

СІМЕЙНИЙ НАБІР - ДЛЯ БАТЬКІВ

Як пояснити дитині, що літаки розмовляють

Ця сторінка дає вам розуміння, а не лише готовий текст. Кожен розділ ґрунтовно пояснює одну ідею, а потім показує образ, який здатна втримати в голові дитина від 5 до 12 років, чому цей образ чесний, де він перестає працювати, і досвід за кухонним столом, який робить усе відчутним. Прочитайте її один раз самі; далі розповідь веде сторінка для дитини.

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

ЗМІСТ

Чому ця тема так добре підходить для дітей

РОЗДІЛ 1 Жваве небо, і чому хтось мусить за ним стежити

РОЗДІЛ 2 Як літак знає, де він: грім, блискавка і супутники

РОЗДІЛ 3 Повідомлення: що каже літак і як часто

РОЗДІЛ 4 Невидиме світло: що таке радіохвиля насправді

РОЗДІЛ 5 Металеві вуха: антени, і чому важливо, що Земля кругла

РОЗДІЛ 6 Карта: багато вух складають одну картину

Питання, які ставлять діти, і чесні відповіді

ДАЛІ Останній розділ - справжній приймач

Чому ця тема так добре підходить для дітей

Діти від п'яти до дванадцяти років - природжені детективи невидимого. Вони вже знають, що телефон «розмовляє» з вежею, якої вони не бачать, що пульт «надсилає» щось телевізору, що Місяць притягує море. Їм бракує не готовності вірити в невидиме, а уявлення про те, як воно працює, і вони напроцуд точно відрізняють справжнє пояснення від «це просто магія». ADS-B дає вам ланцюжок із п'яти ідей, для кожної з яких є конкретний і чесний образ, зрозумілий дитині, і кожному з яких можна показати вдома за допомогою мотузки, ліхтарика й телефона.

Головний принцип цієї сторінки: спрощення має бути правдою, сказаною просто, а не неправдою, сказаною втішно. «Радіо - це світло, якого не бачать наші очі» - спрощено, але правдиво, і фізик із цим погодиться. «Радіо - це особливий різновид звуку» - просто, але хибно, і в чотирнадцять років це доведеться переучувати. Для кожної аналогії нижче зазначено, де вона працює і де перестає працювати, щоб ви могли впевнено сказати «це трохи схоже на...», а коли дитина допитуватиметься - «але не зовсім, бо...».

Глибина залежно від віку

З дитиною 5-7 років цілком достатньо розділів 1, 3, 4 і 6, розказаних як історія, а головне - досліди. З дитиною 8-12 років пройдіть усі шість; їй захочеться чисел (двічі на секунду, 300 000 km за секунду, 400 km) і відповіді на «чому», і їй можна дозволити самій керувати картою наживо. Якщо вам потрібне повне доросле пояснення до будь-якого розділу, його докладно викладено в базовому курсі.

РОЗДІЛ 1**Жваве небо, і чому хтось мусить за ним стежити**

Ідея. У звичайний день Європу перетинає близько 30 000 рейсів. Над будь-яким бельгійським містом майже завжди є щонайменше один пасажирський літак, зазвичай кілька, і майже всі вони летять надто високо, щоб їх добре розгледіти: на висоті десяти кілометрів, де повітря розріджене й холодне, а літак видно лише як відблиск або білу смугу. Вони летять зі швидкістю близько 900 km/год, тобто 250 метрів щосекунди, і бачать одне одного не краще, ніж ми бачимо їх. Тож хтось на землі мусить постійно знати, де перебуває кожен із них, щоб розводити їх на безпечну відстань. Ця робота називається управлінням повітряним рухом, а головне питання всього курсу таке: звідки вони це знають?

Образ для дитини. Небо - це автомагістраль без розмітки й без ліній між смугами, а машини на ній їдуть швидше за будь-що на землі й не бачать одна одну. Хтось має бути регулювальником для всього неба. Діти щиро захоплюються, щойно усвідомлюють, скільки літаків там угорі; саме це здивування й зачіпає їх для всього, що буде далі.

Де образ працює і де ні. Образ автомагістралі добре передає «швидко, багато, треба тримати на відстані». Він вводить в оману, якщо дитина вирішить, що літаки летять намальованими маршрутами впритул один до одного; насправді їх розводять щонайменше на 300 метрів по вертикалі й на кілька кілометрів по горизонталі, тому зіткнення такі рідкісні. Скажіть: «правило таке - вони ніколи не можуть опинитися ближче, ніж три футбольні поля, поставлені одне на одне».

