



항공

하
공



본 자료는

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

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

발행일 | 2011.7

발행 | 교육과학기술부, 한국항공우주연구원

기획 | 이규수, 옥수현, 임영미

(한국항공우주연구원 홍보협력실)

원고작성 | 이용복 (서울교육대학교 과학교육과 교수)

고수미 (서울 우이초등학교 교사)

김혜진 (서울 영분초등학교 교사)

이나연 (서울 목동초등학교 교사)

이혜주 (서울 상봉초등학교 교사)

원고감수 | 구삼옥 (한국항공우주연구원 책임연구원)

안석민 (한국항공우주연구원 책임연구원)

Aeronautics

항공

목 차

비행역사

라이트 형제와의 만남	05
1900년 : 키티호크	15
1901년 : 첫 번째 개량.....	25
라이트 형제의 풍동	37
1902년 : 드디어 성공	48
1903년 : 동력비행	57
1904년 : 데이튼에서의 개량	69
1905년 : 마침내 비행완성!	73

비행기의 조종

제트추진	87
추력 방향 전환	101
무게 중심과 회전	109
연료 효율	119

인간의 전정계와 비행

전정계의 평형 감각	131
비행 착각	141

1 단원 소개

이 단원에서는 비행의 역사상 큰 업적을 남긴 라이트 형제의 1900년대 시험 비행과 연구 결과를 바탕으로 비행의 역사를 구성해보았다. 8차시로 구성된 활동들은 연계성을 가지고 있으며, 학생들이 1900년 신시내티 과학협회의 회원으로 라이트 형제의 발명을 관찰하게 된다.

2 주제 안내

순	주 제	대상학년	소요시간
1	라이트 형제와의 만남	중 1 ~ 2학년	60분
2	1900년 : 키티 호크	중 1 ~ 2학년	2시간
3	1901년 : 첫 번째 개량	중 1 ~ 2학년	3시간
4	새로운 데이터 (풍동)	중 1 ~ 2학년	60분
5	1902년 : 드디어 성공	중 1 ~ 2학년	90분
6	1903년 : 동력비행	중 1 ~ 2학년	60분
7	1904년 : 데이튼에서의 개량	중 1 ~ 2학년	40분
8	1905년 : 마침내 비행 완성	중 1 ~ 2학년	60분

3 지도상 유의점

- * 글라이더를 조작할 때에는 학생들의 수준에 따라 개별 또는 2인 1모듬으로 진행합니다.
- * 이 단원은 학생들이 1900년 신시내티 과학협회의 회원이라는 가정을 하고 수업을 진행하도록 한다.
- * 웹사이트 <<http://wright.nasa.gov/airplane>>를 참고한다.



4 배경 지식

:: 월버와 오빌 소개

라이트 형제는 오하이오 주 데이튼에서 자랐다. 남북전쟁이 끝나고 몇 해가 지난 후였다. 라이트 형제의 부모는 수잔 캐서린 라이트와 비숍 밀튼 라이트였는데, 비숍은 목사였으며, 부부는 배우는 것을 좋아하고, 재능이 많으며, 대학을 졸업한 학자들이었다. 부친은 지적인 사람이었고, 모친 또한 기계 분야에 뛰어났다.

라이트 형제는 이러한 재능을 물려받았으며, 집에서의 생활을 통해 이러한 재능을 더욱 기를 수 있었다. 오빌은 “다행히도 우리는 아이들이 지적인 관심을 추구하도록 항상 격려해주는 환경에서 자랄 수 있었다. 우리는 호기심을 불러일으키는 것은 무엇이든지 조사해 볼 수 있었다.”라고 말했다.

형은 사려 깊고 조용한 성격이었고, 동생은 활기차며 도전적인 성격이었다. 형제는 평생 동안 가장 친한 친구였고, 언제나 각자의 생각과 계획을 서로에게 털어놓았다.

동생인 오빌은 월버보다 장난기가 많은 아이였다. 오빌은 마크 트웨인의 톰 소여와 비슷했다. 오빌은 항상 새로운 틀을 생각해냈다. 모험심이 많았으며, 자전거 챔피언이 되기도 했다. 월버가 가만히 앉아서 손에 닿는 것은 모두 읽는 동안, 오빌은 세상으로 나가 참여하고 싶은 흥미로운 일들을 잔뜩 찾아내곤 했다.

형제는 항상 기계와 관련된 것들을 좋아했는데, 특히 어린 시절 갖고 놀던 비행 장난감을 좋아했다. 아주 어렸을 때 묘석과 사륜차 부품을 이용해 그들만의 인쇄기를 만들기도 했다. 언젠가 오빌은 젊은 학교 친구였던 시인 폴 로렌스 턴바를 위해 태틀러(Tattler)라는 신문을 인쇄하기도 했다.

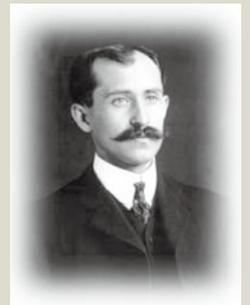
라이트 형제가 비행에 성공한 후 얼마 되지 않은 1912년에 월버 라이트가 장티푸스열로 45세에 사망했다. 오빌은 라이트 컴퍼니를 매각해 항공학 실험실을 지은 다음 다시 발명을 시작했다. 또한 오빌은 항공학을 홍보하면서 대중적인 활동도 활발히 유지했다. 오빌은 NASA의 전신인 미국 항공자문위원회(National Advisory Committee for Aeronautics)에 28년간 참여했다.

1930년, 오빌은 다니엘 구겐하임 메달의 첫 번째 수상자가 되었다. ‘항공학에 있어 위대한 성과’를 기려 수상하게 된 이 상은 항공학 발전을 위해 다니엘 구겐하임 펀드가 1928년에 창설한 것이다. 이 상은 오늘날에도 뛰어난 기여를 한 개인에게 수여되고 있다. 오빌 라이트는 1948년 오하이오 주 데이튼에서 76세의 나이로 사망했다.

형제 모두 고등학교 이상의 교육을 받지 못했음에도 라이트 형제는 그들이 배운 수학과 과학을 20세기의 가장 영향력 있는 성과로 간주되는 것을 이루어내는 데 활용할 수 있었다. 심지어 몇몇 사람들은 그 이상의 교육은 라이트 형제를 ‘망치고’ 말았을 것이라고 말하기도 했다. 하지만 오빌은 그런 시각에 결코 동의하지 않았다. 그런 시각들과 반대로 과학 교육을 더 잘 받았다면 더 쉽게 일할 수 있게 도움을 받았을 것이라고 오빌은 말했다.



월버



오빌

라이트 형제와의 만남



이번 단원에서는 하늘을 나는 법을 배우고자 했던 비행의 선구자들과 라이트 형제를 소개함으로써, 오래 전부터 계속되어온 인간의 날고자 했던 욕구와 무수한 노력들을 소개한다.



학습 목표

- 비행의 선구자들의 실험을 알아보고, 글라이딩에 필요한 요건을 이해한다.
- 라이트 형제와의 가상 인터뷰를 통해 그들이 비행을 계획한 방법에 대해 배운다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



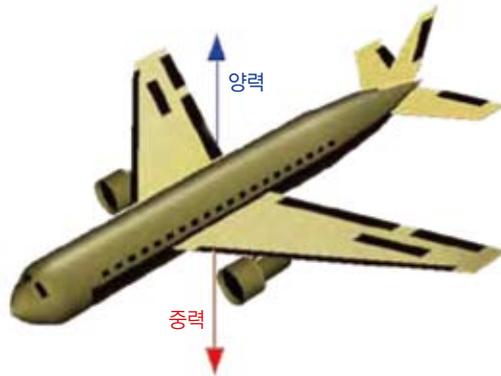
소요 시간

60분



핵심 단어

- **양력** : 중력에 대항해 위로 작용, 비행기가 공기 중으로 떠오르게 하는 힘



- **피트 (feet)** : 길이의 단위로 항공학에서 많이 쓰이는 단위. 1피트는 약 30.48cm에 해당함
- **마일 (mile)** : 거리의 단위로 1마일은 약 1.6km에 해당함





활동 내용



[활동 1] 초기 비행사들

학생들은 1900년 이전의 비행에 대한 정보를 찾아보고, 초기 비행사들에 대해 짧은 조사를 하도록 하며, 각자 조사한 것에 대한 질문에 대답한다.

❖ 초기 비행사들 활동내용(답)

- 이들 초기 비행사들이 동력 비행기 대신 글라이더를 사용한 이유가 무엇일까요? 왜 그들의 비행기에는 엔진이 없었을까요?
 - ▶ 그들이 만든 글라이더 날개는 조장종사와 엔진의 무게를 더한 무게를 감당할 만큼 양력을 충분히 제공할 수가 없었다.
- 1900년에 유인 글라이더가 공중에 떠 있었던 거리와 시간 기록으로 옳은 것은 무엇일까요?
 - ▶ ④ 약 400미터 이상, 12~15초
- 그 당시 글라이더가 왜 그렇게 위험했을까요?
 - ▶ 조종사들은 공중에서 글라이더를 조종하는 방법을 이해하지 못하고 있었다. 릴리엔탈은 자신의 무게를 움직이는 것만으로 글라이더가 날아가는 방향을 조종할 수 있을 것이라 생각했다. 그러나 이러한 행각은 정확하지 않은 것으로 입증되었고, 릴리엔탈은 15미터가 넘는 높이에서 추락했다. 릴리엔탈 뿐만 아니라 동시대의 대부분의 조종사들이 그러하였다.
- 샤누트가 미시간 호(Lake Michigan) 남쪽 연안에 있는 인디애나 둔스(Indiana Dunes)에서 글라이더를 시험하기로 한 이유가 무엇이라고 생각하나요?
 - ▶ 그 곳에는 호수에서 글라이더가 비행하는 데 필요한 일정한 바람이 불어오고 있다. 또한 이륙할 수 있는 모래언덕과 착륙할 수 있는 부드러운 모래가 있었기 때문이다.
- 신시내티에서 데이튼까지는 얼마나 멀리 떨어져 있을까요? 1900년에는 신시내티에서 데이튼까지 어떻게 여행했을 것이라고 생각하나요?
 - ▶ 80km, 기차를 타고 여행하였다.

[활동 2] 라이트 형제 만나기

- 학생들은 가상의 '신시내티 과학협회'에 고용된 듯 가장한다. 학생들은 신문 기자의 역할을 맡기로 하고 라이트 형제에게 그들이 의도하고 있는 실험에 대해 물어볼 질문 목록을 작성한다. 또한 학생들은 라이트 형제가 어떻게 질문에 대답할지 판단한다.
- 읽을거리의 <라이트 형제와의 만남>을 읽는 활동을 통해 학생들은 라이트 형제가 무엇을 하려고 하는지 이해하게 되고, 이를 바탕으로 학생들은 각자의 방문에 관한 보고서를 작성한다.

가상 인터뷰 질문목록(예시)

학생들의 다양한 질문을 허용하는 분위기를 조성한다.

- 글라이더를 어떻게 조종하는가?
- 어디서 비행할 것인가?
- 모터를 사용해 볼 것인가?
- 누가 조종할 것인가?
- 두려움을 느끼는가?
- 글라이더를 어떻게 공중으로 올라가게 할 것인가?
- 어떻게 다치지 않고 착륙할 것인가?
- 글라이더를 만들기 위해 어떤 재료를 사용할 것인가?
- 실험 비용을 어떻게 조달할 것인가?
- 만약 성공한다면 발명품으로 무엇을 할 계획인가?
- 얼마나 높게, 얼마나 멀리 비행하고 싶은가?
- 어떻게 진척상황을 기록할 것인가? 사진을 찍을 것인가?
- 어떻게 이륙할 것인가?

❖ 보고서 작성 (답)

1. 윌버가 1899년 여름에 왜 커다란 연을 날렸을 거라고 생각하나요? 윌버가 그 일로 무엇을 배웠을 것이라고 생각하나요?
 - ▶ 윌버는 공중에서 물체를 조종하는 법을 배우고 있었다.
2. 라이트 형제를 방문하고 신시내티로 돌아왔으므로, 이제 과학협회에 서면 보고서를 반드시 제출해야 합니다. 보고서에 들어갈 중요한 내용에는 어떤 것들이 있나요?
 - ▶ 1) 라이트 형제는 날개를 구부려 공중에서 비행기를 조종하는 법을 알게 되었다.
 - ▶ 2) 라이트 형제는 그들의 생각을 시험하기 위해 매우 큰 비행기를 만들었다.
 - ▶ 3) 가을에 노스 캐롤라이나 주 어디에션가 시험 비행을 할 예정이다.
3. 라이트 형제가 노스 캐롤라이나 주로 향한 이유가 무엇이라고 생각하나요? 글라이더 실험을 수행하기 위해 형제가 찾고 있는 것은 어떤 유형의 조건이라고 생각하나요?
 - ▶ 라이트 형제는 노스 캐롤라이나 주 키티 호크에 가려고 하는데, 그곳에는 거의 일정하고 강한 바람, 미국에서 가장 센 바람이 불기 때문이다. 또한 이륙할 수 있는 사구 모래언덕과 착륙할 수 있는 모래가 있고 추락 시 부딪힐 나무가 적다.



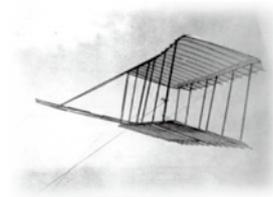
지도상 유의점

- 학생들이 인터넷이나 과학 도서를 통하여 초기 비행사들에 대한 정보를 얻을 수 있도록 사전과제를 제시하도록 한다. 시간, 공간적 제약이 따른 경우에는 학생들에게 초기 비행사들과 비행시도에 관한 정보가 들어 있는 읽을거리를 제공하도록 한다.
- 두 번째 활동은 1900년대의 신시내티 과학협회의 조사원이 되어 임무를 수행한다는 미션을 학생들에게 제시하고 그 임무를 수행해가는 과정으로 구성되어 있다.
- 라이트 형제의 가상 인터뷰를 준비할 때에는 학생들의 다양한 질문을 할 수 있도록 허용적인 분위기를 조성해야 하나, 하늘을 나는 법을 배우려는 라이트 형제의 동기에 초점을 두어야 한다. 또한 스스로 질문거리를 만드는 것을 어려워하는 학생이 있다면 교사가 적절한 발문을 유도한다.



【읽을 거리】

초기의 비행사들과 라이트 형제



라이트 형제의 실험은 릴리엔탈과 샤누트 같은 초기 비행가들이 수집한 지식의 총체에 기반을 두고 있다. 특히 경량의 글라이더를 만드는 법에 대한 정보는 초기 비행가들에게서 얻었다. 만곡형 날개 표면, 버팀줄이 있는 복엽기, 부드럽게 착륙할 수 있는 지점 등은 모두 1900년 이전에 활용되고 있었다.

독일인 오토 릴리엔탈은 유명한 비행가로, 몇 개의 글라이더를 성공적으로 만들었지만 비행 중에 사망하였다. 그가 “희생은 반드시 있어야 한다.”라고 한 말은 유명하다. 릴리엔탈은 중요한 데이터를 기록으로 남기고 글라이더 실험을 조심스럽게 조직적으로 수행한 첫 번째 사람이다. 그는 라이트 형제에게 큰 영감을 주었다. 옥타브 샤누트는 민간 엔지니어이자 과학자로, 만년에 비행의 문제점들을 연구하기 시작했다.

그는 라이트 형제의 친한 친구이자 지도자로, 형제를 이끌어주며 격려했다.

새뮤얼 랭글리는 물리학자이며 천문학자로, 한때 스미스소니언협회 총무를 역임했다. 랭글리는 1896년에 증기 동력 비행기 모델로 1.2킬로미터를 비행하는데 성공했고, 의회 지원금 5만 달러를 받았다. 이후의 비행시도는 모두 실패하였는데, 언론과 비평가들의 조롱이 랭글리의 정신세계를 망가뜨렸다고 전해진다.

라이트 형제의 초기 발명품들은 궁극적으로 비행하는 데 필요한 지식의 일부가 되었다. 라이트 형제는 릴리엔탈과 다른 사람들이 사망한 이유는 그들이 기계를 제어하는 데 실패했기 때문이라는 것을 알았다.

라이트 형제의 첫 번째 목표는 공중에서 그저 바람의 손에 맡겨지는 것이 아니라 직접 비행기를 제어하는 방법을 아는 데 있었다. 라이트 형제는 그들의 생각을 큰 연으로 시험해 본 다음, 자전거 가게에서 커다란 유인 글라이더를 만들어 노스 캐롤라이나 주 키티 호크에서 시험하기로 결심했다.



초기 비행사들

학년 반 이름

도전과제



비행 선구자들의 실험들을 알아보고,
글라이딩에 필요한 요건을 이해해봅시다!

인간의 하늘을 날고 싶다는 욕망은 선사시대부터 시작되었고, 전 세계에서 다양한 모습으로 비행에 대한 시도는 계속되었습니다. 특히 라이트 형제가 비행을 성공하기 직전인, 1880년대는 항공역학에 큰 발전이 있었습니다. 이번 차시에서는 비行的 선구자들에 대해서 알아보도록 하겠습니다.



생각해요

라이트 형제 이전에 비행을 연구한 사람들은 누구였을까요? 다음의 세 사람은 1900년까지 비행기계를 만들려고 노력했던 비행 초기의 개척자들입니다. 도서관이나 인터넷 검색을 통하여 그들의 업적에 대해 짧게 정리해봅시다.



1. 오토 릴리엔탈



2. 옥타브 사누트



3. 새뮤얼 랭글리



핵심 단어

- **피트 (feet)** : 길이의 단위로 항공학에서 많이 쓰이는 단위. 1피트는 약 30.48cm에 해당함
- **마일 (mile)** : 거리의 단위로 1마일은 약 1.6km에 해당함
- **양력** : 중력에 대항해서 위쪽으로 비행기가 공기 중으로 떠오르게 하는 힘





활동 내용

1. 이들 초기 비행사들이 동력 비행기 대신 글라이더를 사용한 이유가 무엇일까요? 왜 그들의 비행기에는 엔진이 없었을까요?

2. 1900년에 유인 글라이더가 공중에 떠 있었던 거리와 시간 기록으로 옳은 것은 무엇일까요? ()

- ① 약 6미터, 2~3초
- ② 약 30미터, 5~6초
- ③ 약 150미터, 8~10초
- ④ 약 400미터 이상, 12~15초

3. 그 당시 글라이더가 왜 그렇게 위험했을까요?

4. 샤누트가 미시간 호(Lake Michigan) 남쪽 연안에 있는 인디애나 둔스(Indiana Dunes)에서 글라이더를 시험하기로 한 이유가 무엇이라고 생각하나요?

5. 신시내티에서 데이튼까지는 얼마나 멀리 떨어져 있을까요? 1900년에는 신시내티에서 데이튼까지 어떻게 여행했을 거라고 생각하나요?



라이트 형제와의 만남

학년 반 이름

도전과제



라이트 형제와의 가상의 인터뷰를 통해,
비행을 계획한 방법에 대해 배워봅시다!

지금 1900년. 이 글을 읽고 있는 여러분은 신시내티 과학협회라는 100명의 진보적인 성향을 가진 사람들의 모임에 참여하고 있습니다. 이 단체의 회원들은 과학과 기술 분야에서 최근에 일어난 발전에 대해 배우는 데 관심이 있는데, 최근 데이튼에 사는 라이트 형제가 비행 기계를 발명하려고 한다는 소식을 접하게 됩니다. 이에 협회에서는 여러분을 라이트 형제의 계획에 대해 보고하도록 조사원으로 보내기로 결정했습니다. 여러분은 반드시 사실만을 보고해야 하고, 조사 중에 절대 협회의 이름을 언급하지 말라는 엄격한 지침을 받고, 내일 아침 데이튼으로 출발해야 합니다.



생각해요

❖ 가상 인터뷰

우리는 라이트 형제를 인터뷰하기 위해 파견된 데이튼 데일리 뉴스의 기자입니다. 라이트 형제에게 할 질문 목록을 만들어봅시다.



- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.





활동 내용

❖ 읽을 거리 (라이트 형제와의 만남)

다음은 데이튼에서 라이트 형제를 만난 조사원이 기록한 내용입니다.

협회로부터 월버 라이트와 오빌 라이트의 비행 실험에 대해 알아보라는 임무를 받고 기차로 데이튼까지 갔다. 데이튼에 도착하여 라이트 형제가 운영하는 자전거 가게로 가는 길에, 이웃들에게 라이트 형제에 관해 물어보았다. 거리에서 만난 아이들은 “무엇이든 고칠 수 있어요.” “전 라이트 씨의 연이 너무 좋아요!”라고 소리 높여 말하였다. 한 남자아이가 “작년에 월버 아저씨가 제일 크고 좋은 연을 만들었어요!”라고 강조하였다. “연의 날개가 2개에 1.5미터나 되고, 귀퉁이마다 하나씩 줄이 4개 달려 있었어요. 월버 아저씨가 줄을 당기자 연이 비틀거리더니 공중에서 갑자기 떨어졌어요. 월버 아저씨는 연을 어떤 방향으로 든 움직일 수 있었는데, 우리 쪽으로 연이 떨어지려 하자 정말 무서웠죠.”

자전거 가게 근처의 한 숙녀는 이렇게 말하였다. “아주 어렸을 때부터 라이트 형제를 알았답니다. 그들은 항상 뭔가를 계획하고 있죠. 그다지 말이 많은 사람들은 아니랍니다. 라이트 형제가 가게에서 큰 비행 장치를 만들고 있다고 들었지만 직접 본 적은 없어요. 그들은 남에게 자기들의 일을 알리고 싶어 하지 않더라고요.” 나는 그 숙녀에게 감사의 말을 남기고 자전거 가게로 향했다.

가게에 들어서자 마른 체격에 키가 큰 남자가 뒤쪽 방에서 나오더니 자신을 월버 라이트라고 소개한다. 월버가 무엇을 도와줄지 물어보자 나는 자전거에 관심 있는 척했다. 월버가 자신과 동생 오빌이 직접 설계한 자전거 몇 가지를 비롯해 다양한 제품을 보여주었다.

그 때 월버보다 키가 작고 모자를 쓴 남자가 들어오자 난 그가 동생 오빌임을 단번에 알 수 있었다. 내가 ‘옥타브 샤토프’의 글라이더 비행에 대해 언급하자 라이트 형제의 눈이 반짝 빛났다. 월버가 성공의 열쇠는 공중에서 비행기를 조종할 수 있는 것이라고 말했다. 오빌은 “조종이 되지 않았기 때문에 릴리엔탈과 다른 사람들은 목숨을 잃은 것이에요.”라고 했다. 형제는 가을에 노스캐롤라이나에서 몇 가지 실험을 수행할 계획이라는 말을 했지만 자세한 내용은 알려주지 않았다.

나는 그들의 계획이 궁금하여 참을 수가 없었다. 자전거 가게 뒤에 뭐가 있는지 궁금하여 저녁에 되었을 때 몰래 가게 뒤편으로 가 보았다. 지저분한 유리창을 통해 들여다보자 지금까지 본 것 중 가장 큰 연(글라이더)이 보였다. 불빛이 흐려 구별하기가 쉽지 않았지만 글라이더에 날개가 두 개 있고, 날개 길이는 분명 4.5미터나 6미터 정도 되어 보였다. 나는 신시내티로 돌아가는 그날 밤의 마지막 기차를 가카스로 타고 돌아와 협회에 쓸 보고서를 준비하고 있다.

❖ 보고서 작성

1. 월버가 1899년 여름에 왜 커다란 연을 날렸을 거라고 생각하나요? 월버가 그 일로 무엇을 배웠을 거라고 생각하나요?

2. 라이트 형제를 방문하고 신시내티로 돌아왔으므로, 이제 과학협회에 서면 보고서를 반드시 제출해야 합니다. 보고서에 들어갈 중요한 내용에는 어떤 것들이 있나요?

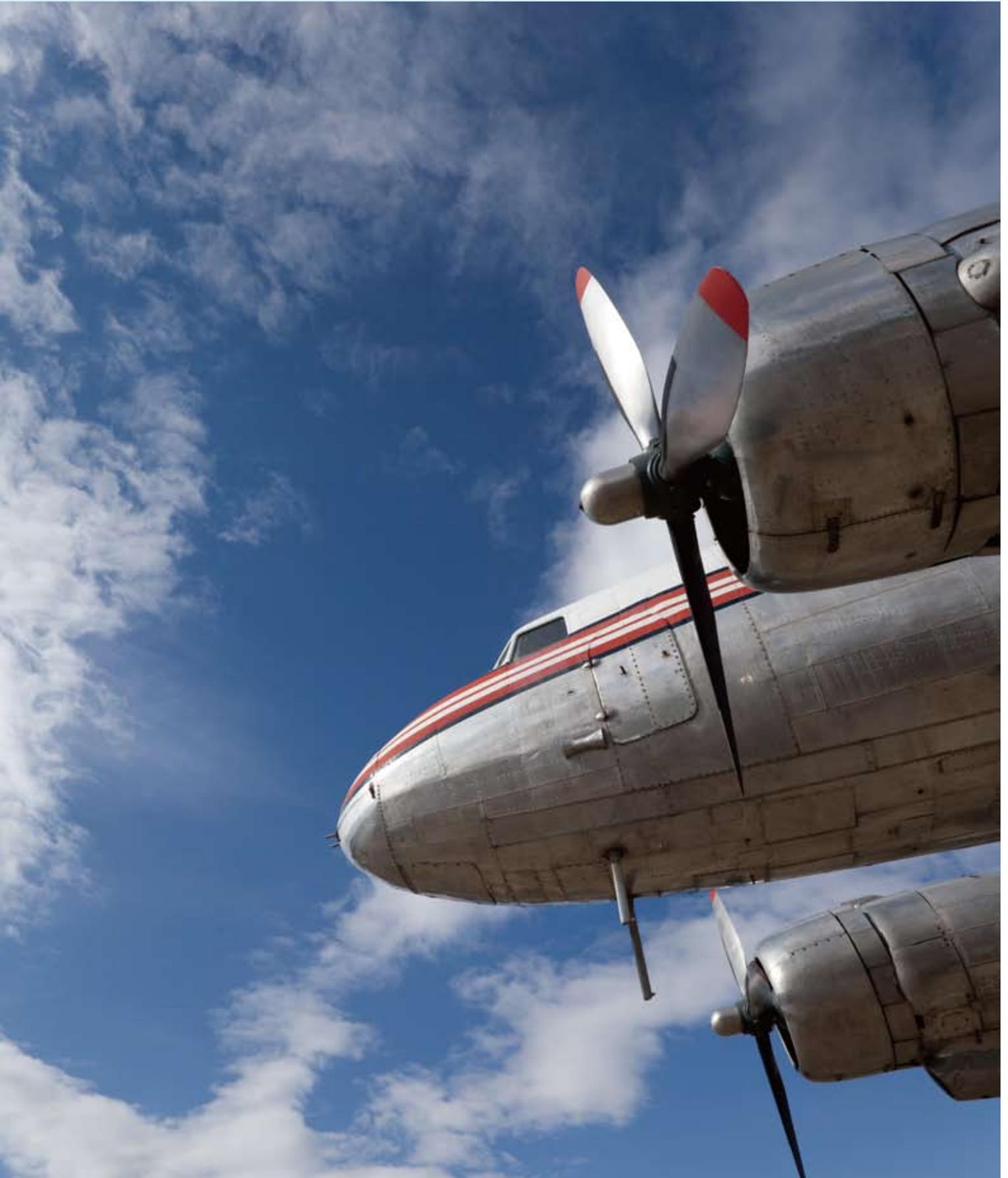
3. 라이트 형제가 노스캐롤라이나 주로 향한 이유가 무엇이라고 생각하나요? 글라이더 실험을 수행하기 위해 형제가 찾고 있는 것은 어떤 유형의 조건이라고 생각하나요?



자전거 가게에서 일하고 있는 월버 라이트



Aviation history





이 차시에서는 학생들이 1900년대 라이트 형제의 글라이더의 축척 모델을 직접 만들어보는 경험을 통해 크기, 축척, 기능을 이해하도록 구성되어 있다.



학습 목표

- 1900년 당시, 라이트형제의 글라이더 모델을 만들 수 있다.
- 라이트 형제가 공중에서 비행기를 제어한 방법을 이해한다.
- 양력을 증대시키는 설계를 제안할 수 있다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



소요 시간

2시간



이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 30~35개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜, 자, 서류 폴더, (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



핵심 단어

- **복엽기** : 두 개의 날개를 상하로 배열하여 만든 비행기
- **만곡형** : 활 모양으로 굽은 모양
- **승강기** : 비행기 꼬리의 일부분으로 비행기의 상하 운동, 즉 피치를 제어하기 위해 움직일 수 있음
- **피치** : 비행기가 위쪽모습에서의 가로 축(날개 축)을 중심으로 회전하는 회전 운동(비행기의 앞쪽 끝이 크게 아래로 움직이는 것). 조종간을 앞으로 밀면 승강기를 낮출 수 있는데, 이를 통해 꼬리가 위로 올라감 이때 비행기의 앞쪽 끝이 내려가는데 이를 '피치'라 함





활동 내용

[활동 1] 1900년 라이트 글라이더 모델 만들기

1. 학생들은 <1900년: 키티 호크>를 읽고, 라이트 형제의 1900년 글라이더의 모델을 활동 순서에 따라 만든다.
2. 1900년 글라이더에 관한 질문을 해결하며, 비행에 영향을 준 요인들을 이해한다.

❖ 생각해보기(답)

1. 라이트 형제는 왜 날개 두 개를 배열하는 방법(복엽기)을 사용했나요?
 - ▶ 두 개의 날개가 두 배로 큰 양력을 제공할 것이다.
2. 날개를 만곡형이거나 아치형으로 만든 목적은 무엇인가요?
 - ▶ 만곡형의 날개표면은 공기가 날개 위를 지나갈 때 방향을 바꾸게 해 양력을 발생시킨다. (현대 비행기에서 이 부분을 '캠버'라고 한다.)
3. 라이트 형제의 글라이더 조종사는 릴리엔탈과 샤누트의 글라이더에서 그랬던 것처럼 글라이더에 매달리는 대신 왜 날개 위에 누워 있었나요?
 - ▶ 날개 위에 누우면 바람의 저항을 상당히 감소시킬 수 있다. 또한 글라이더를 쉽게 조종할 수 있고, 거칠게 착륙할 때 조종사를 보호할 수 있다.
4. 날개를 구부리면 글라이더가 왼쪽이나 오른쪽으로 나아가는 이유가 무엇이라고 생각하나요?
 - ▶ 날개를 구부리면 발생하는 양력의 크기가 바뀐다. 그러므로 비행기는 왼쪽 또는 오른쪽으로 롤링을 한다. 롤링을 유발 할 수 있도록 날개를 조금만 구부리면 된다.
 - 만약 날개를 구부린 채로 유지한다면 글라이더가 원을 그리며 날아갈까요? 아니면 추락할까요? 그 이유를 생각해봅시다.
 - ▶ 날개가 구부러진 채로 있을 경우에는 균형을 이루지 못해 글라이더가 추락하기 쉽다. 글라이더가 비행하려면 마치 연처럼 바람을 향하고 있어야 한다.

[활동 2] 무엇을 설계할까?

1. 1900년 글라이더가 조종사를 태울 수 있을 만큼 충분히 큰 양력을 얻지 못한 것을 보고 학생들은 어떻게 글라이더를 재설계할지 제안한다.
2. 재설계 시 학생들은 치수를 표시하는 도면을 그린다.

❖ 무엇을 설계할까? (참고예시)

1. 1900년 라이트 클라이더에 보다 큰 양력을 주기 위해 구체적으로 무엇을 바꾸어야 할까요?
 - ▶ 날개의 길이를 더 길게 하거나, 날개 폭을 넓히거나, 날개를 더 휘어지게 하거나, 더 가벼운 재료를 사용하는 등 여러 가지 답이 가능하다.
2. 각각의 변화가 기존 설계보다 어떤 점이 훌륭하다고 생각하나요?
 - ▶ 날개 면적을 늘리거나 무게를 가볍게 함으로써 더 큰 양력을 제공하는 데 초점을 두고 답해야 한다.



지도상 유의점

- 도면을 그릴 때에는 반드시 조감도와 정면도를 그리게 한다.
- 학생들이 각자의 설계를 발표하여 토의하는 과정을 거치면 효과적이다.





【읽을 거리】



라이트 형제의 1900년 글라이더

비행기는 1900년 가을, 노스캐롤라이나 주 키티 호크에서 반복 비행하였다. 대부분 연으로 비행했지만 사람이 탄 유인 글라이더로 비행하기도 하였다. 이 시기의 형제의 주된 고민은 비행기에 작용하는 힘들을 제어하는 방법을 배우는 것이었다. 우선 하늘을 날고, 제어는 나중에 생각하는 것이 더 중요하다고 생각한 다른 이들은 추락 사고로 목숨을 잃기도 했다. 라이트 형제는 이 비행기를 항공역학의 기본 원칙을 배우는 데에 이용했다.

라이트 형제는 날아오르는 새들이 방향을 바꾸기 위해 날개를 구부리는 것을 관찰했고, 1899년 작은 연의 날개를 비틀어 구부림으로써 형제가 '날개-구부림'이라고 부른 새들과 똑같은 일을 성공적으로 해냈다. 1900년, 페달을 이용해 롤링을 제어할 수 있었다. 즉, 페달이 날개 끝을 당겨서 날개를 구부리는 선에 연결되어 있었으므로, 날개에 고르지 않은 힘을 가해서 비행기가 롤링 할 수 있었다.

1900년의 비행기는 비교적 큰 편이었다. 날개 길이 5.2미터, 익현 1.5미터, 날개와 날개 사이는 1.2미터였다. 또한 조종사가 없을 때의 무게는 약 22.7킬로그램이었다. 1900년에는 글라이더 조종사들이 보통 수직 자세로 비행했다. 라이트 형제는 그 자세가 글라이더의 속도를 낮추는 항공역학 항력이 커지게 했다고 올바르게 이해하고 있었다. 그리하여 라이트 형제는 조종사가 아래쪽 날개에 수평으로 누워 있게 함으로써 비행기를 유선화 하는 방법을 대신 선택했다.

비행기는 촘촘하게 짜인 공단 직물을 씌운 날개 두 개와 비행기 정면에 부착한 안정판이 있었고 꼬리는 없었다. 날개 주위에 압력 분포 때문에 모든 비행기 날개는 뒤집어지려는 자연적인 경향이 있다. 비행기가 뒤집어지는 것을 막기 위해 라이트 형제는 수평안정판을 비행기 앞쪽에 부착했다. 이후 모델에서는 피치 제어를 제공하기 위해 조종사의 조작에 의해 안정판 모양이 달라졌다. 하지만 1900년의 비행기에서는 안정판을 고정하고 날개 구부림만 시험하였다. 이 시점에서는 피치와 롤 제어를 모두 입증하는 것은 너무 혼란스럽다고 생각했다.

3주 동안 바람이 너무 약해서 라이트 형제는 비행기를 연으로서만 날아오르게 했다. 조종사의 무게를 시뮬레이션하기 위해 체인을 사용했고, 땅에서 케이블로 비행기를 제어했다. 마지막 날 바람이 점점 강해지자 라이트 형제는 월버를 조종사로 하여 비행기를 글라이더로 시험해보기로 결정했다. 언덕에서 이륙해 월버는 약 12회 비행했는데, 그중 일부는 20초나 지속되면서 122미터까지 나아갔다. 이것은 축구 경기장보다도 긴 거리이다. 라이트 형제의 비행 시험은 '날개 구부림'이 성공적이라는 것을 보여주었고, 이때의 비행에서 배운 교훈들은 훗날 라이트 형제의 비행기에 모두 적용되었다.



1900년 라이트 글라이더 모델 만들기

학년 반 이름

도전과제

1900년 라이트형제의 글라이더 모델을
만들어 봅시다!



<1900년: 키티 호크>를 읽고, 라이트 형제의 1900년 라이트 글라이더 모델을 직접 만들어
봅시다.



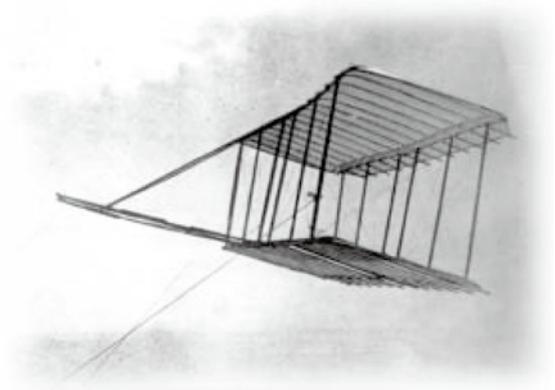
이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 30~35개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜,
자, 서류 폴더, (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



핵심 단어

- **복엽기** : 두 개의 날개를 상하로 배열하여 만든 비행기
- **만곡형** : 활 모양으로 굽은 모양
- **승강기** : 비행기 꼬리의 일부분으로 비행기의 상하 운동, 즉 피치를 제어하기 위해 움직일 수 있음
- **피치** : 비행기가 위쪽모습에서의 가로 축(날개 축)을 중심으로 회전하는 회전 운동(비행기의 앞쪽 끝이 크
게 아래로 움직이는 것). 조종간을 앞으로 밀면 승강기를 낮출 수 있는데, 이를 통해 꼬리가 위로 올라감
이때 비행기의 앞쪽 끝이 내려가는데 이를 '피치'라 함



라이트형제의 1900년 글라이더





활동 내용

❖ 읽을 거리 (1900년 : 키티 호크)

데이튼의 라이트 형제를 방문한 후, 나는 협회 회원들에게 제출할 보고서를 작성했다. 모두들 가게 뒤편에서 작성한 비행기에 대해 굉장한 관심을 보였다. 우리는 라이트 형제가 9월에 키티 호크라는 장소에서 시험 비행을 할 것이라는 정보를 입수하였다. 노스 캐롤라이나에 자리 잡은 키티 호크에는 사람들이 많이 살지 않고, 높은 모래 언덕이 있으며, 나무가 거의 없고 일정한 바람이 바다에서 불어오는 곳이다. 즉, 글라이더를 시험하기에 이상적인 조건들을 갖추고 있다.

나는 데이튼에서처럼 나의 소속을 숨기고 라이트 형제의 시험 비행을 관찰하기로 하였다. 1900년 9월 13일, 라이트 형제가 키티 호크에 도착하였다. 그들이 가지고 온 커다란 비행기는 날개가 2개로 길이가 5.2미터에 폭이 1.5미터이며, 한 세트가 다른 것보다 1.2미터 위에 있었다. 두 세트 모두 가벼운 나무 뼈대 위에 촘촘하게 짜인 흰색의 재료를 펼쳐놓은 것이다. 버팀줄이 구조를 탄탄하게 유지해준다. 앞쪽에는 동일한 흰색의 재료로 만든 작은 날개처럼 조이는 사각 구조물이 튀어나와 있다. 날개의 모양은 아치형이었다. 아래쪽 날개에서 볼 수 있는 트여있는 공간에 대해 물어보자, 오빌은 조종사가 그 공간에 배를 깔고 누워서 탑승한다고 알려주었다. 정말 놀라운 글라이더이다!

키티 호크에서 월버 라이트 바람이 약하기 때문에 조종사의 무게를 재현하기 위해 체인을 포함시켜 글라이더를 시험하였다. 바람이 강하게 불자 체인을 포함해 약 45킬로그램 정도 되는 라이트 형제의 글라이더가 공중에 떠오른다. 오빌이 글라이더 뒤에서 연줄 역할을 하는 케이블을 붙잡고, 월버가 글라이더 뒤에서 또 다른 세트의 줄을 잡아 당겼다. 월버가 줄 하나를 당기자 날개가 구부러지면서 글라이더가 기울어지고, 한쪽 옆으로 밀려 나아간다. 다른 줄을 당기자 글라이더가 반대쪽으로 방향을 바꾼다. 이는 데이튼에서 아이들이 나에게 설명해 주던 그 연과 같다. 실로 놀라운 조종 기능이었다.

그 뒤 여러 번의 관찰을 통해 작은 앞날개의 만곡이 때때로 달라진다는 점을 알게 되었다. 이를 통해 글라이더가 다른 각도로 날아가게 하는 것 같았다. 사람들에게 말에 따르면 바람이 많이 불던 날, 라이트 형제의 글라이더는 10초에서 20초 동안 90미터~120미터 가량 날았다고 한다.

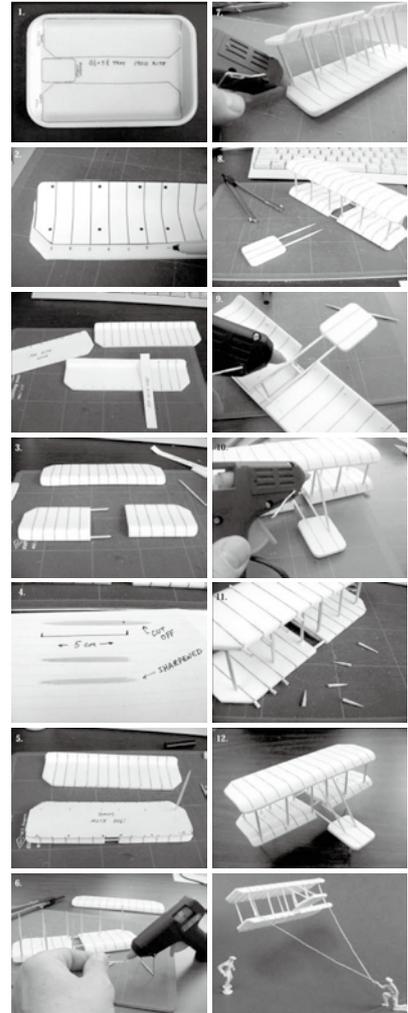
오래 지나지 않아 추락한 글라이더를 모래에 남겨둔 채 라이트 형제는 짐을 싸서 데이튼으로 돌아갔다.



