

## 관성의 법칙 (351S)

### [ 제품구성 ]

- 랩에이즈 원형 트랙 6개
- 유리구슬 6개
- 쇠구슬 6개
- 도로 원뿔(콘) 6개
- 투명 필름 1개 (관성 도표)
- 학생용 실험보고서 1장
- 교사용 지도서 1장

### 도입

실험 1에서 학생들은 구슬의 움직임을 관찰함으로써 운동을 관찰함으로써 관성에 대해 학습할 것이다. 특별히 디자인된 원형 트랙에서의 구슬의 움직임을 관찰하고 트랙의 일부분을 제거했을 때 구슬의 경로를 예측하게 된다. 학생들은 구슬이 트랙을 벗어나면 일직선으로 움직인다는 것을 발견하게 된다. 구슬의 질량이 트랙위에서의 운동에 어떤 영향을 미치는지 관찰하게 된다. 실험 2에서는 관성 및 뉴턴의 제 1법칙에 관한 글을 읽게 된다.

### 주요 개념

1. 외부에서 힘이 가해지지 않는 한 모든 물체는 일직선상에서 일직선으로 움직인다.
2. 한 물체의 속도에 영향을 미치는 힘을 마찰력이라 한다.
3. 과학적 설명은 증거를 강조하고 과학적인 원리와 모형, 그리고 이론을 동원한 논리적인 논쟁을 장려한다.

### 실험준비

모든 학생에게 자를 나누어준다. 구슬을 바닥에 굴리거나 떨어뜨리지 않도록 주의한다. 원형 트랙은 큰 쟁반 위에 둔다.

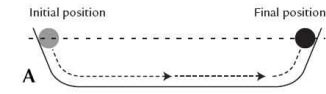
### 배경지식

#### 관성

관성은 운동 중인 물체가 받는 저항이다. 17세기 갈릴레오는 일련의 실험을 통해 관성의 개념을 발전시켰다. 그는 운동하는 물체에 작용하는 모든 변화는 어떤 힘에 의한 것이라는 것을 처음으로 알아낸 과학자이다. 그는 움직이는 물체의 속도를 늦추고 결국에는 멈추게 하는 마찰에 대해 증명하였다.

갈릴레오는 그림 A와 같이 양쪽이 기울어진 판 한쪽 끝에서 구슬을 굴리면 똑같은 않지만 반대편의 거의 동일한 높이까지 구슬이 올라간다는 것을 관찰했다. 더 부드러운 면을 사용했을 때 구슬이 더 높이, 원래 출발했던 지점의 높이와 더 가깝게 반대쪽 면을 올라가는 것을 관찰한 후 구슬을 놓을 때의 높이와 반대편으로

올라간 구슬의 높이 사이에 발생하는 차이는 구슬과 표면사이에 발생하는 마찰에 의한 것이라고 판단했다. 그 마찰을 완전히 제거할 수 있다면 구슬은 처음 구슬이 놓일 때의 높이만큼 반대편 면을 올라갈 것이라고 가정했다.



갈릴레오는 또한 그림 B와 같이 판의 각도와 상관없이 구슬이 처음 놓일 때의 높이만큼 반대편 면을 오른다는 사실을 깨달았다.



갈릴레오는 반대편에 경사가 없고 마찰이 없다면 그림 C와 같이 계속해서 오른쪽으로 굴러갈 것이라고 가정했다. 물체의 이러한 특성을 관성으로 규정했다.



뉴턴은 갈릴레오의 이런 생각을 힘과 연관시켰다. 그리고 구슬이 일정한 속도와 방향으로 마찰이 없는 면을 구르면 구슬에 작용하는 힘 및 가속도가 없을 것이라고 결론지었다. 마찬가지로 일정한 속도와 방향으로 마찰이 있는 환경에서 움직이는 물체에는 마찰력과 크기는 동일하나 방향이 반대인 힘이 작용하게 된다.