Удома: п'ятихвилинний підрахунок

Постійте біля вікна або в саду п'ять хвилин, дивлячись і прислухаючись. Позначайте кожен літак, який побачите чи почуєте. Потім відкрийте карту наживо на телефоні, наблизьте своє місто й порівняйте: майже завжди літаків більше, ніж ви помітили. Різниця між тим, що вловлює око, і тим, що показує карта, і є уроком: небо набагато жвавіше, ніж здається, і хтось бачить його повністю. Збережіть результат підрахунку; він знадобиться вам у розділі 6.

РОЗДІЛ 2**Як літак знає, де він: грім, блискавка і супутники**

Ідея. Найдотепніше в ADS-B те, що земля не мусить шукати літак: літак уже знає, де він, і просто про це повідомляє. Знає він завдяки навігаційним супутникам - їх близько тридцяти, вони кружляють навколо Землі на висоті 20 000 km, у кожного дуже точний годинник, і кожен

безупинно оголошує: «Я супутник номер 12, і зараз рівно...». Радіосигналу потрібен деякий час, щоб спуститися з такої висоти, - близько семи сотих секунди, тож літак чує час кожного супутника з невеликим запізненням. За величиною цього запізнення він визначає, наскільки далеко супутник. Чотири супутники - чотири відстані, і у світі є лише одна точка, яка розташована на потрібній відстані від усіх чотирьох: там і є літак, з точністю до кількох метрів.

Образ для дитини. Грім і блискавка. Спалах ви бачите одразу, грім чуєте пізніше, і що довша пауза, то далі гроза: порахуйте секунди й поділіть на три - отримаєте кілометри. Супутник - це блискавка, а літак - це ви, коли рахуєте. А тепер уявіть чотири грози одночасно в чотирьох напрямках; якби ви знали, як далеко кожна, то могли б точно визначити, де стоїте. Діти, які вже рахували секунди до грому, наполовину розуміють цю ідею.

Де образ працює і де ні. Він чудово пояснює, що «запізнення означає відстань». Не працює він лише в одному: під час грози повільне (звук) приходить після швидкого (світла), і ви порівнюєте їх між собою. У супутника є лише один сигнал, а літак знає, коли його надіслано, бо супутник записує час відправлення в саме повідомлення, як лист із поштовим штемпелем. Якщо дитина питає: «а як літак знає, коли супутник крикнув?», - це саме та відповідь, і це ознака, що дитина зрозуміла.

Удома: гра в луну

Станьте в протилежних кінцях довгої кімнати чи саду. Один плескає в долоні; інший піднімає руку в ту мить, коли почує. Підійдіть ближче, відійдіть далі. А тепер спробуйте зі спалахом ліхтарика замість оплеску: жодного помітного запізнення. Ось різниця між звуком (повільним - 340 м щосекунди) і світлом чи радіо (настільки швидкими, що вдома запізнення непомітне, але супутники так далеко, що навіть світлу потрібна вимірنا мить). Старшій дитині назвіть число: світло долає 300 000 km за секунду, а супутник розташований на висоті 20 000 km, тож запізнення становить приблизно одну п'ятнадцяту секунди.

РОЗДІЛ 3

Повідомлення: що каже літак і як часто

Ідея. Приблизно двічі на секунду невеликий радіопередавач на борту, транспондер, надсилає коротке повідомлення, хоча ніхто його про це не просить. Повідомлення складається з чотирьох частин: ім'я (постійний код, який кожне повітряне судно отримує під час реєстрації, щось на зразок номерного знака, а також позивний рейсу, наприклад «Brussels Airlines 1234»), місцезнаходження (супутникові координати з розділу 2), висота (виміряна за тиском повітря назовні, який падає під час набору висоти), а також швидкість і напрямок. Повідомлення крихітне, завдовжки 112 відповідей «так» чи «ні», і триває близько однієї десятитисячної секунди. В його кінці є 24 додаткові відповіді «так» чи «ні», які працюють як контрольна цифра штрихкоду: слухач обчислює суму за повідомленням, і якщо вона не збігається з контрольною, отже, дорогою щось спотворилося, і повідомлення відкидають.

