

출품번호

과학전시관에서 기재함

제64회 서울과학전람회 예선대회 탐구보고서

최고 성능의 공기를 찾아서

2022. 9. 5.

구분	학생부
출품부문	물리

1. 작품연구의 동기 및 목적

학교 교실에서 친구들과 쉬는 시간에 공기놀이를 자주 한다. 그런데 공기를 잘하는 친구들이 가진 공기와 내가 가진 공기를 비교해 보면 공기 무게나 내용물이 서로 다르다. 잘하는 친구들의 공기를 볼 때마다 어떤 공기가 성능이 좋은지 궁금했다. 내 공기는 던지면 손등에서 쉽게 떨어지거나 멀리 펴져 나가서 학급 공기놀이 토너먼트 경기에서 일찍 탈락할 때가 많았다. 그래서 성능 좋은 공기를 만들고 싶어서 탐구를 시작했다.

2. 선행연구 고찰

공기에 관한 학술 자료 검색 결과, 공기놀이가 교육과정에서 아이들에게 미치는 정서적 또는 교육적 영향 등이나 공기놀이 문화 콘텐츠에 관한 연구는 있지만, 공기 자체 성능에 관련된 실험이나 연구 자료는 없었다. 그리고 과학전람회 사이트 검색 결과 공기와 관련된 작품이 없었으므로, 연구해 볼 의미가 있다고 생각했다.

3. 연구 절차 및 방법

공기의 모양과 크기가 같을 때 공기 속을 어떤 내용물로 채웠을 때 가장 다루기 좋은 공기를 만들 수 있을까에 대한 궁금점을 해결하기 위해 공기 속 내용물에 따른 공기의 성능을 비교해서 좋은 공기가 가져야 하는 조건에 관해 탐구하기로 했다. 공기 내용물의 입자의 크기를 다르게 하여 공기를 제작하였고, 아래와 같은 실험을 하였다.

- (실험 1) 종류별 공기를 손등으로 던져 올려서 손등 위에 올려진 공기의 개수 평균 계산
- (실험 2) 일정한 높이에서 공기를 떨어뜨려서 바닥에 튕겨서 나간 거리의 평균 계산
- (실험 3) 같은 종류의 공기세트를 병에 넣고 여러 각도에서 굴려 굴러간 거리의 평균 계산

4. 작품의 내용

공기의 모양과 크기가 같을 때 그 안을 어떤 내용물로 채웠을 때 가장 좋은 결과를 내는지 탐구하기 위해 공기에 들어가는 내용물을 다르게 하여 3가지 종류의 공기들을 만들었다. 실험 조건을 유지하기 위해서 공기의 외피는 같게 하고 같은 실험자들이 테스트에 참여하였다.

4-1. 공기의 종류

문제를 단순하게 만들기 위해서 공기의 외피는 시중에 판매하는 공기의 외피를 그대로 사용하기로 하였다.



그림 1: 공기 외피

공기의 내용물은 주위에서 쉽게 구할 수 있는 것을 사용하여 공기를 만들기로 했다.

주변에서 가장 구하기 쉬운 모래를 사용해서 공기 내용물을 만들어 보았다. 이때 모래 입자의 크기를 다르게 했을 때 공기의 성능에 어떤 차이를 나타내는지를 조사하기로 했다.



그림 2: 다양한 크기의 모래알.

왼쪽부터 고운 모래, 좁쌀 크기의 모래, 쌀알 크기의 모래 이렇게 3종류의 내용물로 공기를 만들었다. 종류별로 각각 5개의 공기를 만들어서 실험에 사용하였다.

이때 주방용 정밀 전자저울을 사용해서 각 공기에 들어가는 내용물의 무게를 1g으로 같게 하였다.

표 1: 공기 종류

	<가>타입	<나>타입	<다>타입
공기 무게 (g)	1.6	1.6	1.6
용기 무게 (g)	0.6	0.6	0.6
모래 무게 (g)	1.0	1.0	1.0
모래 낱알 평균 개수 (개)	11900.0	82.0	19.0
모래 낱알 평균 무게 (g)	0.00008	0.01220	0.05263

고운 모래알의 개수를 어림하기 위해서 아래의 방법을 사용하였다.

