

# 탐구수업 지도자료

## -수정본-

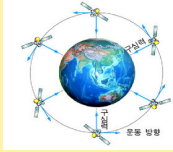
- 학 년 중학교 2학년
- 단 원 운동은 힘과 어떤 관계가 있을까?
- 소 단 원 5장 힘을 받지 않는 물체의 운동
- 제 목 도입
- 대표 저자 김영민(부산대학교)
- 공동 저자 김지나(부산대학교)  
조오근(부산장영실과학고등학교)  
한종환(부산과학교육원)  
조현주(부산가야여자중학교)  
김창하(부산진여자상업고등학교)

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



서울대학교 과학교육연구소

Seoul National University Science Education Research Center



# 제 5 장

## 힘을 받지 않는 물체의 운동

### 배경 지식 넓히기

#### Q. 관성 혹은 관성의 법칙이란 무엇인가?

관성이란 외력이 작용하지 않을 때, 물체가 그 운동 상태를 유지하려는 성질을 말하는 것으로 관성을 설명하는 뉴턴 제1법칙은 관성의 법칙이라고도 불리며, 1687년 출간된 뉴턴의 자연철학의 수학적 원리(Philosophiae naturalis principia mathematica, 프린키피아)를 보면, “물체에 외부 힘이 작용하지 않는다면, 물체는 정지해 있거나 일정한 속도를 유지한다.”고 표현될 수 있다. 즉, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 물체의 가속도는 0임을 나타낸다. 이것은 뉴턴 제 2법칙의 특별한 경우(힘이 0인 경우)라고 볼 수 있다.

#### Q. 실세계에서 운동하는 물체가 계속 운동하지 못하는 이유는?

물체는 관성의 법칙에 의해 일단 운동을 시작하면 그 운동을 계속하려는 성질(관성)이 있지만 실제 세계에서는 대부분 운동하던 물체들이 정지하게 된다. 그 이유는 운동을 방해하는 마찰력이나 저항력과 같은 힘이 존재하기 때문이다.

마찰력( $F$ )이란 운동하는 물체가 접촉하고 있는 접촉면의 마찰 계수( $\mu$ , 운동 마찰 계수)와 물체의 항력( $N$ )으로 표현되는 값( $F = \mu N$ )으로, 정지한 물체를 움직이게 할 때의 마찰 계수는 정지 마찰 계수라고 부르며 보통 1보다 작은 값을 가지는데 정지 마찰 계수가 운동 마찰 계수보다 항상 크다. 고장 난 자동차를 밀 때, 처음 움직이게 할 때는 많은 힘이 들지만 일단 움직이기 시작하면 힘이 적게 드는 것도 바로 이 때문이다.

저항력이란 공기나 물과 같은 유체 속에서 움직이는 물체에 작용하는 힘으로 유체의 밀도와 저항계수, 물체의 단면적과 운동속도에 의해 정해지는 값이다.

#### Q. 일상생활에서 관성의 법칙이 적용되는 예는 어떤 것이 있을까?

우리 주변에서 관찰할 수 있는 관성에 의한 현상들은 다음과 같은 경우가 있다.

- 버스가 갑자기 출발하거나 정지할 때 몸이 한쪽으로 쏠린다.
- 옷을 털면 먼지가 떨어진다.
- 세탁기의 통이 좌우로 회전하므로 옷들이 엉키지 않는다.
- 세탁기 탈수 시 통이 회전하면 옷과 물이 분리된다.
- 개가 털에 묻는 물을 털 때 몸을 빠르게 흔든다.
- 버스가 커브 길을 돌 때 몸이 바깥쪽으로 쏠린다.



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소



서울대학교  
과학교육연구소

- 달리기를 할 때 돌부리에 발이 걸리면 넘어진다.
- 날아가던 비행기에서 물체를 떨어뜨리면 전방으로 더 날아가면서 떨어진다.
- 삼으로 흙을 떠서 버린다.
- 화분 속의 굳어진 흙덩어리를 뺄 때 화분을 거꾸로 들고 몇 번 치면 빼낼 수 있다.
- 칼자루를 쳐서 칼날을 막는다.
- 헐거워진 망치의 자루를 쳐서 망치를 단단하게 박는다.
- 휴지걸이에 걸려있는 휴지를 한 손만으로 끊을 수 있다.
- 지진이 발생하면 지진계에 진동이 기록된다.
- 안전벨트를 천천히 당기면 느슨해지지만 차가 갑자기 브레이크를 밟으면 안전벨트가 딱 조인다.
- 자동차 충돌 시 안전벨트가 없으면 운전자는 차 앞쪽 유리에 부딪힌다.
- 달리기를 할 때 결승선에 도달한 후에 쉽게 멈춰지지 않는다.
- 몸이 회전하면 반고리관은 함께 돌아가지만 그 속의 림프액은 정지해 있으려하므로 이를 통해 회전을 감지하게 된다.