Образ для дитини. Літак - це дитина, яка ходить кімнатою й кожні півсекунди каже: «Я Зум, я біля дивана, я високо, я лечу швидко». Вона не чекає, поки її спитають, їй байдуже, хто слухає, і вона ніколи не замовкає. Це єдиний образ у курсі, який дитина може зіграти всім тілом, і це варто

зробити, бо після цього «літак надсилає своє повідомлення» - вже не абстракція, а те, чим вона сама була.

Де образ працює і де ні. Він працює для «автоматично, повторювано, для всіх», а саме ці три властивості й цікавлять інженерів. Він не працює на слові «каже»: повідомлення - це не слова й не звук, а візерунок радіоімпульсів, про що йдеться в розділі 4. Старшій дитині пояснить 112 відповідей «так» чи «ні»: «літак не може надсилати літери, він може надсилати лише „так“ або „ні“, тож надсилає 112 таких відповідей поспіль, і всі домовилися, що означає кожна. Перші двадцять чотири разом утворюють його ім'я». Десятирічній дитині можна показати, що 24 відповіді «так» чи «ні» дають майже 17 мільйонів різних імен - досить для кожного будь-коли збудованого літака.

Поширена плутанина, якій варто запобігти. Багато дітей (і дорослих) думають, що літак «видно на радарі» або «за ним стежать супутники». Супутник не стежить за літаком; це літак слухає супутник, визначає, де він, і потім сам повідомляє про це землі. Радар існує і досі використовується, але працює навпаки: сигнал відбивається від літака. Цю різницю варто чітко проговорити, бо в ній уся суть ADS-B: ніхто не шукає літак, літак сам про себе оголошує.

Удома: спершу літак, потім диспетчерська вежа

Дитина - літак: руки в сторони, ходить кімнатою і через кожні кілька кроків вимовляє повідомлення з чотирьох частин. Ви - диспетчерська вежа з аркушем паперу і щоразу, коли дитина говорить, позначаєте, де вона. Потім поміняйтеся. А тоді спробуйте так, щоб дитина вимовляла повідомлення лише раз на хвилину: зверніть увагу, як далеко вона встигає зайти між повідомленнями і як сильно ваш малюнок відстає. Ось чому двічі на секунду - це важливо.

РОЗДІЛ 4

Невидиме світло: що таке радіохвиля насправді

Ідея. Повідомлення залишає літак у вигляді радіохвилі, а радіохвиля - це світло. Не «схожа» на світло, а те саме. Світло - це брижі електрики й магнетизму, що мчать простором зі швидкістю 300 000 km щосекунди, і одні брижі роблять червоними, інші синіми, а ще інші радіохвилею чи рентгенівським промінням лише те, як швидко вони коливаються. Наші очі просто влаштовані так, що помічають вузьку смугу швидкостей коливання - кольори веселки. Радіохвиля коливається набагато повільніше за все, що можуть уловити наші очі: хвиля літака коливається 1 090 мільйонів разів на секунду, що звучить швидко, доки не дізнаєшся, що зелене світло коливається ще в пів мільйона разів швидше. Повільне коливання означає також, що хвиля «довга»: відстань від одного гребеня до наступного становить 27,5 cm, приблизно як шкільна лінійка, тоді як у зеленого світла - менше тисячної частки міліметра.

Образ для дитини. Колір, якого не бачать твої очі. Діти одразу погоджуються, що собаки чують свистки, яких не чуємо ми, а бджоли бачать на квітах візерунки, яких не бачимо ми; «радіо - це колір, якого ми не бачимо, але бачить антена» лягає точно туди ж. Потім мотузка: повільно потрусить мотузку - отримаєте довгі лінійні хвилі; трусить швидко - короткі метушливі. Радіо - довгі лінійні хвилі, світло - короткі метушливі, і ті, й інші біжать мотузкою з однаковою швидкістю.

Де образ працює і де ні. Мотузка працює для понять «хвиля», «довжина хвилі» і «швидше трусиш - коротші хвилі», і це справжня фізика (швидкість хвилі в мотузці незмінна, тож частота, помножена на довжину хвилі, стала, точно як для світла). Не працює вона в тому, що мотузці потрібна мотузка: світлу й радію не потрібно нічого, вони перетинають порожній простір, і саме так сигнал супутника досягає літака. Найважливіше - не сплутати радіо зі звуком. Звук - це молекули повітря, що штовхають одна одну, повільний (340 м за секунду), йому потрібне повітря. Радіо - це світло, майже в мільйон разів швидше, йому не потрібно нічого. Скринька на кухні, яку називають «радіо», насправді ловить радіосвітло і перетворює вловлене на звук, і це варто проговорити.