키티 호크에서 월버 라이트

❖ 1900년 라이트 모델 제작하기

1. 그림과 같이 스티로폼 접시의 안쪽에 날개와 승강기 모양을 조심스럽게 그립니다. 날개와 승강기를 칼이나 가위로 잘라낸다. 손톱 줄로 잘라낸 가장자리를 매끄럽게 하고, 펜 선을 없앱니다.
2. 서류폴더에 날개 템플릿을 대고 날개의 위아래에 검정 마커로 날개선과 승강기 부분의 위치를 표시하고 날개 선을 연결합니다. (템플릿 끝이 스티로폼의 둥근 모양에 맞게 휘어질 수 있도록 합니다.)
3. 템플릿의 점선 부분에 해당하는 아래쪽 날개의 중심 부분을 잘라냅니다. 이쑤시개를 반으로 잘라 끝 부분을 글루건으로 잘라진 가장자리에 붙여서 아래쪽 날개 반쪽과 연결합니다. 날개 반쪽 사이에 0.6인치(1.5cm)의 틈만 남겨놓습니다. (스티로폼이 얇은 경우에는 이쑤시개를 날개 아래쪽에 대신 붙입니다.)
4. 이쑤시개를 2인치(5cm) 길이로 자르고 자른 끝을 날카롭게 해서 날개보를 12개 만듭니다.
5. 날개 템플릿에 이쑤시개를 이용해 아래쪽 날개 위쪽 표면과 위쪽 날개의 아래쪽 표면에 날개보 구멍을 표시합니다. 날개의 앞쪽 가장자리는 아래로 휘어진다는 점에 주의 합니다. 이 그림에서 뒤집어 놓은 것이 위쪽 날개입니다.
6. 글루건을 이용하여 이쑤시개를 아래쪽 날개에 표시해 둔 날개보 구멍에 끼웁니다. 이쑤시개를 누를 때 날개가 완전히 뚫리지 않도록 하며, 가능한 똑바로 서 있게 합니다.
7. 위쪽 날개와 아래쪽 날개를 뒤집고 날개보의 뒷부분을 위쪽 날개의 아랫부분에 끼우고 글루건으로 자리에 고정시킵니다. 위쪽 날개의 앞쪽 날개보를 연결합니다.
8. 승강기 끝의 가장자리에 이쑤시개 2개를 끼워넣고, 글루건으로 제자리에 고정합니다.(스티로폼이 얇은 경우에는 이쑤시개를 승강기의 아래쪽에 대신 붙입니다.)
9. 글라이더를 뒤집고 조립된 승강기를 아래쪽 날개가 벌어진 부분의 양쪽에 붙입니다.
10. 글라이더를 다시 뒤집고, 이쑤시개를 왼쪽 날개선 중앙에 집어넣은 다음, 이쑤시개의 다른 끝을 위쪽 날개의 앞쪽 가장자리에 집어넣고 붙입니다. 다른 이쑤시개를 같은 방법으로 오른쪽 날개선에 추가합니다. (스티로폼이 얇은 경우에는 위쪽 날개의 아래쪽에 대신 붙입니다.)
11. (선택사항) 이쑤시개를 0.6인치(1.5cm) 조각으로 충분히 많이 잘라내 날개를 조작할 수 있도록 선 위에서 각 날개의 뒤쪽 가장자리에 꽂습니다.
12. 전시용으로 연을 실에 매달아 놓을 수도 있고, 줄을 추가해 무릎을 꿇고 있는 플라스틱 장난감 병사가 잡고 있게 할 수도 있습니다.



❖ 생각해보기

1. 라이트 형제는 왜 날개 두 개를 배열하는 방법(복엽기)을 사용했나요?

2. 날개를 만곡형이거나 아치형으로 만든 목적은 무엇인가요?

3. 라이트 형제의 글라이더 조종사는 릴리엔탈과 샤누트의 글라이더에서 그랬던 것처럼 글라이더에 매달리는 대신 왜 날개 위에 누워 있었나요?

4. 날개를 구부리면 글라이더가 왼쪽이나 오른쪽으로 나아가는 이유가 무엇이라고 생각하나요? 만약 날개를 구부린 채로 유지한다면 글라이더가 원을 그리며 날아갈까요? 아니면 추락할까요? 그 이유를 생각해봅시다.





무엇을 설계할까?

학년 반 이름

도전과제

1900년 라이트형제의 글라이더를 개선하는 설계를 해 봅시다!



1900년 라이트형제의 글라이더 시험 비행 결과 비행기가 더 큰 양력을 얻어 조종사의 무게를 버틸 수 있게 해야 한다는 결론을 얻었습니다. 그렇다면 라이트 형제의 글라이더를 개선하려면 어떻게 해야 할까요?



생각해요

비행기의 양력에 영향을 끼치는 요인들은 무엇일까요?



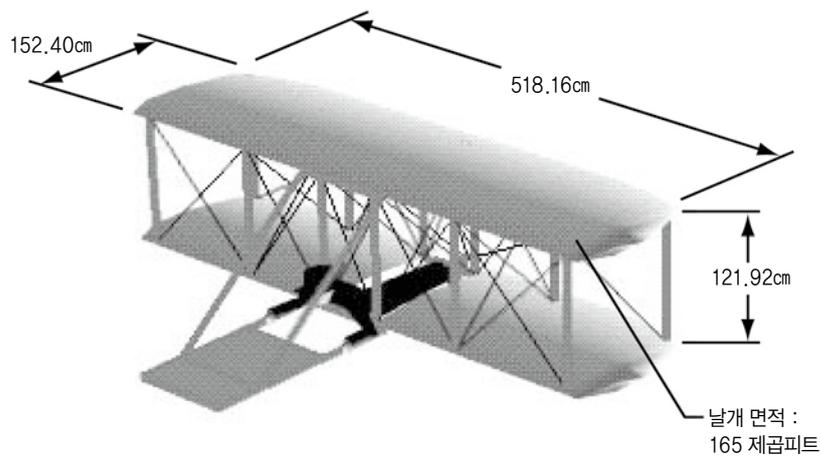
활동 내용

1. 1900년 당시의 라이트형제의 글라이더에 보다 큰 양력을 주기 위해 구체적으로 무엇을 바꾸어야 할까요?

2. 각각의 변화가 기존 설계보다 어떤 점이 훌륭하다고 생각하나요?



3. 이것은 1900년 라이트형제 글라이더의 도안입니다. 날개 길이는 약 5.2미터, 날개 면적은 15.2제곱미터입니다. 아래의 여백에 자신이 제안하는 글라이더의 스케치(조감도, 정면도 포함)를 그리고 치수도 고려하여 기록합니다. 자신이 그린 글라이더의 길이, 폭, 높이는 얼마나 되나요?



1901년 : 첫 번째 개량



이 차시에서는 학생들이 1901년대 라이트 글라이더의 축척 모델을 직접 만들어보는 경험을 통해 비행기에 작용하는 네 가지의 힘을 이해하도록 구성되어 있다. 또한 1901년 글라이더 설계에서 발생한 문제점을 찾아보고 과학자가 실패로부터 배우고, 포기하지 않고 계속 시도하는 것이 중요함을 인지한다.



학습 목표

- 1901년 라이트 글라이더 모델을 만들 수 있다.
- 비행기에 작용하는 네 가지 힘을 이해하고, 힘의 변화가 비행기 위치에 영향을 준다는 것을 알 수 있다.
- 1901년 글라이더 설계에서 발생한 문제점의 이유를 찾고, 실험을 수행하는 과학적인 방법에 대하여 배운다.
- 올바르지 않은 가정은 잘못된 생각과 결론으로 이어질 수 있다는 것을 이해한다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



소요 시간

3시간



이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(21.5cm)×11인치(14cm)), 이쑤시개 30~35개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜, 자, 서류 폴더, (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



핵심 단어

- **항력** : 물체가 물이나 공기와 같은 유체를 가로질러 움직일 때 그 운동에 저항하는 힘. 항력은 추력의 반대 방향으로 작용함
- **에일러론** : 라이트 형제의 '날개-구부림'기술은 오늘날의 '에일러론'의 원리를 함. 에일러론은 비행기 날개의 뒤쪽 가장자리에 있는 경첩이 달린 상하로 움직이는 날개로, 공중에서 비행기를 안정적으로 유지하거나 방향을 바꾸려고 할 때 상하로 움직임. 직선으로 수평하게 비행할 때 조종간을 오른쪽으로 움직이면 오른쪽 날개의 에일러론이 위로 올라갈 것이고, 왼쪽 날개의 에일러론은 아래로 낮아질 것임. 이렇게 하면 비행기가 오른쪽으로 롤링하게 됨



- **롤링** : 비행기가 길이 방향을 축으로 회전하는 회전 운동(날개 끝의 상하운동), 조종간을 왼쪽으로 하면 왼쪽 날개의 에일러론을 올리고 오른쪽 날개의 에일러론을 낮출 수 있음.) 이렇게 하면 비행기가 왼쪽으로 롤링을 한다. 조종사는 왼쪽 날개 끝이 내려가고 오른쪽 날개 끝이 올라가는 것을 볼 수 있음



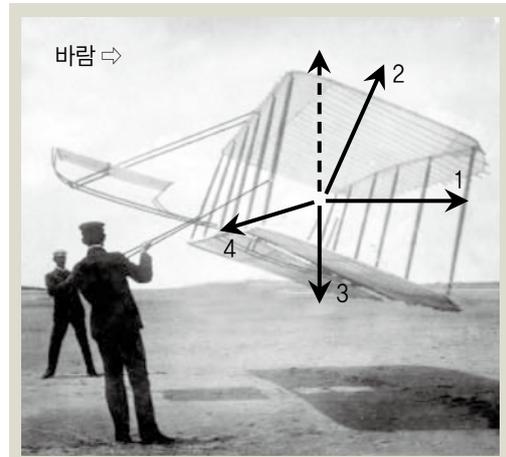
활동 내용

[활동 1] 초기 비행사들

1. 학생들은 <1901년: 첫 번째 개량>을 읽고 라이트 형제의 1901년 글라이더 모델을 만든다.
2. 1901년 글라이더가 연처럼 비행하는 사진을 활용해 학생들은 글라이더에 작용하는 힘을 묘사하고, 그 힘 중 하나를 변화시켰을 때 일어날 결과를 예측한다.

❖ 생각해보기(답)

1. 연을 날리기 위해서는 바람이 필요하다는 것을 우리는 알고 있습니다. 바람이 글라이더를 어느 방향으로 밀게 되는지 사진에 화살표를 그려 보세요.
2. 연에 작용하는 힘에는 세 가지가 더 있습니다. 이 중 하나는 바람에 의해 글라이더의 날개에 작용하는 양력입니다. 양력이 글라이더에 작용하는 방향을 화살표로 그려보세요,
3. 세 번째 힘은 학생과 지구의 모든 물체에 항상 작용하는 것으로 (중력)이라고 합니다. 이 힘이 글라이더에 작용하는 방향을 화살표로 그려보세요.
4. 사진 속의 사람들을 보고 네 번째 힘의 방향을 결정할 수 있는지 확인해 봅시다. 글라이더가 움직이지 않고 있으므로 네 번째 힘은 다른 세 가지 힘과 균형을 이루어야 합니다. 네 번째 힘의 방향을 화살표로 그려보세요.
5. 사진 속에 네 가지 힘이 모두 서로 상쇄되고 있다는 점을 알 수 있게 해주는 것이 있나요? 그렇다면 무엇인가요?
 - ▶ 있다. 글라이더가 움직이지 않고 있기 때문이다.
6. 바람의 속도가 증가한다면 글라이더는 어떻게 될까요?
 - ▶ 글라이더가 위로 올라 날아갈 것이다.



[활동 2] 잘못된 생각들

1. 활동 1을 경험한 학생들에게 왜 더 큰 날개가 더 큰 양력을 만들어 낼 수도 있는지 그 이유를 제안해보게 한다.
2. 또한 이 문제를 해결하기 위해 과학자라면 무엇을 할지 학생들에게 물어보고 라이트 형제가 이 시점에서 어떤 길을 택했어야 하는지 제안해보게 한다.

❖ 생각해요(답)

1. 더 큰 날개를 부착한 새 글라이더가 기대한 성과를 내지 못한 이유가 무엇이라고 생각하나요?
 - ▶ 여러 가지 답이 가능하다. 가능한 답변으로는 어쩌면 무거웠기 때문이다, 날개의 만곡이 충분하지 않았기 때문이다. 날개가 커서 항력을 너무 많이 유발했을 수도 있다, 설계 데이터가 정확하지 않았기 때문이다 등이 있다.
2. 여러분이 월버나 오빌이라면 이 시점에서 어떻게 할 것 같습니까? 왜 그런가요?
 - ▶ 여러 가지 답이 가능하다. 가능한 답변으로는 실험을 중단할 것이다. 전문가에게 도움을 요청할 것이다. 더 연구할 것이다. 날개 모양을 바꿀 것이다. 날개의 크기를 바꿀 것이다. 무게를 더 가볍게 할 것이다. 자신의 데이터를 재평가 할 것이다 등이다.
3. 문제를 해결하기 위해 라이트 형제는 한 번에 한 가지 변화만을 적용했습니다. 왜 이것이 실험을 하는 과학적인 방법일까요?
 - ▶ 한 가지만 변화시킨 후 데이터에 변화가 있다면 왜 그런가가 분명히 나타나기 때문이다.

❖ 잘못된 생각들(답)

1. 지구는 평평하다.
 - ▶ 여러 가지 답이 가능하다. 에라토스테네스는 기원전 230년에 우물에 비치는 해를 이용해 지구의 지름을 계산했다. 콜럼버스가 항해했을 때 지구의 가장자리에서 떨어지지 않았다. 마젤란은 세계 일주를 할 수 있었다. 등
2. 태양이 지구의 둘레를 돈다.
 - ▶ 1530년 니콜라스 코페르니쿠스는 지구가 자전축을 중심으로 회전할 뿐만 아니라 태양 주위를 공전한다는 것을 보여주었다. 1630년, 갈릴레오는 위성들이 목성 궤도를 회전한다는 것을 관측했다.
3. 원소는 땅, 공기, 불, 물의 네 가지에만 존재한다.



지도상 유의점

- 글라이더 제작 활동을 할 때에는 개별적으로 또는 둘씩 짝을 이루도록 한다.
- 비행기에 작용하는 네 가지 힘 중 양력과 중력의 상호 작용과 추진력 대 항력의 상호 작용이 이 활동의 핵심이다. 이들은 벡터 힘이지만, 그렇게 나타나지는 않는다. 이는 바람 속에서 균형을 이루기 위해 로프의 정적 당김에 영향을 받는 연과 관련되어 있으므로, 이 힘들은 글라이더나 비행기에서 작용하는 것과는 다르다. 주요 아이디어는 균형이 서로 대립되는 힘들을 통해 유지된다는 것이다.
- 라이트 형제는 양력을 발생시키고자 할 때 고려하지 않은 요인이 있다는 것을 깨달았다. 라이트 형제는 거의 포기 직전에 데이터를 재평가하고 풍동을 만들기로 결정하였다. 라이트 형제는 오늘날의 과학자들처럼 조심스럽게 한 번에 한 가지 변수만 변화시켜 각 변화의 영향을 분리해 확인하였다. 이 부분이 활동2에서 학생들에게 알려줄 중요한 내용임을 주의한다. 또한 라이트 형제의 1901년 실험이 처음부터 기대한 대로 되지 않았다는 것과, 이후 라이트 형제는 실패를 헤치고 결국 성공했다는 것을 강조한다.



【읽을 거리】

라이트 형제의 1901년 글라이더

1901년 글라이더는 라이트 형제가 만든 두 번째의 무동력 비행기였다. 1901년에 키티 호크에서 이 비행기는 유인 글라이더로, 또 연으로 비행했다. 1900년에 만들기 시작한 이 비행기를 통해 라이트 형제는 항공역학의 기본 원리에 대해 더 많이 배울 수 있었다.

1901년의 비행기는 1900년 비행기보다 컸지만 기본 설계는 동일했다.

날개는 두 개였고, 꼬리는 없었으며 승강판-안정판이 비행기 앞쪽에 탑재되어 있었다. 날개 길이는 5.3미터에서 6.7미터로 늘어났고, 익현(날개의 앞쪽 가장 자리부터 뒤쪽 가장자리까지)이 1.5미터에서 2.1미터로 변경되어, 전체 날개 면적이 증가하였다. 라이트 형제는 양력을 더 크게 제공해 바람의 속도가 낮을 때에도 글라이더를 조종할 수 있기를 원했다. 조종사가 없을 때 1901년의 비행기 무게는 약 45.4킬로그램이었다. 조종사는 아래쪽 날개에 누워서 발 페달로 비행기의 롤링을 제어할 수 있었다. 페달은 날개 끝을 잡아당기고, 날개를 구부려(또는 비틀어) 날개에 균등하지 않은 힘을 줌으로써 비행기를 롤링하게 하는 선에 연결되어 있었다. 또한 1901년의 비행기에서는 조종사가 승강기의 모양을 변경해 비행기 앞쪽 끝의 피치를 제어할 수 있었다.



1901년 글라이더에 월버가 탄 모습

이 비행기는 종종 한 번 비행에 90여 미터까지 비행했지만, 형제가 기대했던 것만큼 우수한 성능을 보여주지는 못했다. 비행 특성을 개선하기 위해 형제는 지주(지지해주기 위한 구조물, 길이 방향의 압력에 저항하도록 설계한 것)를 아래쪽 날개 위에 추가로 설치해 비행기 날개의 캠버에 변형을 주었다. 다음 사진은 착륙 직후의 비행기인데, 중앙에서 날개 사이의 추가 지주를 볼 수 있을 것이다.

시험 비행 도중 형제는 "역(逆)빗놀이"라고 알려진 영향을 접하게 되었다. 때때로 롤링을 만들어 내기 위해 날개를 구부리면 아래쪽 날개를 향해 비행기를 휘게 하는 결과를 내어야 하지만, 위쪽 날개 위의 항력이 증가해 반대 방향으로 구부러지기 때문에 속력이 감소하여, 비행기가 땅을 향해 방향을 틀게 되었다.

이 새로운 문제점을 해결하려고 하는 과정에서 라이트 형제는 풍동 실험을 통해 실제로 사용할 수 있는 정확한 항공역학 데이터를 최초로 수집하였다. 라이트 형제가 성공을 거둔 1903년의 플라이어에 향해 발전해가는 과정에서 이러한 결과들을 1902년의 비행기에 적용할 수 있었고, 1901년의 비행기서 제기된 많은 질문에 답할 수 있었다.

잘못된 생각들

역사적으로 사람들은 새로운 증거가 제시되면 세상이 돌아가는 이치에 대한 자신의 생각을 바꿔야만 했다. 과거에는 권위나 명성 또는 종교적인 믿음, 잘못된 측정에 근거를 둔 생각들이 옳은 것으로 받아들여진 경우가 많았다.

라이트 형제 또한 '권위에 의문을 품어야' 했다. 당시 받아들여졌던 데이터를 이용해 라이트 형제는 그들이 기대한 결과를 얻지 못했다. 그 데이터는 항공학의 일류 권위자인 오토 릴리엔탈의 것이었으므로, 라이트 형제는 데이터가 맞을 것이라고 추정했다. 결국 라이트 형제는 자신만의 풍동 실험을 통해 무엇이 틀렸는지 판단했다.

사실 라이트 형제의 원 설계 계산에서는 두 가지 잘못된 점이 있었다. 이른바 '스미튼 계수'라고 하는 압력 계수가 있었는데, 이는 당시 공표된 항공역학 데이터의 참고 값으로 쓰이고 있었다. 라이트 형제는 릴리엔탈처럼 이 계수에서 인정된 값을 사용했다. 하지만 이 계수는 정확하게 측정하기가 매우 어려웠으므로 그 값에 큰 오류가 있었다. 라이트 형제는 이 오류를 발견하고 보다 정확한 값을 구했다.

두 번째 오류는 릴리엔탈의 양력 계수를 사용한 것이었다. 라이트 형제는 풍동 시험을 수행하기 전까지는 날개의 플랜폼(planform)이 양력에 끼치는 중요한 영향을 이해하지 못하고 있었다. 플랜폼은 날개를 위에서 아래로 내려다봤을 때 모양을 일컫는다. 릴리엔탈은 작은 타원형의 모델로 실험했는데 라이트 형제의 날개는 직사각형이었다. 이러한 모양의 차이 때문에 발생하는 양력의 크기가 달라진다. 이에 대해 윌버는 "만약 적용하는 표면이 명확하게 지정되지 않으면, (양력의) 어떤 표도 잘못 구성되기 쉽다."라는 글을 썼다. 라이트 형제가 릴리엔탈의 모양을 직접 시험하고 "...릴리엔탈의 데이터가 그가 사용한 방법으로는 최대한 올바른 값에 가까웠다."라고 발견한 사실에 대해 말했다.

— 윌버 라이트, 1901년에 옥타브 사누트에게 쓴 편지.





1901년 라이트 글라이더 모델 만들기

학년 반 이름

도전과제

1901년 라이트형제의 글라이더 모델을 만들고,
비행기에 작용하는 네 가지 힘을 알아봅시다!



이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 30~35개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜, 자, 서류 폴더, (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



핵심 단어

- **항력** : 물체가 물이나 공기와 같은 유체를 가로질러 움직일 때 그 운동에 저항하는 힘. 항력은 추력의 반대 방향으로 작용함
- **에일러론** : 라이트 형제의 '날개-구부림'기술은 오늘날의 '에일러론'의 원리를 함. 에일러론은 비행기 날개의 뒤쪽 가장자리에 있는 경첩이 달린 상하로 움직이는 날개로, 공중에서 비행기를 안정적으로 유지하거나 방향을 바꾸려고 할 때 상하로 움직임. 직선으로 수평하게 비행할 때 조종간을 오른쪽으로 움직이면 오른쪽 날개의 에일러론이 위로 올라갈 것이고, 왼쪽 날개의 에일러론은 아래로 낮아질 것임. 이렇게 하면 비행기가 오른쪽으로 롤링하게 됨
- **롤링** : 비행기가 길이 방향을 축으로 회전하는 회전 운동(날개 끝의 상하운동), 조종간을 왼쪽으로 하면 왼쪽 날개의 에일러론을 올리고 오른쪽 날개의 에일러론을 낮출 수 있음 이렇게 하면 비행기가 왼쪽으로 롤링 함. 조종사는 왼쪽 날개 끝이 내려가고 오른쪽 날개 끝이 올라가는 것을 볼 수 있음
- **에어포일(airfoil)** : 항공기의 날개단면 또는 프로펠러의 날의 단면의 모양
- **캠버(camber)** : 앞쪽 가장자리부터 뒤쪽 가장자리까지 에어포일이 커브(만곡)에서 볼록한 부분
- **역(逆)빗놀이** : 역빗놀이가 발생하는 경우 조종사가 비행기의 앞쪽을 오른쪽으로 돌리려고 하면 오히려 왼쪽으로 향함. 반대의 경우도 동일함



읽을 거리

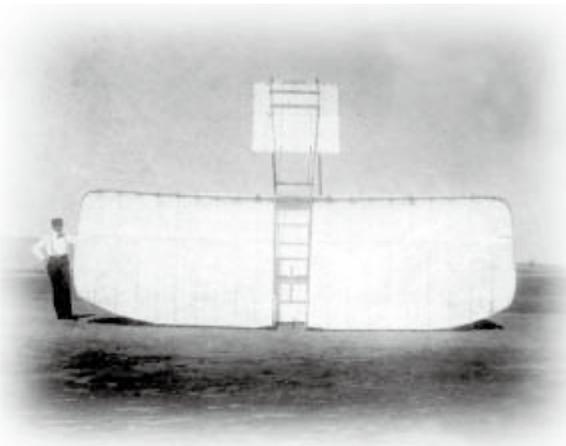
❖ 1901년 : 첫 번째 개량

내가 신시내티 과학협회의 총무로 다양한 업무를 담당하고 있던 3월의 어느 날, 라이트 형제의 이웃으로부터 편지가 도착하였다. 라이트 형제가 새 글라이더를 만들었으며 작년(1900년)보다 훨씬 이른 시기인 7월 중에 키티 호크로 가서 시험 비행을 할 것이라고 했다. 나는 이 시험 비행을 관찰하러 다시 한번 킬 데빌 언덕으로 갔다.

라이트 형제는 1901년 7월 10일에 킬 데빌 언덕에 도착했다. 새 글라이더는 첫 번째 것보다 훨씬 크다. 여전히 날개는 2개지만 각각 2.1미터×6.7미터로 크기는 더 커졌다. 전체 날개 면적은 27제곱미터이며, 비행기 무게는 2배인 45.4kg이다. 아마 비행 글라이더 중 가장 클 것이다! 시험 비행은 월버가 조종하기로 하였다. 캠프에는 옥타브 샤투트 씨와 조수 2명이 있었다. 그들도 자신의 글라이더를 시험하고 라이트 형제의 실험을 지켜보기 위해 온 것이다.

1901년의 글라이더 비행은 실망스러웠다. 오빌은 새 날개를 설계하기 위해 오토 릴리엔탈이 발표한 표와 데이터를 사용했는데, 글라이더가 기대한 양력의 1/3만 내고 있다고 말했다. 릴리엔탈의 데이터가 틀린 것일까?

1901년의 글라이더 비록 90여 미터 내외의 비행이 종종 가능하긴 하지만 나는 다른 문제점도 있음을 깨달았다. 앞 방향기가 글라이더의 상하 피치를 잘 제어하지 못하고 있고, 방향을 바꾸기 위해 날개를 구부리면 이따금씩 비행기가 뒤로 내려앉아 통제를 벗어난 상태로 회전한다. 이런 추락사고 중 한 번은 월버가 경미한 부상을 입었다. 그로부터는 비행기를 연으로서만 날렸다. 8월 말이 되자 형제는 실망에 휩싸여 데이튼으로 돌아갔다.



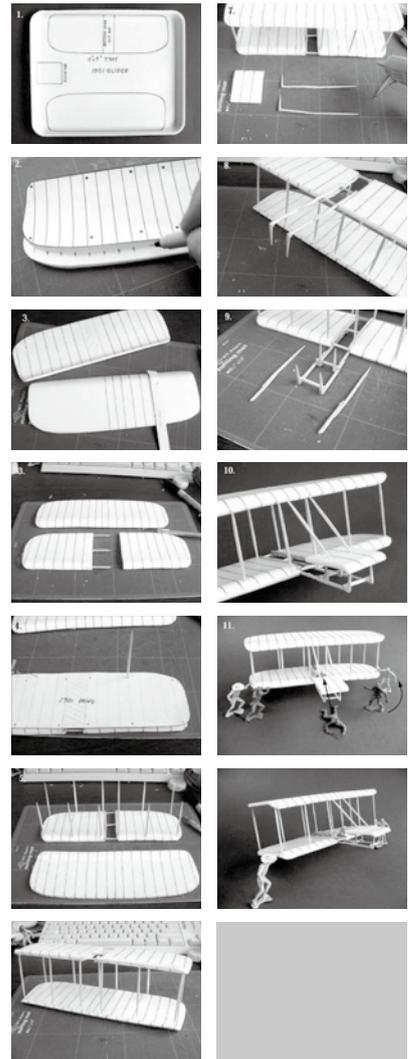
1901년의 글라이더



활동 내용

❖ 1901년 라이트 모델 제작하기

1. 그림과 같이 스티로폼 접시의 안쪽에 날개와 승강기 모양을 조심스럽게 그립니다. 날개와 승강기를 칼이나 가위로 잘라냅니다. 손톱 줄로 잘라낸 가장자리를 매끄럽게 하고, 펜 선을 없앱니다.
2. 서류 폴더에 날개 템플릿을 대고 날개의 위아래에 검정 마커로 날개선과 승강기 부분의 위치를 표시하고 날개선을 연결합니다. (템플릿 끝이 스티로폼의 둥근 모양에 맞게 휘어질 수 있도록 합니다.)
3. 템플릿의 점선 부분에 해당하는 아래쪽 날개의 중심 부분을 잘라냅니다. 이쑤시개를 반으로 잘라 끝 부분을 글루건으로 잘라진 가장자리에 붙여서 아래쪽 날개 반쪽과 연결합니다. 날개 반쪽 사이에 0.6인치(1.5cm)의 틈만 남겨놓습니다. (스티로폼이 얇은 경우에는 이쑤시개를 날개 아래쪽에 대신 붙입니다.)
4. 날개 템플릿에 이쑤시개를 이용해 아래쪽 날개 위쪽 표면과 위쪽 날개의 아래쪽 표면에 날개보 구멍을 표시합니다. 날개의 앞쪽 가장자리는 아래로 휘어진다는 점에 주의합니다. 이 그림에서 뒤집어 놓은 것이 위쪽 날개입니다.
5. 글루건을 이용하여 이쑤시개를 아래쪽 날개에 표시해 둔 날개보 구멍에 끼웁니다. 이쑤시개를 누를 때 날개가 완전히 뚫리지 않도록 하며, 가능한 똑바로 서 있게 합니다.
6. 위쪽 날개와 아래쪽 날개를 뒤집고 날개보의 뒷부분을 위쪽 날개의 아랫부분에 끼우고 글루건으로 자리에 고정시킵니다. 위쪽 날개의 앞쪽 날개보를 연결합니다.
7. 활주부를 만들려면 이쑤시개 2개의 끝을 나란히 연결해 전체 길이가 4.3인치(11cm)가 되게 합니다. 이것을 다시 3.5인치(9cm)로 자르고 그림과 같이 단면을 90도가 되게 붙입니다. 두 번째 활주부를 위해 이 과정을 반복합니다.
8. 날개 조립을 거꾸로 하고 활주부를 아래쪽 날개가 벌어진 부분 양쪽에 붙입니다. 활주부는 날개 반쪽들을 연결하는 앞쪽 및 가운데 이쑤시개와 서로 겹쳐야 합니다. 또한 아래쪽 날개의 앞면(휘어진 가장자리)보다 앞으로 나와 있어야 합니다.
9. 조립을 뒤집어서 오른쪽 면이 위로 오게 한 다음, 활주부 두 개 사이를 지지해 주기에 적합한 길이로 조각을 두 개 잘라내어, 끝부분과 가운데에 하나씩 붙입니다. 승강기를 수직으로 지지하기 위해 조각을 두 개



더 잘라내어 가운데 십자 버팀대에 붙입니다. 이쑤시개 두 개를 끝이 닿게 연결하고 2.5인치(6.5cm)로 다듬어서 위쪽 날개로부터 승강키까지 두 개의 버팀대를 만들어줍니다.

10. 수직 지지대 4개의 끝 부분을 글루건을 이용하여 승강키 안으로 밀어 넣습니다. (스티로폼이 얇은 경우에는 대신 버팀대를 위쪽 날개 아래쪽에 붙입니다.)
11. (선택사항) 플라스틱 균인의 부품을 바꿔 붙여 윌버 라이트와 오빌 라이트의 모형을 만들 수도 있다.

❖ 생각해보기

다음은 라이트 형제가 키티 호크에서 1901년에 연을 날리듯 글라이더를 날리는 모습입니다. 글라이더의 무게는 44.5킬로그램, 날개 길이는 6.7미터였습니다. 이 연은 공중에 떠 있는 것처럼 보이지만 실제로는 글라이더에 작용하는 힘들이 '균형'을 이뤄 움직이지 않은 상태로 있습니다.



1. 연을 날리기 위해서는 바람이 필요하다는 것을 우리는 알고 있습니다. 바람이 글라이더를 어느 방향으로 밀게 되는지 사진에 화살표를 그려 보세요.
2. 연에 작용하는 힘에는 세 가지가 더 있습니다. 이 중 하나는 글라이더의 날개에 작용하는 바람에 의해 나타나는 양력입니다. 양력이 글라이더에 작용하는 방향을 화살표로 그려보세요.
3. 세 번째 힘은 학생과 지구의 모든 물체에 항상 작용하는 것으로 ()이라고 합니다. 이 힘이 글라이더에 작용하는 방향을 화살표로 그려보세요.
4. 사진 속의 사람들을 보고 네 번째 힘의 방향을 결정할 수 있는지 확인해 봅시다. 글라이더가 움직이지 않고 있으므로 네 번째 힘은 다른 세 가지 힘과 균형을 이루어야 합니다. 네 번째 힘의 방향을 화살표로 그려보세요.
5. 사진 속에 네 가지 힘이 모두 서로 상쇄되고 있다는 점을 알 수 있게 해주는 것이 있나요? 그렇다면 무엇인가요?

6. 바람의 속도가 증가한다면 글라이더는 어떻게 될까요?



잘못된 생각들

학년 반 이름

도전과제

1901년 글라이더 설계의 문제점을 살펴보고,
올바르지 않은 가정들을 찾아봅시다!



라이트 형제의 1901년은 성공적이지 못했습니다. 무엇이 원인이었을까요?



생각해요

1. 더 큰 날개를 부착한 새 글라이더가 기대한 성과를 내지 못한 이유가 무엇이라고 생각하나요?

2. 여러분이 월버나 오빌이라면 이 시점에서 어떻게 할 것 같습니까? 왜 그런가요?

3. 문제를 해결하기 위해 라이트 형제는 한 번에 한 가지 변화만을 적용했습니다. 왜 이것이 실험을 하는 과학적인 방법일까요?



활동 내용

❖ 1901년의 글라이더에 관한 질문

1. 더 큰 날개를 부착한 새 글라이더가 기대한 성과를 내지 못한 이유가 무엇이라고 생각하나요?

2. 여러분이 월버나 오빌이라면 이 시점에서 어떻게 할 것 같습니까? 왜 그런가요?



3. 문제를 해결하기 위해 라이트 형제는 한 번에 한 가지 변화만을 적용했습니다. 왜 이것이 실험을 하는 과학적인 방법일까요?

❖ 잘못된 생각들

과학의 발달은 그릇된 가정을 하거나, 그릇된 정보에 근거를 두기도 하며, 정보나 데이터를 올바르게 이해하지 못해 방해가 받는 경우도 많습니다. 라이트 형제는 1901년에 만든 글라이더가 예상한 성과를 내지 못한 이유가 계산의 기초가 되었던 릴리엔탈의 데이터가 잘못되었기 때문이라는 것을 알게 되었습니다.

아래의 세 문장은, 한때 과학계에서 올바르다고 받아들여졌던 생각들이다. 이 중 하나 이상을 선택하여, 누가 이러한 생각에 이의를 제기했으며, 그에 따라 우리의 사고가 어떻게 바뀌었는지 자신의 대답을 적어봅시다.

1. 지구는 평평하다.
2. 태양이 지구의 둘레를 돈다.
3. 원소는 땅, 공기, 불, 물의 네 가지에만 존재한다.

* 내가 선택한 문장 : ()





이 차시에서는 라이트 형제가 1901년의 실험 비행 실패를 바탕으로 시작했던 풍동에 대하여 이해하는 활동으로 구성되어 있다. 학생들은 인터넷을 통하여 라이트 형제들이 풍동 실험을 통해 데이터를 수집한 과정을 이해하게 된다.



학습 목표

- 풍동의 기능과 풍동의 각 부분이 어떻게 작동하는지 설명할 수 있다.
- 인터넷을 통한 풍동 작동 방법을 이용하여 특정한 날개 형태가 더 큰 양력을 가져온다는 사실을 이해한다.
- 라이트 형제들이 풍동 실험을 통해 어떻게 데이터를 수집했는지 이해한다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



소요 시간

60분



이것이 필요해요

인터넷 환경



핵심 단어

- **풍동** : 연구를 목적으로 한 일정한 바람 조건을 만들어내는 팬이 부착된 작거나 큰 터널
- **받음각** : 날개와 다가오는 기류의 각도 (기류는 공기 분자가 날개와 같은 물체 주위를 흘러갈 때의 움직임을 말함.)



활동 내용

1. 학생들은 <새로운 데이터>를 읽고 '생각해보기' 질문에 답한다.
2. 학생들의 자신의 생각을 발표할 시간을 가진다.
3. <라이트 형제의 풍동을 작동해보기> 활동에서는 학생들은 라이트 형제의 풍동을 가상으로 컴퓨터에서 작동해보고, 실제 라이트 형제가 사용했던 다양한 날개 모양에 대한 데이터를 수집합니다.
4. 학생들은 데이터 형식을 출력한 다음, 날개 설계의 다른 측면들을 비교하기 위해 결과를 그래프로 나타내고 분석한다.

❖ 생각해보기(답)

1. 라이트 형제는 왜 스스로 풍동을 만들었을까요?
 - ▶ 그들만의 공기역학 데이터를 수집하고 싶었기 때문이다. 라이트 형제는 릴리엔탈의 데이터를 테스트해보고 싶었다. 형제들은 릴리엔탈의 데이터를 어떻게 적용해야 할지 이해할 수 없었다.
2. 시험을 수행할 때 라이트 형제들은 항상 한 명만 방 안에 있을 수 있게 하고, 그 사람이 정확하게 같은 곳에서 있게 하였습니다. 그들이 이와 같은 대비책을 세운 이유는 무엇일까요?
 - ▶ 일관성 있는 데이터를 얻기 위해서는 조건이 변하지 않고 일정해야 한다. 만약 사람이 움직이면 풍동을 통과하는 공기 흐름이 바뀔 수도 있다.
3. 공기가 들어왔던 상자 끝에는 격자가 하나 설치되어 있었습니다. 이것은 어떠한 기능을 했을까요?
 - ▶ 격자는 공기 흐름을 바로잡아 주는 역할을 한다. 만약 공기가 소용돌이치면 조건이 일정하지 않을 것이다.
4. 작은 상자 안에서 날개(에어 포일)를 시험하면 어떤 장점이 있는지 세 가지 이상 적어봅시다.
 - ▶ 1. 완전한 크기의 비행기를 만드는 것보다 모델을 만드는 것이 저렴하다.
 - ▶ 2. 불량 비행기나 글라이더를 비행하는 것보다 불량 모델을 시험하는 것이 안전하다.
 - ▶ 3. 여러 설계를 시험해보는 데 시간이 적게 든다.
 - ▶ 4. 바람이 터널 안에서는 일정하기 때문에 예측할 수 없는 바깥보다 신속하게 시험해 볼 수 있다. 날씨가 좋은 날을 기다릴 필요가 없다.
 - ▶ 5. 설계를 변경 또는 수정하기가 더 쉽다.
5. 만약 날개의 설계가 얼마나 효과적인지에 관한 양질의 데이터를 얻으려고 한다면 다음 중 어떤 풍동 방식(배열)이 가장 좋다고 생각하는가? 그리고 이것이 가장 좋은 설계라고 결정한 이유는 무엇인가?
 - ▶ (A) 공기가 모델로 들어가기 전에 격자로 끌어당겨 공기흐름이 바로잡아진다. 그렇게 하면 난기류가 최소화된다.

❖ 라이트 형제의 풍동작동 (답)

이 활동을 통해서 학생들은 길고, 얇고, 만곡이 있는 날개가 더 효율적이라는 것을 알아야 한다.

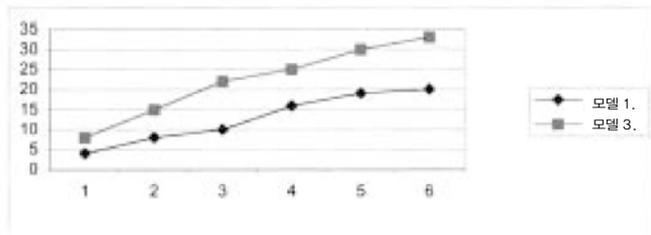


지도상 유의점

- 라이트 형제의 풍동은 최초의 풍동은 아니었지만, 정확하고 유용한 데이터를 도출한 첫 번째 풍동이었다. 또한 초기 테스트 결과를 증명하고 미래의 비행기를 설계하는 데 사용한 첫 번째 풍동이었다. 풍동으로 정확한 정보를 얻으려면 공기 흐름에 가능한 한 난기류가 없어야 한다. 따라서 라이트 형제들은 공기 흐름을 바로잡아 주기 위해 격자를 사용했다.

A부분

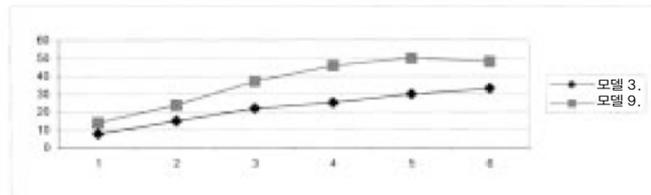
받음각	모델 1.	모델 3.
3	4	8
6	8	15
9	10	22
12	16	25
15	19	30
18	20	33



길고 얇은 날개가 더 큰 양력을 제공한다.

