

로켓

중 앙



본 자료는

미항공우주국(NASA)의 항공우주과학교육교재를 토대로 새롭게 구성한 과학교육자료로 초/중등 교육자가 청소년들에게 과학 교육을 위해 활용할 수 있도록 제작되었습니다.

※ 본 교육자료의 저작권은 교육과학기술부, 한국항공우주연구원에 있으며 비상업적인 교육 목적에 한하여 사용 가능합니다.

발 행 일 | 2011.7

발 행 | 교육과학기술부, 한국항공우주연구원

기 획 | 이규수, 옥수현, 임영미

(한국항공우주연구원 홍보협력실)

원고작성 | 이용복 (서울교육대학교 과학교육과 교수)

조영주 (서울 경복고등학교 교사)

원고감수 | 조미옥 (한국항공우주연구원 선임연구원)

Rocket

로켓

목 차

로켓의 원리

로켓은 어떻게 운동할까	03
뉴턴자동차	11
음료수 캔으로 만드는 엔진	17
로켓의 역사	25
3-2-1 발사!	43

준비 단계

로켓 운동-무게 들어올리기	49
풍선으로 만드는 다단로켓	55
원뿔형 기수 전문가	63
로켓 안정판 전문가	71
로켓 안정성 확인하기	79
로켓 고도 측정	85
낙하산 면적과 낙하시간	91
감속 낙하산을 단 우주왕복선	97
낙하산을 탄 달걀	103
달걀 착륙선 만들기	109

로켓 제작

종이로켓	115
빨대로켓	125
폼로켓	131
물로켓	139
팝로켓 발사기	145
팝로켓 만들기	149
고성능 종이로켓	157

로켓은 어떻게 운동할까?



로켓이 발사되어 날아가는 동안 로켓에 작용하는 힘과 운동의 관계에 대하여 학습한다. 운동의 원리를 배우는 동안 학생들은 물체의 속력과 운동방향을 변화시키려면 무엇이 필요한가를 생각하고 로켓의 발사 원리와 비행과정에 대하여 탐구한다.



탐구목적

로켓과 관련지어 뉴턴의 운동법칙을 이해한다.

- 관련 개념 : 관성, 힘과 질량 및 가속도의 관계, 작용과 반작용
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 2명



재료와 도구

- 필름통 - 뚜껑이 달린 반투명 플라스틱 제품
- 물에 넣으면 거품을 일으키는 약제 - 제산제, 톨니세정제 등
- 물 약간



탐구안내

(1) 도입

로켓을 탐구하기 위해 기본적으로 알아야 할 과학 원리에 대한 학습을 안내한다. 학생들의 흥미를 유발하기 위해 로켓 발사 장면이 담긴 영상자료를 보여주거나 사진, 로켓을 주요 내용으로 하는 신문기사 등을 프로젝터를 통해 소개하는 것도 좋다. (5분)

(2) 전개

① 학생들에게 읽기 자료를 배부하고 내용을 충분히 이해하면서 읽도록 지시한다. (10분)

② 필름통 발사하기 (교사 대표실험)

- 읽은 내용에 대한 설명을 먼저 할 수도 있고 대표실험을 통해 내용을 정리할 수도 있다.

학생들의 수준과 상황에 따라 적절히 수업한다. 반드시 보안경을 착용하고 실험한다.

- 필름통 발사 실험을 시연하면서 학생들이 각 단계별로 상황을 기술하고 해당하는 뉴턴의 운동법칙을 제시한 후 자세히 설명하여야 함을 예고한다. - 단계는 교사가 제시해 주거나 활동지로 배부한다.



• 실험하기 (5분)

ㄱ. 필름통에 물을 2/3 정도 넣고 제산제나 틀니세정제 1 정을 넣자마자 뚜껑을 꼭 닫는다.

ㄴ. 실험대 위에 뚜껑이 바닥으로 오게 뒤집어 세워 두면 잠시 후 필름통이 공중으로 솟아오른다.

이 때 물이 사방으로 튀므로 학생들에게 책이나 옷이 젖지 않게 유의하도록 당부한다.

• 단계 기술하기 (15분)

다음의 각 사건에 대해 구체적으로 기술하고 해당하는 법칙을 제시한 후 상세히 설명하도록 한다.

1. 사건 : 비어 있는 플라스틱 필름통이 실험 테이블 위에 놓여 있다.

서술 : 뚜껑이 닫힌 반투명한 필름통이 테이블 위에 놓여 있다. 이 통안에는 공기 외에 아무것도 들어있지 않다.

법칙 : 뉴턴 제1법칙. 정지 상태의 물체는 외부에서 힘이 작용하지 않으면 계속 정지 상태로 머무르려 한다.

설명 : 필름통은 통에 작용하는 힘이 평형을 이루고 있기 때문에 운동하지 않는다. 필름통에 작용하는 중력은 테이블이 필름통을 떠받치는 힘과 크기가 같다. 따라서 정지된 상태에 머무른다.

2. 사건 : 필름통에 물과 제산제를 넣고 뚜껑을 닫아 테이블 위에 거꾸로 세워 놓는다.

서술 : 필름통 안에서 제산제가 녹으면서 거품을 일으키지만 아직 외부에는 아무런 변화가 없다.

법칙 : 1,2법칙. 물체에 힘이 작용하더라도 중력이나 마찰력 등과 평형을 이루면 물체의 운동상태는 변하지 않는다.

설명 : 거품이 발생하면서 내부 압력이 증가하고 있지만 뚜껑을 밀어내기엔 아직 부족하다. 이 때 물체는 관성에 의해 정지해 있거나 현재의 운동상태를 유지한다.

3. 사건 : 필름통 뚜껑이 벗겨지면서 통이 위로 솟아오른다.

서술 : 플라스틱 필름통 안에서 형성된 기체가 뚜껑을 밀어내고 이 힘으로 필름통이 위로 솟아오른다.

법칙 : 3법칙. 힘이 작용하면 그 힘(작용)과 크기는 같고 방향은 반대인 다른 힘(반작용)이 동시에 존재한다.

설명 : 제산제가 녹으면서 발생한 기체의 압력이 뚜껑이 버틸 수 있는 한계보다 커지면 기체가 뚜껑을 밀어내는 힘(작용)과 크기는 같고 방향은 반대인 힘(반작용)을 받아 운동한다. 이 때 기체는 필름통 안에 갇혀 있으므로 통이 함께 위로 솟아오른다.

4. 사건 : 필름통이 날아오른다.

서술 : 필름통이 날아오르는 동안 속도가 점점 감소한다.

법칙 : 2법칙. 물체에 힘이 작용하면 물체의 속도가 변하며 그 정도는 물체의 질량과 반비례한다.

설명 : 필름통이 날아오르는 동안 중력이 아래 방향으로 계속 작용하므로 필름통의 속도는 감소한다.

※ 생기기 쉬운 오개념

발사된 필름통에 윗방향의 힘이 계속 남아있다고 생각하기 쉽다. 필름통은 뚜껑과 분리되는 순간 윗방향의 힘은 0 이 되고 관성에 의해 움직인다. 또한, 중력에 의해 연직방향으로 움직이는 물체의 가속도는 질량과 관계없이 일정하다는 것을 설명한다.

5. 사건 : 필름통이 상승을 멈추고 다시 지면으로 떨어진다.

서술 : 필름통이 공중에서 잠시 멈춘다. 이후 다시 지면으로 떨어지면서 속도가 점점 증가한다.

법칙 : 2법칙. 물체에 힘이 작용하면 물체의 속도가 변하며 그 정도는 물체의 질량과 반비례한다.

설명 : 운동하는 물체에 운동 방향과 반대 방향의 힘이 계속 작용하면 물체의 속력은 일정한 비율로 감소하다가 0이 되고 그 후 운동방향이 반대로 바뀌면서 속력이 일정한 비율로 증가한다.

6. 사건 : 필름통이 지면에 놓여 있는 것이 발견된다.

서술 : 필름통이 낙하하여 지면(실험 테이블)에 놓여 있다. 통 안에는 공기와 약간의 거품이 묻어 있다.

법칙 : 1법칙. 정지 상태의 물체는 외부에서 힘이 작용하지 않으면 계속 정지 상태로 머무르려 한다.

설명 : 이제 필름통은 지구에 의한 중력과 지면이 떠받치는 힘이 평형을 이루어 움직이지 않는다.



개념 정리하기

① 읽기 자료를 다시 한 번 살펴보게 한다. (5분)

② 뉴턴의 법칙을 학생 자신의 표현으로 설명하고 일상생활 속에서 각각의 예를 찾게 하여 활동지를 완성하게 한다. (10분)





로켓은 어떻게 운동할까?

학년 반 이름

도전과제

3,2,1 발사!!!

요란한 굉음과 함께 뭉게뭉게 구름이 피어오르며 로켓이 발사된다.
거대하고 무거운 로켓을 들어 올려 저 우주로 내보내는 과정에는 어떤 과학적 원리가 숨어 있을까?



들어가기

- 로켓을 발사대에서 들어 올리는 힘은 어디에서 왔을까?
- 로켓의 무게가 1/2 로 가벼워지면 같은 발사 장치를 사용했을 때 어떤 변화가 있을까?



필름통 로켓 발사

읽기 자료를 잘 읽고 선생님의 대표실험을 관찰한 후 제시된 각 단계의 사건에 대한 구체적인 상황과 그 상황에 대한 뉴턴의 운동법칙을 제시하고 자세히 설명해 보자.

사건 1. 비어 있는 플라스틱 필름통이 실험 테이블 위에 놓여 있다.

서술 :

법칙 :

설명 :

사건 2. 필름통에 물과 제산제를 넣고 뚜껑을 닫아 테이블 위에 거꾸로 세워 놓는다.

서술 :

법칙 :

설명 :

사건 3. 필름통 뚜껑이 벗겨지면서 통이 위로 솟아오른다.

서술 :

법칙 :

설명 :

사건 4. 필름통이 날아오른다.

서술 :

법칙 :

설명 :

사건 5. 필름통이 상승을 멈추고 다시 지면으로 떨어진다.

서술 :

법칙 :

설명 :

사건 6. 필름통이 지면에 놓여 있는 것이 발견된다.

서술 :

법칙 :

설명 :



뉴턴의 운동법칙

다시 한 번 읽기 자료를 살펴보고 선생님의 필름통 로켓 발사 실험을 생각하면서 여러분 스스로 뉴턴의 법칙을 설명해 보자. 각 법칙을 기억하는 데 도움이 되는 그림을 그리고 일상생활에서 이 법칙들을 설명하는 데 도움이 되는 사례를 찾아보자.

제1운동법칙	나만의 설명	법칙을 설명하는 데 도움이 되는 그림	일상생활 속의 예
제2운동법칙	나만의 설명	법칙을 설명하는 데 도움이 되는 그림	일상생활 속의 예
제3운동법칙	나만의 설명	법칙을 설명하는 데 도움이 되는 그림	일상생활 속의 예



【읽을 거리】

뉴턴의 운동법칙과 로켓

* 아이작 뉴턴

뉴턴은 1643년 영국에서 태어났다. 원래 직업은 농장을 경작하는 것이었지만 그보다는 복잡한 역학 문제를 풀거나 실험과 기계장치 고안하기를 더 좋아하여 케임브리지대학에 진학하였다. 이 후 같은 대학에서 교수로 재직하며 많은 업적을 남겼다. 그의 첫 번째 저서인 『프린키피아 : 자연철학의 수학적 원리』에 오늘 공부할 운동의 법칙이 자세히 설명되어 있다. 뉴턴은 작위를 수여받은 최초의 과학자이며 매우 겸손한 삶을 살아간 철학자이다.

* 뉴턴의 제1운동법칙

물체에 외부에서 힘이 작용하지 않거나 여러 힘이 작용하고 있어도 그 모든 힘의 합력(알짜힘)이 0이 되면 물체의 운동에 변화가 생기지 않는다. 즉, 물체에 작용하는 알짜힘이 0이면 정지하고 있는 물체는 계속 정지해 있고 운동하고 있는 물체는 빠르기와 방향이 변하지 않고 계속 운동한다.

물체는 외부에서 힘이 작용하지 않는 한 현재의 운동 상태를 계속 유지하려는 성질이 있는데 이러한 물체의 성질을 관성이라고 한다. 뉴턴의 제1운동법칙은 관성이라는 한 단어로 표현된다. 관성(inertia)은 라틴어로 게으름을 뜻한다. (물체는 게을러서 자신이 하고 있는 것을 계속하면서 변화를 싫어한다) 현재 하고 있는 운동을 멈추게 하거나 방향을 바꾸기 위해서는 외부의 힘이 필요하다. 물체가 무거울수록 큰 힘이 필요하다. 따라서 무거울수록 관성이 크다는 것을 알 수 있다.

로켓이 게으르면 유리할까, 불리할까?

로켓이 이미 발사되었다면 게으름 때문에 이미 하고 있는 것을 계속하려고 할 것이므로 유리한 경우이다. 반대로 발사하기 전의 로켓은 멈춘 상태에서 게으름을 피우므로 움직이게 하려면 힘이 필요하다. 로켓의 추진력이 바로 이 힘이다. 로켓은 질량이 너무 커서 관성을 이기기 위한 힘도 크다. 이 단점을 극복하려면 로켓의 질량을 감소시키면 된다. 발사된 로켓의 질량을 단계적으로 감소시키면 로켓은 감소한 질량만큼 덜 게을러지고 또 그 만큼의 추진력을 얻게 된다. 최고의 로켓은 질량이 작고 공기역학적으로 설계되어 운동하고 있는 로켓에 대한 공기 저항을 줄일 수 있어야 한다.

* 뉴턴의 제2운동법칙

로켓의 원래 운동상태를 변화시키려면 관성을 이길 힘이 필요하다. 발사대에 정지해 있는 로켓을 움직이기 위해 추진력을 가한다. 로켓을 더 빠르게 운동시키려면 추진력을 높이거나 질량을

The principle of a rocket

줄이면 된다.

로켓이 발사대를 떠나는 속도가 시간에 대해 증가하는 정도를 가속도라고 한다. 짧은 시간동안 속도가 많이 변할수록 가속도가 크다. 작용한 힘은 로켓의 질량과 가속도의 곱과 같다.

$$F = ma$$

로켓이 발사되고 있는 동안에는 가속도를 극대화해야 하므로 결국 추진력 F 를 극대화해야 한다. 보다 큰 가속도를 얻기 위해 로켓의 질량을 줄이거나 엔진의 추력(추진체를 밀어내는 힘)과 효율을 높인다. 높은 효율은 엔진의 크기, 로켓 노즐의 크기와 형태, 분사장치 등 구성품의 설계 및 연소실 안으로 주입되는 추진제의 압력 등을 조절하여 얻을 수 있다.

저항력은 로켓이 운동하고 있는 동안에만 발생한다. 항력은 로켓의 운동을 방해하는 힘으로 로켓의 속도 제곱에 비례한다.

* 뉴턴의 제3운동법칙

A, B 두 물체 사이에서 A가 B에게 힘(작용)을 가하면 동시에 B도 A에게 같은 크기의 힘(반작용)을 가한다. 손으로 책상을 치면 책상도 같은 힘으로 손을 되받아 치기 때문에 손에 통증이 느껴진다.

발사대에 놓인 로켓이 팽창한 배기가스를 내뿜어 지면을 강하게 밀면 지면도 반작용으로 로켓을 밀어낸다. 이 힘이 로켓의 정지 관성을 이겨내면서 로켓은 이륙할 수 있다. 이러한 원리는 제트기가 활주로를 향해 하강하는 경우에도 동일하게 적용된다. 마치 호수 위에 떠 있는 배를 호숫가로 저어가려면 호수 중앙을 향해 물을 밀어주어야 하는 것과 같다.

배기가스와 같은 추진제를 사용하면 뿜어낸 질량만큼 로켓의 질량은 감소하지만 엔진의 추력은 감소하지 않으므로 로켓을 더 빠르게 밀어낼 수 있다. 따라서 연료가 연소하는 동안 로켓은 계속해서 가속하게 된다.





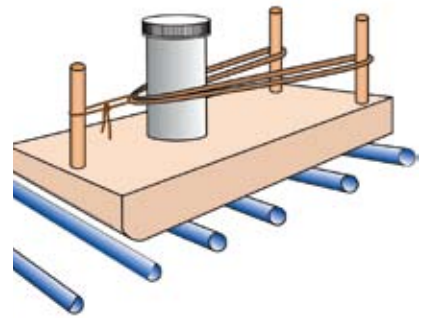
뉴턴 자동차는 뉴턴의 제 2운동 법칙($F=ma$)을 확인할 수 있는 좋은 도구이다. 로켓에서의 힘(F)은 엔진에서 분출되는 가스로 생성된다. 배출되는 가스의 질량과 가스가 엔진에서 분사되는 가속도가 클수록 힘, 즉 추력이 커진다. 이 실험에서 학생들은 자동차에 사용하는 고무줄의 수와 필름통의 질량을 다르게 할 때 자동차가 이동하는 거리를 측정함으로써 뉴턴의 운동 법칙을 체험할 수 있다.



탐구목적

질량과 가속도의 곱으로 정의되는 운동 제2 법칙을 이해한다.

- 관련 개념 : 힘과 가속도
- 준비시간 : 30분 이상(역학용 수레를 사용할 경우 약10분)
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료와 도구

- ① 10×20×2cm 나무 블록(MDF 합판) 1개: 1220×2440×20mm 한 장 가격은 3만원 정도이며 규격대로 미리 잘라서 구입하면 편리하다.
 - ② 직경 5mm, 길이 6cm 정도의 콘크리트 못 3개
 - ③ 지우개가 달리지 않고 각이 지지 않은 둥근 연필 12개
- 필름통, 고무줄 3개, 면실, 라이터, 보안경, 전자저울, 드라이버 등 공구세트, 미터 자, 그래프용지
- ※ 나무 블록을 사용하여 자동차를 만드는 것이 번거롭거나 어린 학생들을 대상으로 하는 경우에는 ①, ②, ③ 대신 역학용 수레를 사용할 수 있다. 역학용 수레는 학교에서 거래하는 과학교재사에 부탁하여 적당한 위치에 구멍을 뚫고 금속 봉이나 길이가 긴 볼트를 너트로 고정하여 사용한다. 역학용 수레는 재질이 알루미늄으로 드릴을 사용하여 비교적 쉽게 구멍을 뚫을 수 있다. 이 때 추를 고정하는 지지대는 제거하여 수레 윗면을 되도록 편평하게 만들어 사용한다.



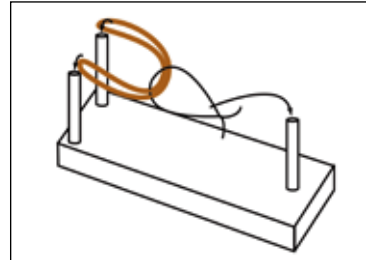
탐구안내

(1) 자동차 만들기

나무 블록을 학생들이 직접 자르면 이 과정을 수행하는데 30분 정도의 시간이 소요된다. 부상의 위험이 있으므로 합판을 구입할 때 미리 규격대로 잘라달라고 하는 것이 좋다. 그림과 같이 나무 블록의 세 곳에 못을 박는다. 고무줄을 걸었을 때 탄성력에 의해 못이 뽑히거나 흔들리지 않도록 수직으로 단단히 박는다. 망치를 사용할 때는 못을 손으로 잡지 않고 펜치나 노우즈플라이어를 이용하도록 한다.



역학용 수레를 사용하는 경우에는 수레의 크기가 나무 블록의 규격보다 작으므로 볼트의 위치를 잘 선정하여야 한다. 고무줄의 탄성을 충분히 받을 수 있고, 필름통이 튕겨 나갈 때 볼트에 부딪히지 않을 만큼 충분히 사이 공간을 확보하도록 한다.



(2) 자동차 발사하기

- ① 길고 편평한 테이블 위나 매끈한 바닥에서 실험한다.
- ② 둥근 연필을 철로에 있는 침목처럼 일정한 간격으로 늘어놓는다.(역학용 수레를 사용할 경우에는 생략한다)
- ③ 자동차에 실로 만든 고리와 고무줄을 건다. 필름통에 물이나 모래, 너트 등을 채우고 질량을 측정한 후 고무줄 사이에 놓는다.
- ④ 자동차를 늘어놓은 연필 위에 놓고 가위로 실 고리를 끊는다. 가위가 자동차의 운동에 방해가 되지 않도록 재빨리 치워야 한다. 또는 성냥을 이용하여 고리를 태워도 좋다. 고리 매듭에 실을 남겨놓고 도화선으로 사용하면 가위로 고리를 끊는 것 보다 정확한 실험이 가능하다. 이 경우에는 학생들에게 한 번에 1~2개의 성냥만 주도록 한다.
- ⑤ 자동차가 발사되고 멈추면 이동한 거리를 측정한다.
- ⑥ 필름통의 질량을 달리하면서, 고무줄의 개수를 늘려가면서 같은 실험을 반복한다.

※ 측정을 시작하기 전에 약간의 연습이 필요하다. 실 고리는 알맞은 크기로 미리 묶어두게 하는데 고리의 크기는 동일해야 한다.

역학용 수레로 실험할 경우에는 고리를 작게 만들고 고무줄의 직경도 작은 것을 사용하면 탄성력을 충분히 받을 수 있다. 수레는 질량이 크므로 필름통의 질량을 나무 블록을 사용할 때보다 훨씬 무겁게 해야 의미 있는 데이터를 얻을 수 있다. 필름통의 질량은 안을 채우는 물질로 조절한다. 필름통이 일정하게 튕겨 나갈 수 있도록 고무줄은 필름통의 질량 중심 부근에 위치하도록 학생들에게 주시시킨다.

각 실험마다 연필의 위치도 일정해야 한다. 연필 위치가 다르면 결과가 달라질 수 있다.



토의

- 고무줄의 개수를 늘리면 자동차의 가속도는 어떻게 달라지는가?
 - 필름통은 정지해 있으려는 관성이 있다. 이 상태를 바꾸려면 힘이 필요하다.
 - 이 실험에서 필름통의 관성 때문에 고무줄의 수축이 지연된다. 고무줄을 2개 사용하면 수축 속도가 빨라져 필름통에 더 큰 가속도가 부여되고 자동차의 가속도도 커진다.
- 로켓 엔진은 추력을 어떻게 증가시킬까?
 - 로켓에서 분사되는 가스의 질량과 분출되는 가속도를 증가시키면 추력이 커진다.



사고력 확장하기

물로켓을 이용해 뉴턴의 운동 법칙을 설명할 수 있다. 로켓을 공기만으로 발사해 보고 다음에는 물과 공기로 발사하여 로켓의 이동 거리를 비교한다. 발사대의 펌핑 횟수를 달리하여 물로켓 내부 압력을 조절하고 로켓 안의 물 양을 달리하여 로켓의 추력을 변화시킬 수도 있다.





뉴턴 자동차

학년 반 이름

도전과제

지난 시간에 공부한 뉴턴의 운동 법칙을 적용한 자동차 실험을 해 보자.



자동차는 고무줄과 필름통을 이용하여 움직이게 된다. 어떻게 하면 자동차를 더 멀리 움직이게 할까?



들어가기

- 뉴턴의 제2 운동 법칙을 설명해 보자.
- 작용·반작용 법칙이란 무엇인가?



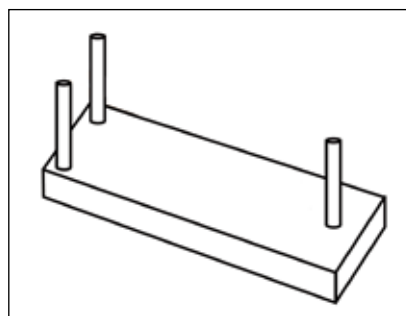
준비물

뉴턴 자동차(나무 블록 또는 역학용 수레), 콘크리트 못 3개, 고무줄 3개, 필름통, 필름통을 채울 다양한 물질, 전자 저울, 등근 연필 12자루, 면실, 가위(또는 라이터), 미터자, 그래프용지, 보안경



자동차 만들기

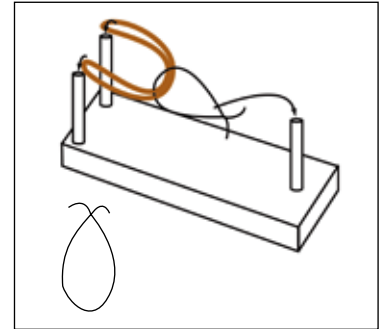
1. 10×20×2cm 나무 블록을 준비한다.
 2. 그림과 같이 세 지점에 콘크리트 못을 수직으로 단단히 박는다.
 - 나무 블록에 연필로 보조선을 그어 못의 위치를 정확히 잡자.
- ※ 역학용 수레를 사용할 경우
세 지점에 볼트나 금속 막대가 튼튼히 고정되어 있는지 확인한다.





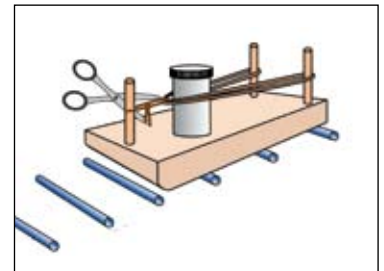
고리와 고무줄 걸기

1. 면실을 이용하여 그림과 같은 고리를 6개 만들어 둔다.
이 때 고리의 크기는 위 그림과 같이 고무줄을 V자 형태로 당길 수 있도록 조절한다.
2. 고리에 고무줄을 걸어 앞 쪽 못에 걸고, 뒤 쪽 2개의 못에 고무줄을 당겨 걸어준다.
3. 필름통에 선택한 물질을 채우고 뚜껑을 잘 닫아 전자 저울로 질량을 측정한다. 필름통을 고무줄 사이에 놓는다.



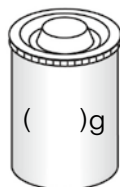
자동차 시동 걸기

1. 등근 연필을 편평하고 긴 테이블이나 바닥 위에 12cm 간격으로 나란히 늘어놓는다.(수레를 사용하면 이 단계는 생략)
 2. 준비된 자동차를 연필 레일 위에 올려놓고 가위로 실 고리를 끊는다. 이 때 가위를 재빨리 치워야 한다. 라이터를 사용할 경우 고리의 매듭 끝에 불을 붙여 고리가 끊어지게 한다.
 3. 자동차가 멈추면 이동 거리를 미터자로 측정한다.
 4. 고무줄의 개수를 2개, 3개로 늘려가면서 실험을 반복한다.
 5. 필름통을 채운 물질을 바꿔 질량을 변화시키고 고무줄 개수를 같은 방법으로 늘려가면서 실험한다.
- ※ 고리를 끊기 전에 안전경을 반드시 착용하세요!



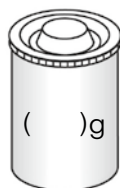
결과 정리

질량 1



고무줄 개수	이동 거리(cm)
1개	
2개	
3개	

질량 2



고무줄 개수	이동 거리(cm)
1개	
2개	
3개	

The principle of a rocket

- 뉴턴 자동차의 이동 거리를 그래프용지에 막대그래프로 표시하자.

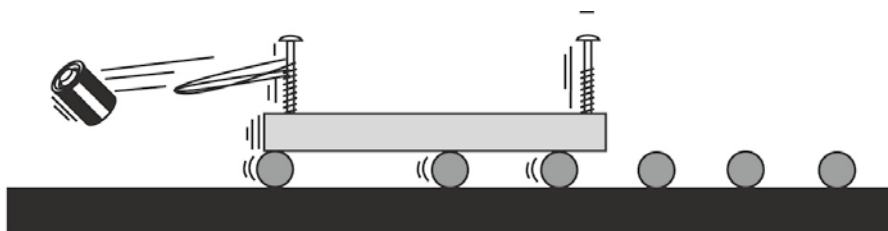


※ 실 고리의 크기와 바닥에 늘어놓는 연필의 위치가 달라질 경우 실험 결과에 영향을 미칠까? 또, 필름통에 달는 고무줄의 위치가 달라지면 어떤 차이가 있을까?



토의하기

- 고무줄의 개수를 늘리면 자동차의 가속도는 어떻게 달라지는가?
- 로켓 엔진은 추력을 어떻게 증가시킬까?





이 활동은 2개 영역으로 나뉜다. 첫 번째 영역에서는 학생들이 엔진을 만들어 실험하고 두 번째 영역에서는 엔진의 작용에 영향을 주는 변수에 대해 탐구한다. 이 과정에서 학생들은 결과를 예측하고 데이터를 수집하여 분석·정리하는 과학적 탐구방법을 익히게 된다.



탐구목적

- 첫 번째 영역 : 쏟아지는 물의 힘으로 음료수 캔을 회전시켜 작용 및 반작용의 관계를 보여준다.
- 두 번째 영역 : 캔의 회전수를 증가시키기 위한 방법을 고찰하고 실험으로 검증함으로써 과학적인 탐구과정을 익힌다.
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료와 도구

따개 손잡이가 붙어 있는 빈 음료수 캔(그룹 당 4개), 굵기가 서로 다른 못 2종(직경 2mm, 4mm정도), 나일론 낚시줄, 양동이, 자, 가위, 라벨 또는 마커



탐구안내

(1) 헤로 엔진 소개하기

B.C. 1세기에 알렉산드리아에 살던 헤로라는 사람이 발명한 엔진이다. 이 엔진은 증기를 이용하여 추진력을 얻는다. 보일러에서 생성된 증기가 구체안으로 들어가 바람개비 모양으로 구부러진 L자형 관을 통해 밖으로 배출되면서 이에 대한 반작용으로 구체가 회전한다. 헤로의 엔진은 뉴턴의 제3 운동 법칙을 잘 보여준다.



(2) 탐구활동 안내하기

- ① 뉴턴의 제3 운동 법칙을 설명하게 한다.
 - 주변에서 관찰할 수 있는 예를 중심으로 발표시킨다.

② 첫 번째 활동

음료수 캔 1개와 작은 직경의 못 1개를 각 그룹에 나누어 주고 헤로 엔진을 만들게 한다.

캔에 못으로 구멍을 뚫고, 못을 꽂은 상태에서 못을 옆으로 눌러 구멍을 휘어지게 만든다. 구멍이 모두 같은

방향으로 휘도록 지도한다.

- 캔에 물을 채울 때에는 물이 담긴 양동이에 캔을 담가 물이 채워지도록 한다.
- 캔을 들어 올리면 어떻게 될지 학생들이 예상하게 한다.
- 실험 결과를 관찰하고 학생들과 충분히 토의한 후 다음 단계로 진행한다.한다.

③ 두 번째 활동

- 엔진의 회전수를 증가시키기 위해 무엇을 변화시켜야 할지 생각하게 한다.
- 캔 구멍의 크기와 회전은 어떤 관계가 있을까?
- 구멍의 수는 회전과 어떤 관계가 있을까?
- 구멍을 휘어지지 않게 하면 회전은 어떻게 달라질까?
- 음료수 캔 2개와 직경이 다른 못을 나누어 주고 학생들이 세운 가설에 따라 헤로 엔진을 만들어 실험하게 한다.
- 구멍의 직경은 평균값을 mm단위로 표시하도록 한다.
- 구멍의 개수를 달리 할 때는 구멍의 위치도 고려하도록 지도한다.
- 실험 결과에 대해 토의한다. 결과를 통해 가설이 확인되었는가?
- 학생들에게 회전에 변화를 주는 또 다른 방법을 제안하게 하고 음료수 캔1개를 추가 지급하여 실험하게 한다.
- 이 때 이전에 만든 구멍 크기와 개수가 같은 엔진과 비교하게 한다.
- 캔 바닥에 다른 간격으로 구멍 뚫기, 다른 방향으로 구멍 휘기, 구멍 휘지 않기 등.
- ※ 엔진의 회전수를 세기 위한 방법을 고안하게 한다. 캔에 눈에 잘 띄는 색상의 라벨을 붙이거나 마커로 표시해 두면 회전수를 셀 때 도움이 된다.

④ 토의를 통해 뉴턴의 운동 법칙에 연관하여 실험 결과를 발표하게 한다.



사고력 확장하기

물로켓을 이용해 뉴턴의 운동 법칙을 설명할 수 있다. 로켓을 공기만으로 발사해 보고 다음에는 물과 공기로 발사하여 로켓의 이동 거리를 비교한다. 발사대의 펌핑 횟수를 달리하여 물로켓 내부 압력을 조절하고 로켓 안의 물 양을 달리하여 로켓의 추력을 변화시킬 수도 있다.





음료수 캔으로 만드는 엔진

학년 반 이름

도전과제

엔진의 공학적인 정의는 ‘다양한 형태의 에너지를 기계적인 에너지로 바꾸는 장치’이다.



기계적인 에너지란 자동차, 로켓 등과 같은 기계장치를 움직이게 하는 에너지를 말한다. 옛날 그리스에서 발명한 ‘헤로 엔진’을 응용하여 간단한 엔진을 만들고 이를 통해 로켓이 움직이는 원리를 알아보자.



들어가기

• 헤로 엔진

B.C. 1세기경 그리스 알렉산드리아에 살던 헤로는 아에올리스의 공이라는 로켓 모양의 장치를 고안하였다. 이 장치는 수증기를 추진 가스로 사용하였다. 헤로는 커다란 솥 안에 물을 넣고 그 위에 자유롭게 회전할 수 있도록 만든 구체를 올려놓았다. 불을 지펴 물을 끓이면 수증기가 관을 통해 구체로 들어간다. 구체에는 L자 모양의 관이 두 개 달려 있는데 이 관을 통해 수증기가 빠져나가면서 구체가 회전하였다. 이 구체를 아에올리스의 공이라고 부르는데 이 공을 회전시킨 힘은 17세기에 와서야 뉴턴에 의해 과학적으로 설명되었다.



준비물

따개 손잡이가 붙어 있는 빈 음료수 캔 4개, 굵기가 서로 다른 못 2개, 나일론 낚싯줄, 물양동이, 자, 가위



강통 엔진 만들기

- 음료수 캔을 옆으로 누여 놓고 바닥 가까운 쪽에 직경이 작은 못으로 구멍 하나를 뚫는다. 못을 빼지 말고 꽃은 상태에서 못을 옆으로 돌려 구멍을 구부린다.
- 못을 빼고 캔을 90도 돌려서 같은 방법으로 구멍을 뚫는다. 이런 방법으로 모두 네 개의 구멍을 뚫는다.
- 구멍의 간격을 같게 하고 구멍이 휘어지는 방향도 모두 같아야 한다.

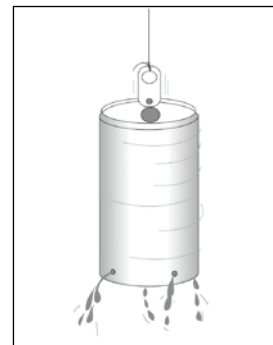
The principle of a rocket

3. 캔의 따개 손잡이를 똑바로 세우고 손잡이 끝에 40cm 정도 길이의 낚시줄을 묶는다.
이제 강통 해로 엔진이 완성되었다.



엔진 작동시키기

캔을 물이 담긴 양동이에 폭 담근다. 캔에 물이 가득 찰 때까지 기다린다.
낚시줄로 캔을 들어 올리면 캔은 어떻게 될까?



❖ 생각하고 발표하기

1. 물이 구멍 밖으로 나올 때 캔이 회전한 이유는 무엇일까?

2. 여기서 작용은 무엇인가? 또 반작용은 무엇인가?

3. 캔이 잘 회전하지 않았다면 이유는 무엇일까?



강통 엔진 만들기

자! 이번엔 강통 엔진이 더 잘 회전하도록 엔진을 개조해 보자.

1. 캔 표면에 뚫은 구멍의 크기와 회전수는 관계가 있을까?
- 새 음료수 캔에 굵기가 큰 못으로 구멍을 뚫고 엔진을 작동시킨다. 회전수를 측정하고 활동지에 결과를 기록한다.
2. 구멍의 개수는 회전수와 관계가 있을까?
- 구멍수를 달리한 음료수 캔 엔진을 만들어 실험해 보자.
3. 그 외에 회전수에 영향을 주는 요인은 무엇이 있을까? 친구들과 토의하여 우리 팀만의 강통 엔진을 만들어 보자.

※ 캔의 회전수를 쉽게 측정하는 방법 생각해 보기



The principle of a rocket

❖ 음료수 캔 헤로 엔진 활동지

◆ 우리 팀 소개

◆ 구멍 크기가 캔의 회전수에 미치는 영향을 알아보려고 한다. 우리 팀의 가설은 다음과 같다.

◆ 구멍의 개수가 회전수에 미치는 영향은 어떠할까? 가설은 다음과 같다.

◆ 가설 검증하기

각 엔진을 작동시키고 데이터를 기록하자.

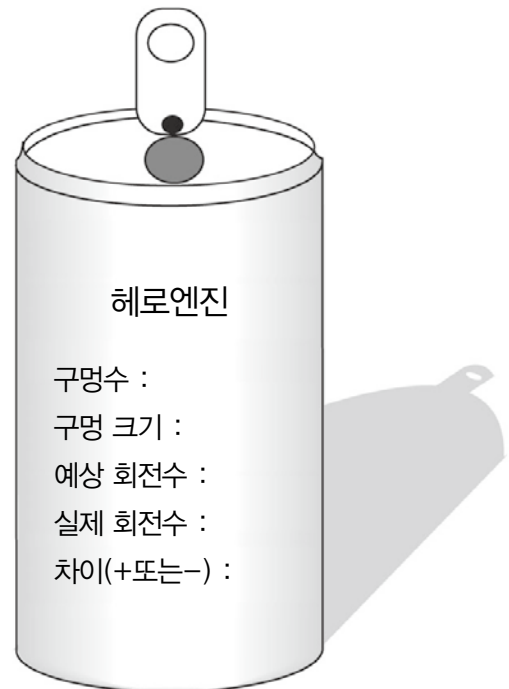


우리 팀의 가설은 결과와 일치하였는가? 그렇지 않다면 오류의 원인을 분석해 보자.

★ 이제, 우리 팀만의 새로운 엔진을 개발해 보자. 단, 한 개의 변수만 바꿔야 한다는 걸 명심해!

새로운 엔진의 가설은 _____

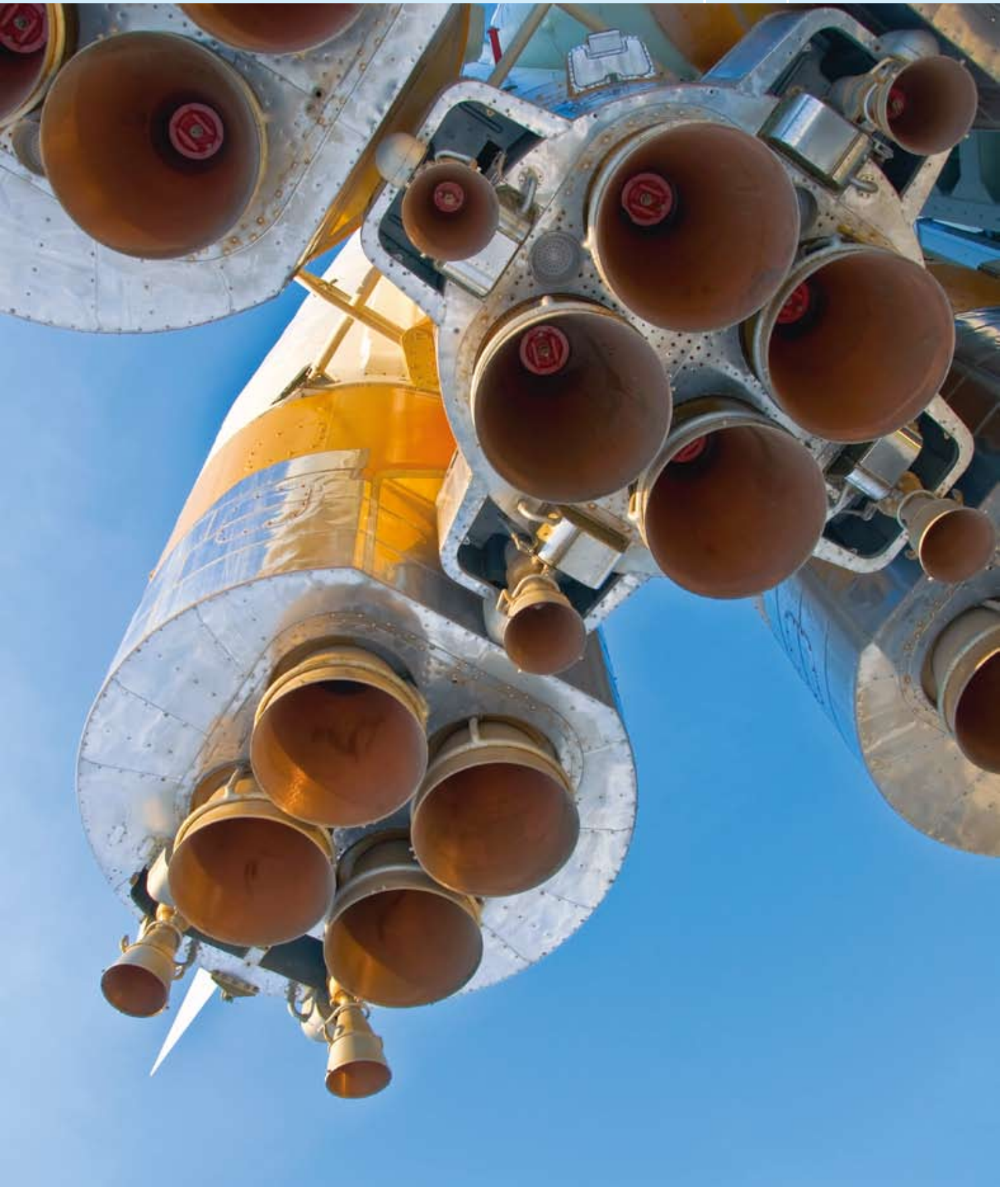
앞에서 만들어 놓은 엔진 중 새로운 엔진과 구멍의 크기가 같은 엔진의 결과와 데이터를 비교한다.
우리의 가설은 올바른가? 이유는 무엇인가?

