6세에서 11세 - 교사용

말하는 비행기: 네 차시로 구성된 초등 과학 과정

교사가 알아야 할 형태로 정리한 과정입니다. 학생들이 듣게 될 것보다 한 단계 더 깊이 설명한 과학, 개념을 다루어야 하는 순서, 여섯 살에게 할 말과 열 살에게 덧붙일 말, 각 개념을 전달하는 실험과 그 실험이 효과적인 이유, 그리고 아이들이 가지고 오는 잘못된 생각을 담았습니다. 약 50분짜리 수업 네 차시로, 보통 2주에 걸쳐 진행합니다.

배우기 - https://radar.dataero.eu/ko/learning/ages-6-11 2026-11-21

목차

시작하기 전에: 이 과정이 가르치는 것, 그리고 네 차시를 들일 가치가 있는 이유
1차시 붐비는 하늘과 말하는 비행기
2차시 보이지 않는 빛: 무엇이 메시지를 실어 나르는가
3차시 금속 귀와 둥근 지구: 메시지를 어떻게, 얼마나 멀리서 잡는가
4차시 지도: 많은 귀가 어떻게 하나의 그림을 만드는가
평가: 아이들이 이야기를 말할 수 있는가?
다음 학교 지붕 위의 수신기

시작하기 전에: 이 과정이 가르치는 것, 그리고 네 차시를 들일 가치가 있는 이유

유럽 하늘의 모든 여객기는 1초에 약 두 번, 자신의 식별 정보, 위치, 고도, 속도를 담은 짧은 무선 메시지를 방송합니다. 이 시스템을 ADS-B라고 하며, 2020년부터 대부분의 항공기에 의무화되었습니다. 항공 교통 관제사가 이에 의존하고, 휴대전화의 실시간 항공편 지도도 마찬가지입니다. 초등학교 학급에 이 주제는 거의 완벽합니다. 아이들이 이미 궁금해하는 것, 즉 눈에 보이고 귀에 들리는 비행기를 교육과정이 가르치라고 요구하는 물리학과 연결해 주기 때문입니다. 빛과 소리는 서로 다른 종류의 것이라는 점, 빛은 직진한다는 점, 파동에는 길이가 있다는 점, 지구는 구이며 이로 인해 눈에 보이는 결과가 생긴다는 점, 정보는 부호화하여 보낼 수 있다는 점, 그리고 지도는 측정으로 만들어진다는 점입니다. 이 주제는 실제이며 현재의 것입니다. 장난감 같은 모형은 하나도 없습니다.

이 과정은 시스템 자체의 논리를 따르며, 그 논리가 곧 올바른 지도 순서이기도 합니다. 먼저 학생들은 하늘이 누군가가 지켜봐야 하는 빠르고 보이지 않는 교통으로 가득하다는 것을 이해해야 합니다. 다음으로 각 항공기는 자신이 어디 있는지 알고, 네 부분으로 된 메시지로 그것을 거듭 말한다는 것. 그다음 메시지는 전파로 전달되며, 전파는 빛의 한 형태라는 것. 그다음 안테나가 그것을 잡으며, 둥근 지구가 그 거리를 제한한다는 것. 마지막으로 많은 안테나가 함께 지도를 만든다는 것입니다. 각 차시는 이 사슬에 고리를 하나씩 더하며, 마지막에 평가하는 것도 바로 이 사슬입니다. 아이가 항공기에서 지도까지의 이야기를 순서대로, 올바른 이유와 함께 말할 수 있는가?

항공이나 무선에 관한 배경 지식은 필요하지 않습니다. 아래의 각 차시는 교사가 이해해야 할 과학으로 시작하며, 이는 학생들이 다룰 수준보다 한 단계 더 깊으므로 질문 뒤에 숨은 질문에도 답할 수 있습니다. 어른용 설명 전체를 원하시면 홈 페이지의 참고 과정에 열두 개의 장이 있으며, 이 연령대에 가장 중요한 것은 3장, 6장, 7장입니다. 과정 내내 분명히 염두에 두어야 할 두 가지가 있습니다. 어른들이 가장 자주 잘못된 것을 가르치는 두 곳이기 때문입니다. 전파는 소리가 아닙니다. 우리 눈이 볼 수 없는 색깔의 빛이며, 그 차이가 2차시의 핵심입니다. 그리고 이 시스템에서 항공기는 "위성에 보이는" 것도 "레이더가 찾아내는" 것도 아닙니다. 항공기는 위성의 신호를 들어 스스로 위치를 알아낸 다음 그것을 알립니다. 아무도 비행기를 찾지 않습니다. 비행기가 말합니다.

수준별 지도에 관하여: 이 과정은 6세에서 11세 전체를 대상으로 쓰였으며, 각 차시의 본문에 어린 쪽과 나이 많은 쪽이 갈라지는 지점이 표시되어 있습니다. 대체로 6~8세 학급은 이야기, 역할 놀이, 밧줄, 지도를 경험하고, "비행기는 파동에 실어 메시지를 보내고, 안테나가 그것을 잡고, 그것으로 지도가 만들어진다"고 말할 수 있게 되어야 합니다. 9~11세 학급은 숫자(1초에 두 번, 1초에 30만 킬로미터, 27센티미터의 파동, 400킬로미터의 수평선), 메시지가 "예/아니요" 답으로 이루어져 있다는 개념, 그리고 수평선에 관한 추론까지 다룰 수 있으며, 각 단계가 왜 필요한지 설명할 수 있게 되어야 합니다.