B부분

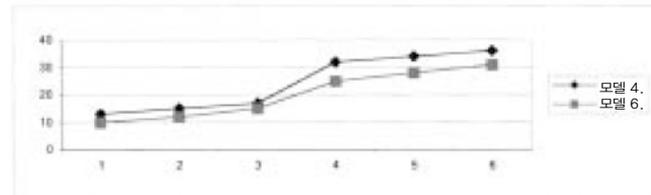
받음각	모델 3.	모델 9.
3	8	14
6	15	24
9	22	37
12	25	46
15	30	50
18	33	48



만곡형 날개가 평평한 날개보다 더 큰 양력을 제공한다.

C부분

받음각	모델 4.	모델 6.
3	13	10
6	15	12
9	17	15
12	32	25
15	34	28
18	36	31



휘어짐이 크면 휘어짐이 적을 때보다 약간 더 좋다.

학생들은 작은 규모의 모델을 시험하는 것이 시간과 비용을 절약해 준다는 사실을 인지해야 한다.

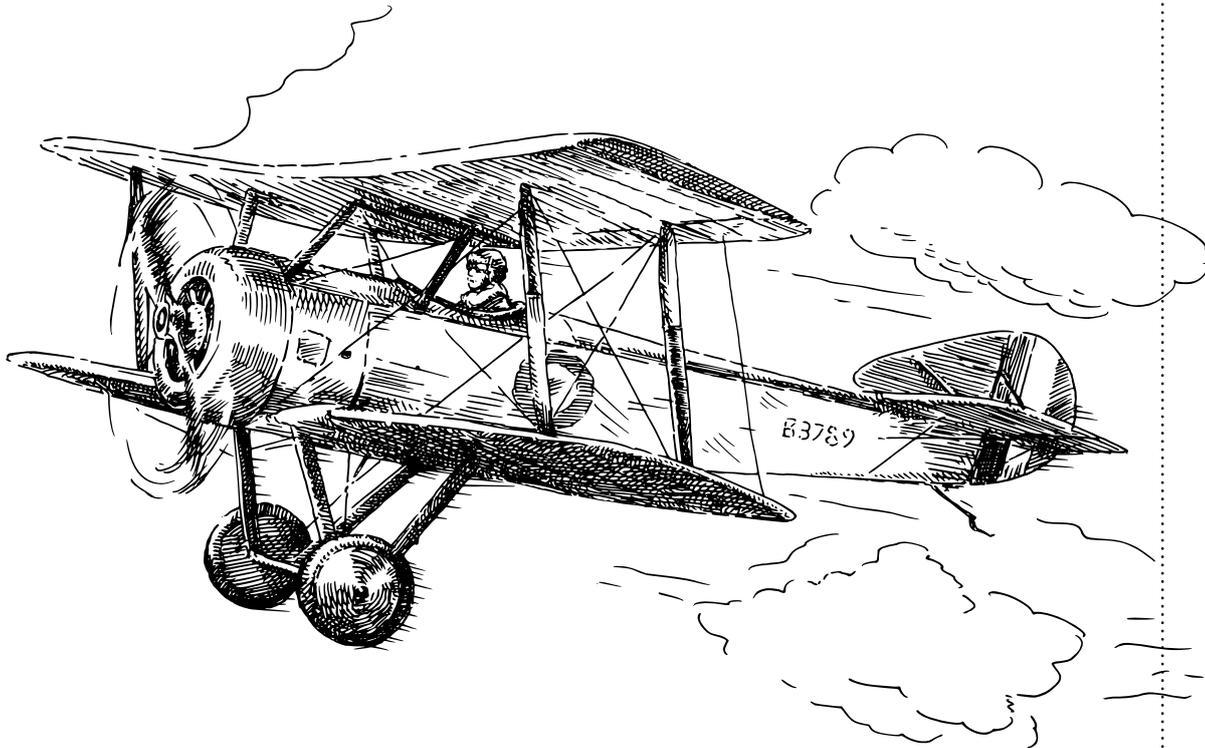
- 이 활동의 시뮬레이션은 라이트 형제의 원래 풍동과 동일한 방식으로 작동한다. 학생들은 라이트 형제가 실험했던 날개 모양 중에서 무엇이든 선택할 수 있고, 라이트 형제가 했던 것과 같은 방식으로 데이터를 수

집할 수 있다. 학생들은 날개 모델을 풍동에 위치시킨 다음, 밸런스 자체로부터 유발된 항력을 조정한다. 각도를 판독해 데이터를 그래프로 만들고 이를 통해 학생들은 길고 얇은 날개의 결과가 가장 좋다는 사실을 알아내게 된다.

- 인터넷이 없을 경우에는 교사의 시연으로 빔프로젝터를 이용하여 함께 시뮬레이션을 진행하도록 한다.
- 활동 후에 무작위로 몇 개의 날개 형태를 학생들에게 나누어 준 다음, 조금 전에 수집한 데이터에 기초하여 어떤 것을 통해 가장 좋은 결과를 얻을 수 있을지 학생들에게 말해보는 것도 효과적인 방법 중 하나이다.



신뢰할 수 있는 기체 역학 데이터를 산출한 최초의 풍동인 1901년 라이트 풍동을 재현





라이트 형제의 풍동

학년 반 이름

도전과제



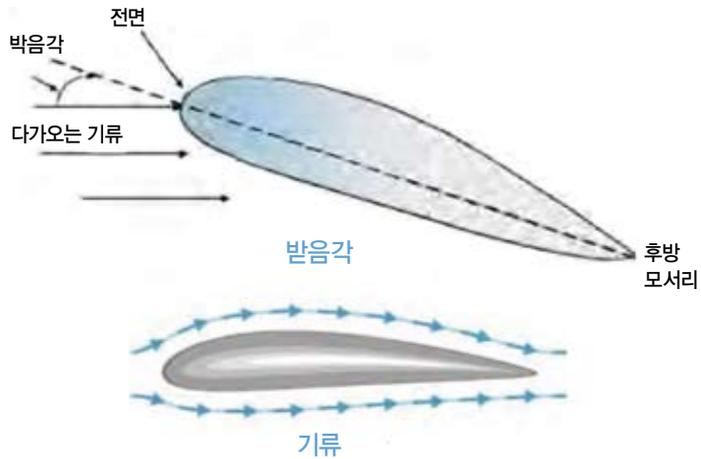
라이트 형제의 풍동에 대하여 알아보시다!

라이트 형제는 항공학 분야에서 최초라고 여겨지는 다양한 일들을 했습니다. 이러한 '최초'의 일들 중 하나가 바로 풍동을 사용한 것입니다. 풍동은 날개를 설계할 데이터를 수집하기 위해 라이트 형제들만의 설계로 만든 길이 1.8미터짜리 직사각형 상자입니다. 풍동은 지금도 다양한 연구에 사용됩니다. 어떤 풍동은 매우 크고 어떤 것은 초음속이며, 어떤 것은 매우 차갑고, 어떤 것은 매우 높은 고도를 재현하기도 합니다.



핵심 단어

- **풍동** : 연구를 목적으로 한 일정한 바람 조건을 만들어내는 팬이 부착된 작거나 큰 터널
- **받음각** : 날개와 다가오는 기류의 각도 (기류는 공기 분자가 날개와 같은 물체 주위를 흘러갈 때의 움직임을 말함.)





읽을 거리

❖ 새로운 데이터

키티 호크에서의 두 번째 시험비행을 끝내고, 형제는 서로 다른 날개 형태의 효과를 측정하기 위한 장치를 만들었다는 소식이 전해졌다. 오빌이 핸들이 부착되어 있고, 작은 날개 같은 것이 있는 바퀴 달린 자전거를 타고 있었다는 이야기도 전해졌다.

1월이 되자 나는 다시 데이튼을 방문할 계획을 세웠다. 가게에 들어서자 오빌이 기쁘게 맞이해준다. 오빌은 뒤쪽에 있는 방으로 안내해 나는 바퀴가 핸들 위에 납작하게 올라가 있는 자전거를 보게 된다. 형제는 위층에 한쪽 끝에 팬이 있는 길이 1.8미터짜리상자와 작은 날개 모델이 여러 개 있는 탁자를 설치해 두었다.

형제는 두 번째 글라이더의 성능이 좋지 않았던 것은 릴리엔탈의 데이터 표에서 발생한 오류 때문일 것이라고 의심했다. 이를 시험해보기 위해 오빌은 자전거의 핸들에 부착한 자전거 바퀴 위에 날개 모양을 놓고 바퀴를 돌려 바람을 일으킨다. 릴리엔탈이 예측한 받음각에는 실제로 오류가 있었다. 라이트 형제는 위에서 내려다 봤을 때 날개의 모양이 양력 생성에 매우 중요하다는 사실을 알게 되었다. 형제의 날개는 직사각형 모양이었는데, 릴리엔탈의 데이터는 작은 타원형의 날개에만 적용되는 것이었다. 오빌과 월버가 직접 자신들만의 데이터를 수집할 필요를 느꼈다.

오빌은 형제가 시험을 위해 만든 상자를 보여주었다. 벨트가 커다란 팬을 돌리고, 팬은 공기를 상자 속으로 밀어냈다. 그리고 격자가 공기가 상자로 들어갈 때 공기의 흐름을 바로 잡아준다. 형제는 시험 영역 위의 유리창을 통해 시험을 관찰한다. 시험 영역에서 날개 모양들이 쇠톱의 날과 자전거의 바퀴살로 만든 밸런스 위에 올려져 있다. (이 상자가 '풍동'으로 알려진다.) 오빌은 여러 가지 조합으로 다양한 모양을 시험해 보았고, 새로운 데이터를 바탕으로 늦은 여름에 시험해 볼 글라이더를 설계하고 있다고 말했다.

나는 월버에게 행운을 빌어주고 여름에 만날 수 있기를 희망한다고 말한 다음, 신시내티로 돌아가는 기차를 타기 위해 가게를 나섰다.

❖ 현대의 풍동

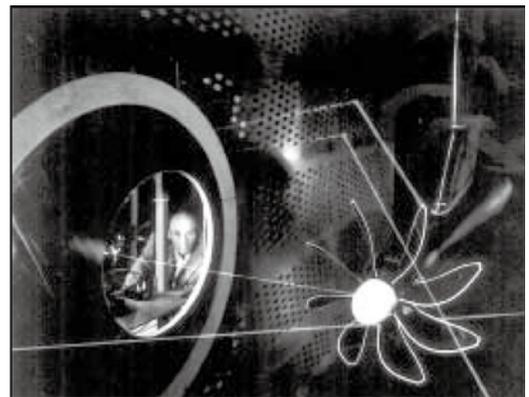
NASA 에임스 연구 센터에 있는 풍동의 입구 확산기다. 입구 확산기는 풍동에서 바람을 '바로잡는 데' 사용했던 격자와 같은 역할을 한다. 에임스 연구 센터는 캘리포니아에 소재한 센터에 세계에서 가장 큰 풍동을 보유하고 있다.



NASA 랭글리 연구 센터에 있는 음속에 가까운 풍동의 추진 팬(라이트 풍동에서 공기 흐름을 만들어내는 팬과 같음). 미국 최초의 주요 풍동은 1920년에 랭글리 연구 센터에서 만들었다.



NASA 글렌 연구 센터에 있는 초음속 풍동 테스트. 흰 선은 엔지니어들이 모델의 성능을 측정할 때 사용하는 레이저 광선이다. 라이트 형제는 터널에서 이와 똑같은 일을 하기 위해 자전거-바퀴살 밸런스를 이용했다.





활동 내용

❖ 라이트 형제의 풍동

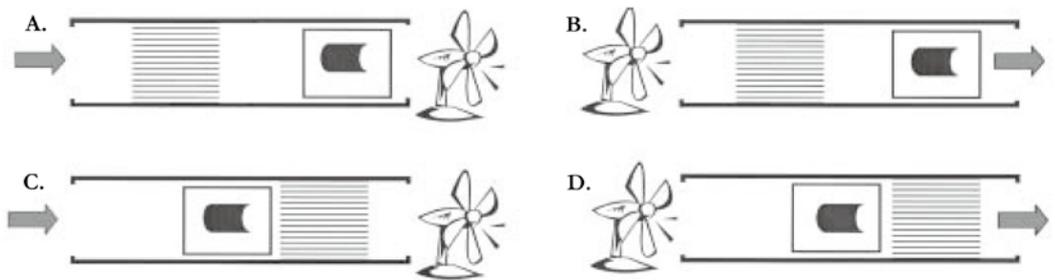
1. 라이트 형제는 왜 스스로 풍동을 만들었을까요?

2. 시험을 수행할 때 라이트 형제들은 항상 한 명만 방 안에 있을 수 있게 하고, 그 사람이 정확하게 같은 곳에서 있게 하였습니다. 그들이 이와 같은 대비책을 세운 이유는 무엇일까요?

3. 공기가 들어왔던 상자 끝에는 격자가 하나 설치되어 있었습니다. 이것은 어떠한 기능을 했을까요?

4. 작은 상자 안에서 날개(에어 포일)를 시험하면 어떤 장점이 있는지 세 가지 이상 적어봅시다.

5. 만약 날개의 설계가 얼마나 효과적인지에 관한 양질의 데이터를 얻으려고 한다면 다음 중 어떤 풍동 방식(배열)이 가장 좋다고 생각하는가?



그리고 이것이 가장 좋은 설계라고 결정한 이유는 무엇인가?

❖ 라이트 형제의 풍동 작동

월버와 오빌은 왜 더 큰 1901년의 비행기 날개가 거대한 양력을 제공하지 않았는지 이해할 수 없었습니다. 이 유를 알아보기 위해 형제는 그들만의 풍동을 만들고, 날개 형태와 조합을 거의 200번 시험하였습니다. 풍동 테스트를 통해 비행기 날개 위로 공기가 어떻게 흐르는지, 날개 모양이 비행기가 만들 수 있는 양력의 크기에 어떤 영향을 주는지 알 수 있었습니다. 그와 똑같은 시험을 똑같은 종류의 풍동에서 여러분들이 직접 수행해 볼 수 있습니다. (단, 인터넷을 사용할 수 있을 경우에만 가능합니다.) 풍동 시험은 다음 웹사이트에서 확인해 봅니다.

<http://wright.grc.nasa.gov/airplane/tunnlint.html>

대화형 라이트 형제의 1901년 풍동 (글렌 연구 센터)

다음 단계에 따라 밸런스를 작동시켜 봅시다.

1. 좌우 하단 메뉴에서 풍동에 놓을 날개 모델을 선택합니다.
2. 받음각 설정 버튼을 클릭해 받음각을 설정하고, 상자 안에 숫자를 입력합니다.
또는 마우스로 다이어그램의 암(arm)을 움직입니다.
3. 풍동 시작 버튼을 눌러 풍동을 시작합니다.
4. 항력 조정 버튼으로 밸런스가 유발한 항력을 조정합니다.
5. 양력 눈금의 수치를 기록합니다.



1901년 풍동

양력 밸런스
항력 밸런스

공기 흐름의 방향

Dial

모델 선택

2단계 선택

눈금판

모델 그룹 1 2 3

절차

1단계 : 모델 선택

2단계 : 받음각 설정

받음각

3단계 : 풍동시작

4단계 : 항력 조정

5단계 : 데이터 기록

6단계 : 데이터 교정

#	형태	면적(평방인치)	캠	AR
1	—	6		1
2	—	6		4
3	—	6		6
4	~	6	1/12	1
5	~	6	1/16	1
6	~	6	1/20	1

#	형태	면적(평방인치)	캠	AR
7	~	6	1/12	6
8	~	6	1/16	6
9	~	6	1/20	6
10	~	6	1/12	6
11	~	6	1/16	6
12	~	6	1/20	6

양력 데이터 형식

사인(a) 표

그래프 용지

항력 데이터 형식

탄젠트(a) 표

Airfoil images courtesy of The Franklin Institute Online - <http://www.fi.edu/wright/index.html>. Tunnel and balance images courtesy of Wright State University via OhioLINK Digital Media Center.

아래 버튼을 눌러 이 애플릿의 사본을 다운로드 할 수 있습니다.

애플릿 다운로드

A. 짧고 넓은 것(모델1)과 길고 가는 것(모델3) 중 어떤 날개 형태가 더 좋은가요?

- 1) 모델 1을 선택하고 받음각을 3도로 설정한 후 풍동을 시작해 항력을 조절한 다음, 양력 눈금판의 수치를 기록합니다.
- 2) 각도를 6, 9, 12, 15, 18도로 바꾸어 이 과정을 반복합니다.
- 3) 이제 모델 3을 선택해 같은 각도에 대한 데이터를 기록합니다.
- 4) 결과를 그래프로 만들어봅시다.
- 5) 어떤 날개가 더 큰 양력을 제공하나요? 짧고 넓은 것과 길고 가는 것 중 어떤 형태의 날개가 더 좋은가요?

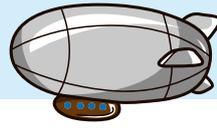
B. 평평한 표면과 만곡이 있는 표면 중 어느 날개의 표면이 양력을 더 많이 제공하나요?

1. 모델 3을 선택하고 받음각을 3도로 설정한 후 풍동을 시작해 같은 각도에 대한 데이터를 기록한다.
2. 각도를 6, 9, 12, 15, 18도로 바꾸어 이 과정을 반복합니다.
3. 이제 모델 9를 선택해 같은 각도에 대한 데이터를 기록합니다.
4. 결과를 그래프로 만들어봅시다.
5. 어떤 날개가 더 큰 양력을 제공하나요? 평평한 것과 만곡이 있는 것 중 어떤 날개 표면이 좋은가요?

C. 강하게 흰 표면(모델4)과 좀 더 약하게 흰 표면(모델6) 중 어느 쪽이 더 큰 양력을 제공 하나요?

1. 모델 4를 선택하고 받음각을 3도로 설정한 후 풍동을 시작해 양력을 조절한 다음, 양력 눈금판의 수치를 기록합니다.
2. 각도를 6, 9, 12, 15, 18도로 해 이 과정을 반복합니다.
3. 이제 모델 6을 선택해 같은 각도에 대한 데이터를 기록합니다.
4. 결과를 그래프로 만듭니다.
5. 어떤 날개가 더 큰 양력을 제공하나요? 더 흰 표면 또는 덜 흰 표면 중 어떤 날개 표면이 더 좋은가요?





이 차시에서는 학생들이 1902년대 라이트 글라이더의 축척 모델을 직접 만들어보는 경험을 해보게 한다. 또한 학생들은 1900, 1901, 1902년의 라이트 글라이더 모델을 비교하는 활동을 통하여 날개 형태와 성능 간의 관계를 인지한다.



학습 목표

- 1902년 라이트 글라이더의 축척 모델을 만들 수 있다.
- 라이트 형제가 만든 처음 세 개의 글라이더의 공통점과 차이점을 알고, 날개 형태와 성능 간의 관계를 이해한다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



소요 시간

90분



이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 30~35개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜, 자, 서류 폴더, (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



핵심 단어

- **요(yaw)** : 비행기를 한쪽으로 기울이는 동작
- **피치(pitch)** : 비행기의 기수가 위아래로 움직이는 동작
- **롤(roll)** : 비행기를 좌우로 선회시키는 동작



활동 내용

1. 학생들은 <1902년: 드디어 성공>을 읽고 라이트 형제의 1902년 글라이더 모델을 만든다.
2. 1900, 1901, 1902년 글라이더 도면을 보고 학생들은 세 모델을 비교하여 공통점과 차이점을 찾는다.
3. 1902년의 라이트 글라이더가 성공을 거둔 이유를 추측해본다.

❖ 1900, 1901, 1902 글라이더 비교(답)

1. 모든 글라이더에서 비슷한 점을 다섯 가지 적어 봅시다.
 - ▶ 여러 가지 답이 가능하다. 가능한 답으로는, 모두 날개가 2개이다. 모두 아래쪽 날개에 조종사가 누워 있다. 모두 앞쪽에 작은 날개가 있다. 등
2. 차이점은 무엇인가요?
 - ▶ 여러 가지 답이 가능하다. 가능한 답으로는, 크기가 다르다. 날개 길이가 다르다. 작은 앞쪽 날개의 모양이 다르다. 등
3. 1901년과 1902년의 글라이더는 날개 면적이 거의 같고 무게도 거의 같습니다. 그런데 왜 1902년의 글라이더가 더 좋은 글라이더라고 생각합니까?
 - ▶ 날개가 더 길고 얇아서 양력은 더 크게 작용하고 항력은 더 작게 제공한다.
4. 글라이더 세 개 모두 월버가 누워 있다는 점에 주목해봅시다. 비행하는 동안 월버가 앉아 있다면 어떤 영향을 받을까요?
 - ▶ 앉아 있으면 공기 저항이 더 커진다. 그렇게 되면 공기 저항이 글라이더의 속력을 늦출 것이다.

매번 비행 시즌이 되면 라이트 형제는 새로 설계한 글라이더를 가지고 키티 호크에 도착했다. 1900년 글라이더가 조종사를 태우고 겨우 오를 수 있다는 사실이 밝혀지자, 라이트 형제는 더 큰 양력을 만들어내기 위해 날개 면적이 훨씬 큰 글라이더를 1901년에 새로 설계했다. 이 글라이더는 조종사를 싣고 더 쉽게 떠오르기는 했지만 기대했던 양력의 1/3만 만들어내는 것으로 드러났다. 포기 직전, 라이트 형제는 1901년 겨울에 풍동 시험을 수행해 1901년 글라이더에서 잘못된 선택을 했던 것이라고 판단했다. 짧고 넓은 날개 대신, 길고 얇은 날개를 만들었어야 했다. 1902년 글라이더의 날개는 길고 얇은 것으로, 날개 면적은 1901년 글라이더와 거의 같지만, 1902년 글라이더는 비행 분야의 세계 기록을 수립하였다.



지도상 유의점

- 글라이더 제작 활동을 할 때에는 개별적으로 또는 둘씩 짝을 이루도록 한다.



【읽을 거리】

라이트 형제의 1902년 글라이더

라이트 형제의 1902년 글라이더는 형제의 세 번째 무동력 비행기였다. 이 비행기는 1902년 키티 호크에서 유인 글라이더로, 또 연으로 반복 비행했다. 형제는 이 비행기를 1901년 글라이더에서 접한 문제점들의 일부를 해결하는 데 이용했다. 또한 이 비행기는 세 축(롤, 피치, 요)을 모두 적극적으로 제어할 수 있는 세계 최초의 비행기였기 때문에, 이 비행기를 자신들의 조종 기술을 개발하는 데 사용하기도 했다.

1902년 비행기에는 1901년 비행기처럼 날개가 2개 있고, 앞쪽에 탑재한 승강기-안정판이 있었다. 날개 길이는 9.8미터, 익현이 1.5미터였고, 날개 사이도 1.5미터였다. 조종사가 없을 때의 비행기 무게는 54킬로그램이었다. 이전과 마찬가지로, 조종사는 아래쪽 날개 위에 누워서 날개 모양을 구부림으로써 비행기의 롤링을 제어한다.

한편 1902년 비행기와 1905년까지의 모든 '플라이어'에는 1900년과 1901년 비행기에서 사용했던 페달 대신 '힙 크래들'이라는 제어 장치로 구부림을 제어했다. 이 비행기와 이전의 비행기들 간에는 다른 중요한 차이점들도 있었다. 1901년 풍동 실험의 데이터에 따르면, 길고 얇은 날개가 항력은 줄이고 양력 대 항력 비율(L/D ratio)을 개선하므로, 날개 가로세로비(날개폭에 대한 날개 길이의 비율)가 1901년 비행기의 3:1에서 1902년 비행기의 6:1로 바뀌었다.

1901년 글라이더의 역빛놀이 문제를 해결하기 위해 비행기 뒤쪽에 6피트짜리 방향키를 2개 추가했다. 1901년보다는 시험 비행의 결과가 좋았지만 가끔 낮은 속력에서 방향을 바꾼 직후에 글라이더가 통제를 벗어나 회전하곤 했다. 어느 날 밤 잠들지 않고 누워 있다가 오빌은 방향키가 수직 날개처럼 작용하고 있다고 결론 내렸다. 즉, 방향을 바꿀 때 받음각을 만들어내 잘못된 방향으로 원하지 않은 힘을 이끌어 낸 것이라고 생각했다. 이를 바로잡기 위해 이동 가능한 방향키 한 개를 뒤쪽에 부착해서 날개-구부림과 연결했다.

이제 모든 것이 완벽해져 글라이더는 휘어진 비행경로를 비행기 앞쪽을 향하도록 유지하면서 매우 훌륭하게 비행했다. 1902년 비행기에서는 조종사가 승강기의 각도를 바꾸어 피치를 제어할 수 있었다. 역사상 처음으로 비행기를 세 축에서 제어할 수 있었다. 라이트 형제는 이 새로운 비행기로 200여 미터 이상의 비행을 완료할 수 있었다.

1902년 말, 최초로 성공을 거둔 비행기에 남아 있는 과제는 추진 시스템을 개발하는 일이었다. 그 다음 겨울과 봄에 형제는 백지 상태에서 자신들만의 작은 엔진을 만들어내 1903년 플라이어를 위한 그들만의 프로펠러 설계를 완성했다.





1902년의 글라이더 모델 만들기

학년 반 이름

도전과제

1902년의 라이트 글라이더 모델을
만들어 봅시다!



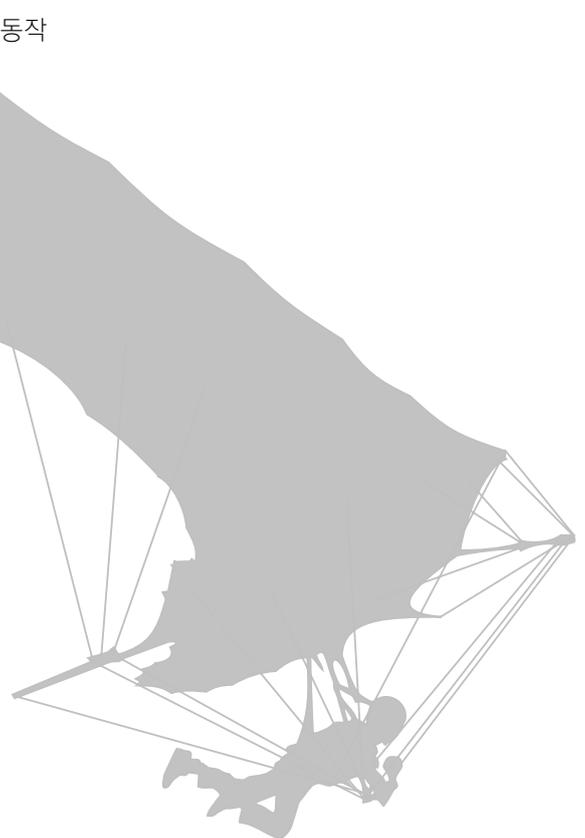
이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 30~35개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜,
자, 서류 폴더, (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



핵심 단어

- 요(yaw) : 비행기를 한쪽으로 기울이는 동작
- 피치(pitch) : 비행기의 기수가 위아래로 움직이는 동작
- 롤(roll) : 비행기를 좌우로 선회시키는 동작





읽을 거리

❖ 1902년 : 드디어 성공

1901년의 실망을 극복하고자 논리적으로 접근해 성공을 거둔 라이트 형제의 풍동 시험 소식을 듣고 나와 학회는 흥분하였다. 1902년 8월 말이 되자 라이트 형제가 다시 시험 비행을 하려 한다는 소식을 듣고 나는 그곳으로 달려갔다.

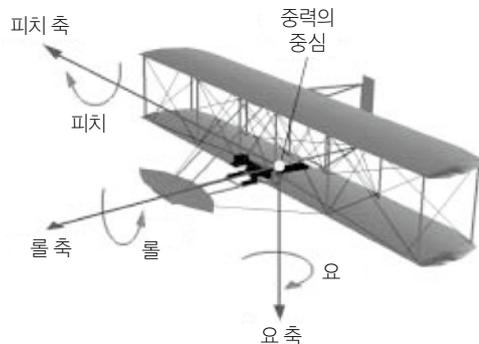
형제가 상자를 풀어 글라이더를 조립하자 기계에 변화가 있음을 알 수 있었다. 날개 길이는 9.75미터로 늘어났고, 폭은 1.5미터로 줄었다. ‘힙 크래들(hip cradle)’이라고 하는 조종 장치는 조종사가 엉덩이를 움직여 작동하는 것으로, 날개 구부림을 제어한다. 또한 앞쪽 방향키가 좀 더 날개 같이 보이도록 변형되었다. 이뿐만 아니라 높이가 1.8미터인 수직 꼬리 2개가 있는 꼬리 부분이 추가되었다. 처음 형제를 만나러 가자 오빌이 방향을 바꿀 때 꼬리 부분에서 조종사에게 보다 많은 조종 능력을 전달해 줄 수 있기를 바란다는 말을 했다.

글라이더는 멋지게 날아갔다. 지난 여름 보다 훨씬 좋았다. 하지만 새로운 문제가 곧 생겼다. 50번에 한 번 꼴로 글라이더가 통제를 벗어나 회전하고 방향을 바꾸어 추락한다. 형제는 몇 가지를 조정해 보았지만 효과가 없었다.

며칠 후에 다시 찾아가자 형제가 두 수직 꼬리를 제거하는 대신 꼬리 하나로 대체한 것을 볼 수 있었다. 또한 월버가 날개를 구부리는 힙 크래들 제어장치에 꼬리를 연결했다. 이제 조종사가 비스듬히 날기 위해 엉덩이를 움직이면 꼬리도 방향을 바꾼다. 월버는 낮은 속도에서 방향을 바꾸면 꼬리가 마치 수직 날개처럼 작용해 글라이더가 회전하게 만들던 옆쪽 힘을 제공했다고 말했다.

월버가 이륙하자 입이 딱 벌어졌다. 글라이더는 왼쪽으로 비스듬히 날다가 오른쪽으로 비스듬히 날고, 지시하는 대로 올라갔다가 내려오기도 하고, 그런 다음 부드럽게 착륙했다. 형제가 해냈다! 라이트 형제는 공중에서 완벽하게 조종하는 기술을 이루어냈다. 학생은 3개의 차원(롤, 피치, 요)에서 제어할 수 있는 역사상 최초의 기계를 보고 있는 것이다.

그 후 몇 주에 걸쳐 형제는 수백 번 비행하며 점점 더 비행기를 잘 조종하게 되었다. 형제는 이제 엔진과 프로펠러만 추가하면 세계에서 최초로 동력 비행기를 비행하게 될 것이라고 생각했다.

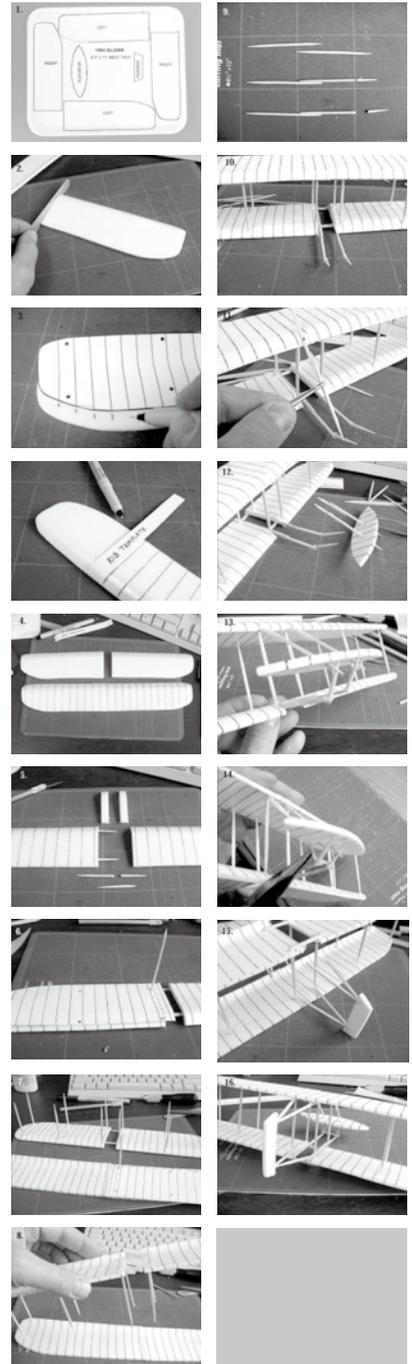




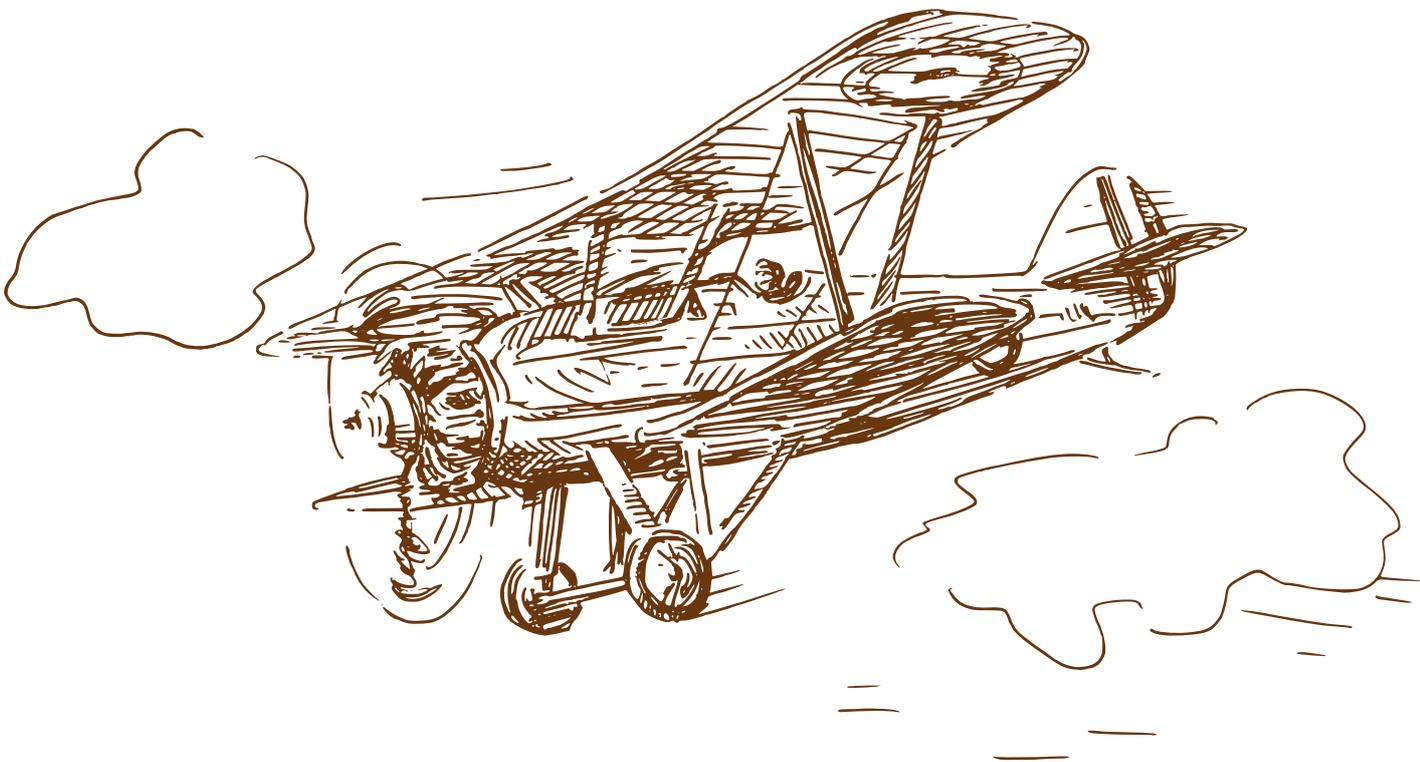
활동 내용

❖ 1902년 라이트 모델 제작하기

1. 그림과 같이 스티로폼 접시의 안쪽에 날개와 승강기 모양을 조심스럽게 그립니다. 날개와 승강기를 칼이나 가위로 잘라냅니다.
2. 손톱 줄로 잘라낸 가장자리를 매끄럽게 하고 펜 선을 없앱니다. 그림과 같이 위쪽 날개의 반쪽들이 연결된 부분이 평평해야 합니다.
3. 서류 폴더에 날개 템플릿을 대고 날개의 위아래에 검정 마커로 날개선과 승강기 부분의 위치를 표시하고 날개선을 연결합니다. (템플릿 끝이 스티로폼의 둥근 모양에 맞게 휘어질 수 있도록 합니다.)
4. 위쪽 날개 반쪽의 평평한 가장자리를 글루건으로 그림과 같이 연결합니다.
5. 템플릿의 점선 부분에 해당하는 아래쪽 날개의 중심 부분을 잘라냅니다. 이쑤시개를 반으로 잘라 끝 부분을 글루건으로 잘라진 가장자리에 붙여서 아래쪽 날개 반쪽과 연결합니다. 날개 반쪽 사이에 0.6인치(1.5cm)의 틈만 남겨놓습니다. (스티로폼이 얇은 경우에는 이쑤시개를 날개 아래쪽에 대신 붙입니다.)
6. 날개 템플릿에 이쑤시개를 이용해 아래쪽 날개 위쪽 표면과 위쪽 날개의 아래쪽 표면에 날개보 구멍을 표시합니다. 날개의 앞쪽 가장자리는 아래로 휘어진다는 점에 주의 합니다.
7. 글루건을 이용하여 이쑤시개를 아래쪽 날개에 표시해 둔 날개보 구멍에 끼웁니다. 이쑤시개를 누를 때 날개가 완전히 뚫리지 않도록 하며, 가능한 똑바로 서 있게 합니다.
8. 위쪽 날개와 아래쪽 날개를 뒤집고 날개보의 뒷부분을 위쪽 날개의 아랫부분에 끼우고 글루건으로 자리에 고정시킵니다. 위쪽 날개의 앞쪽 날개보를 연결합니다.
9. 활주부를 만들기 위해 이쑤시개 두 개를 끝이 닿게 연결합니다. 글루가 마르면 3인치(7.5cm) 길이로 다듬습니다. 그런 다음 작은 면을 글루건으로 30도 각도로 붙입니다.
10. 활주부를 아래쪽 날개가 벌어진 부분의 양쪽에 붙여서 끝이 위로 향하게 합니다. 이때 아래로 휘어진 앞쪽 표면으로부터 튀어나와 있어야 합니다.



11. 활주부를 가로질러 지지하기 위해 조각을 자른 다음, 30도 각도의 연결점에 붙입니다. 이쑤시개 두 개를 끝이 닿게 연결해 더 긴 이쑤시개 하나를 만들어 승강기 위쪽 날개에서 승강기까지 지지할 버팀대 두 개를 만듭니다. 사진과 같이 위쪽 날개와 활주부 사이에 지지대를 고정하여 올바른 길이를 표시합니다.
12. 승강기 중앙을 통해 날개 쪽으로 향하는 각도로 수직 버팀대의 끝을 밀어 넣습니다. 위쪽 버팀대의 위쪽 끝에 글루건을 이용하여 위쪽 날개의 가장자리로 밀어 넣는다.
13. 승강기를 통해 활주부의 위로 향한 부분에 버팀대의 아래쪽 끝을 붙입니다. 승강기가 수평이 되도록 하고 활주부가 30도 각도로 위로 휘어진 연결점에 활주부를 가로질러 가로대를 추가합니다.
14. 작은 이쑤시개 조각 두 개를 잘라냅니다. 30도 각도 연결점에서 승강기 아래 뒤쪽까지 연결할 만큼 길게 잘라낸 다음 글루건을 이용하여 붙입니다.
15. 이쑤시개 4개를 2.5인치(5.5cm) 길이로 잘라 방향키를 부착한 다음 날카로운 쪽을 방향키의 긴 가장자리에 붙입니다. 사진과 같이 두 개는 위에, 두 개는 아래에 붙여, V자가 만들어지게 합니다. V자의 두 선 길이는 3/4인치(1.8cm)여야 합니다. 글라이더를 뒤집어서 위쪽 날개 아래를 붙입니다.
16. 글라이더를 오른쪽이 위로 올라가게 돌려놓고 아래쪽 방향키 버팀대 두 개를 아래쪽 날개가 벌어진 부분의 양쪽에 붙입니다.
17. (선택사항) 플라스틱 군인의 부품을 바꿔 붙여 월버 라이트와 오빌 라이트의 모형을 만들 수도 있다.





1900, 1901, 1902년 글라이더 비교

학년 반 이름

도전과제

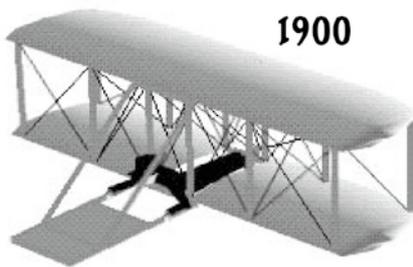
라이트 형제가 1900, 1901, 1902년에 시험한 글라이더를 비교해봅시다!



