

6 से 11 वर्ष - शिक्षक के लिए

बोलने वाले विमान: चार पाठों का प्राथमिक विज्ञान कोर्स

यह कोर्स वैसा है जैसा शिक्षक को जानना चाहिए: विज्ञान कक्षा के सुनने के स्तर से एक स्तर गहरा समझाया हुआ, वह क्रम जिसमें विचारों को आना है, छह की उम्र में क्या कहना है और दस में क्या जोड़ना है, वे प्रदर्शन जो हर विचार को आगे ले जाते हैं और वे क्यों काम करते हैं, और वे गलत धारणाएँ जो बच्चे अपने साथ लाते हैं। लगभग 50 मिनट के चार पाठ, आम तौर पर दो सप्ताह में फैले हुए।

सीखें - <https://radar.dataaero.eu/hi/learning/ages-6-11> 2026-10-22

विषय-सूची

शुरू करने से पहले: यह कोर्स क्या सिखाता है और यह चार पाठों के लायक क्यों है

पाठ 1 व्यस्त आसमान और बोलने वाला विमान

पाठ 2 अदृश्य प्रकाश: संदेश को क्या ले जाता है

पाठ 3 धातु के कान और गोल पृथ्वी: संदेश कैसे पकड़ा जाता है, और कितनी दूर से

पाठ 4 मैप: बहुत से कान कैसे एक तस्वीर बनाते हैं

मूल्यांकन: क्या वे कहानी सुना सकते हैं?

आगे स्कूल की छत पर एक रिसीवर

शुरू करने से पहले: यह कोर्स क्या सिखाता है और यह चार पाठों के लायक क्यों है

यूरोपीय आसमान का हर यात्री विमान लगभग हर सेकंड दो बार एक छोटा रेडियो संदेश प्रसारित करता है जिसमें उसकी पहचान, उसकी स्थिति, उसकी ऊँचाई और उसकी गति होती है। इस प्रणाली का नाम ADS-B है, और 2020 से यह अधिकांश विमानों के लिए अनिवार्य है। हवाई यातायात नियंत्रक इस पर भरोसा करते हैं; किसी भी फ़ोन के लाइव फ़्लाइट मैप भी। प्राथमिक कक्षा के लिए यह लगभग एक आदर्श विषय है, क्योंकि यह उन चीज़ों को, जिनके बारे में बच्चे पहले से सोचते हैं, यानी वे विमान जो वे देखते और सुनते हैं, उस भौतिकी से जोड़ता है जिसे पढ़ाने के लिए पाठ्यक्रम आपसे कहता है: कि प्रकाश और ध्वनि अलग-अलग तरह की चीज़ें हैं, कि प्रकाश सीधी रेखा में चलता है, कि तरंगों की एक लंबाई होती है, कि पृथ्वी एक गोला है और इसके दिखने वाले परिणाम हैं, कि सूचना को कोड करके भेजा जा सकता है, और कि मैप मापों से बनता है। विषय वास्तविक और समसामयिक है; इसमें कुछ भी खिलौना-मॉडल नहीं है।

कोर्स स्वयं प्रणाली के तर्क का अनुसरण करता है, क्योंकि वही तर्क पढ़ाने का सही क्रम भी है। पहले कक्षा को समझना होगा कि आसमान तेज़, अदृश्य यातायात से भरा है जिसका किसी को हिसाब रखना है। फिर कि हर विमान जानता है कि वह कहाँ है और इसे बार-बार, चार हिस्सों वाले संदेश में बताता है। फिर कि संदेश रेडियो तरंग के रूप में यात्रा करता है, और रेडियो तरंग प्रकाश का एक रूप है। फिर कि एंटीना उसे पकड़ता है, और गोल पृथ्वी सीमित करती है कि कितनी दूर से। अंत में कि बहुत से एंटीना मिलकर मैप बनाते हैं। हर पाठ उस श्रृंखला में एक कड़ी जोड़ता है, और अंत में आप उसी श्रृंखला का मूल्यांकन करते हैं: क्या बच्चा विमान से मैप तक की कहानी क्रम में, सही कारणों के साथ, सुना सकता है?

आपको विमानन या रेडियो की किसी पृष्ठभूमि की ज़रूरत नहीं है। नीचे हर पाठ उस विज्ञान से शुरू होता है जैसा आपको उसे समझना चाहिए, जो कक्षा के स्तर से एक स्तर गहरा है, ताकि आप सवाल के पीछे के सवाल का जवाब दे सकें। यदि आप पूरी वयस्क व्याख्या चाहते हैं, तो मुख्य पृष्ठ के संदर्भ कोर्स में बारह अध्याय हैं; इस आयु वर्ग के लिए सबसे महत्वपूर्ण अध्याय 3, 6

और 7 हैं। दो बातें पूरे समय साफ़ ध्यान में रखनी चाहिए, क्योंकि यही दो जगहें हैं जहाँ वयस्क सबसे अधिक बार कुछ गलत सिखा देते हैं। रेडियो ध्वनि नहीं है; वह एक ऐसे रंग का प्रकाश है जिसे हमारी आँखें नहीं देख सकतीं, और यह अंतर पाठ 2 का हृदय है। और इस प्रणाली में विमान को "उपग्रह नहीं देखते" या "रडार नहीं खोजता": वह उपग्रहों को सुनकर अपनी स्थिति खुद निकालता है, और फिर उसकी घोषणा करता है। कोई विमान को नहीं खोजता। विमान बताता है।