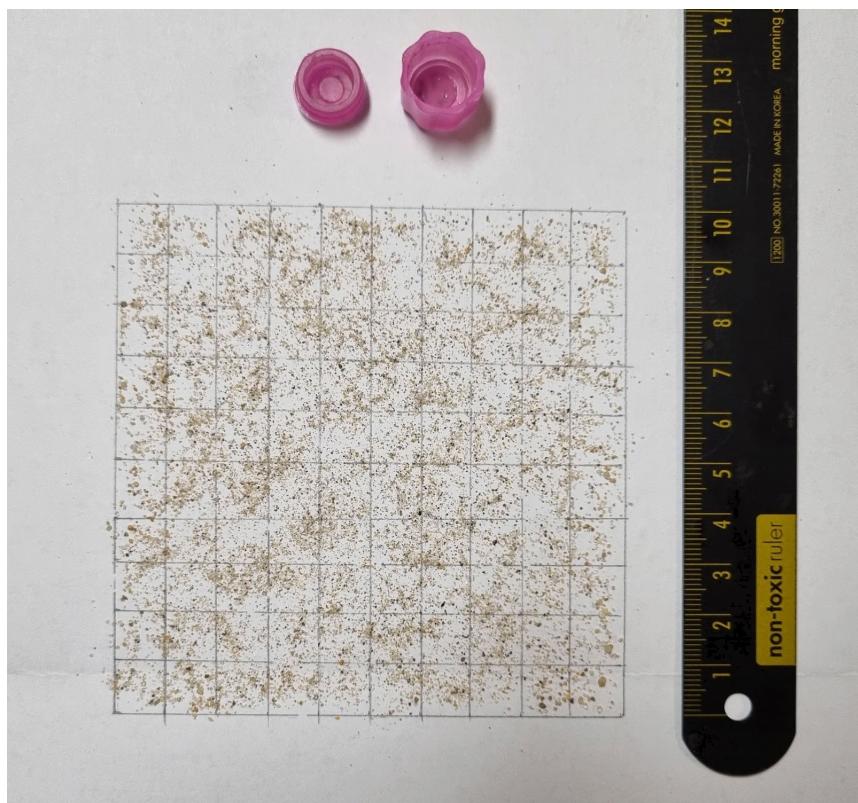


그림 3: 고운 모래알 개수 어림하기

고운 모래알 개수 어림하기 절차:

- 종이 위에 가로, 세로 각각 10cm인 격자무늬를 그린다.
- 모래를 격자 위에 최대한 골고루 편다.
- 무작위로 몇 개의 격자를 선택해서 그 속의 모래알 개수를 세어서 평균을 구한다.
- 구해진 값에 격자의 개수인 100을 곱해서 전체 모래알의 개수에 대한 어림값을 구한다.

4-2 공기의 성능 비교

공기의 성능을 비교하기 위해서 준비된 3종류의 공기에 대해서 다음의 실험을 해 보았다.



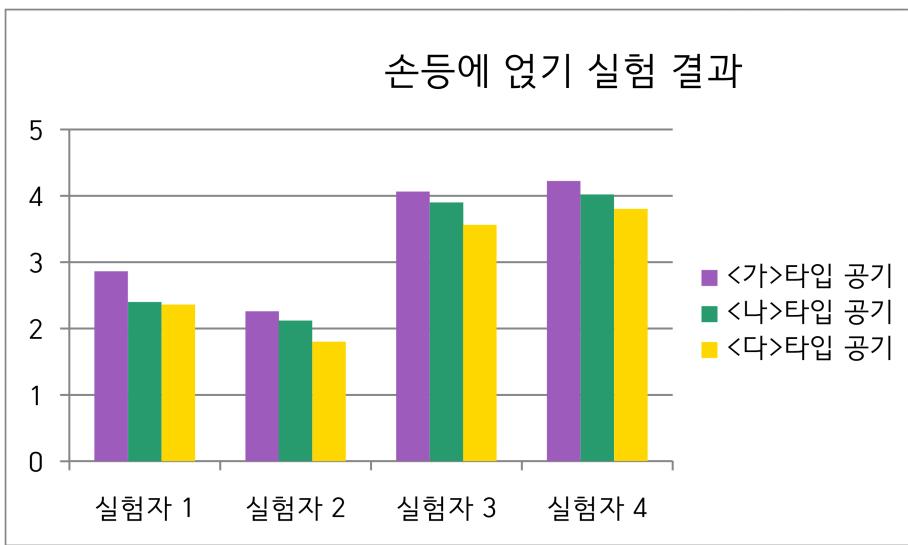
그림 4: 공기 손등에 얹기

실험 1의 실험 절차:

1. 같은 종류의 공기 5개를 던져서 최대한 많은 공기를 손등에 얹도록 시도한다.
2. 1회 시도에서 실제로 손등에 얹힌 공기의 수를 기록한다.
3. 1~2의 과정을 한 실험자에 대해서 50회 반복한다.
4. 3종류의 공기로 서로 다른 4명의 실험자에 대해서 1~3의 과정을 각각 반복한다.

표 2: 실험 1의 결과

	<가>타입 공기	<나>타입 공기	<다>타입 공기
실험자 1	2.86	2.4	2.36
실험자 2	2.26	2.12	1.8
실험자 3	4.06	3.9	3.56
실험자 4	4.22	4.02	3.8



그래프 1 : 실험 1의 결과 그래프

실험 결과 모든 실험자에 대해서 같은 결과를 얻을 수 있었다:

- 공기에 들어있는 알갱이의 크기가 작고 개수가 많을수록 좋은 성능을 나타내었다.

4- 3 공기의 개별적인 성질 비교

종류별 공기의 개별적인 성질을 비교하기 위해서 2번째 실험을 해 보기로 했다.

앞의 실험 1의 결과에 따라서 모래알의 굵기가 고을 수록 움직임이 둔해지므로 손등에서 떨어지는 공기의 개수가 줄어들 것이라고 예상해 보았다. 예상한 것을 실험으로 확인하기 위해서 공기를 일정한 높이에서 떨어뜨려서 굴러가는 거리를 측정해보기로 했다.

