

ВІК ВІД 6 ДО 11 РОКІВ - ДЛЯ ВЧИТЕЛЯ

Літаки, що розмовляють: курс природознавства для початкової школи у чотирьох уроках

Це курс у тому вигляді, у якому його має знати вчитель: наука, пояснена на рівень глибше, ніж її почує клас, порядок, у якому мають з'являтися ідеї, що сказати шестирічним і що додати десятирічним, демонстрації, на яких тримається кожна ідея, і чому вони працюють, а також хибні уявлення, з якими приходять діти. Чотири уроки приблизно по 50 хвилин, зазвичай розподілені на два тижні.

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

ЗМІСТ

Перш ніж почати: чого навчає курс і чому він вартий чотирьох уроків

УРОК 1 Жваве небо і літак, що розмовляє

УРОК 2 Невидиме світло: що несе повідомлення

УРОК 3 Металеві вуха і кругла Земля: як ловлять повідомлення і з якої відстані

УРОК 4 Карта: як багато вух складають одну картину

Оцінювання: чи можуть вони розповісти історію?

ДАЛІ Приймач на даху школи

Перш ніж почати: чого навчає курс і чому він вартий чотирьох уроків

Кожен авіалайнер у європейському небі приблизно двічі на секунду передає коротке радіоповідомлення зі своїм ідентифікатором, положенням, висотою та швидкістю. Ця система називається ADS-B, і з 2020 року вона обов'язкова для більшості повітряних суден. На неї покладаються авіадиспетчери, а також карти польотів наживо на будь-якому телефоні. Для початкового класу це майже ідеальна тема, бо вона поєднує те, про що діти вже й так замислюються, - літаки, які вони бачать і чують, - із фізикою, якої вимагає навчальна програма: що світло і звук - це різні за природою явища, що світло поширюється прямолінійно, що хвилі мають довжину, що Земля - куля і це має помітні наслідки, що інформацію можна закодувати й передати і що карту складають із вимірювань. Тема справжня й актуальна; у ній немає жодної іграшкової моделі.

Курс іде за логікою самої системи, бо ця логіка водночас і є правильним порядком навчання. Спершу клас має усвідомити, що небо сповнене швидкого, невидимого руху, за яким хтось мусить стежити. Потім - що кожен літак знає, де він перебуває, і повідомляє про це знову й знову в повідомленні з чотирьох частин. Потім - що повідомлення поширюється як радіохвиля і що радіохвиля - це різновид світла. Потім - що антена її вловлює і що кругла Земля обмежує дальність.

І нарешті - що багато антен разом будують карту. Кожен урок додає до цього ланцюжка одну ланку, і саме ланцюжок ви оцінюєте наприкінці: чи може дитина розповісти історію від літака до карти, по порядку, з правильними поясненнями?

Вам не потрібні жодні знання з авіації чи радіо. Кожен урок нижче починається з наукового матеріалу в тому обсязі, який потрібен вам, - на рівень глибше, ніж піде клас, - щоб ви могли відповісти на запитання, що стоїть за запитанням. Якщо вам потрібен повний виклад для дорослих, базовий курс на головній сторінці має дванадцять розділів; для цієї вікової групи найважливіші розділи 3, 6 і 7. Упродовж усього курсу варто чітко пам'ятати про дві речі, бо саме тут дорослі найчастіше навчають неправди. Радіо - це не звук; це світло такого кольору, якого наші очі не бачать, і ця різниця - серце уроку 2. І в цій системі літак не «бачать супутники» і не «знаходить радар»: він сам визначає своє положення, слухаючи супутники, а потім оголошує його. Ніхто не шукає літак. Літак розповідає сам.