### 뉴턴의 제 1법칙 (관성의 법칙)

모든 물체는 자신의 운동 상태를 그대로 유지하려는 성질이 있다.

뉴턴의 제 1법칙에 따르면 운동에는 힘이 필요하지 않다. 힘은 운동의 변화에만 필요하다.

### 운동 및 가속도

운동이란 모든 위치의 변화를 말한다. 가속도 또는 운동의 변화는 운동의 속도 또는 방향의 변화와 관련이 있다. 가속도는 양수(속도가 빨라질 때)일 수도 있고 음수(속도가 느려질 때)일 수도 있다. 음수 가속도 즉, 속도가 느려지면 감속이라고 한다. 움직이는 물체가 반드시 가속도를 가지고 있는 것은 아니다. 일정한 속도로 일직선 운동을 하는 물체는 움직이고 있지만 속도나 방향에 변화가 없기 때문에 가속도가 있는 것은 아니다. 그러나 일정한 속도로 움직이는 물체가 곡선으로 움직이면 운동의 방향에 변화가 있기 때문에 가속이 생기는 것이다.

### 마찰

마찰이란 움직이고 있는 물체나 어떤 힘이 작용하고 있는 물체와 그 물체와 접촉하고 있는 물질 사이에 존재하는 힘이다. 마찰은 항상 물체의 움직임 또는 그 물체에 작용하는 힘의 반대방향으로 작용한다. 움직이는 물체에 작용하는 외부의 어떤 힘이 없어도 그 물체가 정지하는 것은 마찰 때문이다. 이와 같이 일상생활 속에서 관찰할 수 있는 이런 내용은 초기의 과학자들과 많은 일반 사람들로 하여금 움직이는 물체는 항상 속도가 느려지고 멈춘다고 생각하게 만들었다. 그러나 갈릴레오는 일정한 속도로 움직이는 물체의 자연적인 경향은 계속해서 움직이는 것이라고 주장했다. 뉴턴은 이 자연 성향 또는 관성을 질량 및 힘과 연관 지었다.

### 힘의 평형

한 물체에 작용하는 모든 힘의 합이 0이라면 그 힘은 평형을 이루고 있으면 물체에 작용하는 합력은 없다. 이 물체는 운동에 변화가 없으며 움직이지 않거나 일정한 방향과 속도로 움직인다. 힘이 평형을 이루지 않는 물체만이 가속도를 가지며 운동에 변화가 생긴다. 운동이 없다고 해서 힘에 의해 영향을 받지 않는 것은 아니라, 물체에 작용하는 힘이 평형을 이룬다는 의미이다.

### 교수 제안

#### 1. 관성의 개념에 대한 소개

무거운 차와 가벼운 차 중 같은 속도로 감속하는데 더 많은 힘이 필요한 차는 어떤 것일까? 학생들은 당연히 무거운 차량이 감속하는데 더 많은 힘이 필요하다고 답할 것이다. 무거운 차량은 무게가 더 나가기 때문에 더 큰 제동력이 필요하다. 움직이는 물체가 계속해서 같은 속도, 같은 방향으로 움직이려는 경향, 즉 관성을 소개한다. 관성은 왜 무게가 더 나가는 차량을 감속하는데 더 큰 힘이 필요한지에 대한 물음에 답이 될 것이다. 단 관성은 힘이 아니라 물체의 운동을 묘사하는 단어라는 것을 분명히 밝힌다. 코너를 도는 자동차를 생각하면 이 개념이 쉽게 이해될 것이다.

#### 2. 실험을 통한 관성의 관찰

이 실험 활동에서 어떤 일이 일어났는지 묘사할 수 있으려면 세심한 관찰이 필요하다. 이 실험은 정량적으로 측정하는 것이 없기 때문에 정확하게 관찰하고 그 관찰내용을 잘 기록하는 것이 무엇보다 중요하다. 실험과정 이 학생들에게 어려울 수 있기 때문에 1~7번의 실험 단계를 같이 확인하고 2번의 내용을 학생들에게 보여줄 필요가 있다. 6번의 내용은 그림을 그려서 설명하면 좋다. 또는 학생에게 구슬이 지나갈 수 있는 몇 가지 경로를 그림으로 그리게 할 수도 있다.