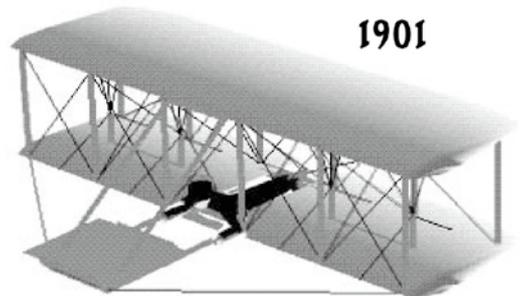
활동 내용

❖ 1900,1901,1902 글라이더 비교

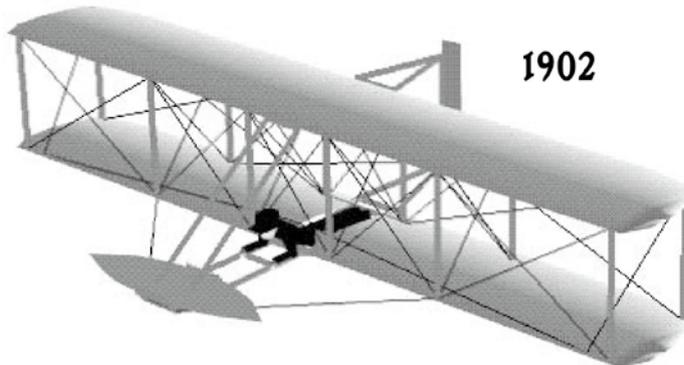
다음은 윌버 라이트가 그린 1900, 1901, 1902년에 시험한 글라이더의 그림입니다. (이 그림 모두 같은 축적으로 그렸다.)



1900



1901



1902



1. 모든 글라이더에서 비슷한 점을 다섯 가지 적어 봅시다.

2. 차이점은 무엇인가요?

3. 1901년과 1902년의 글라이더는 날개 면적이 거의 같고 무게도 거의 같습니다. 그런데 왜 1902년의 글라이더가 더 좋은 글라이더라고 생각합니까?

4. 글라이더 세 개 모두 윙버가 누워 있다는 점에 주목해봅시다. 비행하는 동안 윙버가 앉아 있었다면 어떤 영향을 받을까요?



이 차시에서는 학생들이 1903년대 라이트 글라이더의 축척 모델을 직접 만들어보는 경험을 통해 비행기의 힘의 균형을 이루는 원리를 알아보는 활동을 한다.



학습 목표

- 1903년 라이트 글라이더의 축척 모델을 만들 수 있다.
- 동력 비행기기를 만들 때 힘의 균형을 이루는 원리를 이해한다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



소요 시간

60분



이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 40~50개, 발사나무 1/8×1/8인치(0.3cm) 조각의 30인치 조각, 아이스크림 나무막대기 2개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜, 자, 서류 폴더, 투명 플라스틱 종이(OHP 슬라이드 가능) (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 균인

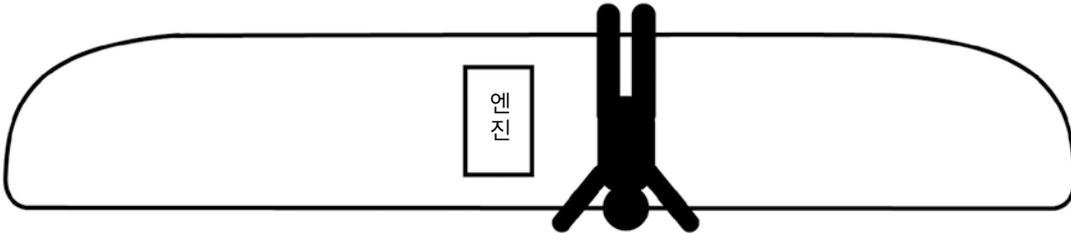


활동 내용

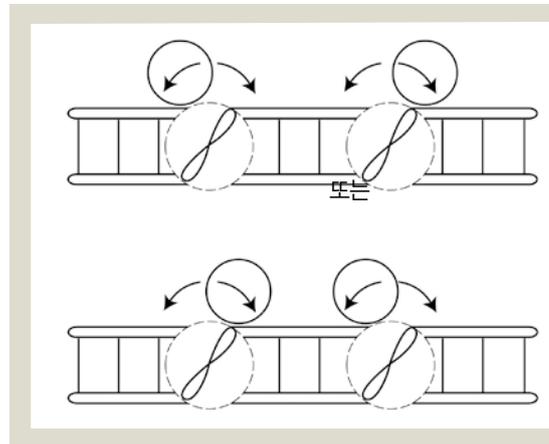
1. 학생들은 <1903년 : 동력비행>을 읽고 라이트 형제의 1903년 플라이어 모델을 만든다.
2. 학생들은 1903년 플라이어의 날개 위에 조종사와 엔진의 위치를 표시한다. 각자 선택한 배치의 타당성, 특히 안전과 균형 면에서의 타당성을 입증해야 한다.
3. 학생들은 엔진과 조종사 배치 문제에 대한 해결책을 제안하고, 어떻게 회전하는 두 프로펠러에서 만들어 지는 비틀림을 상쇄할 것인지 선택하게 한다.



❖ 힘의 균형 이루기 (답)



1. 학생이 결정한 엔진과 조종사의 위치가 갖는 장점은 무엇인가요?
▶ 학생들의 대답은 여러 가지가 가능하다. 만약 조종사와 엔진이 나란히 위치하면 추락 시 보다 안전할 것이다. 만약 하나가 다른 하나의 뒤쪽에 위치하면 비행기에 균형이 더 잘 잡힐 것이다.
2. 그렇게 위치시키면 어떤 문제가 생길 거라고 생각하나요?
▶ 옆에 나란히 놓는 배치는 균형 문제를 야기할 수도 있다. 조종사가 엔진 앞에 있으면 추락 시 엔진이 조종사 위로 떨어질 수도 있다. 조종사가 엔진 뒤에 있으면 시야가 가려질 것이다. 그 때문에 조종사가 앉아 있어야만 할 것이다.
3. 학생의 조종사는 앉아 있는가, 누워 있는가? 그 이유는 무엇인가요?
▶ 여러 가지 대답이 가능하다. 수용적으로 받아들인다.
4. 비행기에 최소의 비틀림을 만들려면 각 프로펠러가 어떤 방향으로 회전해야 하는지 동그라미로 표시해 보세요.
▶ 프로펠러는 반대 방향으로 돌아야 한다. 둘 다 비행기의 중심을 향하거나(하나는 시계 방향, 다른 하나는 반시계 방향) 또는 비행기의 앞쪽 끝에서 멀리 둘 다 바깥쪽을 향하거나 해야 한다.
앞쪽 끝에서 멀리 바깥쪽을 향해 회전하는 것이 아마 가장 좋을 것이다. 서로 반대되는 운동을 함으로써 각 프로펠러가 만드는 비틀림이 상쇄될 수 있도록 한다.



지도상 유의점

- 글라이더 제작 활동을 할 때에는 개별적으로 또는 둘씩 짝을 이루도록 한다.
- 학생들은 날개의 (앞쪽) 가장자리가 아래로 구부러지도록 템플릿을 준비하는 것을 힘들어하므로 교사의 적절한 조언과 도움이 필요하다.



【읽을 거리】

라이트 형제의 1903년 글라이더

라이트 형제의 1903년 비행기는 공기보다 무겁고 조종 가능한 최초의 자체 추진식 유인 비행기였다. 다시 말해 바로 최초의 비행기였다. 이 비행기에 작용한 힘들은 모든 현대 비행기에 작용하는 힘과 동일했다. 이 비행기의 다양한 부품이 3년간의 무동력 연과 글라이더 시험 비행, 풍동 시험을 기반으로 하여 설계, 완성되었다. 라이트 형제는 비행기 앞쪽의 움직이는 승강기를 이용해 피칭을 제어했다. 1901년의 글라이더 비행으로부터 형제는 요잉을 제어하고 조직적으로 방향을 바꾸기 위해 비행기 뒤쪽에 방향키가 필요하다는 것을 알아냈다. 또한 날개 구부림으로 롤링을 제어할 수 있었다. 즉, 날개 끝을 구부려 날개의 바깥쪽 부분에서 양력을 증가 또는 감소시킬 수 있었다.

1900년에 라이트 형제는 자신들의 아이디어들을 연과 글라이더의 조합으로 대규모로 시험해 보기 시작했다. 이 비행기에서 시험한 아이디어는 이후 1901년 글라이더에서 더욱 다듬어졌고, 라이트 형제의 풍동 데이터로 입증되었으며, 마침내 1902년 글라이더를 성공시킴으로써 재확인되었다.

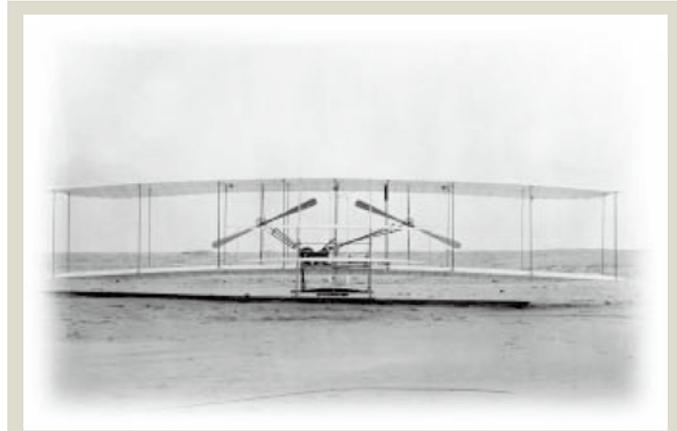
1903년 비행기는 1902년 비행기와 비슷했지만 날개 길이는 12미터로 더 길어졌다. 익현은 1.8미터, 날개 사이는 1.5미터였고, 방향키와 승강기가 쌍으로 있었다. 1902년 비행기와 1903년 비행기의 가장 큰 차이점은 추진 시스템의 추가였다. 1903년 비행기는 쌍으로 된 추진 프로펠러가 날개 뒤에 있었다. 프로펠러들은 회전력이 서로 상쇄되도록 반대 방향으로 회전하도록 만들어졌다. 라이트 형제는 가솔린을 사용해 프로펠러를 회전시켰다. 아무도 라이트 형제에게 충분한 마력의 경량 모터를 제공하지 않았기 때문에 형제는 직접 4실린더, 12마력의 모터를 만들었다. 이를 넓게 보자면, 오늘날의 잔디 깎는 기계 모터에서 보통 6마력은 쉽게 낼 수 있다.

모터는 아래쪽 날개 위에 조종사 옆에 있었고, 자전거 체인으로 프로펠러에 연결되어 있었다. 또한 날개 지주 중 하나에 작은 가솔린 탱크가 탑재되었다. 조종사와 모터를 더하면, 1903년 비행기는 317킬로그램이 조금 넘었다. 이 비행기는 1903년 12월 17일에 노스캐롤라이나 주 키티 호크에서 최초로 비행에 성공하고, 이후 4회에 걸쳐 약 30미터부터 240미터 이상까지 성공적으로 비행했다.

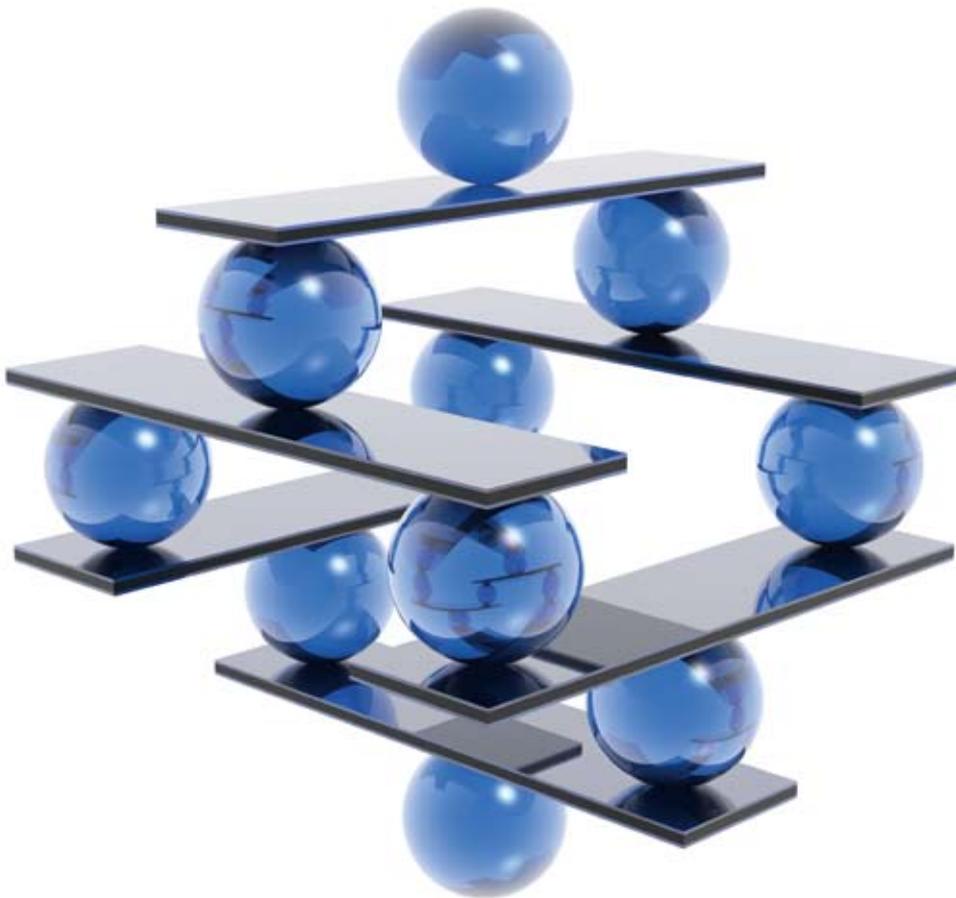
4회 비행은 각각 피칭에 있어 불안정한 것으로 나타났다. 비행기 전체가 천천히 위아래로 흔들렸다. 마지막 비행에서 땅과 강하게 충돌해 앞쪽 승강기 지지대가 부서지고 엔진이 손상되어 그 시즌의 비행을 마쳐야만 했다. 라이트 형제는 매우 고무되었지만 진정한 의미의 작동 가능한 비행기를 개발하려면 아직도 할 일이 남아 있다는 것을 실감했다. 라이트 형제는 1904년과 1905년에도 그들의 설계를 완성하려고 계속 노력했다.

라이트 형제의 균형 잡기

다년간 추락 사고를 여러 번 겪어 라이트 형제는 뜨거운 엔진에 부딪히거나, 엔진이 조종사 위로 떨어지는 문제를 염려했다. 이를 염두에 두어 라이트 형제는 엔진을 조종사 옆 날개에 두었다. 엔진이 월버나 오빌보다 무거워 이 배치는 균형의 문제를 가져왔다. 추가적인 무게를 상쇄하기 위해 라이트 형제는 엔진 쪽 날개를 10cm 더 길게 만들어 추가 양력을 줌으로써 비행기의 균형을 잡았다.



1903년의 비행기 모습





1903년 라이트 플라이어 모델 만들기

학년 반 이름

도전과제

1903년 라이트 플라이어 모델을 만들어봅시다.



이것이 필요해요

스티로폼 고기 접시(9인치(23cm)×11인치(28cm)), 이쑤시개 40~50개, 발사나무 1/8×1/8인치(0.3cm) 조각의 30인치 조각, 아이스크림 나무막대기 2개, 글루건, 가위, 칼, 검정 싸인펜, 자, 서류 폴더, 투명 플라스틱 종이(OHP 슬라이드 가능) (선택사항) 작은 플라스틱 장난감 군인



읽을 거리

❖ 1903년 : 드디어 성공

1902년 라이트 형제의 시험 비행이 성공했을 즈음, 랭글리는 증기 동력 비행기를 3/4 마일 비행시키는 데 성공했을 뿐 아니라, 승객 수송용 동력 비행기 개발에 관한 정부 지원금 50,000달러를 받았다. 나와 협회 회원들은 지금까지 1,000달러보다 적은 금액을 사용한 라이트 형제가 그런 작은 예산으로 랭글리를 이길 수 있을지 궁금했다.

데이튼에서 들려온 소식에 따르면 형제는 최소 8마력을 낼 수 있고 무게는 90킬로그램보다 작은 엔진을 찾고 있다고 한다. 하지만 형제는 그런 엔진을 만드는 회사를 찾을 수 없어서 자전거 기계공인 찰리 테일러의 도움을 받아 자신들만의 엔진을 만들고 있었다. 나는 형제의 진행 상황을 확인하려고 데이튼으로 향했다.

내가 도착했을 때 형제는 이미 엔진을 만들어 시험하고 있었다. 그 이전에 단 한번도 엔진을 만들어 보지 않았는데 단 6주 만에 라이트 형제는 81킬로그램에 12마력을 내는 엔진을 만들어낸 것이다.

오빌은 프로펠러 설계에 어려움을 겪고 있다고 했다. 공기 프로펠러에 대해 신뢰할 수 있는 데이터가 전혀 없으며, 비행기에는 적용되지 않는 수중 프로펠러에 대한 데이터밖에 없다고 하였다. 오빌은 “우리에게 유일한 해결책은 우리가 직접 설계하는 겁니다.”라고 말했다.

형제는 9월 말에 키티 호크에서 시험 비행을 하였다. 비행기는 1902년 모델처럼 보이지만 날개 끝에서 끝까지의 길이가 12미터에 이르고, 후면 방향키가 한 쌍 있었다. 조종사 위치 반대편 아래쪽 날개에 모터가 있었다. 모터는 날개 뒤에 있는 두 개의 길고 얇은 프로펠러에 체인으로 연결되어 있었다.

월버가 말했다. “이 프로펠러를 만드는데 5개월을 소비했어요. 프로펠러는 회전하는 날개와 같은 형태여야 한다는 것을 오빌이 생각해냈어요.” 일단 비행기를 모두 조립하고 시험을 시작하자 프로펠러축에 문제가 생겼다. 간단한 수리로 고쳐지지 않아 오빌이 데이튼으로 다시 가 더욱 튼튼한 축을 가지고 왔다.

라이트 형제는 빨간 깃발을 올려 돌발 사고에 도움을 요청하는 신호를 보내기로 하였다. 지상에서 출발하는 만큼 바람이 강하지 않아서 18미터의 이륙트랙을 빅 힐의 한 면 위에 설치했다. 비행기를 이륙 크레들 위에서 트랙 꼭대기로 밀었다. 고정 로프를 제 위치에 둔 상태로 모터가 작동하고 프로펠러가 돌아가기 시작했다. 오빌과 월버는 동전을 던져 누가 첫 번째 조종사가 될지 정했다. 월버가 이겨서 자리를 잡고 앉아 해제 로프를 당긴다. 비행기가 크레들 위에서 굴러 12미터 정도 트랙을 내려간 다음, 공중에 뜬다. 월버는 앞부분을 너무 날카롭게 위로 당긴다. 비행기의 속도가 줄면서 모래로 다시 내려와 비행기가 몇 부분으로 부서졌다. 이때 단 3초 동안에 공중에 떠 있었다.

파손을 수리하는 데 시간이 걸렸다. 수리가 끝나자 바람이 예전보다 훨씬 강하게 분다. 비행기를 크레들 위에 준비한다. 이번에는 오빌이 조종할 차례다. 오빌은 박스카메라가 트랙 끝을 향하게 설치해 두었다. 바람이 매우 강해서 비행기가 이륙할 때 날개를 안정 시키려고 비행기 옆에서 월버가 유명한 사진 중 하나를 찍게 된다. 오빌은 12초 동안 비행한 다음 트랙 끝에서 36미터가 조금 넘는 곳에 착륙한다. 그곳의 모든 사람이 환호성을 지른다.

이후 라이트 형제는 세 번 더 하늘을 날았는데, 그 중 가장 긴 비행이 월버가 59초 동안 260미터를 날아간 것이다. 오랜 시간 후에 마침내 사람들이 동력 비행기로 하늘을 날았다. 형제가 다섯 번째 비행을 준비하는 동안 강력한 돌풍이 비행기를 들어 올려 비행기가 여러 번 굴렀다. 비행기가 매우 심각하게 파손되어 추가 비행은 생각할 수도 없었다. 라이트 형제는 모두의 도움에 감사를 표하고 짐을 싸서 비행기를 완성하기 위해 데이튼으로 돌아갔다.



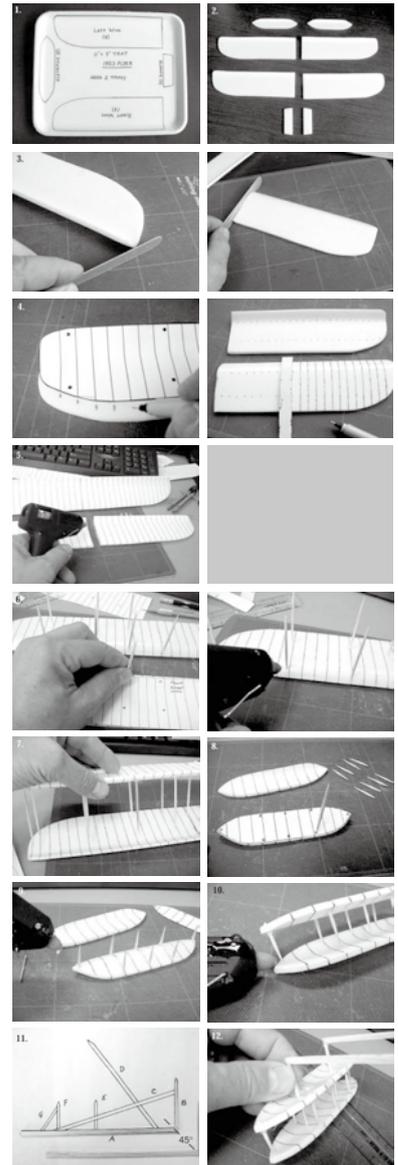
1903년 12월 14일 시험 비행에 실패하고 손상된 플라이어 안에 있는 월버. 나무 조종간을 아직도 손으로 잡고 있다.



활동 내용

❖ 1903년 플라이어 모델 만들기

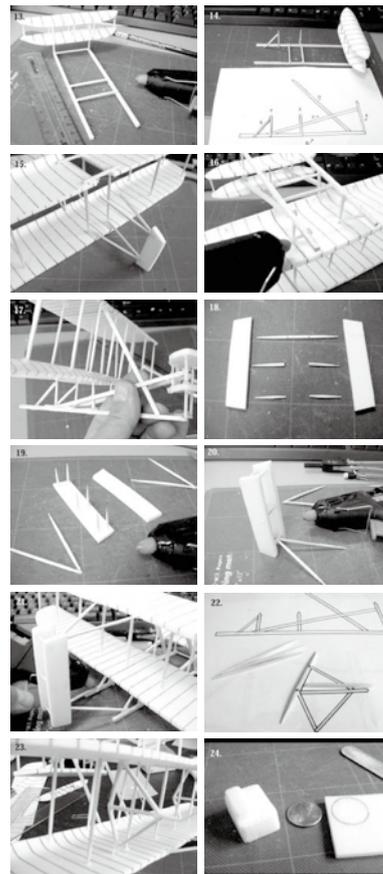
1. 그림과 같이 스티로폼 접시의 안쪽에 날개와 승강키 모양을 조심스럽게 그립니다. 날개와 승강키를 칼이나 가위로 잘라낸다. 날개와 승강키를 칼이나 가위로 잘라냅니다. 손톱 줄로 잘라낸 가장자리를 매끄럽게 하고, 펜 선을 없앱니다.
2. 사진과 같이 각 부분을 준비합니다.
3. 손톱 줄을 사용하여 위아래 날개의 반쪽들이 연결되는 부위가 평평해지게 합니다.
4. 서류 폴더에 날개 템플릿을 대고 날개의 위아래에 검정 마커로 날개선과 승강키 부분의 위치를 표시하고 날개선을 연결합니다. (템플릿 끝이 스티로폼의 둥근 모양에 맞게 휘어질 수 있도록 합니다.)
5. 아래쪽 날개를 뒤집은 다음, 날개보를 위쪽 날개의 아랫면으로 끼워 넣습니다.
6. 날개 템플릿과 이쑤시개를 사용하여 아래쪽 날개의 위쪽 표면에 날개보 구멍을 표시합니다. 날개의 앞쪽 가장자리가 아래로 휘어야 한다는 점에 유의합니다.
7. 아래쪽 날개를 뒤집은 다음, 날개보를 위쪽 날개의 아랫면으로 끼워 넣습니다. 이때 뒤쪽 줄부터 먼저 실시합니다. 각각 수직이 되도록 하고, 제자리에 고정되도록 글루를 약간 묻히고, 날개를 앞으로 향하게 하고 한쪽 끝부터 다른 쪽까지 작업하며 날개보의 앞쪽 줄을 끼워 넣습니다.
8. 승강키용 날개보를 위해 이쑤시개 조각을 각 2.5cm씩 8개씩 잘라낸 다음, 잘라낸 끝을 다듬습니다. 템플릿을 이용하여 날개에서 작업한 것처럼 아래쪽 승강키의 위쪽 표면 위에 날개보들의 위치를 표시합니다.
9. 날개보 8개를 아래쪽 승강키의 위쪽 표면에 위치시키고, 바닥에 글루를 묻힙니다.
10. 아래쪽 승강키 조립을 뒤집어서 날개보를 위쪽 승강키 아래로 끼워 넣습니다.
11. 활주부의 A부분을 위해 발사 나무 5.5인치(14cm) 조각을 잘라내 템플릿 위에 올려놓습니다. 끝에서 45도를 형성하도록 오른쪽 끝을 잘라냅니다. B부분을 위한 이쑤시개를 1.8인치(4.5cm) 길이로 자른 다음, 마찬가지로 끝을 잘라서 45도 각도로 만듭니다. 사진에 나와 있는 바와 같이 이쑤시개와 발사 나무





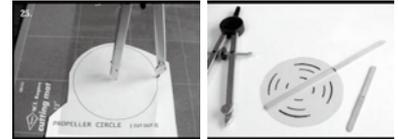
조각의 45도 끝을 글루건으로 붙여 90도를 만듭니다. 이 과정을 반복해서 두 번째 활주부를 만듭니다.

12. 승강키 조립을 뒤집은 다음, 중앙 날개 옆에 있는 각 날개보의 앞쪽 날개보아 뒤쪽 날개보 중간에 아래쪽 승강키를 뚫고 구멍을 두 개 낸다. 활주부 조립의 윗부분을 구멍을 만들어 밀고, 조립된 활주부 윗부분을 지금 만든 구멍을 통해 밀고, 글루를 약간 묻힌 다음, 활주부를 위쪽 승강키로 밀어 넣습니다.
13. 이쑤시개 3개의 뾰족한 끝을 잘라내서 1.8인치 (4.5cm) 길이가 되게 한 다음, 활주부를 가로지르는 버팀대로 놓습니다. 하나는 활주부에 직각으로, 하나는 직각으로부터 2.8인치(7cm) 떨어진 곳에, 나머지 하나는 3.5인치(9cm) 떨어진 곳에 둡니다.
14. 이쑤시개 두 개를 1.2인치(3cm) 길이로 잘라낸다. 사진에 나와 있는 것과 같이 템플릿의 E와 F 지점에서 끝을 위로 향하게 해 활주부에 붙입니다. 그런 다음, 다른 이쑤시개를 뒤쪽 버팀대(G) 용으로 잘라낸 다음 붙입니다.
15. 발사 나무 버팀대(C)를 두 개 잘라내서 뒤쪽 활주부 지지부에서 승강키 지지부까지의 버팀대로 사용합니다. 사진에 나와 있는 바와 같이 제자리에 글루로 고정합니다.
16. 날개 조립을 뒤집고 활주부 조립을 아래쪽 날개 중앙으로 눌러 줍니다. 휘어진 날개 가장자리부터 승강키가 튀어나오도록 합니다. 이쑤시개가 스티로폼을 뚫고 나가버리지 않도록 주의합니다.
17. D부분을 위해 발사 나무를 4인치(10cm) 길이로 두 조각을 자른 다음, 각 조각의 한쪽 끝을 날카롭게 합니다. 한쪽 끝을 위쪽 날개의 앞쪽 가장자리 아래에 중앙 날개보와 중앙 옆의 날개보 사이의 위치에 붙입니다. 다른 한쪽 끝을 아래쪽 활주부에 붙입니다.
18. 길이가 8인치(2cm)인 방향키 버팀대가 6개 필요합니다. 그림과 같이 이쑤시개 3개로 자른 다음, 자른 면을 날카롭게 합니다.
19. 방향키 버팀대를 글루건으로 방향키 안으로 밀어 넣습니다. 그런 다음 조립을 뒤집어 버팀대를 다른 방향으로 집어넣습니다. 지지해주기 위해 글루건을 이용하고 방향키를 플라이어에 부착하기 위해 이쑤시개 두 개를 그림처럼 V자형 버팀대 두 개를 만듭니다. V자형 버팀대 두 획의 거리는 1.5인치(3.8cm)여야 한다.
20. V자 버팀대를 방향키에 붙이고, 다른 버팀대에 붙입니다.
21. 위쪽 날개의 뒤쪽 가장자리에 위쪽 버팀대 끝을 밀어 넣습니다. (날개가 얇은 경우에는 버팀대를 날개 아래에 붙인다.) 이제 끝을 아래쪽 버팀대의 끝을 밀어 넣고, 날개보의 뒤쪽에 붙여서 방향키가 수직이 되어야 합니다.
22. 프로펠러 지지대를 만들기 위해 템플릿을 이용해 표시하고, 지지대당 5개의 이쑤시개를 잘라냅니다. 조립을 글루건으로 붙일 때는 평평하게 유지하도록 주의합니다.
23. 건조 시, 각 프로펠러 지지대를 아래쪽 날개의 중앙에서 2.2인치(5.5cm) 떨어진 지점에서 뒤쪽 지주와



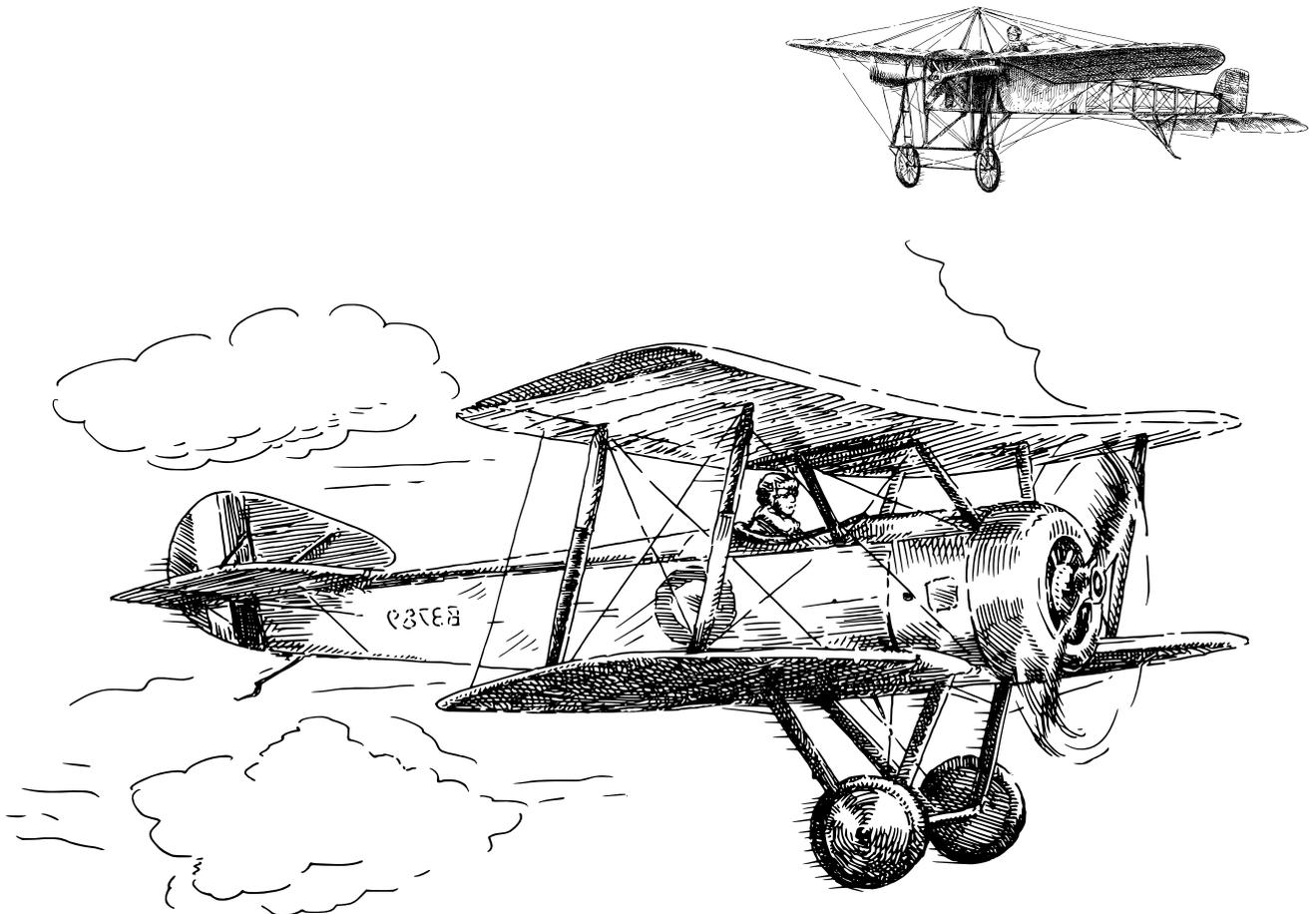
같은 선상에 붙입니다. 플라이어를 뒤집고, 지지대가 수직이 되도록 위쪽 날개에 붙입니다.

24. 작은 엔진을 시뮬레이션하기 위해 0.8×1.2인치(2×3cm)짜리 스티로폼 조각 2개를 함께 글루로 붙인 다음, 0.4×1.2인치(1×3cm) 조각을 위에 올립니다. 동전으로 원을 그린 다음 잘라내어 엔진의 끝에 붙입니다. 엔진을 아래쪽 날개 위에 중앙 바로 오른쪽에 붙입니다.

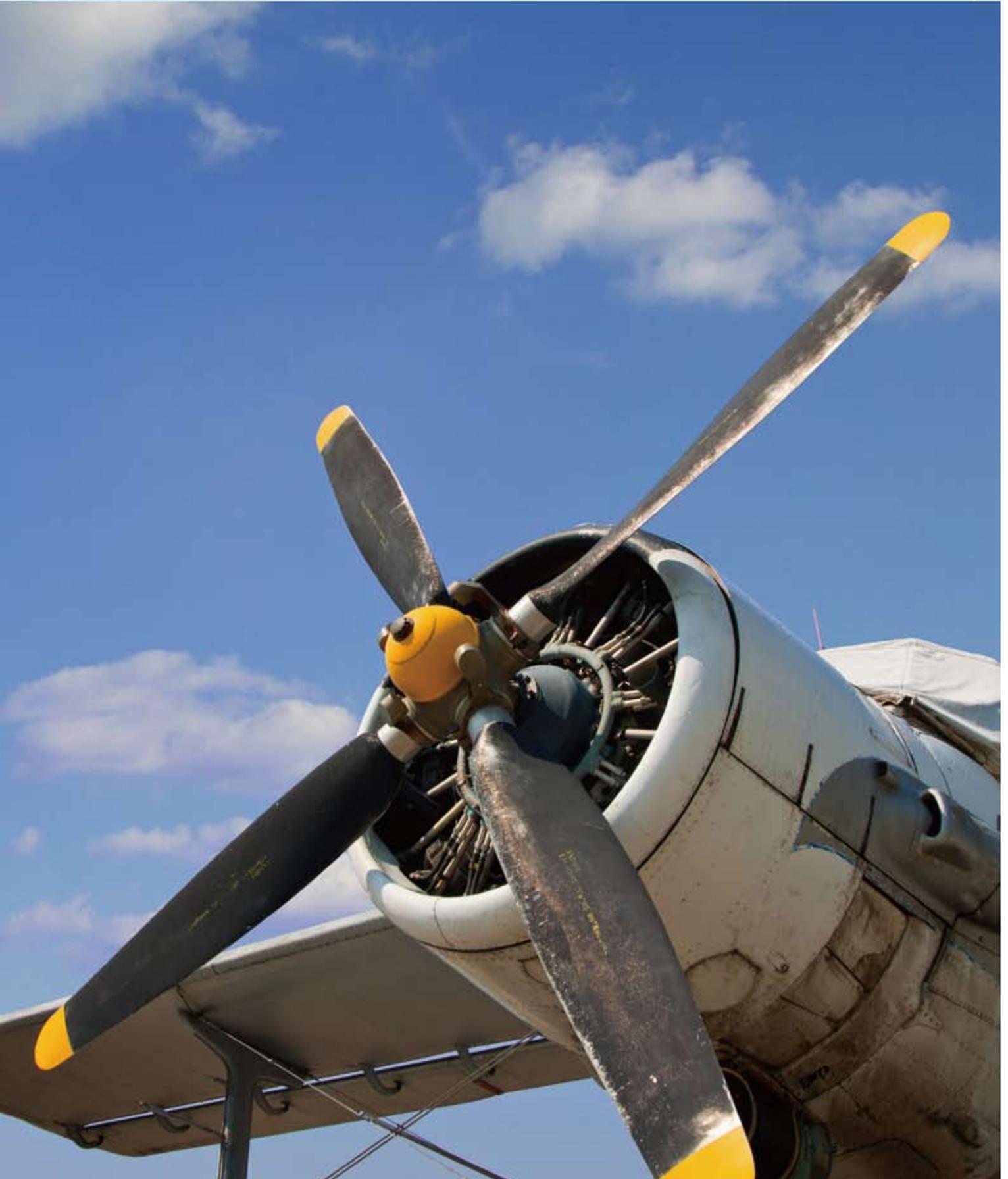


25. 회전하는 프로펠러를 시뮬레이션하기 위해 2.8인치(7.2cm)원을 딱딱한 투명 플라스틱을 잘라냅니다. 검은색 마커로 플라스틱 원 위에 작은 원들을 그립니다. 이쑤시개로 각 원의 정중앙에

작은 구멍을 냅니다. 플라스틱 원의 지름 크기로 잘라내고, 잘라낸 가장자리를 둥글게 한 다음, 중심에 구멍을 뚫어서 얇은 막대기 또는 나무 아이스크림 막대기로 프로펠러 날을 만듭니다. 플라스틱 프로펠러 날을 프로펠러 지지대의 끝 위에 올려놓고 고정합니다.



Aviation history





힘의 균형 이루기

학년 반 이름

도전과제

1903년 플라이어의 원리를 떠올리며
힘의 균형을 찾는 방법을 생각해봅시다!



생각해요

- 만약 여러분이 라이트 형제라면, 비행기의 어느 위치에 엔진을 부착하고 어디에 조종사를 배치할 것입니까?

- 조종사가 앉아 있어야 한다고 생각하나요, 아니면 누워 있어야 한다고 생각하나요?

- 지난 3년간 라이트 형제의 글라이더는 많은 추락 사고를 겪었다는 점을 잊지 말고 판단의 이유를 진지하게 생각해 보세요.



활동 내용

❖ 힘의 균형 이루기

아래 그림은 1903년 비행 기기의 아래쪽 날개를 위에서 내려다 본 것입니다. 조종사와 엔진을 어디에 배치할 것인지 그려보세요.

날개 뒤



날개 앞

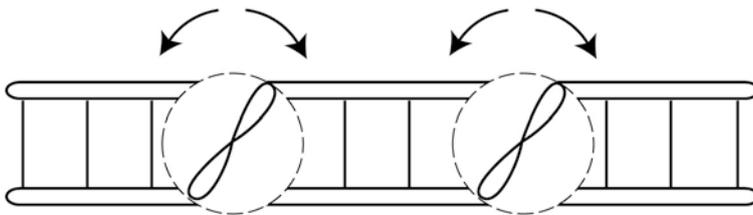


1. 학생이 결정한 엔진과 조종사의 위치가 갖는 장점은 무엇인가요?

2. 그렇게 위치시키면 어떤 문제가 생길 거라고 생각하나요?

3. 학생의 조종사는 앉아 있는가, 누워 있는가? 그 이유는 무엇인가요?

4. 비행기에 최소의 비틀림을 만들려면 각 프로펠러가 어떤 방향으로 회전해야 하는지 동그라미로 표시해 보세요.





이 차시에서는 학생들이 1904년대 라이트 형제가 플라이어를 발사한 방법에 대해 이야기를 나누어 힘의 방향을 바꾸는 방법을 이해하는 활동으로 구성되어 있다.