Щодо диференціації: курс написано для всього діапазону від 6 до 11 років, і в тексті кожного уроку зазначено, де шляхи молодших і старших розходяться. Загалом клас шести-восьмирічних має отримати історію, рольову гру, мотузку й карту і піти з уроку, вміючи сказати: «літаки надсилають повідомлення на хвилі, антена його ловить, і так виходить карта». Клас дев'яти-одинадцятирічних може впоратися з числами (двічі на секунду, 300 000 кілометрів на секунду, хвиля завдовжки 27 сантиметрів, горизонт на 400 кілометрів), з ідеєю, що повідомлення складається з відповідей «так» чи «ні», і з міркуваннями про горизонт, і має піти, вміючи пояснити, чому потрібен кожен крок.

УРОК 1

Жваве небо і літак, що розмовляє

Що вам потрібно знати з науки

Авіалайнер на крейсерській висоті перебуває приблизно за десять кілометрів над землею і рухається зі швидкістю близько 900 km/h, тобто 250 метрів щосекунди. На такій висоті його важко побачити і неможливо оцінити: дитина, яка помітила відблиск чи інверсійний слід, ніяк не може визначити, наскільки він далеко, наскільки високо і куди летить, - так само, як і пілот, що дивиться на інший літак. Над бельгійським містом у небі майже завжди одночасно перебуває кілька літаків, і більшість із них пролітає на висоті транзитом між іншими країнами. Щоб розводити їх, службі керування повітряним рухом потрібні положення, висота й напрямки кожного літака - безперервно. Правила ешелонування прості: у повітряному просторі, яким керують диспетчери, літаки мають бути щонайменше на 300 метрів один від одного по вертикалі або на кілька кілометрів по горизонталі.

Більшу частину минулого століття дізнатися, де перебувають літаки, можна було за допомогою радара: великої антени, що обертається, надсилає радіоімпульс і слухає слабке відлуння. Радари існують і досі, але система, якій присвячено цей курс, перевертає задачу. Кожен сучасний літак має приймач супутникової навігації - ту саму технологію, що й у картах в автомобілі чи телефоні, - тож він завжди знає своє положення з точністю до кількох метрів. Ще він має невелику радіостанцію, яка називається транспондер. ADS-B просто поєднує одне з другим: приблизно двічі на секунду транспондер надсилає коротке повідомлення з ідентифікатором літака, його

положенням за супутниками, висотою, швидкістю і напрямком. Повідомлення надсилається автоматично, ніхто його не запитує, і воно не адресоване комусь конкретному: це трансляція, як у радіостанції, і кожен, хто має відповідний приймач, може її почути. Саме це означають літери: Automatic - автоматичне (ніхто його не запускає), Dependent - залежне (його правильність залежить від власного обладнання літака), Surveillance - спостереження (його мета - знати, де перебувають літаки), Broadcast - трансляція (надсилається всім).

Саме повідомлення цифрове. Транспондер не може надсилати літери чи цифри безпосередньо; він може надіслати лише імпульс або його відсутність, тож повідомлення - це рядок зі 112 відповідей «так» чи «ні», кожна триває мільйонну частку секунди, а їхнє значення всі узгодили заздалегідь. Перша група з 24 відповідей - це постійний ідентифікаційний код літака, присвоєний йому під час реєстрації, щось на кшталт номерного знака, який ніколи не змінюється. Решта несе положення, висоту, швидкість або позивний рейсу - залежно від типу повідомлення. Останні 24 відповіді - це перевірка: слухач виконує над повідомленням фіксоване обчислення і порівнює результат із перевіркою, і якщо вони не збігаються, значить, щось спотворилося дорогою, і повідомлення відкидають. Це важливо, бо над жвавим аеропортом багато літаків говорять одночасно, і їхні повідомлення іноді накладаються. Висоту в повідомленні вимірюють не за супутниками, а за тиском повітря за бортом, який рівномірно падає з набором висоти; з тієї самої причини закладає вуха в ліфті чи в гірському тунелі, і старшим дітям подобається цей зв'язок.