실험준비물을 나누어주고 단계별로 실험과정을 따르게 한다. 그리고 실험 1의 질문에 답하도록 한다. 뉴턴의 제1법칙, 즉 관성의 법칙에 따르면 구슬이 폐쇄된 트랙을 벗어나면 직선을 그리며 운동하게 되어 있다. 그러나 표면이 고르지 않거나 구슬에 회전이 걸리는 경우 직선을 그리며 나아가지 않을 수 있다. 무게가 가벼운 유리구슬은 트랙을 떠나면서 구슬에 작용하는 외부의 힘에 의해 더 많은 영향을 받는다. 구슬이 일정한 속도로 직선 운동하지 않는 경우 구슬을 더 빠른 속도로 트랙에서 회전시키면 그런 문제는 해결된다. 구슬이 더 빠른 속도로 운동할수록 구슬에 미치는 외부의 힘으로부터 더 자유로워진다.

#### 3. 뉴턴의 제 1법칙에 대한 토론

질문에 대한 답을 전체 학급과 공유하게 하고 관성이 어떻게 구슬의 운동에 영향을 미치는지 분명히 한다. 관성이라는 단어는 운동하고 있는 물체가 동일한 방향으로 계속 운동하려는 물체의 경향을 나타내는 단어라는 것을 다시 한 번 강조한다.

질문 1에 대한 답변을 토론하면서 구슬이 원형 트랙 내부에서 이동할 때 구슬에 미치는 트랙 벽면에서 작용하는 힘이 무엇인지 규명한다. 이 힘은 구슬이 트랙 내부를 돌 때 끊임없이 구슬의 방향을 바꾼다. 그러나 일단 구슬이 트랙 밖으로 나가면 이 힘들은 사라진다. 구슬이 트랙 밖으로 나가는 순간 구슬은 직선 운동을 하기 시작한다. 구슬이 직선 운동을 하는 방향은 구슬이 트랙을 빠져 나올 때의 구슬의 방향에 의해 결정된다.

구슬을 트랙 내부에 가두는 트랙 벽이 없다면 구슬은 계속해서 일직선으로 운동할 것이다. 이것이 이 실험의 주된 개념이다. 관성의 법칙은 실험 2에서 보다 자세하게 다룰 것이다.

**투명 필름 사용하기** : 투명 필름을 사용해 구슬이 트랙을 빠져나가는 순간 일직선 운동을 하기 시작한다는 것을 강조한다. 학생들은 투명 필름의 도표와 자신들이 학생용 실험보고서에 그린 그림과 비교하게 된다. 2번 질문은 학생들에게 구슬의 운동의 변화를 확인하고 관련된 힘이 무엇인지 확인시킨다.

7번 실험과정을 복습하면서 3번 질문에 답하면서 구슬이 트랙을 빠져나가면서 운동하는 방향과 구슬의 무게와는 무관하다는 것을 알게 될 것이다. 무게가 많이 나가면 나갈수록 더 많은 힘이 발생한다는 내용을 배운 학생들에게는 구슬의 무게와 구슬의 운동방향이 무관하다는 사실이 혼란스러울 것이다. 많은 학생들이 무게가 더 나가는 구슬의 운동은 가벼운 구슬의 운동과 차이가 있을 것으로 생각했을 것이다. 구슬이 트랙을 빠져나가면서 구슬에 작용하는 힘이 없기 때문에 구슬의 무게는 운동에 영향을 미치지 않는다는 것을 강조한다.