학습 목표

- 힘의 방향을 어떻게 바꾸는 지 이해할 수 있다.
- 바람이 불어오는 방향으로 이륙하는 일의 장점을 인지할 수 있다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년

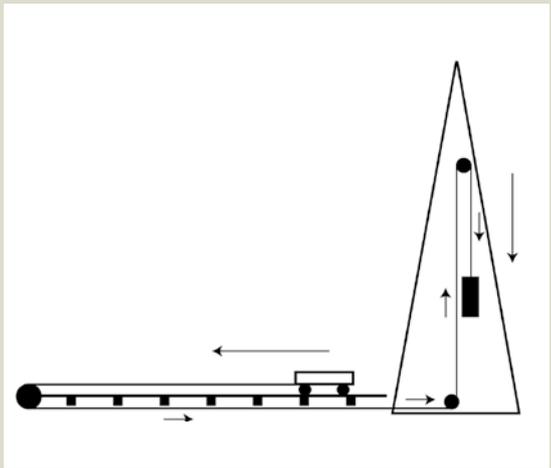


소요 시간

40분



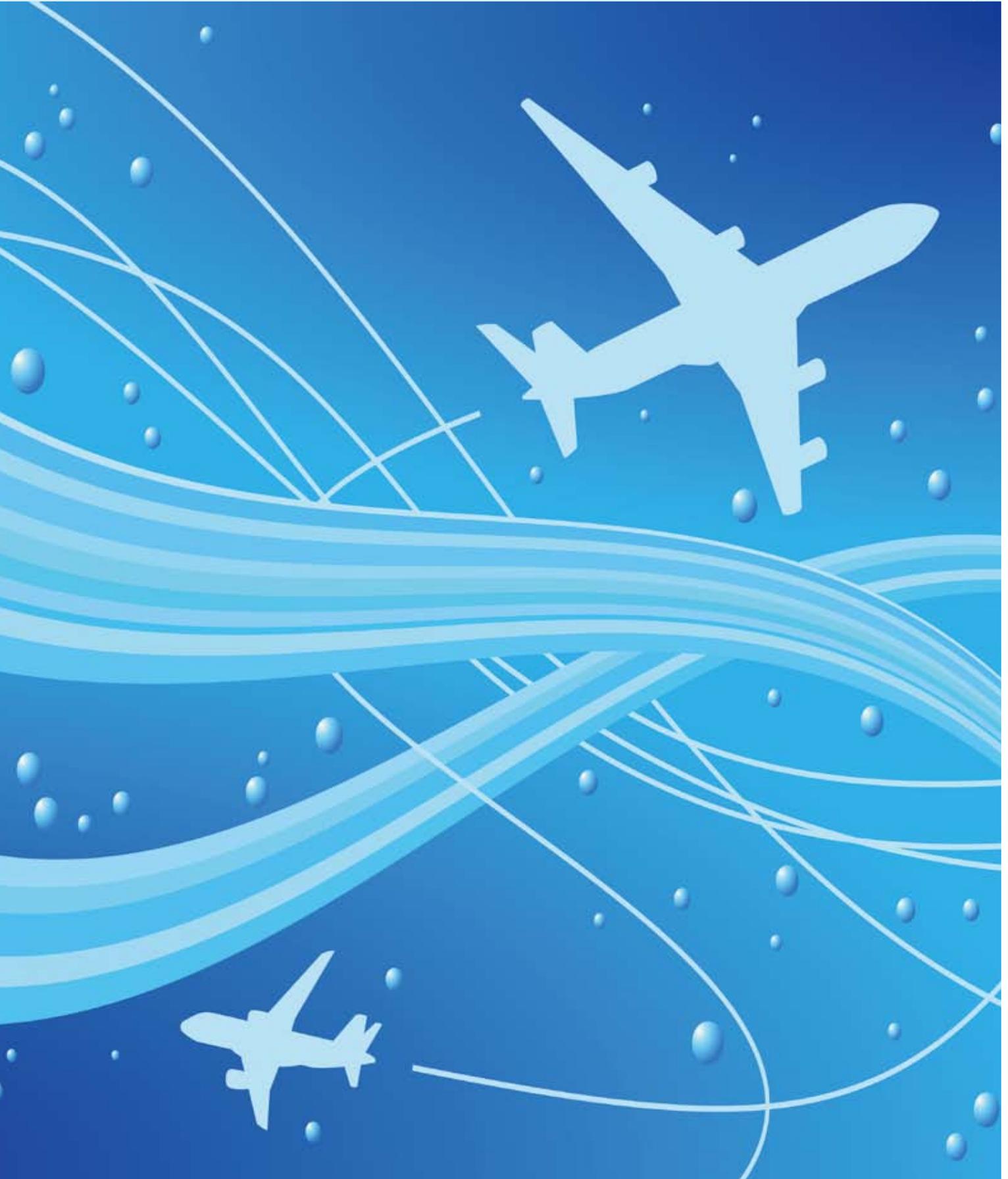
활동 내용



❖ 플라이어 발사 방법과 결과분석 (답)

1. 바람이 대체로 서쪽에서 불어온다면 이륙 크래들은 어느 방향으로 이동해야 할까요?
▶ 서쪽을 향해 바람 속으로
2. 이 이륙 시스템을 사용하는 데 어려운 점은 무엇인가요?
▶ 추를 들어 올리는 것
3. 왜 오늘날의 비행기처럼 이륙하는 데 플라이어의 프로펠러 힘을 사용하지 않았을까요?
▶ 플라이어의 프로펠러가 만들어내는 추진력은 비행하기에는 충분하지만 이륙할 만큼 충분하지는 않았다.







플라이어 발사방법

학년 반 이름

도전과제

라이트 형제가 플라이어를 발사할 때
힘의 방향을 어떻게 바꾸는지 알아봅시다!

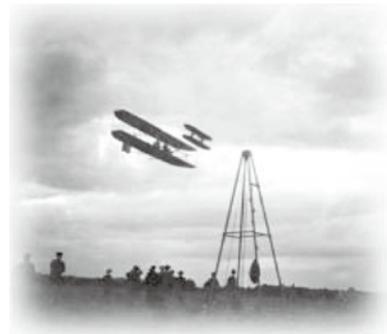


읽을 거리

❖ 1940년 : 데이튼에서의 개량

나는 1904년 가을에 데이튼을 방문하였다. 이때에 라이트 형제는 자신들의 비행 모습을 보여주기 위하여 기자들을 두 번 초대했었는데, 두 번 모두 비행기가 날지 못했었다고 한다. 이 소식을 안타까워했던 내가 라이트 형제가 비행 연구를 하던 데이튼의 한 농장으로 갔을 때 놀라운 광경이 펼쳐졌다. '허프만 프레리'라고 부르는 100에이커의 젖소 목장에서 오빌이 들판 주위를 원을 그리며 날고 있는 것이 아닌가! 월버는 들판 구석의 작은 건물 옆에 서 있었다. 내가 온 것을 알자, 라이트 형제는 기자들을 초대했을 때 두 번 모두 운이 나쁘게도 엔진에 문제가 있었지만 지금은 전혀 그런 문제가 발생하지 않는다고 말했다.

월버가 더 큰 엔진과 더 튼튼한 뼈대를 만들고, 무게중심을 뒤쪽으로 옮겼지만 상하 제어 기능은 아직 완벽하게 구성하지 못했다고 말한다. 비행기를 위아래로 제멋대로 움직이지 않게 하는 것은 어려운 일이었다. 나는 키티 호크의 바람과 언덕 없이 어떻게 공중에 높이 뜰 수 있었냐고 물어보았다. 월버는 형제가 만든 발사 기증기를 보여 주었다. 무거운 추가 꼭대기에 매달려 있었다. 추가 떨어지면 투석기 원리에 의해 비행기가 트랙으로 18미터 나아가 공중에 뜨는 것이었다. 라이트 형제의 최장 비행 기록은 약 5분이었다. 나는 몇 번의 비행을 더 지켜보고 형제가 플라이어를 치우는 것을 도와 준 다음, 함께 전차를 타고 데이튼으로 돌아왔다.



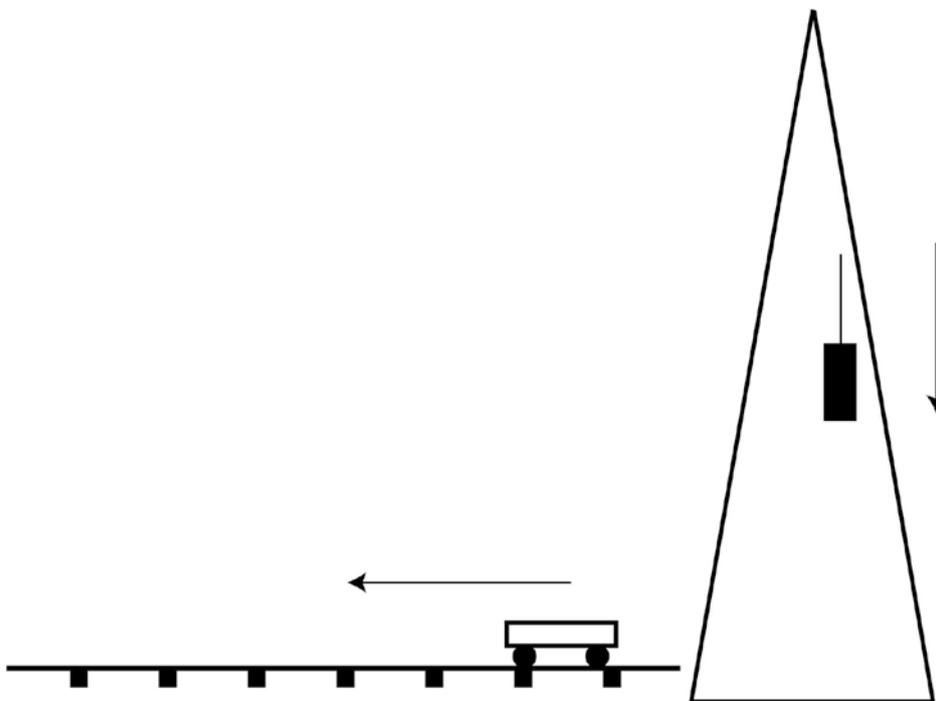
발사 기증기





활동 내용

다음은 1904년 플라이어 발사에 사용된 기중기의 그림으로 1904년 플라이어는 이륙 트랙 위에 보이는 바퀴가 달린 작은 수레(이륙 크래들) 위에 놓여 있었습니다. 문제는 추가 떨어질 때 어떻게 이륙 크래들을 앞으로 이동시키는가 하는 것이었습니다. 그렇게 될 수 있도록 로프(선)와 도르래(원)를 그릴 수 있나요? 추가 떨어질 때 로프의 각 부분이 움직이는 방향을 보여주는 화살표를 그려보도록 하세요.



❖ 결과 분석

1. 바람이 대체로 서쪽에서 불어온다면 이륙 크래들은 어느 방향으로 이동해야 할까요?

2. 이 이륙 시스템을 사용하는 데 어려운 점은 무엇인가요?

3. 왜 오늘날의 비행기처럼 이륙하는 데 플라이어의 프로펠러 힘을 사용하지 않았을까요?



이 차시는 임무패치를 완성하고 자신만의 발명품을 생각하는 활동을 통하여 라이트 형제의 과학자로서의 업적을 정리하고, 과학자처럼 생각하는 경험을 하도록 구성되었다.



학습 목표

- 임무패치를 디자인하여 라이트 형제의 업적을 정리할 수 있다.
- 발명에는 상상력이 필요함을 이해한다.



해당 학년

중학교 1 ~ 2학년



소요 시간

60분



활동 내용

1. 학생들은 아이디어를 낼 수 있도록 NASA의 다양한 임무 패치를 살펴본다.
2. 라이트 형제의 업적을 생각하며 자신만의 임무패치를 그려본다.
3. 학생들이 만든 작품을 전시한다.
4. 라이트형제의 발명 과정을 따라 학생들은 각자의 상상력을 발휘해 교통수단을 개선할 수 있는 발명을 제안하도록 한다.
5. 학생들이 아이디어와 스케치를 다른 사람 앞에서 발표하게 하고 가장 성공할 것 같은 것을 선택하게 한다.



지도상 유의점

- NASA의 웹사이트에서 우주 비행 임무의 패치를 확인하도록 한다.

임무 패치 디자인하기

학년 반 이름

tion history

도전과제

라이트 형제가 활약했던 해의 임무패치를 디자인 해봅시다.



'임무패치'는 모든 NASA 우주 비행에 맞게 디자인된다. 다음은 NASA에서 만든 임무패치의 모습들이다.



생각해요

❖ 다양한 임무패치들



<http://spaceflight.nasa.gov> 페이지 상단의 <History>링크에서 더욱 다양한 임무패치를 찾아볼 수 있다.



활동 내용

❖ 임무 패치 만들기

1900년~1905년 중 한 해를 택한 다음, 라이트 형제가 실행한 그해의 임무패치를 디자인해봅시다.

❖ 발명가 되기

스스로 자신은 발명가이고, 오빌과 월버처럼 운송 수단에 관심이 있다고 가정해보자. 무엇을 발명하고 싶은 지에 대해 짧게 정리해 봅시다.

- 자신의 발명이 어떻게 운송수단을 개선할 수 있다고 생각하나요?
- 발명에 성공하기 위해 어떤 문제점을 해결해야 하나요?
- 사람들이 자신의 발명에 대해 알게 하려면 어떻게 해야 하나요?





읽을 거리

❖ 1905년 : 마침내 비행 완성

나는 데이튼에 있는 친구로부터 오빌과 윌버가 비행의 완성도를 높이는 일을 아직 포기하지 않았다는 소식을 들었다. 1899년 연날리기 실험 이후 이제 7년이 지났다. 그동안 겪은 추락 사고를 생각한다면 이미 오래 전부터 쉽게 그만둘 수 있었을지도 모른다. 신시내티 신문에서 라이트 형제의 비행에 관한 기사를 몇 번 읽을 수 있었지만, 뉴욕이나 시카고의 신문에서는 어느 누구도 기사로 다루지 않았다. 세상은 라이트 형제의 위대한 업적에 대해 여전히 아는 것이 별로 없었다.

나는 다시 한 번 데이튼을 방문했고, 몇 가지 중대한 변화가 일어났음을 알게 되었다. '플라이어Ⅲ'가 이륙 준비를 마치고 레일 위에 앉아 있었다. 날개는 똑같아 보이지만 사실 이전 모델보다 확실히 3미터 길다. 앞쪽 승강키가 더 앞으로 이동했고, 뒤쪽 방향키는 더 뒤로 이동했다. 발사 기중기에 추가 떨어지면 플라이어가 트랙 아래로 내려가 공기 속으로 올라간다. 그러면 깜짝 놀라 비행하는 모습을 지켜본다. 오빌이 들판을 원형을 들고 또 돌아 8자를 그린 다음, 공중에서 20분을 꽉 채운 후에야 마침내 착륙하는 것이었다! 이뿐만 아니라, 비행이 아주 원활해 보였고 완벽하게 제어되고 있었다. 1903년이나 1904년처럼 상하로 덜컹덜컹 움직이는 동작이 전혀 없었다.

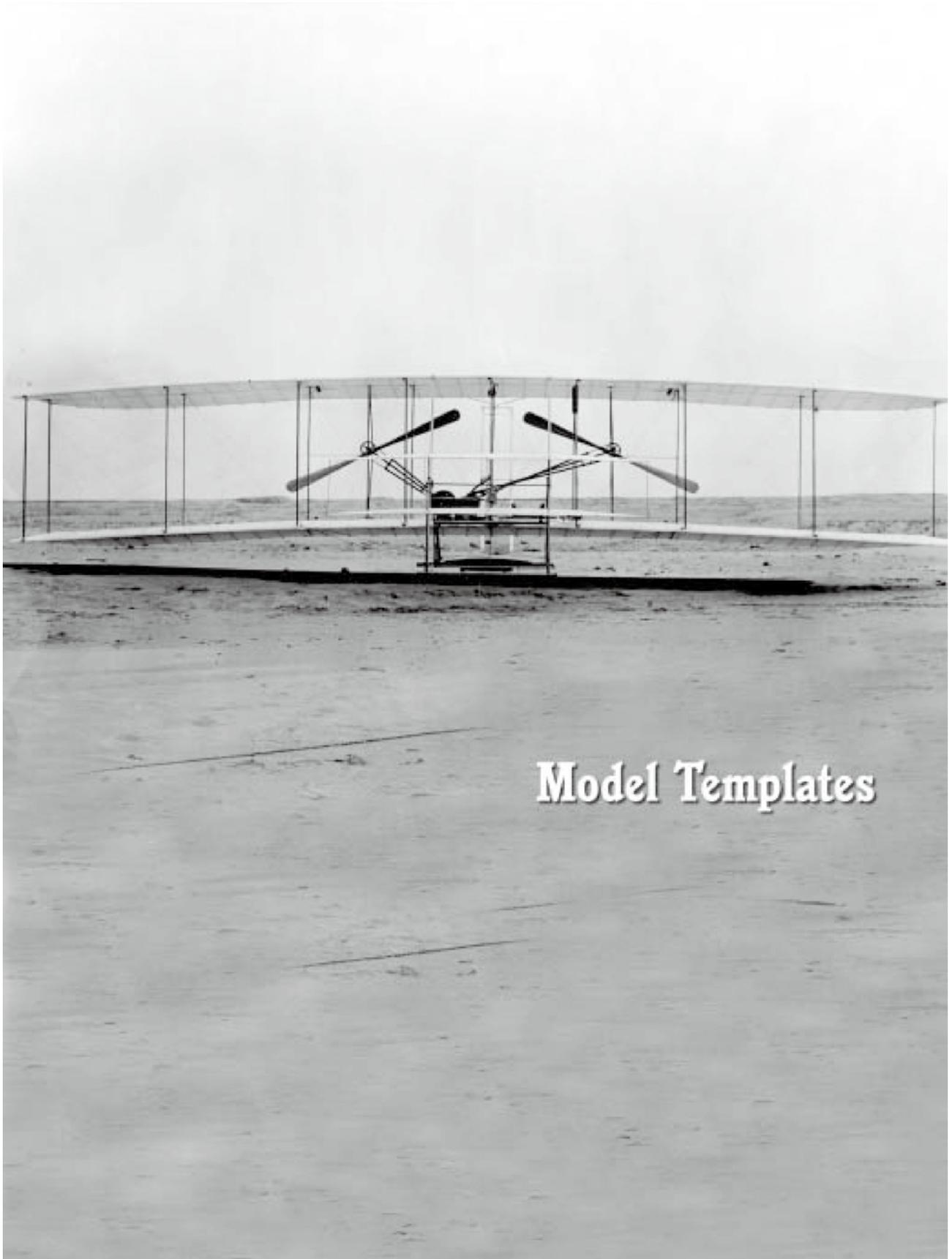
비행에서 방향키와 날개 구부림의 제어를 분리함으로써 보다 정확한 제어 기능을 얻었다고 윌버가 침착하게 설명했다. 앞쪽 승강키와 뒤쪽 방향키를 비행기 중심으로부터 멀리 옮긴 것도 또한 상하 제어 능력을 개선한 요인이었다.

이 1905년의 비행기는 한 번에 30분 이상 공중에 머물면서 연료 탱크가 빌 때까지 비행할 수 있었다. 또한 15미터 상공에서 방향 바꾸기와 8자 그리기를 하면서 약 40킬로미터나 허프만 농장 주위를 비행할 수 있었다. 7년간의 노력 끝에 마침내 라이트 형제는 실용적이며 작동 가능한 비행기로 하늘을 날게 된 것이다.

나는 오빌과 윌버에게 그들의 실험에 축하 인사를 전했다. 라이트 형제는 동력 비행의 꿈을 현실로 실현시켜 주었다. 이것으로 세상은 커다란 변화를 목전에 두고 있는 것이다.



1905년의 비행기



Model Templates



1900년 글라이더

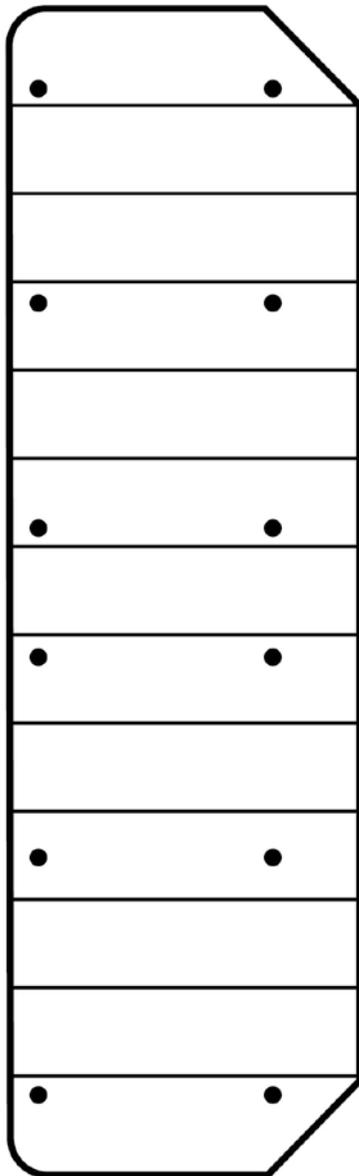
Elevator



승강키

Top wing

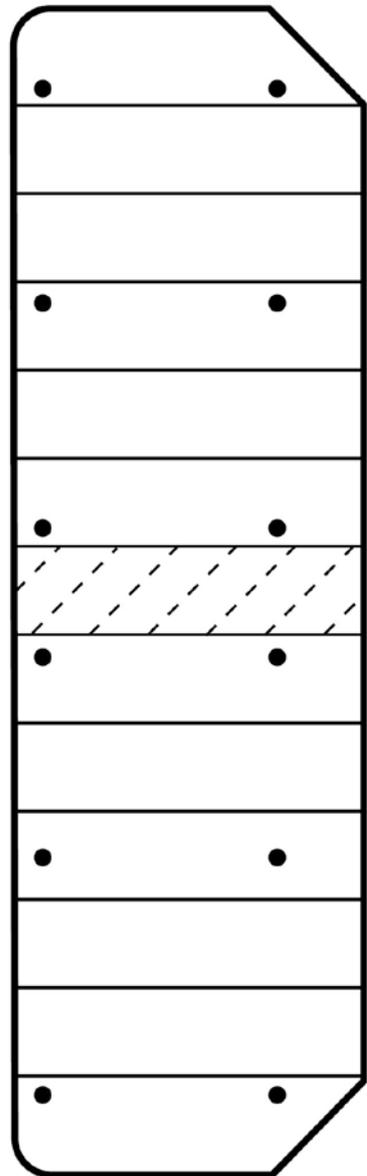
Front edge curved



위쪽 날개

Bottom wing

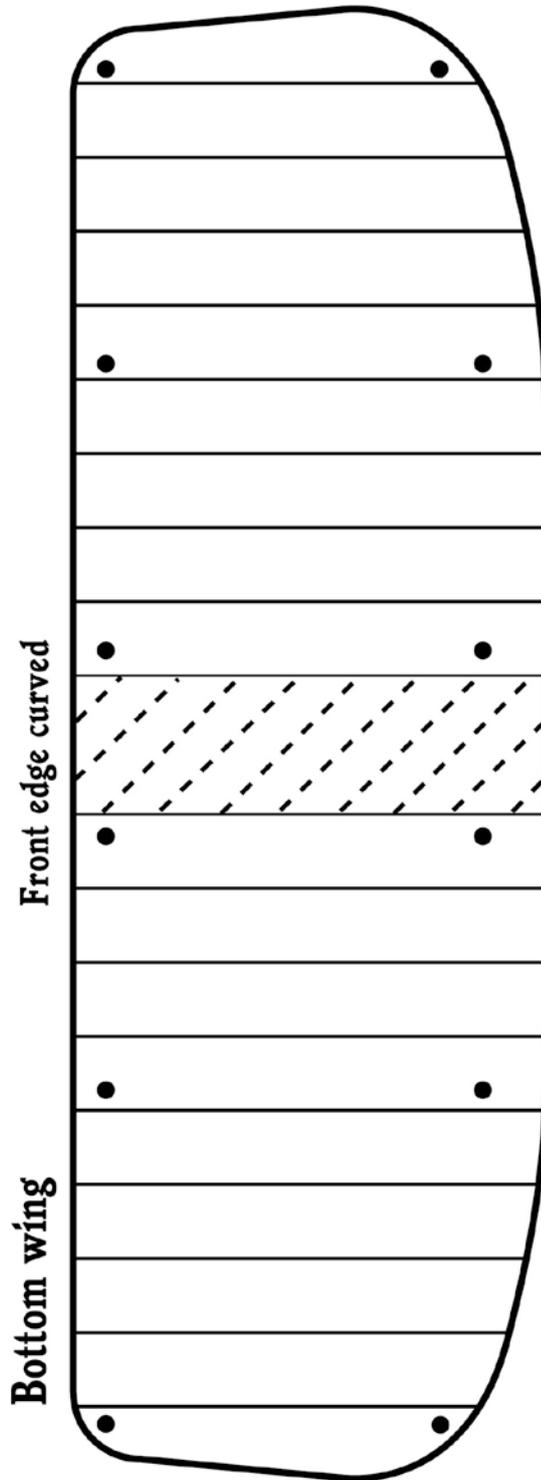
Front edge curved



아래쪽날개



1901년 글라이더



Elevator



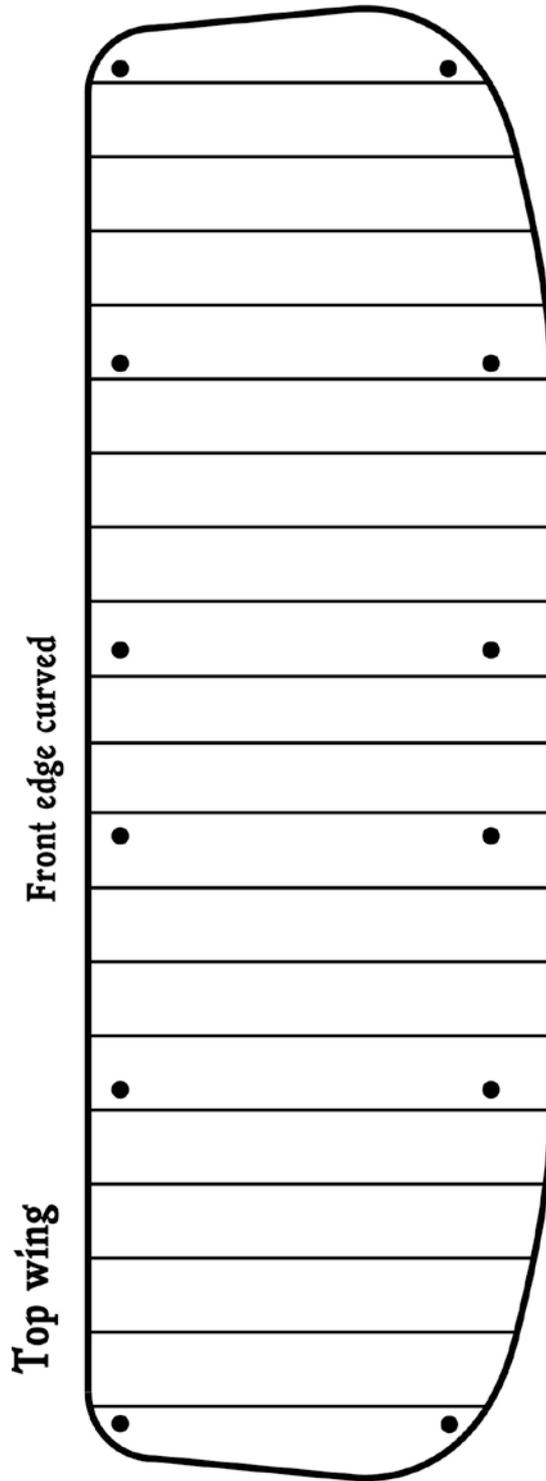
승강기

아래쪽날개





1901년 글라이더

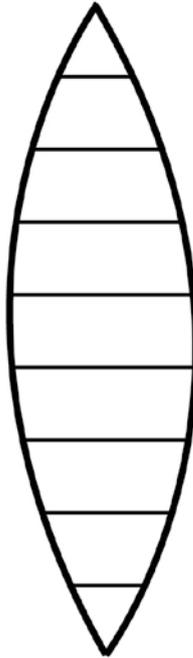


위쪽 날개



1902년 글라이더

Elevator



승강키

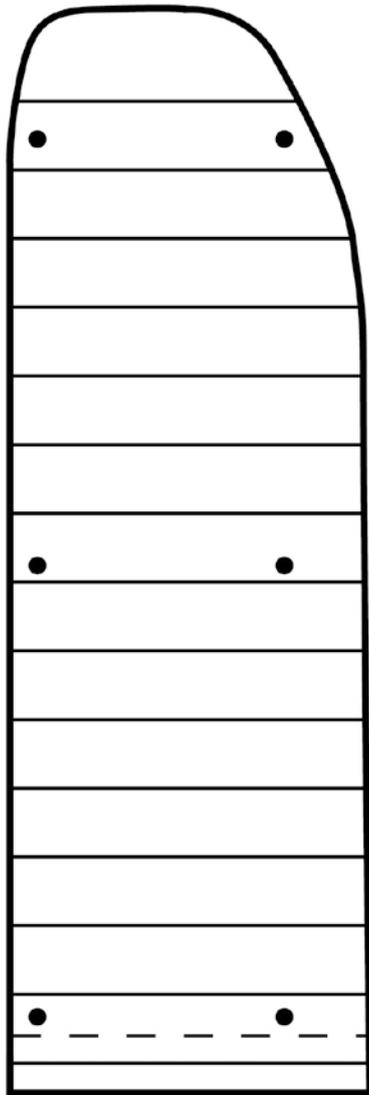
Rudder



방향키

Right wing (cut out two)

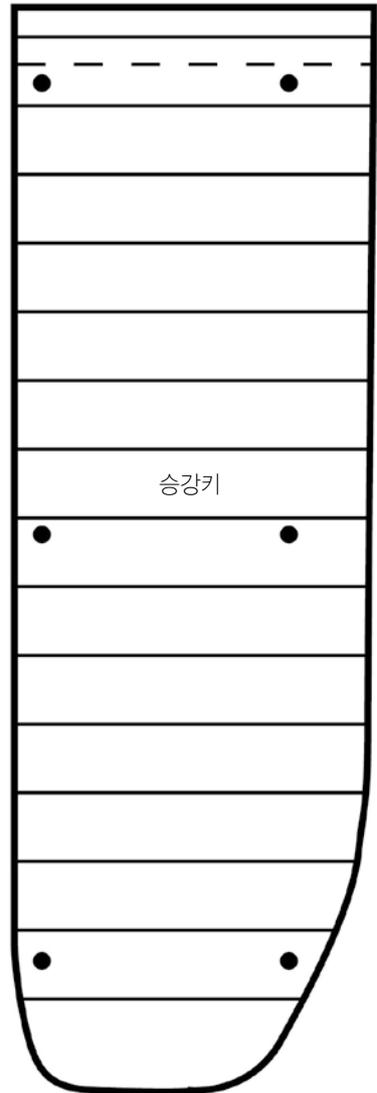
Front edge curved



왼쪽 날개 (두 개 잘라냄)

Left wing (cut out two)

Front edge curved

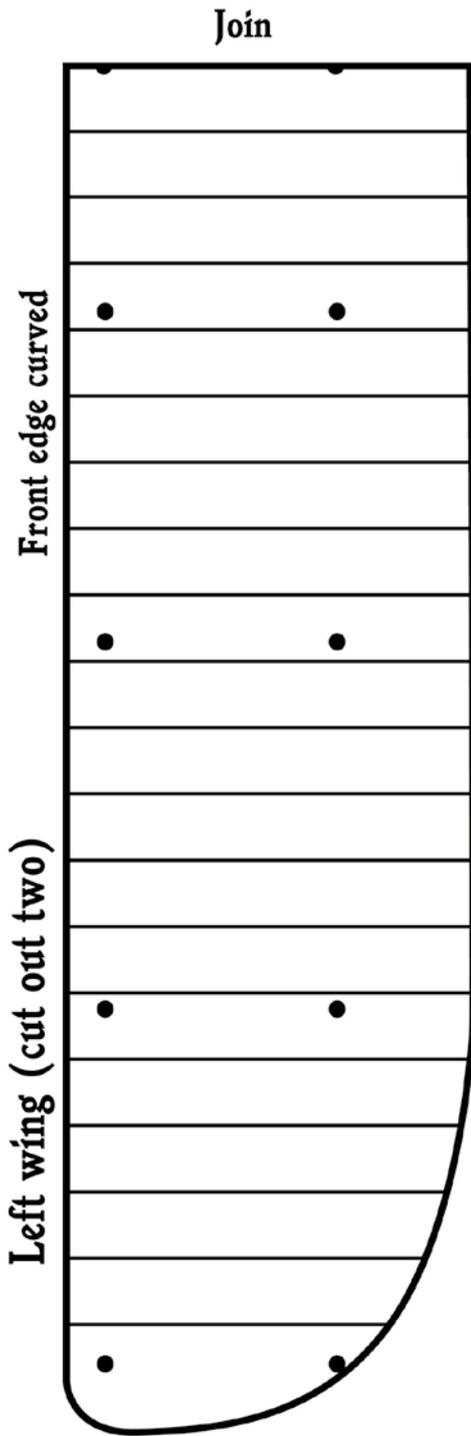


오른쪽 날개 (두 개 잘라냄)

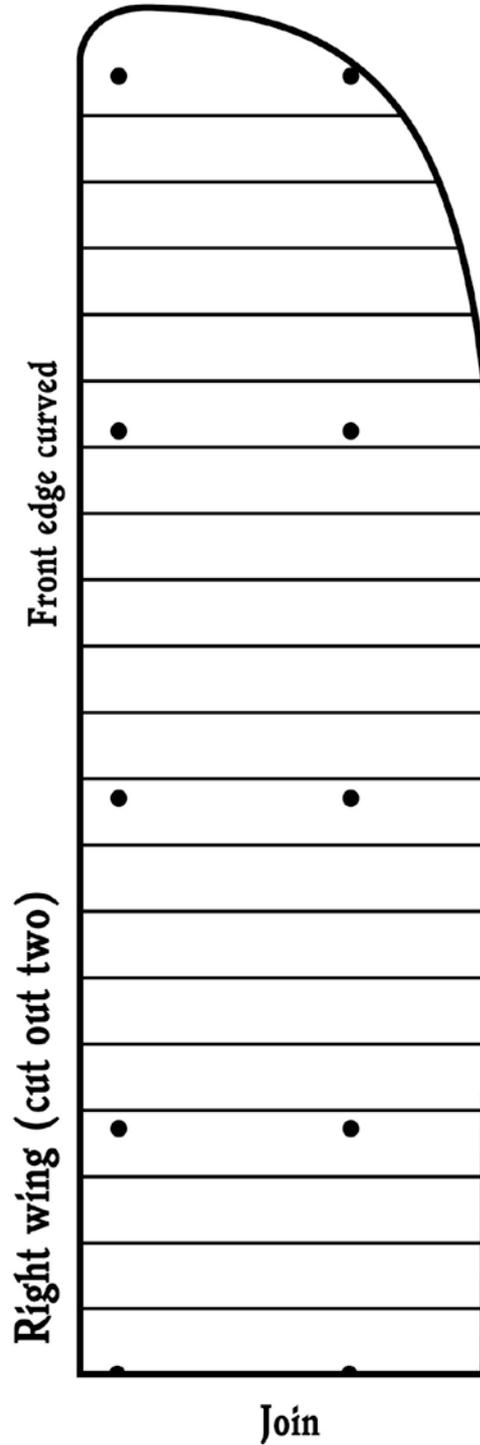




1903년 글라이더



왼쪽날개 (두개 잘라냄)



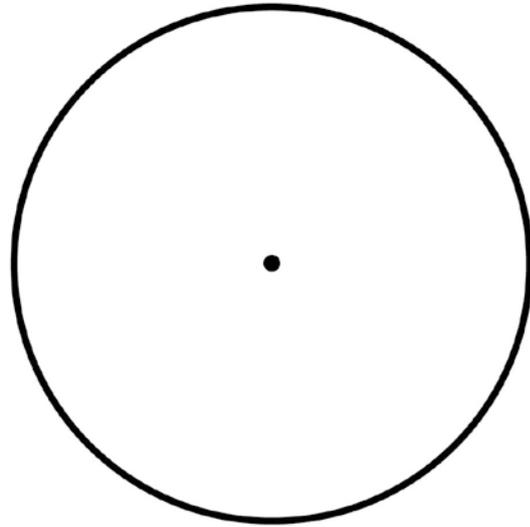
오른쪽날개 (두개 잘라냄)



1903년 플라이어



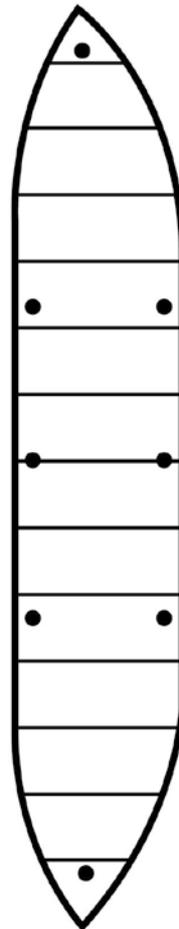
프로펠러 (두개 자름)



프로펠러원형 (두개 자름)



방향키 (두개 자름)



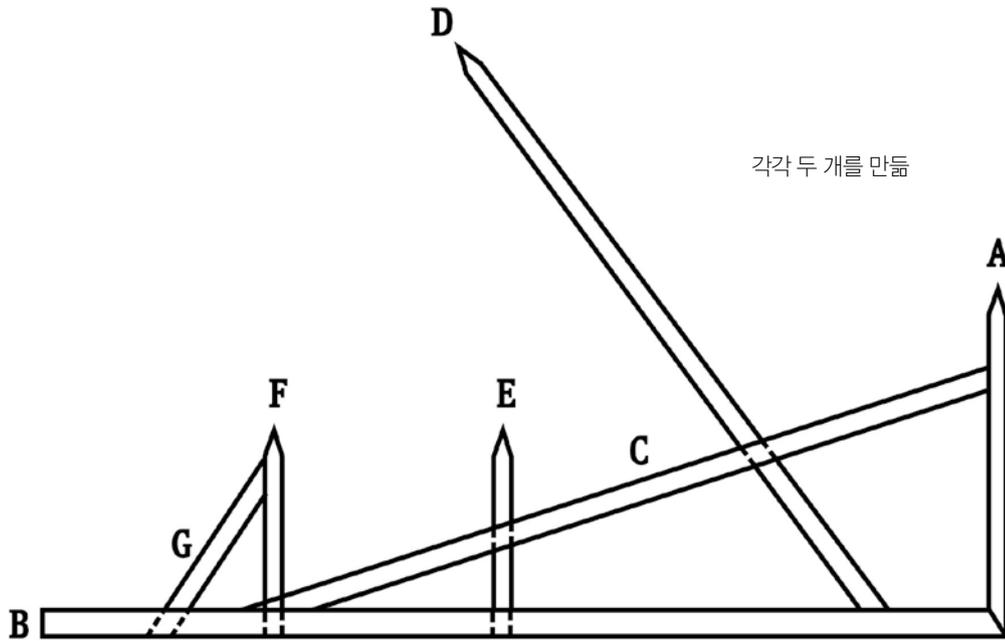
승강기 (두개 자름)



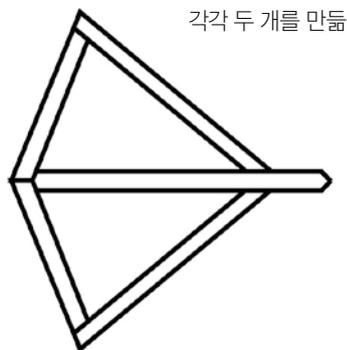


1903년 활주부 템플릿 (긴 발사 나무 조각 3개)

Aviation history



1903년 프로펠러 템플릿



1 단원 소개

이번 단원에서는 NASA에서 항공우주 기술의 극한 탐사를 위해서 사용되었던 프로그램 F-15 ACTIVE의 내용을 바탕으로 활동이 구성되었다. 20세기 들어 비행 조종, 항공기 안정성 및 추진을 통해 항공기 성능에 대한 연구가 꾸준히 이루어졌고 그 결과 항공기의 성능은 눈부신 발전을 이루었다. 본 단원에서는 항공학의 기본 과학 원리를 설명함과 동시에 비행기 설계와 관련된 깊이 있는 학습목표를 제시하는 활동들을 제시하고 있다. 학생들은 제시된 다양한 활동을 통하여 비행기의 비행 원리 중 기본이 되는 제트 추진, 추력 편향, 무게 중심과 회전의 관계, 연료 효율 등을 학습하고 항공학의 유용한 배경 정보를 습득하게 된다.

2 주제 안내

순	주 제	대상학년	소요시간
1	제트추진	중 2~3학년	60분
2	추력편향	중 2~3학년	60분
3	무게중심과 회전	중 2~3학년	60분
4	연료효율	중 2~3학년	60분

3 지도상 유의점

- * 각 활동에 소요되는 시간은 난이도 및 학생의 성취도에 따라 다를 수 있으므로 교사의 융통성 있게 조절하도록 한다.
- * 활동의 마지막 단계에서는 학생들의 과학적 의사소통을 통하여 생각을 나누고 정리할 수 있도록 모둠 토의 과정으로 마무리하는 것이 효과적이다.
- * 이 단원의 각 차시는 연계되어 있다. 따라서 1차시부터 4차시까지 단계적으로 수업이 이루어져야 한다.
- * 각 차시에서는 학생들에게 친숙한 단위인 미터법을 적용하려고 노력하였다. 그러나 고도계에 미터가 아닌 피트가 표시되는 항공 규칙을 감안하여, 일부 차시에서는 피트 단위를 사용하였다.

4 배경 지식

:: F-15 ACTIVE

F-15 전투기는 우주항공 기술의 극한탐사를 위해 NASA에서 사용하는 항공기 중 하나이다. 이 항공기는 1972년 제작되어 비행 연구 프로그램을 진행하는 과정에서 지속적으로 개조되었으며, 이 전투기를 이용하여 이루어졌던 F-15 ACTIVE (Advanced Control Technology for Integrated Vehicles) 프로그램은 <통합 기체를 위한 첨단 제어 기술>로 1999년에 종결되었다. 이후 이 프로그램은 조종사가 중대한 시스템 결함이나 전투 손상을 입은 항공기를 조종하여 안전하게 착륙할 수 있도록 하는 <지능형 비행 조종 시스템>으로 활용되고 있다.