विभेदीकरण पर: यह कोर्स पूरे 6 से 11 वर्ष के दायरे के लिए लिखा गया है, और हर पाठ का पाठ्य बताता है कि छोटे और बड़े सिरे कहाँ अलग होते हैं। मोटे तौर पर, छह से आठ वर्ष के बच्चों की कक्षा को कहानी, भूमिका-अभिनय, रस्सी और मैप मिलना चाहिए, और उन्हें यह कहने में सक्षम होकर जाना चाहिए कि "विमान एक तरंग पर संदेश भेजते हैं, एंटीना उसे पकड़ता है, और उससे मैप बनता है"। नौ से ग्यारह वर्ष के बच्चों की कक्षा संख्याएँ ले सकती है (सेकंड में दो बार, 3,00,000 किलोमीटर प्रति सेकंड, 27 सेंटीमीटर की तरंग, 400 किलोमीटर का क्षितिज), यह विचार कि संदेश हाँ-या-ना उत्तरों से बना है, और क्षितिज के बारे में तर्क, और उन्हें यह समझाने में सक्षम होकर जाना चाहिए कि हर चरण क्यों ज़रूरी है।

पाठ 1

व्यस्त आसमान और बोलने वाला विमान

वह विज्ञान जो आपको चाहिए

कूज़ ऊँचाई पर एक यात्री विमान लगभग दस किलोमीटर ऊपर है और लगभग 900 km/h से चल रहा है, यानी हर सेकंड 250 मीटर। उस ऊँचाई पर उसे देखना कठिन और आँकना असंभव है: जिस बच्चे को एक चमक या वाष्प की लकीर दिखती है, उसके पास यह जानने का कोई तरीका नहीं कि वह कितनी दूर है, कितनी ऊँची, या कहाँ जा रही है, और दूसरे विमान को देखते पायलट के पास भी नहीं। बेल्जियम के किसी कस्बे के ऊपर लगभग हमेशा एक साथ कई विमान आसमान में होते हैं, जिनमें से अधिकांश दूसरे देशों के बीच जाते हुए ऊँचाई से गुज़र रहे होते हैं। उन्हें अलग रखने के लिए हवाई यातायात नियंत्रण को हर विमान की स्थिति, ऊँचाई और दिशा लगातार चाहिए। पृथक्करण के नियम सरल हैं: जिस हवाई क्षेत्र का प्रबंधन नियंत्रक करते हैं, उसमें विमानों को ऊर्ध्वाधर दिशा में कम से कम 300 मीटर या क्षैतिज दिशा में कई किलोमीटर दूर रहना चाहिए।

पिछली सदी के अधिकांश समय में विमानों की स्थिति जानने का तरीका रडार था: एक बड़ा घूमता हुआ एंटीना जो रेडियो का एक स्पंद भेजता है और क्षीण प्रतिध्वनि सुनता है। रडार अब भी है, पर जिस प्रणाली के बारे में यह कोर्स है, वह समस्या को उलट देती है। हर आधुनिक विमान में एक उपग्रह नौवहन रिसीवर है, वही तकनीक जो कार या फ़ोन के मैप में है, और इसलिए वह हमेशा अपनी स्थिति कुछ मीटर के भीतर जानता है। उसमें ट्रांसपोंडर (transponder) नाम का एक छोटा रेडियो भी है। ADS-B बस इन दोनों को जोड़ता है: लगभग हर सेकंड दो बार ट्रांसपोंडर एक छोटा संदेश भेजता है जिसमें विमान की पहचान, उपग्रहों से मिली उसकी स्थिति, उसकी ऊँचाई, और उसकी गति और दिशा है। संदेश स्वचालित रूप से जाता है, बिना किसी के माँगे और बिना किसी खास प्राप्तकर्ता के: यह एक प्रसारण है, रेडियो स्टेशन की तरह, और सही रिसीवर वाला कोई भी इसे सुन सकता है। अक्षरों का यही अर्थ है: Automatic (स्वचालित, कोई इसे शुरू नहीं करता), Dependent (निर्भर, इसका सही होना विमान के अपने उपकरणों पर निर्भर है), Surveillance (निगरानी, इसका उद्देश्य यह जानना है कि विमान कहाँ हैं), Broadcast (प्रसारण, सबको भेजा हुआ)।

संदेश स्वयं डिजिटल है। ट्रांसपोंडर सीधे अक्षर या अंक नहीं भेज सकता; वह केवल स्पंद भेज सकता है या नहीं भेज सकता, और इसलिए संदेश 112 हाँ-या-ना उत्तरों की एक लड़ी है, हर एक सेकंड के दस लाखवें हिस्से तक चलने वाला, जिनका अर्थ सबने पहले से तय कर रखा है। उनका पहला समूह, 24 उत्तर लंबा, विमान का स्थायी पहचान कोड है, जो उसे पंजीकरण के समय दिया जाता है, कुछ-कुछ उस नंबर प्लेट जैसा जो कभी नहीं बदलती। बाकी, संदेश के प्रकार के अनुसार, स्थिति, ऊँचाई, गति या उड़ान का कॉल साइन ले जाते हैं। अंतिम 24 उत्तर एक जाँच हैं: सुनने वाला संदेश पर एक निश्चित जोड़ करता है और परिणाम की तुलना जाँच से करता है, और यदि वे नहीं मिलते, तो रास्ते में कुछ बिगड़ा है और संदेश फेंक दिया जाता है। यह मायने रखता

है, क्योंकि व्यस्त हवाई अड्डे के ऊपर बहुत से विमान एक साथ बोल रहे होते हैं और उनके संदेश कभी-कभी एक-दूसरे पर चढ़ जाते हैं। संदेश में ऊँचाई उपग्रह से नहीं बल्कि विमान के बाहर की हवा के दाब से मापी जाती है, जो ऊपर चढ़ने पर लगातार घटता है; यही कारण है कि लिफ्ट या पहाड़ी सुरंग में आपके कान बंद होते हैं, और बड़े बच्चों को यह संबंध अच्छा लगता है।