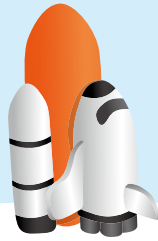


토의하기

- 헤로 엔진을 통해 뉴턴의 운동 법칙을 설명해 보자.
- 우주에서 로켓이 방향을 바꾸는 방법을 헤로 엔진의 작동 방식과 비교해 보자.
- 헤로 엔진을 반대 방향으로 돌게 하려면 어떻게 해야 할까?
- 헤로 엔진이 로켓과 비슷한 점은 무엇일까? 또, 다른 점은 무엇일까?

The principle of a rocket





오늘날의 로켓은 수천 년에 걸친 실험과 연구의 결과이다. 2천 년 전 스팀 동력 장난감으로 시작된 로켓은 태양계 내 행성으로 우주선을 발사할 수 있는 정교한 발사체로 진화하였다. 이 활동에서 학생들은 고대부터 이어진 로켓의 역사에 대한 단계별 연대기 표를 작성한다.



학습자료

- 읽기 자료
- 로켓의 역사에 관한 인쇄물 또는 비디오 자료
- 활동시간 : 40분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 2~3명



준비물

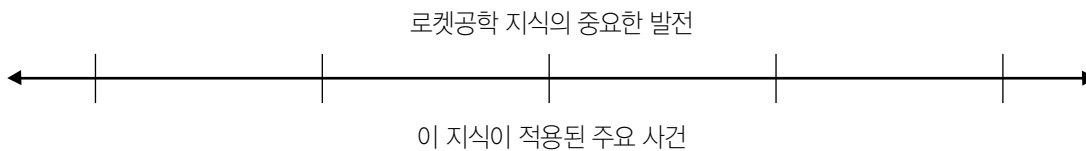
연대기 표를 작성할 종이 – B4 용지를 가로로 이어 붙여 사용한다.
자, 사인펜



탐구절차

1. 우주선은 로켓을 이용하여 우주로 발사되는데 현재의 로켓 설계는 수 천 년에 걸친 실험과 연구의 결과라는 점을 설명한다.
2. 학생들에게 읽기 자료를 배부하고 비디오 자료가 준비되어 있다면 함께 시청한다.
3. 읽기 자료를 읽고 중요한 사건들을 10~15개 정도 선정하여 연대기 표를 만들도록 한다. 연대기 표의 위쪽에는 로켓에 대한 과학적 지식이 발전하게 된 중요한 사건들을 기록하고, 아래쪽에는 과학자들이 이 지식을 적용한 사례를 보여주는 주요 사건들을 기록하도록 한다.
4. 우리나라의 로켓 역사 자료가 있다면 연대기 표에 내용을 추가하도록 한다.
5. 완성된 연대기 표를 교실 벽이나 칠판에 전시하고 비교하면서 각 팀이 사건을 선택한 이유를 발표하게 한다. 팀마다 중요하게 생각한 사건들을 비교하고 의견을 교환하는 과정을 통해 학생들은 다른 사람의 관점과 가치관을 이해하고 수용하는 법을 배우게 된다.
6. 팀들이 서로 의견을 조율하여 전체 학급의 연대기 표를 작성한다.
형식은 팀별 연대기 표와 동일하게 구성한다.

단계별 연대기 표



응용하기

중요한 로켓공학 사건들이 일어난 시기에 유럽이나 아시아 등 세계의 다른 지역에서 발생한 일들을 보여주는 연대기 표를 작성하여 학습 범위를 넓힐 수 있다.

※ 참고 자료 웹사이트

마셜 우주센터 제공 로켓 역사 연대기 표

<http://history.msfc.nasa.gov/rocketry/index.html>

주요 연대: NASA와 NASA의 역사, 1915-1990

<http://www.hq.nasa.gov/office/pao/History/SP-4406/contents.html>

우리나라 신기전

http://navercast.naver.com/contents.nhn?contents_id=2732



로켓의 발달 과정 연대기 표 만들기

학년 반 이름

도전과제

오늘날 거대한 우주 로켓은 2,000여 년에 걸친
발명과 발견 및 실험의 결과물이다.



관찰과 그로부터 얻은 영감을 토대로 체계적인 연구가 이루어지고 마침내 인간이 우주로 나가 달 위를 걷기에 이르렀다. 곧 달에 연구 기지를 세우고, 화성과 그 너머에 있는 행성까지 진출하게 될 것이다. 물론, 로봇 우주선이 이미 여행하고 있지만 언젠가 인간 탐험대가 그 뒤를 이을 것이다.



탐구주제

로켓의 발달 과정을 알아보고 역사를 한 눈에 볼 수 있는 연대기 표를 만들자.



준비물

선생님이 주신 읽기 자료

연대기 표를 작성할 종이 - B4 용지 여러 장

사인펜

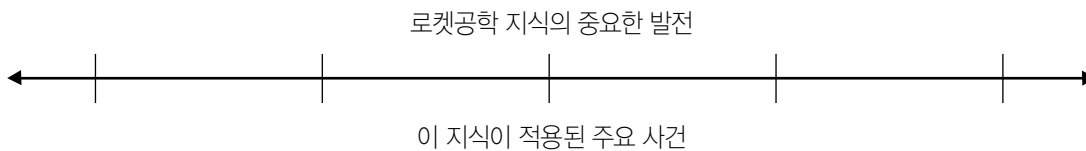


연대기 표 작성하기

1. 읽기 자료를 주의 깊게 읽은 후 팀원들과 함께 가장 중요한 사건을 10~15개 정도 선정하자.
2. 다음과 같은 연대기 화살표를 그리고 선정한 사건들을 배열한다. B4 용지를 가로 방향으로 여러 장 이어 붙여 화살표를 그리자.
이 때 연대기 표의 위쪽에는 로켓에 대한 과학적 지식이 발전하게 된 중요한 사건들을 기록하고, 아래쪽에는 과학자들이 이 지식을 적용한 사례를 보여주는 주요 사건들을 기록하도록 한다.

The principle of a rocket

단계별 연대기 표



※ 우리나라의 로켓 역사는 언제부터 시작하여 어떻게 발달하여 왔을까?



연대기 표 토의하기

이제 완성된 연대기 표를 교실 벽면에 붙여 놓고 다른 팀의 연대기 표와 비교해 보자.

1. 우리 팀이 선정한 주요 사건을 다른 팀에서도 선정했는가?
2. 이 사건들을 선정한 이유와 배경을 발표하고 다른 팀의 설명도 들어보자.
3. 각 팀의 연대기 표를 토대로 다시 중요한 사건을 선정하고 학급을 대표하는 하나의 연대기 표를 만들자.



【읽을 거리】

간략한 로켓의 역사

로켓은 아주 옛날부터 있었다. 처음에는 폭죽과 같은 매우 단순한 형태로 출발해서 오늘날에는 전쟁이나 우주 여행에 사용되는 로켓까지 발달하였다. 로켓 공학의 대부분은 새로운 연료, 로켓 제어 방식, 새로운 용도 개발 등을 포함해 지난 100년 간 이루어진 것이다.

로켓 공학은 기원전 1세기 경 그리스로부터 출발한다. 헤로라는 그리스 사람이 아에올리스의 공이라는 장치를 고안하였다. 수증기를 추진 가스로 사용하여 장치의 구체를 회전시켰는데 이 원리는 17세기에 와서야 뉴턴에 의해 설명되었다.

로켓과 관련된 개념이 적용된 발명품들은 이렇게 오래 전부터 찾을 수 있지만 진정한 로켓이 등장한 시점은 명확하지 않다. 가장 유사한 사례는 중국에서 만든 전쟁 도구이다. 중국인들은 초석, 황, 목탄 분진으로 단순한 형태의 화약을 만들어 대나무 관 속에 넣고 종교 행사나 축하 행사 때 이 관을 불 속에 던졌는데 대나무 관의 일부가 완전히 폭발하지 않고 불길 밖으로 솟구쳐 올랐다. 이 사실을 이용하여 훨씬 더 멀리 갈 수 있는 로켓을 단 화살을 만들어 전쟁에 사용하였다. 1232년 몽골과 벌인 전쟁에 이 로켓 무기가 사용된 기록이 있는데, 몽골 사람들은 이 무기를 “나는 불화살”이라고 불렀다고 한다. 불화살은 단순한 형태의 고체 추진제 로켓이다. 중국인들은 대나무 관에 화약을 넣고 한쪽 끝을 막아 화살에 매달았다. 화약이 점화하면 막히지 않은 쪽에서 불, 연기, 가스가 한꺼번에 나오는데 이 힘으로 화살이 적을 향해 날아갔다. 화살의 막대는 공기를 가르며 날아갈 때 방향을 잡아주는 유도 장치 역할을 한다. 이 전쟁 후 날아다니는 불화살에 놀란 몽골인들이 자체적으로 로켓을 제작하기 시작했고 곧 유럽 대륙으로 퍼져 나갔다.

13세기부터 15세기까지 많은 로켓 실험이 유럽에서 이루어졌는데 영국에서는 수도승이었던 로저 베이컨이 화약의 성능을 개선시켰고 프랑스에서는 장 프루아사르트가 튜브를 이용해 로켓을 발사하면 정확도가 크게 향상된다는 사실을 발견하였다. 현대의 바주카포가 이 발견의 결과이다. 이탈리아의 요하네스 데 폰타나는 일종의 어뢰, 즉 물 위를 빠르게 질주하는 로켓을 설계하여 적선에 불을 질렀다. 16세기에는 독일에서 요한 슈미트랩이 폭죽을 높은 고도로 날릴 수 있는 다단식 로켓을 발명하였다. 이 다단 로켓은 소형 로켓을 장착한 대형 로켓으로, 대형 로켓이 모두 타고 나면 소형 로켓이 계속 날아가다가 폭발하면서 아름다운 불꽃이 쏟아졌다. 이 다단 로켓의 개념이 오늘날 우주로 날아가는 모든 로켓 설계의 기본 바탕이 되었다.

17세기에는 현대의 로켓 공학의 초석이 된 과학적 탐구가 시작되었다. 아이작 뉴턴이 세 가지 운동 법칙을 발견하고 이를 바탕으로 로켓의 발사 원리와 우주의 진공 환경에서 로켓이 작동하는 원리를 알게 되었다.

18세기 말, 19세기 초에는 로켓이 다시 무기로 사용되었다. 여러 전투에서 유럽의 나라들은 앞

The principle of a rocket

다투어 로켓을 개발하기 시작하였는데 이 과정에서 사람들은 힘과 정확성에서 그다지 효율적이지 못한 로켓이 전쟁용으로 부적합하다고 생각하게 되었다.

1898년 러시아의 교사 치올코프스키가 로켓을 이용한 우주 여행 개념을 제안하였다. 그는 1903년 고체 추진제 대신 액체 추진제로 더 높은 비행고도를 달성할 수 있다는 보고서를 발표하면서 로켓의 속력과 높이는 가스의 배기 속도에만 관계한다고 하였다. 이러한 생각과 연구, 제시한 비전으로 치올코프스키는 현대 우주 항행학의 아버지가 되었다.

1900년대 초에 미국인 고다드는 로켓으로 실험을 하면서 로켓을 공기보다 가벼운 기체가 들어있는 풍선의 고도보다 더 높이 올려 보내려고 시도하였다. 1919년에 “매우 높은 고도에 도달하는 방법”이라는 제목의 책자를 만들었는데 이것은 수학적 분석을 토대로 하였고 오늘날 기상 로켓으로 발전하였다. 고다드는 로켓이 공기 중에서 보다 진공 상태에서 더 잘 작동하며 다단식 로켓이 지구의 중력을 벗어날 때 필요한 고도와 속도에 가장 잘 도달한다고 주장하였다. 실험을 통해 고다드는 고체 연료보다 액체 연료가 훨씬 효율적이라는 것을 알게 되었다. 액체 추진제 로켓을 제작하는 작업은 산소 탱크, 터빈, 연소실 등이 필요하여 매우 어려웠으나 1926년 고다드는 최초의 액체 추진제 로켓을 만드는데 성공하였다. 이 로켓은 산소와 가솔린을 연료로 사용하여 2.5초 동안 12.5m의 높이로 56m 떨어진 양배추 밭까지 날아갔다.

고다드의 이 로켓은 로켓 역사에 완전히 새로운 시대를 열었다. 고다드는 또 자이로스코프 비행 제어 시스템, 과학적 기기를 탑재할 수 있는 내부 공간, 로켓과 기기를 지상으로 안전하게 착륙시키는 낙하산 회수 장치를 개발하였다. 이러한 업적으로 고다드는 현대 로켓 공학의 아버지라는 명성을 얻게 되었다.

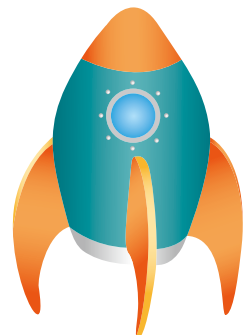
1923년 독일의 오베르트스 로켓 우주 여행에 관한 책을 출간하였는데 이로 인해 많은 로켓 학회가 생겨났고 독일우주여행협회라는 학회에서 만든 V-2로켓은 2차 세계 대전에서 런던을 공격하는데 사용되기도 했다. 이 로켓은 작았지만 도시 전체를 파괴할 만큼 위력이 강했다.

미국과 소련은 로켓이 무기로서 지닌 잠재력을 깨닫고 대규모 실험 프로그램을 시작하였다. 미국은 고다드가 제안한 높은 고도의 기상 로켓을 출발점으로 이후 중거리 및 장거리 대륙간 탄도 미사일을 개발하면서 우주 프로그램을 시작하였다.

1957년 소련이 지구 궤도를 도는 최초의 인공 위성인 스푸트니크 1호를 발사하였다. 이 위성은 초강대국들 사이의 우주 경쟁에서 제일 먼저 성공한 사례이다. 소련은 또 라이카라는 이름의 개를 태운 위성을 발사했는데 라이카는 우주에서 일주일 동안 살다가 산소가 떨어져 숨을 거두었다.

스푸트니크 충격을 받고 대대적인 교육 혁신을 추진한 미국은 1958년 위성 익스플로러 1호를 발사하면서 같은 해 미항공우주국(NASA)을 공식적으로 설립하여 우주 프로그램에 적극적으로 뛰어들었다.

이로부터 전 세계가 우주 공학에 국가의 미래와 흥망을 걸고 있다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 증기, 불꽃, 폭발 그리고 비행

아르키타스, 428 ~ 347 B.C.

그리스의 철학자이자, 수학자이자, 천문학자였던 아르키타스는 증기나 압축 공기 분출로 추진되는 작은 새 모양의 장치를 만들어 쏘아 올렸다고 한다. 아마도 이 '새' 모양 장치를 철사에 매달거나 일종의 추축 주위를 회전하는 막대 끝에 달았을 것이다. 이것이 로켓 추진력을 이용한 최초의 장치라고 한다.



헤로 엔진, c. A.D. 10 ~ 70

알렉산드리아의 헤로가 발명한 증기 엔진은 로켓은 아니지만 로켓(및 제트) 추진의 기본 원리가 사용되었다. 헤로 엔진의 정확한 모양은 알 수 없으나 밑에서 불로 가열하는 일종의 구리 용기로 구성되었다. 용기에 담긴 물이 증기로 변해 두 개의 관을 타고 속이 비어 있는 구체로 들어가면 구체가 자유롭게 회전했다. 구체에 연결된 L자형 관 두 개를 통해 증기가 가스로 분출되었다. 이 구체는 분출과 반대 방향으로 빨리 회전했다. 헤로 엔진은 재미있는 장난감처럼 보였지만 그 잠재력은 수천 년 후에 실현되었다.



중국 불화살, A.D. 1232

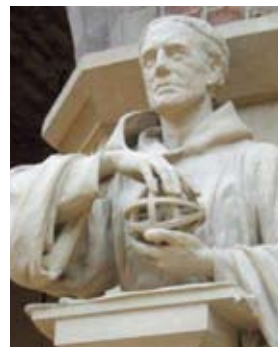
화약의 기원은 분명치 않으나 전하는 바에 의하면 중국에는 A.D. 1세기에 기본적인 형태의 로켓이 있었다고 한다. 초석, 황, 목탄 분진 혼합물을 점화하면 화려한 불꽃과 연기가 만들어졌다. 화약은 폭죽을 만들 때 사용되었다. 대나무와 가죽으로 만든 관의 한쪽 끝을 막고 화약을 넣었다. 화약 넣는 방식과 개구부 크기에 따라 점화 시 발생하는 불꽃 모양과 폭발음이 달라졌다. 열린 쪽 끝에서 나오는 가스로 생긴 추력 때문에 어떤 폭죽은 사방으로 터져나갔을 것이다. 이렇게 로켓이 탄생했다. 1232년 카이펑 전투에서 이 원시 로켓을 화살에 달아 몽골 침입자들을 쫓아내는데 사용했다.



로저 베이컨, 1214 ~ 1294

수도승이었던 베이컨은 자신의 책 The Epistola Fratris R. Baconis, de secretis operibus artis et naturae et nullitate magiae에서 화약에 관해 다음과 같이 썼다.

“초석과 기타 물질을 가지고 먼 거리까지 발사할 수 있는 불을 인위적으로 만들 수 있다... 이 물질을 극히 소량만 사용해도 큰 빛이 만들어져 끔찍한 소동이 벌어질 수 있다. 이것으로 도시 하나와 군대를 파괴할 수 있다....” 베이컨은 혼합물의 힘을 크게 높일 수 있는 화약 제조법을 개발했다고 한다.



완후, 16세기

전설에 따르면 명조 중엽에 살았으며 중국 점성가이자 지역 관리인이었던 완후는 우주 비행을 꿈꿨다고 한다. 그는 의자를 만들어 바닥에 47개의 화약로켓을 달았다. 다른 이야기에서는 의자에 연도 달았다. 발사하는 날에 47명의 보조자가 동시에 모든 로켓의 도화선에 불을 붙였다. 커다란 폭발이 있었다. 연기가 걷히자 완후는 보이지 않았다. 어떤 사람들은 완후가 실제로 우주로 갔으며 그가 '달에 사는 사람'인 것 같다고 한다. 실제로 어떻게 되었는지 모르지만 로켓을 이용해 우주로 나간다는 완후의 생각은 옳았다.



전쟁에 사용된 로켓

이후 수세기 동안 로켓은 전쟁 무기로서 대포와 경합을 벌였다. 각각의 기술 발전에 따라 둘 중 하나가 선택되거나 외면당했다. 대포는 정확성이 더 좋았다. 로켓은 더 빨리 발사할 수 있었다. 후장식 대포의 발사 속도가 향상되었다. 로켓 안정판으로 정확성이 향상되었다. 대포의 사정 범위가 넓어졌다. 로켓의 사정 범위도 넓어졌다. 이런 식으로 많은 발명이 이루어졌다. 이탈리아의 요아네스 데폰타나(1420)가 발명한 물 위를 달리는 로켓 어뢰는 적선에 불을 지르는데 사용된 것 같다.



Kazimierz Siemienowicz, 1600 ~ 1651

폴란드 왕립 포병 연대 사령관이던 Kazimierz Siemienowicz는 대포와 로켓 분야 전문가였다. 그는 로켓에 관한 글을 썼는데 그 일부가 사후에 발표되었다. *Artis Magnae Artilleriae pars prima*에서 그는 다단 로켓 도안을 발표했는데 이것은 우주로 발사될 로켓의 기본 로켓 기술이 되었다.

Siemienowicz는 군사 로켓 발사용 배터리와 현재 군사 로켓에 사용되는 유도 막대를 대신하는 삼각 안정 장치도 제안했다. 전하는 바에 의하면 Siemienowicz는 자신들의 비법 공개에 반대하는 길드 조직에 의해 살해되었으며 Siemienowicz의 나머지 원고를 이들이 숨겼거나 파괴했다고 한다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 로켓 과학의 탄생

갈릴레오 갈릴레이, 1564 ~ 1642

이탈리아 천문학자이자 수학자인 갈릴레오 갈릴레이는, 자신의 다른 많은 업적과 더불어, 과학적 실험 정신에 다시 불을 지폈고 질량과 중력에 관한 오랜 믿음에 의의를 제기했다. 그는 움직이는 물체는 힘이 계속 가해지지 않아도 계속 움직인다는 것을 증명했다. 그는 이것을 속도 변화에 저항하는 물질의 특성인 “관성”이라고 불렀다. 관성은 훗날 아이작 뉴턴이 자신의 운동 법칙에 통합하게 될 기본 특성 중 하나이다.



뉴턴의 운동 법칙, 1642 ~ 1727

영국 과학자인 아이작 뉴턴 경은 모든 로켓 과학을 세 가지 명쾌한 과학 법칙으로 요약했다.

Philosophiae Naturalis Principia Mathematica에 발표된 그의 법칙은 초기 로켓 설계자들이 직관적으로 알았던 것으로서, 현대의 모든 로켓 과학의 토대가 되었다.

(“로켓 원리” 장에서 이 법칙들을 집중적으로 다루며 “실용 로켓공학” 장에서는 이 법칙들을 실제로 적용해본다.)



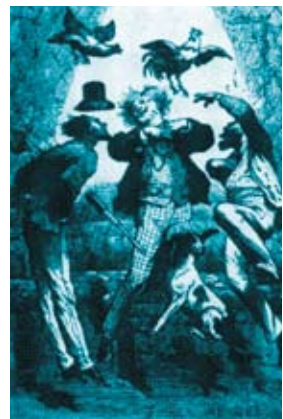
윌리엄 콩그리브 대령, 1772 ~ 1828

영국이 인도의 티푸 술탄(Tippoo Sultaun) 군대로부터 엄청난 로켓 공격을 받은 이후 윌리엄 콩그리브는 영국 군대 로켓 회사를 맡게 되었다. 그의 설계 일부는 사정 범위가 5.4km에 이르렀다. 그는 기병총 탄환을 적군에 퍼붓는 산탄 로켓과 적선과 건물을 태우는 소이 로켓을 만들었다. 그는 함선에서 발사하는 로켓을 발명했다. 1812년 전투에서 프랜시스 스콧 키가 만든 구절 “불게 번쩍이는 로켓의 섬광으로”는 영국 군이 발사한 콩그리브 로켓을 일컫는 것이었다.



쥘 베른, 1828 ~ 1905

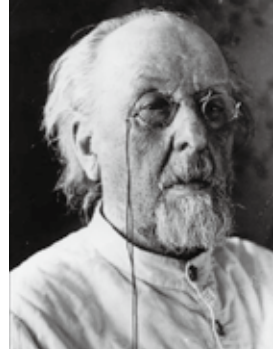
우주 여행의 꿈은 프랑스 공상 과학 작가인 쥘 베른에 의해 실현되었다. 그의 De la Terre la Lune에서 베른은 거대한 대포를 사용해 달에 유인 발사체를 쏘아 올렸다. 이 발사체는 로켓은 아니지만 미래의 아폴로 달 프로그램과 몇 가지 유사점이 있었다. 이것은 콜롬비아드라고 불렸으며 승무원 세 명이 탑승했다. 이것은 플로리다에서 달로 발사되었다. 아폴로11호 캡슐의 이름이 콜롬비아였으며 승무원 세 명이 탑승했고 플로리다에서 발사되었다. 베른은 승무원들이 운항 시 느끼는 “무중력감”에 대해 정확히 묘사했다. 물론 대포 발사 시 최초 가속도를 견딜 수 있는 승무원은 없었을 것이다. 그렇지만 초기 우주 탐험 공상이었던 베른은 미래의 로켓 설계가와 우주 비행사들의 상상에 불을 지폈다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 현대 로켓 선구자들

콘스탄틴 E. 치올코프스키, 1857 ~ 1935

콘스탄틴 치올코프스키는 교사이자 신학자였고, 우주항행학의 선구자였다. 러시아로 이주한 폴란드 임학자의 아들이었던 그는 인간의 우주 여행에 관한 글을 쓰고 가르쳤으며 우주비행학과 인간의 우주 비행의 아버지로 여겨진다. 치올코프스키는 액체 추진제 로켓 엔진, 궤도 우주 정거장, 태양에너지, 태양계 식민지화를 주창했다. 그의 가장 유명한 작품인 “로켓의 힘을 이용한 행성간 우주 연구”는 라이트 형제가 동력 제어 비행기를 날렸던 1903년에 발표되었다. 뉴턴의 제2운동법칙을 기초로 하는 그의 로켓 등식은 로켓 엔진 배기 속도와 로켓 자체의 속도 변화의 관계를 설명한다.



로버트 H. 고다드, 1882 ~ 1945

미국 대학 교수이자 과학자인 로버트 고다드는 1926년 3월 16일에 세계 최초의 액체 추진제 로켓을 만들어 발사했다. 대단하지는 않았지만 (겨우 12.5미터 상승), 이 발사는 43년 후 새턴 V호 달 로켓의 선구자가 되었다. 지역민들의 요청에 따라 고다드는 실험 장소를 매사추세츠주 오번에서 뉴멕시코주 로즈웰 근방 사막으로 옮겼다. 그곳에서 그는 실험을 계속하면서 비행 중 로켓을 제어하는 자이로스코프 시스템, 계기페이로드 구획, 낙하산 회수 시스템을 개발했다. 그를 종종 “현대 로켓의 아버지”라고 부른다.



헤르만 오베르트, 1894 ~ 1989

루마니아 태생의 독일 귀화 시민이었던 헤르만 오베르트는 쥘 베른의 작품에 매료된 후 일생을 우주 여행을 추진하는 일에 바쳤다. 지나치게 사변적이라는 이유로 거절당했던 그의 하이델베르크 대학 학위 논문은 그의 책 Die Rakete zu den Planetenräumen(로켓 타고 우주로)의 기초가 되었다. 이 책은 우주비행의 수학을 설명하고 실제적인 로켓 설계와 우주 정거장을 제안한다. 이 책과 그 외 책들은 로켓 공학자들에게 영감을 주었다. V2 로켓의 개발을 이끈 독일의 Verein für Raumschiffahrt(우주 여행 학회)를 비롯한 로켓 학회가 전세계에서 생겨났다.



20세기 초의 로켓 실험가

1920년대, 1930년대, 2차 세계 대전 전까지 전세계 아마추어 로켓 설계자와 과학자들이 비행기, 경주용자동차, 보트, 날개 달린 자전거, 침몰하는 배에서 선원을 구조할 때 사용되는 스로우 라인, 섬 지역 우편 배달 차량, 그리고 그 외 상상할 수 있는 모든 것에 로켓 사용을 시도하였다. 실패도 많았지만 실험가들은 경험을 통해 더욱 강력하고 안정적인 로켓을 만드는 방법을 알게 되었다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 2차 세계 대전 / 우주 시대의 시작

비행 폭탄

전쟁에서 필요한 것들 때문에 항공학과 로켓공학 기술이 크게 발전했다. 순식간에 로켓은 신기한 물건과 공상적인 비행 기계에서 정교한 파괴 무기로 변했다. 폭탄을 실은 독일 전투기와 일본 가미카제 조종사들은 로켓으로 적선에 돌격했다. 전쟁의 양상은 완전히 달라졌다.



보복 병기 V2

1930년대 말 독일 Verein fur Raumschiffart(우주 여행학회)는 한 팀이 되어 당시 최첨단 로켓이던 V2를 만들어 발사했다. 이 팀은 발트해 연안에서 베르너 폰 브라운의 지휘 하에 알코올과 액체산소로 움직이는 로켓을 만들었다. 사정 범위가 320킬로미터이고 최대 고도가 88킬로미터인 V2는 경고도 없이 런던의 심장부에 1톤 폭탄을 투하할 수 있었다. 수천 개의 V2가 제작되었으나 전쟁 결과에 영향을 미치기에는 너무 늦은 후였다.



우주 시대의 시작

범퍼 프로젝트

유럽에서 전쟁이 끝나고 포획된 화물차 300대 분량의 V2로켓과 부품이 미국으로 보내졌다. 이때 주요 설계자 대부분이 함께 갔는데 이들은 미국 군대에 투항하기로 결심했던 사람들이었다. V2는 대륙간 탄도미사일 개발 프로그램의 토대가 되었고 곧바로 유인 우주 프로그램으로 이어졌다. 포획된 V2 로켓 하나를 WAC 코퍼럴 로켓(여군의 이름을 딴 것) 위에 얹어 1948년 5월 13일에 최초의 “범퍼 WAC”를 발사했다. 현재까지 미국에서 발사된 것들 중 최대 크기인 이 2단 로켓은, 여섯 차례의 비행에서 고도 400킬로미터 가까이 도달했다.



세계 최초의 인공 위성

2차 세계 대전이 끝나고 미국과 소련은 우주 경쟁을 시작했다. 1회전은 1957년 10월 4일에 스푸트니크 I호 위성을 발사한 소련이 이겼다. 이 위성의 모양은 안테나가 네 개 달린 구체였다. 무게는 83.6킬로그램이었다. 두 달 후에 508.3킬로그램의 스푸트니크 II호가 살아있는 승객을 태우고 우주에 도달했다. 라이카라는 작은 개가 몇 시간 동안 지구 궤도를 돌았다. 비록 우주에서 죽었지만, 이 개는 모든 인간에게 우주로 가는 길을 만들어 주었다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 우주 시대의 시작

익스플로러 1호

미국은 1958년 1월 31일 익스플로러 1호 발사에 성공하면서 위성 발사 사업에 들어갔다. 이 위성은 주피터 C 부스터를 개조한 주노 1호에 실려 발사되었다. 스푸트니크보다 훨씬 작았지만, 13.93킬로그램 밖에 안 되는 익스플로러 1호의 가이저 카운터는 우주 환경에서 중요한 부분을 발견했다. 익스플로러 1호는 지구 주위에서 밴앨런대라고 하는 것을 찾아냈다.



X-15

1959년과 1968년 사이에 X-15호 실험용 항공기가 우주 가장자리까지 비행했다. 199회의 비행을 하면서 이 공기 발사 로켓 비행기는 속도(7,274km/h)와 고도(108km)를 포함해 많은 비행 기록을 세웠다. 시험 비행을 통해 우주에서의 고도 제어 및 재진입 각도 등의 중요한 매개변수가 정립되었다. 달에 발을 디딘 최초의 미국인인 닐 암스트롱은 열 두 명의 X-15호 조종사 중 한 명이었다.



궤도에 오른 유리 가가린

1961년 4월 12일에 우주 비행사 유리 가가린이 탄 우주선이 발사되면서 우주가 인간의 영역이 되었다. 그의 우주 비행 시간은 1시간 48분이었다. 이 시간 동안 가가린은 보스톡 1호 우주 캡슐을 타고 지구 궤도를 돌면서 315킬로미터의 최대 고도에 도달했다. 재돌입 시 가가린은 6,100미터 고도에서 캡슐에서 나와 낙하산을 타고 지상으로 안전하게 내려왔다.



프리덤 7호

1961년 5월 5일에 미국 우주 비행사 앨런 셰퍼드 주니어는 레드스톤 로켓에 얹혀진 프리덤 7호 머큐리 우주 캡슐을 타고 플로리다 주 케이프 커내버럴에서 발사되었다.

이 로켓은 우주선을 궤도로 보낼 동력이 부족했지만 셰퍼드는 준궤도 비행으로 187킬로미터에 도달했으며 그의 캡슐은 15분 22초 만에 지구로 돌아와 바다에 착수했다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 우주 시대의 시작

달 로켓

앨런 셰퍼드의 비행 며칠 후에 존 F. 케네디 대통령은 양원 합동 회의 연설에서 60년대가 끝나기 전까지 미국인을 달로 보내 안전하게 돌아 오게 할 것이라고 말했다. 상당히 놀라운 발표였지만 이 임무 달성을 위한 몇 가지 단계는 이미 추진되고 있었다. NASA는 달 왕복 비행이 가능한 로켓의 구성요소에 대한 연구를 시작한 상태였다. 그 다음 해에 이 로켓은 새턴 V호로 명명되었다. 이 로켓은 길이가 110.6미터(363 피트)로 이전 로켓에 비하면 상당히 작았다. 새턴 V호는 3단, 왕복 비행용 소형 추진 장치와 2단 달착륙선으로 구성되었다.



지구 궤도에 오른 글렌

1962년 2월 20일 좀더 강력한 미사일에 실은 아틀라스 우주 비행사 존 H. 글렌 주니어는 궤도에 오른 최초의 미국인이 되었다.

글렌의 비행으로 소련과의 경쟁에서 균형이 이루어졌다. 글렌은 지구 궤도에 세 번 올라 우주에서 총 4시간 55분 머물렀다. 센서 스위치 때문에 초기에 귀환하게 되었다. 이 센서는 머큐리 캡슐 열 차폐물이 떨어져 나갔다고 표시했으나 나중에 확인해 본 결과 비행 시 단단히 붙어 있던 것으로 밝혀졌다. 센서가 오작동한 것이다.

여섯 차례의 머큐리 비행 중 마지막 비행은 1963년 5월 15일에 있었다. 당시 우주 비행사인 고든 쿠퍼는 우주에 하루 반 정도 머물렀다.



달 비행 준비

제미니 프로젝트가 머큐리 비행 임무를 계승했다. 제미니 우주 캡슐은 타이탄 미사일에 실렸으며 두 명의 우주 비행사가 탑승했다. 최장 14일 지속된 비행에서 제미니 비행사들은 우주유영, 우주선 랑데부, 도킹 절차를 최초로 시도했다.

향후 달 비행에 필요한 중요한 우주선 장치에 대한 평가가 실시되었다. 1965년과 1966년 사이에 제미니 비행이 10회 있었다. 처음에 대륙간 탄도 미사일로 만들어진 타이탄 로켓은 1970년대에 바이킹 우주선을 화성까지, 보이저 우주선을 태양계의 더 먼 곳까지 실어 날랐다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 우주 시대의 시작

베르너 폰 브라운 박사

전쟁 전 독일의 로켓 프로그램 개발과 V2 미사일개발을 주도한 인물 중 하나였던 폰 브라운(1912-1977)은 미국 우주 프로그램에서 중요한 인물이 되었다. 그는 전후 미국에 들어와 귀화 시민이 되었다. 그는 대륙간 탄도 미사일 개발에 참여했으며 익스플로러 1호를 발사한 개발 팀을 지휘했다. 폰 브라운 박사는 새턴 V호 달 로켓의 설계와 제작에서 중요한 역할을 했다. 인기 있었던 그의 작품으로 디즈니와 함께 작업한 “투모로우랜드(Tomorrowland)” TV 시리즈는 차세대 로켓 과학자와 우주 비행사에게 많은 영감을 주었다.



진 로덴베리

2차 세계 대전의 뛰어난 폭격기 조종사였고 상업용 비행기 조종사였던 진 로덴베리(1921-1991)는, 비행에 관한 글을 쓰면서 작가의 길로 들어섰다. 그는 텔레비전 방송 작가를 시작하면서 별이 등장하는 “웨스턴” 시리즈 세트 개념을 개발했다. 3년 동안(1966-1968) 방송되었던 스타트렉 시리즈는 인간이 은하수를 여행하면서 발생하는 다양한 과학적, 사회적 문제를 다루었다. 이 시리즈의 인기가 높아지면서 최초의 우주 왕복선 오비터 시험 로켓 이름을 엔터프라이즈로 지었다. 본 시리즈로 몇 가지 후속 시리즈와 영화가 나왔다. 몽상가 로덴베리는 우주 여행 세대에게 영감을 주었다.



“작은 한 발자국...”

1969년 7월 20일 동부 서머 타임 오후 10시 56분에 미국 우주 비행사 닐 암스트롱이 달에 발을 디뎠다.

역사상 최초로 인간이 다른 세계에 접한 순간이었다. 에드윈 “버즈” 올드린 주니어가 그의 뒤를 이었다. 세 번째 우주 비행사 마이클 콜린즈는 아폴로 캡슐을 타고 달 궤도에 머물렀다.

아폴로 11호 비행은 1972년 말까지 계속된 여섯 차례의 달 착륙 중 최초의 비행이었다. 우주 비행사들이 탔던 우주선인 달 모듈은 하강단과 상승단으로 구성되었다. 하강단은 다리 네 개와 달에 천천히 착륙할 수 있는 강력한 로켓 엔진이 있었다.

표면 탐사를 마친 후 자체 로켓 엔진을 이용해 착륙선의 상부가 이륙한 후 지구로 돌아오기 위해 아폴로 캡슐과 랑데부했다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 궤도와 탐사선

스카이랩

새턴 V호 로켓 3단을 수정한 미국은, 1973년에 드디어 스카이랩이라고 하는 최초의 우주 정거장을 지구 궤도로 발사했다.

3단 내부에는 엔진과 연료 탱크 대신 세 명의 비행사들이 우주에 길게 머무는 동안 필요한 장소와 실험실이 탑재되었다.

태양 전지판으로 전력을 공급했다. 발사 시 생긴 문제로 대형 전지판 하나를 잃었지만 세 명의 우주 비행사는 1974년까지 스카이랩을 집으로 불렀다. 마지막 승무원은 우주에서 84일간 머물렀다.



소형 새턴

새턴 V호 로켓은 117,900킬로그램을 낫은 지구 궤도까지, 40,800킬로그램을 달까지 발사할 수 있었다. 그러나 일부 아폴로 비행에서는 더 작은 새턴이 필요했다. 새턴 IB는 높이가 68미터였고 새턴 V호 로켓용으로 설계한 받침 위에 놓을 "Milk stool" 발판이 필요했다.

이것이 있어서 새턴 IB는 발사 구조물의 스윙 암에 맞출 수 있었다.

새턴 IB는 초기 아폴로 시험 비행 임무 몇 가지를 수행했는데, 스카이랩 승무원 세 명을 태웠고, 1975년의 역사적인 아폴로-소유즈 임무를 위해 미국인 승무원을 태우고 궤도에 있는 미국 및 소련 비행사들과 만나게 해주었다.



궤도와 탐사선

타이탄

제미니 발사에 사용된 타이탄 로켓(1959-2005)은 무인 페이로드 발사에 널리 사용되었다.

업그레이드된 타이탄은 무거운 위성들을 지구 궤도에 올렸으며 중요한 우주선을 다른 행성으로 추진시켰다. 바이킹의 화성 비행과 보이저의 더 먼 행성 및 성간 우주 비행은 유명하다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 궤도와 탐사선

관측 로켓

전반적으로 로켓이 더 커지고 강력해졌지만 더 작은 로켓을 발사할 필요도 많이 있었다. 캐나다에서 설계한 블랙 브랜트 관측 로켓은 1961년부터 800건 이상의 비행을 통해 카메라, 계기, 마이크로 중력 실험 장치 같은 소형 페이로드를 실어 나르는데 성공했다. 블랙 브랜트는 신뢰성과 낮은 비용 때문에 연구자들의 사랑을 받고 있다. 가장 큰 다단 블랙 브랜트는 페이로드 용량이 약 100킬로그램이며 도달 가능한 최대 고도는 900킬로미터이다.



아리안

1979년에 서비스를 시작해 업그레이드된 버전으로 현재까지 사용되고 있는 유럽 우주국의 아리안 로켓은 통신 위성을 높은 정지 궤도로 발사하는 것이 전문이다. 아리안은 남아프리카 동부 해안에 있는 프랑스령 기아나에서 발사되는데 지구 자전 속도를 최대한 이용하여 로켓을 궤도로 쏘아 올린다.



델타 패밀리

1960년대 초에 시작된 미국 델타 로켓은 상업 및 군사용 페이로드 발사 로켓 중 용도가 가장 다양한 로켓이다. 델타는 다단, 페이로드를 높은 궤도로 올려주는 페이로드 보조 부스터를 포함해 다양한 구성이 있다. 델타 패밀리는 성공률이 95퍼센트를 넘는 325건 이상의 발사 기록을 보유하고 있다.



아틀라스

델타 로켓처럼 아틀라스의 기원도 깊다. 이제 대규모 구성이 다섯 번째로 이루어지는 아틀라스는 1950년대에 미사일로 만들어졌다. 아틀라스는 존 글렌과 다른 세 명의 머큐리 비행사들을 우주로 실어 나를 수 있게 개조된 이래 많은 상업, 과학, 군사 위성 발사와 행성간 비행에 사용되었다. 아틀라스 V호 로켓(사진)은 최신 시리즈이다.



페가수스

신화에 나오는 피조물처럼 페가수스 발사체도 날개가 있다. 약 12,000미터로 올라간 후에 운반용 항공기 날개 밑에서 공중 발사된다. 이렇게 발사하면 소형 궤도 페이로드의 발사 비용이 절약된다.



그림으로 보는 로켓의 역사 - 우주왕복선과 국제우주 정거장(ISS)시대

새로운 종류의 발사체

아폴로 프로그램이 완료되자 미국 로켓 과학자들은 낮은 지구궤도로 승무원과 페이로드를 싣고 가는 새로운 시스템, 즉 우주 왕복선시스템을 제작하기 시작했다.

