

WIEK 6-11 LAT - DLA NAUCZYCIELA

Samoloty, które mówią: kurs przyrody dla szkoły podstawowej w czterech lekcjach

Oto kurs w takiej postaci, w jakiej musi go znać nauczyciel: nauka wyjaśniona o jeden poziom głębiej, niż usłyszy ją klasa, kolejność, w jakiej muszą pojawiać się kolejne idee, co powiedzieć sześciolatkom, a co dodać dziesięciolatkom, pokazy, na których opiera się każda idea, i to, dlaczego działają, a także błędne wyobrażenia, z którymi przychodzą dzieci. Cztery lekcje po około 50 minut, zwykle rozłożone na dwa tygodnie.

Nauka - <https://radar.dataero.eu/pl/learning/ages-6-11> 2026-10-22

SPIS TREŚCI

Zanim zaczniesz: czego uczy ten kurs i dlaczego warto mu poświęcić cztery lekcje

LEKCJA 1 Zatłoczone niebo i mówiący samolot

LEKCJA 2 Niewidzialne światło: co niesie komunikat

LEKCJA 3 Metalowe uszy i okrągła Ziemia: jak odbiera się komunikat i z jakiej odległości

LEKCJA 4 Mapa: jak wiele uszu tworzy jeden obraz

Ocena: czy potrafią opowiedzieć tę historię?

DALEJ Odbiornik na dachu szkoły

Zanim zaczniesz: czego uczy ten kurs i dlaczego warto mu poświęcić cztery lekcje

Każdy samolot pasażerski na europejskim niebie mniej więcej dwa razy na sekundę nadaje krótki komunikat radiowy, w którym podaje swoją tożsamość, położenie, wysokość i prędkość. System ten nazywa się ADS-B i od 2020 roku jest obowiązkowy dla większości statków powietrznych. Polegają na nim kontrolerzy ruchu lotniczego, a także mapy lotów na żywo w każdym telefonie. Dla klasy w szkole podstawowej to temat niemal idealny, bo łączy to, nad czym dzieci już się zastanawiają - samoloty, które widzą i słyszą - z fizyką, której każe uczyć podstawa programowa: że światło i dźwięk to zjawiska różnej natury, że światło rozchodzi się po liniach prostych, że fale mają długość, że Ziemia jest kulą i ma to widoczne skutki, że informację można zakodować i przesłać oraz że mapę tworzy się z pomiarów. Temat jest prawdziwy i aktualny; nie ma w nim nic z zabawkowego modelu.

Kurs podąża za logiką samego systemu, bo ta logika wyznacza też właściwą kolejność nauczania. Najpierw klasa musi zrozumieć, że niebo jest pełne szybkiego, niewidocznego ruchu, który ktoś musi śledzić. Potem - że każdy samolot wie, gdzie jest, i mówi o tym, raz po raz, w komunikacie składającym się z czterech części. Następnie - że komunikat podróżuje jako fala radiowa i że fala radiowa jest rodzajem światła. Dalej - że antena ją odbiera i że okrągła Ziemia ogranicza, jak daleko. Na koniec - że wiele anten razem tworzy mapę. Każda lekcja dokłada jedno ogniwo do tego łańcucha i to właśnie łańcuch sprawdzasz na końcu: czy dziecko potrafi opowiedzieć historię od samolotu do mapy, po kolei, z właściwymi uzasadnieniami?

Nie potrzebujesz żadnej wiedzy o lotnictwie ani radiu. Każda z poniższych lekcji zaczyna się od nauki w takim zakresie, w jakim musisz ją rozumieć - o jeden poziom głębiej, niż zejdzie klasa - abyś mógł odpowiedzieć na pytanie kryjące się za pytaniem. Jeśli chcesz pełnego wykładu dla dorosłych, kurs podstawowy na stronie głównej ma dwanaście rozdziałów; dla tej grupy wiekowej najważniejsze są rozdziały 3, 6 i 7. Przez cały czas trzeba mieć wyraźnie w pamięci dwie rzeczy, bo to dwa miejsca, w których dorośli najczęściej uczą czegoś nieprawdziwego. Radio to nie dźwięk; to światło w kolorze, którego nasze oczy nie widzą, a ta różnica jest sercem lekcji 2. I w tym systemie samolot nie jest „widziany przez satelity” ani „wykrywany przez radar”: sam ustala swoje położenie, nasłuchując satelitów, a potem je ogłasza. Nikt nie szuka samolotu. Samolot sam mówi.

