

창의력을 키우는 초간단 과학 탐구실험

무거운 추와 가벼운 추를 줄로 연결하고, 고정봉에 줄을 걸친 다음 가벼운 추를 수평으로 잡고 있다가 놓으면 무거운 추가 바닥으로 떨어질 것 같지만, 떨어지다가 가벼운 추가 고정봉에 감기면서 결국 떨어지기 전에 멈추게 된다. 예전에 마술사들이 무거운 추 대신 유리잔을 달고, 가벼운 추 대신 열쇠를 달아서 했던 마술이기도 하다.

무거운 추가 바닥으로 떨어지면 가벼운 추가 진자운동을 하다가 결국 회전하면서 고정봉에 감기게 되고, 줄과 고정봉의 마찰력이 커지면서 무거운 추가 바닥에 도달하기 전에 멈추게 되는 실험이다. 역학적 에너지 보존법칙과 진자운동 주기, 그리고 마찰력과 관계된 복잡한 실험이지만, 여기에서는 원리보다는 관찰 결과를 가지고 초간단 탐구실험으로 진행해 보려고 한다.



1. 실험 목적 : 줄의 길이에 따라 무거운 추가 낙하하는 거리 알아보기

2. 준비물

- 1) 나무집게 35mm(가벼운 추) (1.34g) <https://link.gmarket.co.kr/uALOMBgpFP>
- 2) 더블크립 특대 50mm(무거운 추) (22.4g) <https://link.gmarket.co.kr/pB10i3yVfQ>
- 3) 줄(순면콘사 24합) 1m <https://link.gmarket.co.kr/VwwxLv25u>
- 4) 볼펜 또는 나무막대 (고정봉)
- 5) 자 또는 자가 표시된 용지



3. 변인 설정

조작변인 : 고정봉에서 가벼운 추까지의 실의 길이

종속변인 : 무거운 추가 낙하한 거리

독립변인 : 고정봉 재질, 실의 종류, 무거운 추와 가벼운 추의 무게, 가벼운 추 수평 방향

4. 실험방법

1) 길이 1m짜리 줄 끝에 가벼운 추(나무집게)를 연결한다.

2) 가벼운 추 끝으로부터 10cm 간격으로 줄에 눈금을 표시한다.

3) 줄의 길이가 93cm가 되는 곳에 무거운 추(더블집게)를 연결한다.

- 떨어뜨릴 높이를 고려해서 90cm보다 조금 더 길게 해서 90cm로 표시된 부분이 고정봉(볼펜) 위에서 멈추게 약간 90cm보다 길게(약 93cm) 연결한다.



4) 고정봉 높이를 고정하고, 무거운 추를 볼펜에 걸친다. 가벼운 추를 수평으로 잡아당겨 무거운 추와 고정봉 가벼운 추가 ㄱ(기역)자 모양이 되게 한다.