इसे कैसे पढ़ाएँ

प्रणाली से नहीं, आसमान से शुरू करें। पूछें कि इस सप्ताह किसने विमान देखा, कहाँ, उनके अनुमान से वह कितना ऊँचा था, और बिना सड़कों के पायलट को कैसे पता चल सकता है कि वह कहाँ है। अनुमानों को चलने दें; "पायलट खिड़की से बाहर देखता है" और "एक मैप होता है" दोनों आएँगे, और दोनों आधे सही हैं। फिर प्रोजेक्टर पर लाइव मैप लगाएँ, कस्बे पर ज़ूम किया हुआ, और साथ मिलकर विमान गिनें। कक्षा की अपेक्षा और मैप के दिखाए के बीच का अंतर पूरे कोर्स का काँटा है, और इस पर ठहरना सार्थक है: उन चिह्नों में से हर एक ऐसा विमान है जो अभी इसी समय बोल रहा है।

अब केंद्रीय कहानी एक साँस में सुनाएँ, क्योंकि बच्चे परिभाषा से बेहतर कहानी याद रखते हैं: विमान हमेशा जानता है कि वह कहाँ है, क्योंकि वह अपने बहुत ऊपर के उपग्रहों को सुनता है; और हर सेकंड दो बार वह किसी खास को नहीं, सबको चिल्लाकर बताता है, "मैं यह हूँ, मैं यहाँ हूँ, इतना ऊँचा, इतना तेज़"। किसी ने उससे पूछा नहीं। वह कभी रुकता नहीं। और सही तरह का कान रखने वाला हर कोई इसे सुन सकता है। छह से आठ वर्ष के बच्चों के साथ यही वाक्य, दोहराया और फिर अभिनय किया हुआ, पाठ है। नौ से ग्यारह वर्ष के बच्चों के साथ एक कदम आगे जाएँ और समझाएँ कि यह पुकार हाँ-या-ना उत्तरों से बनी है, कि उनमें से 24 विमान का नाम बनाते हैं, और उन्हें (मदद से) निकालने दें कि 24 हाँ-या-ना उत्तर लगभग 1.7 करोड़ अलग-अलग नाम देते हैं, अब तक बने हर विमान के लिए पर्याप्त से अधिक। जो बात बैठानी है वह यह कि विमान पर "नज़र नहीं रखी जाती": वह बताता है। इसे दोनों तरह कहें, "कोई विमान को नहीं खोजता, विमान खुद अपनी घोषणा करता है", क्योंकि इसका उल्टा विचार गहरी जड़ें जमाए है और पाठ 4 में फिर उभरेगा।

प्रदर्शन है कंट्रोल टावर का खेल, और यह कोर्स का सबसे मूल्यवान आधा घंटा है। फ़र्श पर टेप से पाँच गुणा पाँच खानों का एक ग्रिड बनाएँ, एक ओर अक्षर और दूसरी ओर अंक। आधी कक्षा विमान है; हर एक के पास एक कार्ड है जिस पर कॉल साइन, ऊँचाई और गति लिखी है। वे धीरे-धीरे ग्रिड पार करते हैं, और हर कुछ कदम पर हर एक अपना संदेश ज़ोर से बोलता है: "DTA12, खाना C3, दस हज़ार मीटर, तेज़"। बाकी आधी कक्षा कंट्रोल टावर है, हर एक के पास ग्रिड की कागज़ी प्रति, और उन्हें हर विमान को वहीं बनाना है जहाँ वह कहता है कि वह है। फिर अदला-बदली करें। फिर, और यही हिस्सा सिखाता है, इसे दोबारा चलाएँ जिसमें विमान मिनट में केवल एक बार बोल सकते हैं। टावरों के चित्र बिखर जाते हैं; किसी के जानने से पहले विमान खाने बदल चुके होते हैं। कक्षा से पूछें कि असली विमान सेकंड में दो बार क्यों बोलते हैं, और वे आपको बता देंगे।

बड़े समूह के साथ एक दूसरा रूप जोड़ें: दो विमान ठीक एक ही पल बोलते हैं, और टावर को दर्ज करना है कि उसने क्या सुना। उसने गड़बड़ सुनी होगी। समझाएँ कि इसीलिए असली संदेश के अंत में एक जाँच है: गड़बड़ संदेश जाँच में विफल होता है और छोड़ दिया जाता है, और विमान वैसे भी आधे सेकंड बाद खुद को दोहराता है। जो बच्चे टावर रह चुके हैं, वे तुरंत समझ जाते हैं कि दोहराव और जाँच दोनों क्यों ज़रूरी हैं।

बच्चे क्या गलत समझते हैं, और क्या कहें

सबसे आम गलत धारणा यह है कि उपग्रह नीचे देखकर विमानों को देखते हैं, या रडार उन्हें खोजता है। सही तस्वीर यह है कि विमान खुद को खोजने के लिए उपग्रहों को सुनता है, और फिर बोलता है। इसे कहने का एक उपयोगी तरीका: उपग्रह घंटाघर की उस घंटी जैसा है जो घंटा बजाती है; वह सबको समय बताती है, पर उसे पता नहीं कि कौन सुन रहा है। दूसरी गलत धारणा

यह है कि पायलट संदेश भेजता है। कोई नहीं भेजता; ट्रांसपोंडर इसे विमान के चलना शुरू करने के क्षण से खुद भेजता है। तीसरी यह कि संदेश "हवाई अड्डे" को जाता है। वह सबको जाता है: दूसरे विमान भी सुनते हैं और एक-दूसरे से दूर रहने के लिए इसका उपयोग करते हैं, और किसी भी छत पर लगा कोई भी एंटीना भी, और पाठ 4 वहीं समाप्त होगा।