O różnicowaniu: kurs jest napisany dla całego przedziału 6-11 lat, a tekst każdej lekcji wskazuje, gdzie drogi młodszych i starszych się rozchodzą. Ogólnie klasa sześć- do ośmiolatek powinna dostać historię, odgrywanie ról, linę i mapę, i wyjść z lekcji z umiejętnością powiedzenia: „samoloty wysyłają wiadomość na fali, antena ją łapie i z tego powstaje mapa”. Klasa dziewięć- do jedenastolatek udźwignie liczbę (dwa razy na sekundę, 300 000 kilometrów na sekundę, fala o długości 27 centymetrów, horyzont 400 kilometrów), ideę, że wiadomość składa się z odpowiedzi „tak” lub „nie”, oraz rozumowanie o horyzoncie, i powinna wyjść z umiejętnością wyjaśnienia, dlaczego każdy krok jest potrzebny.

LEKCJA 1

Zatłoczone niebo i mówiący samolot

Nauka, której potrzebujesz

Samolot pasażerski na wysokości przelotowej jest około dziesięciu kilometrów nad ziemią i porusza się z prędkością mniej więcej 900 km/h, czyli 250 metrów na sekundę. Na takiej wysokości trudno go dostrzec i nie sposób ocenić: dziecko, które zauważy błysk albo smugę kondensacyjną, nie ma jak stwierdzić, jak daleko jest samolot, jak wysoko ani dokąd leci - i tak samo pilot patrzący na inny samolot. Nad belgijskim miasteczkiem niemal zawsze jest jednocześnie kilka samolotów, większość z nich przelatuje wysoko w drodze między innymi krajami. Aby trzymać je z dala od siebie, kontrola ruchu lotniczego potrzebuje bez przerwy znać położenie, wysokość i kierunek każdego z nich. Zasady separacji są proste: w przestrzeni powietrznej, którą zarządzają kontrolerzy, statki powietrzne muszą być oddalone od siebie co najmniej o 300 metrów w pionie albo o kilka kilometrów w poziomie.

Przez większą część ubiegłego stulecia sposobem na to, by wiedzieć, gdzie są samoloty, był radar: duża obracająca się antena, która wysyła impuls radiowy i nasłuchuje słabego echa. Radar nadal istnieje, ale system, o którym jest ten kurs, odwraca problem. Każdy nowoczesny samolot ma na pokładzie odbiornik nawigacji satelitarnej - tę samą technologię co mapy w samochodzie czy telefonie - więc zawsze zna swoje położenie z dokładnością do kilku metrów. Ma też niewielkie radio zwane transponderem. ADS-B po prostu łączy jedno z drugim: mniej więcej dwa razy na sekundę transponder wysyła krótki komunikat zawierający tożsamość samolotu, jego położenie z satelitów, wysokość oraz prędkość i kierunek. Komunikat wychodzi automatycznie, nikt o niego nie prosi i nie jest skierowany do nikogo konkretnego: to rozgłaszanie, jak stacja radiowa, i każdy, kto ma odpowiedni odbiornik, może go usłyszeć. To właśnie znaczą litery skrótu: Automatic - automatyczny (nikt go nie uruchamia), Dependent - zależny (jego poprawność zależy od wyposażenia samego samolotu), Surveillance - dozorowanie (jego celem jest wiedza o tym, gdzie są samoloty), Broadcast - rozgłaszanie (wysyłany do wszystkich).

Sam komunikat jest cyfrowy. Transponder nie potrafi wysłać bezpośrednio liter ani cyfr; może wysłać tylko impuls albo brak impulsu, więc komunikat to ciąg 112 odpowiedzi „tak” lub „nie”, z których każda trwa jedną milionową sekundy, a ich znaczenie wszyscy uzgodnili z góry. Pierwsza grupa, licząca 24 odpowiedzi, to stały kod tożsamości samolotu, nadawany przy rejestracji - trochę jak tablica rejestracyjna, która nigdy się nie zmienia. Pozostałe niosą położenie, wysokość, prędkość albo znak wywoławczy lotu, zależnie od rodzaju komunikatu. Ostatnie 24 odpowiedzi to kontrola: słuchacz wykonuje na komunikacie ustalone obliczenie i porównuje wynik z kontrolą, a jeśli się nie zgadzają, coś zniekształciło się po drodze i komunikat zostaje odrzucony. Ma to znaczenie, bo nad ruchliwym lotniskiem wiele samolotów mówi naraz i ich komunikaty czasem się nakładają. Wysokość w komunikacie nie jest mierzona satelitarnie, lecz na podstawie ciśnienia powietrza na zewnątrz samolotu, które spada równomiernie, gdy się wznosimy; z tego samego powodu zatykają się nam uszy w windzie albo w górskim tunelu, a starsze dzieci lubią to skojarzenie.