중량의 외부 탱크 주위에 네 부분의 발사체가 배치되어 있는 이 왕복선 시스템에는 비행기 같은 오비터의 주 엔진에 공급되는 액체 수소와 산소가 들어 있다. 탱크 양쪽 측면에는 고체 로켓 부스터 두 개가 있다. 궤도로 가는 도중에 모두 소진된 부스터는 분리된 후 낙하산을 타고 지구로 돌아와 바다에서 회수되어 재사용된다. 오비터와 탱크는 계속해서 궤도를 향해 간다. 소진된 탱크는 낙하하다가 재돌입 시 분해된다. 오비터는 궤도 조작시스템 엔진의 동력을 계속 이용한다. 궤도에 도달하면 페이로드 베이 문이 열려 페이로드, 즉 과학 실험 장치, 우주 탐사기, 망원경, 지구 감지 시스템이 노출된다. 비행 임무를 마친 오비터는 지구 대기로 재돌입한 후 활주로에 무동력으로 착륙한다. 최초의 우주 왕복선 비행은 1981년 4월 20일에 있었다.



ISS 작업

최초의 우주 왕복선 비행은 1981년에 있었다. 120여 개의 미션이 수행되었다. 1998년 이래로 우주 왕복선의 주요 미션은 구조물에 사용될 부품과 승무원, 보급품의 수송, 그리고 ISS에 대한 실험이었다. 정거장 작업이 완료되면 우주 왕복선은 회수될 것이다.



국제 공조

미국 외에도 15개 국가가 다양한 방식으로 ISS를 지원한다. 주요 참여자인 러시아는 소유즈 로켓으로 세 명의 승무원을 정거장으로 발사하고 프로그레스 로봇 공급 우주선을 발사한다. 그 밖에도 캐나다, 벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 이탈리아, 네덜란드, 노르웨이, 스페인, 스웨덴, 스위스, 영국, 일본, 브라질이 참여하고 있다.



우주 관광

스페이스쉽원(SpaceShipOne)

전세계 민간 회사들이 로켓 사업에 진출하고 있다. 이들은 준궤도 및 궤도 우주 관광에 대한 수요를 전망하고 있다. 많은 설계 도안에 대한 검토가 진행되고 있다. 일부는 실제로 비행을 마쳤다. 2004년 10월 4일에 캘리포니아에 있는 Scaled Composites 사에서 만든 스페이스쉽원이 14일간 100킬로미터 이상의 고도에 두 번 올라간 최초의 민간 우주선이 되었다. 모션에서 공중 발사되는 스페이스쉽원은 지구 대기와 우주 사이의 경계를 넘었다.



나로호의 발사는 우주를 향한 작은 시작입니다.
우주를 향한 도전과 성공의 역사가
미래 우주강국을 만들어 갑니다.





제산제 등 약제가 물과 반응하여 거품이 일어나면서 생긴 압력으로 움직이는 로켓을 만든다. 이 활동은 chapter1의 '로켓은 어떻게 운동할까'를 학습한 후 바로 다음 시간에 배정하는 것도 좋다.



탐구목적

뉴턴의 운동 법칙을 로켓에 적용한다.

- 관련 개념 : 고도, 속도, 가속도
- 준비시간 : 10분
- 활동시간 : 40분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 2명



재료 및 도구

두꺼운 종이, 필름통, 투명접착테이프, 가위, 거품이 이는 약제(제산제나 틀니 세정제 등), 물, 보안경, 키친 타월이나 휴지



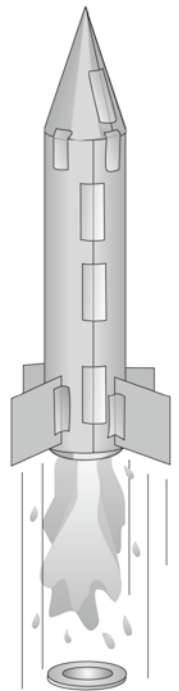
학습준비

(1) 배경 정보

이 활동은 단순하지만 뉴턴의 운동 법칙을 재미있게 배울 수 있다. 로켓에 외부 힘이 작용하여 운동 상태가 변한다(제1 법칙). 이것은 필름통 안에 생긴 가스로 뚜껑이 날아갈 때 생기는 힘이다. 힘의 세기는 필름통에서 나오는 물과 가스의 질량과 그 가속도에 비례한다(제2 법칙). 물, 가스, 뚜껑을 아래로 미는 힘과 크기가 동일한 반작용 힘에 의해 로켓이 위로 올라간다(제3 법칙). 앞으로 제작할 로켓의 원리는 모두 뉴턴의 운동 법칙으로 설명할 수 있다.

(2) 지도 상 유의점

- ① 학생들이 참고할 수 있도록 단계별 로켓 견본을 만들어 두면 좋다. 이렇게 하면 학생들이 제작 단계를 연상하는데 도움이 된다.
- ② 로켓 몸체를 만들 때 종이를 긴 방향으로 자를지, 짧은 방향으로 자를지 먼저 계획하게 한다.
로켓 길이가 달라졌을 때의 비행 형태를 비교할 수 있다.
- ③ 로켓 제작 시 주의 사항
 - 학생들이 자주 하는 실수





- 필름통을 로켓 몸체에 테이프로 붙여 고정하는 것을 잊는다.
- 필름통 뚜껑을 위쪽으로 향하게 하여 로켓을 만든다.
- 필름통과 종이 튜브의 거리를 충분히 두지 않아 뚜껑이 쉽게 열리지 않는다.
- 일부 학생들은 원뿔형 기수를 잘 만들지 못한다. 먼저 원을 그리고 피자 조각 모양으로 한쪽을 잘라낸 후 말아서 원뿔을 만들도록 시범을 보여주는 것도 좋다.
- ④ 필름통의 뚜껑이 효과적으로 열리기 위해 필요한 최소한의 물 양을 미리 실험해보아 수업에서 학생들의 시행착오 횟수를 조절한다.



토의하기

- 필름통에 들어 있는 물의 양이 로켓의 비행 높이에 어떤 영향을 주는가?
- 힘과 질량 및 가속도의 관계에 따라 물의 양이 많을수록 로켓이 큰 추진력을 받는다.
- 물의 온도가 로켓의 비행 높이에 영향을 미칠까?
- 약제가 물과 반응하여 거품을 일으키는 정도는 대체로 물의 온도가 높을수록 크다. 거품이 많이 발생하면 필름통 안의 압력이 커지므로 로켓의 비행 고도도 높아진다.
- 제산제 양이 로켓의 비행 높이에 영향을 주는가?
- 로켓의 길이나 자체 무게가 로켓의 비행 높이에 어떤 영향을 주는가?
- 학생들의 로켓 제작 기술을 비교할 수 있다. 종이와 테이프를 너무 많이 사용한 로켓은 무게가 늘어나 비행 효율이 떨어질 가능성이 높다.
- 2단 로켓을 만드는 것이 가능할까?
- 학생들이 아이디어를 내어 직접 로켓을 설계해 보도록 유도한다.



연장학습

- ① 고도 시합을 제안한다. 누구의 로켓이 제일 높이 나는지 알아보기 위해 천장이 높은 교실 벽면에 줄자나 키 재기용 스케일을 붙여 놓고 벽 근처에서 로켓을 발사한다. 로켓이 벽을 따라 얼마나 높이 올라가는지 측정하여 우수한 학생의 로켓을 교실에 전시해 두면 학생들의 성취감을 높이는데 도움이 된다.
- ② 로켓 안에 어떤 기하학적 의미가 있을지 생각해 보게 한다.
 로켓 몸체는 꼭 원통형이어야 하는가?
 원뿔형 기수의 높이는 로켓의 운동에 영향을 미칠까?
 안정판은 꼭 필요한가? 등등





로켓 발사 3-2-1 발사!

학년 반 이름

도전과제

뉴턴의 운동 법칙을 생각하면서
간단한 종이 로켓을 만들어 발사해보자.



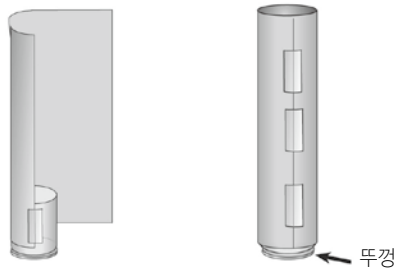
준비물

두꺼운 종이, 필름통, 투명접착테이프, 가위, 거품이 나는 약제(제산제나 틀니 세정제 등), 물, 보안경, 키친타월이나 휴지

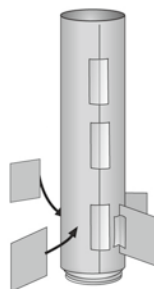


로켓 만들기

1. 필름통 둘레에 종이 튜브를 감고 테이프로 붙인다. 이 때 필름통 뚜껑쪽이 아래를 향하게 해야 한다.



2. 로켓 몸체에 붙이는 날개를 안정판이라고 한다. 안정판의 역할은 로켓이 운동할 때 로켓을 안정적으로 유지하기 위한 장치이다. 종이를 오려 안정판을 만든 후 로켓에 붙인다.

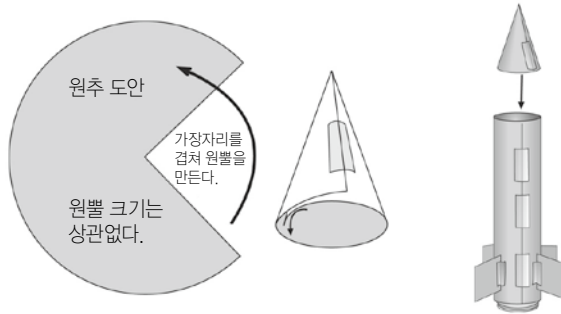


- 안정판의 위치와 개수는 자유롭게 정하자. 단, 이러한 내용이 로켓의 운동에 영향을 미칠지 탐구해보면 좋겠지?

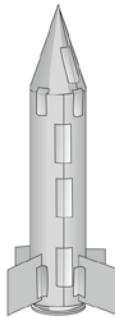


The principle of a rocket

3. 종이를 원뿔 모양으로 말아 로켓 상단에 테이프로 붙인다. 이 원뿔을 원뿔형기수라고 한다.



4. 완성된 로켓에 설계자의 이름을 쓴다.



로켓 발사하기

※ 보안경을 착용한다.

1. 로켓 끝부분의 필름통에 물을 정도 넣는다.
이제부터 신속하게 작업해야 해!
2. 제산제 등 거품을 내는 약제를 알 넣고 뚜껑을 꼭 닫는다.
3. 로켓을 발사대(편평한 바닥)위에 세우고 뒤로 물러선다.
4. 로켓이 올라간 높이를 가늠해 본다.
5. 물과 제산제의 양을 각각 늘려가며 실험을 되풀이한다.



분석 하기

로켓의 성능을 높일 수 있는 방법을 세 가지 생각해 보자.

- 1.
- 2.
- 3.





연대기 표 토의하기

- 필름통에 들어 있는 물의 양이 로켓의 비행 높이에 어떤 영향을 주는가?
- 물의 온도가 로켓의 비행 높이에 영향을 미칠까?
- 제산제 양이 로켓의 비행 높이에 영향을 주는가?
- 로켓의 길이나 자체 무게가 로켓의 비행 높이에 어떤 영향을 주는가?
- 2단 로켓을 만드는 것이 가능할까?



The principle of a rocket



로켓 운송 - 무게 들어올리기



풍선 로켓을 만들어 최대한의 적재물을 싣고 목표 높이까지 도달하게 하는 활동이다. 이 활동에서는 교사의 안내는 최소로 하고 학생들이 스스로 가장 성능이 좋은 로켓 운송 방법을 고안함으로써 창의성과 기술 능력 및 문제 해결 능력을 기르게 한다.



탐구목적

풍선으로 로켓을 만들어 클립을 천장까지 수송한다.

- 관련 개념 : 고도
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 3~4명

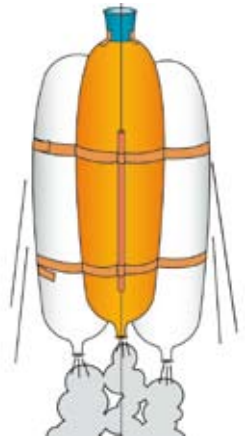


재료 및 도구

로켓 키트 - 긴 풍선(524풍선) 3개, 종이컵(소주잔 크기)1개, 종이클립 50개, 접착테이프, 빨대(탄산음료수 용) 2개, 풍선 쿠폰 - 팀마다 키트 1개씩 제공함

낙식줄, 대형 바인더 클립(혹은 빨래집게), 풍선용 손펌프, 여분의 풍선

※ 풍선을 불었을 때 직경 5인치(12.7cm), 길이 24인치(60.96cm) 원통형이 되는 풍선을 524풍선이라고 한다. 인터넷에 검색하면 쉽게 구입할 수 있다. 반드시 524규격이어야 하는 것은 아니므로 길고 큰 풍선을 준비한다.



배경정보

로켓의 질량에 따라 로켓이 성공적으로 발사되기도 하고 아예 발사대에서 벗어나지 못하기도 한다. 로켓 비행의 기본 원칙에 따라 우주선 전체 질량보다 큰 추력이 엔진에서 생성되어야 로켓이 지면을 떠나게 된다.

우주선을 우주로 실어 보낼 수 있는 대형 로켓은 질량이 매우 중요한 요소이다. 정확한 속도로 궤도에 안착하기 위해서는 상당량의 연료가 필요하기 때문에 연료탱크, 엔진, 기타 관련 금속 기계 설비도 커지고 무거워진다. 일반적으로 큰 로켓이 작은 로켓보다 이동 거리가 더 길다. 그러나 로켓이 너무 커지면 구조물도 너무 무거워져서 운동에 많은 압박을 받게 된다.

너무 무거운 거대 로켓의 문제를 해결하는 방법은 16세기 폭죽 제조자인 요한 슈미트랩에 의해 고안되었다. 슈미트랩은 큰 로켓 꼭대기에 작은 로켓을 달아서 발사하였다. 큰 로켓의 연료가 모두 연소하면 로켓 몸체가 떨어져 나가고 나머지 작은 로켓은 가벼워진 질량 덕분에 운동량 보존 법칙에 의해 속도가 빨라져 훨씬 더 높은 고도까지 올라갈 수 있었다. 이 로켓 제조 방법을 다단화 기법이라고 부른다. 다단화 기법 덕분에 우주 왕복선을 타고 우주로 나갈 수 있는 것은 물론 다양한 우주선을 이용해 달과 다른 행성까지도 갈 수 있게 되었다.



사전준비

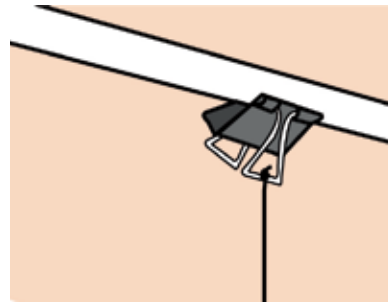
교실 천장에 낚시줄을 달아 연결한 발사대를 설치한다.

팀당 한 개의 발사대가 필요하므로 필요한 수를 미리 파악하여 낚시줄을 준비한다.

교실 천장에 어떤 형태이든 틀이 있으면 바인더 클립이나 빨래집게에 낚시줄을 묶어 틀에 고정시키면 된다. 또는 종이클립에 낚시줄을 묶어 천장마감재 사이의 틈에 걸쳐두어도 좋다. 적당한 곳이 없으면 튼튼한 접착테이프로 낚시줄을 천장에 단단히 붙여도 된다. 낚시줄은 바닥에 닿도록 길게 잘라서 사용한다.

발사대는 벽 가까이 설치하는 것이 로켓의 고도를 정확히 측정하는데 도움이 된다. 벽에 일정한 간격으로 색테이프를 붙여 두면 고도를 쉽게 비교할 수 있다.

각 발사대는 주위에 활동 공간을 넓게 확보하여 배치한다.



탐구안내

1. 학생들을 팀당 3~4명으로 배정하고 오늘의 프로젝트를 설명한다.

“미항공우주국은 무거운 화물을 우주 궤도로 발사할 창의적인 아이디어를 찾고 있다. 화물은 국제 우주 정거장을 건설하는 데 필요한 부품과, 우주인을 달과 화성까지 태우고 갈 우주선에 필요한 여러 가지 물품을 포함하고 있다. 또 먼 우주까지 가는 로켓에 동력을 제공하기 위해 필요한 대형 연료 탱크도 운반해야 한다. 동일한 재료로 가장 효율적인 중량체 운반 로켓을 만드는 방법을 생각해 보고 우주(천장)로 가장 무거운 화물을 발사할 수 있는 팀이 오늘의 우승팀이다.”

2. 각 팀에게 동일한 재료가 담긴 로켓 키트를 나누어 준다.

이 재료의 전부 또는 일부를 사용해 로켓을 만들도록 지시한다.

3. 로켓 발사 절차를 살피고 빨대로 낚시줄에 로켓을 장착하는 방법을 설명해 준다.

- 빨대에 낚시줄을 통과시키고 낚시줄 끝을 바닥에 테이프로 붙인다. 이 때 낚시줄이 팽팽해야 한다. 끝을 고정시키지 않으면 로켓이 이리저리 흔들려 천장에 도달하지 않는다.

4. 풍선용 손펌프가 있으면 풍선에 쉽게 바람을 넣을 수 있다. 사용법을 미리 안내해 준다.

※ 학생들에게 너무 많은 안내를 하지 않도록 유의한다.

풍선 로켓에 빨대를 붙여 경로에 안정성을 유지하는 방법과 발사대 사용법 정도만 설명하고 로켓 형태와 화물 적재 방법은 학생들 스스로 생각하도록 유도한다.



평가 및 토의

1. 각 팀에게 로켓 설계를 발표하게 한다.

- 사용한 풍선 개수는?
- 로켓이 천장까지 올라가면서 운반한 종이클립 개수는?
- 풍선에 종이클립을 적재한 방법은?
- 발생한 문제점이 있는가? 이 문제점을 해결할 방법은 무엇일까?

2. 학생들의 발사 결과를 비교한다. 발사 성공에 기여한 설계의 포인트와 보다 더 효율적인 중량체 발사기를 만들 때 활용할 수 있는 아이디어를 토의하게 한다.

① 풍선이 낚싯줄을 따라 가야 하는 이유는?

풍선주둥이에서 바람이 빠질 때 풍선 내부의 압력이 균일하게 감소하지 않으므로 그에 대한 반작용인 추진력도 작용점이 일정하지 않다. 따라서 풍선 로켓이 이리저리 흔들리게 되므로 빨대와 낚싯줄로 로켓의 경로를 안정하게 해주어야 한다.

② 효율적인 중량 운반체를 만드는 것이 중요한 이유는?

우주 여행은 매우 어렵고 비용이 많이 드는 작업이다. 이 작업에는 거대한 로켓과 엄청난 양의 추진제(연료)가 필요하다. 어떤 로켓은 페이로드(화물) 1kg을 지구 궤도에 올리는데 약 2,300만원의 발사 비용이 든다. 이 비용으로 계산하면 물 0.5L에 1,100만원을 지불해야 하는 우주 호텔에 묵게 될 것이다. 중량체 운반 로켓을 개선(더 가벼운 로켓 구조물, 더 효율적인 엔진 등)하면 훨씬 더 합리적인 비용으로 훨씬 더 많은 일을 우주에서 해낼 수 있을 것이다.



우주정거장에
물품 실어 나르기

학년 반 이름



도전과제

우리나라가 건설한 국제우주정거장에 필요한 여러 가지 부품과 우주인들이 사용할 생필품 등 많은 화물을 로켓을 이용해 배달하려고 한다.



화물이 많으면 실어 나를 로켓의 크기도 커지고 그에 따라 필요한 연료도 많아져 전체 질량이 무척 커진다. 자! 로켓을 효율적으로 설계하여 최대한 많은 화물을 우주로 실어 나르자.



준비물

로켓 키트 - 긴 풍선(524풍선) 3개, 종이컵(소주잔 크기)1개, 종이클립 50개, 접착테이프, 빨대(탄산음료수 용) 2개, 풍선 쿠편
발사대



로켓 만들기

1. 키트 안에는 3개의 풍선이 들어있다. 이 풍선을 이용하여 가장 효율적인 로켓을 만든다.
풍선에 빨대를 붙여야 하는데 그 이유가 무엇인지 생각하면서 작업한다.
2. 종이컵을 부착하여 컵 안에 종이클립을 실을 것이다. 최대한 많은 클립을 실어 나르려면 컵을 어디에 어떻게 부착해야 할까?

친구들과 토의하여 가장 멋지고 성능 좋은 로켓을 만들어 보자.



로켓 발사하기

1. 빨대에 발사대의 낚시줄을 통과시킨다.
2. 낚시줄 끝을 바닥에 고정시킨다.
3. 풍선 주둥이를 막은 클립 또는 집게를 빼고 손가락으로 잘 막고 있다가 각 풍선에서 동시에 손가락을 떼낸다.
4. 풍선 로켓이 천장까지 도착하는 지 살펴보고 운반하는 종이클립이 도중에 쏟아지지 않았는지 점검하여 설계를 개선한 로켓으로 반복 실험한다.



결과 정리

중량체 운반 로켓 비행 보고서

팀 이름 :

팀원 이름 :

비행횟수	로켓이 들어 올릴 질량 예측 (종이클립 1개=2g)	실제로 들어 올린 질량
1		
2		
3		
4		
5		

- 더 많은 클립을 운반하기 위해 로켓을 어떻게 변경했는가?
- 로켓 성능을 높이기 위해 어떤 변경을 시도해볼 수 있을까?

✎ 우리 팀 최고의 로켓 설계도 그리기



Preparation phase



토의하기

① 풍선이 낚싯줄을 따라 가야 하는 이유는?

② 효율적인 중량 운반체를 만드는 것이 중요한 이유는?



③ 풍선 하나가 10억원이라면 100개의 종이클립을 들어 올리는데 얼마의 비용이 들까? 실제 우주 사업에 드는 비용이 얼마나 큰지 짐작할 수 있다.



【읽을 거리】

아레스 V호

미 항공우주국 NASA는 차세대 우주 로켓을 위한 컨스텔레이션 프로그램을 발표하였는데 여기에는 아레스 V호라고 하는 중량체 발사기가 포함되어 있다. 아레스 V호는 아주 큰 과학 위성, 우주 정거장 교체 모듈과 비품, 달과 화성으로 유인 우주선을 추진시킬 지구 탈출 로켓과 같은 무거운 화물(페이로드)을 싣고 궤도로 비행할 것이다.

무거운 화물을 궤도로 올리는 것은 어려운 일이며 많은 비용이 든다. 우주 산업이 더욱 발달하게 되면 관광호텔 건설, 비품 전달 등을 위한 연료와 모듈 및 로봇을 상업적으로 제공할 시장도 형성될 것이다. 따라서 미래에는 중량 운반체에 관한 사업이 유망한 분야로 각광받을 것이다.

아레스 V호는 NASA의 주요한 중량 화물 발사체이다. 총 2단으로 구성되어 있으며 1단에는 액체 수소와 액체 산소가 들어 있는 SRB가 부착된다. SRB는 로켓의 추진을 위한 연료 탱크로 분리된 후에는 바다로 떨어지는데 회수하여 다시 사용할 수 있다. 2단에는 지구 탈출 로켓이 장착된다. 이 로켓과 원뿔형 기수(슈라우드) 사이에 달 착륙선이 들어간다. 슈라우드는 착륙선이 궤도에 오르면 본체에서 떨어져 나가고 착륙선과 도킹 어댑터가 우주 공간에 노출되어 목적지에 도달하면 착륙선이 달 기지와 도킹할 수 있도록 돕는다.



아레스 V호의 구조 발사 준비를 마친 아레스 V호

| 풍선으로 만드는 다단로켓



로켓이 지구 중력장을 벗어나 우주의 궤도에 도달하기 위해서는 매우 큰 추력이 필요하다. 정해진 중량과 연료를 사용하여 보다 더 효율적인 추력을 얻기 위해 로켓을 다단으로 제작한다.



탐구목적

새어 나오는 공기로 생성된 추력으로 낚싯줄에 건 풍선 두 개를 움직여 봄으로써 다단 로켓의 원리와 장점을 이해한다.

- 관련 개념 : 질량과 속도의 관계(운동량 보존 법칙)
- 준비시간 : 10~30분
- 활동시간 : 60분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료 및 도구

길고 큰 풍선(524풍선 등) 2개, 빨대(밀크셰이크용) 2개, 테이크 아웃용 커피 컵 (또는 크고 튼튼한 종이컵이나 골판지로 만든 컵 싸개), 접착 테이프, 가위, 집게 2개, 낚싯줄



배경정보

대기권 밖으로 이동하는 데에는 엄청난 양의 에너지가 필요하다. 에너지를 가능한 한 최소로 사용하면서 높은 고도를 달성하기 위해 16세기 요한 슈미트랩이 최초로 제안한 로켓 다단화를 간단하게 적용해 보는 활동이다. 로켓 하단에서 추진제가 배출되면서 로켓이 가속된다. 추진제가 모두 배출되면 하단 부위는 떨어져 나가는데 이 때 상단 부분이 더 크게 가속된다. 학생들은 아직 운동량 보존 법칙에 관한 개념이 없으므로 뉴턴의 제2 운동 법칙으로 설명하여도 된다. 로켓이 받는 추진력이 일정할 때, 질량이 감소하면 그만큼 가속도가 커져야 하므로 상단 부분의 속도가 증가한다. 실제로 이 과정은 매우 짧은 시간동안 이루어진다는 것을 강조할 필요가 있다. 추진력은 로켓 하단이 분리될 때 일정하게 유지되지 않기 때문이다.

상급학년 학생들에게는 운동량에 관한 간략한 이론적 설명을 하는 것도 좋다. 단, 중력이나 공기저항과 같은 외부력이 작용하지 않을 때 운동량이 보존됨을 분명히 한다.

일반적으로 로켓은 맨 아래쪽 단을 가장 크고 무겁게 만든다. 우주 왕복선의 경우 단을 나란히 부착한다. 외부 연료 탱크와 SRB(부스터) 등을 나란히 부착하고 발사 후 차례로 본체에서 분리하여 떨어뜨린다. 그 때마다 로켓의 속도는 더 크게 증가하여 목표하는 궤도에 도달하게 된다. 이러한 다단화 방식 덕분에 우주 왕복선을 타고 우주로 나갈 수 있는 것은 물론 다양한 우주선을 이용하여 달이나 다른 행성에도 갈 수 있다.



준비하기

1. 발사대 만들기

교실의 마주보는 두 벽 사이에 낚싯줄을 팽팽하게 당겨 고정한다.

– 학생들이 이동할 때 걸리지 않도록 높이 설치하는 것이 안전하다. 낚싯줄의 한 쪽 끝은 단단히 고정하고 다른 한 쪽 끝은 발사할 때마다 풍선을 끼울 수 있도록 쉽게 탈착이 되도록 바인더 클립 등을 이용하여 고정한다.

2. 풍선과 컵 준비하기

풍선을 불었을 때 직경이 커피 컵의 직경보다 작으면 안된다. 풍선 직경이 컵의 직경과 같거나 약간 크도록 미리 사이즈를 측정하여 준비한다. 일반적으로 커피전문점에서 판매하는 종이컵이나 골판지로 만든 컵 싸개와 524 풍선 정도면 크기가 적당하다.



진행하기

1. 학생들이 다단계 풍선 로켓을 만들 때 두 번째 풍선은 주둥이를 묶지 않고 첫 번째 풍선과 컵 고리에 눌러서 바람이 빠지지 않도록 작업하는 것이 쉽지 않다. 연습을 거쳐 익숙해지도록 도와준다.
2. 다단 풍선 로켓에 부착한 빨대가 서로 일직선을 이루는지 확인한다. 일직선상에 있지 않으면 로켓의 진로에 방해가 된다.
3. 빨대를 미리 낚싯줄에 끼워 둘 수도 있다. 이 경우에 학생들은 발사 전에 풍선 로켓을 테이프로 빨대에 고정하고 발사 후에 풍선만 떼어 가면 된다. 낚싯줄 한 쪽 끝을 묶었다 풀었다 하는 과정을 생략할 수 있는 장점이 있으므로 상황에 맞게 적절히 선택하는 것이 좋다.
4. 뒤쪽 풍선의 바람이 모두 빠지는 순간 앞쪽 풍선의 속도가 증가하는 것을 잘 관찰할 수 있도록 주의를 환기시킨다.



평가하기

1. 종이를 나누어 주고 풍선 다단 로켓을 바탕으로 실제 다단식 로켓을 직접 설계한 설계도를 그려보게 한다.
2. 지난 시간에 학습한 “우주 정거장에 물품 실어 나르기”를 응용하여 클립을 교실 천장까지 더 쉽게 배달하기 위한 다단 로켓을 설계하게 한다.



사고력 확장하기

1. 3단 풍선 로켓도 만들어 발사해 보도록 권한다.
2. 낚싯줄 없이도 2단 풍선 로켓을 날릴 수 있을까? 그러기 위해서 풍선을 어떻게 개조하면 좋을지 아이디어를 발표시킨다.
 - 낚싯줄은 풍선 로켓의 진행경로를 안정적으로 유지하기 위한 장치이다.







풍선으로 만드는 다단 로켓

학년 반 이름

도전과제

한정된 연료와 여러 제한 조건을 극복하고
더 빠른 속도에 도달하기 위한 다단 로켓의
원리를 이해한다.



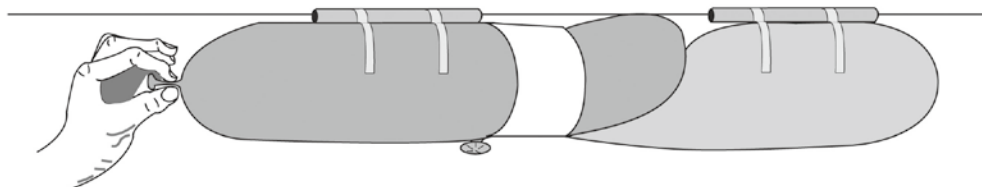
준비물

길고 큰 풍선(524풍선 등) 2개, 빨대(밀크셰이크용) 2개, 테이크 아웃용 커피 컵
(또는 크고 튼튼한 종이컵이나 골판지로 만든 컵 싸개), 접착 테이프, 가위, 집게 2개, 발사대



다단 풍선 로켓 만들기

1. 종이컵을 반으로 잘라서 바닥 부분은 버리고 고리 모양이 되게 한다.
2. 풍선을 1개 불어서 잡아 늘인다.
 - 컵 고리의 직경보다 풍선의 직경이 조금 커야 한다.
3. 풍선을 고리에 통과시켜 고리가 풍선 끝 쪽으로 지점에 오게 한 후 풍선을 더 불어 고리의 직경보다 조금 크게 만든다.
4. 풍선 주둥이를 꼬아 집게로 잘 막아둔다.
5. 두 번째 풍선을 불어 주둥이를 그림과 같이 고리와 첫 번째 풍선 사이로 잡아 뺀다. 바람이 새지 않도록 첫 번째 풍선이 고리 속을 꽉 채우고 있어야 한다. 두 번째 풍선의 주둥이도 집게로 막는다.



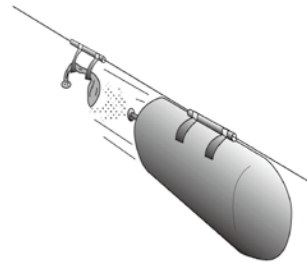
6. 풍선에 각각 10cm정도 길이로 자른 빨대를 서로 일직선이 되도록 접착 테이프로 붙인다.

Preparation phase



다단 풍선 로켓 발사하기

1. 빨대를 발사대의 낚싯줄에 끼운다.
(이미 빨대를 부착해 둔 발사대의 경우 풍선에는 빨대를 붙이지 않고 테이프로 풍선과 발사대 낚싯줄의 빨대를 고정시킨다)
2. 두 풍선 주둥이를 막은 집게를 제거하고 꼬인 주둥이를 풀어 손가락으로 잡고 있다.
3. 카운트다운을 하고 두 풍선 주둥이를 동시에 놓는다.
4. 뒤쪽 풍선의 바람이 거의 빠져 앞 쪽 풍선이 고리에서 탈출할 때 풍선의 속도가 증가하는 것을 관찰한다.



결과 정리

1. 풍선 다단 로켓을 바탕으로 실제 다단식 로켓을 직접 설계한 설계도를 그리자.
2. 지난 시간에 학습한 “우주 정거장에 물품 실어 나르기”에 응용하여 클립을 교실 천장까지 더 쉽게 배달하기 위한 다단 로켓을 설계하자.



토의하기

- 단일 로켓보다 다단 로켓이 속도와 고도를 증가시키는데 유리한 이유는 무엇일까?
지금까지 배운 뉴턴의 운동 법칙과 읽기 자료를 참조하여 답해보자.



【읽을 거리】

질량 제어

로켓의 총 질량은 로켓의 성능에 큰 영향을 준다. 로켓 질량이 엔진이 들어올릴 수 있는 능력보다 크면 로켓은 지구를 벗어나지 못한다(뉴턴의 제1 운동 법칙). 로켓은 가벼울수록 성능이 좋다. 그러나 우주에는 에너지 충전소가 없으므로 로켓에 필요한 모든 추진제(연료)를 실어야 한다. 로켓 질량의 대부분은 이 추진제가 차지한다. 연소되는 추진제의 질량은 추력(힘)을 얻는데 매우 중요한 요소이다(제2 운동 법칙). 따라서 질량을 절감하는 것은 주로 추진제가 아닌 다른 부분, 즉 로켓 구조물에서 이루어져야 한다.

로켓 탱크를 만들 때 가벼운 재료를 사용하는 것이 첫 번째 방법이다. 충격에 강하고 로켓이 솟아 오를 때 공기와의 마찰로 인해 발생하는 고온의 열에 견딜 수 있으면서 가벼운 재료를 찾아야 한다. 또 수소 및 산소 추진제를 기체 상태로 쓰지 않고 냉각시켜 액화하면 총 부피가 줄어들므로 탱크의 크기도 줄일 수 있다. 로켓의 방향을 제어하고 안정적으로 비행하는 데 필요한 안정판도 엔진 제어의 대체 방안이 있다면 없앨 수 있다.

로켓 공학자들이 제시하는 가장 효율적인 로켓은 추진제의 질량을 로켓 전체 질량으로 나눈 값이 0.91인 로켓이다. 다시 말해 로켓 전체의 질량에서 추진제가 차지하는 비율이 91%이고 나머지 로켓 구조물과 페이로드(적재물)의 질량이 9%를 차지한다. 추진제의 질량은 꼭 필요한 것이므로 구조물과 페이로드에서 질량 절감을 할 수 밖에 없다.

이를 위한 간단한 방법이 다단화이다. 3단형 로켓을 예를 들면 대형 로켓 위에 좀 더 작은 로켓을 얹고 그 위에 더 작은 로켓을 얹은 후 맨 위에 페이로드를 얹는다. 대형 로켓(1단)이 전체 로켓을 지면에서 들어 올린 후 연료 탱크가 비워지면 대형 로켓을 분리해서 떨어뜨린다. 두 번째 로켓(2단)의 엔진이 점화되고 로켓의 속도가 빨라져서 고도가 높아진다. 2단의 연료 탱크가 비워지면 역시 떼어낸다. 남은 3단 부분이 페이로드 전달 임무를 완료하게 된다. 다단화를 통해 비행 시 로켓 질량이 감소하여 로켓 본체의 작업 효율이 높아진다.

로켓 과학에는 항상 새로운 아이디어와 새로운 작업 방식이 등장한다. 고체 연료나 액체 연료가 아닌 새로운 연료를 사용한 로켓들이 공상과학물에 많이 등장한다. 단 몇 분 만에 연료를 모두 연소하는 화학 로켓보다 더 빠른 속도와 높은 고도를 달성할 수 있는 대체 에너지 로켓이 연구되고 있다. 전기 로켓이나 원자력 로켓이 그 예이다. 혹은 지구에서 우주선에 있는 집전기를 향해 강력한 레이저를 쏘아 에너지를 공급하는 방법도 고려해볼 만하다.

우리가 가는 곳과 그 곳에 가는 방법의 구현은 모두 현재 교실에 앉아 있는 미래의 로켓 과학자인 여러분의 몫이다.

Preparation phase





로켓의 상단부에 장착하는 기수는 로켓에 작용하는 공기저항과 밀접한 관련이 있다. 다양한 형태의 기수를 제작하여 공기 역학적으로 가장 우수한 것을 실험을 통해 확인한다.



탐구목적

기수의 형태에 따른 로켓의 이동거리를 비교한다.

- 관련 개념 : 고도
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 2명



재료 및 도구

‘항력이란 무엇인가?’ 질문지(사전에 배부), 두루마리 키친타월이나 휴지 속심, 원뿔형 기수 도안, 자, 지점토 또는 고무찰흙, 켄트지, 접착 테이프 또는 글루건, 컴퍼스, 가위, 송풍기능이 있는 진공청소기, 두껍고 큰 책 여러 권 또는 벽돌 여러 개



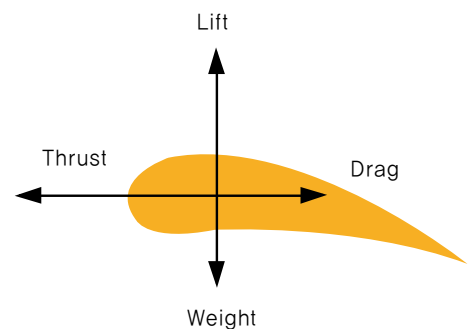
배경지식

공기 역학은 공기의 운동과 공기를 통해 움직이는 물체에 대한 힘을 다루는 과학의 한 분야이다.

로켓에 작용하는 힘은 네 가지가 있다. 네 가지 힘은 양력, 항력, 중력, 추력이다.

양력은 고체가 유체 속에서 움직일 때 작용하는 기계적인 힘으로, 물체의 표면을 감싸고 흐르는 유체의 속력이 빠르면 압력이 낮고 속력이 느리면 압력이 커지면서 압력차에 의한 수직 방향의 힘이 작용하게 된다.

항력은 로켓의 상승 운동을 방해하는 힘이다. 항력은 로켓의 모든 부분에서 발생하는데 로켓 표면과 공기 사이에서 발생하는 일종의 공기역학적 마찰이다. 항력에 영향을 주는 요인에는 로켓의 크기와 형태, 공기의 흐르는 속도와 기울기, 공기의 질량, 점도, 압축률이 있다.





탐구안내

1. 예비 문제지 작성

학생들에게 사전에 '항력이란 무엇인가?'에 관한 문제지를 배부하고 작성해 오게 한다. 공기 역학에 대한 기초 지식을 얻기 위한 과정이다.

2. 켄트지를 잘라 세 가지 모양의 원뿔형 기수를 만든다.

도안 두 개는 제시해 주고 나머지 하나는 평평한 기수를 만들게 하거나 학생 자신의 설계로 제작하게 한다. 기수를 휴지 속심에 붙인다. 점토는 기수 안에 묻쳐서 부착하여 질량 중심을 기수 쪽에 가깝게 위치하게 한다('로켓 안정성 확보' 참조).

3. 책이나 벽돌을 이용하여 로켓의 활주로를 만든다. 책을 양쪽으로 쌓아 좁은 통로를 만들어 로켓이 바람과 일직선이 되도록 한다.

4. 진공청소기의 송풍구와 로켓이 마주보게 놓는다. 송풍구를 잡고 로켓이 정지할 때까지 진공청소기를 작동시킨다.

5. 로켓이 후진한 거리를 측정하고 결과를 기록한다.



평가 및 토의

1. 어떤 형태의 기수를 부착했을 때 로켓의 이동거리가 가장 컸는가?

학생들의 실험 결과를 발표시킨다.

2. 로켓의 이동거리와 항력의 크기는 어떤 관계가 있을까?

항력을 크게 받은 로켓의 이동거리가 크다. 따라서 로켓은 이동거리가 가장 작은 형태의 기수를 장착하는 것이 유리하다.

3. 이 실험에서 통제해야 할 변인들은 무엇인가?

- ① 사용한 재료(원통과 기수, 접착제 등)의 질량
- ② 점토의 질량과 부착 위치
- ③ 송풍구와 기수 사이의 거리
- ④ 청소기의 강도와 작동시간
- ⑤ 로켓이 움직이는 통로의 재질과 폭

4. 원뿔형 기수의 유형을 소개한다.

		
포물형	타원형	원추형



나는 원뿔형 기수 전문가!

학년 반 이름

도전과제

로켓을 발사하면 지구 대기권을 비행하는 동안
여러 가지 힘이 로켓에 작용한다.



이 힘들을 잘 조절하면 로켓이 우주로 나가는데 매우 유리해진다. 이제 로켓의 상승을 방해하는 힘을 줄여 쉽게 우주 궤도로 진입하도록 설계해보자.



들어가기

지난 시간에 선생님이 나누어 주신 문제지의 답을 발표합니다.
공기역학과 항력에 대해 친구들과 이야기합니다.

- 기수란 무엇이고 로켓에서 어떤 역할을 할까?



탐구목표

세 가지 형태의 기수를 만들어 로켓에 부착하고 바람에 날려보아 어떤 형태의 기수가 로켓 발사에 유리한지 알아본다.