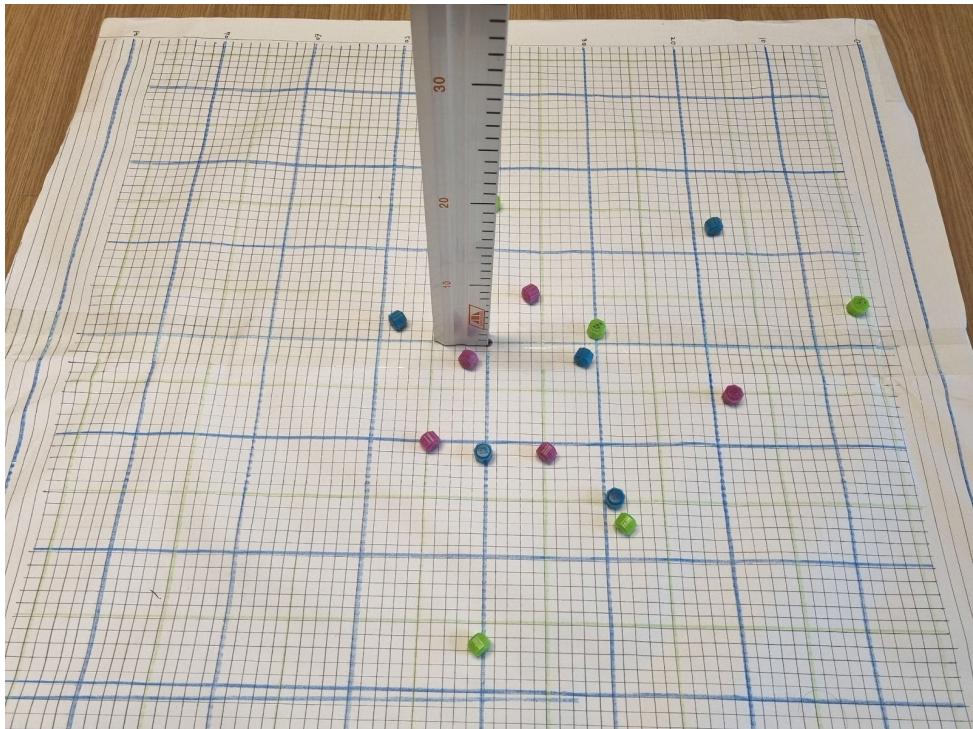


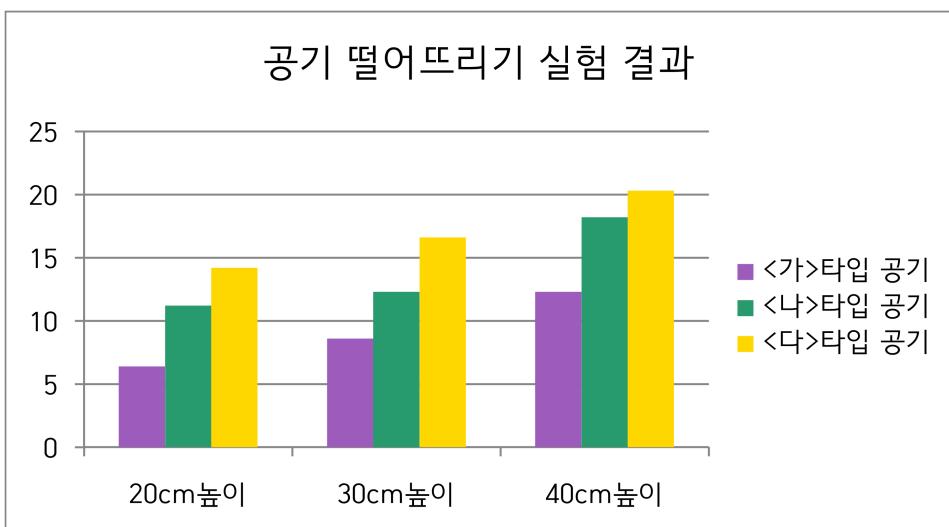
그림 5: 공기를 떨어뜨려 굴러간 거리 계산

실험 2의 실험 절차:

1. 공기를 일정한 높이에서 모눈종이 위로 떨어뜨린다.
2. 떨어진 충격으로 굴러간 공기가 멈추면 처음 떨어진 중심으로부터 멈춘 위치까지의 가로세로 좌표를 기록한다.
3. 같은 높이에 대해서 1~2의 과정을 50회 반복한다.
4. 3종류의 공기와 서로 다른 3가지의 높이에 대해서 각각 1~3의 과정을 반복한다.

표 3: 실험 2의 결과

	<가>타입 공기	<나>타입 공기	<다>타입 공기
20cm높이	6.4	11.2	14.2
30cm높이	8.6	12.3	16.6
40cm높이	12.3	18.2	20.3



그래프 2: 실험 2의 결과 그래프

실험 결과 사용된 모래알이 고을 수록 이동한 거리가 짧다는 결과를 관찰할 수 있었다. 이 결과는 실험에 사용된 3가지의 서로 다른 높이에 대해서도 같은 결과가 나왔다. 따라서 고운 모래를 사용할수록 공기의 움직임이 둔해질 것이라는 예상과 일치하는 결과를 얻을 수 있었다.

4-4 공기세트의 성질 비교

종류별 공기의 집단적인 성질을 비교하기 위해서 3번째 실험을 해 보았다.

실험 2의 결과를 참고해서 여러 개의 공기를 굴렸을 때 모래알의 굵기가 고을 수록 움직임이 둔해질 거라는 예상을 해 보았다.

이 예상을 실험적으로 확인하기 위해서 플라스틱병에 여러 개의 공기를 넣고 경사면에서 굴려서 멈추기까지 굴러간 거리를 측정해보았다.