Jak tego uczyć

Zacznij od nieba, nie od systemu. Zapytaj, kto w tym tygodniu widział samolot, gdzie, jak wysoko ich zdaniem leciał i jak pilot może w ogóle wiedzieć, gdzie jest, skoro nie ma dróg. Pozwól zgadywać; pojawi się zarówno „pilot wygląda przez okno”, jak i „jest mapa” - i obie odpowiedzi są w połowie trafne. Potem wyświetl na projektorze mapę na żywo, przybliżoną na wasze miasto, i policzcie samoloty razem. Różnica między tym, czego klasa się spodziewała, a tym, co pokazuje mapa, jest haczykiem dla całego kursu i warto się przy niej zatrzymać: każdy z tych symboli to samolot, który właśnie w tej chwili mówi.

Teraz opowiedz główną historię jednym tchem, bo dzieci zapamiętują historię lepiej niż definicję: samolot zawsze wie, gdzie jest, bo słucha satelitów wysoko nad sobą; i dwa razy na każdą sekundę woła, do nikogo w szczególności: „to ja, tu jestem, tak wysoko, tak szybko”. Nikt go o to nie prosił. Nigdy nie przestaje. I każdy, kto ma odpowiednie ucho, może to usłyszeć. Z sześćcio- do ośmiolatkami to zdanie, powtórzone, a potem odegrane, jest całą lekcją. Z dziewięcio- do jedenastolatkami pójdz krok dalej i wyjaśnij, że wołanie składa się z odpowiedzi „tak” lub „nie”, że 24 z nich zapisują imię samolotu, i pozwól im wyliczyć (z pomocą), że 24 odpowiedzi „tak” lub „nie” dają około 17 milionów różnych imion - aż nadto dla każdego samolotu, jaki kiedykolwiek zbudowano. Najważniejsze do utrwalenia jest to, że samolotu się nie „obserwuje”: on sam mówi. Powiedz to na oba sposoby - „nikt nie szuka samolotu, samolot sam się ogłasza” - bo przeciwne wyobrażenie jest głęboko zakorzenione i wróci na lekcji 4.

Pokazem jest zabawa w wieżę kontroli i to najcenniejsze pół godziny całego kursu. Wyklej taśmą na podłodze siatkę pięć na pięć krutek, z literami wzdłuż jednego boku i cyframi wzdłuż drugiego. Połowa klasy to samoloty; każdy ma kartkę ze znakiem wywoławczym, wysokością i prędkością. Idą powoli przez siatkę i co kilka kroków każdy na głos ogłasza swój komunikat: „DTA12, kratka C3, dziesięć tysięcy metrów, szybko”. Druga połowa to wieża kontroli; każdy ma papierową kopię siatki i musi narysować każdy samolot tam, gdzie ten mówi, że jest. Potem zamiana. A potem - i to jest część, która uczy - powtórzcie zabawę, ale samoloty mogą się odzywać tylko raz na minutę. Rysunki wieży się rozsypują; samoloty przeszły do innych krutek, zanim ktokolwiek się zorientował. Zapytaj klasę, dlaczego prawdziwe samoloty mówią dwa razy na sekundę - a powiedzą ci.

Ze starszą grupą dodaj drugi wariant: dwa samoloty ogłaszają się dokładnie w tej samej chwili, a wieża musi zapisać, co usłyszała. Usłyszysz bełkot. Wyjaśnij, że właśnie dlatego prawdziwy komunikat ma na końcu kontrolę: zniekształcony komunikat nie przechodzi kontroli i zostaje odrzucony, a samolot i tak

powtarza się pół sekundy później. Dzieci, które były wieżą, od razu rozumieją, dlaczego potrzebne są zarówno powtarzanie, jak i kontrola.

Co dzieci rozumieją źle i co im powiedzieć

Najczęstsze błędne wyobrażenie jest takie, że satelity patrzą w dół i widzą samoloty albo że znajduje je radar. Poprawny obraz: samolot słucha satelitów, żeby ustalić, gdzie sam jest, a potem mówi. Przydatne porównanie: satelita jest jak kościelny dzwon wybijający godzinę; podaje wszystkim czas, ale nie ma pojęcia, kto słucha. Drugie błędne wyobrażenie: komunikat wysyła pilot. Nikt go nie wysyła; transponder nadaje go sam od chwili, gdy samolot zaczyna się poruszać. Trzecie: komunikat trafia „na lotnisko”. Trafia do wszystkich: słuchają go też inne samoloty i używają go, by schodzić sobie z drogi, a także każda antena na każdym dachu - i na tym zakończy się lekcja 4.