Як цього навчати

Почніть із неба, а не із системи. Запитайте, хто цього тижня бачив літак, де, як високо, на їхню думку, він був і як пілот взагалі може знати, де він, коли немає доріг. Нехай здогадки ллються; прозвучать і «пілот дивиться у вікно», і «там є карта», і обидві відповіді наполовину правильні. Потім виведіть на проектор карту наживо, наближену до вашого міста, і порахуйте літаки разом. Розрив між тим, чого очікував клас, і тим, що показує карта, - це гачок для всього курсу, і на ньому варто затриматися: кожен із цих значків - це літак, який говорить просто зараз.

Тепер розкажіть головну історію на одному подиху, бо діти запам'ятовують історію краще, ніж визначення: літак завжди знає, де він, бо слухає супутники високо над собою; і двічі щосекунди він вигукує, нікому конкретно: «ось хто я, ось де я, ось як високо, ось як швидко». Ніхто його не питає. Він ніколи не замовкає. І кожен, хто має правильне «вухо», може його почути. Для шести-восьмирічних це речення, повторене, а потім розігране, і є уроком. З дев'яти-одинадцятирічними зробіть ще один крок і поясніть, що вигук складається з відповідей «так» чи «ні», що 24 з них складають ім'я літака, і дайте їм самим (з допомогою) з'ясувати, що 24 відповіді «так» чи «ні» дають близько 17 мільйонів різних імен - більш ніж досить для кожного літака, який будь-коли збудували. Головне, що треба донести: за літаком не «стежать» - він розповідає сам. Скажіть це обома способами: «ніхто не шукає літак, літак сам про себе оголошує», - бо протилежна ідея глибоко вкорінена і знову впливає в уроці 4.

Демонстрація - це гра в диспетчерську вежу, і це найцінніші пів години в усьому курсі. Наклейте на підлогу сітку з п'яти на п'ять клітинок, позначених літерами з одного боку і цифрами з другого. Половина класу - літаки; кожен має картку з позивним, висотою і швидкістю. Вони повільно йдуть сіткою, і кожні кілька кроків кожен уголос оголошує своє повідомлення: «DTA12, клітинка C3, десять тисяч метрів, швидко». Друга половина - диспетчерська вежа, кожен має паперову копію

сітки і мусить намалювати кожен літак там, де той про себе каже. Потім поміняйтеся. А потім - і саме ця частина навчає - повторіть гру, дозволивши літакам говорити лише раз на хвилину. Малюнки диспетчерів розсипаються; літаки переходять у інші клітинки, перш ніж хтось про це дізнається. Запитайте клас, чому справжні літаки говорять двічі на секунду, і вони вам скажуть.

Зі старшою групою додайте другий варіант: два літаки оголошують себе в ту саму мить, і вежа має записати, що почула. Вона почує плутанину. Поясніть, що саме тому справжнє повідомлення має перевірку в кінці: заплутане повідомлення не проходить перевірку й відкидається, а літак і так повторить себе за пів секунди. Діти, які побували вежею, одразу розуміють, чому потрібні і повторення, і перевірка.

У чому діти помиляються і що їм сказати

Найпоширеніше хибне уявлення - що супутники дивляться згори й бачать літаки або що їх знаходить радар. Правильна картина така: літак слухає супутники, щоб знайти себе, а потім говорить. Корисне порівняння: супутник - як церковний дзвін, що відбиває години; він повідомляє всім час, але гадки не має, хто слухає. Друге хибне уявлення - що повідомлення надсилає пілот. Ніхто його не надсилає; транспондер робить це сам від моменту, коли літак починає рухатися. Третє - що повідомлення йде «до аеропорту». Воно йде до всіх: інші літаки теж слухають і використовують його, щоб триматися подалі один від одного, і так само будь-яка антена на будь-якому даху - саме цим і закінчиться урок 4.