준비물

두루마리 키친타월이나 휴지 속심, 원뿔형 기수 도안, 자, 지점토 또는 고무찰흙, 켄트지, 접착테이프 또는 글루건, 컴퍼스, 가위, 송풍기능이 있는 진공청소기, 두껍고 큰 책 여러 권 또는 벽돌 여러 개

Preparation phase



탐구활동

1. 도면에 있는 2가지 형태의 기수를 켄트지로 제작한다.
2. 세 번째 기수는 평평하게 만들거나 창의적인 나만의 기수를 설계하여 제작한다.
3. 기수 안쪽에 점토를 묻쳐 붙인다.
- 세 가지 기수 모두 같은 양의 점토를 같은 위치에 붙여야 한다.
4. 키친타월이나 휴지의 속심에 제작한 기수를 테이프나 글루건을 이용하여 잘 붙인다.
- 글루건은 매우 뜨거우므로 조심해서 사용하세요.
5. 편평한 바닥에 책이나 벽돌로 좁은 통로를 만든다.
6. 로켓과 진공청소기의 송풍구를 마주보게 놓은 후 송풍구가 흔들리지 않게 손으로 잡고 로켓이 멈출 때까지 청소기를 작동시킨다.
7. 세 가지 기수에 대해 실험을 반복하고 로켓의 후진거리를 비교한다.



결과 정리

원뿔형 기수 이동거리 결과표

원뿔형 기수 모양	이동한 거리(cm)			
	1회차	2회차	3회차	평균



토의하기

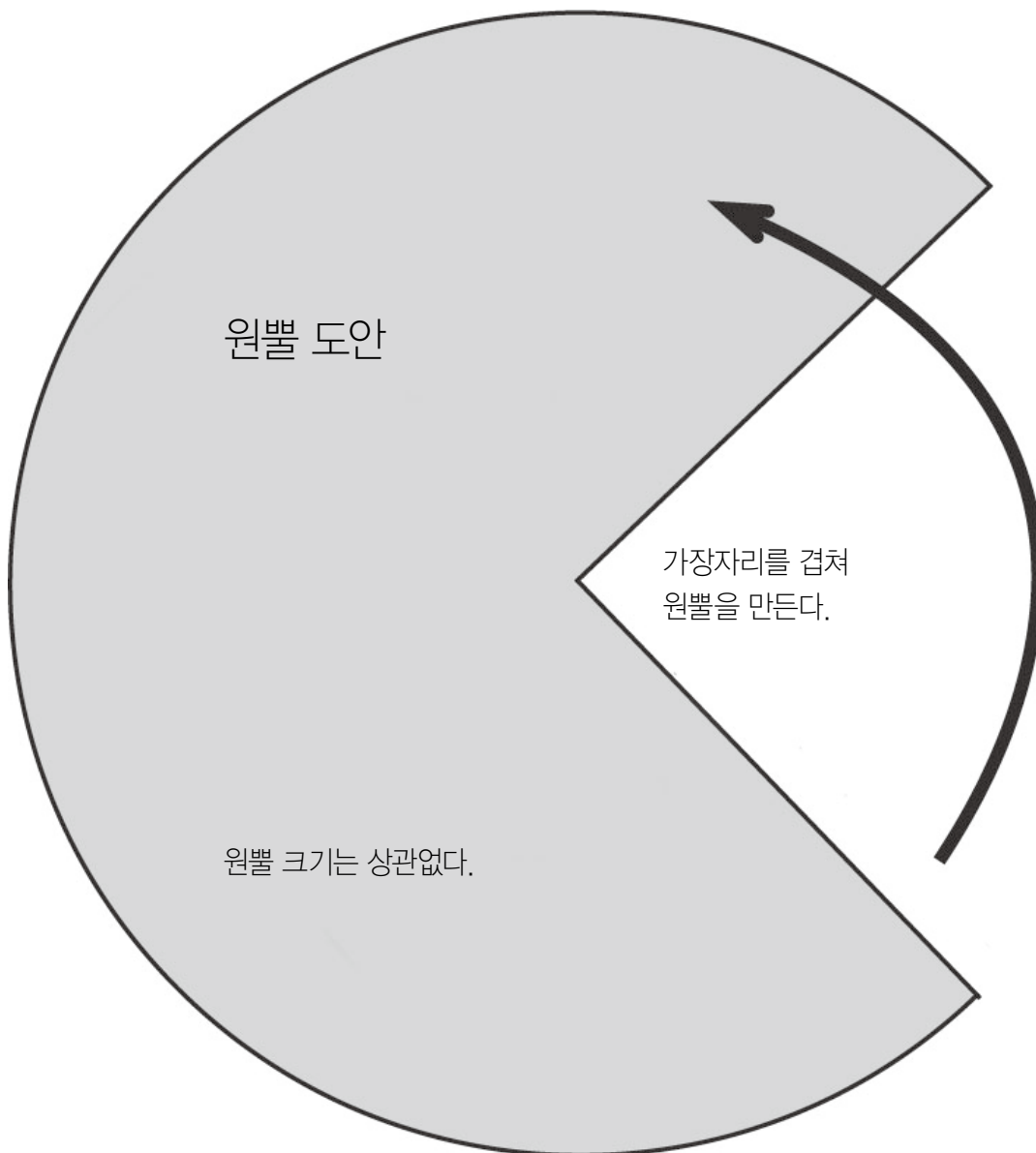
1. 어떤 형태의 기수를 부착했을 때 로켓의 이동거리가 가장 컸는가?
2. 로켓의 이동거리와 항력의 크기는 어떤 관계가 있을까?
3. 이 실험에서 통제해야 할 변인들은 무엇인가?

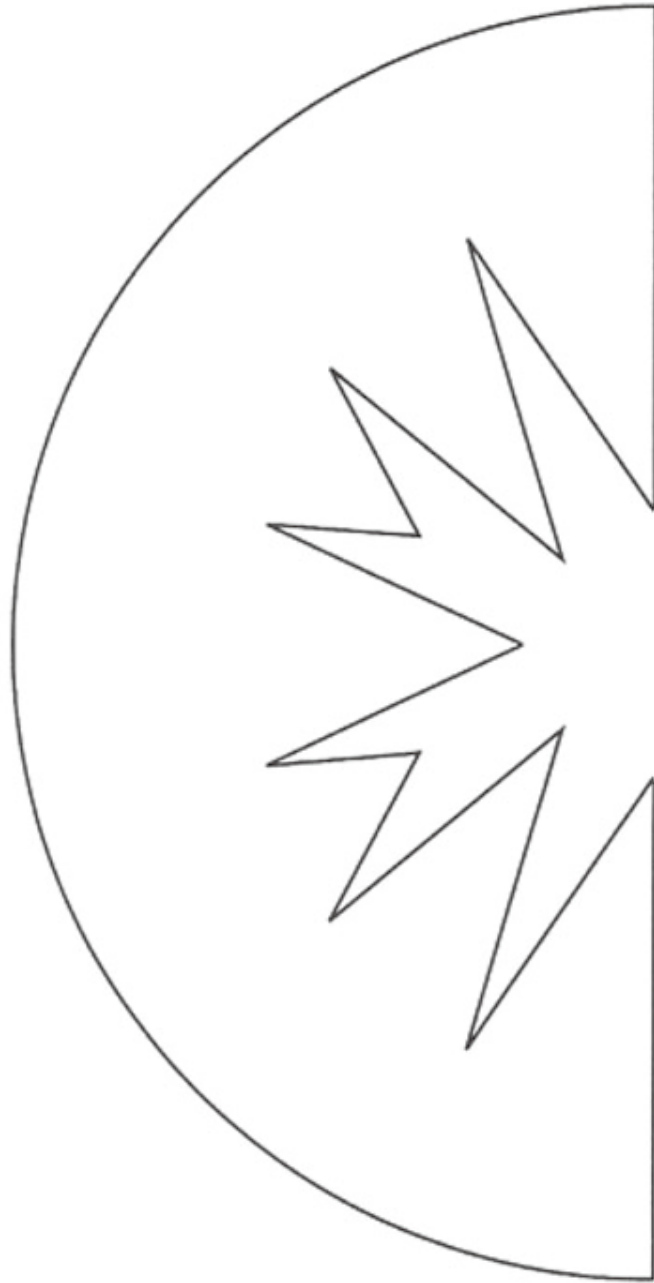
❁ 항력이란 무엇인가?

여러분은 로켓 전문가 그룹 학생들입니다. 이제 효율적인 로켓 설계를 위한 기본 지식들을 공부하려고 합니다. 다음 질문에 답하세요.

1. '공기역학'이라는 단어를 들었을 때 가장 먼저 떠오르는 생각은 무엇인가?
전에 이 단어를 들어본 적이 있다면 어디에서 들었는가?
2. 인터넷이나 도서관에 있는 자료를 이용하여 공기역학 및 바람터널(풍동) 사용의 중요성에 관한 정보를 찾고 몇 가지 예를 들어보자.
3. 공기역학과 관련하여 항력이란 무엇인지 요약해보자.
4. 로켓의 어느 부분이 항력을 받는가? 또, 항력을 줄이기 위해 할 수 있는 것은 무엇인가?

♣ 원뿔도안

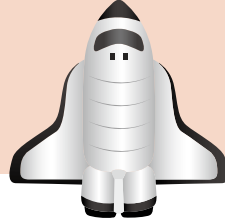




선을 따라 자르고 작은 삼각형부터 시작해 삼각형의 변을 테이프로 붙인다.

Preparation phase





로켓 안정판과 관련된 두 가지 변수를 나누어 조사하게 한다. 한 그룹은 안정판의 형태와 크기에 대해 조사하고, 다른 그룹은 안정판의 수와 위치에 대해 조사한다.



탐구목적

안정판 전문가의 목적은 조사와 관찰 결과를 바탕으로 비행 중 로켓을 안정된 상태로 유지할 수 있는 가장 효율적인 안정판을 설계하기 위한 자료를 수집하는 것이다. 수집한 자료는 팀원들과 공유한다.

- 관련 개념 : 질량 중심과 압력 중심
- 준비시간 : 10분
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 전체를 2개 또는 3개 그룹으로 나눈다. - 3개 그룹으로 수업할 때는 조사하는 변수를 세분하여 과제를 부과한다. 안정판의 형태 및 크기 조사를 형태 조사와 크기 조사로 나눈다.



재료 및 도구

‘곧게 날아오르기’문제지(사전 배부), 원뿔형기수 전문가 시간에 만든 로켓(두루마리 키친타월이나 휴지 속심과 간단한 기수에 지점토 또는 고무찰흙을 붙인 것), 두꺼운 종이, 가위, 접착테이프나 글루건, 자, 송풍기능이 있는 진공청소기, 두껍고 큰 책 여러 권 또는 벽돌 여러 개, 모눈종이



배경정보 및 지도상 유의점

안정판을 잘 이해하기 위해서는 질량 중심과 압력 중심에 대한 개념이 필요하다. 이 두 가지 개념에 대해서는 다음 수업인 ‘로켓의 안정성 시험’에서 다룬다.

안정판이 없는 로켓은 안정판이 있는 로켓보다 조종이 훨씬 어렵다. 안정판의 숫자와 배치는 물론이고 크기와 모양은 로켓 전체의 중량을 너무 무겁게 하지 않으면서 적절한 안정성을 확보하는 데 결정적인 역할을 한다.

안정성 및 제어 시스템에 대한 공학적인 자세한 내용을 다루지 않은 상태에서 안정판 실험을 통해 학생들이 로켓의 운동에 미치는 많은 변수들을 생각하도록 유도한다.



탐구절차

1. 예비 문제지 작성

학생들에게 사전에 ‘곧게 날아오르기’에 관한 문제지를 배부하고 작성해 오게 한다. 학생들은 다음과 같은 의문점을 갖게 된다.



- 안정판의 모양 때문에 차이가 생길까?
 - 안정판의 크기가 영향을 미칠까?
 - 안정판을 더 많이 설치하는 것이 좋을까?
2. 학생들을 2~3개의 그룹으로 나누고 각 그룹 별로 탐구할 과제를 부과한다.
그룹 수에 따라 '안정판의 모양 조사하기', '안정판의 크기 조사하기', '안정판의 수와 위치 조사하기' 등으로 과제를 세분화한다.
 3. 활동지를 나누어 주고 지난 시간에 만든 로켓을 활용하게 하면 시간을 절약할 수 있다.
이 때 변인 통제에 대해 충분히 강조해야 한다.
 4. 실험이 끝나면 학생들이 얻은 결과에 대해 서로 충분히 토의할 수 있는 시간을 준다.
 5. 조사와 실험을 마친 학생들이 결과를 바탕으로 그룹보고서를 작성하도록 한다.



평가 및 토의하기

1. 각각의 변수에 따른 로켓의 이동거리는 어떻게 다른가?
학생들의 실험 결과를 발표시킨다.
2. 안정판이 바람을 맞는 부분은 얇은 모서리이므로 항력을 거의 받지 않는데도 불구하고 안정판의 여러 변수에 따라 로켓의 운동이 달라지는 것에 대해 생각하게 한다.

◎ 로켓의 운동에 가장 유리한 안정판의 요건은 무엇인가?

안정판의 형태와 크기 및 수와 위치를 모두 종합하여 결론을 이끌도록 유도한다.

3. 이 실험에서 통제해야 할 변인들은 무엇인가?
실험하고자 하는 변인 외의 다른 모든 변수들은 일정하게 유지되어야 한다.
만약 안정판의 형태를 조사한다면, 안정판의 크기나 수, 위치는 모두 같아야 한다. 또한 로켓의 크기와 모양, 기수 등도 같게 해야 하며 진공청소기의 송풍 강도와 시간, 통로의 상태도 일정해야 한다.



나는 로켓 안정판 전문가!

학년 반 이름

도전과제

로켓 하단에 주로 부착하는 날개를 안정판이라고 한다. 안정판은 왜 필요할까?



안정판이 없어도 로켓이 잘 비행할 수 있을까? 어떤 안정판이 로켓의 비행에 가장 유리할까?
안정판의 전문가가 되어 이 질문들에 답을 해보자.



들어가기

지난 시간에 선생님이 나누어 주신 문제지의 답을 발표합니다.

안정판의 어떤 변수에 대해 탐구할 지 친구들과 의논합니다.

- 안정판이란 무엇이고 로켓에서 어떤 역할을 할까?



탐구목표

안정판을 만들어 로켓에 부착하고 바람에 날려보아 어떤 형태의 안정판이 로켓 비행에 유리한지 알아본다.



준비물

‘곧게 날아오르기’문제지, 원뿔형기수 전문가 시간에 만든 로켓(두루마리 키친타월이나 휴지 속심과 간단한 기수에 지점토 또는 고무찰흙을 붙인 것), 두꺼운 종이, 가위, 접착테이프나 글루건, 자, 송풍기능이 있는 진공청소기, 두껍고 큰 책 여러 권 또는 벽돌 여러 개, 모눈종이

※ 활동 전 유의사항

우리가 조사할 내용은 변수가 매우 다양하므로 결과에 영향을 미칠 수 있는 변인이 무엇인지 잘 살펴보고 변인 통제에 주의하자.



탐구활동

【탐구 1. 안정판의 형태 조사하기】

- 과제 : 어떤 모양의 안정판이 가장 안정적인가?
- 탐구의 팁 : 안정판은 비행 중인 로켓을 안정적인 상태로 유지하기 위해 장착한다.
얇은 모서리가 바람을 향하기 때문에 항력의 영향을 거의 받지 않을 것이다. 안정판의 모양과는 어떤 관계가 있을까?
- 절차
 1. 서로 다른 모양의 안정판을 3~4개 설계한다. 모양은 다르나 크기는 같아야 한다.
 2. 로켓에 안정판을 부착한다. 결과표에 안정판의 모양을 그려 넣는다.
 3. 책이나 벽돌로 만든 통로에 송풍구와 로켓이 마주보게 놓은 후 진공청소기를 작동시켜 로켓의 이동 거리를 측정한다. 매번 로켓과 송풍구 사이의 거리는 같아야 한다.
 4. 결과를 모눈종이에 그래프로 나타내고 결론을 작성한다.



결과 정리

안정판의 모양에 따른 이동거리 결과표

안정판 형태 도안	이동한 거리(cm)				비행관찰 내용
	1회차	2회차	3회차	평균	

결론

안정판 형태에 대해 어떤 결정을 내렸는가?

【탐구 2. 안정판의 크기 조사하기】

- 과제 : 어떤 크기의 안정판이 가장 안정적인가?
- 탐구의 팁 : 안정판은 비행 중인 로켓을 안정적인 상태로 유지하기 위해 장착한다.
얇은 모서리가 바람을 향하기 때문에 항력의 영향을 거의 받지 않을 것이다. 안정판의 크기와는 어떤 관계가 있을까?
- 절차
 1. 서로 다른 크기의 안정판을 3~4개 설계한다. 모양은 같아야 한다.
 2. 로켓에 안정판을 부착한다. 결과표에 안정판의 모양과 크기를 기록한다.
 3. 책이나 벽돌로 만든 통로에 송풍구와 로켓이 마주보게 놓은 후 진공청소기를 작동시켜 로켓의 이동 거리를 측정한다. 매번 로켓과 송풍구 사이의 거리는 같아야 한다.
 4. 결과를 모눈종이에 그래프로 나타내고 결론을 작성한다.



결과 정리

안정판의 크기에 따른 이동거리 결과표

안정판 형태 도안과 크기	이동한 거리(cm)				비행관찰 내용
	1회차	2회차	3회차	평균	

결론

어떤 크기의 안정판이 안정적인 비행을 위해 가장 적합한 것으로 나타났는가?

【탐구 3. 안정판의 수와 위치 조사하기】

- 과제 : 몇 개의 안정판을 어디에 설치하는 것이 가장 안정적인가?
- 탐구의 팁 : 안정판의 수를 시험하는 것이므로 다른 모든 변수는 일정하게 유지한다.
같은 수의 안정판으로 위치와 간격을 바꾸면서 실험한다.
- 절차
 1. 한 가지 형태의 안정판을 5~6개 도안한다. 크기와 형태는 동일해야 한다.
 2. 로켓에 안정판을 부착한다. 결과표에 안정판의 수와 위치를 기록한다.
 3. 책이나 벽돌로 만든 통로에 송풍구와 로켓이 마주보게 놓은 후 진공청소기를 작동시켜 로켓의 이동 거리를 측정한다. 매번 로켓과 송풍구 사이의 거리는 같아야 한다.
 4. 결과를 모눈종이에 그래프로 나타내고 결론을 작성한다.



결과 정리

안정판의 모양에 따른 이동거리 결과표

안정판의 수와 위치 도안	이동한 거리(cm)				비행관찰 내용
	1회차	2회차	3회차	평균	

결론

실험을 통해 무엇을 배웠는가?

{ 곧게 날아오르기 }

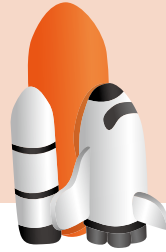
여러분은 로켓 안정판 전문가 그룹 학생들입니다.

1. 로켓 하단부에 부착하는 안정판에 대해 어떤 의문점이 있는가?
2. 안정판이 로켓에 어떤 영향을 미친다고 생각하는가?
3. 시속 80km로 달리는 자동차에서 차창 밖으로 손을 내밀어보자. 무엇을 알 수 있는가?
4. 이 때 손을 천천히 돌려보자. 어떻게 되는가?
5. 손을 돌리는 것과 같이 움직이는 기수는 로켓에 어떤 영향을 미칠까?
6. 화살은 날아갈 때 매우 안정적이다. 어떤 구조 때문일까? 왜 직선으로 날아갈까? 로켓과 비슷한 점은 무엇일까?
7. 화살의 뒤쪽에 깃털이 있는 이유는 무엇일까? 깃털이 없는 화살은 어떻게 다를까?
8. 로켓 안정판에 중요한 요인(변인)들로 어떤 것이 있을까?

Preparation phase



로켓 안정성 확인하기



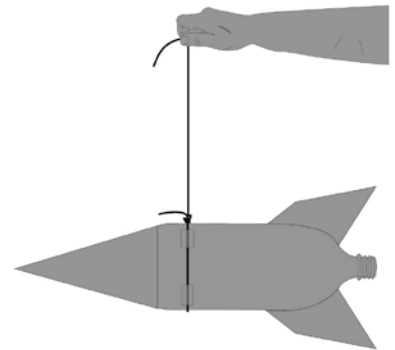
공중을 똑바로 비행하는 로켓을 안정적인 로켓이라고 할 수 있다. 경로에서 벗어나거나 거칠게 요동하는 로켓은 불안정하다. 이것은 로켓의 설계에서 결정된다.



탐구목적

질량 중심과 압력 중심의 개념을 이해한다.

- 관련 개념 : 질량 중심과 압력 중심
- 준비시간 : 10분미만
- 활동시간 : 30분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀 당 2명



재료 및 도구

로켓을 만들 경우 - 간단한 로켓 재료(페트병, 우드락, 파티용 고깔 등), 접착테이프, 글루건 실이나 낚시줄, 가위, 플라스틱 자, 그래프용지, 판지 또는 두꺼운 종이, 풀, 점토, 색 사인펜, 저울



배경정보 및 지도상 유의점

로켓에는 두 개의 “중심”이 있다. 질량 중심과 압력 중심에 대한 개념을 소개한다. 학생들에게 읽기자료를 배부하고 두 개념에 대해 간략하게 설명한다.

이 활동에서는 로켓의 두 중심점을 찾아내고 그것이 로켓의 비행에 어떤 영향을 미치는지 실험으로 살펴본다. 수업을 꾸미기에 따라 30분미만의 간단한 활동이 될 수도 있고 50분 정도의 긴 활동이 될 수도 있다. 로켓 재료를 이용하여 물로켓을 제작하게 하면 시간이 긴 활동이 된다. 두 중심점만을 찾는데 초점을 둔다면 과학실에 있는 여러 형태의 로켓이나 종이비행기로 짧은 수업을 진행할 수 있다. 중심의 개념은 먼저 로켓을 실로 묶어 수평을 유지하는 모습을 보여주거나 종이비행기를 날려보게 하여 흥미를 유도한 후 학생들이 어려워하지 않을 만한 수준으로 설명하는 것이 좋겠다.



탐구절차

1. 종이비행기 날리기

학생들에게 각각 자신만의 종이비행기를 접게 한다.

한명씩 날리면서 종이비행기가 뒤집어지거나 회전하지 않고 원하는 방향으로 날아가는지 살펴보게 한다.

안정적으로 날아서 사뿐히 착륙한 종이비행기와 그렇지 않은 종이비행기를 선별하여 교사용 테이블에 모아놓는다.

2. 원리 알아보기

읽기자료를 나누어 주고 자신의 종이비행기의 운동을 이론에 맞춰 생각하게 한다. 질량중심과 압력중심에 대해 간략하게 설명한다.

- 질량중심은 무엇인가? 우리 몸의 질량중심은 어디쯤 될까?
- 압력중심은 무엇인가?

※ 질량중심을 실감나게 느낄 수 있는 작은 활동을 곁들일 수 있다.

학생을 벽에 기대어 발꿈치까지 딱 붙이고 서게 한 후 허리를 굽혀 손으로 발목을 잡아보게 한다. 질량중심 점이 앞으로 기울면서 몸이 넘어지게 된다. 절대 발목을 잡을 수 없는데 학생들이 이 놀이를 꽤 재미있어 한다.

3. 사용할 로켓을 실로 묶어 질량중심점을 찾게 한다. 정확히 수평이 되도록 강조한다.

4. 그래프용지에 로켓의 모양을 정확히 그린 후 판지에 붙이고 오린다. 자를 책상위에 가로로 세우고 종이로켓을 얹어 압력중심점을 찾는다.(압력 중심점이 질량 중심점보다 뒤에 위치하게 하기 위해서)

5. 압력중심이 질량중심보다 뒤쪽에 있도록 로켓에 점토를 붙인다.

또는 안정판을 크게 해도 되는데 이 경우에는 로켓을 다시 그리고 오리는 과정을 여러 번 되풀이해야 하므로 점토를 이용하는 편이 좋다.

6. 압력중심점이 뒤쪽에 위치했으면 실 고리로 로켓을 묶어 스윙 시험을 한다. 고리는 테이프로 고정시키고 탁트인 공간에서 실 끝을 잡고 로켓을 천천히 원을 그리며 돌린다. 안정적인 로켓은 기수가 앞을 향하고 꼬리가 뒤를 향한 상태로 돌아간다.



평가 및 토의하기

1. 이제 수업 처음에 만들어 날린 종이비행기를 안정적으로 비행하게 개조하는 방법을 발표해보자.

- 학생들이 두 중심점 개념을 바탕으로 발표하게 하고 점토를 사용하여 종이비행기가 안정적이 되도록 개조하게 한다.

2. 로켓의 안정성에 영향을 줄 수 있는 로켓의 구조물을 생각해보자.

- 기수의 크기와 형태, 안정판의 크기와 개수 등
- 크기는 압력중심에 더 많은 영향을 주고 재질과 개수는 질량중심에 더 큰 영향을 미친다.



로켓이 안정적으로 비행하려면...?

학년 반 이름

도전과제

하늘을 나는 비행기는 뒤집어지거나 회전하지
않고 바른 자세로 목적지까지 날아가서
역시 바른 자세로 착륙한다.



로켓도 이러한 안정적인 비행을 해야 하는데, 이를 결정하는 조건은 무엇일까?



들어가기

나만의 방법으로 멋진 종이비행기를 접자. 날개 모양과 몸체, 꼬리 등 자유롭게 만들 수 있다. 필요하면 부분적으로 접어 풀로 붙여도 된다.

이제 만든 종이비행기를 날려보자!

- 내가 만든 종이비행기는 안정적으로 날았는가?



탐구목표

질량중심과 압력중심을 알고 안정적인 로켓을 설계한다.



준비물

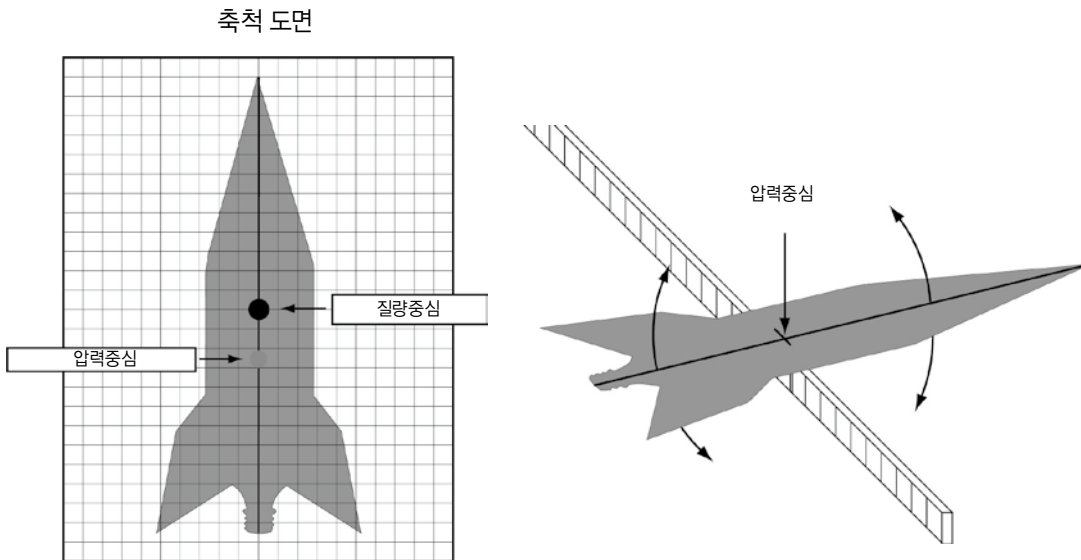
로켓을 만들 경우 - 간단한 로켓 재료(페트병, 우드락, 파티용 고깔 등), 접착테이프, 글루건
실이나 낚싯줄, 가위, 플라스틱 자, 그래프용지, 판지 또는 두꺼운 종이, 풀, 점토, 색 사인펜, 저울



탐구활동

1. 로켓 재료를 사용하여 간단한 로켓을 만든다. 발사하지는 않을 것이므로 정교하지 않아도 된다.
2. 그래프용지에 아래 그림과 같이 로켓 평면도를 그린다. 이때 로켓의 크기가 변하지 않도록 정확히 그려야 한다.
3. 그래프용지를 판지에 붙이고 외곽선을 따라 오린다.
4. 실로 꼬리를 만들어 로켓을 끼운다. 로켓이 수평이 되도록 꼬리 안에서 로켓의 위치를 잘 조정한다. 로켓이 수평이 되면 실의 위치를 도면에 사인펜으로 표시한다. 여기가 질량중심이다.

Preparation phase



- 로켓 그림을 자 모서리에 놓고 균형을 잡는다. 자가 기울어 떨어지지 않고 균형을 이룬 지점을 다른 색 사인 펜으로 표시한다. 여기가 압력중심이다.
 - 압력중심이 질량중심보다 앞에 있으면 로켓의 기수 쪽에 점토를 붙여 질량중심이 더 앞쪽에 오도록 실험을 반복한다.(압력중심은 변하지 않는다)
 - 실 고리로 로켓을 묶고 넓은 공간에서 실의 끝을 잡아 로켓을 천천히 원을 그리며 돌린다(스윙 실험). 로켓이 안정적으로 움직이는가?
안정적인 로켓은 기수가 앞을 향하고 꼬리가 뒤를 향한 상태로 돌아간다.
- ※ 압력중심이 질량중심보다 앞에 있으면 로켓의 회전이 어떻게 달라지는가?

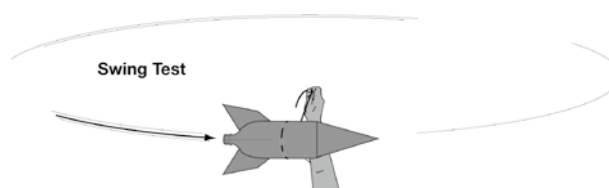


결과 정리

로켓 안정성

	질량중심(cm)	압력중심(CP)
기수 끝에서부터 거리(cm)		
뒤쪽 끝에서부터 거리(cm)		

- CM과 CP사이의 거리 : cm
- 로켓이 스윙실험을 통과했는가?





토의하기

1. 이제 수업 처음에 만들어 날린 종이비행기를 안정적으로 비행하게 개조하는 방법을 발표해보자.
2. 로켓의 안정성에 영향을 줄 수 있는 로켓의 구조물을 생각해보자.

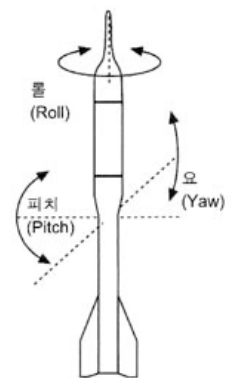


【읽을 거리】

질량중심과 압력중심

화살은 언제나 화살머리가 앞쪽을 향한 채 날아간다. 풍향계의 화살은 머리가 바람이 불어오는 쪽을 향하고 꼬리는 바람이 불어가는 쪽을 향한다. 이 원리는 무엇일까?

모든 물체는 그 크기, 질량, 형태에 관계없이 내부에 질량중심(CM:center of mass)이 존재한다. CM은 물체의 총 질량이 완벽한 균형을 이루는 정확한 한 지점이다. 그 물체 자체가 CM인 한 점에 있다고 말할 수 있다. 자의 CM은 손가락 위에 올려놓고 쉽게 찾을 수 있다. 자의 두께와 밀도가 균일하다면 중간 지점이 CM이다. CM은 로켓 비행에서 매우 중요하다. 불안정한 로켓은 이 질량중심점을 중심으로 회전하기 때문이다. 비행하는 모든 물체는 회전하려는 경향이 있다. 막대를 던지면 빙글빙글 돌며 날아가고 공을 던져도 역시 일정한 방향으로 회전하면서 날아간다. 특정한 축을 중심으로 회전하는 것은 비행 중 안정을 유지하기 위한 방법이다. 회전 원반인 Frisbee는 신중하게 계산된 회전력으로 던져야만 의도한 위치로 날려 보낼 수 있다. 로켓이 이렇게 회전하면서 비행하게 되면 경로를 예측할 수 없으므로 매우 위험하며 갑자기 뒤집어지거나 발사대 또는 관중 위로 곤두박질칠 수도 있다.



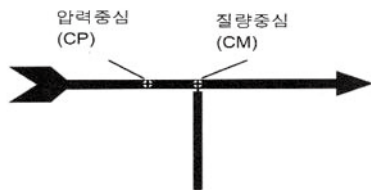
(롤 : z축, 피치 : x축, 요 : y축)

비행 중 상하 또는 좌우 방향의 회전은 축을 중심으로 일어나는데, 로켓의 경우 롤, 피치, 요라고 하는 세 개의 축을 갖는다. 이 축들이 교차하는 지점이 CM이다. 롤 축 방향의 회전은 비행 경로에 영향을 미치지 않으므로 중요성이 낮지만 나머지 두 축 방향의 회전은 중요하다. 피치 축과 요 축을 중심으로 하는 불안정한 움직임은 로켓이 예정된 경로에서 벗어나게 한다.

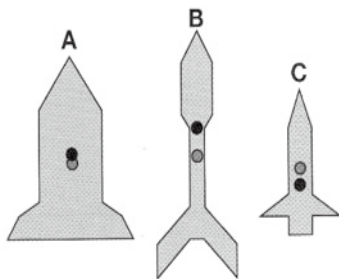
Preparation phase

로켓 내부에는 CM외에도 비행에 영향을 미치는 또 하나의 중요한 중심점이 있는데 이를 압력중심(CP:center of pressure)이라고 한다. CP는 공기가 이동하는 로켓을 지나서 흐를 때에만 존재한다. 로켓의 외부 표면에 대해 마찰과 압력을 발생시키는 기류는 로켓의 세 가지 축 중 어느 한 축을 중심으로 하는 움직임을 일으킬 수 있다.

다시 풍향계로 돌아가 보자. 풍향계의 화살 머리가 바람이 불어오는 방향을 가리키는 이유는 화살의 꼬리 부분의 표면적이 머리 부분보다 넓기 때문이다. 기류가 머리 보다 꼬리에 더 큰 힘을 가하게 되므로 꼬리는 그 힘에 의해 밀려난다. 화살에는 한 점을 중심으로 양쪽의 표면적이 같아지는 중심점이 존재한다. 이 점이 바로 CP이다. 화살의 CP는 CM과는 다른 지점에 위치한다. 만약 같은 지점에 위치한다면 화살은 어느 쪽도 바람 방향을 가리키지 않을 것이다. CP는 화살 꼬리와 CM사이에 있다. 즉, 꼬리 끝이 머리 끝 보다 표면적이 넓다.



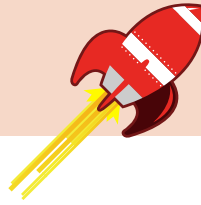
무엇보다 중요한 점은 로켓의 CP는 꼬리 쪽에, CM은 머리 쪽에 위치한다는 사실이다. 같은 위치에 있거나 서로 지나치게 가까우면 로켓은 비행 중에 불안정해지고 피치 축 및 요 축은 CM을 중심으로 회전하면서 위험해진다. 결국 CP의 위치가 적절해야 로켓은 안정된 상태를 유지할 수 있다.



1. B로켓이 가장 안정적인 로켓이다.
2. C로켓은 비행 중 반드시 뒤집어진다.
3. A로켓은 이상한 경로로 날아갈 것이다.

로켓이 상승할 때 옆바람을 맞으면 경로에서 이탈한다.





쏘아 올린 로켓의 고도를 측정하기 위하여 고도 추적기를 만들어 주변의 높은 사물의 높이를 측정하는 연습을 한다.



탐구목적

단순한 고도 추적기와 기본 수학을 이용해 학생들이 만든 로켓이 비행할 때 도달하는 고도를 간접적으로 측정한다.

- 관련 개념 : 질량 중심과 압력 중심
- 준비시간 : 10분미만
- 활동시간 : 30분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀 당 2명



재료 및 도구

고도 추적기 도안, 실 또는 낚싯줄, 가위, 칼, 스테이플러, 미터 자, 핀 또는 작은 못, 작은 쇠고리, 공(테니스공이나 야구공 등), 판지 (로켓과 발사 장치)



지도상 유의점

소형 로켓의 고도를 추적하는 활동은 자신이 만든 로켓이 얼마나 높이 날았는지 추정하는 방법을 알 수 있기 때문에 학생들에게 재미있는 활동이다.

그 방법은 비교적 간단하다. 로켓을 발사하고 일정 거리에 떨어져 서서 추적기로 로켓을 관찰하면서 지면과 비행 최고점에 도달한 로켓 사이의 각도를 측정한다. 간단한 공식을 이용해 고도를 계산한다.

처음에는 움직이는 로켓의 고도를 측정하는 것이 어려우므로 나무나 건물 등 고정되어 있는 물체를 대상으로 하여 연습한다. 익숙해지면 공중으로 던져 올린 공의 고도를 측정하도록 한다. 만든 고도 추적기는 잘 보관해 두었다가 로켓을 제작하고 발사하는 수업시간에 활용하면 좋다.

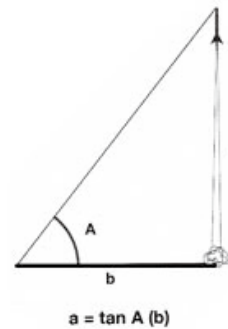
고도를 계산하는 공식은 바로 학생들에게 제시하는 것보다는 함께 유도해보는 것이 좋겠다. 매우 간단한 삼각함수 개념이므로 어렵지 않고 재미있게 이끌어낼 수 있다.



탐구절차

1. 학생들에게 고도 추적기 도안을 나누어준다.
2. 튼튼한 추적기를 만들려면 도안을 판지나 두꺼운 종이에 붙여 오리게 한다.
3. 추적기를 만들 때 매듭을 튼튼히 짓도록 하고 저학년 학생들의 경우에는 중간에 풀리지 않도록 도와준다.
4. 추적기가 완성되면 고도를 계산하는 원리를 학생들과 함께 생각한다.

$$\tan A = \frac{\text{높이}}{\text{밑변}} = \frac{a}{b} \quad \text{이므로 로켓의 고도 } a = \tan A \times b \text{ 이다.}$$



공식을 적용할 때 탄젠트 표를 통해 값을 찾도록 지도한다. 탄젠트 표를 팀 수만큼 인쇄하여 배부하고 수업 중에 활용하도록 한다.

5. 고도를 측정할 대상을 찾는다.
먼저 교사가 교실 안에서 천장 모서리나 국기 액자 등을 대상으로 시연하고 계산하는 과정을 보여준다. 교실에서는 10m를 확보하기 어려우므로 3m나 5m 등으로 줄여서 측정한다. 계산된 값에 관측자의 키를 더해야 대상의 고도를 구할 수 있다.
6. 학생들이 외부로 나가 각자 선택한 대상의 고도를 측정하게 한다. 관측 위치가 반드시 10m일 필요는 없으나 10m이면 계산이 간편해진다. 계산기를 사용할 수도 있다.



도전과제 제시

1. 수직으로 던져 올린 공의 고도를 측정해보자. 이때 관측자의 키는 어떻게 처리해야 할까?
지면으로부터 쏘아 올린 로켓 같은 경우에는 관측자의 키를 계산한 고도에 더해주어야 한다. 던져 올린 공의 고도는 공이 손을 떠나는 순간부터 측정되어야 하므로 그 지점과 관측자의 눈높이와의 차이는 그다지 크지 않으므로 무시해도 된다.
2. 고도 추적기를 사용해 물체의 높이를 측정하는 방법을 단계별로 설명하는 요약문을 작성하자.



얼마나 높이 날아올랐을까?

학년 반 이름

도전과제

날아가는 비행기나 로켓이 도달하는 최고 높이는
얼마나 될까?



오늘은 간단한 고도 추적기를 만들어 주변의 여러 사물의 높이를 측정해보자.



들어가기

수학 시간에 배운 삼각함수를 생각해보자.
다음 값들은 어떻게 구하는가?

① $\sin\theta=$

② $\cos\theta=$

③ $\tan\theta=$



탐구목표

간단한 고도 추적기를 만들어 로켓의 고도를 측정하는 방법과 원리를 이해한다.