LEKCJA 2

Niewidzialne światło: co niesie komunikat

Nauka, której potrzebujesz

Komunikat opuszcza samolot jako fala radiowa, a jedyna idea, którą ta lekcja musi utrwalić - bo opiera się na niej cała fizyka w starszych klasach - to ta, że fala radiowa i promień światła są zjawiskami tego samego rodzaju. Jedno i drugie to fale elektromagnetyczne: zmarszczki sił elektrycznych i magnetycznych biegnące przez przestrzeń, które nie potrzebują powietrza ani żadnego ośrodka, by się rozchodzić, i poruszają się z prędkością światła, czyli niemal dokładnie 300 000 kilometrów na sekundę. To, że jedna taka zmarszczka jest światłem czerwonym, inna niebieskim, a jeszcze inna falą radiową, zależy wyłącznie od tego, jak szybko drga, czyli od jej częstotliwości. Nasze oczy reagują na wąski zakres częstotliwości, który odbieramy jako kolory od czerwieni do fioletu. Radio drga dużo wolniej, więc oczy go nie widzą, dokładnie tak, jak uszy nie słyszą gwizdka dla psa. Komunikat samolotu jest wysyłany z częstotliwością 1090 milionów drgań na sekundę, co jak na ludzką miarę jest bardzo szybko, a jak na światło - bardzo wolno: światło zielone drga mniej więcej pół miliona razy szybciej.

Ponieważ każda fala elektromagnetyczna porusza się z tą samą prędkością, częstotliwość wyznacza długość fali, czyli odległość od jednego grzbietu do następnego: w ciągu sekundy fala przebywa 300 000 km i wykonuje f drgań, więc każde drganie zajmuje $300\,000\text{ km} / f$. Dla fali samolotu wychodzi 27,5 centymetra, mniej więcej długość szkolnej linijki. Dla światła zielonego to około pół tysięcznej milimetra. Dla stacji radiowej FM - trzy metry. Ta liczba, 27,5 cm, wróci do klasy na lekcji 3, bo decyduje o rozmiarze anteny.

Pomyłką, której musisz zapobiec, jest mylenie radia z dźwiękiem, i warto zrozumieć, dlaczego jest tak powszechna. „Radio” w codziennej mowie to pudełko, z którego płynie dźwięk, więc dzieci (i wielu dorosłych) zakładają, że fale radiowe to rodzaj dźwięku wędrującego w powietrzu. Nie mają ze sobą nic wspólnego. Dźwięk to fala ciśnienia: cząsteczki powietrza popychają sąsiednie, a te swoje sąsiednie. Potrzebuje ośrodka, w którym się rozchodzi, porusza się z prędkością około 340 metrów na sekundę, a w próżni nie ma dźwięku. Radio nie potrzebuje niczego i pokonuje pustą przestrzeń między satelitą a samolotem; porusza się prawie milion razy szybciej niż dźwięk. Jeśli samolot oddalony o 20 km wyda

dźwięk i w tej samej chwili wysłę komunikat, komunikat dotrze do ciebie po około 67 milionowych sekundy, a dźwięk mniej więcej minutę później. Dzieci znają to opóźnienie z burzy i z oglądania z daleka, jak ktoś kopie piłkę - i ta wiedza jest twoim najlepszym sprzymierzeńcem.

Jak tego uczyć

Zacznij od tego, co dzieci wiedzą: od rzeczy, które istnieją, ale których nie możemy zobaczyć ani usłyszeć. Gwizdek dla psa, kwiat widziany oczami pszczoły, pilot, który „wysyła coś” do telewizora, Wi-Fi w budynku. Potem wypowiedz tezę wprost: komunikat samolotu jedzie na rodzaju światła, którego nasze oczy nie widzą, a latarka i radio samolotu są kuzynami. Włącz latarkę i zapytaj, gdzie jest jej światło: wszędzie w sali, od razu, bez opóźnienia, które ktokolwiek mógłby zauważyć. Potem kluczowe zdanie dla młodszej grupy: radio to kolor, którego nasze oczy nie widzą, i właśnie teraz przechodzi przez tę salę od każdego samolotu w promieniu 400 kilometrów, a my nic nie czujemy. Wiele dzieci uważa to za lekko ekscytujące - a przy tym to prawda.

Pokaz z liną nadaje idei fali ciało. W parach jedno dziecko trzyma linę nieruchomo, a drugie potrząsa wolnym końcem. Powolne potrząsanie daje kilka długich, leniwych fal na linie; szybkie - wiele krótkich. Niech w każdym przypadku zmierzają metrówką odległość między grzbietami i zauważą zasadę: im szybciej potrząsasz, tym krótsze fale. To nie luźna analogia, lecz prawdziwa zależność, bo prędkość fali na linie wyznacza sama lina, więc częstotliwość i długość fali równoważą się dokładnie tak samo jak w przypadku światła. Powiedz klasie, że fala samolotu w porównaniu ze światłem jest z tych długich, leniwych i że od grzbietu do grzbietu ma długość linijki. Połóż linijkę na podłodze obok fali na linie i pozwól im to zobaczyć. Ze starszą grupą zapisz zasadę: prędkość = częstotliwość razy długość fali, i pozwól im sprawdzić ją na linie, licząc potrząśnięcia na sekundę i mierząc odległość od grzbietu do grzbietu. Potem podaj im liczby dla samolotu i pokaż, że 300 000 km na sekundę podzielone przez 1090 milionów na sekundę daje 27,5 cm; samodzielnie tego dzielenia nie wykonają, ale mogą je śledzić na tablicy, a wtedy ta liczba staje się ich własna.