УРОК 2

Невидиме світло: що несе повідомлення

Що вам потрібно знати з науки

Повідомлення залишає літак у вигляді радіохвилі, і єдина ідея, яку має закріпити цей урок, бо на ній будується вся фізика середньої школи, - що радіохвиля і промінь світла мають однакову природу. І те, і те - електромагнітні хвилі: брижі електричної та магнітної сили, що поширюються простором, не потребують повітря чи будь-якого середовища і рухаються зі швидкістю світла, яка становить майже рівно 300 000 кілометрів щосекунди. Одні такі брижі роблять червоним світлом, інші - синім, ще інші - радіохвилею лише те, як швидко вони коливаються, тобто їхня частота. Наші очі реагують на вузьку смугу частот, яку ми сприймаємо як кольори від червоного до фіолетового. Радіохвилі коливаються набагато повільніше, тож очі їх не бачать - так само, як вуха не чують собачого свистка. Повідомлення літака надсилається на частоті 1 090 мільйонів коливань на секунду - це дуже швидко за людськими мірками і дуже повільно за мірками світла: зелене світло коливається приблизно в пів мільйона разів швидше.

Оскільки всі електромагнітні хвилі поширюються з однаковою швидкістю, частота визначає довжину хвилі - відстань від одного гребеня до наступного: за одну секунду хвиля проходить 300 000 km і виконує f коливань, тож на кожне коливання припадає 300 000 km, поділені на f . Для хвилі літака це 27,5 сантиметра - приблизно довжина шкільної лінійки. Для зеленого світла - близько половини тисячної міліметра. Для FM-радіостанції - три метри. Це число, 27,5 cm, клас знову зустріне в уроці 3, бо саме воно визначає розмір антени.

Плутанина, якій ви маєте запобігти, - між радіо і звуком, і варто розуміти, чому вона така поширена. «Радіо» в повсякденній мові - це коробка, яка видає звук, тож діти (і чимало дорослих) вважають, що радіохвилі - це різновид звуку, що поширюється повітрям. Насправді вони зовсім не пов'язані. Звук - це хвиля тиску: молекули повітря штовхають сусідні, а ті - своїх сусідів. Йому потрібне середовище, він рухається зі швидкістю близько 340 метрів на секунду, а у вакуумі звуку немає. Радіо не потребує нічого і долає порожній простір між супутником і літаком; воно поширюється майже в мільйон разів швидше за звук. Якщо літак за 20 km від вас видасть звук і надішле повідомлення в ту саму мить, повідомлення дійде до вас приблизно за 67 мільйонних часток секунди, а звук - приблизно за хвилину. Діти знають цю затримку з грому і з того, як здалеку бачать удар по м'ячу, і це знання - ваш найкращий союзник.

Як цього навчати

Почніть із того, що діти знають: із речей, які існують, але яких ми не бачимо й не чуємо. Собачий свисток, квітка такою, якою її бачить бджола, пульт, який «щось надсилає» телевізору, Wi-Fi у будівлі. Потім скажіть прямо: повідомлення літака їде на різновиді світла, якого наші очі не бачать, і ліхтарик та радіо літака - родичі. Увімкніть ліхтарик і запитайте, де його світло: одразу всюди в кімнаті, без жодної помітної затримки. А потім ключове речення для молодшої групи: радіо - це колір, якого наші очі не бачать, і воно просто зараз проходить крізь цю кімнату від кожного літака в радіусі 400 кілометрів, а ми зовсім нічого не відчуваємо. Багатьох дітей це трохи захоплює - і це правда.