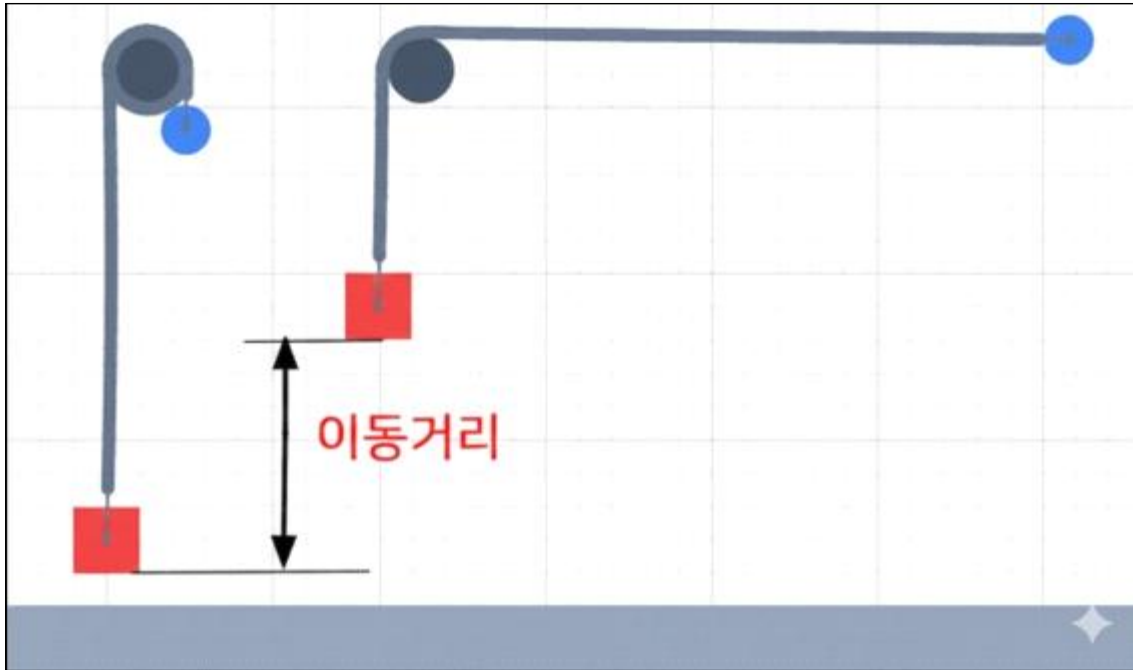


5) 고정봉에서 가벼운 추까지 줄의 길이가 90cm 가 되게 하고 가벼운 추를 놓아 무거운 추를 떨어뜨린다. 떨어지다 멈추면 무거운 추가 떨어진 길이를 측정한다. (3회 이상 반복 측정하여 평균을 구한다.)

6) 고정봉에서 가벼운 추까지 거리를 10cm씩 줄여 가면서 실험을 반복한다.

무거운 추를 10cm 아래로 늘어뜨려 가벼운 추의 줄의 길이가 80cm 가 되게 한다.

- 고정봉에서 가벼운 추의 길이를 80cm로 했다면 이미 무거운 추가 10cm 늘어진 상태이기 때문에 무거운 추의 낙하 거리는 고정봉에서 무거운 추까지의 거리에서 10cm를 빼 주어야 한다.



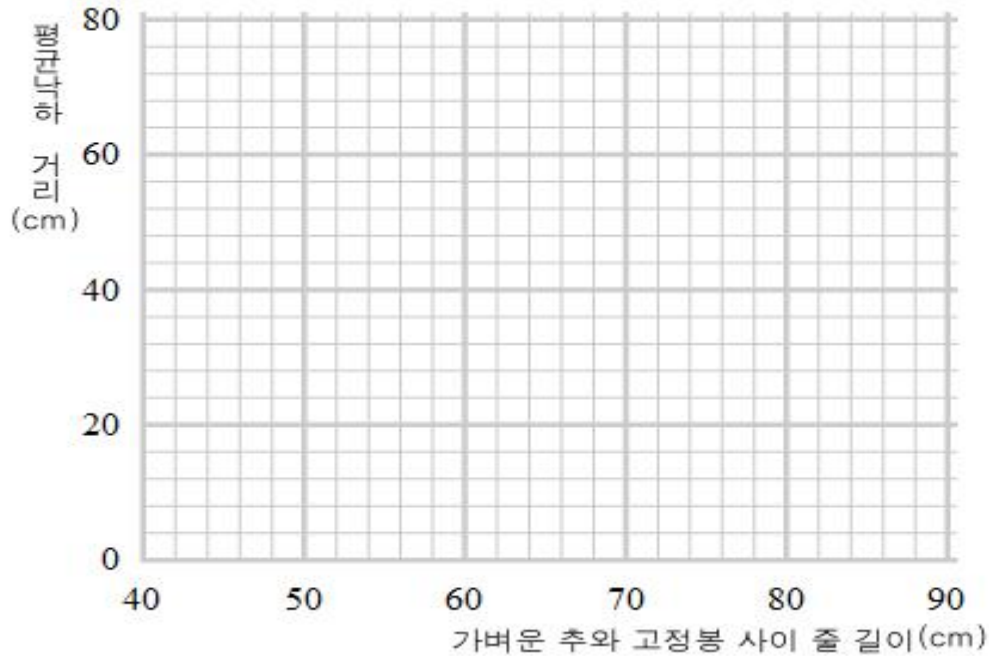
- 시간이 충분하다면 무거운 추(더블집게)의 위치를 83cm(3cm는 여유 길이) 로 그 다음은 73cm로 옮겨서 전체 실의 길이를 짧게 줄여가면서 실험해도 좋다.

5. 실험 정리

1) 줄의 길이에 따른 이동 거리를 3회 반복하여 평균 이동 거리를 구한다.

줄의 길이	이동 거리			평균 이동 거리
	1회	2회	3회	
90				
80				
70				
60				
50				
40				

2) 줄의 길이에 따른 평균 이동 거리를 그래프로 나타내 보자.