पाठ 2

अदृश्य प्रकाश: संदेश को क्या ले जाता है

वह विज्ञान जो आपको चाहिए

संदेश विमान से रेडियो तरंग के रूप में निकलता है, और यह पाठ जो एक विचार स्थापित करे, क्योंकि माध्यमिक स्तर की पूरी भौतिकी उस पर बनती है, वह यह है कि रेडियो तरंग और प्रकाश की किरण एक ही तरह की चीज़ हैं। दोनों विद्युत-चुंबकीय तरंगें हैं: विद्युत और चुंबकीय बल की लहरें जो अंतरिक्ष में चलती हैं, जिन्हें ले जाने के लिए हवा या किसी पदार्थ की ज़रूरत नहीं, प्रकाश की गति से, जो लगभग 3,00,000 किलोमीटर प्रति सेकंड है। जो चीज़ एक ऐसी लहर को लाल प्रकाश, दूसरी को नीला, तीसरी को रेडियो तरंग बनाती है, वह केवल यह है कि वह कितनी तेज़ी से दोलन करती है, उसकी आवृत्ति (frequency)। हमारी आँखें आवृत्तियों के एक संकरे बैंड पर प्रतिक्रिया देती हैं, जिसे हम लाल से बैंगनी तक के रंगों के रूप में अनुभव करते हैं। रेडियो कहीं धीमे दोलन करता है, और इसलिए आँखें उसे नहीं देख सकतीं, ठीक वैसे जैसे कान कुत्ते की सीटी नहीं सुन सकते। विमान का संदेश प्रति सेकंड 109 करोड़ दोलनों की आवृत्ति पर भेजा जाता है, जो मानव मानकों से बहुत तेज़ है और प्रकाश के मानकों से बहुत धीमा: हरा प्रकाश लगभग पाँच लाख गुना तेज़ दोलन करता है।

चूँकि हर विद्युत-चुंबकीय तरंग एक ही गति से चलती है, आवृत्ति तरंगदैर्घ्य (wavelength) तय कर देती है, यानी एक शिखर से अगले तक की दूरी: एक सेकंड में तरंग 3,00,000 km चलती है और f दोलन पूरे करती है, इसलिए हर दोलन 3,00,000 km भागा f जितनी जगह घेरता है। विमान की तरंग के लिए यह 27.5 सेंटीमीटर आता है, लगभग स्कूल के स्केल की लंबाई। हरे प्रकाश के लिए यह लगभग एक मिलीमीटर का आधा हज़ारवाँ हिस्सा है। FM रेडियो स्टेशन के लिए यह तीन मीटर है। यह संख्या, 27.5 cm, वह है जिससे कक्षा पाठ 3 में फिर मिलेगी, क्योंकि यह एंटीना का आकार तय करती है।

जिस भ्रम को आपको रोकना है वह रेडियो और ध्वनि के बीच का है, और यह समझना सार्थक है कि यह इतना आम क्यों है। रोज़मर्रा की भाषा में "रेडियो" एक डिब्बा है जो आवाज़ निकालता है, इसलिए बच्चे (और बहुत से वयस्क) मान लेते हैं कि रेडियो तरंगें हवा में चलने वाली एक तरह की ध्वनि हैं। उनका आपस में कोई संबंध नहीं है। ध्वनि एक दाब-तरंग है: हवा के अणु अपने पड़ोसियों से टकराते हैं, जो अपने पड़ोसियों से टकराते हैं। उसे चलने के लिए एक पदार्थ चाहिए, वह लगभग 340 मीटर प्रति सेकंड से चलती है, और निर्वात में कोई ध्वनि नहीं होती। रेडियो को कुछ नहीं चाहिए और वह उपग्रह और विमान के बीच का खाली अंतरिक्ष पार करता है; वह ध्वनि से लगभग दस लाख गुना तेज़ चलता है। यदि 20 km दूर का विमान एक ही पल शोर करे और संदेश भेजे, तो संदेश आप तक सेकंड के लगभग 67 दस-लाखवें हिस्से में पहुँचता है और शोर लगभग एक मिनट बाद। बच्चे इस देरी को गड़गड़ाहट से और दूर मारी जाती फुटबॉल को देखने से जानते हैं, और वह ज्ञान आपका सबसे अच्छा सहयोगी है।

इसे कैसे पढ़ाएँ

उससे शुरू करें जो वे जानते हैं: ऐसी चीज़ें जो हैं पर जिन्हें हम देख या सुन नहीं सकते। कुत्ते की सीटी, मधुमक्खी की नज़र से फूल, रिमोट कंट्रोल जो टेलीविज़न को "कुछ भेजता है", इमारत का Wi-Fi। फिर दावा साफ़ शब्दों में करें: विमान का संदेश एक ऐसे प्रकाश पर सवार होकर चलता है जिसे हमारी आँखें नहीं देख सकतीं, और टॉच और विमान का रेडियो चचेरे भाई हैं। टॉच जलाएँ और पूछें कि उसकी रोशनी कहाँ है: कमरे में हर जगह, एक साथ, बिना किसी ऐसी देरी के जो कोई महसूस कर सके।

फिर छोटे समूह के लिए मुख्य वाक्य: रेडियो एक ऐसा रंग है जिसे हमारी आँखें नहीं देख सकतीं, और वह अभी इसी समय इस कमरे से गुज़र रहा है, 400 किलोमीटर के भीतर के हर विमान से, और हम कुछ भी महसूस नहीं कर सकते। बहुत से बच्चों को यह थोड़ा रोमांचक लगता है, और यह सच है।

रस्सी का प्रदर्शन तरंग के विचार को एक शरीर देता है। जोड़ियों में, एक बच्चा रस्सी को स्थिर पकड़ता है और दूसरा खुले सिरे को हिलाता है। धीमे हिलाने से रस्सी पर कुछ लंबी, आलसी तरंगें बनती हैं; तेज़ हिलाने से बहुत-सी छोटी। हर स्थिति में उनसे मीटर स्केल से शिखरों के बीच की दूरी नपवाएँ और नियम पर ध्यान दिलाएँ: जितना तेज़ हिलाओ, तरंगें उतनी छोटी। यह कोई ढीली उपमा नहीं बल्कि असली संबंध है, क्योंकि रस्सी पर तरंग की गति रस्सी से तय होती है और इसलिए आवृत्ति और तरंगदैर्घ्य ठीक वैसे ही एक-दूसरे के बदले बदलते हैं जैसे प्रकाश के लिए। कक्षा को बताएँ कि प्रकाश की तुलना में विमान की तरंग लंबी, आलसी किस्म की है, और शिखर से शिखर तक वह एक स्केल जितनी लंबी है। रस्सी की तरंग के बगल में फ़र्श पर स्केल रखें और उन्हें देखने दें। बड़े समूह के साथ नियम लिखें: गति = आवृत्ति गुणा तरंगदैर्घ्य, और उन्हें रस्सी पर प्रति सेकंड झटके गिनकर और शिखर से शिखर नापकर इसे जाँचने दें। फिर उन्हें विमान की संख्याएँ दें और देखने दें कि 3,00,000 km प्रति सेकंड भागा 109 करोड़ प्रति सेकंड 27.5 cm है; वे भाग बिना मदद के नहीं करेंगे, पर बोर्ड पर उसका अनुसरण कर सकते हैं और इससे संख्या उनकी अपनी हो जाती है।