Демонстрація з мотузкою дає ідеї хвилі тіло. У парах одна дитина нерухомо тримає мотузку, а друга трясє вільний кінець. Повільне трясіння дає кілька довгих, лінивих хвиль уздовж мотузки; швидке - багато коротких. Нехай у кожному випадку вимірюють метровою лінійкою відстань між гребенями і помітять правило: що швидше трясеш, то коротші хвилі. Це не вільна аналогія, а справжня залежність, бо швидкість хвилі вздовж мотузки визначається самою мотузкою, тож частота і довжина хвилі обмінюються одна на одну точно так, як у світла. Скажіть класу, що хвиля літака, порівняно зі світлом, належить до довгих і лінивих і що від гребеня до гребеня вона завдовжки як лінійка. Покладіть лінійку на підлогу поруч із хвилею на мотузці, щоб діти побачили. Старшій групі запишіть правило: швидкість = частота помножена на довжину хвилі, і дайте перевірити його на мотузці, рахуючи помаху за секунду й вимірюючи відстань між гребенями. Потім дайте їм числа для літака, і хай побачать, що 300 000 km на секунду, поділені на 1 090 мільйонів на секунду, дають 27,5 cm; самостійно вони цього ділення не виконають, але можуть простежити його на дошці, і тоді це число стане їхнім.

Щоб відокремити радіо від звуку, проведіть перегони найшвидшого гінця. Ряд дітей пошепки передає слово від одного кінця зали до другого; засічіть час. Потім блимніть ліхтариком з одного кінця, і нехай дитина на протилежному кінці підніме руку; жодної вимірної затримки. Обговоріть чому: звук має передаватися від кожної частинки повітря до наступної, як шепіт від дитини до дитини, і на це потрібен час; світлу не потрібен ніхто, хто б його передав. А потім - і це саме та мить, щоб сказати це прямо, - скажіть, що радіоповідомлення літака схоже на ліхтарик, а не на шепіт, а гул двигуна, який ви чуєте, схожий на шепіт і приходить, коли літак уже давно полетів далі. Старшій групі можна дати числа - 340 метрів на секунду проти 300 000 кілометрів на секунду - і запитати, у скільки разів світло швидше; відповідь, майже мільйон, приносить задоволення.

У чому діти помиляються і що їм сказати

Плутанину зі звуком розглянуто вище, і їй доведеться повторювати в уроках 3 і 4; будьте готові до того, що «антена чує літак» знову сповзе до «антена чує шум». Друга плутанина - що радіохвилі «в повітрі», як запахи, що десь пливуть; повітря їх зовсім не несе, і вони так само добре поширювалися б у порожньому просторі. Третя, від старшої групи, - думка, що швидше трясіння змушує хвилю бігти швидше; ні, воно робить хвилі коротшими, і мотузка це показує, якщо дати дітям простежити за одним гребенем. Нарешті, якщо дитина запитає, чому ми не бачимо радіо, якщо це світло, чесна відповідь така: наші очі пристосовані до кольорів, яких сонце дає найбільше і які найкраще проходять крізь повітря; радіо було тут завжди, і ми помітили його лише тоді, коли збудували для нього металеві очі, - про це урок 3.

УРОК 3

Металеві вуха і круга Земля: як ловлять повідомлення і з якої відстані

Що вам потрібно знати з науки

Радіохвиля, що проходить повз шматок металу, штовхає електрони в металі туди й назад у такт своїм коливанням. Цей крихітний змінний струм і є «слухом»; приймач, підключений до металу, підсилює його і зчитує з нього імпульси. Поштовх найсильніший, коли шматок металу має правильну для хвилі довжину: стрижень завдовжки в чверть хвилі, що стоїть на плоскій металевій поверхні, відгукується на хвилю так, як гойдалка відгукується на поштовх у її власному ритмі. Для хвилі літака завдовжки 27,5 см чверть становить 6,9 см, і саме тому справжня антена ADS-B - і на літаку, і на землі - це короткий штир заввишки лише кілька сантиметрів. Це налаштоване вухо. Дріт зовсім іншої довжини теж щось вловлює, але значно менше, і класу можна чесно сказати, що модель, яку вони зберуть, має правильний розмір для справжньої антени.

