy란 말에는 가볍다는 뜻이 있고, 또 '공기처럼 가볍다 (as light as air)'란 말도 자주 쓴다. 그래서 공기는 아주 가벼운 것, 또는 아예 그 무게가 없는 것으로 생각하기 쉽다. 아무리 우리가 공기의 무게를 느끼지 못한다 할지라도 분명히 공기도 무게가 있다. 그럼 집안에 있는 공기의 무게와 사람의 무게를 계산하여 보자.

공기의 무게	사람의 무게
30평 아파트의 면적: 약 100m ²	아버지 : 70kg
집 안의 높이: 2.5m	어머니 : 60kg
집 안에 있는 공기의 부피: 100m ² × 2.5m = 250m ³	오빠 : 40kg
20°C, 1기압에서 1m ³ 당 공기의 무게 : 1.2kg	나 : 30kg
집안 공기의 무게: 250m ³ × 1.25kg/m ³ = 312.5kg	전체 200kg

이 계산 결과에 따르면 집 안에 들어 있는 공기의 무게는 312.5kg으로 집 안에 살고 있는 사람의 무게보다 훨씬 더 무겁다는 것을 알 수 있다.





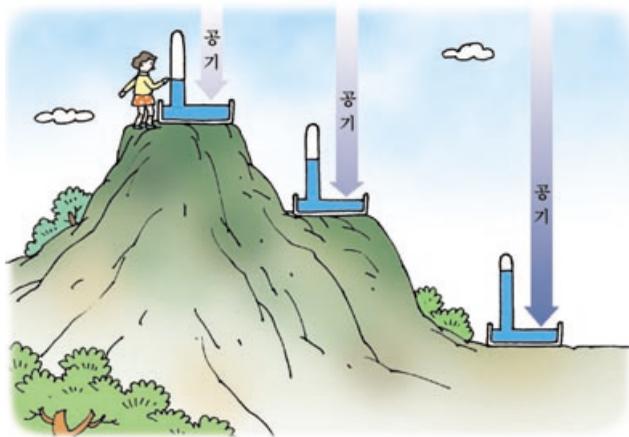
공기의 무게를 증명한 파스칼의 실험

파스칼(1623~1662)은 공기에도 무게가 있다면, 공기의 양에 따라 무게가 달라질 것이라고 생각했다. 그래서 토리첼리가 만든 기압계의 관을 가지고 높은 탑 꼭대기에 가져가서 관 안에 있는 수은주의 높이가 줄어드는 것을 확인하려 하였다. 그러나 수은주의 높이가 그리 많이 줄어들지 않아서 그의 생각을 뒷받침할 수 없었다. 그는 고향에 있는 높이 약 1,465m의 '퓌이 드 돔' 산을 생각하고 그 꼭대기에 올라가서 확인하고자 했으나, 건강상의 이유로 직접 올라가지 못하고 친척을 시켜서 자신의 실험을 대신하도록 하였다.



파스칼

실험 결과 산 아래에서 수은주의 높이는 67cm이었으나, 산 중턱에서는 63.5cm, 산꼭대기에서는 58.9cm로 점차 낮아지는 것을 확인했다. 다른 관으로 실험을 해보아도 마찬가지였다. 이 결과를 전해들은 파스칼은 파리의 높은 탑을 이용해서 실험을 되풀이하여 결국 공기가 무게를 갖는다는 것을 증명하였다.



높이에 따른 대기압의 변화

지도상의 유의점 이 자료를 읽고 난 후, 산 위로 올라갈수록 수은 기둥의 높이가 점차 낮아졌다는 결과를 가지고 어떻게 공기가 무게를 가지고 있다는 것을 증명할 수 있는지 생각해 보도록 한다. 산 위로 올라갈수록 위에서 누르는 공기의 양이 적어지므로 기압이 낮아진다고 생각할 수도 있다. 초등학교 수준에서는 이 정도까지 학생들이 스스로 생각해 내도록 지도한다. 그러나 실제로는 누르고 있는 공기의 양이 많고 적음이라는 관점보다 아래쪽에서의 공기 밀도가 더 크다는 것까지 생각해야 충분한 설명이 될 수 있다.