6. 탐구 응용

자신들이 구해낸 측정값과 그래프를 가지고 재미있는 시합을 하면, 실험을 더 의미 있는 활동으로 만들 수 있고, 학생들에게 더 정확하게 측정하고자 노력하게 할 수 있다.

시합 1: 정해진 줄의 길이만큼만 떨어지게 하기(간단한 실험)

선생님이 측석에서 무거운 추가 이동할 거리를 정해 주고, 그 값에 가장 근접하게 이동시키는 모둠이 승리하는 게임이다. 미리 연습할 시간을 주는 것보다는 자신들이 측정한 데이터를 이용해서 한 번에 도전하게 하는 것이 좋다.

첫 번째 시합이 끝나고 다음 시합을 하기 전에, 다시 정비할 시간을 충분히 주는 것이 중요하다. 그러면, 학생들은 측정값과 그래프를 더 정교하게 만들기 위해 다시 실험하게 할 수 있다. 학생들에게 변인 통제의 중요성을 각인시킬 수 있다.

볼펜을 흔들리지 않게 하는 방법, 볼펜의 어떤 부위로 줄이 이동해야 하는지, 줄의 수평 상태를 어떻게 맞출 것인지 등등 사소한 부분까지 신경 써 가며 실험하게 할 수 있다.

응용 1 : 고정봉(볼펜)의 높이를 정해 주고, 줄의 길이를 조절해서 충돌 직전에 멈추게 하기.

볼펜의 높이를 고정시키고 무거운 추를 볼펜에 바짝 붙이게 한 다음 떨어뜨리게 한다. 떨어지는 무거운 추가 바닥에 충돌하지 않고 가장 가까이 접근한 모둠이 승리. 이걸 첫 번째 시합과는 달리 무거운 추와 가벼운 추의 줄의 길이를 조절해야 한다. 무거운 추의 위치를 옮겨서 원하는 줄의 길이가 되게 한 다음, 무거운 추를 볼펜과 접촉한 상태에서 떨어뜨려야 하기 때문이다. 예를 들어 볼펜의 높이를 40cm로 정해 주면, 자신들이 측정한 데이터와 그래프를 이용하여 줄의 길이를 적당히 조절한 다음 시합에 참여하면 된다. 바닥에 충돌하지 않는 게 목표이기 때문에 단순히 줄의 길이만 따지면 안 된다. 무거운 추의 높이도 따져야 하므로 난이도가 높다.

응용 2 : 줄의 길이를 정해 주고, 볼펜의 높이를 자신의 마음대로 정하게 한 다음. 충돌 직전 멈추게 하기.

예를 들어 줄의 길이를 50cm로 정해 주면 자신들이 측정한 데이터를 이용해서 고정봉의 높이를 정하고 떨어뜨려서 무거운 추가 충돌하기 직전에 멈추게 하면 된다. 위 시합들과 같지만, 줄의 길이를 정해 준다는 것만 다르다.

7. 추가실험

사실 이 실험은 조작 변인을 여러 가지로 바꿔 가며 실험할 수 있으므로 다양한 실험으로 응용할 수 있다. 기회가 된다면 다른 조작 변인을 이용해서 탐구해 보게 할 수 있다.

추가로 해 볼 수 있는 조작 변인에는

- 1) 고정봉의 마찰력을 변화시켜 가면서 실험해 볼 수 있다.
 - 고정봉을 다른 것으로 바꾸거나, 줄을 다른 줄을 사용해도 마찰력이 변한다. 필요하다면 고정봉에 비닐 테이프나 고무를 붙여서 실험해 볼 수 있다.
- 2) 무거운 추와 가벼운 추의 질량비를 바꿔 가며 실험해 볼 수 있다.
 - 무거운 추와 가벼운 추의 질량비가 1:1로 같다면 이동 자체를 하지 않을 것이다. 무거운 추의 질량을 조금씩 늘려가면서 실험해 볼 수 있다.
- 3) 고정봉의 두께를 변화시켜 가면서 실험해 볼 수 있다.
 - 고정봉의 두께가 더 넓어지면 또는 더 좁아지면 어떻게 될지 실험해 볼 수 있다.