Aby oddzielić radio od dźwięku, zorganizuj wyścig najszybszego postańca. Rząd dzieci przekazuje szeptem słowo z jednego końca sali na drugi; zmierz czas. Potem błysnij latarką z jednego końca, a dziecko na drugim końcu niech podniesie rękę; żadnego mierzalnego opóźnienia. Omówcie dlaczego: dźwięk musi być przekazywany od jednego kawałka powietrza do następnego, jak szept od dziecka do dziecka, a to zajmuje czas; światło nie potrzebuje nikogo, kto by je przekazywał. Potem - i to jest moment, by powiedzieć to wprost - wyjaśnij, że komunikat radiowy samolotu jest jak latarka, a nie jak szept, a słyszany hałas silnika samolotu jest jak szept i dociera długo po tym, jak samolot już odleciał dalej. Starszej grupie można podać liczby - 340 metrów na sekundę wobec 300 000 kilometrów na sekundę - i zapytać, ile razy szybsze jest światło; odpowiedź, prawie milion, daje satysfakcję.

Co dzieci rozumieją źle i co im powiedzieć

Pomyłkę z dźwiękiem omówiliśmy wyżej i trzeba będzie do niej wracać na lekcji 3 i 4; spodziewaj się, że „antena słyszy samolot” zamieni się z powrotem w „antena słyszy hałas”. Druga pomyłka: fale radiowe są „w powietrzu” tak jak zapachy, unoszą się wokół; tymczasem powietrze w ogóle ich nie przenosi i równie dobrze rozchodziłyby się w pustej przestrzeni. Trzecia, częsta w starszej grupie: szybsze potrząsanie sprawia, że fala biegnie szybciej; nie sprawia - fale stają się krótsze, a lina to pokazuje, jeśli pozwolisz dzieciom śledzić wzrokiem jeden grzbiet. Wreszcie, jeśli dziecko zapyta, dlaczego nie widzimy radia,

skoro to światło, uczciwa odpowiedź brzmi: nasze oczy są stworzone do kolorów, których Słońce daje najwięcej i które najlepiej przechodzą przez powietrze; radio było tu od zawsze, a zauważyliśmy je dopiero, gdy zbudowaliśmy dla niego metalowe oczy - o czym jest lekcja 3.

LEKCJA 3

Metalowe uszy i okrągła Ziemia: jak odbiera się komunikat i z jakiej odległości

Nauka, której potrzebujesz

Fala radiowa przechodząca nad kawałkiem metalu popycha elektrony w metalu tam i z powrotem w rytm swoich drgań. Ten maleńki prąd przenienny to właśnie „słyszenie”; odbiornik podłączony do metalu wzmacnia go i odczytuje z niego impulsy. Popchnięcie jest najsilniejsze, gdy kawałek metalu ma długość odpowiednią dla fali: pręt o długości ćwierci fali, stojący na płaskiej metalowej powierzchni, reaguje na falę tak, jak huśtawka na popchnięcie zgrane z jej własnym rytmem. Dla fali samolotu o długości 27,5 cm ćwierć to 6,9 cm i właśnie dlatego prawdziwa antena ADS-B, zarówno na samolocie, jak i na ziemi, jest krótkim prętem wysokim na zaledwie kilka centymetrów. To dostrojone ucho. Drut o zupełnie innej długości też coś odbiera, ale znacznie mniej, i można zgodnie z prawdą powiedzieć klasie, że model, który zbudują, ma rozmiar właściwy dla prawdziwej anteny.