З якої відстані може чути це вухо? Її обмежують дві речі. Сигнал слабшає з відстанню, бо передавач літака розсіює свою енергію в усіх напрямках, і частка, що досягає маленької антени, зменшується зі зростанням відстані: удвічі далі - вчетверо менше. Але ще до того, як проблемою стає слабкість, нею стає геометрія. Оскільки радіо - це світло, воно поширюється прямолінійно, а оскільки Земля - куля, пряма лінія від антени на даху незабаром упирається в землю. Літак можна почути лише доти, доки між ним і антеною є пряма, нічим не загорожена лінія. Що вище літак, то далі може сягнути ця лінія, перш ніж на заваді стане Земля, і що вище антена, то ще далі. Арифметика (відстань до горизонту в кілометрах приблизно дорівнює чотирьом кореням квадратним із висоти в метрах) - для курсу середньої школи; для вашого досить результату: літак на висоті десяти кілометрів можна почути з даху на відстані понад 400 km - далі, ніж від Брюсселя до Парижа і назад, тоді як літак, що тільки злітає за 50 km, може бути повністю схований за вигином Землі. Ось чому антени ставлять на дахах, щоглах і пагорбах і чому та сама антена чує високі літаки здалеку, а низькі - лише зблизька.

Як цього навчати

Почніть із запитання, яке залишив по собі урок 2: якщо радіо - це світло, якого ми не бачимо, то що його бачить? Відповідь - металеве вухо, антена, і перше, що треба зробити, - знайти кілька. У роутера Wi-Fi є штирі або вони сховані всередині; в автомобіля на вулиці на даху є «плавник»; у кожному телефоні антена прихована вздовж краю; на даху школи їх може бути кілька. Відправте клас на пошуки або сходіть самі й сфотографуйте, і складіть список. Запитайте, що в них спільного: вони металеві, мають певну форму й розмір і дуже часто розташовані високо. Обидва ці спостереження і є уроком, і ви можете пообіцяти пояснити кожне.

Щодо розміру - змайструйте модель антени. Кожна дитина вирізає смужку картону завдовжки 7 см і завширшки близько сантиметра, обгортає її алюмінієвою фольгою і ставить вертикально посередині квадрата з картону, теж обгорнутого фольгою. Чесно скажіть, що це таке: це правильна форма і правильний розмір для хвилі літака, і справжній приймач використовує саме таку форму, але сама по собі вона нічого розшифрувати не може, бо вловити хвилю - це лише перший крок, а для зчитування імпульсів потрібні радіо і комп'ютер (їх збирають у курсі середньої школи). Потім поясніть розмір за допомогою гойдалки: гойдалка злітає найвище, коли її штовхаєш у такт її власному руху туди-сюди, і металевий стрижень найкраще «гойдається» електрично, коли він завдовжки в чверть хвилі. Покладіть лінійку на 27,5 см поруч зі стрижнем на 7 см і покажіть, що стрижень становить її чверть. Старша група може виміряти й перевірити. Квадрат із фольги внизу - це дзеркало, яке довершує вухо, і цілком нормально так і сказати й на цьому зупинитися.

Щодо висоти - вийдіть надвір і візьміть із собою запитання: чому антени розташовані високо? Поставте дитину на одному кінці майданчика - спершу навпочіпки, потім стоячи, потім на лаві - і щоразу запитуйте, що вона бачить на протилежному кінці; те, що ховалося за низькою стінкою чи припаркованим автомобілем, з'являється, коли вона піднімається. Потім зробіть стрибок до Землі: сама земля вигнута, як верх величезної кулі, і все, що досить далеко, сховане за цим вигином, як корпус корабля, що зайшов за горизонт, тоді як його щогла ще видна. Антена на даху стоїть на лаві. Літак високо в небі - це корабель із дуже високою щоглою. Намалюйте на дошці коло з паличкою на ньому і пряму лінію, що торкається кола: усе над лінією можна почути, усе під нею - за Землею. Дев'яти-одинадцятирічним потім можна дати справжні числа і попросити порівняти їх із відомими відстанями: 400 km - це далі, ніж від Брюсселя до Парижа і назад; 50 km - приблизно ширина провінції.