8. 과학적 원리

- 1) 단순하게 생각하면 도르래처럼 한쪽에 무거운 추가 중력에 의해 아래로 내려가면 반대쪽 가벼운 추가 위로 올라가게 된다. 그리고 무거운 추는 바닥에 떨어지게 되는 현상이다. (중력)
- 2) 그런데 가벼운 추를 수평으로 들어 올렸다 놓으면 무거운 추가 떨어지는 동안 가벼운 추는 좌우로 진자 운동을 하게 된다. (진자운동)
- 3) 그리고 가벼운 추의 위치에너지는 운동에너지로 바뀌게 된다. (역학적 에너지 보존 법칙)
- 4) 무거운 추가 내려갈수록 가벼운 추와 고정봉 사이 줄의 길이는 짧아지게 된다. 그럼, 진자의 주기는 짧아지고 속력은 빨라지게 된다. 그러다 어느 시점이 되면 가벼운 추의 속력이 충분히 빨라지게 되고, 결국 고정봉을 중심으로 줄이 회전하면서 고정봉에 줄이 감기게 된다. (각운동량 법칙)
- 5) 줄이 봉에 감기면 감길수록 줄과 봉의 마찰력은 기하급수적으로 늘어난다. 봉에 5번 정도만 줄을 감아도 30만 배에 달하는 무게 차이도 버틸 수 있게 된다. (마찰력)
- 6) 마찰력이 무거운 추의 중력을 버틸 수 있게 되면 더 이상 무거운 추는 떨어지지 않고 멈추게 된다. (힘의 평형)

훨씬 더 복잡한 요소들이 다양하게 작용하지만, 현상만 놓고 본다면 저학년 학생들도 충분히 탐구할 수 있는 내용이다.

7) 원래 공식은 훨씬 복잡하지만 단순하게 표현하면 아래와 같이 표현할 수 있다.

$r_1 = \frac{2}{3}r_0\sqrt{\frac{m}{M}}$	r_1 (무거운 추 이동 거리) r_0 (가벼운 추와 고정봉 사이 줄의 길이) m (작은 추 질량) M (무거운 추 질량)
--	---

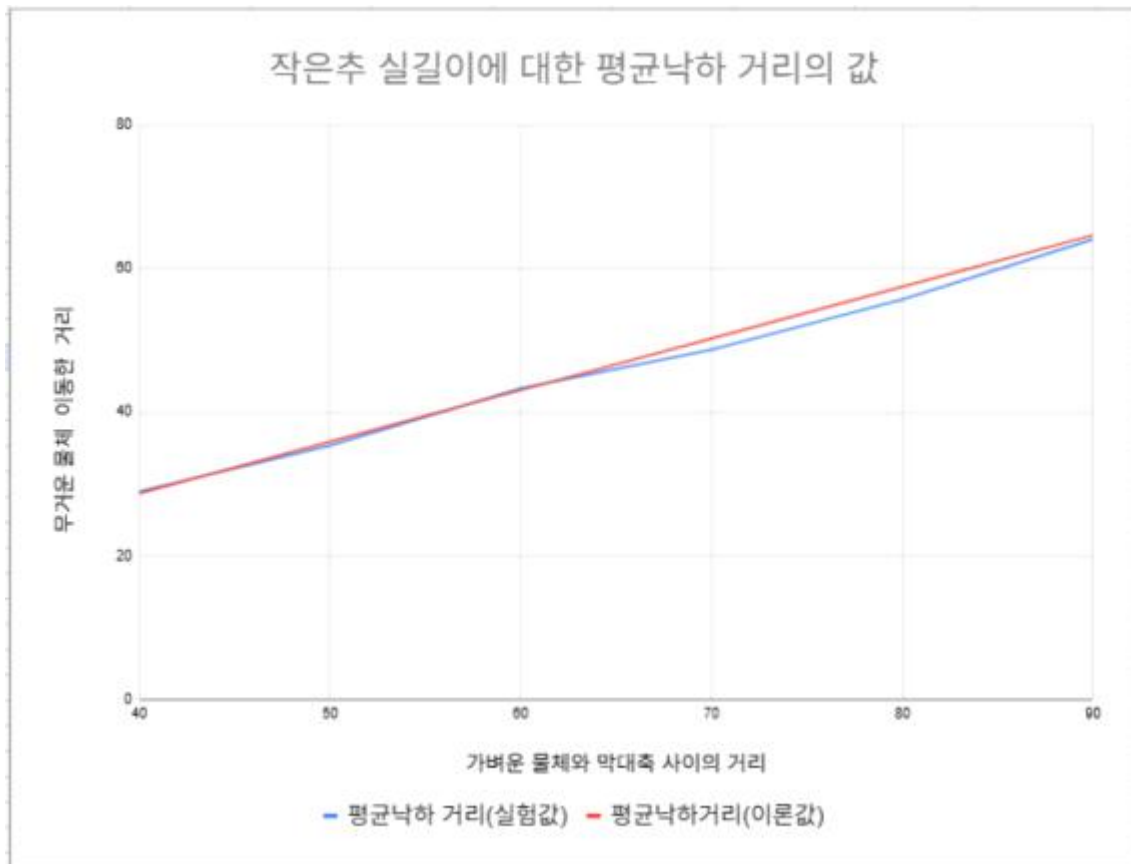
- 공식에서 가벼운 추와 고정봉 사이 줄의 길이와 무거운 추의 이동 거리가 비례한다는 것을 알 수 있다. 그래서 그래프를 그려 보면 거의 비례 그래프가 된다.