1차시

붐비는 하늘과 말하는 비행기

알아야 할 과학

순항 고도의 여객기는 약 10킬로미터 상공에서 대략 900 km/h, 즉 1초에 250미터로 움직입니다. 그 높이에서는 잘 보이지 않고 판단하기는 불가능합니다. 반짝임이나 비행운을 발견한 아이는 그것이 얼마나 멀리, 얼마나 높이 있는지, 어디로 가는지 알 방법이 없으며, 다른 항공기를 바라보는 조종사도 마찬가지입니다. 벨기에의 어느 도시 위에도 거의 언제나 여러 대의 항공기가 동시에 하늘에 있으며, 그 대부분은 다른 나라 사이를 오가며 높은 고도로 지나가는 중입니다. 이들을 서로 떨어뜨려 놓기 위해 항공 교통 관제는 모든 항공기의 위치, 고도, 방향을 끊임없이 알아야 합니다. 분리 규칙은 간단합니다. 관제사가 관리하는 공역에서 항공기는 수직으로 적어도 300미터, 또는 수평으로 몇 킬로미터 떨어져 있어야 합니다.

지난 세기의 대부분 동안 항공기의 위치를 아는 방법은 레이더였습니다. 전파 펄스를 내보내고 희미한 메아리를 듣는 커다란 회전 안테나입니다. 레이더는 지금도 있지만, 이 과정에서 다루는 시스템은 문제를 뒤집습니다. 모든 현대 항공기에는 자동차나 휴대전화의 지도와 같은 기술인 위성 항법 수신기가 실려 있어서, 항상 몇 미터 이내로 자기 위치를 압니다. 또한 트랜스폰더라는 작은 무선기도 실려 있습니다. ADS-B는 이 둘을 연결할 뿐입니다. 1초에 약 두 번, 트랜스폰더가 항공기의 식별 정보, 위성에서 얻은 위치, 고도, 속도와 방향을 담은 짧은 메시지를 내보냅니다. 메시지는 누가 요청하지 않아도, 특정한 수신인 없이 자동으로 나갑니다. 라디오 방송국처럼 방송이며, 알맞은 수신기를 가진 사람은 누구나 들을 수 있습니다. 이것이 글자들의 뜻입니다. Automatic(아무도 작동시키지 않는다, 자동), Dependent(항공기 자체 장비가 정확해야 한다, 의존), Surveillance(목적은 항공기의 위치를 아는 것, 감시), Broadcast(모두에게 보낸다, 방송).

메시지 자체는 디지털입니다. 트랜스폰더는 글자나 숫자를 직접 보낼 수 없고 펄스가 있거나 없는 것만 보낼 수 있으므로, 메시지는 각각 100만분의 1초 동안 이어지는 112개의 "예/아니요" 답으로 된 문자열이며, 그 의미는 모두가 미리 합의해 두었습니다. 그중 첫 묶음인 24개의 답은 항공기가 등록될 때 받는 영구 식별 코드로, 절대 바뀌지 않는 자동차 번호판과 조금 비슷합니다. 나머지는 메시지 종류에 따라 위치, 고도, 속도, 또는 항공편의 호출 부호를 담습니다. 마지막 24개의 답은 검증용입니다. 듣는 쪽은 메시지로 정해진 계산을 하여 그 결과를 검증 부분과 비교하고, 서로 맞지 않으면 도중에 무언가 뒤섞인 것이므로 메시지를 버립니다. 이것이 중요한 이유는 붐비는 공항 위에서는 많은 항공기가 동시에 말하고 그 메시지들이 때때로 겹치기 때문입니다. 메시지 속의 고도는 위성으로 측정하는 것이 아니라 항공기 바깥의 기압으로 측정하며, 기압은 올라갈수록 꾸준히 떨어집니다. 엘리베이터나 산속 터널에서 귀가 먹먹해지는 것도 같은 이유이며, 나이가 많은 아이들은 이 연결을 재미있어합니다.

가르치는 방법

시스템이 아니라 하늘에서 시작하십시오. 이번 주에 항공기를 본 사람이 누구인지, 어디서 보았는지, 얼마나 높이 있었다고 생각하는지, 그리고 도로도 없는데 조종사가 도대체 어떻게 자기 위치를 아는지 물어보십시오. 추측이 마음껏 나오게 두십시오. "조종사가 창밖을 본다"와 "지도가 있다"가 모두 나올 것이며, 둘 다 반쯤 맞습니다. 그런 다음 실시

간 지도를 프로젝터에 띄워 동네를 확대하고 함께 항공기를 세어 보십시오. 학생들이 예상한 것과 지도가 보여 주는 것 사이의 차이가 과정 전체의 실마리이며, 잠시 머물러 볼 가치가 있습니다. 저 기호 하나하나가 지금 이 순간 말하고 있는 항공기입니다.