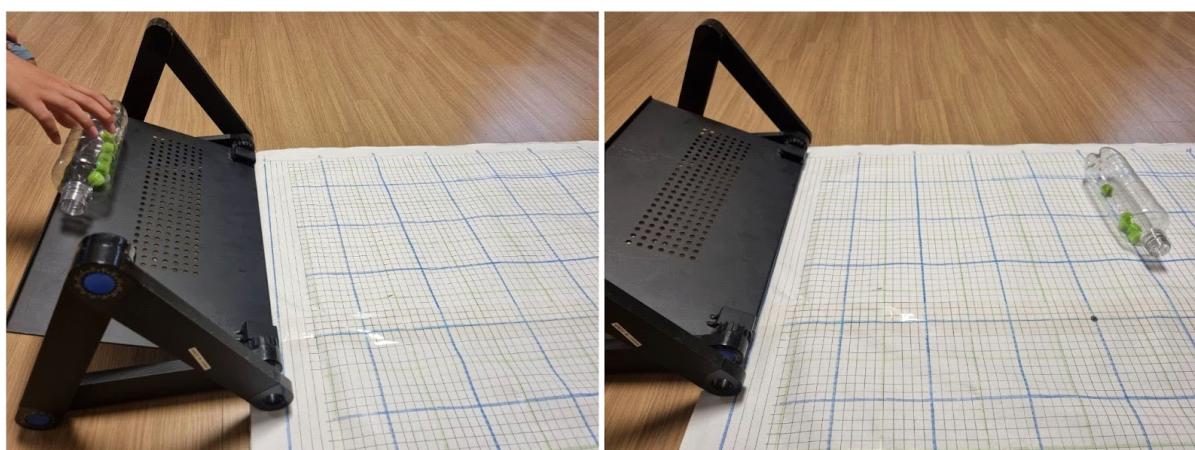


그림 6: 공기세트 굴리기 실험

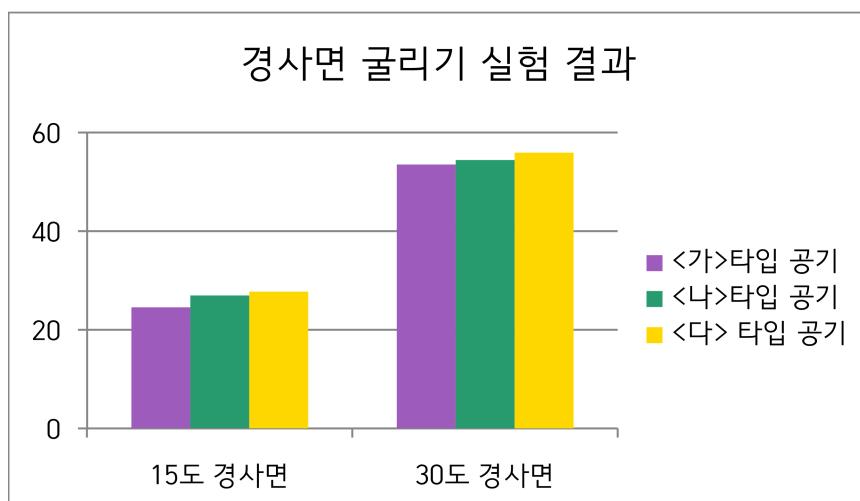
실험 3의 실험 절차:

- 원기둥 모양의 플라스틱병에 같은 종류의 공기를 5개 넣은 다음 모눈종이가 그려진 평평한 바닥과 연결된 일정한 각도의 경사면에서 굴린다.
- 플라스틱병이 멈출 때까지 기다렸다가 평평한 바닥 면을 굴러간 거리를 기록한다.
- 1~2의 과정을 50회 반복한다.
- 3종류의 공기와 서로 다른 경사면의 각도에 대해서 각각 1~3의 과정을 반복한다.

이때 사용한 경사면의 길이는 약 26cm였다.

표 4: 실험 3의 결과

	<가>타입 공기	<나>타입 공기	<다>타입 공기
15도 경사면	24.5	26.9	27.7
30도 경사면	53.5	54.4	55.9



그래프 3: 실험 3의 결과 그래프

실험 결과 사용된 모래알이 고을 수록 굴러간 거리가 짧다는 결과를 관찰할 수 있었다.

이 결과는 실험에 사용된 2가지의 서로 다른 경사면의 각도에 대해서 같은 결과가 나왔다.

따라서 고운 모래를 사용할수록 공기들의 움직임이 둔해질 것이라는 예상과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

4-5 공기의 성능에 대한 물리학적 해석

공기가 공중으로 던져졌다가 손등이나 바닥에 떨어져 움직이다가 멈추는 현상은 아래와 같은 과정을 거친다고 설명할 수 있다.