Z jak daleka to ucho słyszy? Ograniczają to dwie rzeczy. Sygnał słabnie z odległością, bo nadajnik samolotu rozprasza energię we wszystkich kierunkach, a część, która dociera do małej anteny, maleje wraz ze wzrostem odległości: dwa razy dalej - cztery razy mniej. Zanim jednak problemem stanie się słabość sygnału, staje się nim geometria. Ponieważ radio jest światłem, rozchodzi się po liniach prostych, a ponieważ Ziemia jest kulą, prosta linia poprowadzona od anteny na dachu szybko natrafia na ziemię. Samolot można usłyszeć tylko wtedy, gdy między nim a anteną istnieje prosta, niczym niezastąpiona linia. Im wyżej leci samolot, tym dalej ta linia może sięgnąć, zanim przeszkodzi jej Ziemia, a im wyżej jest antena, tym dalej jeszcze. Rachunki (odległość do horyzontu w kilometrach to mniej więcej czterokrotność pierwiastka kwadratowego z wysokości w metrach) są na kurs dla starszych klas; w twoim wystarczy wynik: samolot lecący dziesięć kilometrów nad ziemią można usłyszeć z dachu z odległości ponad 400 km, czyli dalej niż z Brukseli do Paryża i z powrotem, podczas gdy samolot, który właśnie startuje 50 km dalej, może być całkowicie schowany za krzywizną Ziemi. Dlatego anteny umieszcza się na dachach, masztach i wzgórzach i dlatego ta sama antena słyszy wysoko lecące samoloty z daleka, a nisko lecące tylko wtedy, gdy są blisko.

Jak tego uczyć

Zacznij od pytania, które zostało w zawieszeniu po lekcji 2: skoro radio to światło, którego nie widzimy, to co może je zobaczyć? Odpowiedź brzmi: metalowe ucho, czyli antena, i pierwszą rzeczą jest znalezienie kilku. Router Wi-Fi ma wystające pręty albo chowa je w środku; samochód na zewnątrz ma płetwę na dachu; każdy telefon ma antenę ukrytą wzdłuż krawędzi; na dachu szkoły może być ich kilka. Wyślij klasę na poszukiwania albo pójść sam z aparatem i zróbcie listę. Zapytaj, co je łączy: są metalowe, mają określony kształt i rozmiar i bardzo często są umieszczone wysoko. Obie te obserwacje są treścią lekcji i możesz obiecać, że wyjaśnisz każdą z nich.

Aby wyjaśnić rozmiar, zbudujcie model anteny. Każde dziecko wycina pasek kartonu o długości 7 cm i szerokości około centymetra, owija go folią aluminiową i ustawia pionowo na środku kwadratu z kartonu, również pokrytego folią. Bądź szczerzy co do tego, czym to jest: ma właściwy kształt i właściwy rozmiar dla fali samolotu, a prawdziwy odbiornik używa dokładnie takiego kształtu, ale sam model niczego nie zdekoduje, bo złapanie fali to tylko pierwszy krok, a odczytanie impulsów wymaga radia i komputera (które buduje się w kursie dla starszych klas). Potem wyjaśnij rozmiar za pomocą huśtawki: huśtawka wznosi się najwyżej, gdy popychasz ją w rytm jej własnego kołysania, a metalowy pręt „huśta się” elektrycznie najlepiej, gdy ma długość ćwierci fali. Połóż linijkę 27,5 cm obok pręta 7 cm i pokaż, że pręt to jej ćwierć. Starsza grupa może to zmierzyć i sprawdzić. Kwadrat z folii pod spodem to lustro, które dopełnia ucho - wystarczy to powiedzieć i na tym poprzestać.

Aby wyjaśnić wysokość, wyjdźcie na zewnątrz i zabierzcie ze sobą pytanie: dlaczego anteny są wysoko? Postaw dziecko na jednym końcu boiska - najpierw w kucki, potem stojąco, potem na ławce - i za każdym razem zapytaj, co widzi na drugim końcu; coś schowanego za niskim murkiem albo zaparkowanym samochodem pojawia się, gdy dziecko się wznosi. Potem zrób skok do Ziemi: sam grunt jest zakrzywiony jak wierzch ogromnej piłki, a wszystko, co jest wystarczająco daleko, chowa się za tą krzywizną, jak kadłub statku, który zniknął za horyzontem, podczas gdy jego maszt jeszcze widać. Antena na dachu to dziecko stojące na ławce. Samolot wysoko na niebie to statek z bardzo wysokim masztem. Narysuj to na tablicy jako okrąg z patyczkiem i prostą linią, która ledwie dotyka okręgu: wszystko nad linią da się usłyszeć, wszystko pod nią jest za Ziemią. Dziewięć- do jedenastoletkom można potem podać prawdziwe liczby i poprosić o porównanie z odległościami, które znają: 400 km to dalej niż z Brukseli do Paryża i z powrotem; 50 km to mniej więcej szerokość prowincji.

Jeśli starczy czasu, mały pokaz słabnięcia z odległością jest wart swojego miejsca: latarka na drugim końcu ciemnej sali słabo oświetla kartkę papieru; przybliżona na połowę odległości oświetla tę samą kartkę wyraźnie ponad dwa razy jaśniej, bo wiązka rozeszła się na mniejszą powierzchnię. Starszym dzieciom można podać zasadę - połowa odległości oznacza cztery razy więcej jasności - i powiązanie: radio samolotu rozchodzi się tak samo, dlatego do odległych samolotów potrzebny jest czuły odbiornik.