이제 핵심 이야기를 단숨에 들려주십시오. 아이들은 정의보다 이야기를 더 잘 기억하기 때문입니다. 비행기는 저 높이 있는 위성의 소리를 듣기 때문에 언제나 자기가 어디 있는지 압니다. 그리고 1초에 두 번, 특정한 누구에게도 아니게 "나는 누구고, 여기 있고, 이만큼 높이 있고, 이만큼 빨리 가"라고 외칩니다. 아무도 묻지 않았습니다. 절대 멈추지 않습니다. 그리고 알맞은 귀를 가진 사람은 누구나 들을 수 있습니다. 6~8세에게는 이 문장을 되풀이하고 몸으로 연기해 보는 것이 곧 수업입니다. 9~11세와는 한 걸음 더 나아가, 그 외침이 "예/아니요" 답으로 이루어져 있고 그중 24개가 비행기의 이름이 된다는 것을 설명한 뒤, "예/아니요" 답 24개로 약 1700만 가지의 서로 다른 이름을 만들 수 있으며 이는 지금까지 만들어진 모든 항공기에 충분하고도 남는다는 것을 (도움을 받아) 스스로 계산해 보게 하십시오. 확실히 전달해야 할 점은 비행기는 "감시되는" 것이 아니라 스스로 말한다는 것입니다. "아무도 비행기를 찾지 않는다, 비행기가 스스로 알린다"고 양쪽으로 말해 주십시오. 반대 생각이 뿌리 깊어서 4차시에 다시 고개를 들 것이기 때문입니다.

실험은 관제탑 놀이이며, 이 과정에서 가장 값진 30분입니다. 바닥에 가로세로 다섯 칸의 격자를 테이프로 붙이고, 한 쪽에는 글자를, 다른 쪽에는 숫자를 붙입니다. 학급의 절반은 항공기이며, 각자 호출 부호, 고도, 속도가 적힌 카드를 받습니다. 이들은 격자 위를 천천히 걸어가며 몇 걸음마다 각자 메시지를 소리 내어 알립니다. "DTA12, C3 칸, 1만 미터, 빠름." 나머지 절반은 관제탑이며, 각자 종이로 된 격자를 가지고 모든 항공기를 그 항공기가 말한 위치에 그려야 합니다. 그다음 역할을 바꿉니다. 그런 다음, 바로 이 부분이 가르침이 되는 곳인데, 항공기가 1분에 한 번만 말할 수 있게 하여 다시 해 봅니다. 관제탑의 그림은 엉망이 됩니다. 누가 알기도 전에 항공기들은 이미 칸을 옮겼습니다. 왜 진짜 비행기는 1초에 두 번 말하는지 학생들에게 물어보면 학생들이 답해 줄 것입니다.

나이가 많은 학생들과는 두 번째 변형을 더하십시오. 항공기 두 대가 정확히 같은 순간에 알리고, 관제탑은 들은 것을 기록해야 합니다. 뒤죽박죽인 소리를 들었을 것입니다. 진짜 메시지 끝에 검증이 있는 이유가 바로 이것이라고 설명하십시오. 뒤섞인 메시지는 검증을 통과하지 못해 버려지고, 어차피 비행기는 0.5초 뒤에 다시 말합니다. 관제탑 역할을 해 본 아이들은 반복과 검증이 둘 다 필요한 이유를 즉시 이해합니다.

아이들이 잘못 아는 것, 그리고 해 줄 말

가장 흔한 오해는 위성이 내려다보며 비행기를 본다거나 레이더가 비행기를 찾아낸다는 생각입니다. 올바른 그림은 비행기가 위성의 소리를 들어 스스로 위치를 찾은 다음 말한다는 것입니다. 이렇게 표현하면 유용합니다. 위성은 정시를 알리는 교회 종과 같아서 모두에게 시각을 알려 주지만, 누가 듣고 있는지는 전혀 모릅니다. 두 번째 오해는 조종사가 메시지를 보낸다는 생각입니다. 아무도 보내지 않습니다. 트랜스폰더가 항공기가 움직이기 시작하는 순간부터 스스로 보냅니다. 세 번째는 메시지가 "공항"으로 간다는 생각입니다. 메시지는 모두에게 갑니다. 다른 항공기들도 듣고 서로 멀리 떨어져 있는 데 활용하며, 어느 지붕 위의 어떤 안테나도 듣습니다. 4차시는 바로 거기서 끝납니다.