### Q. 관성의 크기는 어떻게 나타낼까?

뉴턴 제 2법칙을 보면, 물체의 가속도는 물체에 가한 총 힘에 비례하고 물체의 질량에 반비례하는데, 여기서 물체의 질량은 곧 운동의 변화에 대한 그것의 관성 또는 저항을 의미한다고 볼 수 있다. 따라서 관성의 크기는 물체의 질량이 클수록 크다는 것을 알 수 있다. 즉, 무거울수록 물체를 움직이게 하기도 물체를 멈추게 하기도 어렵다. 예를 들어, 같은 힘이 작용한다면, 트럭보다는 승용차가 가속이 잘 된다.



### Q. 관성질량은 무슨 뜻일까?

물질의 양을 나타내는 질량에는 2가지가 있는데 관성 질량과 중력 질량이 그것이다. 중력 질량은 물체가 정지한 상태에서 물체에 작용하는 중력( $W$ )을 측정하여 나타내는 것( $m=W/g$ )으로 물체간의 무게를 비교하여 “무거운 물체일수록 질량이 크다”라고 표현할 수 있다. 이에 비해 관성 질량은 일정한 힘( $F$ )을 받아 가속도 운동을 하는 물체에 대해 가속도의 크기로 측정되는 것( $m=F/a$ )으로 가속도의 크기를 비교하여 “일정한 힘이 주어질 때, 가속도가 작은 물체일수록 질량이 크다”라고 표현될 수 있다.

### Q. 관성력이란 무엇인가?

가속도 운동을 하고 있는 관측자에 대해서는 실제로 작용하는 힘 이외에 관측자의 가속도와 반대 방향으로 힘의 원인이 되는 물체가 없는 가상의 힘이 물체에 작용하고 있는 것처럼 보이는 데 이러한 힘을 관성력이라고 한다. 실제 관성이라는 것은 물체의 성질이 지 힘이 아니다. 관성력이라는 표현은 비관성계에서의 힘의 평형을 설명하기 위해 도입된 개념일 뿐이다.

예를 들어 엘리베이터 안에 타고 있을 때 엘리베이터가 아래로 내려가기 시작하면 엘리



베이터의 아랫방향의 가속도만큼의 관성력을 위로 받게 되므로 중력이 작아지는 것처럼 느끼게 되고 반대로 엘리베이터가 올라가기 시작하면 윗방향의 가속도만큼의 관성력을 아래로 받게 되므로 중력이 커지는 것처럼 느끼게 되는 것이다.

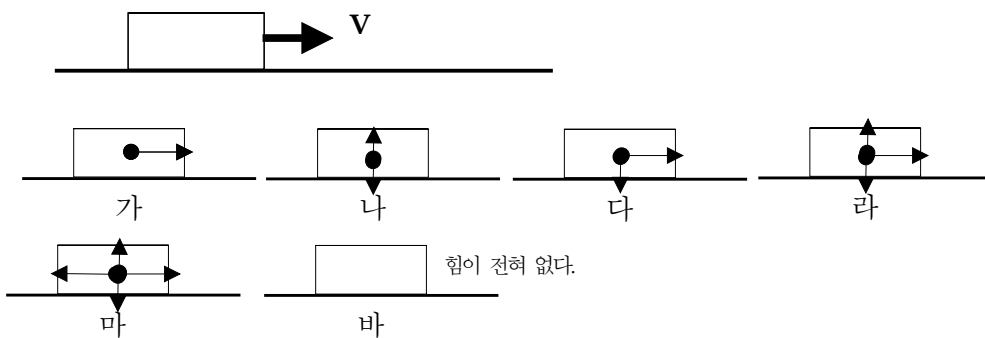
관성력은 가속도 운동을 하고 있는 관측자에게만 느껴지는 힘으로 가상의 힘이기에 때문에 작용-반작용 법칙이 성립하지 않는다.