Якщо є час, невелика демонстрація ослаблення з відстанню цілком себе виправдовує: ліхтарик на протилежному кінці темної зали ледь освітлює аркуш паперу; наближений на половину відстані, він освітлює той самий аркуш помітно більш ніж удвічі яскравіше, бо промінь розійшовся на меншу площу. Старшим дітям можна назвати правило - удвічі ближче означає вчетверо яскравіше - і зв'язок: радіо літака розходиться так само, тому для далеких літаків потрібен чутливий приймач.

У чому діти помиляються і що їм сказати

Діти часто думають, що більша антена має бути кращою, як було б із більшим вухом. Для цієї хвилі це не так: важить правильний розмір, а правильний розмір - маленький. Ще вони думають, що антени ставлять високо, «щоб бути ближче до літаків»; відстань угору мізерна порівняно з відстанню вшир, а справжня причина - вигин Землі, і це цікавіша відповідь. Нарешті, тут

повертається плутанина зі звуком у формі «антена чує шум літака». Виправляйте це щоразу: антена ловить невидиме світло, а не звук, і вона так само добре ловила б його від літака, який не видавав би жодного звуку.

УРОК 4

Карта: як багато вух складають одну картину

Що вам потрібно знати з науки

Одна антена з приймачем розшифровує повідомлення, які може почути, і тож знає положення, висоту й ідентифікатор кожного літака, що «говорить» у межах її горизонту - приблизного кола діаметром кілька сотень кілометрів для високих літаків і значно меншого для низьких. Щоб бачити цілу країну, потрібно багато таких приймачів, розташованих так, щоб їхні кола перекривалися, і кожен надсилає почуте через інтернет на центральний комп'ютер. Цей комп'ютер виконує дві роботи. Він об'єднує: високий літак зазвичай чуєть десять або двадцять приймачів одночасно, і одне й те саме повідомлення, що надійшло від усіх них, треба розпізнати як один літак, а не двадцять. І він перевіряє: якщо один приймач повідомляє положення, з яким не погоджується жоден сусідній приймач, це повідомлення, найімовірніше, - помилка розшифрування, і його відкладають. Результат - карта наживо, що оновлюється щосекунди і побудована цілком із того, що сказали літаки й почули антени. Авіадиспетчери бачать схожу картину, до якої додано радар як незалежну другу думку, бо системи, яка залежить від того, що літак каже правду, вона потрібна.

Карта показує лише ті літаки, що «говорять». Майже всі авіалайнери говорять; багато малих приватних літаків, планерів і повітряних куль не зобов'язані цього робити, а військові літаки часто вирішують цього не робити. Тож карта чесна, але не повна - і це корисно знати дитині про будь-яку карту, а також природний спосіб завершити курс запитанням, а не крапкою.

Як цього навчати

Поверніться до сітки на підлозі з уроку 1, але тепер вежі не можуть чути все. Розставте три або чотири «антени» (дітей із паперовими сітками) в кутах кімнати і скажіть кожній, що вона чує лише літаки у своїй половині чи чверті сітки; літаки оголошують себе, як і раніше. Потім попросіть антени зібрати аркуші разом і покласти їх поруч. На спільній картині є всі літаки; на кожному окремому аркуші - лише деякі. Деякі літаки з'являються на двох аркушах, і клас має погодитися, що це той самий літак, а не два. Це і є вся робота з об'єднання, виконана десятирічними за п'ять хвилин, і вона закріплює ідею, що карта - це пазл із багатьох слухачів.

Потім зробіть це по-справжньому. Виведіть на проєктор карту наживо, наближену до школи, і дайте кожній групі по одному літаку, за яким стежити десять хвилин: його позивний, висота, швидкість, звідки він летить і куди. Нехай заповнять на нього картку і припилять її до настінної карти регіону в тому місці, де бачили його востаннє. Поки вони працюють, пов'яжуйте те, що вони бачать, із ланцюжком курсу, речення за реченням: цей літак говорить двічі на секунду; його повідомлення їде на невидимому світлі; антена на чиемусь даху в межах 400 km його впіймала; ця антена надіслала повідомлення комп'ютеру, який малює цю карту; і саме тому ви можете прочитати його висоту на екрані. Попросіть клас переказати вам ланцюжок своїми словами; це і є оцінювання, і на цей момент більшість класу має з ним впоратися.