더 무거운 구슬은 관성이 증가하면서 트랙 내부에서 방향을 바꾸는 것이 더 어렵다. 그 증거로는 구슬을 더 빨리 굴리기 위해 가벼운 구슬에 비해 더 많은 힘을 주어야 한다는 것과 트랙을 질 때 더 많은 힘을 주어야 한다는 것이다. 그렇게 함으로써 구슬의 관성에 의해 트랙이 책상 위에서 직선으로 미끄러지는 것을 방지하는 것이다.

구슬이 계속해서 굴러갈 수 있는 큰 공간이 있다고 가정할 때 구슬이 구르다가 속도가 낮아지고 결국 멈추게 될 것인지 학생들에게 질문한다. 결국에는 구슬이 멈추어 설 것이라고 예측할 것이다. 그 이유는 구슬에 작용하는 어떤 힘이 있기 때문이라는 사실을 강조한다. 그렇지 않으면 관성에 의해서 무한대로 이동할 것이다. 구슬과 바닥 또는 책상 사이에, 그리고 구슬과 공기 사이에 작용하는 마찰이 있다는 사실을 알려준다.

마찰이 없다면 결과가 어떻게 달라질지 학생들에게 질문한다. 마찰이 없다면 트랙을 떠난 구슬은 일정한 속도로 직선운동을 할 것이다.

**4. 뉴턴의 제 1법칙에 대한 글 읽기**

학생들에게 Part 2에 나와 있는 글을 읽게 하고 질문에 답하도록 한다. 뉴턴은 힘과 관련된 물체의 운동에 대한 사고로 유명하다. 그의 아이디어 중 어떤 것들은 일상생활에서 발견되는 것들과 맞아 떨어지지 않기 때문에 매우 혁신적이다.

질문 1, 2, 3번은 관련 글의 내용에서 해답을 찾을 수 있을 것이다. 4번 질문에 대한 학생들의 답변은 다른 행성으로부터 작용하는 중력을 간과했을 것이다. 4번 질문과 관련해 중력에 관한 토의가 발생하면, 중력은 무한대의 거리에서 작용하지만 물체가 별, 행성, 달과 같이 거대한 물체와 가까이 있을 때 매우 큰 영향을 미친다는 것을 설명한다. 5번 질문을 통해 관성 및 관성과 무게에 대한 학생들의 이해 정도를 확인할 수 있다.

**실험 1의 분석 질문에 대한 답안**

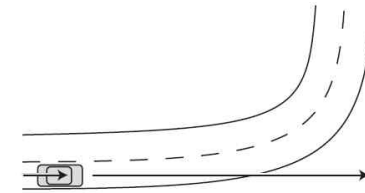
- 구슬이 이동할 때의 구슬의 방향과 속도의 변화에 대해 설명하라.
  - 원형 트랙 내부  
 원형 트랙 내부에서의 구슬의 방향은 트랙 내부 벽에 작용하는 힘 때문에 끊임없이 변한다. 마찬가지로 원형 트랙의 표면은 구슬과 마찰을 일으켜 구슬의 속도를 낮춘다.
  - 원형 트랙 외부  
 투명 필름과 같이 원형 트랙을 빠져나온 구슬은 일직선 운동을 한다. 바닥 또는 책상 표면과 구슬 사이에 작용하는 마찰에 의해 구슬의 속도는 약간 낮아진다.

2. 구슬의 운동에는 어떤 변화가 발생했으며, 그 변화와 관련 있는 힘은 무엇인가? 다음 표를 완성하라.

운동의 변화에 관여하는 힘의 종류	
운동의 변화	관련 힘(force)
정지 상태에서 가속화된 구슬	손
원형운동을 하는 구슬	원형 트랙의 내부 벽
구슬의 속도 감소	책상의 표면 및 원형트랙에 작용하는 마찰

- 다음 상황에 변화를 주었을 때의 구슬의 경로에 발생하는 변화를 설명하라.
  - 원형 트랙에서의 구슬이 빠져나오는 출구의 위치 변화  
 원형 트랙 내부에서의 구슬이 빠져나올 때 다양한 위치에서 빠져나오도록 했다. 그러나 일단 트랙을 벗어나면 일직선으로 운동한다.
  - 구슬의 무게  
 유리구슬(가벼움)과 쇠구슬(무거움)을 비교할 때 구슬이 움직이는 방향에는 별다른 차이가 없었다.