F-15





제트 엔진은 제트 가스를 분출함으로써 뉴턴의 세 번째 운동법칙인 작용-반작용의 원리에 의해 추력을 얻는 기관이다. 본 차시는 제트 추진에 관한 두 가지 활동으로 이루어져 있다.

학생들은 첫 번째 실험활동을 통하여 추력이 발생하는 과정을 파악한다. 이를 위하여 엔진에 공기가 유입되어 이를 압축기에서 압축한 후 연료를 연소시켜 공기가 팽창되고(연소실) 이 공기가 배기구에서 강제 배출되는 세 가지 과정을 직접 활동해 보게 된다.

두 번째 활동은 첫 번째 활동에서 배운 내용을 바탕으로 간단한 제트 엔진 모형을 제작하는 것이다. 이 활동이 끝난 후 학생들은 제트 엔진의 작동 원리를 설명할 수 있게 된다.



학습 목표

- 제트 엔진의 기본적인 구성요소를 살펴보고 추력이 발생하는 과정을 이해한다.
- 제트 엔진 모형을 직접 제작하며 제트 엔진의 작동 원리를 설명할 수 있다.



해당 학년

중학교 2~3학년



소요 시간

60분



핵심 단어

- **제트 엔진** : 제트 가스를 분출함으로써 뉴턴의 세 번째 운동법칙인 작용-반작용의 원리에 의해 추력을 얻는 기관
- **추력** : 비행기가 공기를 가로질러 나가도록 앞으로 미는 힘
- **뉴턴의 제 3운동 법칙** : 작용되는 모든 힘에는 이와 같은 크기의 힘이 반대 방향으로 작용하는데, 이를 반작용이라고 한다.





이것이 필요해요

[활동 1-추력은 어떻게 발생되지?]

- 공기 유입부 : 소형 탁상용 선풍기, 종이 한 장
- 압축기 : 고기 포장용지, 소형 탁상용 선풍기 2개, 15cm 길이의 끈 20개, 15×20cm 색인 카드 테이프 20개, 마커 2개
- 연소실 : 플라스틱, 풍선, 티라이트 양초 1개, 성냥이나 라이터, 집게

[활동 2 - 제트엔진 모형 만들기]

휴지심 1개, 플라스틱 빨대 1개, 30×30cm의 알루미늄 호일, 지름 4cm의 종이 원 4개, 클립 1개, 종이 컵 1개, 가위, 테이프, 접착제



활동 순서

❖ 활동과정1 - 추진력은 어떻게 발생되지?

1. 공기 유입부

- ① 선풍기 근처에 종이 몇 장을 둔다. 실험 과정을 효율적으로 진행하기 위해서 실험과정이 적힌 종이를 벽에 붙여둔다.
- ② 학생들에게 각 실험부에 대한 간단한 설명을 한 뒤에 실험 결과를 예측해보도록 한다. 이 때 반드시 왜 그렇게 생각하는지도 생각하여 기록하였다가, 실험 후 결과와 비교할 수 있게 한다.
- ③ 선풍기를 켜고 선풍기 앞에 종이 한 장을 들게 하고 관찰한 내용을 기록하도록 한다. 다음으로 선풍기 뒤에 종이를 들고 있게 하고 관찰한 내용을 기록한다.
- ④ 기록한 내용을 발표하고 모둠 토의를 통하여 결과를 정리한다. 학생들이 예측한 내용이 틀렸을 경우에는 왜 예측이 잘못되었는지 알게 한다.

2. 압축기

- ① 두 개의 선풍기를 동일한 방향을 배치한다. 고기 포장용지를 사용하여 선풍기 테두리 주변과 꼭 맞게 원통을 만든다. 원통의 양 끝을 선풍기에 테이프로 고정한다. 색인 카드, 마커, 끈 및 테이프를 준비한다. 실험 과정을 효율적으로 진행하기 위해서 실험과정이 적힌 종이를 벽에 붙여둔다.
- ② 학생들에게 각 실험부에 대한 간단한 설명을 한 뒤에 실험 결과를 예측해보도록 한다. 이 때 반드시 왜 그렇게 생각하는지도 생각하여 기록하였다가, 실험 후 결과와 비교할 수 있게 한다.
- ③ 학생들에게 색인 카드 중간에 구멍을 뚫는 방법을 설명한다. 끈의 한 쪽 끝을 구멍에 통과시켜 색인 카드에 테이프로 고정하고 끈의 나머지 부분은 자유롭게 풀어둔다. 앞쪽에 있는 선풍기를 작동시켰을 때 학생들

은 마커를 사용하여 끈이 얼마나 높게 올라가는지 표시한다. 다음에는 뒤쪽의 선풍기를 작동시켜 양쪽 선풍기에서 바람이 불 때 끈의 높이를 표시한다.

- ④ 기록한 내용을 발표하고 모둠 토의를 통하여 결과를 정리한다. 학생들이 예측한 내용이 틀렸을 경우에는 왜 예측이 잘못되었는지 알게 한다.

3. 연소부

- ① 플라스크 입구에 풍선을 늘려 씌운다. 티라이트 양초, 성냥 및 집계를 준비한다. 열과 성냥을 사용해야 하므로 안전지도에 유의한다. 실험 과정을 효율적으로 진행하기 위해서 실험이 적힌 종이를 벽에 붙여둔다.
- ② 학생들에게 각 실험부에 대한 간단한 설명을 한 뒤에 실험 결과를 예측해보도록 한다. 이 때 반드시 왜 그렇게 생각하는지도 생각하여 기록하였다가, 실험 후 결과와 비교할 수 있게 한다.
- ③ 티라이트 양초에 불을 켜다. 집계를 이용하여 몇 분 동안 티라이트 양초 위에 플라스크를 고정하고 풍선이 어떻게 변하는지 관찰하게 하고 기록한다.
- ④ 기록한 내용을 발표하고 모둠 토의를 통하여 결과를 정리한다. 학생들이 예측한 내용이 틀렸을 경우에는 왜 예측이 잘못되었는지 알게 한다.

❖ 활동과정 2 - 제트엔진 모형 제작하기

1. 제트 엔진 제작에 필요한 준비물을 미리 점검한다.
2. 학생들은 제트 엔진 제작 절차에 따라 제트 엔진 모형을 제작한다. 제작을 어려워하는 학생의 경우에는 교사가 돌아보며 도와주도록 한다.
3. 완성된 제트 엔진 모형의 각 부분에 라벨지를 붙여 각 부의 이름을 적도록 한다.
4. [활동 1]에서 한 내용을 상기시키며 제트 엔진 모형과 단면도를 보고 각 부의 기능을 정리하도록 한다. 이 때 모둠 토의를 하도록 하여 동료들과의 의사소통과정을 통하여 과학적 태도를 배울 수 있도록 한다.



활동 내용

[활동 1] 추진력은 어떻게 발생되지?(참고답안)

1. 공기 유입부

- 종이와 선풍기를 이용한 실험부 1에서 관찰한 내용은 무엇인가?
- ▶ 선풍기 앞쪽에 고정된 종이는 선풍기 앞쪽으로 날아간다.
선풍기 뒤쪽에 고정된 종이는 선풍기 쪽으로 흡입됩니다.

2. 압축기

• 선풍기 뒤쪽의 공기가 고정되지 않고 앞쪽 선풍기 쪽으로 유입될 경우 발생하는 현상은 무엇인가?

▶ 선풍기 뒤쪽 공기가 정지하지 않고 선풍기 쪽으로 불 경우에는 공기의 속도가 증가한다.

3. 연소실

• 실험부 3에서의 풍선은 어떻게 되며 왜 그렇게 되었나?

▶ 내부 공기가 가열되었으므로 공기가 팽창된다. 따라서 풍선이 부풀어 오른다.

• 풍선이 아닌 밀폐되지 않은 튜브에서 이러한 상황이 발생된다면 어떻게 될까?

▶ 내부 공기가 가열되어 공기가 팽창되면 공기는 밀폐되지 않은 튜브 끝으로 강제 배출된다.

4. 정리하기

• 제트 엔진을 이루는 3부분은 어떤 순서로 발생하는가?

▶ 공기 유입부 → 압축기 → 연소부

• 엔진에서 추력이 발생하는 과정을 설명하면?

▶ ① 공기유입 : 제트 엔진의 압축기는 선풍기의 날개처럼 돌아간다. 이로 인해 공기는 외부에서 안으로 흡입된다.

② 압축 : 공기가 연속된 선풍기의 압축기를 통과할 때 압축 혹은 압출된다. 압축기를 통과한 후에는 연소 챔버로 유입된다.

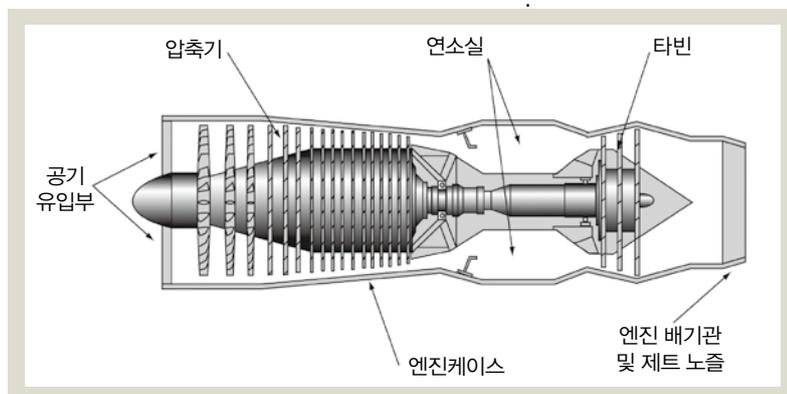
③ 연소 : 연소실에서는 제트 엔진은 점화기로 점화되는데 이는 압축 공기를 가열하여 강제로 팽창시키는 스파크 플러그와 비슷하다. 갑자기 팽창한 공기는 강제로 터빈을 통과하며 압축기를 회전하여 구동한다. 터빈은 축으로 압축기에 연결되어 있다.

④ 배출 : 이후 공기는 배기관으로 배출된다.

(※ 제트 엔진의 올바른 순서는 공기 유입, 압축 및 연소이다. 터빈을 사용하여 엔진에서 공기를 배출하는 추가적 단계가 있으나, 본 실험에서는 기술되지 않았다. NASA 엔지니어에 따르면 완전한 제트 엔진의 4 단계는 공기유입, 압축, 연소, 배출로 구성되어 있다.)

[활동 2] 제트엔진 모형 제작하기(참고답안)

▶ 공기 유입부는 주변 혹은 외부의 공기를 엔진으로 흡입한다. 압축기는 공기를 팬으로 통과시켜 공기를 압축하거나 압출하면서 속도가 증가하게 된다. 연소실에서는 연료를 연소시켜 공기를 가열한다. 이로 인해 공기는 매우 빨리 팽창하게 되고 속도가 더 증가한다. 터빈은 가열, 팽창된 공기를 엔진 노즐로 강제 배출시켜 추진력을 형성한다.





지도상 유의점

- [활동 1]을 시작하기 전에 3개 실험부(흡기부, 압축부, 연소부) 장비를 설치한다. 공간이 넓은 경우에는 실험부를 미리 설치하여 시간을 효율적으로 활용하고 학생의 참여를 늘린다. 또한 선풍기의 작동 상태가 올바른지 확인한다.
- 두 사람이 한 모둠을 이루어 학습하는 것이 효과적이다.
- [활동 1]에서 학생들은 교실에 설치된 3개의 실험부를 이동하며 관찰 내용을 정리하도록 하며, 각 부마다 15분의 제한 시간을 두도록 한다.
- 본 활동은 예측, 관찰, 자료 수집 및 결과 분석의 과정을 강조한다.
- [활동 2]에서 학생들은 제트 엔진 모형을 제작하고 각 부품에 라벨을 붙이고 각 부품의 기능을 설명하도록 한다. 이때에 모뎀 토익를 거치게 하여 과학적 의사소통 능력을 기르게 한다.
- 시간이나 공간적 상황이 여의치 않을 때에는, 선택적으로 교사의 설명을 통해 단일 활동으로 수업을 진행할 수 있다.
- [활동 1]과[활동 2]의 내용을 한 번에 보여줄 수 있는 <테니스 공 용기 엔진>을 교사가 직접 시연해보는 방법도 효과적인 방법이다.
- 활동의 정리단계에서 추력이 생기는 원리가 뉴턴의 제 3법칙인 작용. 반작용의 법칙(모든 작용에는 그와 동등한 반대 방향의 반작용이 따른다.)임을 학생들이 이해하도록 수업을 이끈다. 이를 위해서 롤러스케이트나 롤러블레이드를 신고 공 던지기, 공기를 불어 넣은 풍선을 손에서 놓기 등의 활동을 해보는 것도 효과적이다.







추력은 어떻게 발생되지?

학년 반 이름

도전과제

제트 엔진 속에 들어간 공기가 추력이 되는 과정을 3개의 실험부를 돌면서 이해해봅시다!



빠른 속도로 하늘을 나는 제트기를 상상해봅시다. 제트기가 빠른 속도로 상공을 가로지를 수 있는 것은 제트 엔진에서 발생하는 추력이 있기 때문입니다. 또 제트기가 이륙하고 착륙하는 데에도 추력이 필요합니다. 그렇다면 제트 엔진에서 추력은 어떻게 발생하는 걸까요? 설치된 3개의 실험 코너를 돌면서 추력이 발생하는 과정을 파악해봅시다. 이번 실험에서는 두 명이 한조가 되어 원하는 코너를 순서대로 돌아보도록 합니다. 아 참! 한 코너에 있을 수 있는 시간은 15분을 넘을 수 없습니다.



이것이 필요해요

[실험 1-공기 유입부] 소형 탁상용 선풍기, 종이 한 장

[실험 2-압축기] 고기 포장용지, 소형 탁상용 선풍기 2개, 15cm 길이의 끈 20개, 15×20cm 색인 카드 테이프 20개, 마커 2개

[실험 3-연소실] 플라스크, 풍선, 티라이트 양초 1개, 성냥이나 라이터, 집게



핵심 단어

- **제트 엔진** : 제트 가스를 분출함으로써 뉴턴의 세 번째 운동법칙인 작용-반작용의 원리에 의해 추력을 얻는 기관
- **추력** : 비행기가 공기를 가로질러 나가도록 앞으로 미는 힘
- **뉴턴의 제 3운동 법칙** : 작용되는 모든 힘에는 이와 방향은 반대로 크기는 같은 반작용 힘이 생긴다



1. 공기 유입부



생각해요

① 선풍기를 작동시킨 뒤, 앞에서 종이를 들고 있으면 어떻게 될까요?

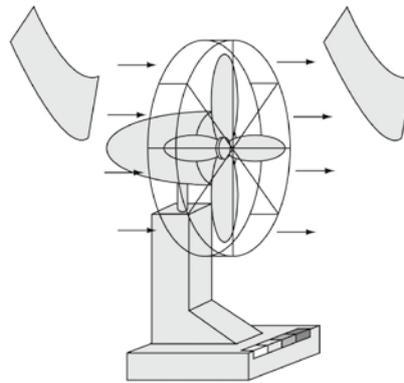
② 선풍기를 작동시킨 뒤, 뒤에서 종이를 들고 있으면 어떻게 될까요?



활동 내용

❖ 활동 순서

1. 선풍기를 작동시킵니다.
2. 선풍기 앞에 종이를 들고 있으면서, 어떻게 되는지 관찰해봅시다.
3. 선풍기 뒤에서 종이를 들고 있으면서, 어떻게 되는지 관찰해봅시다.
4. 관찰 내용을 기록합니다. 기록할 때에는 어떻게 되었는지 뿐만 아니라 왜 그렇게 되었다고 생각하는지 자신의 언어로 적어봅시다.



❖ 결과 분석

① 선풍기를 작동시킨 뒤, 선풍기 앞에서 종이를 들고 있으면 어떻게 되었나요?

② 선풍기를 작동시킨 뒤, 선풍기 뒤에서 종이를 들고 있으면 어떻게 되었나요?

2. 압축기



생각해요

① 선풍기 두 대를 같은 방향으로 연결시켜놓고 앞쪽의 선풍기를 틀었을 때, 선풍기 앞의 끈은 어떻게 될까요?

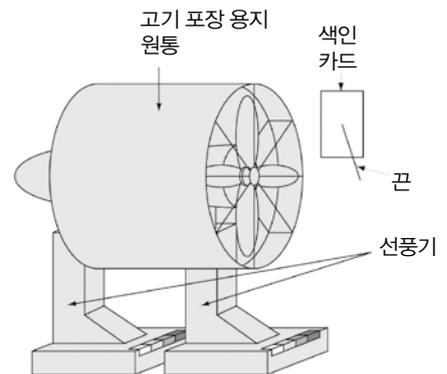
② 이번에는 앞쪽과 뒤쪽의 선풍기를 동시에 틀었을 때 선풍기 앞의 끈은 어떻게 될까요?



활동 내용

❖ 활동 순서

1. 색인 카드 중앙에 연필로 구멍을 뚫습니다.
2. 끈을 색인카드 중앙에 난 구멍으로 약 3cm 정도 통과시키고, 테이프로 고정시킵니다. 끈의 나머지 부분은 공기의 흐름대로 움직이므로 선풍기에서 발생하는 공기의 상대적 속도를 확인할 수 있습니다.
3. 앞쪽의 선풍기만 작동시킵니다.
4. 선풍기에서 약 10cm 정도 앞 쪽에 색인 카드를 고정시키고, 끈이 선풍기에서 발생된 기류로 날아갈 수 있도록 색인 카드의 각도를 맞춥니다.
5. 마커를 사용하여 카드에서 끈이 얼마나 높이 움직였는지 표시합니다.
6. 앞쪽의 선풍기를 작동시킨 채로 두고, 뒤쪽의 선풍기도 작동시킵니다.
7. 선풍기 앞쪽에 다시 카드를 고정시킵니다.
8. 두 개의 선풍기가 작동했을 때 끈이 움직인 높이를 표시합니다.
9. 관찰 내용을 기록합니다. 기록할 때에는 어떻게 되었는지 뿐만 아니라 왜 그렇게 되었다고 생각하는지 자신의 언어로 적어봅시다.



❖ **결과 분석**

① 선풍기 두 대를 같은 방향으로 연결시켜놓고 앞쪽의 선풍기를 틀었을 때, 선풍기 앞의 끈은 어떻게 될까요?

② 이번에는 앞쪽과 뒤쪽의 선풍기를 동시에 틀었을 때 선풍기 앞의 끈은 어떻게 될까요?

3. 연소실



생각해요

① 플라스크에 풍선을 끼우고 티라이트 양초 위에 두면 풍선은 어떻게 될까요?

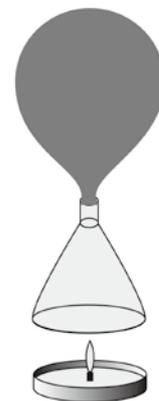
② 왜 그렇게 될 거라고 생각하나요?



활동 내용

❖ **활동 순서**

- ① 집게를 이용하여 플라스크를 집어 올립니다.
- ② 티라이트 양초의 불의 5cm 정도 되는 지점에 플라스크를 위치합니다.
- ③ 풍선을 관찰합니다.
- ④ 관찰 내용을 기록합니다. 기록할 때에는 어떻게 되었는지 뿐만 아니라 왜 그렇게 되었다고 생각하는지 자신의 언어로 적어봅시다.



❖ **결과 분석**

① 플라스크에 풍선을 끼우고 티라이트 양초 위에 두면 풍선은 어떻게 되었나요? 왜 그렇게 되었을까요?

② 위와 같은 상황에서 공기가 밀폐된 풍선이 아닌 밀폐되지 않은 튜브에서 발생된다면 어떻게 될까요?

❖ **정리하기**

① 3개의 실험부(공기 유입부, 압축기, 연소실)는 제트 엔진의 기본적인 구성 요소를 나타냅니다. 엔진의 내부에서 추력이 발생될 때는 어떠한 순서로 발생된다고 생각합니까? 3개의 실험부를 순서대로 나열해보세요.

(_____) → (_____) → (_____)

② 엔진에서 추력이 발생하는 과정을 설명해봅시다.



제트 엔진 모형 제작

학년 반 이름

Fly a plane

도전과제

제트 엔진 모형을 제작하고,
제트 엔진 각 부분의 기능을 설명해볼까요?



우리는 앞의 실험과정을 통하여 외부의 공기가 엔진의 공기 유입구를 통해 들어와 외부의 공기가 압축되고 연소되는 과정에서 공기의 부피가 팽창하고 속력이 증가되어 강제 배출되면서 추력이 생긴다는 것을 알게 되었습니다. 이를 바탕으로 제트 엔진 모형을 직접 제작해보고, 각 부분의 기능을 설명해봅시다.



이것이 필요해요

휴지심 1개, 플라스틱 빨대 1개, 30×30cm의 알루미늄 호일, 지름 4cm의 종이 원 4개, 클립 1개, 종이컵 1개, 가위, 테이프, 접착제



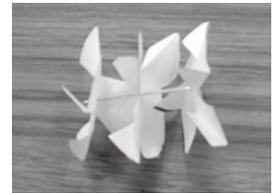
활동 내용

❖ 활동 순서

1. 휴지심을 세로로 반으로 자릅니다.
2. 절반으로 자른 두 개의 심을 나란히 놓고 테이프를 붙여 고정시킨 뒤, 호일로 두 개의 심의 바깥 부분을 감쌉니다.
3. 연필로 휴지심 한쪽의 아래쪽 중간에 빨대가 들어갈 만큼의 구멍을 뚫습니다.
4. 빨대의 한쪽은 약 0.5cm 길이로 자르고 다른 쪽은 약 3cm 길이로 자른 뒤, 빨대의 짧은 끝 쪽을 구멍에 집어넣고 빨대를 구부려서 긴 끝이 휴지심에 밀착되도록 테이프로 고정합니다. 이는 제트 엔진의 연료실을 나타냅니다.
5. 4개의 종이원은 반으로 접은 후, 다시 접어 4등분으로 나누어진 원이 되도록 한 뒤, 원을 펴니다.
6. 원의 중심과 가깝게 접힌 부분을 따라 자르되 원의 중심 부분은 완전히 자르지 않습니다. 나머지 원도 똑같이 자르고, 선풍기 모양이 되도록 4등분 원의 한쪽 모서리를 접습니다.
7. 클립을 끈게 편 뒤, 클립의 한 쪽 끝을 1cm 구부립니다. 클립에 선풍기 모양

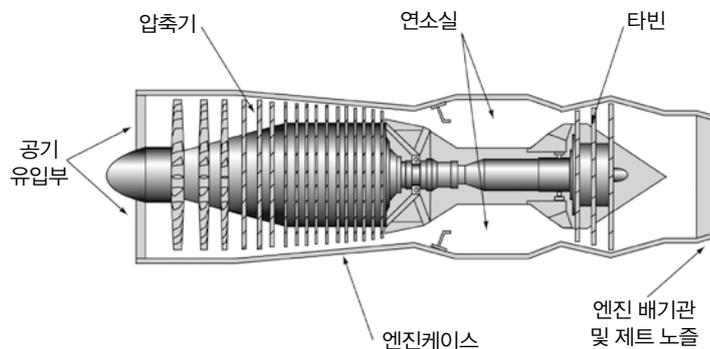


- 의 원의 중앙이 구부러진 클립의 끝에 걸릴 때까지 밀어 넣습니다. 테이프를 클립에 감아, 또 다른 선풍기 모양의 원을 클립에 넣습니다. 다시 테이프를 클립에 감아 나머지 한 개의 선풍기 모양의 원도 클립으로 밀어 넣습니다.
8. 곱게 편 클립 끝에서 2cm 되는 지점을 테이프로 감은 뒤, 터빈으로 작용하도록 나머지 선풍기 모양의 원을 밀어 넣고, 테이프로 감아 팬을 고정시킵니다. 이것이 제트 엔진에서 압축기 및 터빈을 나타냅니다.
 9. 휴지심의 내부에 연료실로 구멍을 만든 지점과 같은 위치에 접착제를 발라 ㉔에서 만든 압축기 및 터빈을 고정시키고 휴지심을 테이프로 봉합합니다.
 10. 종이컵의 바닥을 잘라내고, 윗부분도 잘라 짧게 만듭니다. 종이컵의 가장자리가 종이타월에 삽입되도록 한 뒤, 종이컵 안쪽 가장자리에 테이프를 감아 고정합니다. 이는 제트 엔진의 배기관을 나타냅니다.



❖ 결과 분석

- 다음의 사진에 표시된 제트 엔진의 각 부의 기능을 설명하세요.



① 공기 유입부

② 압축기

③ 연소실

④ 터빈



⑤ 제트 노즐

- 추력이 발생하는 원리를 뉴턴의 운동 법칙 중 무엇과 관련된 것인가? 왜 그렇게 생각하나요?

1법칙 : 관성의 법칙 2법칙 : 가속도의 법칙 3법칙 : 작용.반작용의 법칙

 **읽을 거리**

❖ 앞으로 밀어주는 추력

날개는 비행기에 양력을 제공하지만 비행기를 앞으로 나아가게 하지는 못합니다. 비행기를 앞으로 이동시키는 힘은 바로 추력입니다. 추력은 얼마나 빨리, 얼마나 멀리 가느냐를 결정합니다. 우리가 종이비행기를 앞으로 던질 때, 우리가 던지는 힘이 추력이 됩니다. 또한 날아가는 새들은 날개를 퍼덕여서 추력을 발생시킵니다.



새들은 날개를 퍼덕여 추력을 생성한다.

종이비행기를 던지면 추력이 생긴다.

일반적으로 비행기의 추력은 프로펠러나 제트엔진에 의해 생성됩니다. 프로펠러를 사용하는 경우, 엔진이 프로펠러기에 장착되어있는 작은 회전 날개가 두 개 또는 그 이상의 프로펠러를 매우 높은 속도로 돌립니다. 이 때 날개들이 만들어내는 양력은 앞쪽을 향해 밀게 되고, 프로펠러는 선풍기와 마찬가지로 공기를 끌어 당겨서 반대 방향으로 밀어냅니다.

반면 제트기는 제트 엔진을 사용하여 추력을 발생시킵니다. 제트 엔진은 공기를 빨아들여서 연료와 섞습니다. 그 다음, 기체가 연소되어 뒤로 빠져나가면서 비행기를 앞으로 밀게 됩니다.

뉴턴의 제 3운동 법칙은 '모든 작용에는 그와 동등한 반대 방향의 반작용이 따른다.'는 것입니다. 프로펠러 엔진과 제트 엔진 모두, 공기가 빨아들여져서 반대 방향으로 밀려나가게 되어, 공기가 뒤쪽으로 밀리면서 비행기를 앞쪽으로 미는 뉴턴의 제 3 운동법칙을 따르고 있습니다. 바로 이것이 추력의 원리입니다.





추력이란, 항공기를 앞으로 전진시키는 힘을 말한다.

제트 엔진에서 연료 배출기인 노즐을 통하여 공기를 다양한 방향으로 분출하도록 한다. 이 때 조종하여 비행기의 추력의 각도와 방향을 바꿀 수 있다.

본 차시에서는 학생들이 F-15ACTIVE 모형에 풍선과 플라스틱 빨대 '엔진'을 달아, 빨대의 각도를 변화시켜 추력의 방향전환을 재현해보고, 이것이 비행기의 이동에 어떠한 영향을 미치는지 알아 보게 한다.



학습 목표

- F-15 ACTIVE모형에 풍선과 플라스틱 빨대 '엔진'을 달아 추력 방향전환의 개념을 이해한다.
- 제트 엔진의 추력의 방향전환이 비행기의 이동에 어떠한 영향을 미치는지 알 수 있다.



해당 학년

중학교 2~ 3학년



소요 시간

60분



이것이 필요해요

두꺼운 카드지에 복사한 F-15ACTIVE 모형 1개, 풍선 1개, 고무튜브 1개(예: 수조튜브), 고무밴드 1개, 가위, 테이프, 20cm 끈 3개

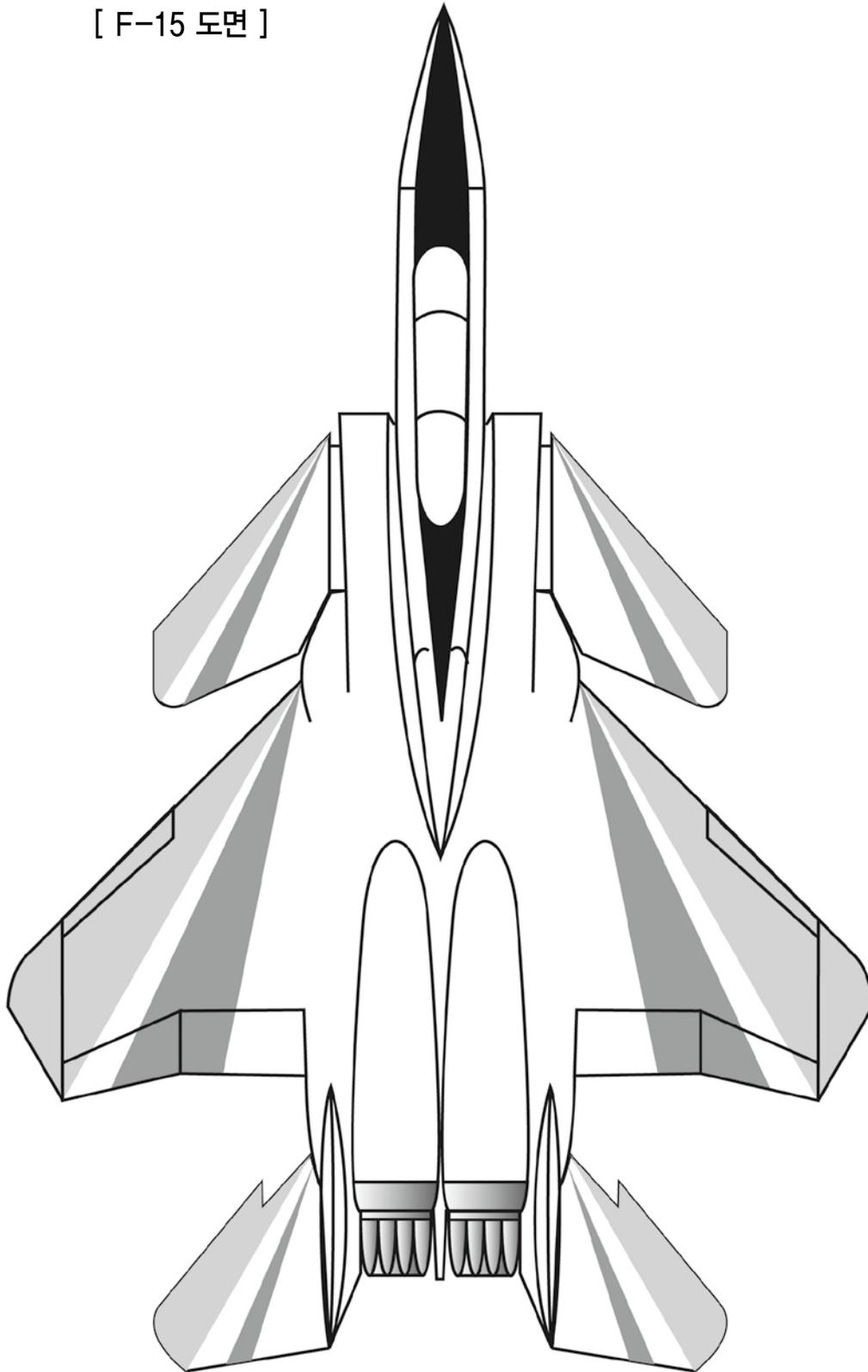


이렇게 준비해요

교사는 아래의 F-15 도면을 미리 복사하여, 두꺼운 카드지에 그림을 그려 오려내도록 한다.



[F-15 도면]





핵심 단어

- F-15 ACTIVE(Advanced Control Technology for Integrated Vehicle) : NASA에서 통합 기체를 위한 첨단 제어 기술 연구를 위해 만든 시범 연구용 비행기
- **노즐** : 가스가 배출되는 제트 엔진 배기관의 후부. 조종사는 노즐에서 가스를 배출시키는 면적을 감소시켜 배출 가스의 속도 및 내부 배기관의 온도를 유지, 노즐의 각도와 방향을 변화시켜 추력의 방향전환을 가능하게 함



활동 내용

❖ 활동 순서

1. F-15 모형에 풍선 엔진 장착하기

활동 순서에 따라 학생들은 F-15 그림 사본을 오려내고, 풍선과 플라스틱 빨대 엔진을 기체에 테이프로 붙여 완성한다. 개별 혹은 두 사람이 한 모둠을 이루어 제작하도록 한다.

2. 추력방향전환을 이용한 활동

- ① 풍선의 추진력 방향이 변경된 경우 기체가 어떻게 반응하는지 확인하고자 실험을 수행할 것임을 안내한다.
- ② 실험을 수행하기 전에 활동지의 내용을 살펴보고 예측 내용을 가능한 상세하게 작성하도록 한다.
- ③ 학생에게 풍선이 부풀고 꼭 조여 밀폐되어 있으며 빨대가 좌측을 20도 각도로 기울면서 빨대를 통해 공기가 강제 배출되었을 때 기체가 어떻게 될지를 예측하도록 한다.
- ④ 학생들에게 실험을 수행하도록 하고 자신의 관찰 내용을 활동지에 기록하도록 한다.
- ⑤ 이번에는 빨대를 우측으로 20도 구부린 상태에서 실험을 반복한다. 예측한 내용을 먼저 기록하도록 한다.
- ⑥ 다음으로 빨대가 20도 위를 향한 후 다시 아래로 구부러지도록 실험을 실시한다. 빨대를 상하 이동할 때 학생들은 끈을 전혀 사용하지 않고 조종석 근처를 손가락으로 잡고 기체를 고정해야 한다. 학생에게 풍선이 부풀기 전과 풍선에 바람이 빠지는 동안 기체가 어떻게 구부러지는지 관찰하도록 한다. 이 두 실험에서 움직임은 매우 작으나 자세히 관찰하면 탐지할 수 있으니 관찰에 주의를 기울이도록 한다.
- ⑦ 각 모둠의 실험 결과를 토의하게 하며 예측한 내용과 비교해보도록 한다.

❖ 결과 분석(참고사항)

※ 왜 20°인가?

F-15 ACTIVE에 장착되어있는 추력방향전환 노즐은 총 2개이며, 노즐을 이용하여 추력은 어느 방향이든 20° 각도로 방향전환 할 수 있다.



- 빨대를 좌측 20°로 기울였을 때, 빨대를 우측 20°로 기울였을 때
- ▶ 이 경우에는 비행기는 Roll 회전 (세로축 회전)이 일어남.
- 빨대를 위로 20°로 기울였을 때 / 빨대를 아래로 20°로 기울였을 때
- ▶ 이 경우에는 비행기는 Pitch 회전 (가로축 회전) 이 일어남.



심화학습

- 본 차시에서는 한 개의 풍선 엔진을 장착하여 실험하였으나, 두 개의 풍선 엔진을 제작하여 F-15 모형에 장착한 후, 추력 방향 전환을 재현한다.



지도상 유의점

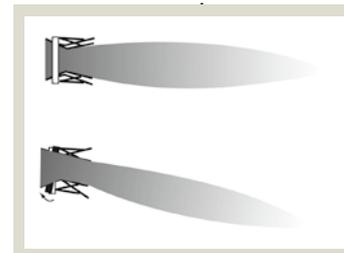
- 두 사람이 한 모둠을 이루어 학습하는 것이 효과적이다.
- 본 학습은 크게 두 부분으로 나누어 이루어진다. 1부는 F-15 모형에 풍선 엔진을 만들어 부착하는 활동이며, 2부는 학생들이 플라스틱 빨대를 여러 방향으로 구부려보는 활동을 통해 추력의 방향전환과 비행기 이동과의 관계를 알아보게 한다.
- 비행기의 세 가지 축 회전에 대한 언급은 '읽을거리'로 간단히 제시하고, 너무 자세하게 다룰 필요는 없다.
- 이번 활동에서는 예측, 자료 수집, 결과 분석의 과정을 강조한다.



【읽을 거리】

추력 방향전환노즐

엔진에서 발생하는 추력 각도를 조종하고 방향을 조종하는 것을 추력편향이라고 한다. 이는 F-15 ACTIVE의 연구 프로젝트 용도이다. 추력 편향은 미래의 항공기를 보다 기동력 있고 연료 효율적으로 만든다. 현재 추력은 어느 방향이든 20° 각도로 편향할 수 있다. 또한 두 개 엔진은 서로 독립적으로 기능하며 노즐 추력의 각도가 동시에 다른 방향이 될 수 있음을 의미한다. 따라서 비행기의 Pitch(가로축 회전), Roll(세로축 회전) 회전을 이와 같이 조종할 수 있는 것이다. 이는 뉴턴의 제 3의 운동 법칙을 적용한 것이다.





추력과 비행기의 방향전환

학년 반 이름

도전과제

F-15 Active 모형에 풍선 엔진을 장착하여 추력의 방향전환이 비행기의 이동에 미치는 영향을 알아봅시다!



에어쇼에서 제트기가 공중곡예를 하는 것을 본 적이 있나요?

보기만 해도 아찔하게 왼쪽 좌우상하로 제트기가 자유자재로 움직이는 모습에 사람들은 감탄합니다. 이처럼 제트기가 엔진을 이용해서 앞으로 나아가는 힘인 추력의 방향을 어떻게 전환한 것일까요?

이번 차시에서 우리는 F-15 ACTIVE 모형에 풍선 엔진을 장착하여 추력의 방향을 결정하는 요인에 대해서 알아봅시다.



이것이 필요해요

두꺼운 카드지에 복사한 F-15 ACTIVE 모형 1개, 풍선 1개, 빨대 1개, 고무튜브 1개(예: 수조튜브), 고무밴드 1개, 가위, 테이프, 20cm 끈 3개



핵심 단어

- F-15 ACTIVE(Advanced Control Technology for Integrated Vehicle) : NASA에서 통합기체를 위한 첨단 제어 기술 연구를 위해 만든 시범 연구용 비행기
- 노즐 : 가스가 배출되는 제트 엔진 배기관의 후부. 조종사는 노즐에서 가스를 배출시키는 면적을 감소시켜 배출 가스의 속도 및 내부 배기관의 온도를 유지, 노즐의 각도와 방향을 변화시켜 추력의 방향전환을 가능하게 함

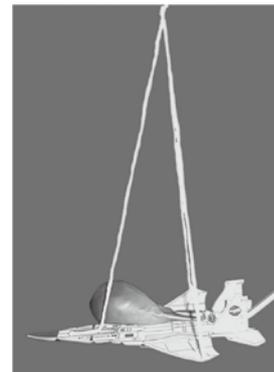


1. F-15 ACTIVE에 풍선 엔진 장착하기

활동 내용

❖ 활동 순서

1. F-15 ACTIVE 모형을 준비합니다.
2. 빨대의 구부러지는 부분과 빨대의 끝 사이에 약 2.5cm가 되도록 빨대를 자릅니다.
3. 빨대의 한쪽 끝을 조금 가른 뒤, 고무튜브 한쪽 끝을 갈라진 빨대 끝으로 조심스럽게 삽입합니다.
4. 고무 튜브를 끼운 빨대의 끝에 풍선 입구를 밀어 넣습니다.
5. 풍선, 빨대 및 고무 튜브에 고무 밴드를 감습니다. 이때 완전 밀폐되어 풍선이 부풀 수 있도록 주의합니다.
6. 빨대의 구부러지는 부분이 기체의 가장자리 아래쪽으로, 풍선은 기체의 중앙에 위치하게 한 뒤, 고무 밴드가 있는 부분을 테이프로 고정시킵니다.
7. 가위를 사용하여 조종석이 있는 기체 주변에 한 개의 구멍을 뚫고, 양 날개의 끝 부분과 가까운 곳에도 구멍을 한 개씩 뚫습니다.
8. 세 개의 끈을 각각의 구멍에 통과시킨 뒤 기체 아래에 매듭을 묶어 풀어지지 않도록 합니다. 나머지 고정되지 않은 세 끈의 끝을 모아 기체가 수평을 유지하도록 조정하여 함께 묶거나 테이프를 부착합니다.



2. 추력과 비행기의 방향전환

생각해요

- 풍선 엔진에서 빨대는 비행기의 어느 부분을 나타내는 것일까요?
-
- 풍선 엔진에서 빨대가 다음과 같은 방향으로 기울어졌을 때 기체가 어떻게 반응할지 예측해봅시다.
- ① 좌측으로 20도 방향
-

② 우측으로 20도 방향

③ 위쪽으로 20도 방향

④ 아래쪽으로 20도 방향



활동 내용

❖ 결과 분석

풍선 엔진에서 빨대는 F-15 ACTIVE 제트기의 추력방향전환노즐입니다. 다양한 방향으로 빨대를 기울여보면서 추력방향전환노즐과 추력과 비행기의 이동방향의 관계를 정리해봅시다.