**Q. 관성모멘트는 무엇을 말하는가?**

관성모멘트란 회전관성을 말하는 것으로 물체의(강체의) 회전운동의 변화에 대한 저항을 의미한다. 회전관성은 물체의 질량과 이 질량이 회전축에 대하여 어떻게 분포되어있는가에 따라 달라지는데, 질량이 클수록, 그리고 이 질량이 회전축에서 멀리 분포되어 있을수록 커진다. 즉, 회전하기 어렵다. 이를 수학적으로 표현하면, 회전관성( $J$ ) = 질량( $m$ ) × 축으로부터 질량까지 거리의 제곱( $r^2$ )이 된다.

**학생들은 이런 생각을!**

물리학자들은 관성을 외력이 작용하지 않는 순간의 물체의 운동 상태를 지속하는 것으로 이해하는데 반해 학생들은 운동을 하는 물체는 그 상태를 계속 유지하려면 일정한 힘이 필요하다고 생각하며 실제 세계에서는 마찰력이 작용하고 있기 때문에 운동을 계속하기 위해 외부의 힘이 작용해야 한다는 것을 모르는 경우가 많다. 또 관성을 외력이 작용하기 이전의 운동 상태로 되돌아가는 것으로 이해하는 경향도 있다. 예를 들어, 그림1과 같이 미끄러운 수평마루 위를 오른쪽 방향으로 등속 직선 운동하는 상자의 운동에 대해, 상자에 작용하는 힘들에 대해 물으면, 물리적으로 옳은 응답은 마찰력을 고려하면 “마”이거나 알짜힘을 고려한 경우라면 “바”가 될 것이지만 많은 학생들이 운동 방향으로의 힘을 나타내는 “가”, “다” 또는 “라”를 선택하는 경향이 있다. 또한 선택한 이유도 운동 방향으로 힘이 작용하여야 하기 때문으로 설명하는 경향이 많다(김익균, 1991).



<그림1> 등속 직선 운동하는 상자에 작용하는 힘



학생들은 또 물체의 모양이나 물체에 작용한 힘의 유형 등 상황에 따라 다르게 나타나기도 하는데 자동차가 물체를 끄는 경우 보다는 스프링 등이 물체를 미는 경우에 운동을 계속할 것으로 생각한다. 물체의 모양의 경우도, 물체가 공이라면, 공이 계속 구르기 때문에 운동한다고 생각하지만 물체가 상자라면 다르게 해석하는 경향이 있다.



**읽을 거리** 과학사를 통해본 과학자들의 관성에 관한 생각

자연현상에 나타나는 운동과 그 원인 사이의 관계를 밝히려는 노력은 뉴턴(Newton)에 이르기까지 2000년이 넘는 오랜 세월을 걸쳐 많은 과학자들의 노력과 반복되는 시행착오를 거쳐 이루어졌다. 아리스토텔레스(Aristotle: B.C. 384~322)는 모든 물질은 제각기 고유한 장소로 되돌아가려는 성질을 가지고 있어서 자기 고유의 장소에서 이탈하면 자연의 힘에 의하여 고유한 장소로 되돌아와야 한다고 생각하였는데 이러한 자연의 힘이 물체의 내부인지, 외부인지에 따라 운동을 자연스런 운동(natural motion)과 비자연스러운 운동(violated motion)으로 나누고 자연스런 운동은 운동 원인이 없어도 운동하지만 비자연스러운 운동은 외력이 작용하여야 운동한다고 생각하였다. 즉, 낙체의 운동이나 불꽃이 위로 올라가거나 현재의 천체의 운동과 같은 원운동을 제외한 비자연스러운 운동의 경우 일정한 속도로 운동을 하기 위해서는 일정한 힘이 필요하다고 설명하였다. 뉴턴 제 1법칙이 사실은 제 2법칙의 특별한 예임에도 불구하고 따로 구분한 것은 아리스토텔레스적 관점과 매우 상이함을 나타내기 위한 것으로 생각할 수 있다. 아리스토텔레스의 자연, 비자연스러운 운동에 대한 생각이 결정적으로 거부되게 된 것은 케플러(Kepler)가 행성의 궤도가 원이 아니라 타원임을 주장한 후이다. 즉, 아리스토텔레스에 의하면 천체의 운동은 원운동이며 자연스런 운동이기 때문에 외력이 필요하지 않다고 생각하였다. 그러나 케플러가 천체의 운동이 원운동이 아니라 타원임을 밝힌 후 아리스토텔레스의 자연스런, 비자연스러운 운동의 구분이 잘못되었음을 밝히는 중요한 계기가 되었다.