준비물

고도 추적기 도안, 실 또는 낚싯줄, 가위, 칼, 스테이플러, 미터 자, 핀 또는 작은 못, 작은 쇠고리, 공(테니스공
이나 야구공 등), 판지(로켓과 발사 장치 : 로켓을 사용하는 경우에 필요)

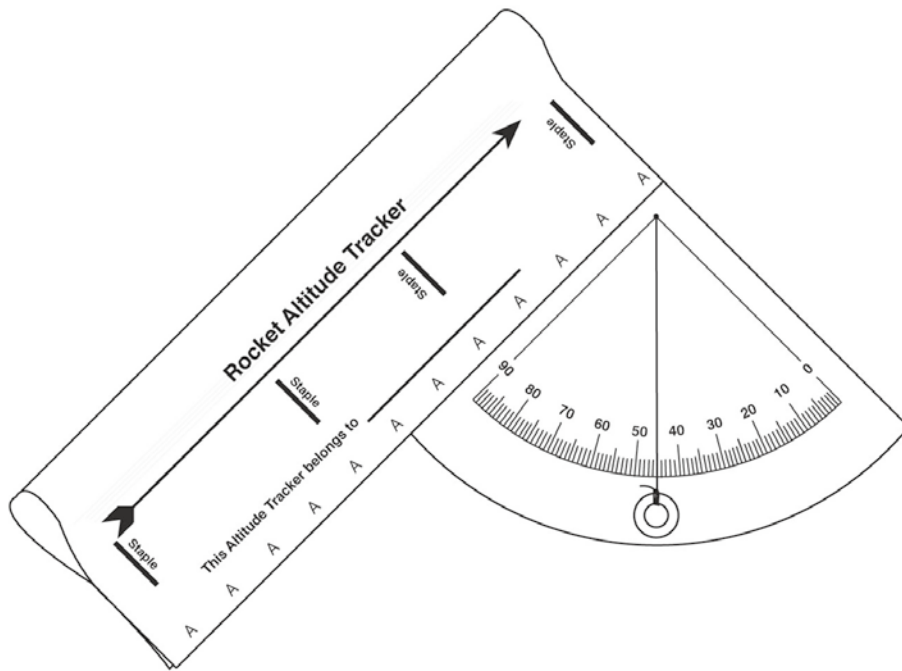


탐구활동

1. 고도 추적기 제작하기

- ① 고도 추적기 도안을 판지나 두꺼운 종이에 붙이고 선을 따라 자른다.
- ② B가 표시된 모서리가 A가 표시된 모서리와 만나도록 바깥쪽으로 둥글게 구부린다. 이때 접지 않도록 주의한다.
- ③ 표시된 곳에 스테이플러로 찍어 고정시킨다. A와 B표시가 양쪽 바깥 면에 보여야 한다.
- ④ 도면의 각도기 그림의 검은 점에 핀으로 작은 구멍을 뚫는다.
- ⑤ 실이나 낚싯줄을 구멍으로 통과시켜 뒤쪽에서 풀리지 않게 단단히 매듭을 짓는다.

⑥ 매듭 반대쪽 실 끝에 작은 쇠고리를 묶으면 추적기가 완성된다.



2. 고도 측정하기

- ① 선생님의 시연을 잘 보고 측정 방법과 계산법을 익힌다.
- ② 밖으로 나가 높이를 알고 싶은 대상을 선정한다.
- ③ 대상으로부터 10m 떨어진 지점에 서서 권총 손잡이를 잡듯이 추적기를 잡고 둥글게 말린 관측 구멍을 통해 측정하고자 하는 대상의 최고점을 찾는다.
- ④ 대상을 관측 구멍으로 포착한 상태에서 쇠고리의 무게로 자연스럽게 아래로 늘어져 있는 실을 움직이지 않게 그대로 잡아 각도를 읽는다.
- ⑤ 결과표에 기록하고 교실로 돌아와 고도를 계산한다.

3. 도전과제 해결하기

정지하고 있는 물체의 고도를 측정하는 것은 그다지 어렵지 않다. 하지만 시속 105km의 속도로 날아가는 로켓의 고도를 측정하는 일은 쉽지 않다. 친구가 던지는 공의 최고점 도달 높이를 측정해보자. 한 사람이 수직으로 공을 던져 올리면 다른 사람이 추적기를 이용해 각도를 측정한다. 이때 두 사람 사이의 거리는 10m를 유지하도록 한다.



결과 정리

측정 대상	각도(°)	높이(m)

이 높이는 대상의 실제 높이와 정말 같을까?



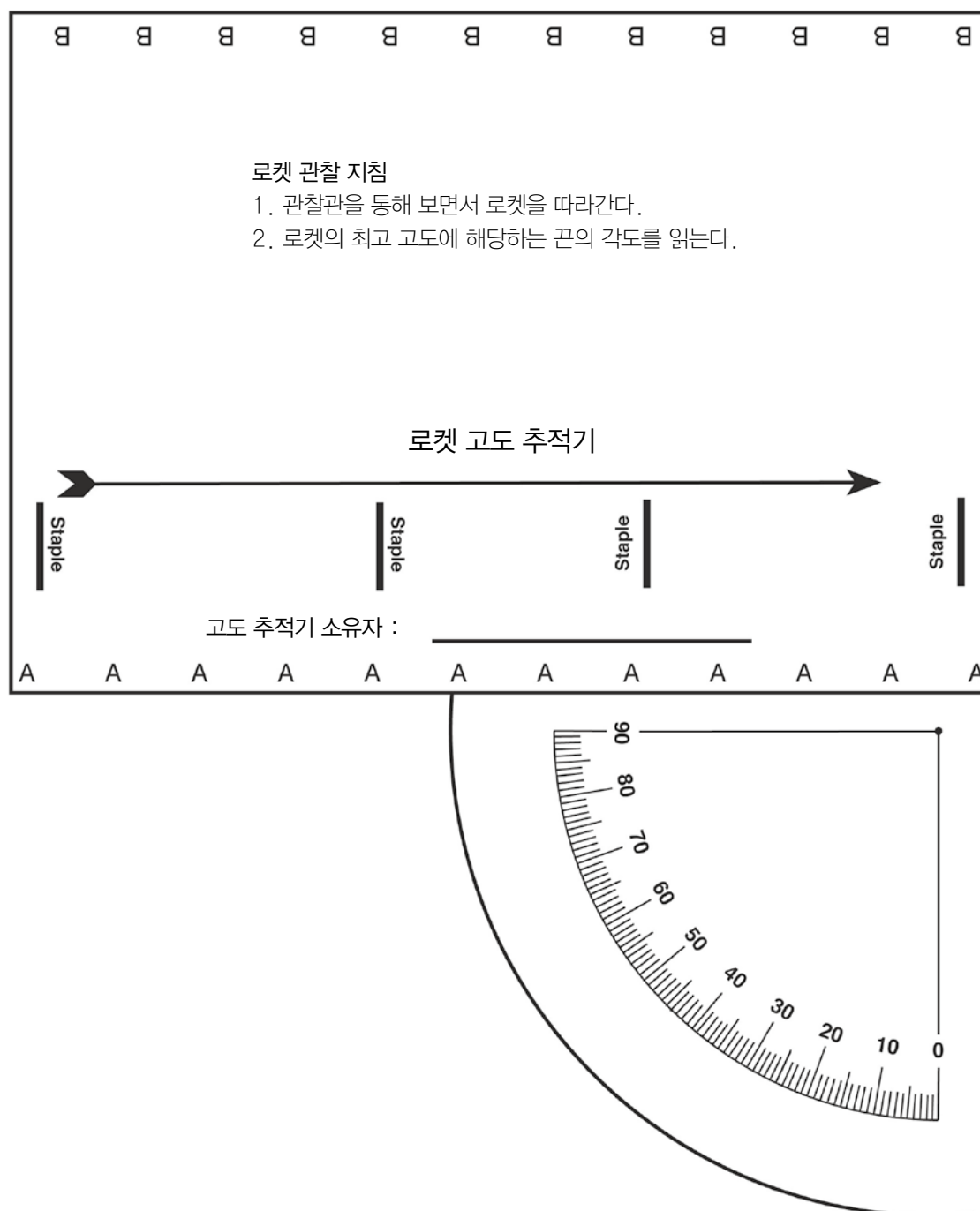
토의하기

1. 관측자의 키는 물체의 측정된 고도와 관계가 있을까?

토의한 결과에 따라 대상의 높이를 수정하자.

2. 고도 추적기를 사용해 물체의 높이를 측정하는 방법을 단계별로 설명하는 요약문을 작성하자.

Preparation phase



| 낙하산 면적과 낙하 시간



낙하산은 크기와 모양이 매우 다양하며 재료 역시 다양하지만 하강속도를 줄여 낙하산 착용자가 부드럽고 안전하게 착륙하게 하는 목적은 같다. 이 수업에서 학생들은 다양한 크기와 형태의 낙하산을 제작하고 낙하산의 면적을 측정한 후 낙하산이 지면에 도달하는데 걸리는 시간을 기록하여 면적과 낙하 시간과의 관계를 알아낸다.



탐구목적

낙하산 면적과 낙하 시간과의 관계를 조사한다.

- 관련 개념 : 가속도
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료 및 도구

비닐 쓰레기 봉지 또는 화장지, 끈(두꺼운 실 등), 낙하용 물체(플라스틱 인형, 지우개 등), 그래프용지, 자, 접착용 투명테이프, 가위, 스톱워치



탐구절차

(1) 재료 선택

낙하산을 만들 재료를 충분히 마련한다. 비닐 쓰레기 봉지나 화장지 외에 다른 재료도 생각해 본다. 낙하용 물체는 학생들의 흥미를 더욱 유발시킬 수 있도록 플라스틱 군인 같은 장난감을 선택하는 것도 좋다. 단, 무게가 모두 같은 것으로 3개 이상 필요하다.

(2) 탐구주제 소개하기

① 낙하산의 작동 방식에 대해 토의하게 한다.

– 낙하산은 항력을 생성해 비행기 속도를 늦춘다. 항력은 공기저항이 가장 대표적이다. 이렇게 공기 저항이 추가되면 비행기가 수직으로 곧장 땅에 떨어지는 것이 방지된다. 공기 중에서 넓게 펼친 종이나 깃털이 자유낙하하는 모습을 보여주면서 낙하산의 원리를 발표하게 한다.

② 학습활동 안내하기

– 학생들에게 다양한 낙하산을 함께 시험할 것이라고 안내한다. 이 때 낙하산 면적과 낙하산이 지면에 도달하는데 걸리는 시간 사이에 상관관계가 있는지 확인할 것이라고 설명한다. 낙하시간과 지면에 도달할 때 물체의 속력은 어떤 관계가 있는지 생각해 보게 한다.

③ 탐구학습 진행하기

- 학생들을 3명의 그룹으로 나누고 학생용 시트를 나누어 준다.
- 학생용 시트에 나온 설명을 학생들과 함께 읽고 생각하게 한다.
- 재료를 나누어 주고 학생들의 진행 상황을 살핀다.
- 정사각형과 정삼각형을 정확하게 자르도록 도와주고 낙하 실험 도중 끈이 떨어지지 않도록 단단히 고정시게 한다.
- 낙하산 실험을 수행한다.
- 필요할 경우 학생들을 낙하 실험에 적당한 곳으로 이동시키고 안전에 주의하도록 당부한다. 정사각형 낙하산 실험이 끝나면 낙하물체를 회수하여 정삼각형 낙하산에 부착하고 실험할 수 있도록 지시한다.

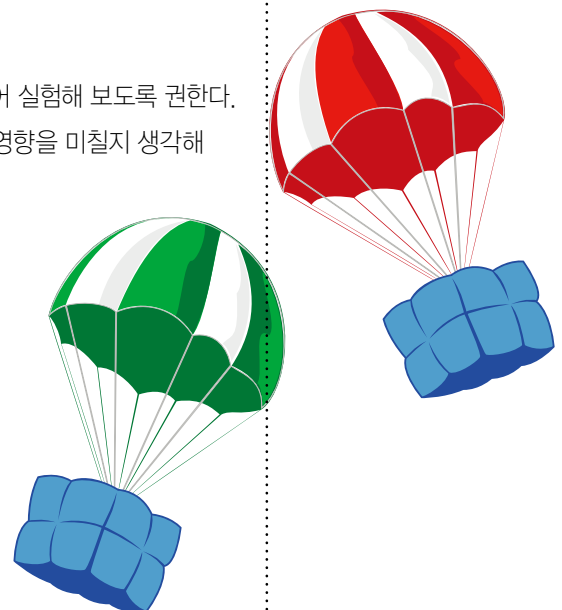
④ 토의 및 결론

- 낙하산의 면적과 낙하 시간과의 관계를 정리하고 발표하기
- 그룹에서 조사한 면적-낙하 시간 관계그래프를 통해 결론을 발표시키고 이유를 설명하게 한다. 낙하시간이 길면 왜 더 안전하게 착지할 수 있는지 설명한다.
- 낙하산의 모양과 낙하 시간과의 관계 토의하기
- 같은 면적일 때 정사각형과 정삼각형 낙하산의 낙하 시간과 낙하 모습을 발표시킨다. 낙하시간을 비교하고 더 유리한 낙하산 형태는 어떤 것인지 질문한다.
- 낙하산은 주로 원형이 많은데 이는 같은 면적인 다른 형태의 낙하산보다 공기 저항력이 낙하산 전체에 고루 분산되어 안정적이기 때문이다. 그러나 조종의 용이성을 고려하여 사각형의 낙하산도 자주 사용된다.
- 가속도의 개념을 사용하여 낙하속력(낙하시간) 설명하기
- 낙하산을 이용하여 낙하하는 물체의 가속도는 중력가속도와 같지 않다.
- 공기 저항력에 의해 물체에 작용하는 알짜힘이 감소하였기 때문이다.



사고력 확장하기

- ① 학생들에게 실험한 외의 다른 형태의 낙하산-정육각형, 정팔각형, 원형 등을 만들어 실험해 보도록 권한다.
- ② 낙하하는 물체에 작용하는 공기 저항력은 언제나 일정할까? 그렇지 않다면 무엇이 영향을 미칠지 생각해 보게 한다.





낙하산의 면적과 낙하시간

학년 반 이름

도전과제



낙하산은 비행기에서 탈출하려는 사람뿐만 아니라 우주 왕복선에서 분리되어 나오는 고체 로켓부스터나 비행기 자체를 안전하게 착지시키기 위해서도 사용된다.

낙하산을 사용하면 물체의 낙하 속도가 늦추어지면서 안전하게 지면에 도달하도록 도와주는 데 물체가 크고 무거워질수록 낙하산도 더욱 크고 튼튼해져야 할 것이다. 오늘 활동의 목적은 달 탐사를 마치고 귀환하던 탐사선이 지구 대기권 안에 진입하는 순간 엔진고장으로 추락하게 되자 탐사선에 타고 있던 우주인을 낙하산을 이용하여 안전하게 탈출시키는 것이다. 자! 안전한 낙하산을 고안해 보자.



들어가기

- 낙하산의 원리는 무엇일까?
- 낙하산에 작용하는 힘은 무엇이 있는지 생각해보자.



준비물

비닐쓰레기봉지나 화장지, 끈(또는 두꺼운 실), 낙하용 물체(무게가 같은 플라스틱 인형, 지우개 등) 3개, 그래프용지, 자, 접착용 투명테이프, 가위, 스톱워치



낙하산 만들기

1. 비닐봉지나 화장지를 세 가지 크기의 정사각형으로 자른다. 정확한 정사각형을 만들기 위해 대각선 방향으로 접어서 끝을 잘라낸다.
2. 자른 정사각형의 면적을 구한다.
 - 정사각형의 변 길이가 모두 같은지 확인한다.
3. 낙하산을 만든다.
 - ① 끈을 15.2cm의 길이로 12개 자른다.



Preparation phase

- ② 끈의 끝 부분을 정삼각형 낙하산의 각 모서리에 접착테이프로 붙인다.
- ③ 낙하시킬 물체를 끈의 반대쪽 끝에 묶는다.
4. 같은 방법으로 정삼각형의 낙하산을 만든다.
 - 정삼각형의 각 변의 길이가 모두 같은지 확인하고 면적을 계산한다. 낙하물체는 정삼각형 낙하산 실험이 끝난 후 떼어내서 정삼각형 낙하산에 묶어 실험하도록 한다. 끈은 15.2cm의 길이로 9개 자르면 3개의 정삼각형 낙하산을 만들 수 있다.



낙하산 실험하기

※ 낙하 실험을 할 장소로 이동해요. 선생님의 지시에 잘 따르고 높은 곳에서는 안전에 유의하세요.

1. 일정한 높이에서 끈이 꼬이지 않도록 주의하면서 낙하산을 떨어뜨린다.
이 때 스톱워치를 작동시켜 물체가 지면에 도달하는 시간을 측정한다.
2. 각 낙하산마다 같은 과정을 반복한다.
3. 실험은 두 번씩 시행하고 낙하시간을 정확히 기록하도록 한다.



결과 정리

데이터를 이용하여 낙하산 면적과 낙하 시간 사이의 관계를 나타내는 그래프를 그래프용지에 그리고 여기에 붙이자. 그래프에서 X축은 낙하산 면적, Y축은 낙하 시간으로 한다.



토의하기

- 낙하산 면적과 낙하 시간은 어떤 관계가 있는가?
- 낙하 시간과 물체가 지면에 닿는 순간의 속력은 어떤 관계가 있을까?
- 낙하산의 모양과 낙하 시간은 어떤 상관관계가 있을지 토의해 보자.
- 낙하 물체의 가속도를 중력가속도와 비교해보자.
- 이 실험에서 결과가 유효하지 않게 만든 변수가 있었는가?



【읽을 거리】

안전착륙



미 항공우주국 NASA는 차세대 우주 로켓을 위한 컨스텔레이션 프로그램을 발표하였는데 여기에는 아레스 V호라고 하는 중량체 발사기가 포함되어 있다. 아레스 V호는 아주 큰 과학 위성, 우주 정거장 교체 모듈과 비품, 달과 화성으로 유인 우주선을 추진시킬 지구 탈출 로켓과 같은 무거운 화물(페이로드)을 싣고 궤도로 비행할 것이다.

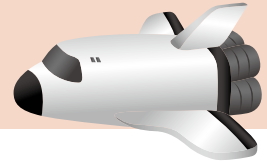
무거운 화물을 궤도로 올리는 것은 어려운 일이며 많은 비용이 든다. 우주 산업이 더욱 발달하게 되면 관광호텔 건설, 비품 전달 등을 위한 연료와 모듈 및 로봇을 상업

적으로 제공할 시장도 형성될 것이다. 따라서 미래에는 중량 운반체에 관한 사업이 유망한 분야로 각광받을 것이다.

아레스 V호는 NASA의 주요한 중량 화물 발사체이다. 총 2단으로 구성되어 있으며 1단에는 액체 수소와 액체 산소가 들어 있는 SRB가 부착된다. SRB는 로켓의 추진을 위한 연료 탱크로 분리된 후에는 바다로 떨어지는데 회수하여 다시 사용할 수 있다. 2단에는 지구 탈출 로켓이 장착된다. 이 로켓과 원뿔형 기수(슈라우드) 사이에 달 착륙선이 들어간다. 슈را드는 착륙선이 궤도에 오르면 본체에서 떨어져 나가고 착륙선과 도킹 어댑터가 우주 공간에 노출되어 목적지에 도달하면 착륙선이 달 기지와 도킹할 수 있도록 돕는다.

Preparation phase





우주왕복선이 땅을 활주하며 착륙할 때 감속을 도와주는 낙하산을 감속 낙하산이라고 한다. 이 수업에서는 학생들이 왕복선 모형을 제작하여 감속 낙하산이 속력에 얼마나 영향을 주는지 시험해본다.



탐구목적

왕복선 모형에서 감속 낙하산의 효과를 시험하고 평균속력을 계산한다.

- 목표 개념 : 가속도
- 준비시간 : 10~30분
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3~5명



재료 및 도구

우유팩(1000ml들이), 동근 풍선, 검정색 도화지, 흰색 도화지, 끈 또는 실, 손잡이가 달린 소형 비닐봉투, 접착테이프, 가위, 스톱워치, 미터자, 송곳



지도상 유의점

(1) 재료 준비

비닐봉투는 크기를 모두 같게 준비한다. 낙하산의 효과를 비교하기 위하여 크기가 다른 봉투를 2가지 준비하는 것도 좋다. 우유팩은 미리 깨끗하게 씻어서 말려 둔다. 평평하고 매끈한 바닥에 색갈테이프를 붙여 출발선을 만들어 둔다.

(2) 탐구활동 안내

① 이 수업은 그룹 활동이다. 저학년은 교사가 모형을 제작하여 활동을 시연한다.

② 배경정보

항력은 공기와 같은 유체를 물체가 통과할 때 생기는 저항이다. 우주왕복선이 지구로 귀환할 때 대기권에 진입한 후에는 동력을 사용하지 않는다. 중력에 의해 낙하하다가 지면에 가까워지면 착륙을 위해 감속장치를 가동한다. 약 80,740kg에 달하는 우주선은 땅을 활주하며 멈추게 된다. 이 왕복선에는 감속을 도와주는 스피드 브레이크라고 하는 특수 장치가 장착되어 있다. 이것은 실제 브레이크가 아니라 우주선의 속력을 늦추는데 기여하는 항력을 높여주는 장치이다. 저항이 커지면 속력이 빠르게 감소한다. 왕복선의 속력이 시속 343km로 줄어든다면 감속 낙하산이 작동하면서 감속 속도가 훨씬 더 빨라진다.

이 유형의 감속 낙하산은 일부 고성능 제트기에도 사용된다.

③ 탐구학습 진행하기

- 우주왕복선의 속력을 늦출 때 항력이 매우 중요한 역할을 한다는 것을 설명한다. 항력을 높이는 가장 좋은 방법은 공기가 흐르는 공간을 늘리는 것이다. 낙하산에 공기가 채워지면 낙하산의 안쪽 표면은 공기에 의해 떠받치는 힘을 받는다. 이 힘은 왕복선의 진행 방향과 반대 방향이므로 왕복선의 속력은 감소하게 된다.
- 학생용 시트를 참고하여 우주선 모형을 제작하게 한다.
 - 진행 과정을 살펴보고 미숙한 부분은 도와준다.
- 왕복선 감속 실험을 수행한다.
 - 처음에는 낙하산이 없는 왕복선의 이동거리와 걸린 시간을 측정한다. 실험은 2회 반복한다. 2회 반복하는 이유를 생각하게 하자. 결과에 영향을 주는 변수를 설명한다. 예를 들면 풍선 크기가 처음 불었을 때와 다를 수 있다.
 - 다음에는 비닐 봉투를 달고 실험을 반복하여 이동거리와 걸린 시간을 측정한다.
- 결과를 칠판에 적고 평균속력을 계산한다.
 - 속력을 계산하는 공식을 이용한다.
$$\text{평균속력(m/s)} = \text{전체 이동거리(m)} \div \text{이동하는데 걸린 시간(s)}$$
- 팀별로 결과표를 작성하게 한다.



토의하기

- 낙하산을 달았을 때와 달지 않았을 때의 왕복선 속력을 비교한다.
 - 팀의 결과표 내용을 발표시킨다.
- 낙하산을 달았을 때 속력이 달라졌는지 확인한다.



사고력 확장하기

우주왕복선에 있는 스피드 브레이크는 속력을 늦추는 특수한 장치이다. 낙하산이 아닌 왕복선의 장치로서 스피드 브레이크를 고안해서 그림으로 그리게 한다. 스피드 브레이크와 낙하산을 달았을 때 속력은 어떻게 될지 학생들과 토의한다.



감속 낙하산을 장착한 우주왕복선

학년 반 이름

도전과제

우주왕복선이 임무를 마치고 지구로 귀환한다.



지구 중력장 안으로 진입한 왕복선은 엄청난 속력으로 지상을 향해 떨어지는데 안전하게 착륙시키기 위한 장치가 필요하다. 속력을 늦추기 위한 브레이크 장치로 낙하산을 사용해보자.



탐구목표

왕복선 모형을 만들어 운동시킬 때 감속 낙하산으로 어떤 효과를 얻을 수 있는지 알아보고 평균속력을 계산한다.



준비물

우유팩(1000ml들이), 둥근 풍선, 검정색 도화지, 흰색 도화지, 끈 또는 실, 손잡이가 달린 소형 비닐봉투, 접착테이프, 가위, 스톱워치, 미터자, 송곳



감속 낙하산이란?

공기나 물과 같은 물질로 채워진 공간을 이동하는 물체는 그 물질들로부터 이동을 방해하는 힘을 받는다. 이 힘을 항력 또는 저항이라고 한다. 물속을 걷거나 달릴 때 공기 중에서보다 속력이 훨씬 느린 것은 항력이 공기 중에서보다 물속에서 더 크기 때문이다.

우주왕복선이 우주에서 지구로 돌아올 때 대기권에 진입한 후에는 엔진을 끄고 동력을 사용하지 않는다. 지구가 작용하는 중력에 의해서 지면을 향해 떨어져 내려오



는데 속력은 점점 빨라지다가 어느 한계에서 일정해진다. 지면에 가까워지면 왕복선은 착륙을 위해 속력을 늦추는 장치를 작동시킨다. 대략 80,740kg에 달하는 우주선이 착륙한 후 땅을 활주하면서 서서히 속력을 늦추는데 먼저 스피드 브레이크라고 하는 특수 장치를 이용한다. 이 장치는 왕복선에 장착되어 있는데 실제 브레이크가 아니라 우주선의 속력을 늦추는 항력을 높여주는 장치이다. 자동차의 양쪽 문을 열고 도로를 주행하는 장면을 상상해보면 스피드 브레이크가 어떤 장치인지 짐작할 수 있을 것이다. 이 장치로 항력, 즉 공기의 저항이 커

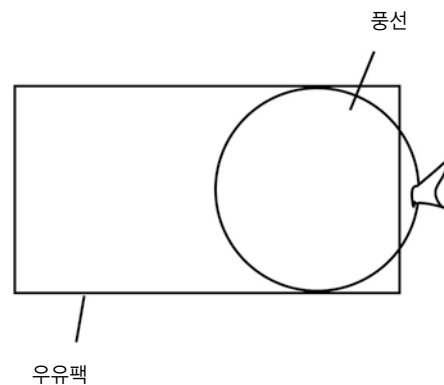
Preparation phase

지면 왕복선의 속력이 빠르게 감소한다. 이제 왕복선의 속력이 시속 343km로 줄어들면 감속 낙하산이 작동된다. 감속 낙하산은 비행기가 활주로에서 속력을 빨리 줄이고자 할 때도 사용되는데 비행기의 뒤쪽으로 펼쳐지는 낙하산이다. 감속 낙하산에 의해 왕복선의 감속 속도가 훨씬 빨라진다. 이러한 종류의 감속 낙하산은 일부 고성능 제트기에도 사용된다.

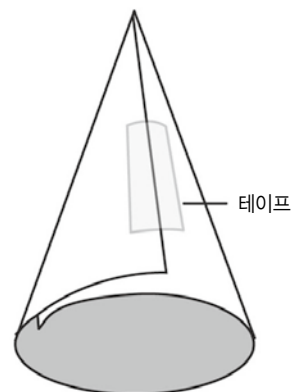
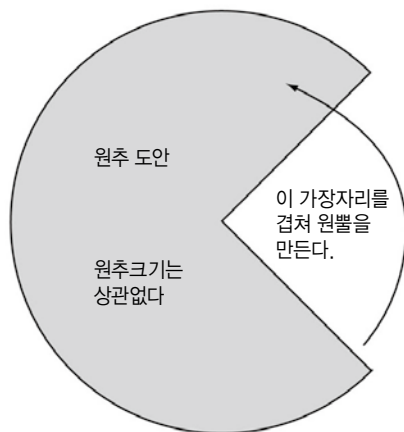


우주왕복선 만들기

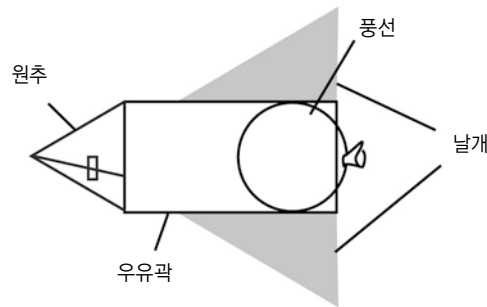
1. 우유팩 바닥에 송곳으로 구멍을 낸다.
2. 우유팩 안에 풍선을 넣고 구멍을 통해 그림과 같이 풍선 주둥이를 빼낸다.
이쪽이 왕복선의 뒷부분이다.



3. 검정색 도화지를 사용해 왕복선의 원뿔형 기수를 만든다.

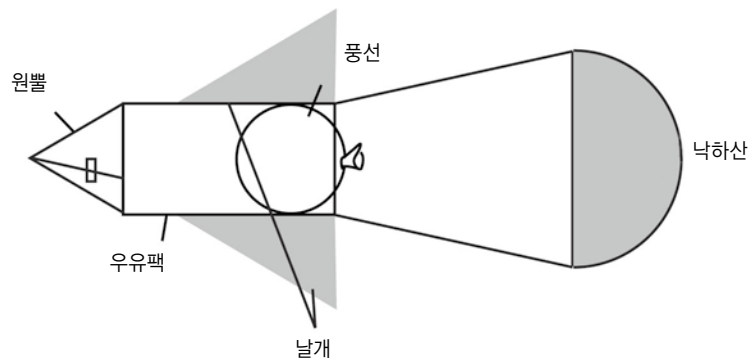


- 이 원뿔을 우유팩 입구 끝에 붙인다. 이것이 왕복선의 앞쪽이다.
- 흰색 도화지에 큰 직각삼각형 두 개를 그려 왕복선 양쪽에 붙일 날개를 만들고 우유팩 양쪽 옆면에 하나씩 붙인다. 이때 삼각형의 짧은 쪽을 왕복선의 뒤쪽으로 가게 하여 붙인다.



낙하산 왕복선 실험하기

- 책 등을 이용해 왕복선이 지나갈 경로가 직선이 되게 한다.
- 왕복선 뒤의 풍선을 최대한 크게 분 다음 끝을 잡고 있다.
- 왕복선을 바닥의 출발선 위에 놓고 풍선 주둥이를 놓으면서 스톱워치를 작동시킨다. 왕복선이 멈추면 이동한 거리와 걸린 시간을 측정하여 기록한다.
- 같은 실험을 2회 이상 반복한다.
- 이제 왕복선 뒤쪽에 끈이나 실을 이용해 낙하산(비닐봉투)을 그림과 같이 매달고 다시 풍선을 불어 같은 실험을 반복한다. 이때 낙하산이 잘 퍼지도록 출발 전에 손으로 모양을 잡아 놓는다.



- 실험 결과를 기록하고 평균속력을 계산하자.



결과 정리

안정판의 모양에 따른 이동거리 결과표

평균속력(m/s) = 전체 이동거리(m) ÷ 이동하는데 걸린 시간(s)					
장비구성	측정값	실험1	실험2	실험3	평균값
왕복선	거리(m)				
	시간(s)				
	속력(m/s)				
낙하산을 단 왕복선	거리(m)				
	시간(s)				
	속력(m/s)				



토의하기

- 낙하산을 달았을 때와 달지 않았을 때의 왕복선의 평균속력은 어떠한가?
- 스피드 브레이크라는 장치가 왕복선의 속력을 어떻게 늦출 수 있을까?
왕복선 모형에 사용할 스피드 브레이크를 그려보자.
- 스피드 브레이크와 감속 낙하산을 동시에 사용하면 왕복선의 속력은 어떻게 되겠는가?

| 낙하산을 탄 달걀

낙하산을 장착한 달걀이 다른 보호 장구 없이 높은 곳에서 무사히 지면에 도달하려면 어떻게 해야 할까? 오늘은 교실에서 낙하산을 설계하고 제작하는 수업을 하고 다음 시간에는 달걀을 담아 안전하게 땅에 떨어지게 하는 착륙선을 제작하는 수업을 한다. 두 수업은 서로 연계된다.



탐구목적

높은 곳에서 달걀을 떨어뜨려도 깨지지 않는 낙하산을 만든다.

- 관련 개념 : 가속도
- 준비시간 : 10분
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 2~5명



재료 및 도구

달걀, 낙하산 재료(수업을 예고하여 학생들이 직접 선택한 재료를 가져오게 하거나 생활 주변에서 구할 수 있는 다양한 도구들을 갖춰놓고 선택하여 사용하게 한다), 스톱워치, 줄자



탐구안내

(1) 재료 선택

낙하산의 재료는 제한을 두지 않는다. 학생들이 자유롭게 선택하여 사용할 수 있다. 팀에서 재료를 준비하는 경우 제작 및 실험 도중 사용한 재료로 인해 다칠 위험이 있는지 살펴본다.

(2) 탐구주제 소개하기

① 낙하산 설계를 토의하게 한다.

– 지난 시간에 만들어본 낙하산의 기본 원리를 생각하면서 오늘 수업에 사용할 낙하산을 설계하게 한다. 달걀이 깨지지 않으려면 어떤 조건이 필요한지 토의하게 한다.

② 낙하산 제작 방법 토의하기

– 설계가 완성되면 어떤 재료를 사용하여 어떻게 제작할지 협의하게 한다. 그에 따라 사용할 낙하산 재료를 가져가도록 한다.

③ 낙하산 제작하기

낙하산 제작에 너무 많은 시간이 걸리지 않도록 한다. 끝을 포함한 낙하산 길이는 1m 내외가 되도록 한다.

④ 달걀 떨어뜨리기

• 낙하산을 달걀에 장착할 때 달걀이 겹으로 드러나야 함을 주지시킨다. 무언가로 달걀을 감싸면 실격임을 알린다.

- 이 수업은 비행 시합이 아니라 안전 낙하 시합이다.
 - 달걀은 삶은 달걀이나 날달걀을 사용한다.
 - 달걀을 떨어뜨리는 높이는 항상 같게 하고 낙하하는데 걸린 시간을 측정하게 한다. 달걀이 낙하하는 지면은 동일한 상태여야 한다.
- 달걀이 깨지지 않은 팀과 깨진 팀의 낙하 시간 차이에 주의를 기울이도록 지시한다.



개념 설명하기

중력에 의해 자유 낙하하는 물체는 등가속도 운동을 한다. 등가속도 운동방정식을 사용하면 지면에 도달하는 순간의 속도를 간단히 계산할 수 있다. 그러나 낙하산을 단 달걀은 낙하하는 동안 중력뿐만 아니라 낙하 속도에 따라 변하는 공기 저항력을 받아 합력이 일정하지 않다. 따라서 등가속도 운동이 아니므로 이 방정식에 의해 충돌 속도를 계산할 수 없다.

달걀이 지면에 부딪혀 깨지느냐 깨지지 않느냐는 달걀이 지면으로부터 받는 충격량이 결정한다. 충격량(**I**)은 충격력과 충돌시간의 곱으로 정의되는데 식을 전개하면 운동량의 변화량과 같다.

$$\mathbf{I} = \mathbf{F} \cdot \Delta t = m\mathbf{a} \cdot \Delta t = m \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t} \cdot \Delta t = m\Delta \mathbf{v}$$

$\Delta \mathbf{v}$ 는 속도변화량()인데 처음 속도(v_2-v_1)는 모두 0 이므로 결국 나중 속도 즉, 바닥에 도달하는 속도가 빠를수록 달걀이 받는 충격량도 커진다. 학생들은 아직 이 공식을 적용할 수 없으므로 다른 방법을 생각해보자.

낙하산의 기능이 우수할수록 공기 저항을 크게 받아서 달걀이 바닥에 도달할 때의 속도가 작을 것이므로 이 실험에서는 달걀을 모두 같은 높이에서 떨어뜨리게 한 후 바닥에 도착하는데 걸린 시간을 측정한다. 이 시간이 길수록 속도는 느리고 달걀이 받는 충격량은 작다(여기에서 시간은 위 공식의 t 와는 다르다). 학생들이 이해할 수 있도록 쉽게 설명한다.

속도(속력)은 물체의 이동거리를 이동하는데 걸린 시간으로 나누어 구한다($v = \frac{s}{t}$). 낙하거리를 낙하시간으로 나눈 값이 바닥에 충돌할 때의 달걀의 속도라고 잘못 생각하지 않도록 강조한다.



결과정리 및 토의하기

1. 달걀이 깨지지 않고 착륙한 팀의 낙하산을 학생들에게 보여주고 어떤 점이 잘 설계되었는지 토의하게 한다.
2. 달걀 낙하에 실패한 팀은 낙하산의 문제점이 무엇인지 생각해보게 한다.
3. 측정한 낙하 시간은 달걀에 어떤 영향을 미쳤을까?
 - 낙하 시간이 길수록 달걀이 깨지지 않고 착륙할 가능성이 높아진다.
4. 낙하산을 설계할 때 안전 착륙을 위해 고려해야 했던 요소는 무엇인가?
 - 공기 저항력을 크게 받을 수 있도록 낙하산 재질은 가벼워야 하고 면적은 넓어야 한다.



낙하산을 탄 달걀

학년 반 이름

도전과제

지난 시간에는 낙하산의 성능에 영향을 미치는
요인들을 공부했다.
오늘은 배운 내용을 적용해서 달걀을 안전하게
착륙시키기 위한 달걀 낙하산을 만들어보자.



들어가기

- 낙하산의 성능에 영향을 미치는 요인들은 무엇이었는가?
- 높은 곳에서 떨어뜨린 달걀이 깨지지 않고 바닥에 도달하려면 달걀의 속도는 어떻게 해야 하겠는가?



준비물

달걀, 낙하산 재료(우리 주변에서 쉽게 구할 수 있는 재료로 자유롭게 준비한다), 스톱워치, 줄자



배경정보

우주왕복선이 발사되면 이륙할 때 많은 에너지가 필요하다. 이것을 공급하는 장치가 고체 로켓 부스터(SRB : Solid Rocket Booster)이다. 고체 로켓 부스터는 에너지를 공급하기 위한 연료를 싣고 있다가 로켓이 발사되어 하늘로 치솟아 오를 때 약 2분 안에 가지고 있는 연료를 모두 연소한다. 그 직후 고체 로켓 부스터는 로켓 본체에서 분리되는데 이 고도가 약 48km이다. 분리된 부스터는 관성에 의해 좀 더 높이 비행하다가 약 254km의 경로를 따라 비행하면서 바다의 낙하 영역으로 자유 낙하한다. 부스터는 특수 회수 선박을 이용해 회수되어 재사용된다.

자유 낙하 중인 부스터가 약 5km 고도에 도달하면 전방의 마개가 분리되고 SRB 조종사 낙하산이 퍼진다. 이후 조종사 낙하산에서 직경 16.5m의 보조 낙하산이 나온다. 보조 낙하산은 안정을 유지하고 하강 속도를 늦추면서 바다로 떨어진다. 고도 1,900m에서 전방 마개가 붙어 있던 SRB 상단에 있는 원뿔대가 분리되면서 주 낙하산 세 개가 퍼진다. 이 낙하산들은 직경이 35m이고 무게는 680.4kg이다. 바닷물에 젖으면 약 1,360.8kg까지 나간다.



Preparation phase

이륙 후 6분 44초가 지나면 무게가 약 74.8톤이나 되는 이 고체 로켓 부스터의 하강 속도가 약 99.8km/h로 줄어듦과 미리 정해진 구역에 낙하한다. 회수 담당자가 떼어낼 때까지 낙하산은 부스터에 붙어 있다. 기상 및 해상 조건이 이상적일 때는 회수 작업이 약 5.5시간 걸린다. 회수선은 부스터를 끌고 로켓 기지로 돌아간다. 낙하산은 정비 업체로 전달되어 엉킨 줄을 풀고 세척, 건조, 보수, 조립을 거쳐 다음 사용 시까지 보관된다.



낙하산 만들기

1. 달걀을 매달 수 있는 낙하산을 설계한다.
 - 달걀을 높은 곳에서 떨어뜨려도 바닥에 도착할 때 깨지지 않도록 낙하 속도를 늦출 수 있어야 한다.
2. 낙하산 제작에 필요한 재료를 선정한다. 미리 준비해온 재료를 사용하거나 선생님이 준비해두신 재료 중 알맞은 것들을 선택한다.
 - 재료들은 낙하산을 빨리 제작해야 하므로 가정이나 생활 주변에서 쉽게 구하고 사용하는 것들로 선정하자.
3. 낙하산을 만든다.
 - 끈을 포함하여 낙하산 길이는 1m 정도로 제한한다.
4. 달걀에 낙하산을 부착한다.
 - 달걀을 보호하기 위해 다른 재료로 포장해서는 안 된다. 이 실험은 달걀 보호막을 만드는 것이 아니고 효과적인 낙하산을 만드는 것이 목적이다.
 - 달걀을 고정시킬 장치는 만들어도 되지만 땅에 도착할 때는 이 장치가 아니라 달걀이 먼저 도착해야 한다. 고정 장치는 달걀의 안전성을 높이는 것이 아니라 낙하산에 고정시키는 용도로만 사용되어야 한다.



달걀 떨어뜨리기

※ 낙하 실험을 할 장소로 이동해요. 선생님의 지시에 잘 따르고 높은 곳에서는 안전에 유의하세요.

1. 출발 지점부터 지면까지의 거리를 측정한다.
2. 일정한 높이에서 끈이 꼬이지 않도록 주의하면서 낙하산을 떨어뜨린다. 이 때 스톱워치를 작동시켜 물체가 지면에 도달하는 시간을 측정한다.
3. 낙하산이 잘 퍼지도록 떨어뜨리기 전에 손으로 낙하산 모양을 잡아주어야 한다.





결과 정리

안정판의 모양에 따른 이동거리 결과표

낙하거리(m)	낙하시간(s)



토의하기

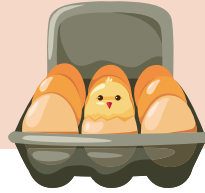
- 우리 팀이 사용한 낙하산 재료와 기본 설계는 무엇인지 써보자.
 - 안전 착륙을 위해 고려해야 했던 요소는 무엇인가?
 - 우리의 설계는 효과가 있었는가?
- 달걀이 깨지는가 깨지지 않는가 하는 문제는 무엇이 결정할까?
- 달걀의 안전(로켓 부스터의 안전)을 향상시킬 수 있는 방법을 설명해보자.



Preparation phase



| 달걀 착륙선 만들기



달걀을 담아 낙하시킬 때 깨지지 않고 안전하게 땅에 떨어질 수 있는 구조물을 만든다. 지난 시간에 만든 낙하산을 함께 사용한다.



탐구목적

높은 곳에서 달걀을 떨어뜨려도 깨지지 않는 착륙선을 만든다.