2차시

보이지 않는 빛: 무엇이 메시지를 실어 나르는가

알아야 할 과학

메시지는 전파가 되어 항공기를 떠나며, 이 차시에서 반드시 자리 잡게 해야 할 단 하나의 개념은 전파와 빛줄기가 같은 종류의 것이라는 점입니다. 중등 과정의 물리학 전체가 이 위에 세워지기 때문입니다. 둘 다 전자기파입니다. 전기력과 자기력의 물결이 공간을 지나가는 것으로, 이를 실어 나를 공기나 물질이 필요 없으며, 빛의 속도, 즉 1초에 거의 30만 킬로미터로 나아갑니다. 어떤 물결은 빨간빛이 되고, 어떤 것은 파란빛, 어떤 것은 전파가 되는 것은 오직 얼마나 빠르게 진동하느냐, 즉 진동수에 달려 있습니다. 우리 눈은 좁은 범위의 진동수에 반응하며, 우리는 그것을 빨강에

서 보라까지의 색깔로 경험합니다. 전파는 훨씬 느리게 진동하므로, 귀가 개 호루라기 소리를 듣지 못하는 것과 똑같이 눈은 그것을 볼 수 없습니다. 항공기의 메시지는 1초에 10억 9000만 번 진동하는 주파수로 보내지는데, 이는 사람의 기준으로는 매우 빠르지만 빛의 기준으로는 매우 느립니다. 초록빛은 그보다 약 50만 배 빠르게 진동합니다.

모든 전자기파는 같은 속도로 나아가므로 진동수가 파장, 즉 한 마루에서 다음 마루까지의 거리를 결정합니다. 1초 동안 파동은 300 000 km를 나아가며 f번 진동하므로, 한 번의 진동은 300 000 km를 f로 나눈 거리를 차지합니다. 항공기의 전파라면 27.5센티미터로, 학교 자 하나의 길이쯤 됩니다. 초록빛은 약 1000분의 0.5밀리미터입니다. FM 라디오 방송국은 3미터입니다. 27.5 cm라는 이 숫자는 3차시에 다시 만나게 되는데, 안테나의 크기를 결정하기 때문입니다.

반드시 막아야 할 혼동은 전파와 소리 사이의 혼동이며, 왜 그토록 흔한지 이해해 둘 가치가 있습니다. 일상 언어에서 "라디오"는 소리를 내는 상자이므로, 아이들은(그리고 많은 어른들도) 전파가 공기 속을 지나가는 일종의 소리라고 여깁니다. 둘은 전혀 관계가 없습니다. 소리는 압력파입니다. 공기 분자가 이웃 분자와 부딪히고, 그 분자가 또 이웃과 부딪히는 것입니다. 지나갈 물질이 필요하고, 1초에 약 340미터로 움직이며, 진공에서는 소리가 없습니다. 전파는 아무것도 필요 없으며 위성과 항공기 사이의 빈 공간을 건너갑니다. 소리보다 거의 100만 배 빠르게 나아갑니다. 20 km 떨어진 항공기가 같은 순간에 소리를 내고 메시지를 보낸다면, 메시지는 약 100만분의 67초 만에 도착하고 소리는 약 1분 뒤에 도착합니다. 아이들은 천둥이나 멀리서 축구공을 차는 모습을 보며 이 지연을 이미 알고 있으며, 그 앎이 가장 든든한 우군입니다.

가르치는 방법

아이들이 아는 것, 즉 존재하지만 우리가 보거나 들을 수 없는 것에서 출발하십시오. 개 호루라기, 벌이 보는 꽃의 모습, 텔레비전에 "무언가를 보내는" 리모컨, 건물 안의 와이파이. 그런 다음 분명하게 주장하십시오. 비행기의 메시지는 우리 눈이 볼 수 없는 종류의 빛을 타고 가며, 손전등과 비행기의 무선기는 사촌입니다. 손전등을 켜고 빛이 어디 있는지 물어보십시오. 방 안 어디에나, 동시에, 누구도 알아챌 수 없는 지연으로 있습니다. 그다음 어린 학생들을 위한 핵심 문장입니다. 전파는 우리 눈이 볼 수 없는 색깔이며, 지금 이 순간 400킬로미터 안에 있는 모든 비행기에서 이 방을 지나가고 있는데, 우리는 아무것도 느끼지 못합니다. 많은 아이들이 이것을 조금 짜릿하게 느끼며, 이는 사실입니다.

밧줄 실험은 파동이라는 개념에 형체를 줍니다. 둘씩 짝을 지어 한 아이는 밧줄을 가만히 잡고 다른 아이는 반대쪽 끝을 흔듭니다. 천천히 흔들면 밧줄을 따라 길고 느긋한 물결이 몇 개 생기고, 빠르게 흔들면 짧은 물결이 많이 생깁니다. 각 경우에 1미터 자로 마루 사이의 거리를 재고 규칙을 알아차리게 하십시오. 빠르게 흔들수록 물결이 짧아집니다. 이것은 느슨한 비유가 아니라 실제 관계입니다. 밧줄을 따라 가는 파동의 속도는 밧줄에 의해 정해지므로 진동수와 파장은 빛과 정확히 같은 방식으로 맞바뀝니다. 비행기의 전파는 빛에 비하면 길고 느긋한 쪽이며, 마루에서 마루까지 자 하나만큼 길다고 학생들에게 말해 주십시오. 밧줄 물결 옆 바닥에 자를 놓고 직접 보게 하십시오. 나이가 많은 학생들에게는 규칙을 적어 주십시오. 속도 = 진동수 곱하기 파장. 그리고 1초에 몇 번 흔드는지 세고 마루에서 마루까지 재어 밧줄에서 확인해 보게 하십시오. 그다음 항공기의 숫자를 주고 1초에 300 000 km를 1초에 10억 9000만으로 나누면 27.5 cm가 된다는 것을 보게 하십시오. 학생들 혼자서 나눗셈을 하지는 못하겠지만 칠판에서 따라갈 수는 있으며, 그러면 그 숫자가 학생들의 것이 됩니다.