- 공기가 공중으로 던져졌다가 손등이나 바닥에 떨어지게 되면 손등이나 바닥에 부딪히기 직전에 가장 큰 운동에너지를 가지게 된다.
- 공기는 손등이나 바닥에 부딪힘과 동시에 운동에너지가 일부는 수평 방향의 운동에너زي로 바뀌게 된다.
- 시간이 지남에 따라 모든 운동에너지가 소리나 열에너지로 바뀌게 되고 운동에너지가 0이 되면 멈추게 된다.

표 5: 던져진 공기의 에너지 변환 과정

순간	부딪히기 직전	부딪힌 직후	멈춘 직후
수직 운동에너지	최대	중간	최소
수평 운동에너지	최소	최대	최소
소리 / 열에너지	최소	중간	최대

에너지 보존법칙에 따라 처음의 운동에너지는 모두 마찰에 의해서 소리나 열에너지로 바뀌게 되는 것을 알 수 있다.

$$\text{수직 방향 운동에너지} = \text{수평 방향 운동에너지} + \text{회전 운동에너지} + \text{소리/열에너지}$$

운동에너지가 소리나 열에너지로 바뀌는 속도가 빠를수록 공기가 이동한 거리가 짧아진다. 따라서 이동 거리가 짧은 공기는 반대로 운동에너지가 소리나 열에너지로 바뀌는 속도가 빠름을 알 수 있다.

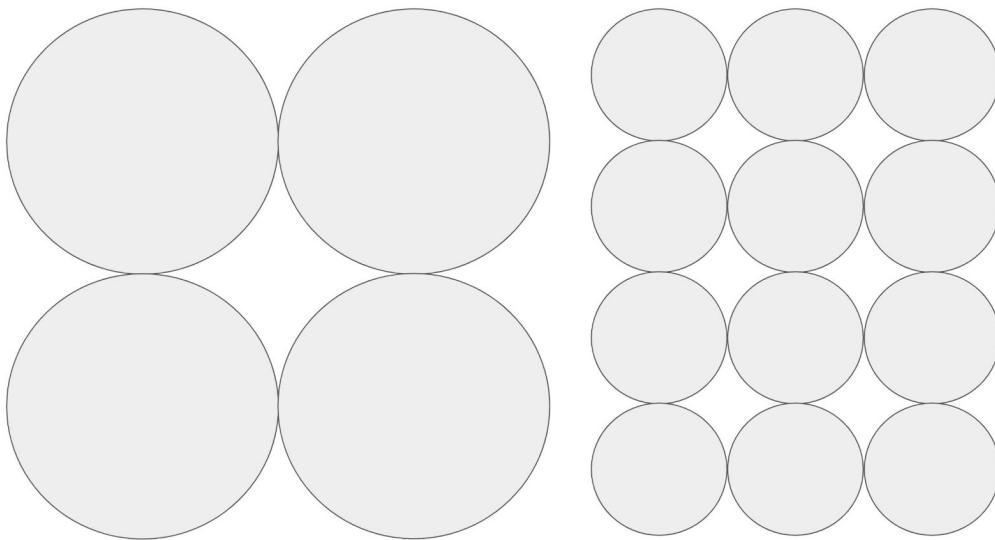


그림 7: 모래알의 크기에 따른 접촉면 크기 비교 (2차원인 경우)

고운 모래알을 사용할수록 운동에너지가 소리나 열에너지로 바뀌는 속도가 빨라지는 이유는 모래알이 가지는 마찰이 크다는 의미이고 마찰이 크다는 것은 아래와 같이 설명할 수 있다.

- 공기 속의 모래알 개수가 많을수록 모래알들이 서로 만나는 면적이 넓어짐을 알 수 있다.
- 예를 들어 모래알이 완전한 구 형태라고 가정하면 모래알 하나당 대략 6개의 접촉점을 가지게 되고 모래알의 개수가 늘어나면 접촉점의 개수도 늘어나게 된다.
- 따라서 모래알의 크기가 작을수록 서로 접촉하는 점의 개수, 다른 말로 전체적인 접촉면이 늘어나게 되어 마찰이 커진다고 설명할 수 있다.