갈릴레오(Galileo Galilei., 1564~1642)는 아리스토텔레스의 이론에 반하는 운동에 대한 새로운 개념을 발전시켰는데 운동하는 물체는 운동을 계속하려는 자연스러운 경향을 갖고 있다고 주장하였다. 이 운동을 지속하는데 힘은 필요하지 않다. 갈릴레이는 마찰이 없고, 기울기가 0인 수평면상에서 구슬은 영원히 운동할 것이라는 유명한 사고 실험을 통해 관성의 개념에 도달한 것 같지만 사실 갈릴레이는 원운동은 보존된다는 원의 관성 개념은 가졌지만 직선적인 완전한 관성의 개념에 도달한 것은 데카르트(Rene Descartes, 1596~1650)였고 이것을 뉴턴(Issac Newton, 1642~1727)이 운동의 법칙으로 발표하게 되었다.

물리학자들은 직선으로 등속 운동하는 물체의 가속도는 0이고 따라서 물체에 작용하는 외력의 총합은 0이라고 설명한다. 그러나 오늘날의 많은 학생들은 아리스토텔레스와 같이 자연, 비자연스러운 운동의 구분은 하지 않지만 일정한 속력으로 운동하려면 힘도 일정하게 작용하여야 한다고 생각하고 있는데, 이와 같은 생각을 아리스토텔레스적 사고 또는 임피투스(impetus)적 사고라고 한다. 임피투스는 물체 내부에 존재하며 외부로부터 얻거나 내부에서 생성 소멸한다. 즉, 일정한 속력으로 운동하려면 내부의 임피투스가 소모되면서 운동하다가 내부에 있던 임피투스가 다 소모되면 물체는 정지한다(김영식, 1984). 임피투스는 오늘날의 개념으로 보면 운동량 또는 에너지와 유사한 점이 있으며, 운동에 대한 아리스토텔레스의 생각이 비록 지금은 만족스럽지 못하고 정량적인 예측을 하는 데는 아무 소용이 없지만, 운동에 대한 훈련이 미비한 사람들에게는 더 직관적으로 다가오며 학생들 역시 이러한 생각을 많이 갖고 있으므로 이를 과학사와 마찬가지로 뉴턴의 이론으로 대체할 필요가 있다.



## 탐구활동을 위한 안내

### 1. 탐구활동 목록

|      | 제 목               | 분 류<br>[탐구요소 성격/ 수준 / 장소] | 기 타       |
|------|-------------------|---------------------------|-----------|
| 활동 1 | 고무 풍선차는 어떻게 움직일까? | 관찰/ 일반 / 실험실              | 교과서 탐구    |
| 활동 2 | 관성으로 재밌는 놀이를?     | 관찰·예상/ 일반 / 실험실·교실        | 교과서 탐구    |
| 활동 3 | 관성도 크기가 있을까?      | 관찰 / 일반 / 실험실·교실          | 교과서 확장 탐구 |



### 2. 선정 이유

- 활동 1.** 고무 풍선차를 만들어보고 물체에 힘이 작용하지 않는 경우 물체는 어떻게 운동하는지 관찰하고 힘(마찰력)이 작용하는 경우는 어떻게 달라지는지를 예상하게 하는 활동이다.
- 활동 2.** 힘이 주어지지 않을 때 본래의 운동 상태를 유지하려는 물체의 성질인 관성을 이용한 여러 가지 놀이들을 실제 실험하면서 정지한 경우나 움직이고 있는 경우의 물체의 운동을 이해하고, 다른 상황으로 연결시켜 물체의 움직임을 예상할 수 있도록 하는 활동이다.
- 활동 3.** 생활 속에서 흔히 경험할 수 있는 사례를 통해 관성의 크기에 대해서 이해할 수 있도록 하는 활동으로 주요 탐구요소는 관찰이다.