रेडियो को ध्वनि से अलग करने के लिए सबसे तेज़ संदेशवाहक की दौड़ चलाएँ। बच्चों की एक कतार हॉल के एक छोर से दूसरे तक एक फुसफुसाया शब्द आगे बढ़ाती है; समय नापें। फिर एक छोर से टॉर्च चमकाएँ और दूसरे छोर को हाथ उठाने दें; कोई मापने लायक देरी नहीं। चर्चा करें क्यों: ध्वनि को हवा के हर हिस्से से अगले तक पहुँचाना पड़ता है, बच्चे से बच्चे तक फुसफुसाहट की तरह, और उसमें समय लगता है; प्रकाश को आगे बढ़ाने के लिए किसी की ज़रूरत नहीं। फिर, और यही स्पष्ट होने का क्षण है, कहें कि विमान का रेडियो संदेश टॉर्च जैसा है, फुसफुसाहट जैसा नहीं, और जो इंजन का शोर आप सुनते हैं वह फुसफुसाहट जैसा है, जो विमान के आगे बढ़ जाने के बहुत बाद पहुँचता है। बड़े समूह को संख्याएँ दी जा सकती हैं, 340 मीटर प्रति सेकंड बनाम 3,00,000 किलोमीटर प्रति सेकंड, और पूछा जा सकता है कि प्रकाश कितने गुना तेज़ है; उत्तर, लगभग दस लाख, संतोषजनक है।

बच्चे क्या गलत समझते हैं, और क्या कहें

ध्वनि के भ्रम पर ऊपर बात हो चुकी है और पाठ 3 और पाठ 4 में इसे दोहराना पड़ेगा; अपेक्षा रखें कि "एंटीना विमान को सुनता है" फिसलकर "एंटीना शोर को सुनता है" बन जाएगा। दूसरा भ्रम यह है कि रेडियो तरंगें "हवा में" उसी तरह हैं जैसे गंध, इधर-उधर बहती हुई; उन्हें हवा बिल्कुल नहीं ले जाती और वे खाली अंतरिक्ष में भी उतनी ही अच्छी तरह चलतीं। तीसरा, बड़े समूह से, यह सोचना कि तेज़ हिलाने से तरंग तेज़ चलती है; ऐसा नहीं है, इससे तरंगें छोटी होती हैं, और यदि आप उन्हें एक अकेले शिखर को चलते देखने दें तो रस्सी यह दिखा देती है। अंत में, यदि कोई बच्चा पूछे कि जब रेडियो प्रकाश है तो हम उसे देख क्यों नहीं सकते, तो ईमानदार उत्तर यह है कि हमारी आँखें उन रंगों के लिए बनी हैं जो सूरज सबसे अधिक देता है और जो हवा से सबसे अच्छी तरह गुज़रते हैं; रेडियो हमेशा से था, और हमने उसे तभी देखा जब हमने उसके लिए धातु की आँखें बनाई, जो पाठ 3 है।

पाठ 3

धातु के कान और गोल पृथ्वी: संदेश कैसे पकड़ा जाता है, और कितनी दूर से

वह विज्ञान जो आपको चाहिए

धातु के टुकड़े के ऊपर से गुज़रती रेडियो तरंग धातु के इलेक्ट्रॉनों को अपने दोलन की ताल पर आगे-पीछे धकेलती है। वही नन्ही प्रत्यावर्ती धारा "सुनना" है; धातु से जुड़ा रिसीवर उसे प्रवर्धित करता है और उससे स्पंद पढ़ता है। धक्का तब सबसे प्रबल होता है जब धातु के टुकड़े की लंबाई तरंग के लिए सही हो: एक चौथाई तरंगदैर्घ्य लंबी छड़, जो एक समतल धातु की सतह पर खड़ी हो,

तरंग पर वैसे ही प्रतिक्रिया देती है जैसे झूला अपनी लय पर दिए धक्के पर। विमान की 27.5 cm तरंग के लिए एक चौथाई 6.9 cm है, और इसीलिए असली ADS-B एंटीना, विमान पर और ज़मीन पर, केवल कुछ सेंटीमीटर ऊँची एक छोटी छड़ है। यह एक ट्यून किया हुआ कान है। बिल्कुल अलग लंबाई का तार भी कुछ पकड़ता है, पर बहुत कम, और कक्षा को सच्चाई से बताया जा सकता है कि जो मॉडल वे बनाएँगे वह असली चीज़ के लिए सही आकार का है।