Co dzieci rozumieją źle i co im powiedzieć

Dzieci często myślą, że większa antena musi być lepsza, tak jak większe ucho. Dla tej fali tak nie jest: liczy się właściwy rozmiar, a właściwy rozmiar jest mały. Myślą też, że anteny są wysoko, „żeby być bliżej samolotów”; odległość w górę jest znikoma w porównaniu z odległością w poziomie, a prawdziwym powodem jest krzywizna Ziemi - co jest ciekawszą odpowiedzią. Wreszcie pomyłka z dźwiękiem wraca tu w postaci „antena słyszy hałas samolotu”. Poprawiaj ją za każdym razem: antena łapie niewidzialne światło, nie dźwięk, i złapałaby je równie dobrze od samolotu, który nie wydawałby żadnego dźwięku.

LEKCJA 4

Mapa: jak wiele uszu tworzy jeden obraz

Nauka, której potrzebujesz

Pojedyncza antena wraz z odbiornikiem dekoduje komunikaty, które słyszy, i dzięki temu zna położenie, wysokość i tożsamość każdego mówiącego samolotu w obrębie swojego horyzontu - z grubsza koła o średnicy kilkuset kilometrów dla samolotów lecących wysoko i znacznie mniejszego dla lecących nisko.

Aby zobaczyć cały kraj, potrzeba wielu takich odbiorników, rozmieszczonych tak, by ich koła się nakładały, a każdy z nich wysyła to, co słyszy, przez internet do centralnego komputera. Ten komputer wykonuje dwa zadania. Scala: wysoko lecący samolot jest zwykle słyszany jednocześnie przez dziesięć czy dwadzieścia odbiorników, a ten sam komunikat docierający od nich wszystkich trzeba rozpoznać jako jeden samolot, a nie dwadzieścia. I sprawdza: jeśli jeden odbiornik podaje położenie, z którym nie zgadza się żaden z sąsiednich odbiorników, to zgłoszenie jest prawdopodobnie błędem dekodowania i zostaje odłożone na bok. Wynikiem jest mapa na żywo, odświeżana co sekundę, zbudowana w całości z tego, co powiedziały samoloty i co usłyszały anteny. Kontrolerzy ruchu lotniczego widzą podobny obraz, uzupełniony radarem jako niezależną drugą opinią, bo system, który zależy od tego, czy samolot mówi prawdę, takiej opinii potrzebuje.

Mapa pokazuje tylko samoloty, które mówią. Robią to niemal wszystkie samoloty pasażerskie; wiele małych prywatnych samolotów, szybowców i balonów nie ma takiego obowiązku, a samoloty wojskowe często same decydują, że nie będą nadawać. Mapa jest więc uczciwa, ale niepełna - a to wartościowa lekcja dla dziecka o każdej mapie i naturalny sposób, by zakończyć kurs pytaniem, a nie kropką.

Jak tego uczyć

Wróćcie do siatki na podłodze z lekcji 1, ale tym razem wieże nie słyszą wszystkiego. Ustaw trzy lub cztery „anteny” (dzieci z papierowymi siatkami) w rogach sali i powiedz każdej, że słyszy tylko samoloty w swojej połowie albo ćwiartce siatki; samoloty ogłaszają się jak poprzednio. Potem poproś anteny, by zebrały swoje kartki i położyły je obok siebie. Na połączonym obrazie jest każdy samolot; na każdej pojedynczej kartce - tylko niektóre. Niektóre samoloty pojawiają się na dwóch kartkach i klasa musi uzgodnić, że to ten sam samolot, a nie dwa. To całe zadanie scalania, wykonane przez dziesięciolatków w pięć minut, i utrwała ono myśl, że mapa to układanka złożona z wielu słuchaczy.

Potem przejdźcie do rzeczywistości. Wyświetl na projektorze mapę na żywo, przybliżoną na okolice szkoły, i daj każdej grupie jeden samolot do śledzenia przez dziesięć minut: jego znak wywoławczy, wysokość, prędkość, skąd przyleciał i dokąd leci. Niech wypełnią dla niego kartę i przypną ją pinezką do ściennej mapy regionu w miejscu, w którym widzieli go po raz ostatni. Gdy pracują, łącz to, co widzą, z łańcuchem kursu, zdanie po zdaniu: ten samolot mówi dwa razy na sekundę; jego komunikat jedzie na niewidzialnym świetle; złapała go antena na jakimś dachu, w promieniu 400 km; ta antena wysłała komunikat do komputera, który rysuje tę mapę; i dlatego możesz odczytać jego wysokość na ekranie. Poproś klasę, by opowiedziała ci ten łańcuch własnymi słowami; to jest sprawdzian, a większość klasy powinna już sobie z nim poradzić.