① 빨대를 좌측 20°로 기울였을 때

② 빨대를 우측 20°로 기울였을 때

③ 빨대를 위로 20°로 기울였을 때

④ 빨대를 아래로 20°로 기울였을 때



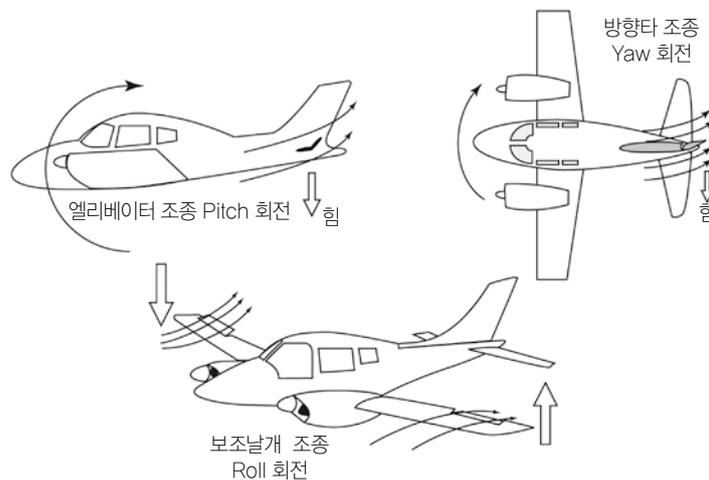
⑤ 예측한 내용이 결과와 일치합니까?

⑥ 왜 그런가요? 또는 왜 그렇지 않은가요?

읽을 거리

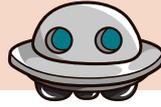
❖ 비행기의 3가지 축 회전

1. 피치 (Pitch: 가로축 회전) - 비행기의 기수가 위아래로 움직이는 동작으로, (엘리베이터)승강기로 제어할 수 있습니다.
2. 롤 (Roll: 세로축 회전) - 비행기를 좌우로 선회시키는 동작으로 에일러론(보조 날개)으로 제어됩니다.
3. 요 (Yaw: 수직축 회전) - 비행기를 한쪽으로 기울이는 동작으로 러더(방향키)에 의해 제어됩니다.



❖ 3가지 축 회전을 제어하는 기관

1. 엘리베이터(승강기) - 꼬리 부분의 수평 부위로, 위아래로 움직여서 비행기의 Pitch를 제어한다.
2. 에일러론 - 날개 후방모서리의 바깥쪽 표면으로 위아래로 움직여서 비행기의 롤을 제어하고 날개를 기울여 기체가 선회하게 한다.
3. 러더(방향키) - 보통 수직 안정판에 경첩으로 부착되어 있는 부위로 비행기를 좌우로 이동시키는 Yaw에 사용된다.



양력과 중력의 균형을 이용하여 움직이는 무게 중심을 찾는 것은 비행기에서 매우 중요하다. 따라서 이번 차시에서는 F-15 ACTIVE 도면에서 무게 중심을 찾고, 무게 중심과 비행기의 회전의 관계에 대하여 이해하는 내용을 담고 있다.



학습 목표

- 무게중심 공식을 이용하여 F-15 ACTIVE 모형의 무게중심을 찾을 수 있다.
- 무게 중심과 추력 방향전환, 가로축 회전(Pitch) 및 수직축 회전(Yaw)과의 관계를 이해할 수 있다.



해당 학년

중학교 2~ 3학년



소요 시간

60분



이것이 필요해요

[활동 1-무게중심 확인하기]

F-15 종이모형, 미터자 1개, 계산기

[활동 2-무게중심과 회전의 관계]

F-15 종이모형, F-15 및 엔진의 평면도와 측면도, 가는 못 4개, 가위

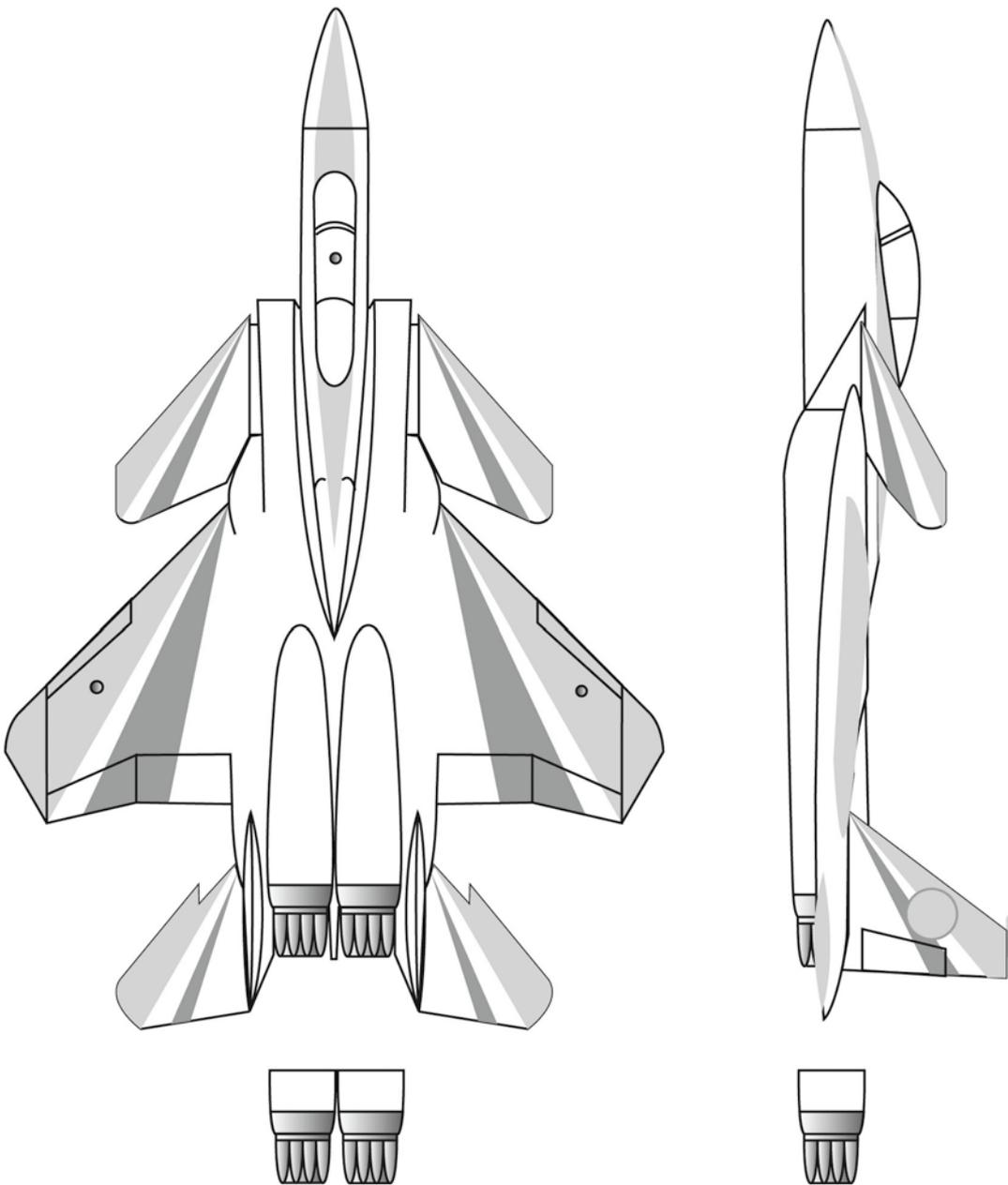


이렇게 준비해요

F-15 종이모형은 2차시에서 사용하였던 모형을 복사해서 사용하고, F-15 및 엔진의 평면도와 측면도는 다음 쪽의 그림을 복사해서 사용한다.



【F-15 및 엔진의 평면도와 측면도】





핵심 단어

- 피치(Pitch 가로축회전) : 비행기가 위아래로 움직이는 것(엘리베이터로 제어)
- 롤(Roll 세로축회전) : 비행기를 좌우로 선화하는 것(에일러론으로 제어)
- 요(Yaw수직축회전) : 비행기를 좌우로 기울이는 것(러더에 의해 제어)
- 엘리베이터 : 꼬리 부분의 수평 부위로, 위아래로 움직여 Pitch를 제어
- 에일러론 : 날개 후방 모서리의 바깥쪽 표면으로, 위아래로 움직여서 Roll을 제어
- 러더 : 보통 수직 안정판에 경첩으로 부착되어 있는 부위로 Yaw를 제어



활동 순서

❖ 활동 과정 1-무게중심 확인하기

1. 학생들에게 손가락 위에 자를 올리고 수평을 이룰 때까지 자를 앞뒤로 움직이며 균형을 맞추도록 한다. 이 것이 물체의 무게 중심을 찾는 한 가지 방법임을 설명한다.
2. 엔지니어가 비행기의 무게 중심을 어떻게 찾을 수 있는지 질문을 던진 후, 제시된 공식을 사용하여 무게 중심을 계산하도록 유도한다.
3. 활동지에 적힌 내용과 교사의 설명을 바탕으로 순차적으로 학생들은 F-15 ACTIVE의 길이를 재고 (단위는 mm) 계산하여 무게 중심을 구하여 큰 점으로 표시하게 한다.

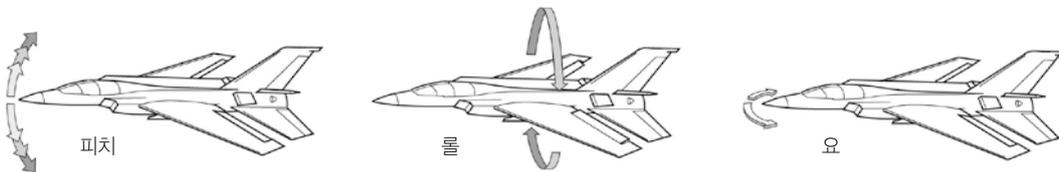
❖ 활동 과정 2-무게중심과 회전과의 관계

1. 이전 차시에서 추력이 좌우 방향일 때 꼬리와 노즐이 움직인 방향을 토의하게 한다. 이것이 수직축 회전(Yaw)임을 알게 한다.
2. 학생들에게 비행기를 직접 손으로 잡고 움직이게 하여, 수직축 회전을 이해하고 있는지 점검한다.
3. 조종사가 측면 바람 착륙 시 수직축 회전을 변경함을 설명한다. 바람이 활주로 옆에서 불어오는 경우 조종사는 수직축 회전을 바꾸어 기체가 가로 방향의 풍력을 보정해야 한다. 이렇게 하면 조종사가 안전하게 착륙할 수 있다.
4. 이전 차시에서 추력이 상하 방향일 때 꼬리가 움직인 방향을 토의한다. 이것이 가로축 회전(Pitch)임을 알게 한다. 가로축 회전 또한 기체 노즐이 움직임을 조종한다. 기체의 꼬리가 위로 움직이면 노즐은 아래를 향한다. 기체의 꼬리가 아래로 움직이면 노즐은 위를 향한다. 하지만 노즐로 기체를 지탱해야 하므로 이전 차시에서 학생들은 이러한 노즐의 움직임을 볼 수 없었음을 염두에 두고 지도한다.
5. 학생들에게 비행기를 잡고 움직이게 하여 가로축 회전(Pitch)을 이해하고 있는지 점검한다.
6. 조종사는 비행기의 공격 각도를 변경할 때 가로회전축을 바꾸어 날개에서 발생하는 양력의 정도를 조정한다.

다고 설명한다.

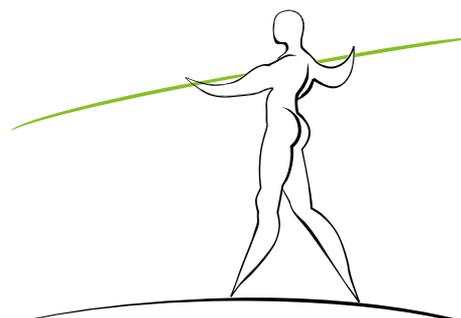
7. 작은 F-15 평면도 및 측면도에 무게 중심을 표시한다.
8. F-15 모형의 그림과 엔진을 자른다.
9. 각 도면에서 한 개의 가는 못을 사용하여 비행기에 엔진을 부착한다. 비행기의 엔진 부분과 엔진 영역에 있는 점에 가는 못을 박는다. 이는 F-15ACTIVE의 추력 방향전환을 재현한 것이다.
10. 나머지 못을 이용하여 각 비행기 무게 중심에 가는 못을 박은 후 활동지에 박아 자른 부분을 부착한다.
11. 각 도면에 라벨을 부착하여 가로축 회전(Pitch) 또는 수직축 회전(Yaw)을 표시하고 그 용도를 설명한다.

❖ 비행기의 방향전환 (모범답안)



지도상 유의점

- 본 차시는 개별학습으로 매우 효과적이나 제작 과정에서는 학생들이 서로 도울 수 있도록 구성한다.
- 이 수업은 크게 두 부분으로 나누어 진행할 수 있다.
- 1부에서 학생들은 평균 날개 시위 공식에 따라 무게 중심의 위치를 계산할 수 있다.
- 2부에서는 F-15의 기체 그림에 무게 중심의 위치를 표시하여, 클립을 사용하여 25%의 날개 시위 시점에서 기체가 균형을 이루었는지 확인하는 활동 후 무게중심, 가로축 회전(Pitch) 및 수직축 회전(Yaw)에 관하여 토론을 하도록 하여 과학적 사고를 촉진시킨다.
- 2부에서 학생들은 보다 작은 그림에 무게 중심을 표시하고 기체와 엔진의 두 개 그림을 오려낸 후 활동지에 붙이게 된다.
- 모든 활동이 끝난 후, 학생들이 제시된 2개의 사진에 가로축 회전(Pitch) 및 수직축 회전(Yaw), 무게중심의 위치에 올바르게 라벨을 붙이는 활동을 통해 평가할 수 있다.





무게 중심 확인하기

학년 반 이름

도전과제

비행기의 무게 중심을 구하는 공식에 따라 무게중심을 찾아봅시다.



모든 물체에는 중심이 있습니다. 우리는 이것을 무게 중심이라고 하지요? 여러분들이 가지고 있는 학용품 중 하나를 손가락 위에 올리고 수평을 이룰 때까지 앞으로 움직이며 균형을 맞추어 보세요. 이것이 바로 물체의 무게 중심을 찾는 한 가지 방법입니다. 그렇다면 엔지니어들은 비행기의 무게 중심을 어떻게 찾을까요? 선생님의 안내를 따라 엔지니어처럼 종이모형 비행기의 무게 중심을 계산해봅시다.



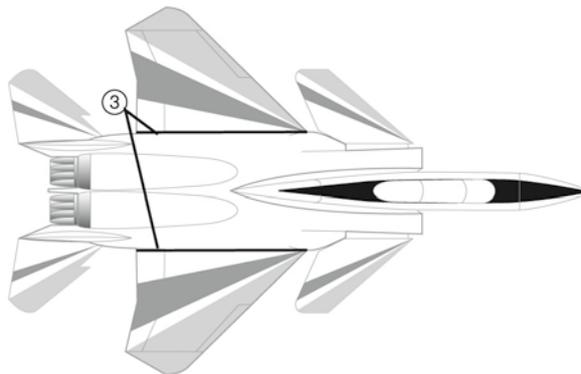
이것이 필요해요

F-15 ACTIVE 종이모형, 미터자 1개, 계산기

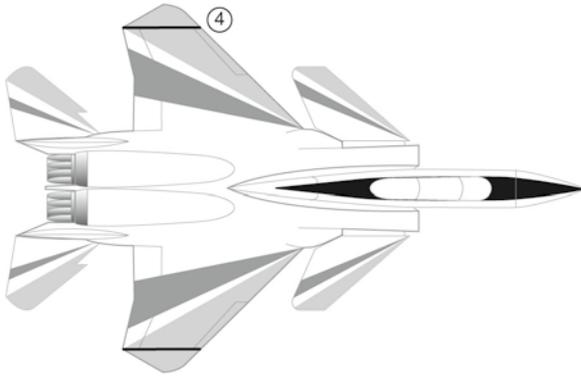


활동 내용

1. F-15 종이모형에서 기체 옆의 날개폭(㉓)을 측정합니다. (단위: mm)



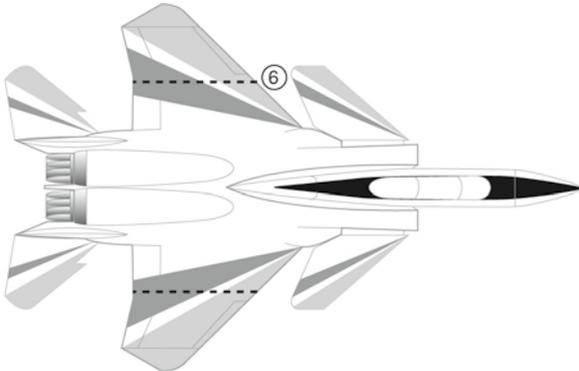
2. 종이모형의 날개 끝 쪽의 폭(④)을 측정합니다. (단위: mm)



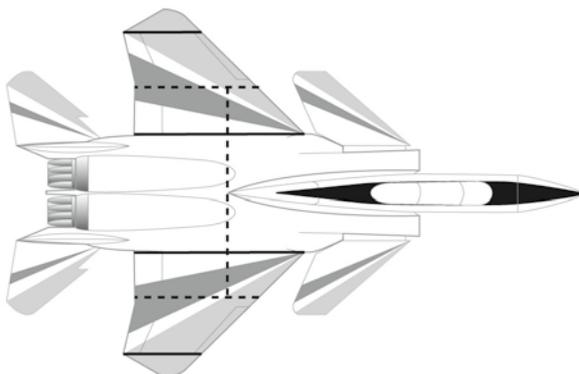
3. ③과 ④의 측정치를 더한 다음, 결과를 2로 나눕니다. 이것이 평균 날개 시위가 됩니다.

$$\text{평균 날개 시위} = (\text{③} + \text{④}) \div 2$$

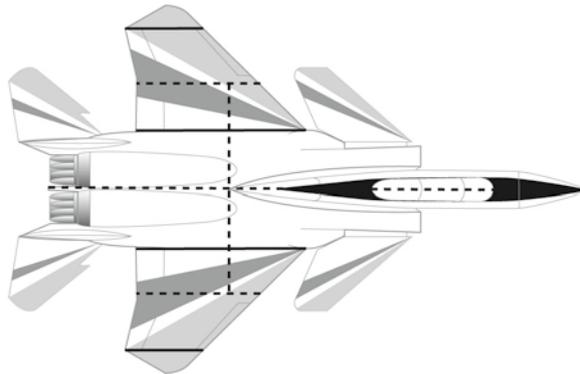
4. 자를 사용하여 평균 날개 시위의 폭과 일치하는 날개부위를 찾아 기체와 평행하게 선(⑥)을 그립니다.



5. 날개의 앞쪽에서부터 날개 시위 길이의 25%가 되는 지점을 점으로 표시한 뒤, 선으로 두 개점을 연결합니다.

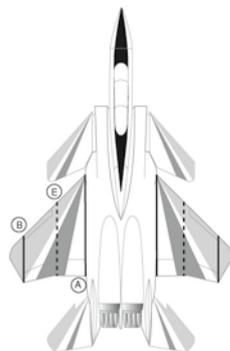


2. 6. 기체의 중심을 세로로 반으로 접습니다. 가운데 세로로 접힌 부분과 날개 시위를 연결한 선이 만나는 지점에 큰 점을 찍는다. 이것이 무게 중심입니다.



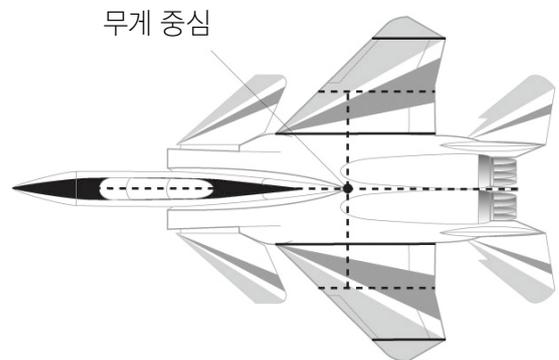
❖ 활동 과정 1-무게중심 확인하기

1. 활동 순서에 따라 F-15ACTIVE 종이모형의 무게 중심을 구하는 데 필요한 길이를 측정하여 기록해봅시다. (단위: mm)



- A. 기체 옆 _____ mm
 B. 날개 끝 _____ mm
 C. A와 B의 합 _____ mm
 D. C를 2로 나누기 ÷ 2
 E. 평균 날개 시위 _____ mm
 F. 평균 날개 시위의 25% × 0.25
 G. 정답 _____ mm

2. 평균 날개 시위를 표시한 두 지점에서 날개 앞 가장자리에서부터 G에서 구한 거리만큼의 거리에 점을 찍습니다. 선으로 이 두 점을 연결합니다. F-15 기체를 세로로 절반 접어 중심축을 확인합니다. 접힌 부분과 25%표시를 연결한 선이 교차되는 지점이 F-15의 ACTIVE의 무게중심위치입니다. 여기에 큰 점을 찍습니다.



무게 중심과 회전

학년 반 이름

Fly a plane

도전과제

무게 중심과 추력 방향전환, 가로축 회전(Pitch) 및 수직축 회전(Yaw)과의 관계를 파악해봅시다.



비행기의 무게 중심을 매우 중요합니다. 왜냐하면 비행기는 양력과 중력의 균형을 이용하여 움직이기 때문이지요. 만약 비행기의 무게중심과 양력의 중심이 일치하지 않으면 비행기는 기울어지게 됩니다. 따라서 조종사가 비행기를 회전시키고 싶을 때에는 기체를 기울이면 비행기가 회전을 하게 되는 것입니다. 이번 차시에서는 무게 중심과 회전의 관계에 대하여 자세히 알아보도록 합시다.



이것이 필요해요

F-15 ACTIVE 종이모형, F-15 ACTIVE 엔진의 평면도와 측면도, 가는 못 4개, 가위



핵심 단어

- 피치(Pitch 가로축회전) : 비행기가 위아래로 움직이는 것(엘리베이터로 제어)
- 롤(Roll 세로축회전) : 비행기를 좌우로 선화하는 것(에일러론으로 제어)
- 요(Yaw수직축회전) : 비행기를 좌우로 기울이는 것(러더에 의해 제어)
- 엘리베이터 : 꼬리 부분의 수평 부위로, 위아래로 움직여 Pitch를 제어
- 에일러론 : 날개 후방 모서리의 바깥쪽 표면으로, 위아래로 움직여서 Roll을 제어
- 러더 : 보통 수직 안정판에 경첩으로 부착되어 있는 부위로 Yaw를 제어



생각해요

- 다음의 내용을 읽고 비행기와 다른 자동차와 배의 회전 또는 방향 전환의 차이점을 찾아봅시다.

자동차의 핸들을 돌리면 차량의 방향을 바꿀 수 있고, 배는 키를 사용하여 방향을 합니다. 자전거는 손잡이를 돌리고 체중을 그쪽으로 옮겨 통제할 수 있으며 대부분의 육상, 해상 운송 수단은 앞부분을 좌우로 돌려 방향을 통제합니다. 이와 같이 하나의 축에서의 회전 또는 방향전환을 요(Yaw)라고 합니다.



활동 내용

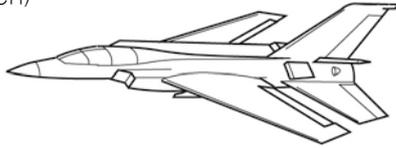
❖ 비행기의 방향전환

1. F-15 ACTIVE 모형을 준비합니다.

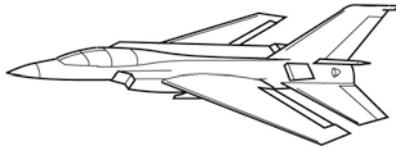
비행기의 비행은 3개의 회전 또는 이동 축을 조종해야 합니다. 이 때, 비행기를 기수를 좌우로 움직이는 것을 요(Yaw), 위아래로 회전하는 것을 피치(Pitch), 동체를 좌우로 회전하는 것을 롤(Roll)이라 합니다.

- 다음의 제트기가 회전하는 방향을 화살표로 표시해 봅시다.

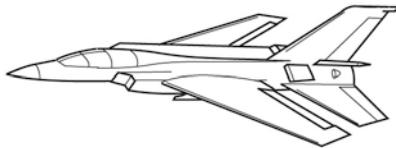
1. 피치 (Pitch)



2. 롤 (Roll)



3. 요 (Yaw)



❖ 활동 순서

1. F-15 ACTIVE 평면도 및 측면도에 큰 점으로 무게 중심을 표시합니다.
2. F-15 ACTIVE 그림과 엔진을 자릅니다.
3. 각 도면에서 한 개의 가는 못을 사용하여 기체에 엔진을 달아줍니다.
4. 나머지 못을 이용하여 각 비행기의 무게 중심에 박은 후 활동지에 부착합니다.
5. 기체에 가로축 회전(Pitch) 및 수직축 회전(Yaw)을 재현한 모습을 활동지에 붙이고 설명합니다.



❖ **결과 분석**

* 가로축 회전 (Pitch)

• 가로축 회전이 항공기의 비행에 주는 영향 :

* 수직축 회전 (Yaw)

• 수직축 회전이 항공기의 비행에 주는 영향 :



오랫동안 비행기의 연료효율을 개선시켜 경제성을 높이고자 하는 연구가 계속되어왔고 현재도 진행되고 있다. 이번 차시에서는 학생들이 F-15 ACTIVE의 추력방향전환이 연료효율 개선에 어떠한 영향을 주는지 알아보는 활동으로 구성되었다.



학습 목표

- 꼬리부가 제거된 경우 F-15 ACTIVE의 추력/항력의 그래프를 그릴 수 있다.
- 꼬리부가 제거된 경우 F-15 ACTIVE의 추력/항력의 그래프를 해석하여 연료 효율에 관한 결과를 표시할 수 있다.



해당 학년

중학교 2~3학년



소요 시간

60분



이것이 필요해요

색연필, 직선 모서리, 계산기



핵심 단어

- **추력** : 비행기가 공기를 가로질러 앞으로 미는 힘
- **항력** : 물체가 물이나 공기와 같은 유체를 가로질러 움직일 때 그 운동에 저항하는 힘. 항력은 추력의 반대 방향으로 작용함



활동 순서

1. 학생들에게 추력과 항력의 개념을 설명한다.
 - 추력 - 물체를 앞으로 미는 힘
 - 항력 - 속도를 낮추거나 뒤로 미는 힘
2. 지금까지 해왔던 NASA의 F-15 ACTIVE 프로젝트와 관련된 활동을 통해 추력 및 항력을 어떻게 검증



하였는지 질문한다. 이 때 학생들의 대답한 개념은 학생들이 활동을 통해 주관적으로 관찰한 것임을 주의해야 한다.

3. 학생들이 가지고 있던 주관적인 추력과 항력에 대한 개념에 대하여 정확한 지식을 가지게 한다. 즉, 본 활동을 통하여 학생들은 추력과 항력 계산 방법을 학습하고 연료 효율에 대한 결론을 얻을 수 있어야 한다.
 - ※ 주의 : 과학적 계산은 매우 정확해야 하나, 본 활동에서 항력 계수에 사용된 수치는 실제 수치보다 훨씬 더 크다. 실제로 사용되는 수치는 활동에 사용된 수치의 2%에 불과하나, 이 수치로 계산을 하였을 때 학생들이 너무 작은 수치로 느끼기 쉽다. 따라서 본 활동에서 정확성은 학생들이 제시된 개념을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 희생한다.
4. 비행기가 안정된 상태로 비행하기 위해 엔진에서 발생하는 추력 정도는 기체에서 발생하는 항력의 정도와 동일해야 한다. (추력 = 항력)
 - 추력이 항력보다 큰 경우에는 어떻게 될까요?
 - 추력이 항력보다 작은 경우에는 어떻게 될까요?
5. 이 등식을 칠판이나 벽에 붙인다.

$$\text{항력} = K \times C_D \times V^2$$

- $K = 1.06$ (해수면에서 비행 시 계산된 상수의 수치는 항공기의 날개 면적이 바뀔 때 달라진다.)
- $C_D =$ 항력 계수 (꼬리가 있을 경우 0.02, 꼬리가 없을 경우에는 0.01로 가정)
- $V =$ 초속 피트 단위의 기체 속도

F-15의 항력 계수는 꼬리가 있을 경우 0.02이고 꼬리가 없을 경우 0.01로 가정한다. 학생들이 관련된 대수학을 이해할 수 있도록 다양한 속도에서 꼬리 유무에 따라 변화되는 항력 계수로 학생들과 7가지 예시를 학습한다.

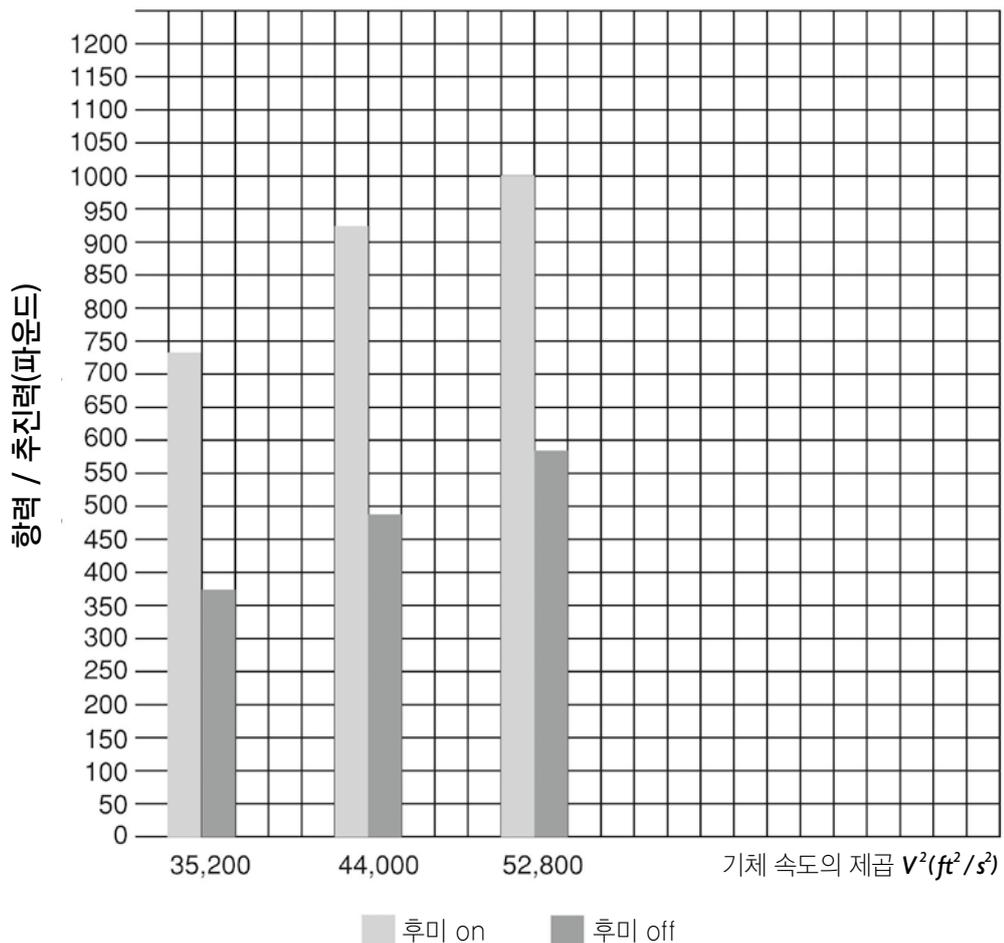
6. 직선 및 수평 비행에만 집중하도록 설명한다. 이는 추력의 정도가 항력 정도와 동일함을 의미한다. 따라서 추력 계산 시 항력과 동일한 등식을 사용할 수 있다.
7. 학생들에게 3가지 다른 속도에서 필요한 추력을 계산하도록 한다. (공식에서 V^2 의 예: $35,200 \text{ ft}^2/\text{sec}^2$, $44,000 \text{ ft}^2/\text{sec}^2$ 및 $52,800 \text{ ft}^2/\text{sec}^2$) 또 꼬리가 있을 때(항력 계수=0.02)와 꼬리가 없을 때 (항력 계수= 0.01) 추력을 계산하도록 한다.
8. 그래프에서 세로축(y축)은 추력이고, 가로축(x축)은 각 막대의 라벨을 위한 것이다. 이중 막대그래프의 전체 3가지 세트는 원하는 경우 축의 한 개 세트에서 수행할 수 있다. 막대의 색상은 꼬리가 있을 경우의 한 개 색상과 꼬리가 없을 경우 다른 색상으로 두 가지를 사용해야 함을 알려준다. 또한 계산 결과를 토대로 세로축 간격을 설정하는 방법을 알려준다.

❖ F-15 ACTIVE의 추력/항력 표로 나타내기(정답)

꼬리가 있을 때	꼬리가 없을 때
$C_D = 0.02$	$C_D = 0.01$
$T_1 = 1.06 \times 0.02 \times 35,200$ = 746.24 lbs	$T_1 = 1.06 \times 0.01 \times 35,200$ = 373.12 lbs
$T_2 = 1.06 \times 0.02 \times 44,000$ = 932.81 lbs	$T_2 = 1.06 \times 0.01 \times 44,000$ = 466.41 lbs
$T_3 = 1.06 \times 0.02 \times 52,800$ = 1119.36 lbs	$T_3 = 1.06 \times 0.01 \times 52,800$ = 559.68 lbs

❖ F-15 ACTIVE의 추력/항력 막대그래프(정답)

다음은 학생용 활동지에 제시되어 있는 막대그래프의 정답이다.





심화학습

1. 속도 V 를 초속 미터에서 시속 킬로미터로 변환하여 계산하기

$$V \times \frac{3600\text{초}}{1\text{시간}} \times \frac{1000\text{미터}}{1\text{킬로미터}}$$

2. 속도 V 를 시속 킬로미터에서 초속 미터로 변환하여 계산하기

$$V \times \frac{1\text{시간}}{3600\text{초}} \times \frac{1\text{킬로미터}}{1000\text{미터}}$$



지도상 유의점

- 본 활동은 학생이 개별적으로 학습할 때 가장 효과적이나 서로 도움을 줄 수 있다.
- 본 활동은 두 개의 부분으로 나누어 진행한다.
- 1부에서는 학생들은 항력에 대한 공식을 사용하여 꼬리부가 있을 때와 없을 때의 F-15 ACTIVE간 항력 차이를 계산한다.
- 2부에서는 학생들은 작성한 그래프를 기준으로 꼬리 유무에 따른 연료 효율에 관한 결론을 도출하게 된다.
- 본 활동은 정확한 계산, 그래프 작성, 그래프 정보 분석, 그래프 정보에 따른 결론 도출을 강조한다.
- 이 차시에서는 고도계에서 미터가 아닌 피트가 표시되는 항공 단체의 표준 규칙을 감안하였음을 염두에 두고 지도한다.





【읽을 거리】

추력방향전환과 연료효율

추력 방향 전환의 장점은 연료 효율 증가로 비용을 절감할 수 있다는 것이다. 추력 방향전환을 통해 수직 및 수평 꼬리의 일부 또는 전체를 제거할 수 있다. 이를 통해 항공기의 중량이 감소하는 동시에 항력의 양이 줄어든다. 항력이 감소하면 항공기 운항 시 소요되는 추력의 양 또한 감소하여 필요한 연료량이 줄어든다. 항력은 다음 공식을 이용하여 계산한다.

$$\text{항력} = K \times C_D \times V^2$$

- $K = 1.06$ (해수면에서 비행 시 계산된 상수의 수치는 항공기의 날개 면적이 바뀔 때 달라진다.)
- C_D = 항력 계수 (꼬리가 있을 경우 0.02, 꼬리가 없을 경우에는 0.01로 가정)
- V = 초속 피트 단위의 기체 속도

* 이상적인 조건에서 직선 및 수평 비행을 할 경우 바람이 없고, 가속이나 감속이 없을 때 추력을 항력과 동일하다.



Fly a plane





연료효율

학년 반 이름

도전과제

F-15 ACTIVE의 꼬리가 있을 때와 없을 때의 항력을 비교하고 추력과 연료효율의 관계에 대하여 알아보시다.



하늘을 날고자했던 인류의 꿈은 비행기의 발명으로 이루어졌습니다. 그 후에도 인류는 더 높이, 더 빨리, 더 경제적인 비행기를 만들고자 오랜 세월동안 연구를 멈추지 않았습니다. F-15 ACTIVE는 추력 방향전환으로 당시의 비행기에 비해 연료의 효율이 개선된 제트기였습니다. F-15의 꼬리가 있을 때와 없을 때의 항력을 비교해보고 추력편향과 연료효율의 관계를 알아보시다.



이것이 필요해요

그래프 용지, 색연필, 직선 모서리, 계산기



핵심 단어

- **추력** : 비행기가 공기를 가로질러 앞으로 미는 힘
- **항력** : 물체가 물이나 공기와 같은 유체를 가로질러 움직일 때 그 운동에 저항하는 힘. 항력은 추력의 반대 방향으로 작용함





활동 내용

❖ F-15 ACTIVE의 추력/항력 표로 나타내기

- 다음은 항력을 구하는 공식입니다. 공식을 보고 꼬리가 있을 때와 없을 때의 항력을 계산기를 이용하여 표로 나타내 봅시다.

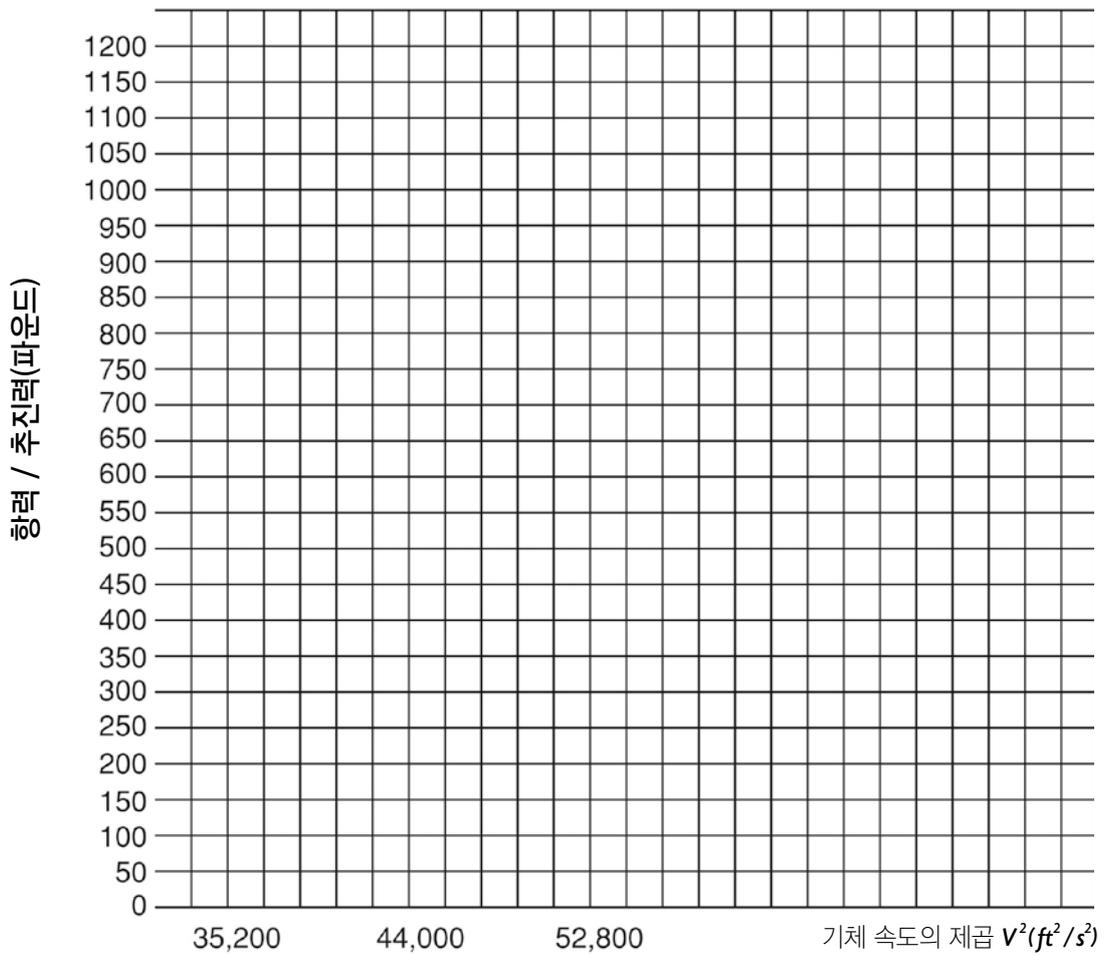
항력을 나타내는 공식	
$\text{항력} = K \times C_D \times V^2$	
<ul style="list-style-type: none"> • $K = 1.06$ (해수면에서 비행 시 계산된 상수의 수치는 항공기의 날개 면적이 바뀔 때 달라진다.) • $C_D =$ 항력 계수 (꼬리가 있을 경우 0.02, 꼬리가 없을 경우에는 0.01로 가정) • $V =$ 초속 피트 단위의 기체 속도 	

꼬리가 있을 때	꼬리가 없을 때
$C_D = 0.02$	$C_D = 0.01$
$T_1 =$	$T_1 =$
$T_2 =$	$T_2 =$
$T_3 =$	$T_3 =$



❖ F-15 ACTIVE의 추력/항력 그래프로 나타내기

- 비행기의 꼬리가 있을 때와 없을 때의 항력을 구한 표를 바탕으로 그래프로 나타내 봅시다.
- (※ 그래프로 나타낼 때에는 꼬리가 있을 때에는 **빨간색**, 꼬리가 없을 때에는 **파란색**으로 나타내도록 합니다.)