कान कितनी दूर से सुन सकता है? दो चीज़ें इसे सीमित करती हैं। दूरी के साथ संकेत कमज़ोर होता है, क्योंकि विमान का प्रेषक अपनी ऊर्जा हर दिशा में फैलाता है और जो अंश छोटे एंटीना तक पहुँचता है वह दूरी बढ़ने पर सिकुड़ता है: दुगुनी दूरी, चौथाई हिस्सा। पर कमज़ोरी समस्या बने उससे पहले ज्यामिति बन जाती है। चूँकि रेडियो प्रकाश है, वह सीधी रेखा में चलता है, और चूँकि पृथ्वी एक गेंद है, छत पर लगे एंटीना से निकली सीधी रेखा जल्दी ही ज़मीन से टकरा जाती है। विमान को तभी तक सुना जा सकता है जब तक उसके और एंटीना के बीच एक सीधी, बिना रुकावट की रेखा हो। विमान जितना ऊँचा, वह रेखा पृथ्वी के बीच में आने से पहले उतनी दूर तक पहुँच सकती है, और एंटीना जितना ऊँचा, उतना और दूर। गणित (किलोमीटर में क्षितिज की दूरी मीटर में ऊँचाई के वर्गमूल का लगभग चार गुना है) माध्यमिक कोर्स के लिए है; आपके लिए परिणाम काफ़ी है: दस किलोमीटर ऊँचा विमान छत से 400 km से भी दूर से सुना जा सकता है, ब्रसेल्स से पेरिस और वापस से भी ज़्यादा, जबकि 50 km दूर अभी-अभी उड़ा विमान शायद पृथ्वी की गोलाई के पीछे पूरी तरह छिपा हो। इसीलिए एंटीना छतों, मस्तूलों और पहाड़ियों पर हैं, और इसीलिए वही एंटीना ऊँचे विमानों को दूर से सुनता है और नीचे वालों को केवल तब जब वे पास हों।

इसे कैसे पढ़ाएँ

उस सवाल से शुरू करें जो पाठ 2 ने अधूरा छोड़ा था: अगर रेडियो एक ऐसा प्रकाश है जिसे हम नहीं देख सकते, तो कौन देख सकता है? उत्तर है धातु का कान, एक एंटीना, और पहला काम कुछ खोजना है। Wi-Fi के डिब्बे में छड़ें हैं या वह उन्हें अंदर छिपाता है; बाहर खड़ी कार की छत पर एक फ़िन है; हर फ़ोन में एक उसके किनारे के साथ छिपा है; स्कूल की छत पर कई हो सकते हैं। कक्षा को भेजें, या खुद फ़ोटो लेकर जाएँ, और एक सूची बनाएँ। पूछें कि इनमें क्या समान है: वे धातु के हैं, वे एक खास आकार और नाप के हैं, और वे बहुत बार ऊँचाई पर हैं। ये दोनों अवलोकन ही पाठ हैं, और आप हर एक को समझाने का वादा कर सकते हैं।

नाप के लिए मॉडल एंटीना बनाएँ। हर बच्चा 7 cm लंबी और लगभग एक सेंटीमीटर चौड़ी कार्ड की पट्टी काटता है, उसे एल्युमिनियम फ़ॉइल में लपेटता है, और उसे फ़ॉइल से ढके कार्ड के एक चौकोर टुकड़े के बीच में सीधा खड़ा करता है। यह क्या है, इस बारे में ईमानदार रहें: यह विमान की तरंग के लिए सही आकार और सही नाप का है, और असली रिसीवर ठीक यही आकार इस्तेमाल करता है, पर अकेले यह कुछ भी डिकोड नहीं कर सकता, क्योंकि तरंग को पकड़ना केवल पहला कदम है और स्पंदों को पढ़ने के लिए एक रेडियो और एक कंप्यूटर चाहिए (जिसे माध्यमिक कोर्स बनाता है)। फिर नाप को झूले से समझाएँ: झूला सबसे ऊँचा तब जाता है जब आप उसे उसके अपने आगे-पीछे की ताल पर धकेलते हैं, और धातु की छड़ विद्युत रूप से सबसे अच्छा तब "झूलती" है जब वह तरंग का चौथाई लंबी हो। 7 cm की छड़ के बगल में 27.5 cm का स्केल रखें और दिखाएँ कि छड़ उसका एक चौथाई है। बड़ा समूह नाप कर जाँच सकता है। नीचे का फ़ॉइल वाला चौकोर वह दर्पण है जो कान को पूरा करता है, और इतना कहकर छोड़ देना ठीक है।

ऊँचाई के लिए बाहर जाएँ, और सवाल साथ ले जाएँ: एंटीना ऊँचाई पर क्यों हैं? एक बच्चे को मैदान के एक छोर पर झुकाकर, फिर खड़ा करके, फिर बेंच पर खड़ा करके पूछें कि हर बार उसे दूसरे छोर पर क्या दिखता है; नीची दीवार या खड़ी कार के पीछे छिपी कोई चीज़ उसके ऊपर उठने पर दिखने लगती है। फिर पृथ्वी तक छलाँग लगाएँ: ज़मीन खुद वक्र है, एक विशाल गेंद के ऊपरी हिस्से की तरह, और जो चीज़ काफ़ी दूर है वह उस गोलाई के पीछे छिपी है, उस जहाज़ के ढाँचे की तरह जो क्षितिज के पार चला गया है जबकि उसका मस्तूल अब भी दिखता है। छत पर लगा एंटीना बेंच पर खड़ा है। ऊँचा उड़ता विमान बहुत ऊँचे मस्तूल वाला जहाज़ है। इसे बोर्ड पर एक वृत्त की तरह बनाएँ जिस पर एक छड़ी है और एक सीधी रेखा वृत्त को छूकर निकलती

है: रेखा के ऊपर की हर चीज़ सुनी जा सकती है, नीचे की हर चीज़ पृथ्वी के पीछे है। नौ से ग्यारह वर्ष के बच्चों को फिर असली आँकड़े दिए जा सकते हैं और उनसे अपनी जानी हुई दूरियों से तुलना करवाई जा सकती है: 400 km ब्रसेल्स से पेरिस और वापस से ज़्यादा है; 50 km लगभग प्रांत की चौड़ाई है।

यदि समय हो, तो दूरी के साथ कमज़ोर होने का एक छोटा प्रदर्शन अपनी जगह कमाता है: अंधेरे हॉल के दूर के छोर पर रखी टॉर्च कागज़ की एक शीट को हल्का-सा रोशन करती है; आधी दूरी पर लाने से वह उसी शीट को दुगुने से साफ़ तौर पर ज़्यादा रोशन करती है, क्योंकि किरण-पुंज एक छोटे क्षेत्र पर फैला है। बड़े बच्चों को नियम बताया जा सकता है, आधी दूरी का मतलब चार गुना चमक, और संबंध भी: विमान का रेडियो उसी तरह फैलता है, और इसीलिए दूर वालों के लिए एक संवेदनशील रिसीवर चाहिए।