전파와 소리를 구별하기 위해 가장 빠른 전달자 경주를 하십시오. 한 줄로 선 아이들이 강당 한쪽 끝에서 다른 쪽 끝으로 귓속말로 낱말 하나를 전합니다. 시간을 재십시오. 그런 다음 한쪽 끝에서 손전등을 번쩍이고 반대쪽 끝에서 손을 들게 하십시오. 잴 수 있는 지연이 없습니다. 이유를 이야기해 보십시오. 소리는 아이에서 아이로 전해지는 귓속말처럼 공기의 한 부분에서 다음 부분으로 전해져야 하고, 그러려면 시간이 걸립니다. 빛은 누군가 전해 줄 필요가 없습니다. 그런 다음, 바로 이때 분명히 말해야 하는데, 비행기의 무선 메시지는 귓속말이 아니라 손전등과 같고, 귀에 들리

는 비행기의 엔진 소리는 귓속말과 같아서 비행기가 지나가고 한참 뒤에 도착한다고 말해 주십시오. 나이가 많은 학생들에게는 1초에 340미터 대 1초에 30만 킬로미터라는 숫자를 주고 빛이 몇 배 빠른지 물어볼 수 있습니다. 거의 100만 배라는 답은 만족스럽습니다.

아이들이 잘못 아는 것, 그리고 해 줄 말

소리와의 혼동은 위에서 다루었지만 3차시와 4차시에서도 되풀이해야 합니다. "안테나가 비행기를 듣는다"가 "안테나가 소리를 듣는다"로 다시 미끄러질 것을 예상하십시오. 두 번째 혼동은 전파가 냄새처럼 "공기 중에" 떠다닌다는 생각입니다. 전파는 공기가 실어 나르는 것이 전혀 아니며, 빈 공간에서도 똑같이 잘 나아갑니다. 세 번째는 나이가 많은 학생들에게서 나오는데, 더 빨리 흔들면 파동이 더 빨리 나아간다는 생각입니다. 그렇지 않습니다. 물결이 짧아질 뿐이며, 마루 하나가 나아가는 모습을 지켜보게 하면 밧줄이 이를 보여 줍니다. 마지막으로, 전파가 빛이라면 왜 볼 수 없느냐고 아이가 묻는다면, 정직한 답은 우리 눈이 태양이 가장 많이 내보내고 공기를 가장 잘 통과하는 색깔에 맞추어 만들어져 있기 때문이라는 것입니다. 전파는 처음부터 늘 거기 있었고, 우리는 그것을 위한 금속 눈을 만들고서야 알아챘습니다. 그것이 3차시입니다.

3차시

금속 귀와 둥근 지구: 메시지를 어떻게, 얼마나 멀리서 잡는가

알아야 할 과학

금속 조각 위를 지나가는 전파는 금속 안의 전자를 그 진동에 맞추어 앞뒤로 밉니다. 그 작은 교류 전류가 "듣기"이며, 금속에 연결된 수신기가 그것을 증폭하여 펄스를 읽어 냅니다. 이 밀림은 금속 조각이 파동에 알맞은 길이일 때 가장 강합니다. 평평한 금속 면 위에 세운 파장의 4분의 1 길이의 막대는, 그네가 제 박자에 맞춘 밀기에 반응하듯 파동에 반응합니다. 항공기의 27.5 cm 파동이라면 4분의 1은 6.9 cm이며, 그래서 항공기에 있든 땅 위에 있든 진짜 ADS-B 안테나는 키가 몇 센티미터밖에 되지 않는 짧은 막대입니다. 조율된 귀입니다. 길이가 꽤 다른 선도 무언가를 잡기는 하지만 훨씬 적게 잡으며, 학생들이 만들 모형이 진짜와 알맞은 크기라고 사실대로 말해 줄 수 있습니다.

귀는 얼마나 멀리서 들을 수 있을까요? 두 가지가 이를 제한합니다. 신호는 거리가 멀어질수록 약해집니다. 항공기의 송신기는 에너지를 모든 방향으로 퍼뜨리므로, 작은 안테나에 닿는 비율은 거리가 늘어날수록 줄어듭니다. 두 배 멀어지면 4분의 1이 됩니다. 하지만 약해지는 것이 문제가 되기 전에 기하학이 먼저 문제가 됩니다. 전파는 빛이므로 직진하고, 지구는 공이므로, 지붕 위 안테나에서 뻗은 직선은 금방 땅에 부딪힙니다. 항공기는 항공기와 안테나 사이에 가로막힘 없는 직선이 있는 동안에만 들을 수 있습니다. 항공기가 높을수록 지구가 가로막기 전까지 그 직선이 더 멀리 닿으며, 안테나가 높으면 더 멀리 닿습니다. 계산(킬로미터 단위의 수평선까지 거리는 미터 단위 높이의 제곱근의 약 4배)은 중등 과정의 몫이며, 이 과정에서는 결과만으로 충분합니다. 10킬로미터 상공의 항공기는 지붕 위에서 400 km가 넘는 거리, 브뤼셀에서 파리까지 갔다 오는 것보다 더 먼 거리에서도 들을 수 있지만, 50 km 떨어진 곳에서 방금 이륙하는 항공기는 지구의 곡면 뒤에 완전히 숨어 있을 수도 있습니다. 그래서 안테나는 지붕, 탑, 언덕 위에 있으며, 같은 안테나가 높은 항공기는 멀리서도 듣고 낮은 항공기는 가까이 왔을 때만 듣습니다.