- 관련 개념 : 가속도
- 준비시간 : 10분
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 2~5명



재료 및 도구

달걀, 낙하산 재료(지난 시간에 만든 낙하산 또는 비닐봉투 등), 스톱워치, 미터자, 착륙선 재료(작은 상자, 젤라틴, 팝콘, 폼, 비닐 랩 등), 접착테이프



탐구안내

(1) 수업 재료

지난 시간에 만든 낙하산을 보완해서 쓰거나 새로운 재료로 다시 만들 수도 있다. 착륙선의 재료 역시 자유롭게 준비한다.

(2) 수업 안내

- ① 낙하산을 정비하게 한다.
 - 지난 시간에 만든 낙하산을 개선하거나 새롭게 만든다.
- ② 착륙선 재료 선정하기
 - 달걀을 안전하게 착륙시키기 위한 보호막을 설계한다. 이때 완충제를 마구 사용하다보면 착륙선이 너무 커지고 무거워진다. 이것은 낙하산에 작용하는 공기 저항력의 효과를 크게 감소시킬 수 있음을 미리 알려준다.
- ③ 착륙선 제작하기

낙하산과 착륙선을 완성한다. 실험을 2회 되풀이할 것이므로 2개가 필요하다.
- ④ 달걀 떨어뜨리기
 - 착륙선 안에 달걀을 넣고 일정한 높이에서 떨어뜨리게 하고 낙하하는데 걸리는 시간을 측정한다.



개념 설명하기

지난 시간의 이론을 간략히 다시 설명한다. 충분히 높은 고도에서 낙하하는 낙하산은 빨리 종단속도(terminal velocity)에 도달하므로 그 이후부터는 등속운동을 한다. 따라서 등속 운동하는 동안의 낙하거리를 낙하시간으로 나누면 땅에 도착할 때의 속도를 알 수 있다.

그러나 수업에서는 종단속도가 될 만한 조건이 아니므로 거리를 시간으로 나눈 값이 도착속도와 같다고 볼 수 없다. 낙하하는 동안의 평균 속도로 보아야 할 것이다. 낙하거리가 같을 때 평균 속도가 크면 바닥에 부딪는 속도도 크다. 따라서 낙하하는데 걸린 시간만 비교해도 되고 또는 평균 속도를 계산하여 착륙선의 결과를 평가해도 된다.



결과정리 및 토의하기

1. 사용한 착륙선 재료의 목록을 작성하게 한다.
2. 효과가 가장 좋은 재료와 포장 방법은 무엇이었는지 토의하게 하고 가장 우수한 팀을 선정한다.
3. 착륙선과 낙하산의 상호 작용이 달걀의 안전에 중요함을 설명한다.





달걀 착륙선

학년 반 이름

도전과제

지난 시간에는 안전한 낙하산을 설계하였다.
오늘은 이 낙하산을 이용해서 날달걀을
안전하게 착륙시키기 위한 달걀 착륙선을 만들어보자.



들어가기

- 지난 시간에 만든 낙하산을 수정 보완하자. 아니면 새로 만들어도 된다.



준비물

날달걀, 낙하산 재료(지난 시간에 만든 낙하산 또는 비닐봉투 등), 스톱워치, 미터자, 착륙선 재료(작은 상자, 젤라틴, 팝콘, 폼, 비닐 랩 등), 접착테이프



배경정보

우리가 살고 있는 집이나 건물은 골격이 지지하고 있다. 기둥, 대들보, 대각선 버팀대 등이 건물을 지탱하고 있는 것이다. 책상이나 의자를 살펴봐도 이런 버팀대와 지지대들이 견고하게 만들어주고 있는 것을 알 수 있다.

우주왕복선 역시 이런 견고한 보호 장치가 필요하다. 왕복선은 우주인과 중요한 장비들, 안전한 항해를 위한 정밀한 기계와 컴퓨터 등을 싣고 있다. 우주선 내부를 안전하게 보호하면서 외부에서 작용하는 엄청나게 큰 힘과 우주선이 발사될 때의 발사열 및 공기와 마찰에 의해 발생하는 열을 견뎌내려면 정말 특수한 설계가 필요할 것이다.

그러면서도 또 우주왕복선은 가벼워야 한다. 한정된 연료를 사용하여 우주로 나가 임무를 완수하고 무사히 귀환하기 위해서는 이런 모든 조건이 충족되어야 한다.

최근의 우주선은 중량을 최대한 줄이기 위해 순수 알루미늄보다 밀도가 낮고 더 단단한 알루미늄 합금인 Al-Li

Preparation phase

2195 같은 가볍고 견고한 소재를 사용해 제작하고 있다. 또한 로켓 공학자들은 재료를 가능한 한 적게 사용하면서도 필요한 강도 및 강성률(외부에서 가한 힘에 대해 물체의 모양이 얼마나 변하는지를 나타내는 척도)을 얻을 수 있는 구조체를 설계하고 있다. 예를 들어 작지만 무게가 더 무거운 막대(빔) 대신 속이 빈 튜브형 기둥(트러스)을 사용한다.

우주선의 엔진은 발사할 때 엄청난 추진력을 만들어 내는데 추진 구조체는 이런 거대한 힘을 견딜 수 있어야 할 뿐만 아니라 로켓을 파손하지 않으면서 그 힘을 로켓에 전해줄 수 있어야 한다.

이렇게 여러 가지 목적에 맞는 로켓을 설계하기 위한 준비로 우리는 중력에 의해 낙하하는 착륙선 안의 날달걀이 깨지지 않고 지면에 도달할 수 있도록 낙하산을 단 착륙선을 만들어보자.



착륙선 만들기

1. 달걀을 넣을 수 있는 착륙선을 설계한다.
 - 달걀을 높은 곳에서 떨어뜨려 바닥에 도착할 때 깨지지 않도록 달걀을 보호할 수 있어야 하며 낙하산의 기능을 최대한 살릴 수 있도록 가벼워야 한다.
2. 착륙선 제작에 필요한 재료를 선정한다. 미리 준비해온 재료를 사용하거나 선생님이 준비해두신 재료 중 알맞은 것들을 선택한다.
 - 착륙선이 커지면 그만큼 무게도 무거워진다!!
3. 착륙선을 만든다.
 - 재료나 구조가 서로 다른 2가지의 착륙선을 만든다.
4. 낙하산을 장착한다.
 - 끈을 포함하여 낙하산 길이는 1m 정도로 제한한다.
5. 착륙선 안에 날달걀을 넣는다.
 - 낙하하는 동안 착륙선 안에서 달걀이 튀어 나오지 않도록 안전 장치를 잘 만들어야 한다.



착륙선 낙하하기

※ 낙하 실험을 할 장소로 이동해요. 선생님의 지시에 잘 따르고 높은 곳에서는 안전에 유의하세요.

1. 출발 지점부터 지면까지의 거리를 측정한다.
2. 일정한 높이에서 끈이 꼬이지 않도록 주의하면서 낙하산을 떨어뜨린다. 이 때 스톱워치를 작동시켜 물체가 지면에 도달하는 시간을 측정한다.
3. 낙하산이 잘 퍼지도록 떨어뜨리기 전에 손으로 낙하산 모양을 잡아주어야 한다.
4. 떨어진 착륙선을 살펴보고 결과를 기록한다. 달걀이 깨지지 않았다면 낙하에 성공한 것이다.





결과 정리

착륙선을 탄 달걀

	낙하거리(m)	낙하시간(s)	평균속도(m/s)
1회			
2회			



토의하기

1. 우리 팀이 사용한 착륙선의 재료와 기본 설계는 무엇인지 써보자.

– 우리의 설계는 효과가 있었는가?

2. 다른 팀과 결과를 비교하여 가장 효과가 좋은 재료와 구조를 알아보자.

3. 우리 팀의 착륙선 구조를 그려보자.



Preparation phase





종이로 소형 비행 로켓을 만들고 빨대로 바람을 불어 추진시킨다. 로켓에서 안정판의 역할과 중요성을 체험할 수 있고 태양계에 관한 기초 지식을 배운다.



탐구목적

로켓이 대기 안에서 비행하는 방법과 태양계의 구조를 이해한다.

- 관련 개념 : 가속도
- 준비시간 : 15분
- 활동시간 : 45분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 개별 활동



재료 및 도구

종이(A4용지 등), 셀로판테이프, 가위, 연필, 밀크셰이크용 빨대(연필보다 약간 가는 것), 보안경, 줄자, 태양과 행성 그림 또는 사진, 전자저울



탐구안내

1. 미리 로켓을 날릴 위치를 정해 놓는다. 교실 안의 넓은 바닥이나 복도를 이용한다. 바닥에 줄자를 긴 방향으로 붙이고 태양과 행성 그림을 순서대로 늘어놓는데 행성 간의 거리는 태양계 내 실제 거리의 비를 적용한다. 태양과 지구 사이의 거리인 1억5천만km(1AU)를 1로 보았을 때

행성	수성	금성	지구	화성	목성	토성	천왕성	해왕성
거리	0.39	0.72	1	1.52	5.20	9.54	19.18	30.06

행성은 과학잡지의 부록을 이용하거나 첨부된 그림을 확대 복사하여 사용할 수 있다. 지구에 대한 상대적인 크기를 대략 반영한 것이다.

2. 완성된 종이 로켓을 학생들에게 보여준 후 학생들이 직접 종이 로켓을 만들어 장식하게 한다. 저울로 로켓의 질량을 측정한다.
3. 학생들이 로켓을 다 만들면 빨대를 나눠 준다.
4. 로켓을 날릴 때는 보안경을 착용하게 하고 발사 지점은 지구로 한다. 자신이 도달할 수 있는 가장 먼 행성을 정하게 하고 발사할 때마다 나온 결과를 보고서에 기록한다.
5. 첫 번째 발사 후에 종이 로켓을 개선하여 더 멀리 보내도록 지시한다. 로켓이 얼마나 날아갈지 예상하여 보고서에 예상치를 기록하게 한다. 로켓의 크기와 안정판의 모양과 수를 달리하여 두 번 정도 더 시도해보도록 한다.





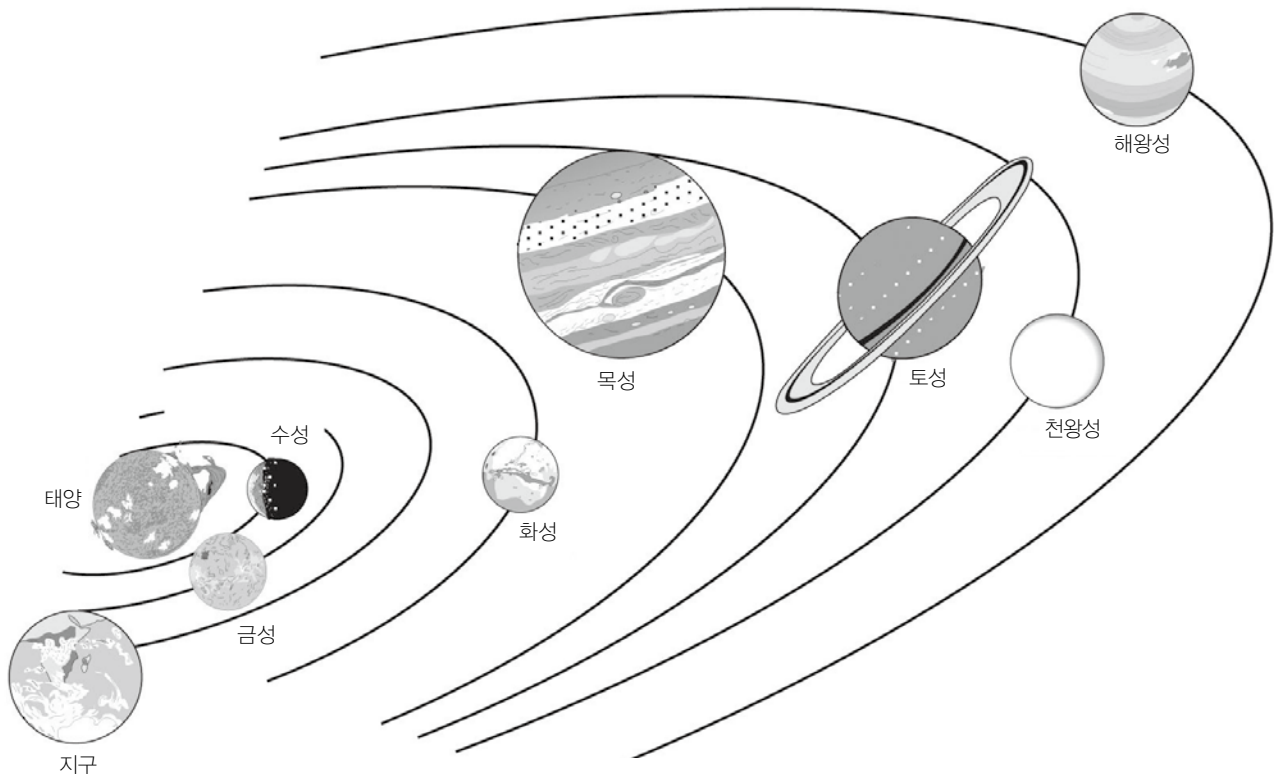
토의하기

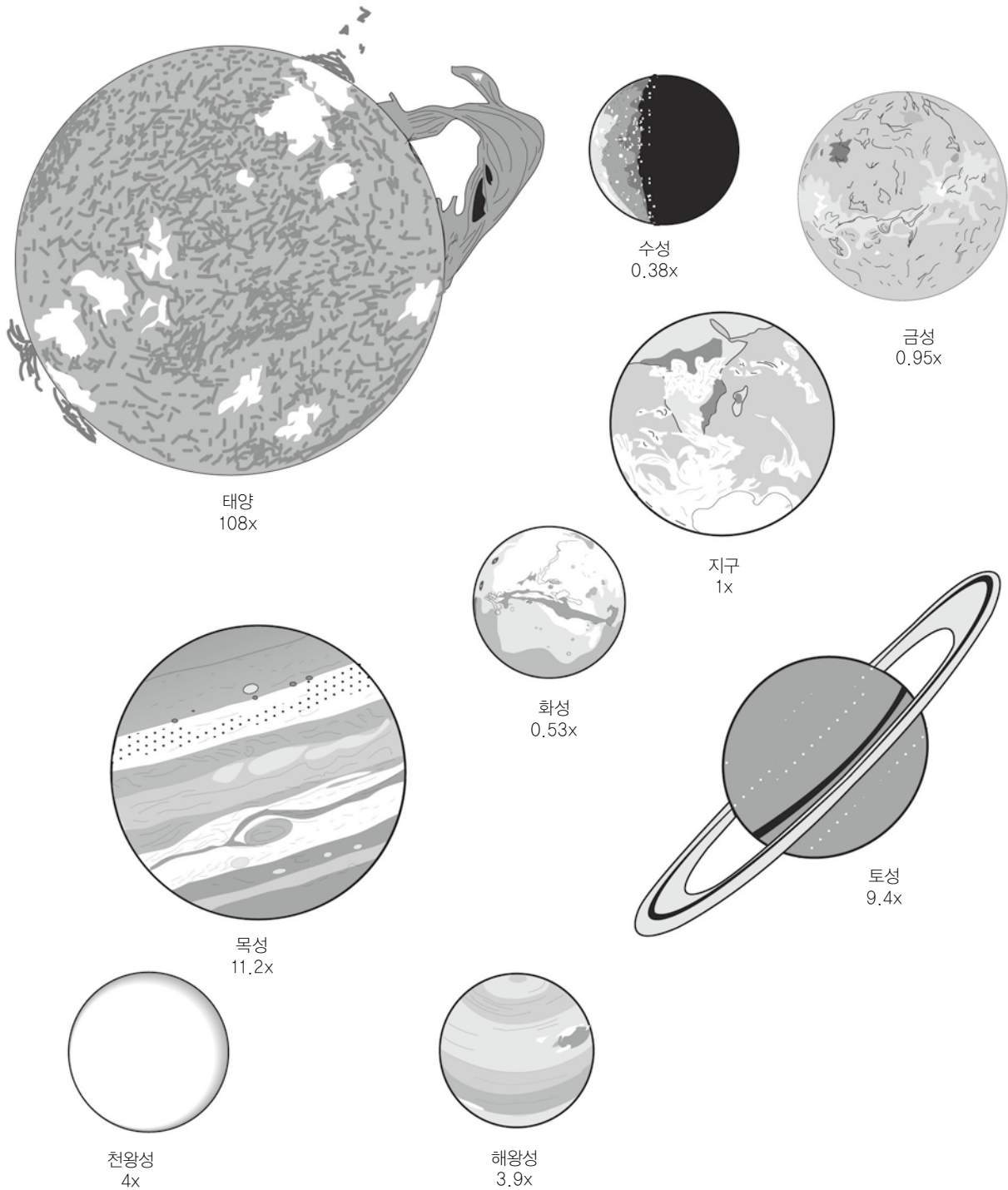
1. 로켓의 성능을 향상시키는 요인은 무엇인가?
로켓의 질량이 비행거리에 미치는 영향도 강조한다. 종이테이프를 더 많이 감고 더 큰 안정판을 붙이면 로켓이 무거워진다.
2. 로켓의 안정성을 유지할 수 있는 안정판의 최소 크기는?
안정판이 너무 작으면 압력중심이 질량중심보다 뒤에 위치하기 어렵다. 앞서 공부한 중심점을 바탕으로 이해하도록 지도한다.
3. 로켓 안정에 필요한 안정판의 수는?
안정판이 너무 많으면 로켓 질량이 무거워지고 질량중심 역시 뒤쪽으로 이동하게 된다. 또한 항력이 증가하여 로켓의 비행을 오히려 방해할 수 있다.
4. 로켓 안정판을 로켓의 원뿔형 기수 근처에 달면 어떻게 될까?
질량중심과 압력중심으로 설명한다.
5. 안정판의 끝 부분을 바람개비처럼 구부리면 로켓이 어떻게 될까?
안정판은 방향키의 역할을 한다. 휘어진 방향으로 공기가 표면을 따라 흐르면 그에 대한 반작용 힘이 안정판에 작용한다. 안정판이 모두 같은 방향으로 구부러져 있다면 로켓은 구부러진 방향으로 회전하면서 비행할 것이다.
6. 우주에서 로켓 안정판이 필요할까?
공기가 없으면 안정판에 뉴턴의 제3 운동법칙을 적용해 줄 대상이 없다. 따라서 안정판으로 방향을 조정할 수 없다. 우주에서 로켓은 엔진 배기 노즐을 이용하여 방향을 바꾼다.



연장학습

로켓이 얼마나 높이 나는지 학습한다. 바닥부터 천장까지 일정한 간격으로 색테이프를 붙이고 벽을 따라 로켓을 발사하여 로켓이 도달한 높이를 측정한다. 이때 로켓이 도달한 높이에서 발사한 높이를 빼야 한다. 또는 앞 시간에 만든 고도추적기로 고도를 측정할 수도 있다. 이 경우 발사 지점과 관측지점의 거리는 5m면 충분하다.





* 각 숫자는 지구 직경을 1로 보았을 때 그 배수



종이 로켓

학년 반 이름



들어가기

- 태양계를 구성하는 행성들을 말해보자.
- 지구와 비교했을 때 행성들의 크기와 태양으로부터의 거리는 어떠한가?



준비물

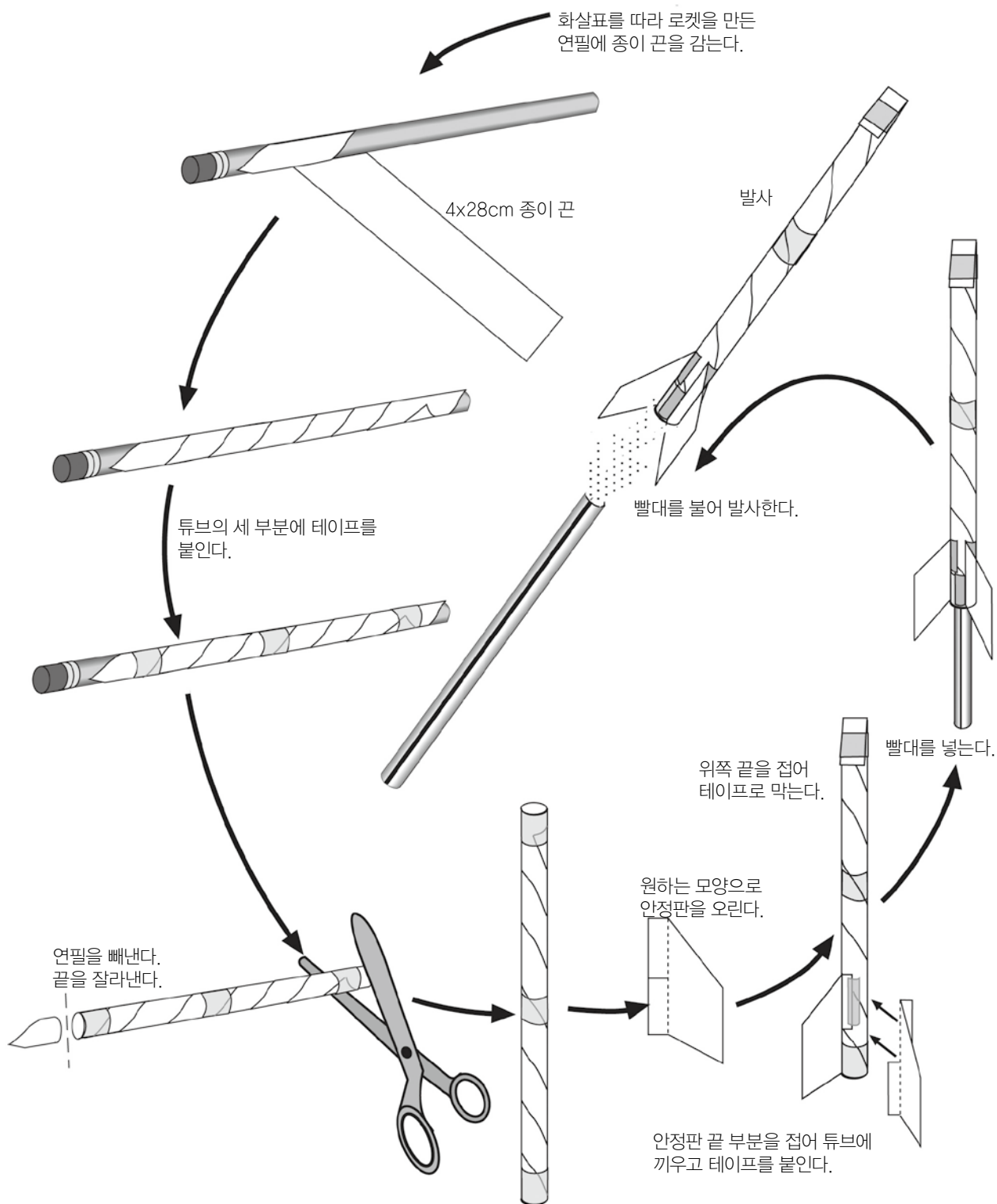
종이(A4용지 등), 셀로판테이프, 가위, 연필, 밀크셰이크용 빨대(연필보다 약간 가는 것), 보안경, 줄자, 태양과 행성 그림 또는 사진, 전자저울



종이 로켓 만들기

1. 종이를 가로 4cm 세로 28cm정도의 테이프로 길게 여러 장 자른다.
2. 연필에 종이테이프를 감는다. 다 감으면 연필을 빼내야 하므로 너무 단단히 감지 않도록 한다.
3. 연필을 빼낸 종이 튜브의 양 끝을 잘라내고 기수 쪽은 접어 셀로판테이프로 붙인다.
4. 원하는 모양의 안정판을 만들어 튜브 아래쪽에 테이프로 붙인다.
5. 빨대를 튜브 안에 넣는다.
6. 지구 위에서 목표 행성을 향해 빨대를 붙여 로켓을 발사한다. 세 번 발사하여 평균 비행거리를 계산한다.
7. 더 멀리 날리기 위해 종이로켓을 개선하자. 안정판의 크기와 개수도 변화시킨다. 내가 만든 로켓이 얼마나 날아갈지 예측하여 보고서에 기록한다. 서로 다른 로켓을 두 가지 더 만들어 같은 실험을 되풀이한다.







결과 정리

종이로켓 비행 보고서

이름 :

로켓1

• 얼마나 멀리 날아갔는가? (cm) 1. 2. 3. • 평균 거리는?	• 로켓의 비행은 어떠한가? 안정적인가?
---	--

로켓2

• 내 로켓이 얼마나 멀리 날아갈까? • 얼마나 멀리 날아갔는가? (cm) 1. 2. 3. • 평균 거리는? • 예측과 평균 거리와의 차이는?	• 로켓의 비행은 어떠한가? 안정적인가?
---	--

로켓3

• 내 로켓이 얼마나 멀리 날아갈까? • 얼마나 멀리 날아갔는가? (cm) 1. 2. 3. • 평균 거리는? • 예측과 평균 거리와의 차이는?	• 로켓의 비행은 어떠한가? 안정적인가?
---	--



토의하기

1. 로켓의 성능을 향상시키는 요인은 무엇인가?
2. 로켓의 안정성을 유지할 수 있는 안정판의 최소 크기는?
3. 로켓 안정에 필요한 안정판의 수는?
4. 로켓 안정판을 로켓의 원뿔형 기수 근처에 달면 어떻게 될까?
5. 안정판의 끝 부분을 바람개비처럼 구부리면 로켓이 어떻게 될까?
6. 우주에서 로켓 안정판이 필요할까?



읽기자료

안정판

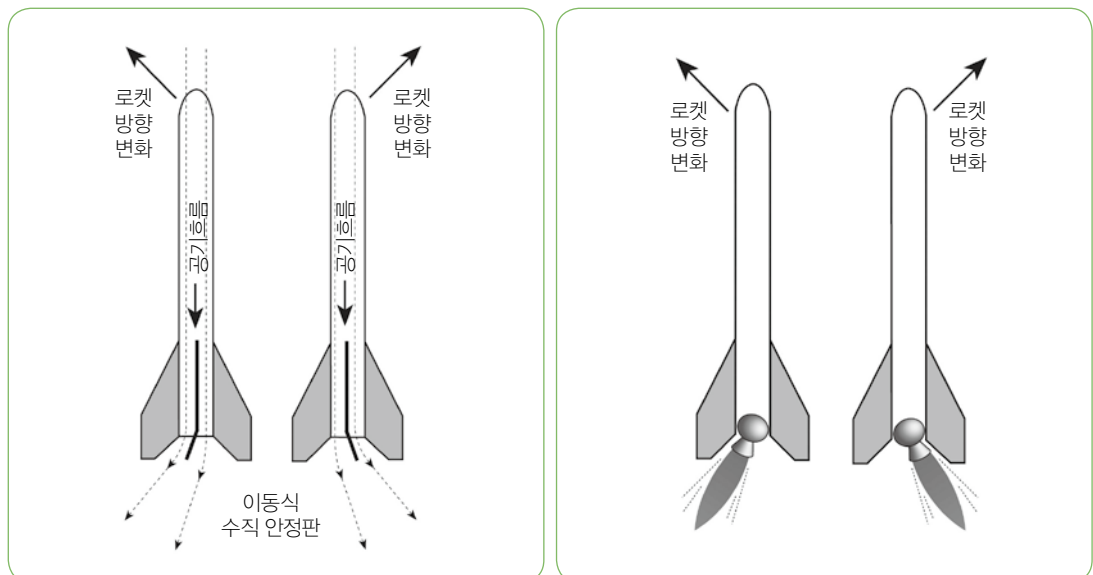
안정판이 없는 로켓은 안정판이 있는 로켓보다 조종하기가 훨씬 더 어렵다. 안정판은 로켓이 비행 중 뒤집어지거나 경로를 이탈하는 것을 막아 줄 뿐만 아니라 방향을 바꿀 때도 유용하게 사용된다.

로켓 공학이 크게 발전하면서 로켓 하단의 가스 배출 노즐 주위에 가벼운 수직 안정판을 장착하게 되었다. 이 수직 안정판은 가벼운 소재를 이용해 유선형으로 제작된다. 이 안정판의 표면적이 넓어서 압력중심이 질량중심보다 뒤쪽에 위치할 수 있다. 안정판의 아래쪽 끝을 바람개비처럼 구부려 비행 시 회전 속도를 높일 수도 있다. 회전 안정판을 달면 로켓의 비행 안정성이 훨씬 더 향상되지만 항력이 커지면서 로켓의 운동이 방해받는 단점이 있다.

로켓의 방향을 조절하는 장치로는 안정판 외에도 선미익이라는 것이 있다. 모양은 안정판과 매우 비슷하지만 선미익은 로켓 앞쪽 끝에 장착한다. 선미익과 안정판은 비행 시 방향키처럼 기울어져 공기 흐름에 따라 로켓의 경로를 바꾼다. 로켓에 있는 동작 센서는 방향 변화를 감지하여 안정판과 선미익을 조금씩 기울여 경로를 수정하게 된다. 이 두 장치의 장점은 크기와 무게이다. 둘 다 작고 가벼워서 항력을 적게 받는다. 이동식 안정판은 고정식 안정판보다 방향 지시 정확성도 더 좋다.

그럼 공기가 없는 우주 공간에서는 어떻게 로켓의 방향을 조종할까?

안정판은 공기가 없는 곳에서는 방향키로서 무용지물이다. 이때는 능동 제어 시스템을 사용한다. 로켓 엔진에서 배기가스가 배출되는 각도를 조정하여 경로를 바꾼다. 뉴턴의 제3 운동 법칙을 생각해보자. 기울어진 엔진 노즐에서 가스가 왼쪽으로 분출되면 그것과 반대방향으로 반작용을 받아 로켓의 뒤쪽이 오른쪽으로 밀린다. 그러면 로켓은 질량중심점을 중심으로 회전하여 앞쪽이 뒤쪽과 반대방향인 왼쪽을 향하게 된다. 이것은 공기 중에서 안정판이 로켓의 방향을 바꾸는 원리와 마찬가지로, 안정판이 꺾인 방향이나 가스가 분출되는 방향과 같은 쪽으로 로켓이 진행하게 된다. 엔진 노즐의 각도를 조정함으로써 원하는 방향으로 로켓의 경로를 수정할 수 있는 것이다.



Rocket production





빨대로 로켓을 만들고 이 로켓을 발사할 발사기를 만든다. 발사기는 앞 시간에 만든 종이 로켓 발사대로도 이용할 수 있는 압축 공기 발사기이다.



탐구목적

빨대 로켓을 만들어 도달할 수 있는 최대 높이와 거리를 확인한다. 압축 공기의 힘을 체험한다.

- 관련 개념 : 고도
- 준비시간 : 10분
- 활동시간 : 45분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 개별 활동



재료 및 도구

- 발사기 : 1L pet 병, 빨대(직각으로 구부릴 수 있도록 주름진 것), 고무찰흙이나 지점토
- 빨대 로켓 : 1인 당 빨대(발사기 빨대보다 아주 조금 커서 끼웠을 때 딱 맞는 크기여야 함) 13개, 고무찰흙, 가위, 접착테이프, 안정판을 만들 종이, 그래프용지, 연필, 각도기, 미터자나 줄자



탐구안내

1. 발사기 만들기

병을 압축시켰을 때 입구를 막은 고무찰흙이 튕겨져 나가지 않도록 단단히 마무리하도록 지도한다. 또 빨대가 병 안쪽으로 들어와 있는 부분이 너무 길면 압축 공기가 빨대를 통해 효과적으로 분출되지 않으므로 이 부분도 잘 확인한다.

2. 빨대 로켓 만들기

미리 만들어 둔 로켓을 보여주고 학생들이 자신의 로켓을 자유롭게 꾸미게 한다. 빨대 한 쪽 끝에 고무찰흙으로 원뿔형 기수를 만들어 붙이고 반대쪽 끝에는 종이를 만든 안정판을 테이프로 고정시킨다.

- ① 기수와 안정판의 크기와 모양은 같고 빨대의 길이가 다른 로켓을 네 개 만들게 한다.
- ② 로켓의 길이와 안정판은 같고 원뿔형 기수의 모양이나 크기가 다른 로켓을 네 개 만들게 한다.
- ③ 로켓의 길이와 원뿔형 기수는 같고 안정판의 수가 다른 로켓을 네 개 만들게 한다.

3. 탐구 과제 제시

- ① 로켓 하나를 선택하여 10~90도 사이의 각도로 발사하고 날아가는 거리가 최대가 되는 발사 각도와 고도가

최대가 되는 각도를 확인한다. 고도는 벽에 줄자나 일정한 눈금 간격으로 색갈테이프를 붙이고 로켓을 벽을 따라 발사하여 측정한다.

② 길이가 다른 로켓들을 발사하여 이동거리가 최대인 로켓과 고도가 최대인 로켓을 확인한다.

③ 원뿔형 기수의 모양이나 크기가 이동거리와 고도에 미치는 영향을 확인한다.

④ 안정판 수가 이동거리에 미치는 영향을 확인한다.

⑤ 위 실험에서 얻은 조건을 이용하여 이동거리 5m에 도전하는 로켓을 만들게 한다.

※ 유의점 : 발사기의 pet병을 항상 일정한 힘으로 눌러야 하며 여러 번 사용한 후에 처음과 같은 힘이 유지되지 않으면 새 병으로 교체한다. 발사기 방향이 사람을 향하지 않도록 한다.



토의하기

1. 로켓들은 모두 같은 조건에서 발사되었는가? 오차 요인을 생각해보자.

- 발사기를 매번 같은 상태에서 같은 힘으로 누르거나 밟는 것이 어려우므로 모든 로켓에 동일한 힘을 가했다고 볼 수 없다. 그러나 최대한 비슷한 조건을 유지하도록 노력한다.

2. 로켓의 이동거리가 가장 클 때의 로켓 발사 각도는 얼마인가?

- 각각의 조건에서 45도 상방으로 발사하였을 때이다.

3. 로켓의 고도가 가장 최대일 때의 발사 각도는 얼마인가?

- 연직 상방(지면과 90도)으로 발사하였을 때이다. 로켓의 조건에 따라 고도를 비교하여 가장 높은 고도에 도달한 로켓의 기수와 안정판 및 로켓의 길이에 대한 정보를 발표시킨다.

4. 원뿔형 기수와 안정판은 이동거리와 고도에 어떤 영향을 미치는가?

- 질량중심이 압력중심보다 앞 쪽에 있어야 로켓이 안정적으로 비행한다. 질량중심을 뒤로 보내기 위해 로켓의 길이가 길고 안정판이 크고 많아지면 그만큼 로켓이 무거워져 이동거리와 고도 확보에 오히려 방해 요인이 된다. 각자 실험한 로켓 중 가장 이상적인 비행을 한 경우의 로켓 조건을 발표하게 한다.





빨대 로켓과 압축공기발사기

학년 반 이름

도전과제

오늘은 빨대로 간단한 로켓과 이 로켓을 발사할 수 있는 압축공기발사기를 만들자.
압축공기발사기는 종이 로켓 발사기로도 사용할 수 있다.



준비물

- 발사기 : 1L pet 병, 빨대(직각으로 구부릴 수 있도록 주름진 것), 고무찰흙이나 지점토
- 빨대 로켓 : 빨대(발사기 빨대보다 아주 조금 커서 끼웠을 때 딱 맞는 크기여야 함) 13개, 고무찰흙, 가위, 접착테이프, 안정판을 만들 종이, 그래프용지, 연필, 각도기, 미터자나 줄자



발사기와 로켓 만들기

1. 발사기 만들기

병 입구에 빨대를 넣고 고무찰흙이나 지점토로 입구를 완전히 채워 막는다. 이때 빨대가 병 안으로 3cm정도 들어가 있도록 길이를 미리 맞추어 자른다. 바깥쪽 빨대 길이는 그 위로 로켓이 끼워졌다가 미끄러져 발사될 수 있을 정도로 길어야 한다.

2. 로켓 만들기

- 1) 빨대의 한 쪽 끝에 고무찰흙으로 원뿔형 기수를 만들어 붙인다. 빨대 끝의 구멍이 기수로 완전히 덮여야 한다.
- 2) 종이에 안정판을 그려 빨대 로켓의 반대쪽 끝에 테이프로 고정시킨다.
- 3) 이러한 방법으로 다음과 같은 로켓을 만들자.
 - ① 원뿔형 기수와 안정판은 모두 같고 길이가 다른 로켓 네 개
 - ② 길이와 안정판은 모두 같고 원뿔형 기수의 모양이나 크기가 다른 로켓 네 개
 - ③ 길이와 원뿔형 기수는 모두 같고 안정판의 수가 다른 로켓 네 개

Rocket production



로켓 발사하기

1. 로켓 중 하나를 선택하여 발사기의 구부러진 빨대 끝에 끼우고 발사기 병을 손으로 누르거나 발로 밟아 발사시킨다. 빨대의 주름진 부분을 각도기를 이용하여 원하는 각도로 구부린다. 10도부터 90도 사이의 각도로 발사해보고 가장 멀리 날아가는 발사 각도를 찾자.
2. 이번에는 같은 방법으로 고도가 최대가 되는 발사 각도를 찾는다. 발사기의 병은 매번 찌그러진 부분을 펴고 둥글게 만들어서 사용한다. 줄자를 붙인 벽을 따라 발사하면 고도를 쉽게 측정할 수 있다.
3. 가장 멀리 날아간 각도와 가장 높이 올라간 각도를 기록한다. 이제 서로 다른 12개의 로켓을 이 두 각도로 발사하여 최상의 비행을 하는 로켓을 선정하고 로켓의 길이와 원뿔형 기수, 안정판의 조건을 확인하자.

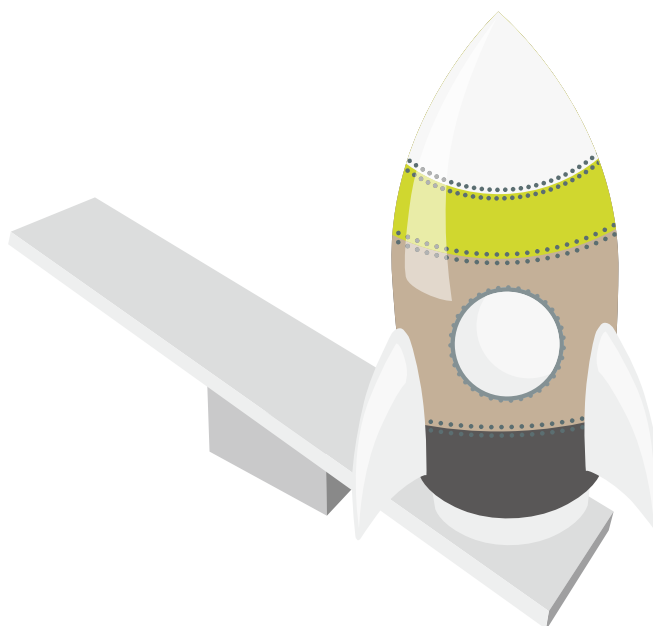


발사기



빨대 로켓

※ 발사기의 병이 너무 찌그러져 원상회복이 어려우면 새 병으로 교체하여 실험한다. 로켓을 발사할 때 사람을 향하지 않도록 조심하자.





결과 정리

빨대 로켓 비행 보고서

이름 :

1. 로켓이 가장 멀리 날아가는 발사 각도는 얼마인가?

2. 로켓이 가장 높이 올라가는 발사 각도는 얼마인가?

3. 로켓의 길이에 따른 비행 결과

로켓의 길이(cm)	날아간 거리(cm)	올라간 높이(cm)

4. 원뿔형 기수에 따른 비행 결과

원뿔형 기수의 모양과 크기	날아간 거리(cm)	올라간 높이(cm)

5. 안정판의 수에 따른 비행 결과

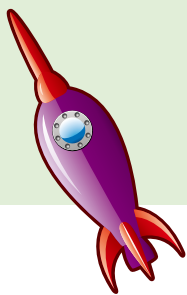
안정판의 수(개)	날아간 거리(cm)	올라간 높이(cm)



토의하기

1. 병 안으로 들어와 있는 빨대의 길이가 길면 발사기를 작동시켰을 때 어떤 현상이 발생하는가? 왜 그럴까?
2. 로켓들은 모두 같은 조건에서 발사되었는가? 오차 요인을 생각해보자.
3. 원뿔형 기수와 안정판은 이동거리와 고도에 어떤 영향을 미치는가?
4. 위 결과를 적용하여 가장 멀리 날아갈 수 있는 로켓을 만들자. 최상의 조건을 적용한 로켓을 가장 적절한 발사 각도로 발사하여 이동거리 5m에 도전한다.





폴리에틸렌 폼으로 로켓을 만들고 고도 추적기를 부착한 긴 자를 발사기로 사용하여 로켓의 발사 각도와 비행거리의 관계를 확인한다.



탐구목적

폼 로켓을 만들어 도달할 수 있는 최대 거리를 확인한다. 고무줄의 탄성력을 추진력으로 이용하고 발사 각도에 따른 비행거리를 측정한다.

- 관련 개념 : 고도
- 준비시간 : 20분
- 활동시간 : 60분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 팀당 3명



재료 및 도구

- 발사기 : 1M 막대자, 두꺼운 종이, 압정, 실, 너트 또는 와셔, 접착테이프
- 폼 로켓 : 파이프 모양의 폴리에틸렌 폼, 1/16"고무줄, 얇은 우드 락, 나일론 끈, 가위, 케이블 타이 (100~200mm 길이)



재료 준비하기

1. 발사기

막대 자는 나무 재질로 준비한다. 각도 조정 장치는 막대 자에 부착하는 형태로 만들 것이므로 이전 시간에 만든 고도 추적기를 여기에서 재활용할 수 없다.