बच्चे क्या गलत समझते हैं, और क्या कहें

बच्चे अक्सर सोचते हैं कि बड़ा एंटीना बेहतर होगा, जैसे बड़ा कान होता। इस तरंग के लिए ऐसा नहीं है: सही नाप मायने रखती है, और सही नाप छोटी है। वे यह भी सोचते हैं कि एंटीना "विमानों के पास होने के लिए" ऊँचे हैं; ऊपर की दूरी आर-पार की दूरी के मुकाबले नगण्य है, और असली कारण पृथ्वी की गोलाई है, जो ज़्यादा दिलचस्प जवाब है। अंत में, ध्वनि का भ्रम यहाँ "एंटीना विमान का शोर सुनता है" के रूप में लौटता है। हर बार इसे पकड़ें: एंटीना अदृश्य प्रकाश को पकड़ता है, ध्वनि को नहीं, और वह ऐसे विमान से भी उतनी ही अच्छी तरह पकड़ता जो बिल्कुल शोर न करता।

पाठ 4

मैप: बहुत से कान कैसे एक तस्वीर बनाते हैं

वह विज्ञान जो आपको चाहिए

एक अकेला एंटीना, अपने रिसीवर के साथ, जो संदेश सुन सकता है उन्हें डिकोड करता है और इस तरह अपने क्षितिज के भीतर के हर बोलते विमान की स्थिति, ऊँचाई और पहचान जानता है, ऊँचे यातायात के लिए कुछ सौ किलोमीटर चौड़ा एक मोटा-मोटा वृत्त और नीचे वालों के लिए बहुत छोटा। पूरे देश को देखने के लिए ऐसे बहुत से रिसीवर चाहिए, इतने फैले हुए कि उनके वृत्त एक-दूसरे पर चढ़ें, और हर एक जो सुनता है उसे इंटरनेट के ज़रिए एक केंद्रीय कंप्यूटर को भेजता है। वह कंप्यूटर दो काम करता है। वह मिलाता है: ऊँचे विमान को आम तौर पर दस या बीस रिसीवर एक साथ सुनते हैं, और उन सबसे आता एक ही संदेश एक विमान के रूप में पहचाना जाना चाहिए, बीस के रूप में नहीं। और वह जाँचता है: यदि एक रिसीवर ऐसी स्थिति बताए जिससे हर पड़ोसी रिसीवर असहमत हो, तो वह रिपोर्ट शायद डिकोडिंग की त्रुटि है और उसे अलग रख दिया जाता है। नतीजा है लाइव मैप, हर सेकंड अद्यतन, पूरी तरह उससे बना जो विमानों ने कहा और एंटीना ने सुना। हवाई यातायात नियंत्रक ऐसी ही तस्वीर देखते हैं, जिसमें स्वतंत्र दूसरी राय के रूप में रडार जुड़ा है, क्योंकि जो प्रणाली विमान के सच बोलने पर निर्भर है, उसे एक की ज़रूरत है।

मैप केवल उन विमानों को दिखाता है जो बोल रहे हैं। लगभग सभी यात्री विमान बोलते हैं; बहुत से छोटे निजी विमानों, ग्लाइडरों और गुब्बारों के लिए यह अनिवार्य नहीं है, और सैन्य विमान प्रायः न बोलना चुनते हैं। तो मैप ईमानदार है पर पूरा नहीं, जो किसी भी मैप के बारे में बच्चे के सीखने लायक बात है, और कोर्स को पूर्ण विराम के बजाय एक प्रश्न पर समाप्त करने का स्वाभाविक तरीका।

इसे कैसे पढ़ाएँ

पाठ 1 के फ़र्श वाले ग्रिड पर लौटें, पर अब टावर सब कुछ नहीं सुन सकते। कमरे के कोनों में तीन या चार "एंटीना" (कागज़ी ग्रिड लिए बच्चे) रखें और हर एक से कहें कि वह केवल ग्रिड के अपने आधे या चौथाई हिस्से के विमान सुन सकता है; विमान पहले की तरह घोषणा करते हैं। फिर एंटीना से कहें कि वे अपनी शीट साथ लाकर अगल-बगल रखें। मिली-जुली तस्वीर में हर विमान है; हर अकेली शीट में केवल कुछ। कुछ विमान दो शीटों पर दिखते हैं, और कक्षा को सहमत होना है कि ये एक ही विमान हैं, दो नहीं। मिलाने का पूरा काम यही है, दस साल के बच्चों द्वारा पाँच मिनट में किया हुआ, और यह इस विचार को पक्का करता है कि मैप बहुत से श्रोताओं की जिगसाँ पहेली है।

फिर इसे वास्तविक बनाएँ। प्रोजेक्टर पर लाइव मैप लगाएँ, स्कूल पर जूम किया हुआ, और हर समूह को दस मिनट तक पीछा करने के लिए एक विमान दें: उसका कॉल साइन, उसकी ऊँचाई, उसकी गति, वह कहाँ से आया और कहाँ जा रहा है। उनसे उसके लिए एक कार्ड भरवाएँ और कार्ड को क्षेत्र के दीवार-मैप पर वहाँ पिन करवाएँ जहाँ वह आखिरी बार देखा गया था। जब वे काम कर रहे हों, जो वे देख रहे हैं उसे कोर्स की शृंखला से वाक्य-दर-वाक्य जोड़ें: वह विमान सेकंड में दो बार बोल रहा है; उसका संदेश अदृश्य प्रकाश पर सवार है; 400 km के भीतर किसी की छत पर लगे एंटीना ने उसे पकड़ा; उस एंटीना ने संदेश उस कंप्यूटर को भेजा जो यह मैप बनाता है; और इसीलिए आप स्क्रीन पर उसकी ऊँचाई पढ़ सकते हैं। कक्षा से कहें कि वे शृंखला अपने शब्दों में आपको वापस सुनाएँ; यही मूल्यांकन है, और अब तक कक्षा के अधिकांश बच्चे यह कर पाने चाहिए।