가르치는 방법

2차시가 남겨 둔 질문으로 시작하십시오. 전파가 우리가 볼 수 없는 빛이라면, 무엇이 볼 수 있을까요? 답은 금속 귀, 즉 안테나이며, 가장 먼저 할 일은 안테나를 찾아보는 것입니다. 와이파이 공유기에는 뭉툭한 막대가 있거나 안에 숨어 있습니다. 바깥의 자동차 지붕에는 상어 지느러미가 있습니다. 모든 휴대전화에는 테두리를 따라 하나가 숨어 있습니다. 학교 지붕에는 여러 개가 있을 수도 있습니다. 학생들을 보내거나 교사가 직접 사진을 찍어 와서 목록을 만드십시오. 공통점이 무엇인지 물어보십시오. 금속이고, 특정한 모양과 크기이며, 아주 자주 높은 곳에 있습니다. 이 두 관찰이 곧 수업이며, 각각을 설명해 주겠다고 약속할 수 있습니다.

크기에 대해서는 모형 안테나를 만드십시오. 아이마다 두꺼운 종이를 길이 7 cm, 폭 약 1센티미터로 잘라 알루미늄 포일로 감싸고, 역시 포일을 씌운 네모난 종이 한가운데에 똑바로 세웁니다. 이것이 무엇인지 정직하게 말해 주십시오. 항공기의 파동에 알맞은 모양과 크기이며 진짜 수신기도 정확히 이 모양을 쓰지만, 이것만으로는 아무것도 해독할 수 없습니다. 파동을 잡는 것은 첫 단계일 뿐이고, 펄스를 읽으려면 무선기와 컴퓨터가 필요하기 때문입니다(중등 과정에서 만듭니다). 그다음 그네로 크기를 설명하십시오. 그네는 제 박자에 맞춰 밀어 줄 때 가장 높이 올라가고, 금속 막대는 파동 길이의 4분의 1일 때 전기적으로 가장 잘 "흔들립니다". 27.5 cm 자를 7 cm 막대 옆에 놓고 막대가 그 4분의 1이라는 것을 보여 주십시오. 나이가 많은 학생들은 재어 보고 확인할 수 있습니다. 아래에 있는 포일 네모는 귀를 완성하는 거울이며, 그렇게만 말하고 넘어가도 괜찮습니다.

높이에 대해서는 밖으로 나가되, 질문을 가지고 가십시오. 왜 안테나는 높은 곳에 있을까요? 운동장 한쪽 끝에서 아이 한 명을 쭈그려 앉게 했다가, 일어서게 했다가, 벤치 위에 올라가게 하고, 매번 반대쪽 끝에서 무엇이 보이는지 물어보십시오. 낮은 담이나 주차된 자동차 뒤에 숨어 있던 것이 높이 올라갈수록 나타납니다. 그다음 지구로 도약하십시오. 땅 자체가 거대한 공의 윗부분처럼 휘어 있으며, 충분히 멀리 있는 것은 모두 그 곡면 뒤에 숨습니다. 돛대는 아직 보이는데 선체는 수평선 너머로 넘어간 배처럼요. 지붕 위의 안테나는 벤치 위에 서 있는 것입니다. 높이 있는 항공기는 아주 높은 돛대를 가진 배입니다. 칠판에 막대를 꽂은 원과 그 원을 스치는 직선을 그리십시오. 선보다 위에 있는 것은 모두 들을 수 있고, 아래에 있는 것은 모두 지구 뒤에 있습니다. 그런 다음 9~11세에게는 실제 수치를 주고 아는 거리와 비교해 보게 할 수 있습니다. 400 km는 브뤼셀에서 파리까지 갔다 오는 것보다 멀고, 50 km는 대략 주 하나의 폭입니다.

시간이 있다면 거리에 따라 약해지는 것을 보여 주는 작은 실험도 해 볼 만합니다. 어두운 강당 반대쪽 끝에 있는 손전등은 종이 한 장을 희미하게 비춥니다. 거리를 절반으로 줄이면 빛줄기가 더 좁은 면적에 퍼지므로 같은 종이를 눈에 띄게 두 배보다 더 밝게 비춥니다. 나이가 많은 아이들에게는 규칙, 즉 거리가 절반이면 밝기는 네 배라는 것과, 그 연결을 말해 줄 수 있습니다. 비행기의 무선 신호도 같은 방식으로 퍼지며, 그래서 멀리 있는 것을 잡으려면 감도 좋은 수신기가 필요합니다.