Zakończ dwoma pytaniami. Co by się stało, gdyby samolot przestał mówić? Zniknąłby z mapy, choć kontrolerzy nadal mieliby radar. I czy wszystkie samoloty na niebie są na mapie? Nie - a rozmowa o tym, których brakuje i dlaczego ktoś mógłby nie chcieć być widoczny, to dobre miejsce, by zostawić klasę, która zrozumiała, że mapa składa się z pomiarów i jest tylko tak kompletna, jak jej słuchacze.

Co dzieci rozumieją źle i co im powiedzieć

Wyobrażenie, że „mapę tworzą satelity”, wraca tu z wielkim uporem, bo mapa jest na ekranie, ekrany biorą się z internetu, a internet w wyobraźni dzieci pochodzi z kosmosu. Rozbierz je łagodnie na części: satelity tylko podają samolotowi czas; samolot ustala, gdzie jest; samolot to ogłasza; anteny na dachach

to słyszą; komputer to rysuje. Każdy krok odbywa się na ziemi z wyjątkiem pierwszego, a mapa działałaby równie dobrze, gdyby satelity zastąpić czymkolwiek innym, co pozwoliłoby samolotowi ustalić swoje położenie.

Ocena: czy potrafią opowiedzieć tę historię?

Kurs ma jeden efekt uczenia się złożony z czterech ogniw, a ocena polega po prostu na sprawdzeniu, czy dziecko potrafi opowiedzieć łańcuch po kolei, z uzasadnieniami. Poproś każde dziecko albo każdą grupę o wyjaśnienie, jak samolot trafia na mapę, i nasłuchuj czterech ogniw: samolot wie, gdzie jest, i mówi o tym raz po raz, nie pytany; komunikat podróżuje jako fala radiowa, która jest światłem niewidzialnym dla naszych oczu i nie ma nic wspólnego z dźwiękiem; antena - dostrojone metalowe ucho - łapie go, ale tylko od samolotów znajdujących się nad krzywizną Ziemi; a wiele anten razem, dzieląc się tym, co słyszą, tworzy mapę. Sześć- do ośmiolatek, który opowiada to jako historię z czterema krokami we właściwej kolejności, osiągnął cel. Dziewięć- do jedenastolatek powinien też umieć podać uzasadnienie na każdym etapie: dlaczego dwa razy na sekundę, dlaczego światło, a nie dźwięk, dlaczego 7 cm i dlaczego wysoko, dlaczego wiele anten, a nie jedna.

Strona dla uczniów kończy się krótkim quizem, który klasa może rozwiązać na tablicie albo przez podniesienie rąk; oto odpowiedzi wraz z rozumowaniem, którego należy oczekiwać. Samolot wysyła komunikat mniej więcej dwa razy na sekundę, bo w ciągu minuty przemieściłby się o 15 km i mapa byłaby bezużyteczna. Komunikat nie zawiera nazwisk pasażerów, tylko tożsamość samolotu, jego położenie, wysokość i prędkość. Fala radiowa to światło, którego nasze oczy nie widzą, a nie dźwięk, bo nie potrzebuje powietrza i porusza się prawie milion razy szybciej. Antenę umieszcza się na dachu, aby jej prosta linia widzenia sięgała dalej ponad krzywizną Ziemi, a nie po to, by być bliżej samolotów. A mapa potrzebuje wielu anten, bo każda słyszy tylko koło nieba o średnicy kilkuset kilometrów.

Szkoła, która chciałaby umieścić na swoim dachu mały odbiornik - tak by jej własny skrawek nieba pojawił się na mapie na żywo, a lekcja 4 zakończyła się na antenie samej klasy - znajdzie wszystko, czego potrzebuje, na stronie Zostań feederem.

DALEJ

Odbiornik na dachu szkoły

Cztery lekcje w naturalny sposób kończą się odbiornikiem, który należy do szkoły. Warsztat praktyczny to kompletny przewodnik: części i ich cena (100-150 euro albo Raspberry Pi, które szkoła już ma), jaką antenę wybrać i gdzie ją umieścić, jak przygotować komputer i zainstalować feeder Dataero oraz jakie pomiary klasa może z nim prowadzić przez cały rok. Szkolna stacja pojawia się na publicznej mapie pod nazwą szkoły, a jej panel każdego dnia w roku odpowiada na pytanie „co to za samolot?”.

Otwórz warsztat praktyczny <https://radar.dataero.eu/pl/learning/workshop>