दो प्रश्नों पर समाप्त करें। अगर कोई विमान बोलना बंद कर दे तो क्या होगा? वह मैप से गायब हो जाएगा, हालाँकि नियंत्रकों के पास तब भी रडार होगा। और क्या आसमान के सारे विमान मैप पर हैं? नहीं, और इस पर चर्चा कि कौन-से नहीं हैं, और कोई क्यों नहीं दिखना चाहेगा, उस कक्षा को छोड़ने की अच्छी जगह है जिसने समझ लिया है कि मैप मापों से बनता है और उतना ही पूरा है जितने उसके श्रोता।

बच्चे क्या गलत समझते हैं, और क्या कहें

"उपग्रह मैप बनाते हैं" वाला विचार यहाँ बड़ी ज़िद के साथ लौटता है, क्योंकि मैप स्क्रीन पर है और स्क्रीन इंटरनेट से आती है और इंटरनेट, बच्चों के मन में, अंतरिक्ष से आता है। इसे धीरे से खोलें: उपग्रह केवल विमान को समय बताते हैं; विमान निकालता है कि वह कहाँ है; विमान बताता है; छतों पर लगे एंटीना सुनते हैं; कंप्यूटर बनाता है। पहले को छोड़कर हर कदम ज़मीन पर है, और मैप उतनी ही अच्छी तरह काम करता यदि उपग्रहों की जगह कोई भी ऐसी चीज़ होती जिससे विमान खुद को खोज सके।

मूल्यांकन: क्या वे कहानी सुना सकते हैं?

कोर्स का एक सीखने का परिणाम है जिसमें चार कड़ियाँ हैं, और मूल्यांकन बस यह है कि क्या बच्चा शृंखला को क्रम में कारणों के साथ सुना सकता है। हर बच्चे, या हर समूह, से कहें कि वह समझाए कि विमान मैप पर कैसे आता है, और चार कड़ियों पर ध्यान दें: विमान जानता है कि वह कहाँ है और बार-बार, बिना पूछे, बताता है; संदेश रेडियो तरंग के रूप में चलता है, जो एक ऐसा प्रकाश है जिसे हमारी आँखें नहीं देख सकतीं और जो ध्वनि जैसा बिल्कुल नहीं है; एक एंटीना, एक ट्यून किया हुआ धातु का कान, उसे पकड़ता है, पर केवल पृथ्वी की गोलाई के ऊपर के विमानों से; और बहुत से एंटीना मिलकर, जो सुनते हैं उसे बाँटकर, मैप बनाते हैं। छह से आठ वर्ष का बच्चा जो इसे चार चरणों को सही क्रम में रखकर कहानी की तरह सुनाता है, उसने परिणाम पा लिया है। नौ से ग्यारह वर्ष के बच्चे को हर चरण पर एक कारण भी दे पाना चाहिए: सेकंड में दो बार क्यों, प्रकाश क्यों और ध्वनि क्यों नहीं, 7 cm क्यों और ऊँचा क्यों, बहुत से एंटीना क्यों और एक क्यों नहीं।

विद्यार्थी का पृष्ठ एक छोटी क्विज़ पर समाप्त होता है जिसे कक्षा टैबलेट पर या हाथ उठाकर कर सकती है; उत्तर, उस तर्क के साथ जिसकी आपको अपेक्षा रखनी चाहिए, ये हैं। विमान अपना संदेश लगभग हर सेकंड दो बार भेजता है, क्योंकि एक मिनट में वह 15 km आगे बढ़ चुका होता और मैप बेकार होता। संदेश में यात्रियों के नाम नहीं होते, केवल विमान की पहचान, स्थिति, ऊँचाई और गति। रेडियो तरंग एक ऐसा प्रकाश है जिसे हमारी आँखें नहीं देख सकतीं, ध्वनि नहीं, क्योंकि उसे हवा नहीं चाहिए और वह लगभग दस लाख गुना तेज़ चलती है। एंटीना छत पर इसलिए रखा जाता है कि उसकी सीधी दृष्टि-रेखा पृथ्वी की गोलाई के ऊपर और दूर तक पहुँचे, विमानों के पास होने के लिए नहीं। और मैप को बहुत से एंटीना इसलिए चाहिए क्योंकि हर एक केवल कुछ सौ किलोमीटर चौड़े आसमान के एक वृत्त को सुन सकता है।

जो स्कूल अपनी छत पर एक छोटा रिसीवर लगाना चाहे, ताकि आसमान का उसका अपना टुकड़ा लाइव मैप पर दिखे और पाठ 4 कक्षा के अपने एंटीना पर समाप्त हो, उसे अपनी ज़रूरत की हर चीज़ "फ़्रीडर बनें" पृष्ठ पर मिलेगी।

आगे

स्कूल की छत पर एक रिसीवर

चार पाठ स्वाभाविक रूप से एक ऐसे रिसीवर पर समाप्त होते हैं जो स्कूल का अपना हो। व्यावहारिक कार्यशाला पूरी मार्गदर्शिका है: पुर्ज़ें और उनकी कीमत (100 से 150 यूरो, या पहले से मौजूद Raspberry Pi), कौन-सा एंटीना चुनें और उसे कहाँ लगाएँ, कंप्यूटर कैसे तैयार करें और Dataero फ़्रीडर कैसे स्थापित करें, और वे माप जो एक कक्षा साल भर में उससे कर सकती है। स्कूल का स्टेशन सार्वजनिक मैप पर स्कूल के नाम से दिखता है, और उसका डैशबोर्ड साल के हर दिन 'वह कौन-सा विमान है?' का जवाब देता है।

व्यावहारिक कार्यशाला खोलें <https://radar.dataero.eu/hi/learning/workshop>