아이들이 잘못 아는 것, 그리고 해 줄 말

아이들은 귀가 크면 더 잘 들리듯 안테나도 크면 더 좋다고 생각하는 경우가 많습니다. 이 파동에서는 그렇지 않습니다. 중요한 것은 알맞은 크기이며, 알맞은 크기는 작습니다. 또 안테나가 "비행기에 더 가까이 가려고" 높은 곳에 있다고 생각합니다. 위로 올라가는 거리는 옆으로 떨어진 거리에 비하면 아주 작으며, 진짜 이유는 지구의 곡면이고, 이것이 더 흥미로운 답입니다. 마지막으로, 소리와의 혼동이 여기서 "안테나가 비행기 소리를 듣는다"는 형태로 돌아옵니다. 매번 짚어 주십시오. 안테나는 소리가 아니라 보이지 않는 빛을 잡으며, 전혀 소리를 내지 않는 항공기에서도 똑같이 잘 잡을 것입니다.

4차시

지도: 많은 귀가 어떻게 하나의 그림을 만드는가

알아야 할 과학

수신기가 달린 안테나 하나는 들을 수 있는 메시지를 해독하므로, 자신의 수평선 안에서 말하고 있는 모든 항공기의 위치, 고도, 식별 정보를 압니다. 그 범위는 높이 나는 항공기라면 지름 수백 킬로미터의 대략적인 원이고, 낮은 항공기라면 훨씬 작습니다. 나라 전체를 보려면 원들이 서로 겹치도록 퍼져 있는 많은 수신기가 필요하며, 각 수신기는 들은 것을 인터넷으로 중앙 컴퓨터에 보냅니다. 그 컴퓨터는 두 가지 일을 합니다. 합칩니다. 높이 나는 항공기는 대개 열 개나 스무 개의 수신기가 동시에 들으며, 그 모두에게서 도착하는 같은 메시지를 스무 대가 아니라 한 대의 항공기로 알아보아야 합니다. 그리고 검사합니다. 수신기 하나가 이웃한 모든 수신기와 맞지 않는 위치를 보고하면, 그 보고

는 아마 해독 오류이므로 제쳐 둡니다. 그 결과가 매초 갱신되는 실시간 지도이며, 전적으로 항공기가 말한 것과 안테나가 들은 것으로 만들어집니다. 항공 교통 관제사도 비슷한 그림을 보며, 거기에 독립적인 두 번째 의견으로 레이더가 더해집니다. 항공기가 사실을 말하는 것에 의존하는 시스템에는 그런 의견이 필요하기 때문입니다.

지도는 말하고 있는 항공기만 보여 줍니다. 여객기는 거의 모두 말합니다. 많은 소형 자가용 항공기, 글라이더, 열기구는 그럴 의무가 없고, 군용기는 말하지 않기로 하는 경우가 많습니다. 그러니 지도는 정직하지만 완전하지는 않으며, 이는 아이가 어떤 지도에 대해서든 배워 둘 가치가 있는 점이고, 과정을 마침표가 아니라 질문으로 끝내는 자연스러운 방법이기도 합니다.

가르치는 방법

1차시의 바닥 격자로 돌아가되, 이번에는 관제탑이 모든 것을 들을 수 없습니다. 교실 구석에 "안테나"(종이 격자를 든 아이들) 서너 명을 배치하고, 각자 격자의 자기 쪽 절반이나 4분의 1에 있는 항공기만 들을 수 있다고 말해 주십시오. 항공기들은 전과 같이 알립니다. 그런 다음 안테나들에게 종이를 모아 나란히 놓게 하십시오. 합친 그림에는 모든 항공기가 있고, 낱장에는 일부만 있습니다. 어떤 항공기는 두 장에 나타나며, 학생들은 그것이 두 대가 아니라 같은 항공기라는 데 합의해야 합니다. 이것이 합치는 일의 전부이며, 열 살 아이들이 5분 만에 해냅니다. 그리고 지도가 많은 듣는 사람들로 만든 직소 퍼즐이라는 개념이 자리 잡습니다.

그다음 실제로 해 보십시오. 실시간 지도를 프로젝터에 띄워 학교를 확대하고, 모둠마다 항공기 한 대를 10분 동안 따라가게 하십시오. 호출 부호, 고도, 속도, 어디서 왔고 어디로 가는지입니다. 그 항공기에 대한 카드를 작성하게 하고, 마지막으로 보았을 때의 위치에 맞추어 지역 벽지도에 카드를 꽂게 하십시오. 학생들이 활동하는 동안, 보고 있는 것을 과정의 사슬과 한 문장씩 연결해 주십시오. 저 항공기는 1초에 두 번 말하고 있습니다. 그 메시지는 보이지 않는 빛을 타고 갑니다. 400 km 안에 있는 누군가의 지붕 위 안테나가 그것을 잡았습니다. 그 안테나가 이 지도를 그리는 컴퓨터로 메시지를 보냈습니다. 그래서 화면에서 고도를 읽을 수 있습니다. 학생들에게 그 사슬을 각자의 말로 다시 말해 보게 하십시오. 이것이 평가이며, 이제쯤이면 학급 대부분이 할 수 있을 것입니다.