5. 결론

공기 속에 채워진 입자의 크기가 공기놀이를 했을 때의 결과에 중요한 영향을 미친다는 사실을 발견하였다. 다시 말해 공기 속에 채워진 입자의 크기가 작을수록 좋은 결과를 나타낸다는 것을 실험적으로 확인하였다(실험 1). 더욱 정밀한 비교를 위해서 공기를 개별적으로 모눈종이 위에 떨어뜨려서 굴러가는 거리를 측정하는 실험 (실험 2)와 공기 여러 개를 플라스틱병에 담아 경사면을 굴려서 굴러가는 거리를 측정하는 실험(실험 3)을 하였고, 두 실험에서 모두 고운 입자의 모래를 사용할수록 굴러가는 거리가 짧아진다는 것을 관찰할 수 있었다. 실험 결과를 정리해보면 성능 좋은 공기를 만들기 위해서는 입자가 고운 알갱이를 사용해서 공기를 만들면 된다는 것을 알 수 있다.

이러한 현상을 설명하기 위해서 물리학의 에너지 보존법칙과 에너지 변환과 관련된 이론들을 찾아보았다. 던져진 공기의 운동에너지는 소리/열에너지로 바뀌게 되면서 멈추게 되는데 이때 변환 속도가 빠를수록 굴러가는 거리가 짧아지게 된다. 고운 입자를 사용할수록 소리/열에너지

변환 속도가 빨라지는 이유는 입자들이 서로 접하는 접촉 면적이 넓어지기 때문이라고 설명할 수 있다. 본 연구 다음으로 액체 상태의 내용물을 사용하거나 비중이 서로 다른 내용물을 사용해본다든지 하는 더 넓은 범위에서 적용될 수 있는 '좋은 공기의 조건'을 찾는 연구를 진행할 필요가 있다고 본다.

6. 전망 및 활용성

요즈음에는 친구들이 신체 활동 놀이 보다는 컴퓨터나 휴대전화 게임을 많이 하는 것 같다. 이런 게임을 시작하면 자꾸 빠져들어 그만 내려놓기가 어렵고, 눈도 나빠지게 된다. 그리고 혼자 오랫동안 게임에 빠지게 되는 것 같다. 하지만 공기놀이는 공기를 던져 올려 하나씩 잡을 때마다 공기 속 내용물이 흔들려 찰랑거리는 느낌이 경쾌하고 즐거워서 친구들과 재미있게 할 수 있는 놀이인 것 같다. 특히 성능 좋은 공기의 과학적 의미를 이번 실험을 통해 알게 되어 친구들과 성능 좋은 공기 만들기 대결도 해 보면 더 재미있을 것 같다.

또 요즈음에는 중국에서 제조된 품질이 좋지 않은 저가의 공기가 많이 유통되고 있다. 품질이 좋지 않아서 몇 번 공기놀이하다 보면 공기 속 내부 충전 금속들이 흘러나오기도 한다. 좋은 공기의 무게, 입자의 크기, 내용물 등의 특징을 더 연구해서 성능 좋은 공기를 제작하는 기술을 연구하여 기술 특허를 등록해 볼 수도 있을 것 같다. 또한 국내 공기 제조 업체에 공기의 내용물의 입자가 작으면 공기의 성능이 좋아진다는 것을 실험한 본 내용을 공유해서 마케팅 자료로 제안해 볼 수도 있을 것 같다.

참고문헌

- 운동에너지

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%9A%B4%EB%8F%99_%EC%97%90%EB%84%88%EC%A7%80

- 열에너지

<https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%97%B4%EC%97%90%EB%84%88%EC%A7%80>

- 마찰열 <https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A7%88%EC%B0%B0%EC%97%B4>

- 에너지 보존 법칙

https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%97%90%EB%84%88%EC%A7%80_%EB%B3%B4%EC%A1%B4_%EB%B2%95%EC%B9%99

- 보고서 쓰기 참고서:상상 아카데미 출판사 <과학 탐구보고서 소논문 쓰기>

실험 결과 데이터 아카이브

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1tpJT4uSKxLdZ_rllrX_UU048mZ_iOwZCTtWd83n8W3o/edit?usp=sharing

도움받은 사람

- 실험 재료 구매 및 실험자 1, 2 : 부모님
- 보고서 검토: 서울 삼일초등학교 지도교사