Завершіть двома запитаннями. Що станеться, якщо літак перестане говорити? Він зникне з карти, хоча в диспетчерів залишиться радар. І чи всі літаки в небі є на карті? Ні, і обговорення того, яких бракує і чому хтось може не хотіти, щоб його бачили, - гарне місце, щоб відпустити клас, який зрозумів, що карту складають із вимірювань і що вона повна рівно настільки, наскільки повний склад її слухачів.

У чому діти помиляються і що їм сказати

Ідея, що «карту роблять супутники», повертається тут із великою наполегливістю, бо карта на екрані, екрани беруться з інтернету, а інтернет, на думку дітей, береться з космосу. Розберіть її м'яко: супутники лише повідомляють літаку час; літак визначає, де він; літак про це каже; антени на дахах це чують; комп'ютер це малює. Кожен крок, крім першого, відбувається на землі, і карта працювала б так само добре, якби супутники замінили чимось іншим, що дозволяло б літаку знайти себе.

Оцінювання: чи можуть вони розповісти історію?

Курс має один навчальний результат із чотирьох ланок, і оцінювання полягає лише в тому, чи може дитина розповісти ланцюжок по порядку з поясненнями. Попросіть кожну дитину або кожну групу пояснити, як літак потрапляє на карту, і прислухайтеся до чотирьох ланок: літак знає, де він, і повідомляє про це знову й знову, без запити; повідомлення поширюється як радіохвиля, тобто світло, якого наші очі не бачать, і зовсім не схоже на звук; антена, налаштоване металеве вухо, ловить його, але лише від літаків над вигином Землі; і багато антен разом, ділячись почутим, складають карту. Шести-восьмирічна дитина, яка розповідає це як історію з чотирма кроками в правильному порядку, досягла результату. Дев'яти-одинадцятирічна дитина має також уміти пояснити кожен крок: чому двічі на секунду, чому світло, а не звук, чому 7 см і чому високо, чому багато антен, а не одна.

Сторінка для учнів закінчується коротким тестом, який клас може пройти на планшеті або підняттям рук; ось відповіді з міркуваннями, яких варто очікувати. Літак надсилає повідомлення приблизно двічі щосекунди, бо за хвилину він пролетів би 15 km і карта була б марною.

Повідомлення не містить імен пасажирів - лише ідентифікатор літака, положення, висоту й швидкість. Радіохвиля - це світло, якого наші очі не бачать, а не звук, бо їй не потрібне повітря і вона поширюється майже в мільйон разів швидше. Антену ставлять на дах, щоб її пряма лінія видимості сягала далі за вигин Землі, а не щоб бути ближче до літаків. А карті потрібно багато антен, бо кожна чує лише коло неба діаметром кілька сотень кілометрів.

Школа, яка хотіла б розмістити на своєму даху невеликий приймач, щоб її власна ділянка неба з'явилася на карті наживо, а урок 4 завершився власною антеною класу, знайде все необхідне на сторінці «Станьте постачальником».

ДАЛІ

Приймач на даху школи

Чотири уроки природно завершуються приймачем, який належить школі. Практикум - це повний посібник: деталі та їхня ціна (100-150 євро або наявний Raspberry Pi), яку антену обрати й де її розмістити, як підготувати комп'ютер і встановити фідер Dataero, а також вимірювання, які клас може робити з ним упродовж року. Шкільна станція з'являється на публічній карті під назвою школи, а її панель щодня впродовж року відповідає на запитання «що це за літак?».

Відкрити практикум <https://radar.dataero.eu/uk/learning/workshop>