두 가지 질문으로 마무리하십시오. 항공기가 말을 멈추면 어떻게 될까요? 지도에서 사라집니다. 하지만 관제사에게는 여전히 레이더가 있습니다. 그리고 하늘의 모든 비행기가 지도에 있을까요? 아니요. 어떤 비행기가 빠져 있는지, 그리고 왜 누군가는 보이고 싶어 하지 않을 수 있는지에 대한 토론은, 지도가 측정으로 만들어지며 듣는 사람들만큼만 완전하다는 것을 이해한 학급을 남겨 두기에 좋은 지점입니다.

아이들이 잘못 아는 것, 그리고 해 줄 말

"위성이 지도를 만든다"는 생각이 여기서 아주 끈질기게 돌아옵니다. 지도는 화면에 있고, 화면은 인터넷에서 오며, 아이들 머릿속에서 인터넷은 우주에서 오기 때문입니다. 부드럽게 하나씩 풀어 주십시오. 위성은 비행기에 시각만 알려 줍니다. 비행기가 자기 위치를 알아냅니다. 비행기가 그것을 말합니다. 지붕 위의 안테나가 그것을 듣습니다. 컴퓨터가 그것을 그립니다. 첫 단계를 빼면 모든 단계가 땅 위에서 일어나며, 비행기가 스스로 위치를 찾게 해 주는 것이라면 위성 대신 무엇으로 바꾸어도 지도는 똑같이 잘 작동할 것입니다.

평가: 아이들이 이야기를 말할 수 있는가?

이 과정에는 네 개의 고리로 된 학습 목표 하나가 있으며, 평가는 단순히 아이가 그 사슬을 이유와 함께 순서대로 말할 수 있는지입니다. 각 아이 또는 각 모둠에게 비행기가 어떻게 지도에 나타나는지 설명하게 하고, 네 개의 고리가 나오는지 들어 보십시오. 비행기는 자기가 어디 있는지 알고, 요청받지 않아도 그것을 거듭 말한다. 메시지는 전파로 전달되며, 전파는 우리 눈이 볼 수 없는 빛이고 소리와는 전혀 다르다. 조율된 금속 귀인 안테나가 그것을 잡지만, 지구의 곡면보다 위에 있는 항공기에서만 잡는다. 그리고 많은 안테나가 함께 들은 것을 나누어 지도를 만든다. 6~8세 아이

가 네 단계를 올바른 순서로 이야기처럼 말한다면 목표를 달성한 것입니다. 9~11세 아이는 각 단계에서 이유도 댈 수 있어야 합니다. 왜 1초에 두 번인지, 왜 소리가 아니라 빛인지, 왜 7 cm이고 왜 높은 곳인지, 왜 안테나 하나가 아니라 많은 안테나인지.

학생용 페이지는 학급이 태블릿으로 또는 손을 들어 풀 수 있는 짧은 퀴즈로 끝납니다. 정답과 기대해야 할 추론은 다음과 같습니다. 비행기는 1초에 약 두 번 메시지를 보냅니다. 1분이면 15 km를 이동해 지도가 쓸모없어질 것이기 때문입니다. 메시지에는 승객의 이름이 들어 있지 않고, 항공기의 식별 정보, 위치, 고도, 속도만 들어 있습니다. 전파는 소리가 아니라 우리 눈이 볼 수 없는 빛입니다. 공기가 필요 없고 거의 100만 배 빠르게 나아가기 때문입니다. 안테나를 지붕 위에 두는 것은 비행기에 더 가까워지기 위해서가 아니라, 똑바로 뻗은 시선이 지구의 곡면 너머로 더 멀리 닿게 하기 위해서입니다. 그리고 지도에 많은 안테나가 필요한 것은 안테나마다 지름 수백 킬로미터의 하늘 원만 들을 수 있기 때문입니다.

지붕에 작은 수신기를 설치하여 학교 위 하늘이 실시간 지도에 나타나고 4차시가 학급의 안테나로 끝나기를 원하는 학교는, 피더 되기 페이지에서 필요한 모든 것을 찾을 수 있습니다.

다음

학교 지붕 위의 수신기

네 차시는 학교의 수신기로 자연스럽게 마무리됩니다. 실습 워크숍이 완전한 안내서입니다. 부품과 가격(100~150 유로, 또는 기존 Raspberry Pi), 고를 안테나와 설치 위치, 컴퓨터를 준비하고 Dataero 피더를 설치하는 방법, 그리고 학급이 1년 동안 그것으로 할 수 있는 측정을 다룹니다. 학교 스테이션은 공개 지도에 학교 이름으로 나타나며, 그 대시보드는 1년 내내 매일 '저 비행기는 뭐지?'에 답해 줍니다.

실습 워크숍 열기 `https://radar.dataero.eu/ko/learning/workshop`