2. 폼 로켓

폴리에틸렌 폼은 부피는 크지만 매우 가벼운 소재로 포장재나 건축재로 두루 쓰인다. 과학교재사에 부탁하면 쉽게 구할 수 있다. 속은 비어 있고 두툼한 파이프 모양(1/2")의 폴리에틸렌 폼을 30cm 길이로 정확하게 자른다. 이것이 로켓의 몸체가 된다.

고무줄은 고무동력기 제작에 많이 쓰이는 1/16"규격이면 적당하다. 학생들에게 모두 같은 길이(33cm정도)로 잘라 나눠 준다.

우드 락은 안정판을 만들 재료인데 두껍지 않은 것으로 준비하고 나일론 끈은 신축성이 없는 튼튼한 것으로 65cm 길이로 잘라 놓는다.

케이블타이는 인터넷에 검색하면 판매처가 많다. 1000개 들이 한 묶음에 6천~9천 원 선이면 구입할 수 있다.



활동 관리하기

체육관 같은 천장이 높고 넓은 실내 공간에서 발사하도록 한다. 폼이 매우 가벼워서 바람이 있는 실외는 적당하지 않다.

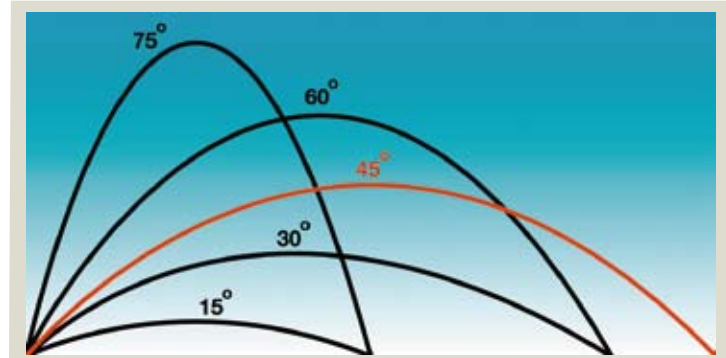
발사 지점으로부터 5m인 곳에 테이프로 표시를 하고 1m 간격으로 20m까지 표시한다.

발사할 때의 변수는 고무줄을 당기는 정도와 발사 각도이다. 이 활동에서 발사 각도에 대한 비행거리를 비교하려고 하므로 로켓의 발사 속도를 같게 하려면 고무줄을 같은 길이로 잡아 당겨 제어하여야 한다. 고무줄을 당기는 정도가 항상 일정하게 유지되도록 하기 위해 막대 자를 사용하여 매번 같은 길이로 고무줄을 당긴다.

로켓을 발사할 때는 책상을 놓고 그 위에서 발사하는 것이 좋다. 학생들이 서서 발사할 때 키에 따라 로켓의 비행거리가 다르게 측정된다. 발사 지점의 높이보다 로켓이 착륙할 바닥이 더 낮아서 그 차이만큼 수평 비행거리가 달라지기 때문이다. 막대자의 한쪽 끝은 책상 바닥에 대고 발사 각도만큼 위로 기울여 발사하면 발사 지점의 높이에 따른 오차를 최소화할 수 있다.

세 명으로 구성된 팀에서 한 학생은 발사를 담당하고 두 번째 학생은 발사 각도를 확인하여 발사 명령을 내리게 한다. 세 번째 학생은 로켓의 비행거리를 측정하고 기록하고 로켓을 회수하여 발사지점으로 가져 온다. 이때 비행거리는 로켓이 바닥에서 미끄러지거나 튕겨나가더라도 처음 바닥에 닿은 지점까지를 측정해야 한다. 역할을 바꾸어 가며 실험을 2회 이상 반복한다. 비행거리의 평균을 계산하고 최장 거리가 나오는 발사 각도를 찾는다.

발사 각도와 고무줄 당기는 길이를 잘 제어한다면 45도로 발사할 때 비행거리가 가장 길게 나오는 것을 관찰하게 된다. 또 발사 속력이 같으면 30도로 발사할 때와 60도로 발사할 때 거리가 같다는 것도 알게 된다. 마찬가지로 20도는 70도일 때와 같은 결과가 나올 것이다. 그러나 학생들이 아무리 노력해도 발사 시 약간의 차이가 있기 마련이므로 거리는 정확하지 않을 것이다. 따라서 여러 번 발사하여 평균값을 구하는 것이 의미가 있다.



이론 및 배경

폼 로켓은 포물선을 그리며 날아간다. 고무줄의 탄성력이 로켓을 추진하게 된다. 실제 로켓과의 차이는 여기에 있다. 로켓은 추진제가 모두 연소할 때까지 추력이 몇 초에서 몇 분간 지속되어 가속도가 유지된다. 폼 로켓은 발사대를 떠나는 순간 추진이 멈추고 비행은 관성과 중력에 의해 이루어진다. 그리고 폼 로켓은 비행 중에 질량이 변하지 않는다. 실제 로켓은 추진제(연료)를 소모하므로 총 질량이 감소한다. 하지만 폼 로켓의 비행은 실제 로켓과 유사하다. 그 움직임과 경로가 중력과 항력, 즉 공기 저항의 영향을 받는다. 폼 로켓은 다른 모형 로켓에 비해 연료 공급 없이 반복해서 날릴 수 있으므로 로켓 운동을 공부하는데 적당하다.

폼 로켓은 뉴턴의 제3 운동 법칙을 잘 보여준다. 끈을 당겼다가 놓으면 고무줄이 수축하면서 발사기로 사용하는 막대자를 뒤로 미는 힘이 작용한다. 이 힘과 방향은 반대이면서 크기는 같은 반작용력이 고무줄을 포함한 폼 로켓에 작용하여 로켓이 날아간다. 실제 로켓이 발사될 때 엔진에서 배출되는 가스가 지면을 미는 힘에 대한 반작용력으로 로켓이 추진되는 것과 연관 지어 설명한다. (여기에서 고무줄이 수축할 때 로켓 추진에 필요한 작용력이 생기고 발사기에는 반대 방향의 반작용력이 생기는 것으로 설명해도 마찬가지이다. 작용과 반작용은 힘을 주고받는 두 물체 사이에 성립하는 관계이므로 세 가지 이상의 대상을 끌어들이면 학생들에게 오개념을 줄 수 있으므로 유의한다)



토의하기

- 발사 각도에 0도와 90도가 필요하지 않다. 이유를 생각해보자.
 - 발사가 완벽하다고 가정하면 위로 똑바로 발사된(90도) 로켓은 발사대로 돌아온다. 수평으로 발사된(0도)로켓은 발사 지점의 높이보다 아래로 떨어지면서 이동하므로 발사 지점의 높이에서 이동한 거리는 0이 된다. 결국 수평방향의 비행거리는 두 경우 모두 0이므로 본 활동의 목적에는 맞지 않다.
- 발사기를 책상 위에 두고 발사하는 이유를 생각해보자.
 - 발사 지점의 높이보다 로켓이 떨어지는 바닥이 낮다. 그러면 그 차이만큼 로켓이 더 비행하게 되는데 차이가 클수록 로켓의 비행거리도 길어진다. 발사 각도에 따른 비행거리를 비교하기 위해서 다른 변수를 최대한 통제해야 하므로 발사 지점의 높이를 일정하게 유지하기 위해 책상을 발사대로 사용한다.
- 발사 각도에 따른 로켓의 비행거리는 어떻게 달라지는가?
 - 지면과 45도로 발사하였을 때 비행거리가 최대가 된다. 10도에서 45도까지는 발사 각도에 따라 비행거리도 증가하다가 45도를 넘어서면 발사 각도가 증가할수록 비행거리가 감소한다.



사고력 확장하기

포물선 운동에 대해 관심이 많은 학생들에게는 다음 공식을 소개한다.

물체의 수평 이동거리 = $\frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$ (v_0 =발사 속도, θ =발사 각도, g =중력가속도)

이 공식에 의해 이동거리가 최대가 되는 각도가 45도임을 확인할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 x &= v_0 \cos \theta t & y &= v_0 \sin \theta t - \frac{1}{2}gt \\
 y &= 0 ; t = 0 \text{ or } t = \frac{v_0 \sin 2\theta}{g} \\
 \therefore x_f &= \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos \theta}{g} = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}
 \end{aligned}$$





고무줄로 발사하는 폼 로켓

학년 반 이름

도전과제

고무줄로 발사하는 폴리에틸렌 폼 로켓을 통해 로켓 안정성과 발사 각도에 따른 비행거리를 알아보자.



준비물

- 발사기 : 1M 막대자, 두꺼운 종이, 압정, 실, 너트 또는 와셔, 접착테이프
- 폼 로켓 : 파이프 모양의 폴리에틸렌 폼, 1/16" 고무줄, 얇은 우드락, 나일론 끈, 가위, 케이블 타이 (100~200mm 길이)



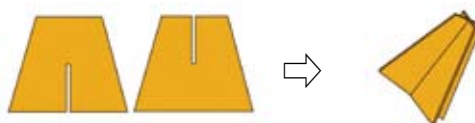
발사기와 로켓 만들기

1. 발사기 만들기

발사기 4분원 도안을 두꺼운 종이에 붙이고 오려 점선을 따라 접는다. 도안의 검은 점이 막대자의 60cm 눈금 바로 위에 오도록 맞추어 테이프로 붙인다. 이 장치는 발사 각도를 조정하기 위해 사용할 것이다.

2. 로켓 만들기

- 1) 폴리에틸렌 폼 파이프의 한쪽 끝에 같은 간격으로 틈을 4개 만든다. 틈의 길이는 8~10cm로 하며 안정판을 끼울 자리이다.
- 2) 나일론 끈을 묶어 고리를 만드는데 길이가 30cm가 되게 한다. 고무줄도 묶어 길이가 15cm가 되게 한다.
- 3) 케이블타이로 끈 고리와 고무줄을 연결한다. 케이블타이를 조여 연결부위가 1~2cm의 원이 되게 하고 길게 나온 타이 끝부분은 잘라낸다.
- 4) 3번에서 만든 고리를 폼 파이프에 넣는다. 고무줄은 앞쪽으로, 끈은 틈을 만들어 놓은 뒤쪽으로 오게 한다. 케이블 타이 고리의 위치는 파이프 앞 끝에서 약 3cm정도 뒤에 놓으면 된다.
- 5) 케이블 타이로 폼 로켓 기수를 단단히 조인다. 고무줄을 당겼을 때 로켓 안쪽의 케이블 타이 고리가 빠지지 않도록 위치를 잡는 것이 중요하다. 뒤로 나온 끈을 당기지 않도록 한다. 케이블 타이의 남은 부분은 잘라낸다.
- 6) 우드락으로 그림과 같은 안정판 두 개를 만든다. 안정판의 모양과 크기는 자유롭게 해도 되지만 겹쳐서 하나로 걸 수 있게 홈을 만들어야 한다.

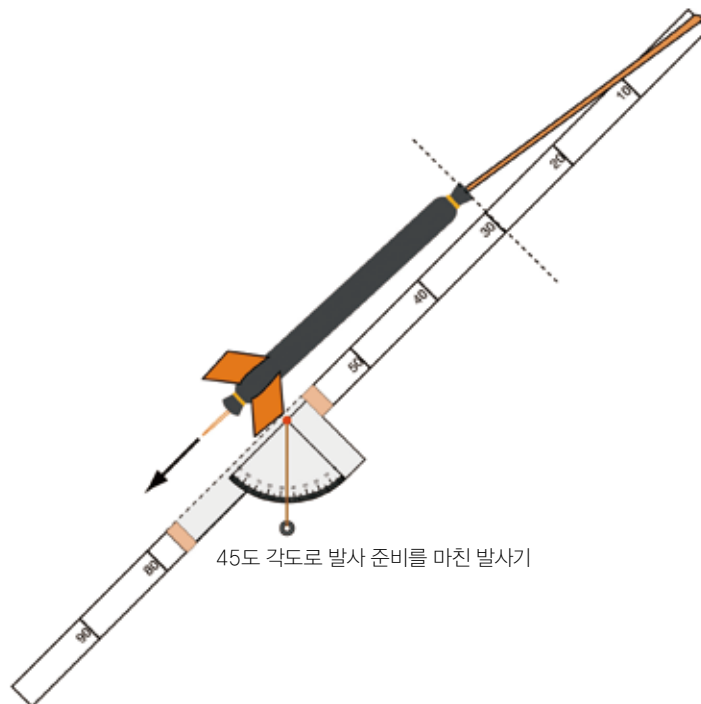


- 7) 포개진 안정판을 로켓 뒤쪽 틈에 끼운다. 이때 끈 고리가 밖으로 나와 있도록 주의한다.
- 8) 케이블 타이로 로켓 뒤쪽을 조인다. 이렇게 하면 안정판이 로켓에 고정된다. 타이의 남은 부분은 잘라낸다.



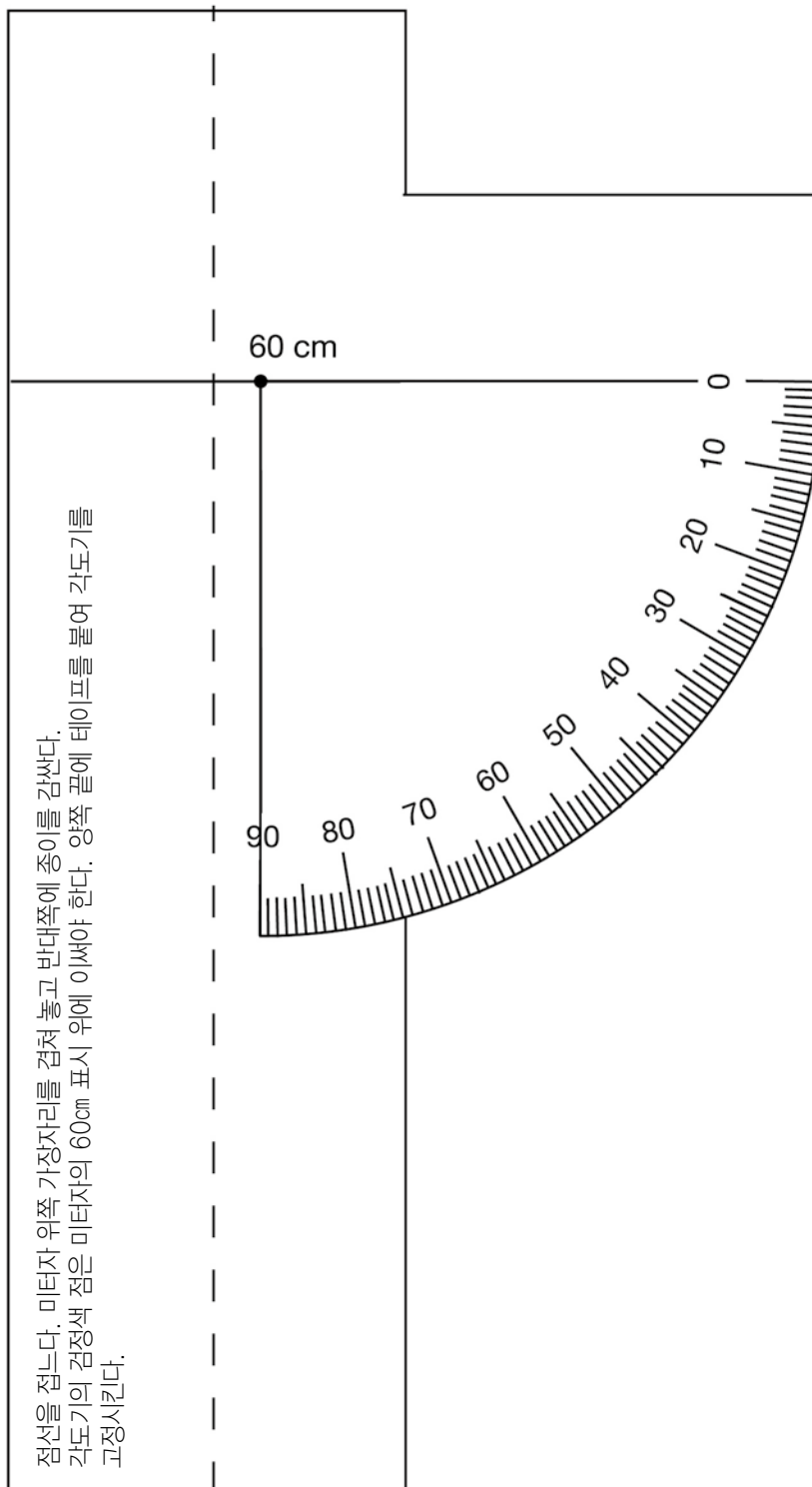
로켓 발사하기

1. 책상 위에 막대자의 뒤쪽 끝을 대고 앞쪽 끝에 고무줄을 건다.
2. 발사기에 달린 각도기를 이용해 발사 각도를 정확히 맞추고 로켓 꼬리가 60cm 지점에 닿을 때까지 끈을 당겨 고무줄이 늘어나게 한다. 발사할 때마다 고무줄이 늘어난 길이가 같아야 한다.



3. 끈을 놓으면 로켓이 발사된다. 비행거리를 측정하자.
4. 발사 각도를 10도에서 80도 사이에서 변화시키며 3번 씩 발사하고 데이터를 기록하자.

❖ 발사기 4분원 도안 (실물크기)





결과 정리

폼 로켓 비행 보고서

이름 :

발사각도	비행거리	발사각도	비행거리	발사각도	비행거리
평균		평균		평균	

발사각도	비행거리	발사각도	비행거리	발사각도	비행거리
평균		평균		평균	

로켓이 가장 멀리 날아가는 발사 각도는 얼마인가?



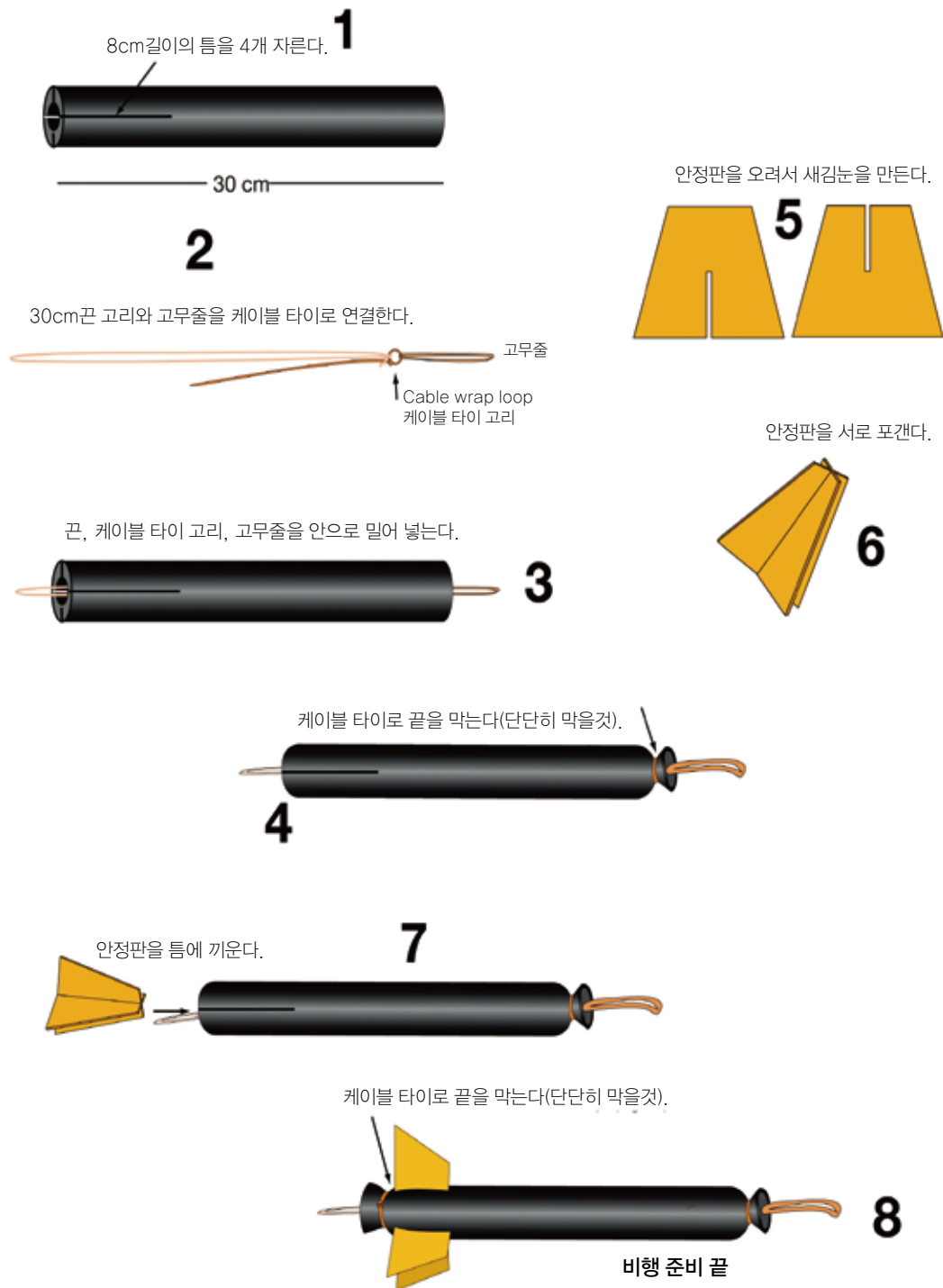
토의하기

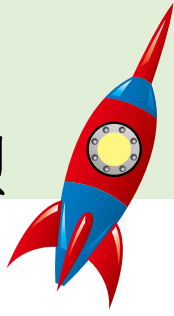
1. 발사 각도에 0도와 90도가 필요하지 않다. 이유를 생각해보자.
2. 발사기를 책상 위에 두고 발사하는 이유를 생각해보자.
3. 발사 각도에 따른 로켓의 비행거리는 어떻게 달라지는가?

Rocket production

❖ 폼 로켓 만들기

※ 필요하면 이 그림 자료를 이용한다.





학생들이 가장 흔하게 접하는 로켓 모형이지만 시중에서 구입하는 조립 키트를 사용하면 로켓 안정성과 기수, 안정판의 관계를 공부하는데 그다지 도움이 되지 않는다. 지금까지 공부한 내용들을 적용하여 각자 자신의 물 로켓을 만들고 발사한다.



탐구목적

물 로켓의 운동을 통해 힘과 운동의 관계를 이해한다.

- 관련 개념 : 힘, 가속도
- 준비시간 : 10분
- 활동시간 : 60분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 1~3학년, 개별 활동 또는 2인 1조



재료 및 도구

2리터 PET 병(굴곡이 없이 매끈한 모양), 우드락, 판지, 저온 글루건 또는 접착제, 접착테이프, 점토, 사포, 비닐(낙하산용), 끈 또는 실, 보안경, 채색 도구, 물 로켓 발사기, 발 펌프 또는 자전거펌프, 나무 블록, 나사 못, 와셔

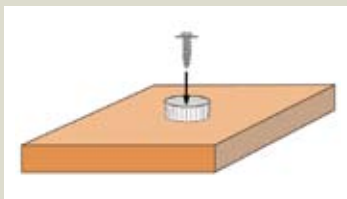


탐구안내

1. 조립대 만들기

교사가 미리 제작하여 학생들에게 나누어 준다.

작은 나무 블록 중앙에 PET병 뚜껑을 놓고 와셔와 나사못으로 뚜껑을 관통하여 블록에 부착한다. 로켓을 제작할 때 병 입구를 이 뚜껑에 꽂아 똑바로 세워 놓고 접착 작업을 할 수 있으며 로켓을 세워 보관하는 용도로도 사용할 수 있다.



병뚜껑을 블록에 나사로 고정시킨다.
와셔를 사용하면 더 튼튼하다.

2. 물 로켓 만들기

물 로켓도 다른 로켓과 마찬가지로 비행 성능이 로켓의 모양과 제작 기법이 영향을 크게 받는다. 안정판의 앞부분과 끝부분 가장자리를 기울이면 공기를 좀 더 깨끗하게 가르며 통과할 수 있다. 수직으로 부착된 안정판은 공기와의 마찰이나 저항을 거의 받지 않는다.

원뿔형 기수 안에 넣는 점토가 로켓의 균형을 유지하는데 도움이 된다. 안정판의 크기가 커도 로켓의 질량 중심이 앞쪽에 위치하도록 도와준다. 비행 시 원뿔형 기수는 위를, 안정판은 아래를 향하는 로켓의 모양이 마치 바람이 불어오는 쪽으로 화살 머리가 향하는 풍향계와 같다.



지도상 유의점

1. 글루건을 사용할 경우에는 화상과 감전에 주의하여야 한다. 고온의 글루건은 PET병을 녹이므로 저온 글루건을 사용하며 얼음물에 담긴 그릇을 테이블 중앙에 놓아두고 학생들이 손가락에 뜨거운 접착제가 묻었을 때 여기에 담그면 접착제가 빠르게 냉각된다. 그러나 전기를 사용하는 글루건에 감전될 위험이 있으므로 물 그릇을 글루건 근처에 놓지 않는다. 글루건 대신 공작용 접착제를 사용하는 것이 안전하다.
2. 안정판 가장자리를 사포로 매끈하게 다듬으면 항력 없이 공기를 가를 수 있음을 설명한다. 또 원뿔형 기수 안에 점토를 붙이는 이유를 질문한다.
3. 안전 착륙을 위한 낙하산 부착 방법도 생각해 보도록 한다. 원뿔형 기수는 로켓이 비행 최고점에 도달할 때까지는 그대로 있다가 떨어질 때 열리면서 낙하산이 펼쳐야 한다. 따라서 기수를 로켓에 고정시키면 안 된다. 로켓이 상승하는 동안에 기수가 벗겨지지 않도록 한쪽에만 테이프를 붙여 고정하고 로켓 몸체에 기수가 얹혀 있는 정도로 하여 발사한다. 낙하산을 부착한 로켓은 반드시 수직으로 발사한다.
4. 로켓이 완성되면 끈을 로켓 중간에 묶어 균형을 잡은 후 스윙 실험을 하게 한다. 도는 동안 로켓이 뒤집어지면 안정적이지 않은 것이므로 원뿔형 기수 무게를 늘리거나 안정판을 크게 만들어야 한다. 로켓의 기수가 항상 앞을 향하면서 회전하여야 한다.
5. 결과보고서는 학급 전체가 함께 쓰는 것이 좋다. 물의 양과 공기압에 따라 가장 잘 날아가는 발사 조건을 찾게 한다.



배경이론

물 로켓은 물을 일부만 채운 PET병으로 만든다. 펌프를 이용해 병 안에 공기를 넣고 발사하면 압축된 공기에 의해 물이 노즐 밖으로 뿜어져 나오고 병은 반대 방향으로 날아간다. PET병에는 공기 중에서 항력을 최소화하기 위해 유선형 모양을 만들어주는 원뿔형 기수와 안정성을 유지할 안정판이 있다.

물 로켓은 100미터 높이 정도는 쉽게 도달할 수 있고 전문 활동가들은 여러 개의 병을 결합한 다단 로켓으로 300미터 이상 발사한다.

물 로켓은 뉴턴의 운동 법칙을 잘 보여준다. 물이 로켓에서 뿜어져 나오는 것(작용)과 로켓이 공중으로 솟아오르는 것(반작용)을 관찰할 수 있다. 로켓 내부의 압력과 물의 양을 달리하면서 실험하면 힘과 가속도의 관계도 알 수 있다.

공기만 채워진 로켓은 높이 날지 못한다. 공기는 발사할 때 빨리 배출되지만 질량이 매우 작아 생성된 추력도 작다(제2 운동 법칙). 병에 물을 넣으면 공기가 병에서 나가기 전에 물을 먼저 밀어내게 된다. 물은 로켓이 밀어낼 질량을 증가시키므로 작용력이 커지고($F=ma$) 반작용인 추력도 커진다.



평가하기

1. 로켓의 제작 품질을 평가한다.
 - 로켓의 전체적 균형과 견고함 등을 살핀다.
2. 안정판이 수직으로 단단히 부착되어 있는가?
3. 원뿔형 기수가 로켓 상단에서 직선을 유지하는지 관찰한다.
 - 기수 끝이 로켓 몸체와 일직선을 이루지 않으면 로켓의 비행경로가 달라진다.
4. 고도 추적기를 이용하여 로켓의 비행높이를 측정하게 한다.
 - 고도 추적기를 사용한다. 로켓의 비행경로에서 10m 떨어진 지점에서 각도를 측정하여 고도를 계산한다. 이 과정에서 최고점과 관측 지점 사이의 거리를 정확하게 유지하기 어렵다는 점 등 많은 오차 요인이 있으므로 학생들 스스로 오차 요인을 인식하게 한다.



토의하기

1. 물 로켓에 공기만 넣고 발사하면 결과가 어떠할까?
 - 비행고도가 훨씬 낮아진다.
2. 빨대 로켓처럼 공기압만 이용한 로켓보다 공기압과 수압을 모두 이용할 때 효과가 더 좋은 이유는 무엇일까?
 - 물을 밀어낼 때의 질량이 공기만 밀어낼 때보다 훨씬 크므로 힘도 더 크다. 따라서 반작용력도 커지므로 로켓이 더 큰 추진력을 얻게 된다.
3. 낙하산이 성공적으로 퍼진 로켓의 원뿔형 기수가 어떻게 조립되었는지 살펴보자.
 - 로켓이 낙하할 때 기수가 잘 벗겨져야 하고 낙하산이 잘 퍼져야 한다. 이런 조건을 만족하도록 설계·제작된 로켓을 선별한다.



물 로켓 발사하기

학년 반 이름

도전과제

지금까지 공부한 로켓 이론을 적용하여 물 로켓을 만들자. 로켓의 디자인과 안정판, 원뿔형 기수 등 비행에 영향을 주는 요인들을 잘 고려하여 멋지고 성능이 우수한 로켓을 만들어 발사한다. 그리고 이 로켓을 안전하게 회수할 방법도 생각하자.



준비물

2리터 PET 병(굴곡이 없이 매끈한 모양), 우드락, 판지, 저온 글루건 또는 접착제, 접착테이프, 점토, 사포, 비닐(낙하산용), 끈 또는 실, 보안경, 채색 도구, 물 로켓 발사기, 발 펌프 또는 자전거펌프, 고도 추적기(11만원)

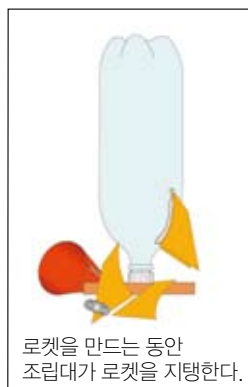
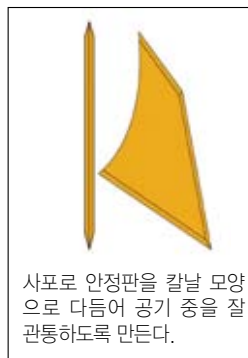


물 로켓 만들기

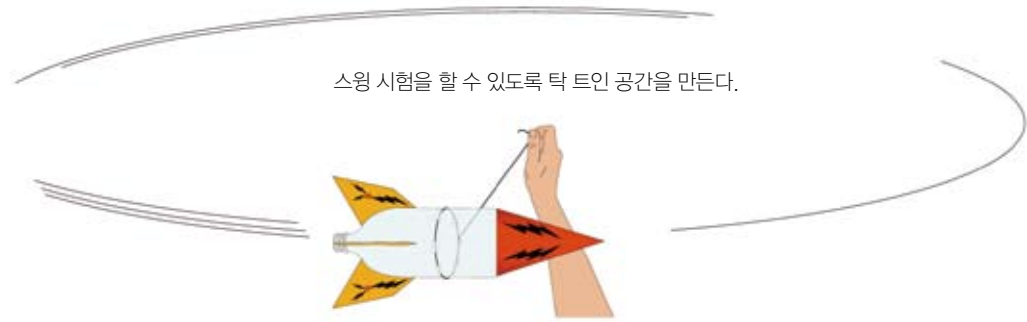
※ 선생님이 주신 조립대를 잘 활용하자. PET병을 조립대에 세워놓고 작업하면 한결 편하고 보관도 용이하다. 접착 작업 중에는 보안경을 착용하자.

❖ 로켓 만들기

- 1) 판지로 PET병을 감싸거나 테이프 모양으로 잘라서 감은 후 물감으로 장식한다.
로켓 이름을 정해서 써 넣는다.
- 2) 우드락으로 안정판을 만들어 저온 글루건이나 공작용 접착제로 단단히 붙인다.
우드락이 녹을 수 있으므로 반드시 저온의 글루건을 사용하거나 안전하게 접착제를 사용하자. 안정판은 사포로 가장자리를 매끈하게 다듬어 주어야 한다.
- 3) 판지로 원뿔형 기수를 만들어 로켓에 부착한다. 기수 안에는 점토를 붙인다.



- 4) 로켓이 완성되면 끈으로 로켓의 중간 부분을 묶어 균형을 잡은 후 스윙 실험을 한다. 안정적인 로켓이 되도록 로켓을 수정한다.



- ※ 로켓을 안전하게 회수하기 위해 낙하산을 고안해보자. 낙하산은 로켓 몸체와 원뿔형 기수 사이에 넣어야 하고 로켓이 최고점에 도달할 때까지는 그대로 가다가 떨어질 때 기수가 벗겨지면서 낙하산이 펼쳐져야 한다. 어떻게 장착해야 할까?



로켓 발사하기

- 1) 로켓에 물을 정도 넣고 발사기에 원하는 발사 각도로 장착한다.
- 2) 발사기와 연결된 발 펌프로 로켓 안에 공기를 적당한 압력으로 넣는다(60~100psi).
- 3) 로켓을 발사하고 고도 추적기로 로켓의 최고점 도달 높이를 계산해보자.
- 4) 물의 양과 공기압을 달리하여 가장 비행 성능이 좋은 조합을 찾아보자.

- ※공기 압력을 높이는 동안 발사기 주위로 머리를 들이밀지 않도록 하고 로켓의 비행 예측 범위 안에 사람이 없는지 확인하고 발사한다. 공기압은 너무 높이지 않도록 주의한다.

- 5) 낙하산을 장착한 물 로켓은 수직으로 발사한다. 원뿔형 기수는 잘 덮여 있어야 한다.





결과 정리

폼 로켓 비행 보고서

이름 :

* 로켓이 가장 멀리 날아가는 발사 조건은?

로켓이름	발사각도	물 충전량	공기펌프횟수	비행거리

※비행거리는 정확히 측정하기 어려울 경우 순위를 매겨도 된다.



토의하기

1. 물 로켓에 공기만 넣고 발사하면 결과가 어떠할까?
2. 빨대 로켓처럼 공기압만 이용한 로켓보다 공기압과 수압을 모두 이용할 때 효과가 더 좋은 이유는 무엇일까?
3. 낙하산이 성공적으로 펴진 로켓의 원뿔형 기수가 어떻게 조립되었는지 살펴보자.

| 팍 로켓 발사기



발로 밟아 공기압으로 로켓을 추진하는 발사기를 만들어보자. 시중에 제품으로 판매되는 공기압 발사기도 있지만 간단한 재료를 이용하여 학생들이 직접 발사기를 만들어봄으로써 유체의 흐름을 이해하고 기술적 설계 능력을 습득할 수 있다.



탐구목적

종이 로켓에 사용할 단순한 공기압 발사기를 만든다.

- 관련 개념 : 힘과 운동
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료 및 도구

팀 당 2리터 PET병, 20호 PVC 파이프 1.5m(조립 위치에 맞는 길이로 잘라 사용), 20호 PVC T자 연결관 2개, 20호 PVC L자(45도) 굽은 관 2개, 20호 PVC 마개 2개, 덕트 테이프, 자, 풍선용 수동 펌프, 6호 고무 마개 또는 코르크 마개(구멍 1개 뚫린 것), 보안경, 톱이나 PVC커터(미리 절단하여 구입할 수 있다), 네임펜



재료 준비하기

PVC 파이프는 철물점이나 인터넷 상에서 쉽게 구입할 수 있다. PET 병에 연결해 사용할 것이므로 파이프의 외경이 PET병 입구 크기와 같아야 한다. 병 입구의 내경이 26mm이므로 20호 PVC 파이프를 선택하면 입구에 꼭 맞게 끼울 수 있다. 파이프 가격은 1m 당 1,350원 선이고 원하는 길이로 재단하여 구입할 경우에는 한 컷 당 500원이 추가된다. 규격품을 구입하여 잘라 사용하면 자르기도 힘들고 버리는 부분이 많아 오히려 낭비이므로 미리 알맞은 크기로 재단 구입하는 편이 낫다. 발사기에 사용할 파이프의 길이는 다음과 같다.

50cm, 25cm 2개, 20cm, 18cm, 4cm 2개

T자 연결 관과 L자 굽은 관도 20호 파이프와 맞는 크기로 준비한다.

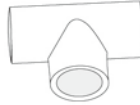
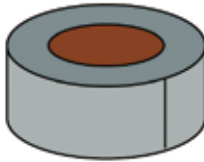
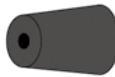
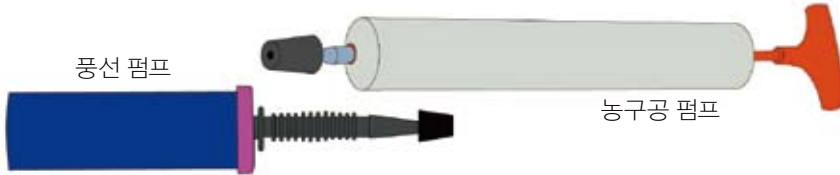
고무마개는 1구짜리로 구입한다. PVC 파이프 끝에 끼우고 손 펌프로 공기를 주입하는데 사용되므로 6호가 알맞다. 구입 가격은 개 당 400원 정도이다.



활동 관리하기

PET병에 붙어있는 라벨은 제거하지 않는다. 로켓을 발사할 때 항상 이 라벨 부분을 밟도록 하면 일정한 공기압을 제어하는데 도움이 된다. 라벨이 없으면 마커로 병 몸체에 표시를 해 두고 밟는 과녁으로 삼는다. 발사기는 PVC 조각들을 접합하지 않고 끼워서 사용하므로 발사각도 조절이나 회전이 가능하다. 다리에 해당하는 파이프를 기울여 삼각대 형태로 만들어 로켓을 발사하도록 한다. 발사기를 사용할 때는 실외의 경우 바람이 없는 날에 넓고 탁 트인 공간에서 발사하고 실내의 경우는 체육관이나 강당에서 낮은 각도로 발사하게 한다.

구매 목록

20호 PVC 파이프	20호 L자 굽은 관(45도) 2개	20호 T자 연결관 2개
		
20호 마개 2개	덕트 테이프	6호 1구 고무마개
		
 풍선 펌프 농구공 펌프		



팝 로켓 발사기

학년 반 이름

도전과제

공장에서 정교하게 만들어진 로켓 발사기 대신 우리가 직접 발사기를 만들어보면 어떨까? 빨대 로켓 발사기처럼 공기압을 이용한 종이 로켓 발사기를 만들어 다양한 형태의 종이 로켓 발사에 활용하자. 빨대 로켓 발사기는 손으로 작동시켰지만 팝 로켓 발사기는 발로 작동시키는 것이 차이점이다.



준비물

2리터 PET병, 20호 PVC 파이프 1.5m(조립 위치에 맞는 길이로 잘라 사용), 20호 PVC T자 연결관 2개, 20호 PVC L자(45도) 굽은 관 2개, 20호 PVC 마개 2개, 덕트 테이프, 자, 풍선용 수동 펌프, 6호 고무 마개 또는 코르크 마개(구멍 1개 뚫린 것), 보안경, 톱이나 PVC커터, 네임펜

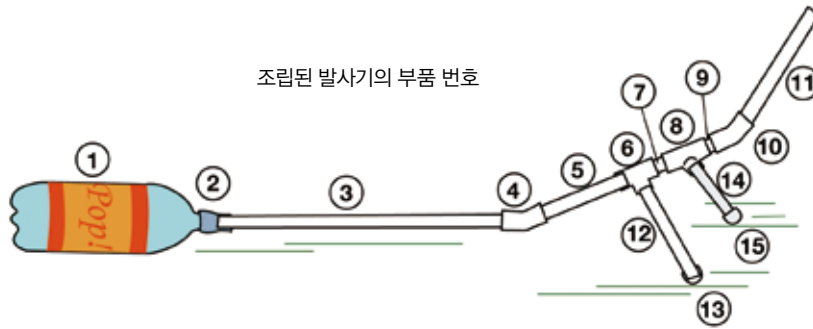


발사기 만들기

- PVC 파이프를 다음과 같은 길이로 자른다. 이때 자른 파이프에 번호를 써 넣자.
 - ③번 - 50cm
 - ⑤번 - 18cm
 - ⑦번 - 4cm
 - ⑨번 - 4cm
 - ⑪번 - 25cm
 - ⑫번 - 20cm
 - ⑭번 - 25cm
- L자 관과 T자 관, 마개에도 번호를 붙인다.
 - L자 관 - ④, ⑩번
 - T자 관 - ⑥, ⑧번
 - 마개 - ⑬, ⑮번
- ③번 파이프의 끝을 병의 입구에 끼우고 덕트 테이프로 단단히 감아 고정한다.
- 그림과 같이 발사기를 조립한다. 파이프의 번호를 제 위치에 정확히 끼우도록 유의한다.