❖ 결과 분석

- 그래프를 사용하여 추력 방향전환과 연료 효율의 관계를 생각하며 질문에 답해봅시다.

1. 꼬리가 있거나 꼬리가 없는 경우, 어떠한 상황에서 가장 많은 추력이 필요한가요?

2. 어떠한 상황에서 항력의 정도가 가장 작은가요?



3. 추력이 증가할 때 필요한 연료의 양은 어떻게 되나요?

4. 어떠한 상황에서 연료 효율이 가장 높을까요? 연료효율이 가장 낮을까요?

5. 어떠한 상황에서 비행 조종을 위해 추력방향전환이 필요할까요?

6. 지금까지 답한 내용을 토대로 추력방향전환의 연료 효율에 관한 결론은 무엇인지 친구와 토의해봅시다.



1 단원 소개

이 단원에서는 비행에서 중요하게 작용하는 인간의 감각 중 하나인 평형감각에 대한 내용을 다루고 있다.

크게 두 개의 차시로 나누어져 있는데, 첫 번째 차시에서는 평형감각을 관장하는 전정계의 반고리관과 전정기관인 소낭과 난형낭에 대한 해부학적, 생리학적인 내용을 다루고 있다. 두 번째 차시에서는 비행사들이 다양한 비행 상황에서 겪는 전정계로 인한 비행 착각을 학생들이 직접 경험할 수 있는 실험 내용을 구성하였다. 학생들은 전정계의 비행 착시 현상을 위해 과학자들이 제작한 Barany Chair를 이용하여 비행 착각을 이해할 수 있게 된다.

2 주제 안내

순	주 제	대상학년	소요시간
1	전정계의 평형감각	중 1~2학년	60분
2	비행착각	중 1~2학년	60분

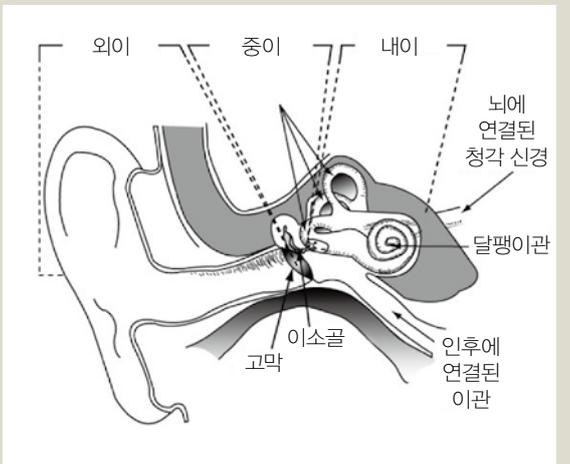
3 지도상 유의점

* Barany Chair의 체험 활동 시, 안전 지도에 유의하도록 한다.

4 배경 지식

:: 귀

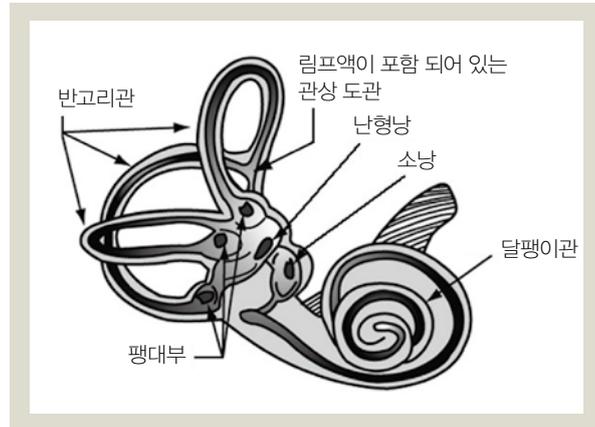
귀는 다음과 같이 외이, 중이, 내이로 구분할 수 있다. 신체 외부에서 이도를 통해 고막(귀청)까지 이어지는 외이, 세 개의 작은 뼈가 포함되어 있고 고막과 달팽이관 사이에 음향을 전달하고 증폭시키는 중이, 달팽이관 전정계로 구성된 내이가 이에 해당한다.

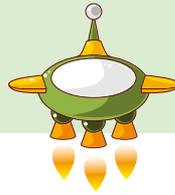




:: 전정계

전정계는 균형, 운동 및 신체 위치의 감각에 핵심이 되는 요소로 소낭과 난형낭이라고 하는 두 개의 막성 구조에 연결된 세 개의 반고리관으로 구성되어 있다. 소낭과 난형낭은 대개 전정기관이라고 한다. 전정기관이 있어 선가속도의 방향과 속도 및 머리의 위치(경사)를 느낄 수 있으며, 반고리관을 통해서도 각가속도의 방향과 속도를 느낄 수 있다.





비행에서 가장 강력한 영향을 끼치는 인간의 감각들 중 하나가 전정계의 평형감각이다. 우주 비행사는 우주의 마이크로중력 환경에서 처음 며칠간 어지럼증과 방향감각의 상실을 경험하기도 하고, 귀환한 뒤에는 서서 똑바로 걸어가거나 시선을 안정적으로 유지하는 데에 어려움을 겪기도 한다. 이러한 현상 모두가 우리 몸의 전정계의 평형감각과 관련된 것이다.

본 단원에서는 항공 분야에서 매우 중요하고 흥미로운 인간의 전정계의 해부학 및 생리학에 대한 내용을 다루고 있다. 학생들은 이 단원을 공부하면서 전정계의 생리학을 보다 잘 이해하게 될 것이다.



학습 목표

- 전정계의 평형감각을 맡고 있는 반고리관과 전정기관을 이해할 수 있다.



해당 학년

중학교 1~2학년



소요 시간

60분



활동 내용

[실험 1- 반고리관]

❖ 반고리관에 대한 각가속도의 영향 (답)

	<ul style="list-style-type: none"> • 각가속도 없음 • 관과 림프액 사이의 상대 운동 없음 • 굽혀지지 않는 팽대정 • 인지된 각도 운동 없음
	<ul style="list-style-type: none"> • 시계 방향의 각가속도 • 관성으로 인해 림프액이 뒤에 처짐 • 오른쪽으로 굽은 팽대정 • 인지된 시계방향 운동



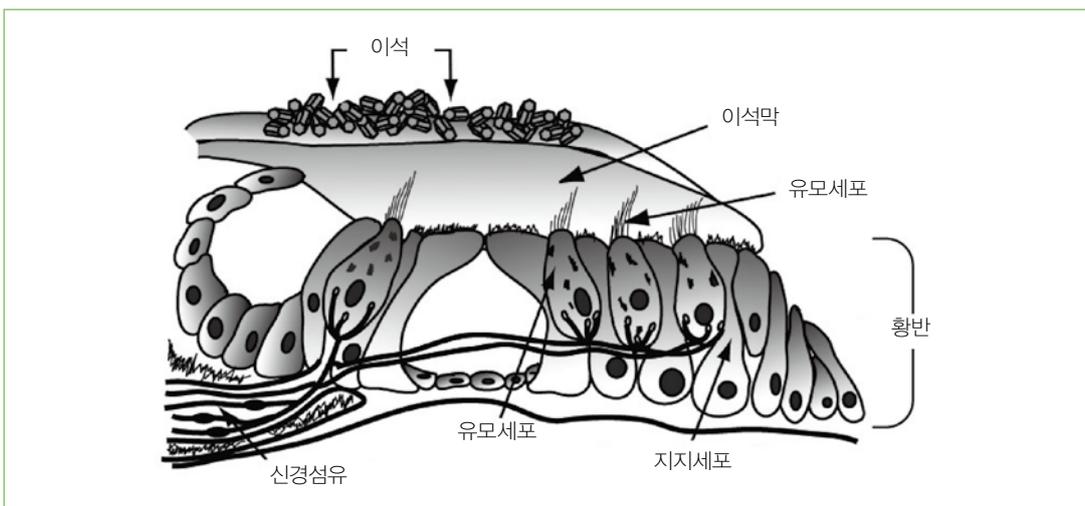
 <p>c</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 관과 동일한 속도로 운동하는 림프액 • 관과 림프액 사이의 상대 운동 없음 • 굽혀지지 않는 팽대정 • 인지된 각 운동 없음
 <p>d</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 정지된 관 • 림프액 운동은 시계 방향으로 계속 운동 • 왼쪽으로 굽은 팽대정 • 인지된 반시계 방향 운동

❖ **생각해보기(답)**

1. 고개를 좌우로 가웃거리는 것은 **rolling**.
2. 고개를 상하로 끄덕이는 것은 **pitching**.
3. 고개를 절레절레 흔드는 것은 **yawing**.

[실험 2- 전정기관(소낭과 난형낭)]

❖ **전정기관의 구성요소(답)**



❖ **생각해보기(답)**

1. ① 난형낭 ② 이석 ③ 유모세포



반고리관

학년 반 이름

도전과제

우리 몸에서 각가속도를 감지하는 반고리관에 대하여 알아보시다.



생각해요

- 내이에 위치한 세 개의 반고리관을 통해서 우리는 각가속도의 방향과 속도를 느낄 수 있습니다.
- 일직선으로 가속(감속)하는 운동을 하고 있는 자동차를 탈 때의 운동과 롤러코스터를 탈 때의 운동의 차이 점은 무엇입니까?

- 반고리관에서 어떻게 각가속도를 감지할 수 있는지 예측해봅시다.



핵심 단어

- **각가속도** : 속도와 방향이 동시에 변화하는 운동
- **선가속도** : 방향의 변화가 없는 속도의 변화로, 수직 가속도와 수평가속도가 있음
- **반고리관** : 내이 내부에 있는 기관으로 림프액으로 채워진 원형의 관조직으로 서로 직각을 이루고 배열되어 각가속도를 감지함
- **팽대부** : 반고리관이 난형낭과 연결되기 전의 부풀어져있는 부분
- **유모세포** : 반고리관의 팽대능선에 위치한 감각 세포
- **관성** : 원래의 상태를 그대로 유지하려는 성질



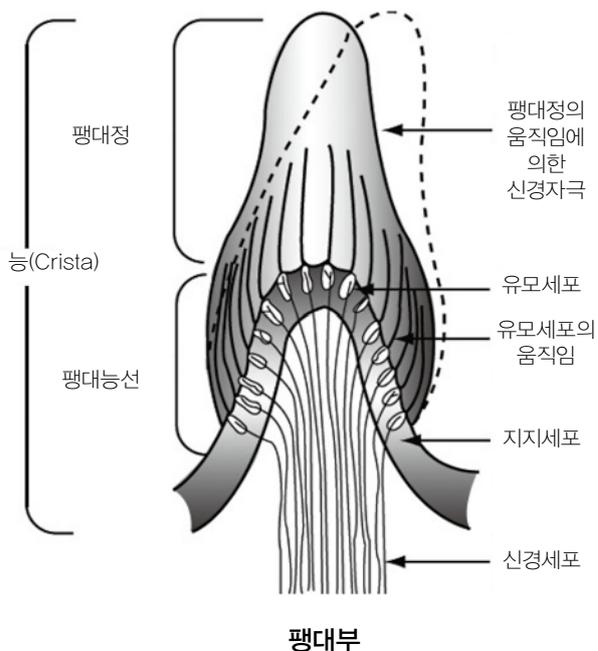
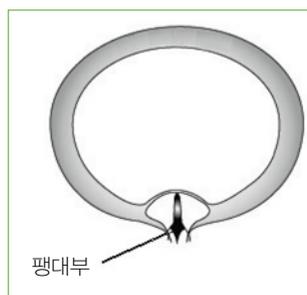
The human vestibular system and the flight



활동 내용

❖ 반고리관 (읽을거리)

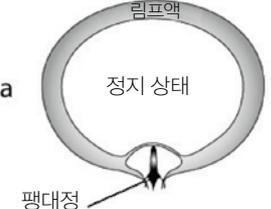
반고리관은 세 개의 관으로 이루어져 있습니다. 관의 안은 림프액으로 채워져 있으며, 림프액으로 채워진 세 개의 관의 기부 근처에는 팽대부가 있습니다.



팽대부를 살펴보면 감각세포인 유모세포는 팽대능선이라고 하는 산 모양의 구조로 정렬되어 있습니다. 팽대능선 위로는 젤라틴 물질로 둘러싸인 팽대정이 있으며, 팽대능선과 팽대정으로 구성된 이 조직을 능(crista)라고 합니다. 림프액이 이동하면 팽대정의 젤라틴과 유모세포의 위치가 바뀌게 되는데, 이때 유모세포에 연결된 전정신경을 통해 감각을 감지하고 적절한 조치를 취하라는 신호를 뇌로 보내게 됩니다.

❖ 반고리관에 대한 각가속도의 영향

각가속도는 반고리관의 팽대정과 림프액의 상대적인 이동에 영향을 주게 됩니다. 반고리관이 각가속도를 감지하는 과정을 관성의 법칙과 관련시켜 설명하여 봅시다.

	<ul style="list-style-type: none"> • 각가속도 없음 • 관과 림프액 사이의 상대 운동 없음 • 굽혀지지 않는 팽대정 • 인지된 각도 운동 없음
	
	
	

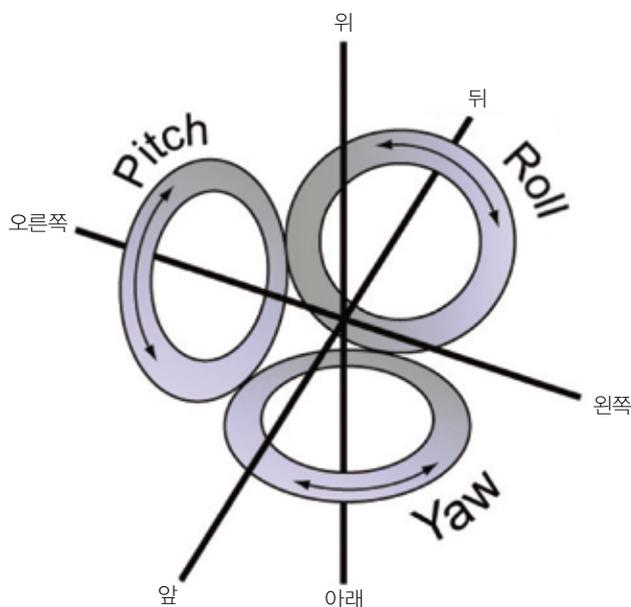


The human vestibular system and the flight

❖ 생각해보기

반고리관은 세 개의 운동면을 따라 이어지는데, 각 면은 다른 두 개에 대해 직각을 이루고 있습니다. 머리 회전을 통해 반고리관에 느껴지는 감각과 비행의 3가지 회전을 관련시켜 선으로 연결해 봅시다.

비행사들은 비행기를 조종할 때 이루어지는 세 가지 회전을 Pitch-Roll-Yaw라 한다. Pitch는 앞뒤 수직 평면을 따라 회전하는 것이며, Roll은 측면 수직 평면을 따라 회전하는 것, Yaw는 수평면을 따라 회전하는 것을 말합니다.



- | | |
|-------------------|------------|
| 고개를 좌우로 가웃거리는 것 ● | ● Pitching |
| 고개를 상하로 끄덕이는 것 ● | ● Rolling |
| 고개를 절레절레 흔드는 것 ● | ● Yawing |



전정기관(소낭과 난형낭)

학년 반 이름

도전과제

우리 몸에서 선가속도를 감지하는 전정기관에 대하여 알아봅시다.



핵심 단어

- **선가속도** : 방향의 변화가 없는 속도의 변화로, 수직 가속도와 수평가속도가 있음
- **전정기관** : 소낭과 난형낭 두 부분으로 되어 있으며, 몸의 기울기를 감지함
- **소낭** : 전정기관 중 하나로, 선가속도를 감지하며 수직 운동에 민감함
- **난형낭** : 전정기관 중 하나로, 선가속도를 감지하며 수평운동에 더 민감함
- **이석** : 소낭과 난형낭의 이석막에 붙어 있거나 이석막 내부에 묻혀 있는 석회질의 작은 알갱이
- **황반** : 유모세포와 지지세포로 구성된 소낭과 난형낭 내부의 두꺼운 부분으로, 젤라틴 성분의 이석막으로 덮여있음
- **유모세포** : 소낭과 난형낭의 반점 부분 안에 위치한 감각 세포



생각해요

우리 몸의 전정기관은 소낭과 난형낭으로 구성되어 있습니다. 이 기관들은 선가속도를 감지하며, 중력의 영향을 받습니다. 특히 소낭은 수직 가속도에 더 민감하고 난형낭은 수평가속도에 더 민감합니다.

- 엘리베이터를 탈 때 우리 몸에서 민감하게 반응하는 전정기관은 어디입니까?

- 일직선으로 움직이는 차를 타고 갈 때 민감하게 반응하는 전정기관은 어디입니까?

- 소낭과 난형낭에서는 어떻게 선가속도를 지각할 수 있는지 예측해봅시다.



The human vestibular system and the flight

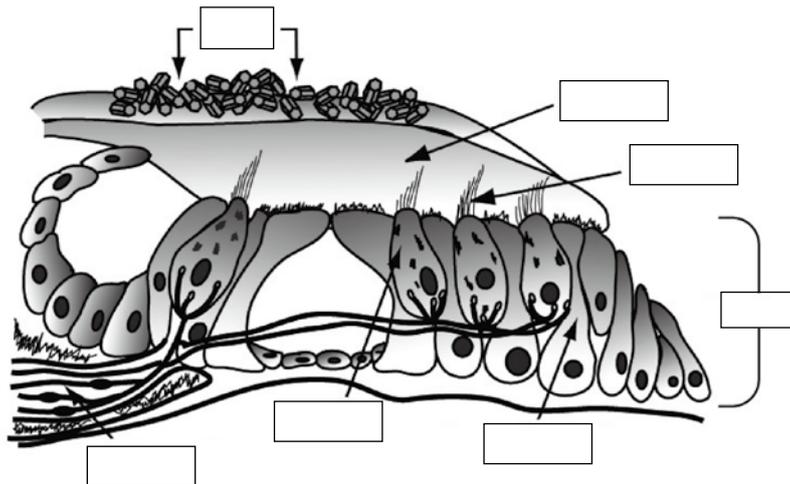


활동 내용

❖ 전정기관의 구성요소

다음은 우리 몸의 전정기관을 나타낸 그림입니다. <보기>의 소낭과 난형낭을 이루고 있는 부분의 명칭을 살펴보고, 알맞은 위치를 찾아봅시다.

〈보 기〉			
유모세포	유모세포	돌기	지지세포
황 반	이 석	이석막	신경섬유



전정기관 (소낭과 난형낭)

❖ 전정기관에서 감각을 느끼는 과정

소낭과 난형낭의 이석막에 붙어있는 석회질 알갱이인 이석은 이석막의 질량을 증가시키고 관성을 더 크게 합니다. 즉, 지구에서 머리가 좌우로 또는 위아래로 기울어질 때, 이석이 중력 경사도(아래방향)를 따라 이동하게 됩니다. 이석이 이동하게 되면 이석막도 운동을 하게 되는데, 이석막이 약간만 운동을 해도 유모 세포를 굽게 하므로 감각 정보가 뇌에 전달되게 됩니다.

❖ 생각해보기

1. 전정기관에서 감각을 느끼는 과정을 떠올리며, 아래의 빈칸에 들어갈 말을 정리해봅시다.

자동차가 앞으로 급격하게 가속도 운동을 하고 있습니다. 이때 관성은 전정기관 중 ① 에서 일어나게 됩니다. 이 곳의 이석막에 붙어있던 ② 은 관성에 의해 뒤쪽으로 처져있게 되고, 이로 인해 이석막이 움직이게 되어 이석막 속에 묻혀있던 ③ 도 뒤로 굽혀지게 됩니다. 이러한 작용으로 감각 신경은 뇌에 수평 가속도에 대한 방향과 속도에 대한 정보를 제공합니다.

2. 승강기를 이용해서 비행기가 급격하게 상승 또는 하강하기 시작할 때 우리 몸의 전정기관에서 일어나는 과정을 설명해 봅시다.



The human vestibular system and the flight





비행 중 조종사는 인체평형기관의 감각을 그대로 받아들이게 되어 있어 비행 시 작용하는 여러 가속도로 인하여 일상생활 중 경험할 수 없는 착각을 경험하게 되는데, 이것을 '비행착각'이라고 한다. 본 차시에서 학생들은 과학자들이 실험실에서 피험자에게 공간적인 방향 감각 상실을 의도적으로 유도하기 위해 만든 Barany Chair라고 하는 특수회전의자를 이용해 4가지 비행착각을 직접 경험하게 한다. 이는 반고리관의 생리학을 검증할 수 있는 즐겁고 직접적인 기회를 가져다준다.



학습 목표

- Barany Chair를 이용하여 비행착각 현상을 경험할 수 있다.
- 비행착각이 일어나는 원인을 전정계의 반고리관과 관련시켜 이해하고, 비행착각 연구의 필요성을 알 수 있다.



해당 학년

중학교 1~2학년



소요 시간

60분



이것이 필요해요

Barany Chair, 눈가리개, 귀마개



활동 순서

[실험 1]

1. 지원자는 머리를 위로 꼴꼴이 세우고 의자에 앉게 한다.
2. 엄지손가락으로 운동 방향을 가리키도록 하고, 운동방향을 인지하지 못했을 경우에는 엄지손가락으로 위를 가리킬 수 있도록 지시한다.
3. 눈가리개와 귀마개로 지원자의 시각과 청각적 정보를 차단한 뒤, 의자가 8~10바퀴를 회전하도록 강하게 민다.
4. 의자를 잡아 의자가 빠르지만 부드럽게 멈출 수 있도록 한다.
4. 몇 분 기다린 후 엄지손가락으로 지원자가 운동 방향을 가리킨 다음, 눈가리개를 벗게 한다.
5. 지원자에게 벽의 한 지점을 응시하게 한다.



[실험 2]

1. 실험 1과 동일한 과정을 거친다.
2. 의자를 실험 1과 같이 회전시킨 후 지원자에게 엄지손가락으로 운동 방향을 확인하게 한 후, 의자가 부드럽게 멈추기 전에 다시 의자를 10~15회 회전하도록 한 후, 지원자가 운동방향을 가리키게 한다. 만약 운동이 멈췄다고 인지하는 경우에는 위를 가리키도록 지시한다.

[실험 3]

1. 지원자가 양손으로 팔걸이를 잡게 한다.
2. 눈에 눈가리개를 쓴 다음, 지원자에게 턱을 가슴까지 내리고 눈을 감도록 지시한다.
3. 턱을 내린 상태에서 의자를 최소 10회 이상 회전시킨 다음, 부드럽게 멈추게 한다.
4. 지원자에게 똑바로 일어서서 눈을 뜨게 한다.

[실험 4]

1. 지원자가 양손으로 팔걸이를 잡게 한다.
2. 피험자에게 눈을 감고 앞으로 약간 기울인 다음, 한쪽 면으로 크게 머리를 돌리게 한다.
3. 의자를 지원자가 마주보고 있는 방향으로 최소한 8회 이상 회전시키고 나서 부드럽게 멈춘다.
4. 지원자를 다시 의자에 앉게 한 후 위를 똑바로 향하도록 머리를 들고 눈을 뜨게 한다.



활동 결과

[실험 1]

- 결과 : 지원자는 의자가 회전하고 있는 것과 동일한 방향을 가리킨다. 의자를 멈추면 지원자는 엄지손가락의 방향을 바꿔 반대 방향으로 운동하는 느낌을 받게 된다. 눈을 뜨면 지원자는 눈동자가 빠르게 측면으로 깜빡거리는 동작을 경험하게 된다.
- 이유 : 의자가 회전하면 요(Yaw)축 반고리관 안에 있는 림프액이 움직이기 시작한다. 용액의 관성으로 인해, 팽대정과 유모세포는 반대로 굽게 된다. 그 후 자극을 주면 유모세포가 뇌에 신호를 보내 운동이 시작되며, 속도가 어느 정도이고 방향이 어디인지 알려주게 된다. 의자를 멈추면 림프액이 움직이던 운동은 지원자의 머리와 반고리관이 멈춘 후에도 계속해서 이동하게 된다. 유모 세포는 이전과 반대 방향으로 굽기 때문에, 이로 인해 운동이 반대 방향으로 바뀌었다는 거짓 신호가 뇌에 전달된다.
눈을 깜빡거리게 되는 것은 전정계와 시각기관이 연결되었음을 나타낸다. 이러한 반사 행동은 뇌에서 신체가 여전히 착시로 인해 움직이고 있는 것으로 믿고, 눈에 '앞쪽을 보도록' 지시할 때 일어난다. 눈은 시야가 바뀌지 않고 있음에도 뇌에서 시야 안으로 들어오는 것으로 생각하고 있는 것이다.

[실험 2]

- 결과 : 지원자는 엄지손가락으로 회전하는 방향을 가리켜 운동이 시작되는 것을 인지한다. 여러 차례 회전하면 지원자는 의자가 여전히 회전하고 있음에도 엄지손가락으로 위를 가리킨다. 마지막으로 지원자는 엄지손가락으로 첫 번째 운동방향과 반대 방향을 가리켜 반대로 회전하고 있다는 것을 나타낸다.
- 이유 : 처음 의자가 회전을 시작하면 요(Yaw)축에 있는 반고리관의 림프액은 운동방향의 반대방향으로 굽게 된다. 뇌에 전달된 신호는 신체가 특정 방향으로 회전하고 있는 것으로 해석한다. 점차 반고리관의 림프액은 운동을 따라잡고, 반고리관의 유모세포의 자극이 멈추게 된다. 뇌는 유모세포의 자극이 없는 것을 의자가 정지한 것으로 잘못 해석하게 된다. 이후 의자가 천천히 회전하거나 멈추면 림프액의 운동량이 계속해서 관을 통해 흐르게 되어, 전정계의 반대 방향의 자극을 의자가 반대 방향으로 회전하고 있는 운동으로 해석하게 되는 것이다.

[실험 3]

- 결과 : 지원자는 눈을 떴을 때 좌측 또는 우측(회전방향에 따라 다름)으로 재주를 넘는 것 같은 감각을 강하게 경험하게 된다. 지원자는 똑바로 서 있기 어렵다는 것을 알게 될 것이며, 지나치게 어느 한쪽 또는 반대쪽으로 기울어지게 될 것이다.
- 이유 : 머리를 앞으로 기울이면 롤(Roll)축 반고리관이 Barany Chair와 같은 회전 평면으로 들어오게 된다. 의자를 멈추고 머리를 다시 수직 위치로 기울이면 축의 위치가 다시 바뀌지만 림프액은 계속해서 롤링축에 관한 관으로 이동한다. 그로 인해 옆으로 재주를 넘는 것 같은 감각이 강하게 생기게 된다. 지원자는 그 영향을 상쇄하기 위해 반대 방향으로 기울어지려고 하는 것이다.

[실험 4]

- 결과 : 지원자는 자신이 아래에서 구르고 있다고 느끼며 일어서기 힘들 수도 있다.
- 이유 : 앞으로 기울어져서 머리를 측면으로 기울이면 피치(Pitch) 축 반고리관이 Barany Chair의 운동과 같은 회전 평면으로 들어오게 된다. 멈춘 뒤에도, 림프액이 계속해서 피치축 관으로 이동한다. 그로 인해 회전하는 것 같은 감각이 강하게 발생한다. 지원자는 인지된 운동에 대응하기 위해 자신의 신체 위치를 재조정한다.



지도상 유의점

- 관찰자 학생이 원 모양으로 일정 거리 떨어져있는 상태에서 수평인 바닥의 중앙에 의자를 놓는다.
- 실내에는 창문이 없고 방을 어둡게 하는 차양이 있는 것이 이상적이다.
- 시각 및 청각의 단서를 없애거나 줄이면 전정계 정보가 큰 영향을 끼친다. 실험 1~3의 경우 눈가리개로 지원자의 눈을 가리고 모든 관찰자가 침묵을 지켜 전정계 분리 실험을 돕도록 한다. 단 실험 4의 경우에는 눈가리개나 귀마개를 사용하지 않는다.
- 지원자를 선정하기 전, 학생들에게 놀이공원에서 놀이기구를 탔을 때의 몸 상태를 확인하여 선정하도록 한다.
- Barany Chair는 오락기구가 아님을 학생들에게 인지시키고, 사용할 때에는 지침을 따르고 주의를 기울이도록 한다.
- 항상 안전벨트를 사용하고 보조자를 두도록 한다.
- 학생이 의자에 앉고 일어설 때 도와준다. 작은 발판의 도움을 받을 수도 있다.
- 검증을 한 후에는 어지럼증이 사라질 때까지 회전하지 않는 의자에 앉아 있도록 한다.
- 한 학생이 하나의 착시 현상만을 경험하도록 한다. 다음 실험을 시작하기 전에 착시를 경험했던 학생이 몇 분 동안 첫 번째 착시가 완전히 사라질 때까지 기다린다.
- 지원자가 운동에 따른 메스꺼움을 느끼지 않도록 보호하되, 통증을 느끼는 경우 근처에 비닐봉투나 용기를 놓아둔다.
- Barany Chair가 없을 경우에는, 사무실 회전의자를 이용해서도 실험 결과를 얻을 수 있다. 단, 사무실 의자의 경우에는 베어링 때문에 계속 회전할 수가 없기 때문에 추가로 밀어줄 필요가 있으며, 너무 낮은 경우에는 착시를 경험할 수 없다.





【읽을 거리】

Barany Chair



임무수행 전문가인 우주비행사 James P 가 회전하는 동안 머리의 움직임과 눈의 이동을 기록하는 가속도 센서 및 전극을 착용한 상태에서 Barany Chair에 앉아 있는 사진

베어링 장치가 있어 아주 부드럽게 회전하는 의자로 전정계의 시험을 하는 데 사용한다. Barany Chair를 이용한 작업을 통해 전정계가 다양한 조건과 상황에서 어떻게 적응하고 기능하는지 연구할 수 있다.

이는 우주 비행사들이 마이크로중력 환경에 진입했다가 지구의 정상적인 환경으로 귀환할 때의 적응 전략을 향상시킬 수 있을 것이다. 또한 군용기 및 민간 항공기 조종사와 지상에서 어지럼증 및 방향감각의 상실을 겪는 사람들에게 도움이 될 것이다.

Barany Chair의 다른 용도

1. 각운동량의 보존

지원자에게 작은 바벨을 건네주고 맨 처음 회전을 하는 동안 팔을 쭉 뻗게 한다. 바벨을 가슴 쪽으로 가져와 회전 속도를 높인다. 바벨이 이전보다 작은 원으로 이동하고 있기 때문에 회전 속도가 증가한다. 각운동량을 보존하려면 회전 속도를 높여야 한다. 바벨을 다시 바깥쪽으로 뻗으면 회전 속도가 느려지지만 각운동량은 계속해서 보존된다. 이 실험에서는 무언가에 도달하고 있다는 착시를 느끼게 되지만, 무엇에도 도달하지 못한다.

2. 뉴턴의 운동법칙

지원자에게 전기 낙엽 청소기를 건네준다. 코드가 받침대 주위에 너무 단단히 감기지 않도록 하면서 학생이 청소기의 전원을 켜게 한 다음, 배기가스가 오른쪽 각도로 배출되게 한다. 의자가 가속되기 시작한다. 몇 번 회전한 후에는 의자의 속도가 줄어들도록 배기가스 배출 방향을 다른 쪽으로 향하게 한다. 이를 통해 뉴턴의 제 1운동법칙과 제 3운동법칙을 검증할 수 있다. 의자가 가속되거나 감속되는 속도는 제 2운동법칙이다.



Barany Chair





비행착각 - 착시 (1) - 요 운동 감지

학년 반 이름

도전과제

Barany Chair를 이용하여
요(Yaw)운동과 관련된 착시를 경험해봅시다.



이것이 필요해요

Barany Chair, 눈가리개, 귀마개



핵심 단어

- Yaw(요운동) : 수평면을 따라 회전하는 것
- ※ 머리 회전과 관련 시켜 생각했을 때, yawing은 고개를 절레절레 흔드는 것을 말합니다.



활동 순서

1. 눈가리개로 눈을 가리고 귀마개를 착용합니다.
2. 머리를 위로 꼴꼴이 들고 의자에 앉은 다음, 엄지손가락 두 개를 위로 향한 상태에서 자신의 허벅다리 위에 올려놓습니다.
3. 의자가 움직이기 시작하면 운동방향이라고 느껴지는 쪽으로 엄지손가락을 움직입니다.
4. 만약, 운동 방향이 바뀌었다고 느껴지면, 바뀐 운동방향으로 엄지손가락을 움직입니다.
5. 운동 방향이 느껴지지 않으면 엄지손가락을 위로 가리킵니다.
6. 눈가리개를 벗은 후 벽의 한 곳을 응시합니다.



피험자는 엄지손가락을 가리켜 인지된 운동방향을 나타낸다.

❖ 결과 분석

1. 어떤 일이 발생하였나요?
-
2. 왜 이런 일이 발생하였는지 토의해봅시다.



비행착각 - 착시 (2) - 운동 감지 실패

학년 반 이름

도전과제

Barany Chair를 이용하여
운동감지 실패를 경험해 봅시다.



이것이 필요해요

Barany Chair, 눈가리개, 귀마개



활동 순서

1. 눈가리개로 눈을 가리고 귀마개를 착용합니다.
2. 머리를 위로 꼿꼿이 들고 의자에 앉은 다음, 엄지손가락 두 개를 위로 향한 상태에서 자신의 허벅다리 위에 올려놓습니다.
3. 의자가 움직이기 시작하면 운동방향이라고 느껴지는 쪽으로 엄지손가락을 움직입니다.
4. 만약, 운동 방향이 바뀌었다고 느껴지면, 바뀐 운동방향으로 엄지손가락을 움직입니다.
5. 운동 방향이 느껴지지 않으면 엄지손가락을 위로 가리킵니다.)

❖ 결과 분석

1. 어떤 일이 발생하였나요?
-

2. 왜 이런 일이 발생하였는지 토의해봅시다.



비행착각 - 착시 (3) - 롤 운동 감지

학년 반 이름

도전과제

Barany Chair를 이용하여
롤(Roll)운동과 관련된 착시를 경험해봅시다.



이것이 필요해요

Barany Chair, 눈가리개, 귀마개



핵심 단어

- Roll(롤 운동) : 측면 수직 평면을 따라 회전하는 것
- ※ 머리 회전과 관련 시켜 생각했을 때, rolling은 고개를 좌우로 가웃거리는 것을 말합니다.



활동 순서

1. 양손으로 팔걸이를 잡습니다.
2. 눈가리개를 쓰고 턱을 가슴까지 내리고 눈을 감습니다.
3. 의자가 멈춘 후 똑바로 일어서서 눈을 뜹니다.

❖ 결과 분석

1. 어떤 일이 발생하였나요?
-

2. 왜 이런 일이 발생하였는지 토의해봅시다.



비행착각 - 착시 (4) - 피치 운동 감지

학년 반 이름

도전과제

Barany Chair를 이용하여
피치(Pitch)운동과 관련된 착시를 경험해봅시다.



이것이 필요해요

Barany Chair



핵심 단어

- Pitch(피치 운동) : 앞뒤 수직 평면을 따라 회전하는 것
- ※ 머리 회전과 관련 시켜 생각했을 때, Pitching은 고개를 상하로 끄덕이는 것을 말합니다.



활동 순서

1. 양손으로 팔걸이를 잡습니다.
2. 눈을 감고 앞으로 약간 몸을 기울인 다음, 한 방향으로 머리를 크게 돌립니다.
3. 의자라 회전을 멈추면, 의자에 앉아 위를 똑바로 향하도록 머리를 들고 눈을 뜬다.

❖ 결과 분석

1. 어떤 일이 발생하였나요?
-

2. 왜 이런 일이 발생하였는지 토의해봅시다.

❖ 생각해보기

Barany Chair를 통한 과학적 연구는 비행에 어떤 도움을 주는지 생각해봅시다.

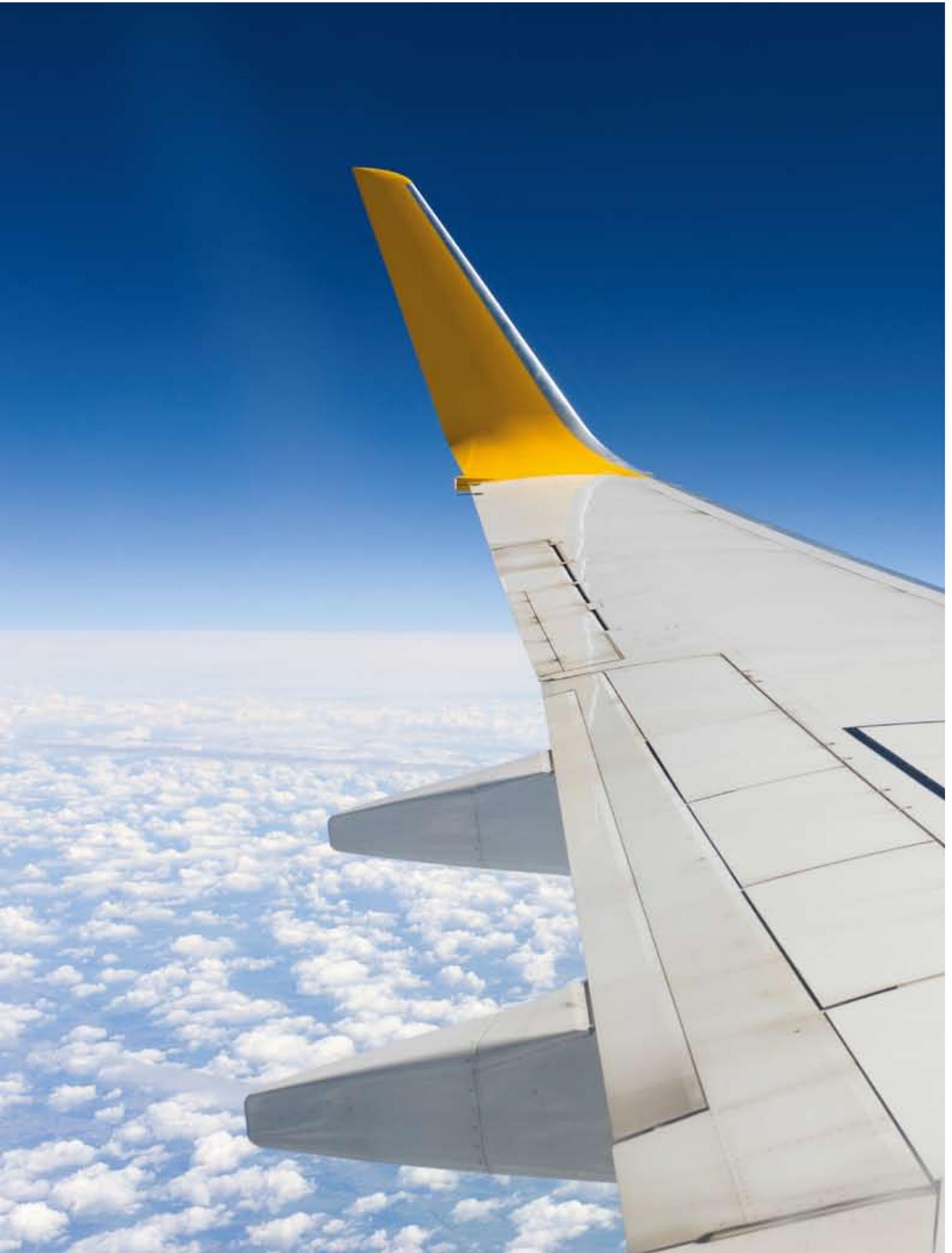


읽을 거리

❖ 비행착각 (Vertigo)

비행 중 조종사가 비행 시 작용하는 여러 가속도로 인한 인체평형기관의 감각을 그대로 받아들여 경험하는 착각현상이다. 버티고(vertigo)라고도 하지만 정확한 영어명은 아니다. 대표적인 착시현상은 바다 위를 비행할 때 자신과 비행기의 자세를 착각하여 바다를 하늘로 착각하고 거꾸로 날아가는 현상이다. 하늘이 바다 같고 바다가 하늘같이 보이거나 아니면 같은 고도에서 회전을 하는데 속도를 높이면 비행기가 상승하는 것처럼 속도를 낮추면 비행기가 하강하는 것처럼 느끼는 등의 많은 착각이 일어난다. 특히 해상 초계비행은 육상 비행과는 달리 항공기의 위치를 참고할 수 있는 지형지물 등의 참조점이 없는데 야간 비행 시, 밤하늘의 별빛과 해상의 선박 불빛이 동일하게 보이는 비행착각이 발생하기 쉽다. 고중력 상태에서 수평감각을 잃은 조종사가 바다를 향해 뛰어들기도 하고, 한쪽으로 기울어진 상태로 날아가는 데도 수평비행을 하고 있다고 착각하다가 중력가속도에 따라 떨어지기도 한다. '버티고(Vertigo)'라고 불리는 이 착시현상의 대표적인 것이 자신과 비행기의 자세를 착각하여 바다 위를 비행할 때 바다를 하늘로 착각하고 거꾸로 날아가는 것이다. 여객기나 수송기의 경우 저속인데다 계기에 대한 의존도가 높고 보조종사가 있어 쉽게 회복하지만, 전투기의 경우 혼자 고속 시계비행을 하는 경우가 많아 사고가 그치지 않는다. 국내에서 10년간 발생한 25건의 전투기추락 사고 가운데 5건이 버티고로 발생했다.







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