9. 실험 결과

무거운 추와 가벼운 추 (질량비 약 16.7배)

가벼운추 실길이	낙하거리1	낙하거리2	낙하거리3	평균낙하 거리	이론값
90	63	65	64	64.0	64.6
80	56	55	56	55.7	57.4
70	48	48	50	48.7	50.2
60	42	43	45	43.3	43.1
50	35	36	35	35.3	35.9
40	30	28	29	29.0	28.7

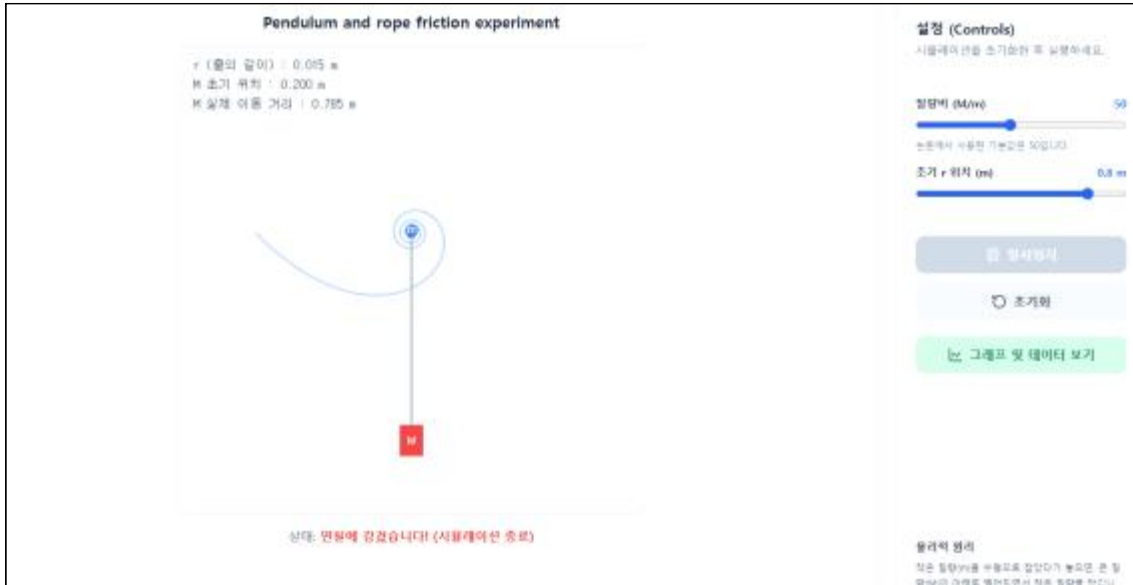
그래프



10. 가상 실험

실제 실험 결과와 차이가 있을 수 있다. 그냥 참고용으로만 사용하자. 실제 현상은 훨씬 복잡하므로 정확하게 반영하기는 어렵다.

<https://science1.cafe24.com/html5/sci2/drop.html>



줄의 길이를 변화시켜 가며 무거운 추의 이동거리를 확인해 보자.

11. 그 밖에 창의력을 키우는 탐구 실험 모음

- 가. 칭찬해준 양파가 잘 자라는가?
- 나. 주전자 끓는 시간 탐구를 통해 생활문제 해결하기
- 다. 물병 세우기 실험
- 라. 삶은 계란과 날계란 중에 어떤 것이 먼저 굴러가는가?
- 마. 던져 올린 자석에서 일어나는 현상
- 바. 다 쓴 건전지와 새 건전지를 구분하는 방법
- 사. 분다는 것에 대한 근본적인 질문
- 아. 렌티큘러 렌즈를 이용한 상 만들기 실험

<참고문헌>

<https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-abstract/59/10/951/1043901/A-surprising-mechanics-demonstration?redirectedFrom=fulltext>

<https://www.scienceworld.ca/resource/drop-doom-inquiry/>

<https://sciencelove.com>