- 갑자기 핸들과 브레이크가 없어 도로에서 차량이 길가에 접근하고 있다고 가정해보자. 지역은 평평하며 가드레일은 없다.
  - 도표의 오른쪽을 보고 차량이 핸들과 브레이크가 없을 때의 예상 이동 경로를 표시하라.
  - 왜 그렇게 움직일 것으로 예상하는지 설명하라.  
 관성 때문이다. 영향을 미치는 다른 힘이 없을 때 물체는 일직선으로 운동한다.
  - 차가 더 무겁다면 위 질문에 대한 답변은 어떻게 달라지는지 설명하라.  
 차가 더 무겁다고 해서 차가 나아가는 방향은 달라지지 않는다. 그러나 차를 세우는데 더 많은 힘이 필요할 것이다.



**[ Part 2의 분석을 위한 질문에 대한 답안 ]**

- 가벼운 구슬과 무거운 구슬 중 어느 것이 더 큰 관성을 가지고 있을까? 어느 것이 운동의 변화에 더 큰 저항을 가지고 있을까?  
 더 무거운 구슬의 관성이 더 크다. 따라서 무거운 구슬의 운동에 변화를 주기 위해 더 큰 힘이 필요하다.
- 우주에서 야구공을 던지면 어떻게 될까? 관성과 마찰의 측면에서 설명하라.  
 마찰이 없기 때문에 공은 일정한 속도로 계속해서 날아갈 것이다. 또는 그 공의 운동에 변화를 줄 수 있는 다른 힘을 만날 때까지 계속해서 날아갈 것이다.
- 차 한 대가 고속도로에서 시속 70km로 달리고 있다. 이 차에 영향을 미치는 힘은 균형이 이루어진 것인가? 아니면 불균형인 것인가?  
 힘은 균형을 이루고 있다. 차와 고속도로 사이의 마찰력은 똑같이 균형을 이루고 있다. 그러나 엔진에 의해 적용되는 힘은 반대 방향이다. 합력은 0이다. 차는 일정한 속도와 방향으로 이동하고 있다.
- 우주를 여행하는 우주선은 연료를 거의 사용하지 않는다. 어떻게 연료를 거의 사용하지 않고 그렇게 멀리 날아갈 수 있을까?  
 우주에는 마찰이 없기 때문이다. 따라서 운동을 하는 물체는 계속 운동을 한다. 일단 우주선이 대기권의 마찰을 벗어나게 되면 목적지까지 여행하는데 연료가 거의 필요하지 않다. 그러나 어떤 행성에 착륙할 때 나 방향을 바꾸기 위해서는 연료가 필요하다.

이 답변은 중력을 무시한 답변이다. 행성이나 달 근처를 여행할 때에는 중력의 영향을 많이 받는다.

5. 왜 트럭에 짐을 가득 실었을 때 보다 아무 것도 실지 않을 때 방향을 바꾸기 쉬운지 뉴턴의 제1법칙을 이용해 설명하라.

뉴턴은 무게가 더 많이 나가는 물체의 관성이 더 크다고 했다. 즉 짐을 가득 실은 트럭은 동일한 속도록 동일한 방향으로 움직이려는 성향이 더 강하다. 따라서 그런 트럭의 방향을 바꾸기 위해서는 더 많은 힘을 주어야 한다. 짐을 가득 실은 트럭의 관성이 트럭의 방향을 바꾸는 것을 방해하는 것이다.

이 실험서는 (주)한국과학에 의해 작성되었으며 저작권법에 의해 보호를 받습니다. 무단복제를 금하며, 무단 복제 및 배포 시 저작권법에 의해 처벌 받을 수 있습니다.