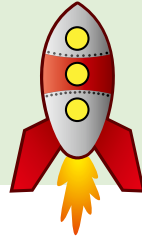


Rocket production



5. 땅에 닿을 때까지 다리 두 개(⑫, ⑭)를 안쪽이나 바깥쪽으로 움직여 전체가 안정적으로 땅 위에 서게 한다.
삼각대의 형태가 될 것이다.
 6. 풍선용 펌프의 바람 주입구를 고무마개 구멍에 끼우면 발사기 준비가 모두 끝난다.
- ※ 다음 시간에 제작할 팝 로켓을 이 발사기를 사용하여 발사합니다.
파손될 경우를 대비하여 PET병을 넉넉히 준비해 두세요.





종이 로켓을 설계하고 제작하여 직접 만든 발사기를 사용하여 로켓을 발사한다.



탐구목적

세 조각 종이로켓과 일체형 종이로켓을 통해 유체 내에서 로켓의 비행 안정성을 실험한다.

- 관련 개념 : 힘과 운동
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료 및 도구

두꺼운 종이(판지 또는 카드 용지), 공작용 접착제(오공 본드), 셀로판테이프, 가위, 채색 도구, 자, 동전, 팍 로켓 발사기, 지지용 막대(예 - 20호 PVC 파이프 30cm)



활동 관리하기

1. 팍 로켓 제작하기

팍 로켓은 로켓 모양의 종이 세 개를 잘라서 서로 붙여 만든다. 기본 도안을 이용하고 변 세 개를 붙일 때 삼각 뿔을 안쪽으로 기울여 붙여 로켓의 원뿔형 기수 역할을 하도록 한다. 반대쪽 끝에는 안정판 역할을 하는 날개가 달려 있는데 별도의 안정판을 만들어 붙여도 좋다. 안정판은 접착제나 테이프로 붙여 튼튼하게 제작한다.

도안은 학생들이 자유롭게 변형해도 되지만 몸체의 너비(사각형 부분의 너비)는 도안 치수대로 제작해야 발사기의 발사 튜브에 걸 수 있다. 이 내용을 학생들에게 주지시킨다.

로켓 장식은 조각들을 테이프로 붙이기 전에 하도록 하고, 원뿔형 기수도 세 개의 삼각형 중 하나의 안쪽에 미리 동전을 붙인 후 기수를 완성해야 한다. 동전은 비행 안정성을 향상시키는데 꼭 필요하다.

테이프로 조각들을 붙이는 작업을 할 때 종이 로켓이 쓰러지거나 찌그러지지 않도록 PVC 파이프 조각과 같은 지지대를 로켓 안에 넣으면 작업하기가 용이하다.

일체형 로켓은 안정판까지 모두 하나의 도안으로 되어 있어서 몸체 연결 부위 외에는 부품을 접착하여 붙이지 않는다. 세 조각 로켓과 비행 형태를 비교해보면 그다지 큰 차이는 없다.

2. 탐구학습

학생들에게 안정판이 로켓 제작에서 중요한 이유를 발표하게 한다. 발표를 듣고 안정판을 붙인 로켓과 붙이지 않은 로켓을 공중에 던져 안정판의 역할을 보여준다. 안정판이 있는 로켓은 직선으로 날아가지만 없는 로켓은 똑 떨어지거나 공중에서 뒤집힌다. 여기에서는 로켓 기수에 동전을 붙이지 않고 시연한다. 학생들에게 이런 비행 과정을 설명하게 한다.

3. 팝 로켓 발사하기

발사기를 탁 트인 공간에 놓고 발사 튜브(⑩번 파이프)를 원하는 방향으로 기울인다. 농구공을 목표 지점에 놓아두고 화성 또는 금성 등으로 명명한 후 목표 지점에 도달하기라는 과제를 주는 것도 재미있다. 발사각도에 따라 비행거리가 달라지는 현상을 관찰할 수 있다.

비행 구간에서 사람에게 로켓이 부딪치지 않도록 유의한다. 학생들은 보안경을 착용하게 하고 발사 카운트다운을 한다.

PET병 라벨을 힘껏 밟으면 병 안의 공기 대부분이 튜브를 통과해 로켓이 발사된다. 날아간 로켓을 회수하는 동안 팀의 다른 학생은 풍선용 펌프에 부착된 고무마개를 발사 튜브 끝에 꽂고 펌핑하여 병을 다시 부풀린다.

※ PET병이 손상되어 더 사용할 수 없게 되면 다른 PET병으로 교체할 수 있도록 여분의 병과 덕트 테이프를 준비해둔다.



토의하기

1. 로켓의 외부 구조는 어떻게 이루어져 있는가?

로켓의 뾰족한 윗부분은 원뿔형 기수이다. 이것은 로켓이 비행할 때 공기를 쉽게 가르며 나아갈 수 있게 한다. 원뿔형 기수는 보트가 물 위에서 나아갈 때 물을 가르는 뱃머리에 비유할 수 있다. 우주 비행사는 원뿔형 기수 안이나 가까운 근처에 위치하게 된다. (우주 왕복선의 경우에는 모양이 약간 다르지만 여기에서도 우주 비행사는 원뿔 모양의 오비터 전면에 탑승한다)

로켓 몸체는 튜브 형태(이 활동에서는 삼각기둥)로 그 안에 로켓 연료가 들어있다. 연료는 고체와 액체의 두 가지 형태가 있으며 액체 연료를 사용할 경우에는 연소 가스를 실은 튜브를 추가로 배치하게 된다. 고체 연료는 미리 연료와 가스를 혼합하여 탑재하므로 가스 튜브가 필요없다.

엔진은 로켓 연료가 연소되는 곳이다. 이것은 로켓 몸체의 하부 종단에 있다. 엔진은 로켓을 우주로 밀어 올린다. 우주에서 로켓의 위치와 방향을 조절하기 위한 노즐이 달려있다.

안정판은 로켓 몸체의 하부 종단에 있는 작은 날개이다. 이것이 있어서 로켓이 직선으로 비행할 수 있다. 안정판은 압력중심이 질량중심보다 뒤쪽에 위치할 수 있게 하여 비행 안정성을 향상시킨다.

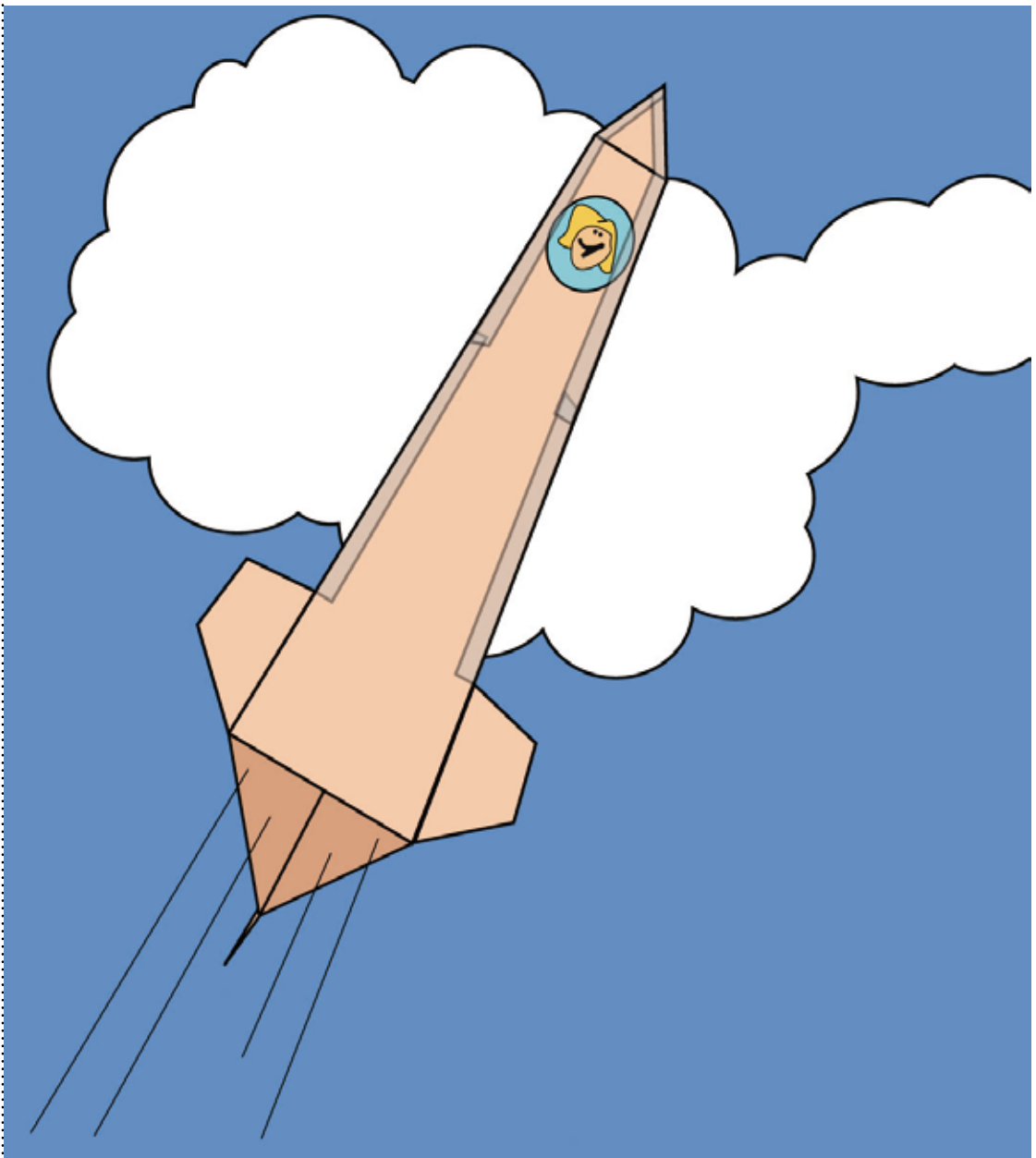
2. 자신의 로켓과 비행 형태를 발표하자.

학생들에게 자신의 로켓이 어떻게 날았는지를 간단하게 설명하거나 글로 쓰게 한다.



확장학습

1. 로켓을 화살, 풍향계 또는 다트와 비교한다. 이들의 모양을 학생들의 로켓과 비교해보고 날아가는 형태도 관찰하게 한다.
2. 다양한 로켓 사진을 보여주고 자신들의 로켓과 비교하면서 로켓의 구조를 익히게 한다.





팝 로켓 만들기

학년 반 이름

도전과제

종이 로켓을 만들고 지난 시간에 제작한 발사기를 이용하여 목표 지점까지 로켓을 발사하자. 공기가 압축되면서 로켓이 추진되는 형태의 로켓을 팝 로켓이라고 한다.



준비물

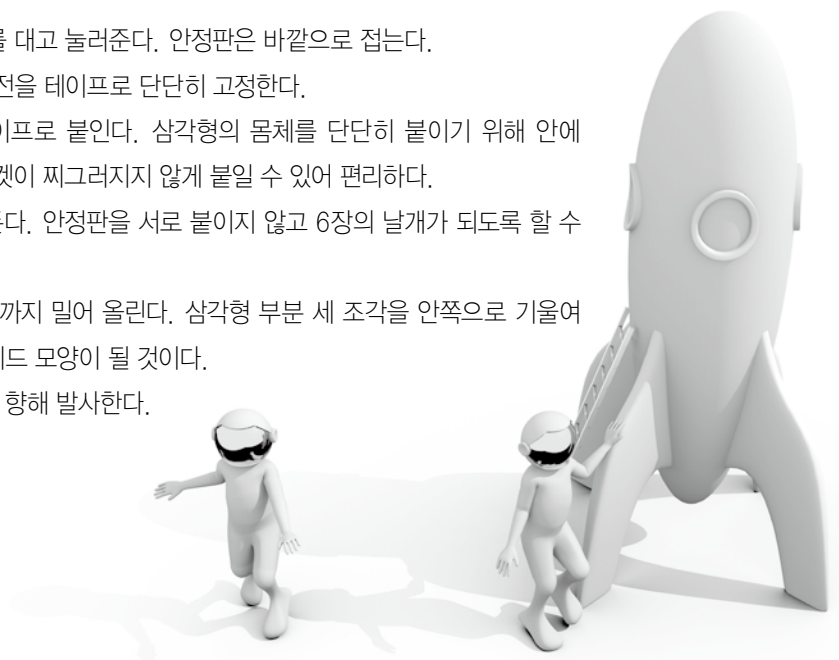
두꺼운 종이(판지 또는 카드 용지), 공작용 접착제(오공 본드), 셀로판테이프, 가위, 채색 도구, 자, 동전, 팝 로켓 발사기, 지지용 막대(예 - 20호 PVC 파이프 30cm)

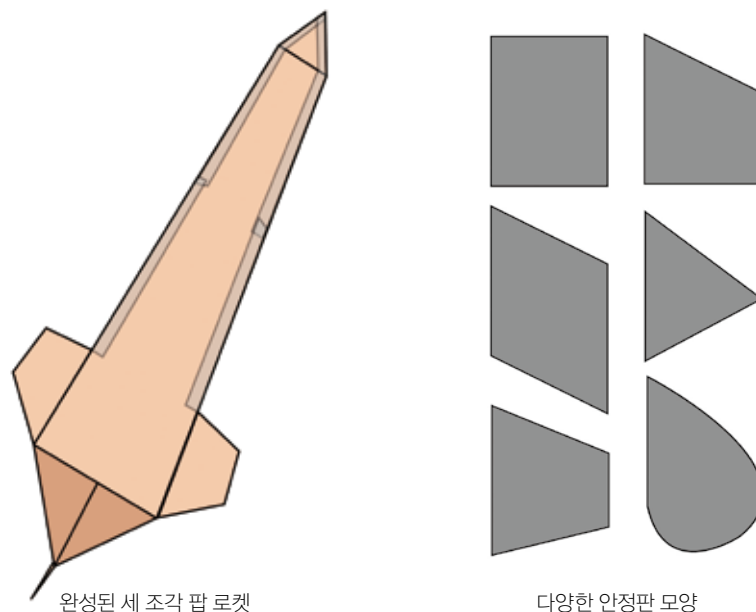
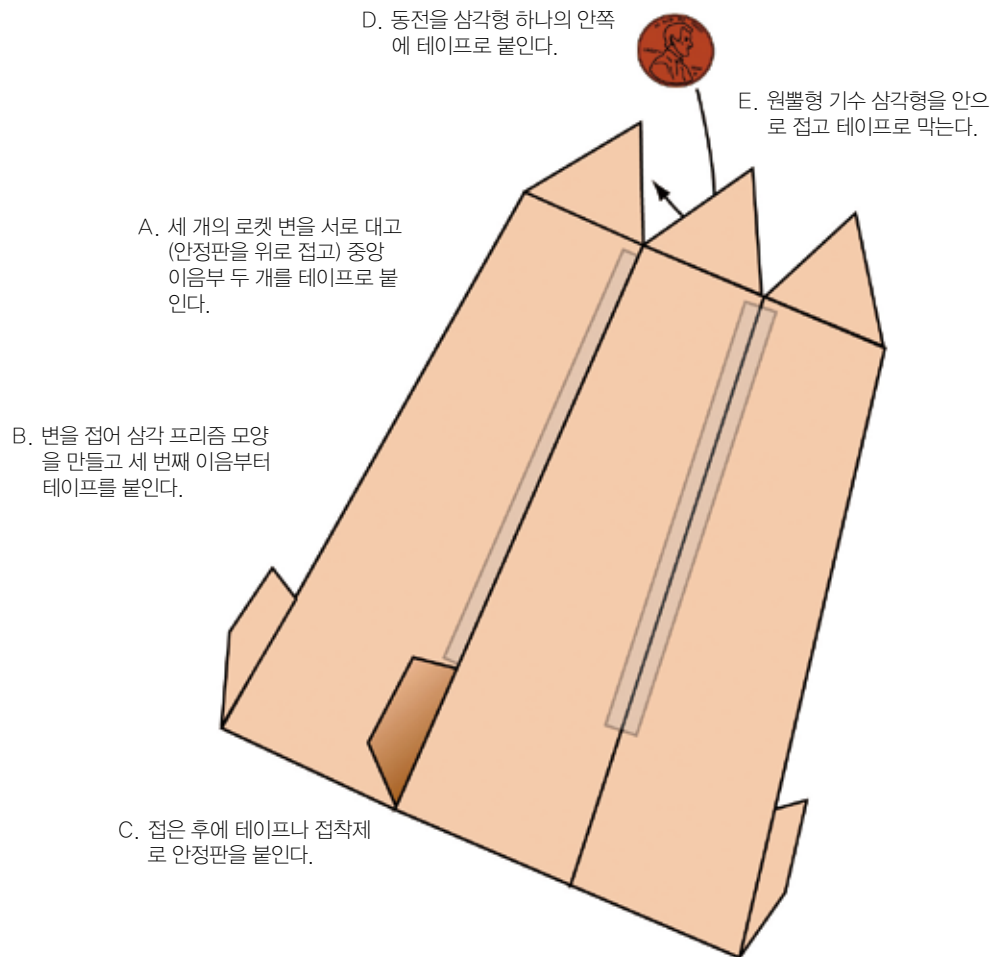


팝로켓 만들기

❖ 세 조각 팝 로켓

1. 로켓 도안대로 두꺼운 종이를 오린다. 안정판의 모양이나 기수 부분의 모양은 자유롭게 해도 좋으나 로켓 몸체의 너비는 반드시 3cm가 되도록 한다. 원뿔형 기수 부분은 이등변 삼각형이나 정삼각형 모두 괜찮다.
2. 도안이 완성되면 자신의 로켓을 예쁘게 꾸민다.
3. 오려낸 조각들의 선이 직선으로 잘 접히도록 자를 대고 눌러준다. 안정판은 바깥으로 접는다.
4. 원뿔형 기수의 삼각형 중 하나의 안쪽에 작은 동전을 테이프로 단단히 고정한다.
5. 도안 조각들을 잘 맞추어 몸체의 경계선을 테이프로 붙인다. 삼각형의 몸체를 단단히 붙이기 위해 안에 PVC 파이프와 같은 지지대를 넣고 작업하면 로켓이 찌그러지지 않게 붙일 수 있어 편리하다.
6. 공작용 본드나 테이프를 사용하여 안정판을 만든다. 안정판을 서로 붙이지 않고 6장의 날개가 되도록 할 수도 있다.
7. 지지대를 로켓 몸체 안에 넣고 원뿔형 기수 위치까지 밀어 올린다. 삼각형 부분 세 조각을 안쪽으로 기울여 경계면을 서로 마주대고 테이프로 붙인다. 피라미드 모양이 될 것이다.
8. 로켓이 튼튼한지 살펴보고 발사기로 목표 지점을 향해 발사한다.

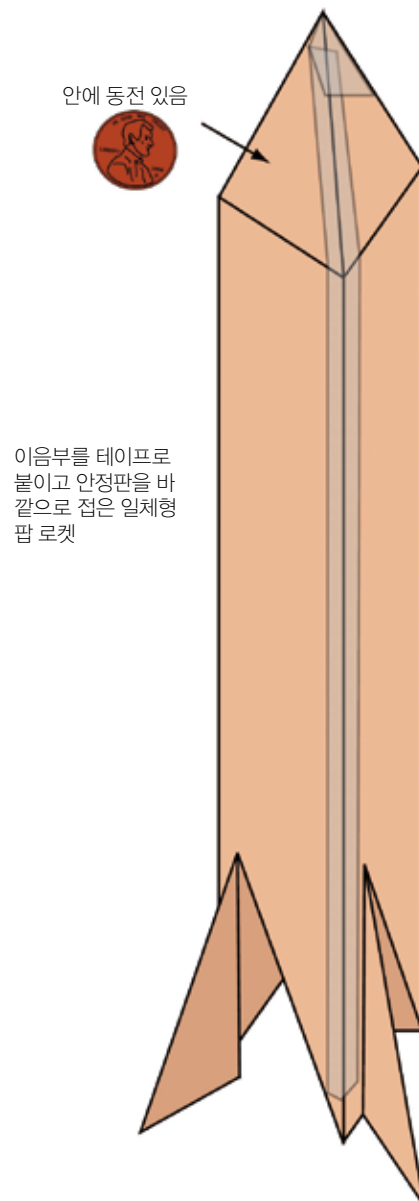




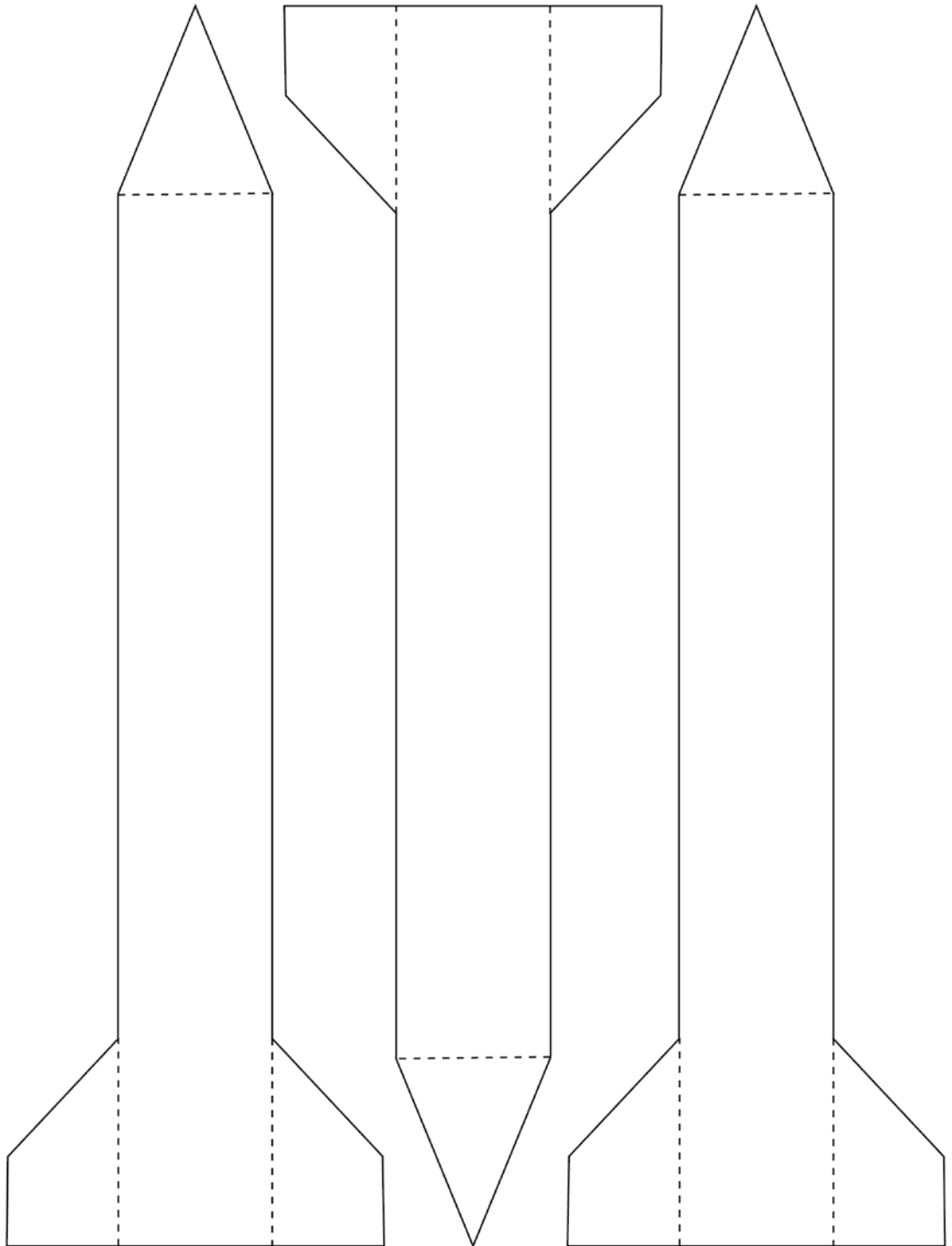
Rocket production

❖ 일체형 팝 로켓

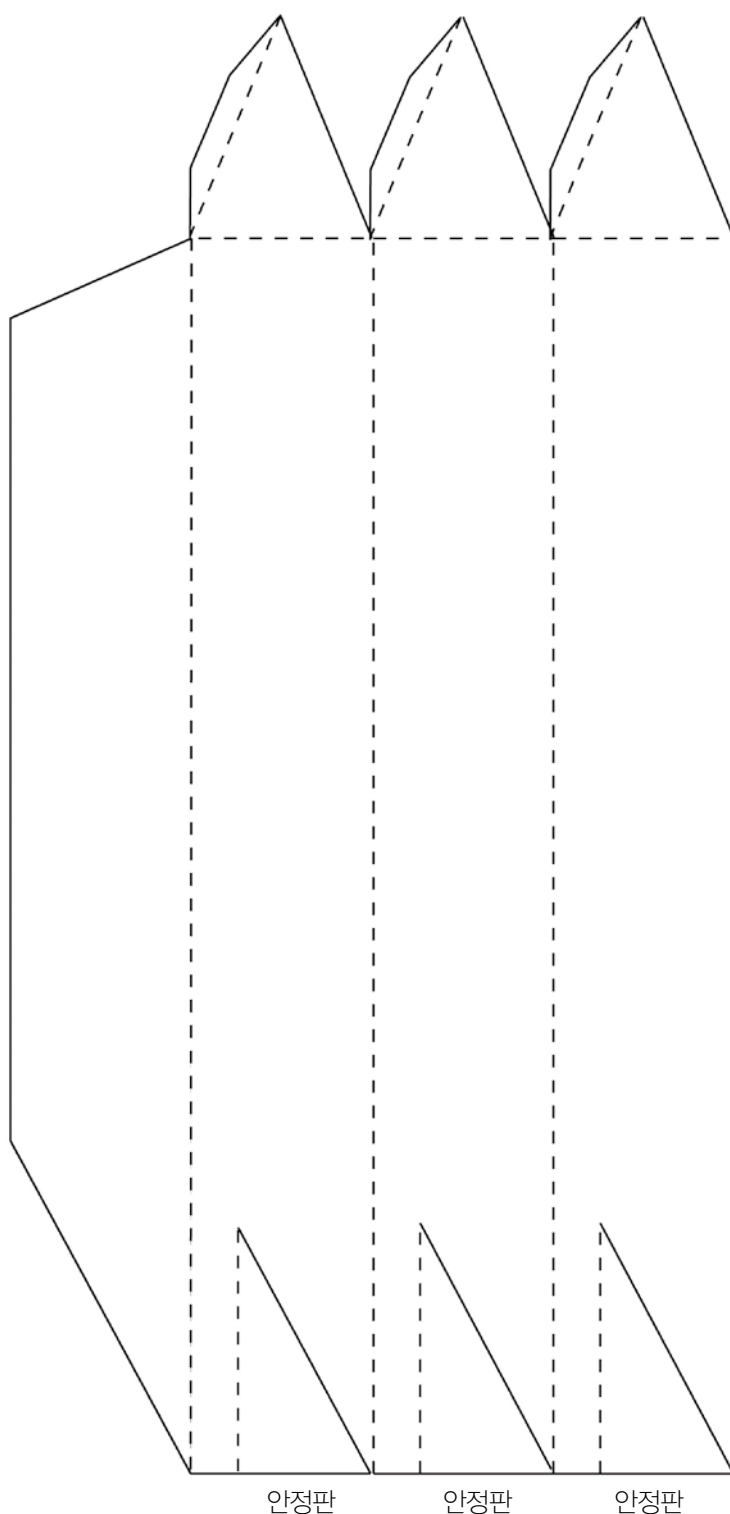
1. 도안대로 두꺼운 종이를 오린다.
2. 자를 대고 칼등으로 선을 따라 살짝 그어주면 선을 따라 정확히 직선으로 접을 수 있다.
3. 원뿔형 기수 안쪽에 동전을 붙인다.
4. 몸체를 삼각기둥 모양으로 접어 이음부를 테이프나 공작용 접착제로 붙인다.
5. 삼각형 부분을 안쪽으로 기울여 원뿔형 기수를 만든다. 풀칠 부분을 안쪽으로 가게 하여 단단히 붙인다.
6. 안정판을 바깥쪽으로 접어 올리면 로켓이 완성된다. 일체형 로켓은 안정판까지 모두 하나의 도안 안에 있으므로 몸체의 연결부위를 제외하면 접착제를 사용하여 부품을 이어붙이는 과정이 없다.



♣ 세 조각 팝 로켓 도안



♣ 일체형 팝 로켓 도안



안정판을 바깥으로 접는다.
나머지 안정판은 안쪽으로 접는다.

| 고성능 종이 로켓



고성능 종이 로켓을 만들어 발사한 후 그 비행을 평가하고 비행 성능을 높이도록 설계를 수정한다.
이 활동은 에어로켓 발사기를 갖추고 있는 경우 수행하도록 한다.



탐구목적

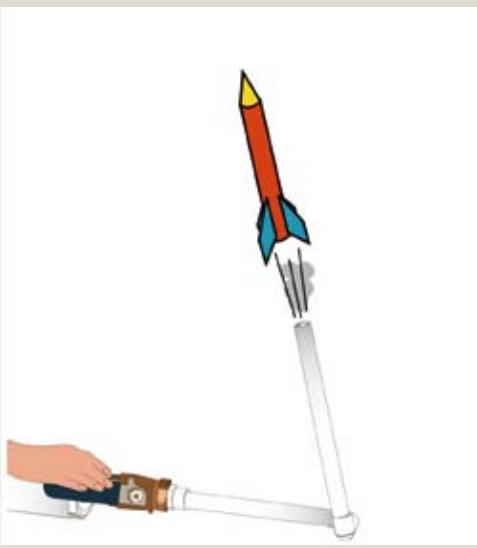
대형 종이 로켓을 만들어 에어로켓 발사기를 이용해 날려본다. 로켓 설계를 변화시켜 성능이 달라지는지 확인한다.

- 관련 개념 : 힘과 운동
- 준비시간 : 10분 미만
- 활동시간 : 50분
- 학생 그룹 규모 : 중학교 2~3학년, 팀당 3명



재료 및 도구

종이(A4용지나 색종이), 셀로판테이프, 공작용 접착제(오공본드 등), 가위, 자, 각도기, 60cm 정도 길이의 로켓 몸체 제작틀 봉(예 - 20호 PVC 파이프), 압력계가 달린 에어로켓 발사기, 전자저울, 니스(환기에 유의), 낙하산 재료, 페이로드



활동 관리하기

1. 종이 로켓 제작하기

로켓 몸체를 종이 튜브 형태로 말 때 약간 느슨하게 말았는지 확인한다. PVC 파이프 등을 이용해 종이를 여유 있게 말아야 한다. 완성된 로켓이 발사기의 공기압 분출구에 잘 끼워지도록 직경을 조절한다. 공기압 분출구가 너무 가는 경우에는 적당한 직경의 노즐을 끼워 사용하는 것이 좋다. 노즐의 외경과 종이 로켓의 내경이 약간 여유 있게 맞도록 로켓을 제작한다. 또, 원뿔형 기수를 몸체에 잘 부착했는지 확인한다. 회수용 낙하산을 장착 할 경우에는 로켓 하강 시에 기수가 잘 벗겨지도록 기수와 몸체를 테이프로 고정시키지 않아야 한다. 니스는 로켓 몸체에 칠하고 말리면 종이 튜브가 튼튼해진다. 완전히 마르는데 하루 정도가 걸리므로 전 시간에 미리 활동을 안내하고 로켓의 몸체 튜브를 만들어오게 하는 것도 좋다.

2. 탐구학습

이 로켓은 전 활동에서 제작한 종이 로켓과 같으나 크기가 훨씬 크다. 주요 차이점은 로켓의 발사 방식이다. 빨대를 통해 허파의 힘으로 공기를 불어넣는 것보다 훨씬 더 강력한 에어 발사기를 사용하여 100미터 이상 비행



하게 할 수 있다. 발사기의 압력이 높아지면 로켓이 노즐에서 미끄러지다가 빠져나오면서 작용-반작용 효과에 의해 추진된다.

비행 성능의 주요 결정 요인은 공기에 의한 항력이다. 안정판이 큰 로켓은 항력을 크게 받아 비행시간이 짧아진다. 공기를 깨끗하게 가르며 날아갈 수 있도록 유선형 로켓을 설계하는 것이 관건이다. 반복 비행 실험을 통해 학생들은 작고 아주 곧은 안정판과 길이가 긴 원뿔형 기수가 비행에 유리하다는 것을 알게 된다.

3. 종이 로켓 발사하기

로켓을 발사할 때 같은 각도와 같은 공기압력으로 발사해야 한다. 고도 추적기를 사용하여 로켓의 최대 고도를 계산하게 하는 등 학생들에게 비행 임무를 제시한다.

예를 들면

- ① 최대고도
- ② 정밀 착륙 (목표지점에 정확히 도달하기)
- ③ 최장거리 비행
- ④ 무거운 페이로드 운반
- ⑤ 낙하산을 이용한 로켓 회수

등의 임무를 부과하여 목표를 달성하기 위한 로켓 설계 탐구를 유도한다.



토의하기

1. 로켓을 설계할 때 특수임무를 염두에 두어야 하는 이유는 무엇일까?

그 어떤 로켓도 우주 비행 임무의 모든 항목을 충족시킬 수 없다. 예를 들어 소형 위성을 발사할 경우에는 소형 무인 로켓을 사용하는 것이 더 간편하고 저렴하고 안전하다. 국제 우주 정거장용 모듈 같은 큰 페이로드를 운송하기 위해서는 대형 로켓이 필요하며 로켓에서 페이로드를 꺼내기 위해 우주 비행사도 탑승해야 한다. 이와 같이 필요에 따라 가장 적절한 로켓을 설계하는 것이 효과적이다.

2. 비행 성능에 가장 큰 영향을 주는 로켓 설계의 특징은 무엇인가?

로켓은 공기를 가르며 날아가므로 공기 저항을 최대한 줄이도록 설계해야 한다. 안정판이 휘었거나 원뿔형 기수의 끝이 투박하면 공기 항력(마찰력)이 증가해 로켓이 급속히 느려진다. 또 중요한 설계의 특징은 로켓의 무게이다. 무게는 로켓을 유선형으로 제작하는 작업보다 더 복잡한 요소이다. 로켓이 너무 무거우면 높이 날지 못한다. 또 너무 가벼워도 같은 결과가 나타난다. 종이를 구겨 뭉친 후 멀리 던져보자. 이 안에 동전을 넣고 역시 같은 힘으로 던져보자. 동전을 넣은 경우에 더 멀리 날아갈 것이다. 아주 가벼운 공기 로켓은 비행 중에 생기는 항력을 잘 견디지 못한다. 반대로 아주 무거운 공기 로켓은 이겨내야 할 관성이 크다.



고성능 종이 로켓

학년 반 이름

도전과제

특수 비행 임무에 사용할 정교한
고성능 종이 로켓을 설계하여 제작하고
특수 임무에 도전하자.



준비물

종이(A4용지나 색종이), 셀로판테이프, 공작용 접착제(오공본드 등), 가위, 자, 각도기, 60cm 정도 길이의 로켓 몸체 제작틀 봉(예 - 20호 PVC 파이프), 압력계가 달린 에어로켓 발사기, 전자저울, 니스(환기에 유의), 낙하산 재료, 페이로드

※ 유의사항

니스는 마르는 동안 강한 냄새와 유독한 성분을 배출하므로 환기에 유의하고 흡입하지 않도록 조심한다.



로켓 제작하기

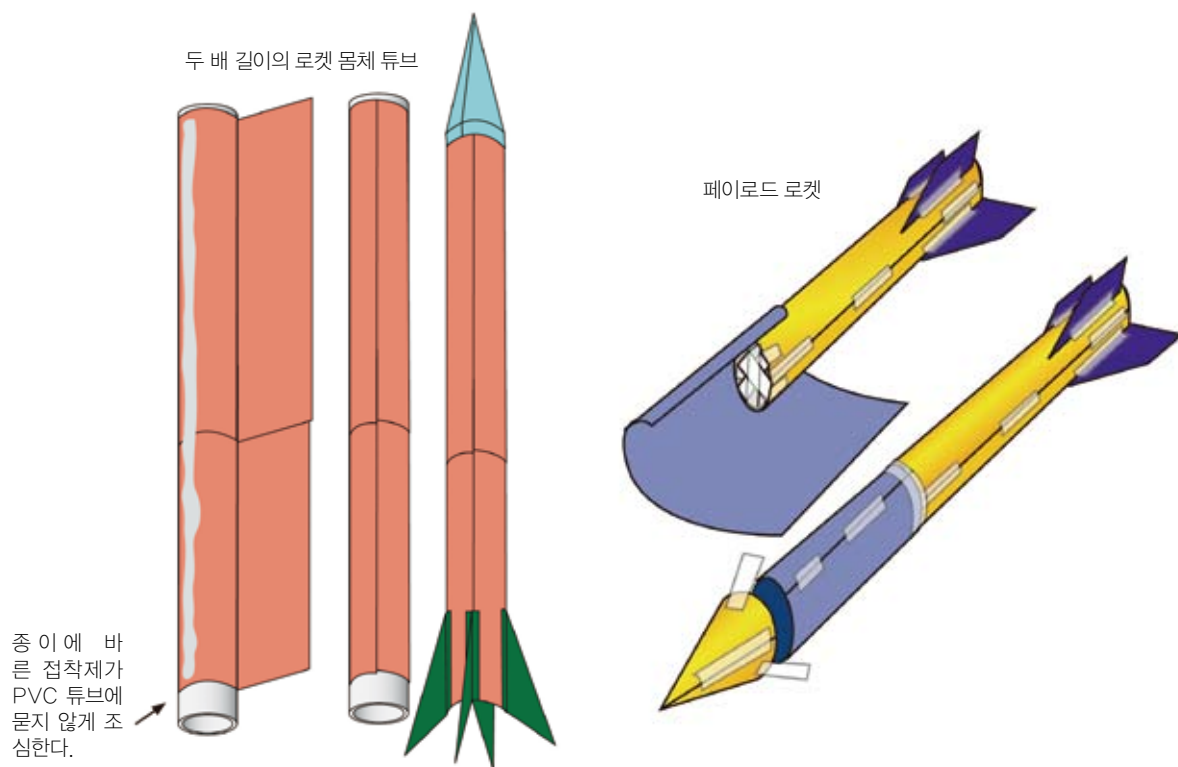
❖ 로켓 몸체 만들기

1. 몸체 제작틀로 사용할 봉을 이용해 종이를 튜브형태로 느슨하게 만든다. 종이는 두세 장을 겹쳐 말아 접착제나 테이프로 고정하면 튼튼하다. 접착제를 사용할 때는 봉과 종이가 붙지 않도록 조심하자.
2. 접착제가 다 마르면 종이 튜브 전체에 니스를 칠하고 말린다. 이 과정을 두 번 정도 해주면 종이 튜브가 튼튼해진다.
3. 종이를 덧이어 말아 몸체 길이를 길게 할 수도 있다.

❖ 페이로드 운반체 만들기

1. 만들어진 로켓 몸체의 위쪽 끝을 종이와 셀로판테이프를 사용해 막는다.
2. 종이를 몸체 튜브의 위쪽 끝에 원하는 길이로 말아 빈 튜브를 만들고 테이프로 고정한다.
3. 페이로드를 넣고 원뿔형 기수로 막는다.

Rocket production



❖ 강력한 안정판 만들기

1. 여러 겹의 종이를 접착제로 붙여 강력한 안정판을 만든다.
2. 안정판의 접착제가 마르는 동안 안정판이 휘지 않도록 무거운 물체로 눌러준다.

❖ 낙하산 회수 시스템 만들기

1. 비닐, 끈, 테이프로 낙하산을 만든다.
2. 그림과 같이 너트를 끈에 연결하여 페이로드 운반체 안에 넣고 낙하산은 살짝 접어 맨 위에 놓는다. 끈의 한쪽 끝은 원뿔형 기수에 붙이고 다른 끝은 몸체에 붙인다. 로켓 몸체와 원뿔형 기수는 테이프로 고정하지 않고 기수가 잘 젖혀지도록 몸체에 살짝 얹어야 한다. 너트와 낙하산이 몸체 밖으로 잘 미끄러져 나와야 한다. 그렇지 않으면 끈이나 낙하산이 걸려서 떨어지지 않는다.





로켓 발사하기

로켓이 자신의 특수 임무를 잘 수행하는지 알아보자. 에어로켓 발사기의 노즐에 종이로켓을 끼우고 일정한 압력으로 로켓을 발사한다. 노즐과 로켓은 너무 딱 맞으면 로켓이 미끄러져 나오기 전에 공기압에 의해 파손되므로 주의하자.

나의 특수 임무 로켓

1. 로켓의 규격

로켓 전체 길이(cm)	
안정판의 수	
안정판의 간격(cm)	
로켓 질량(g)	

2. 로켓의 임무

(페이로드 질량(g) :)

3. 목표를 달성했는가?

4. 로켓 성능을 개선하기 위한 방법은?



토의하기

1. 로켓을 설계할 때 특수임무를 염두에 두어야 하는 이유는 무엇일까?

2. 비행 성능에 가장 큰 영향을 주는 로켓 설계의 특징은 무엇인가?





발행일 | 2011년 7월

발행처 | 한국항공우주연구원

주 소 | 대전광역시 유성구 과학로 115(어은동 45번지)

전화번호 | 042. 860. 2114, 팩스 042. 860. 2004

홈페이지 | www.kari.re.kr