Удома: мотузка і ліхтарик

Прив'яжіть скакалку до дверної ручки. Повільні помахи, швидкі помахи; виміряйте лінійкою одну хвилю кожного виду. Потім ліхтарик: увімкніть його і спитайте, де світло. Скрізь у кімнаті, миттєво. Спитайте: «якби ліхтарик був радіо, чи побачила б його антена літака?» Так, бо це та сама речовина. Насамкінець підніміть лінійку: «хвиля літака ось такої довжини, від одного гребеня до наступного, і вона просто зараз проходить крізь цю кімнату, тисячі гребенів щосекунди, а ми не бачимо жодного».

РОЗДІЛ 5

Металеві вуха: антени, і чому важливо, що Земля кругла

Ідея. Радіохвиля, що проходить повз шматок металу, змушує електрику всередині нього хлюпати туди-сюди в такт із нею. Це крихітне хлюпання і є «слухом». Метал чує найкраще, коли має правильний для хвилі розмір - чверть відстані між гребенями, що для хвилі літака становить близько 7 см. Тому антена для цього - невеликий штирок, і тому дріт неправильної довжини чує погано: антена - це налаштоване вухо, як гойдалка, що злітає високо лише тоді, коли її штовхаєш у її власному ритмі. Оскільки радіо - це світло, воно поширюється прямими лініями, а оскільки Земля кругла, пряма лінія від низько розташованої антени швидко впирається в землю. Що вище антена, то далі сягає лінія, перш ніж Земля стане на заваді: з даху літак на висоті десяти кілометрів можна почути з відстані понад 400 km - це далі, ніж від Брюсселя до Парижа й назад. Далі він уже за горизонтом і мовчить, хоч яким потужним був би сигнал.

Образ для дитини. Два образи. Антена - це металеве вухо, і, як справжнє вухо, вона має розмір, що підходить для певних звуків (дитина знає, що великі вуха собаки й маленькі вушка миші чують різне). А горизонт - це як стати на стілець, щоб побачити щось поверх натовпу: Земля - дуже велика куля, і що вище ти, то далі за її вигин бачиш. Корабельна щогла, маяк, спостерігач на дереві - все це та сама ідея, і діти зазвичай уже зустрічали щось із цього в якійсь історії.

Де образ працює і де ні. Образ вуха працює для «ловить хвилю, налаштоване на розмір». Не працює він у тому, що у вусі ще й відбувається сам слух, а антена лише ловить: власне розшифрування відбувається в приймачі й комп'ютері, і це справа розділу 6. Образ стільця майже точний; єдине уточнення для старшої дитини - повітря трохи вигинає радіохвилі донизу, тож радіогоризонт розташований трохи далі за той, який ми бачимо.

Удома: полювання на антени і прогулянка до горизонту

Знайдіть антени: Wi-Fi-роутер (його штирки або антени, сховані всередині), «плавник» на даху автомобіля, телефон (антена схована в його краю), радіоприймач, дах. Зверніть увагу, скільки з них розташовано високо, і спитайте чому. Потім вирушайте туди, звідки гарний краєвид: дитина навпочіпки, потім стоячи, потім у вас на плечах щоразу бачить трохи далі. Поясніть, що антена для літаків на даху будинку робить те саме, а далекий літак «ховається за круглою Землею», доки не підніметься досить високо, щоб визирнути з-за неї.

РОЗДІЛ 6**Карта: багато вух складають одну картину**

Ідея. Одна антена чує коло неба діаметром кілька сотень кілометрів. Ніхто не може почути всю Європу з одного даху, тому карту складають із сотень антен - на будинках, в аеропортах і школах, - і кожна надсилає те, що чує, через інтернет в одне місце, де комп'ютер з'єднує шматочки: той самий літак зазвичай чують одночасно десять чи двадцять антен, і комп'ютер помічає, що це той самий. У результаті виходить карта наживо: кожен літак, що «говорить», де він, на якій висоті, з якою швидкістю, з оновленням щосекунди. Земля нічого з цього не вимірювала; літак сказав, антени послухали, а комп'ютер склав шматочки до купи. Диспетчери управління повітряним рухом бачать приблизно таку саму картину, доповнену радаром як другою думкою.

Образ для дитини. Пазл. Кожна антена тримає один шматочок - коло неба; складіть усі кола разом, і вийде повна картина, а шматочки перекриватимуться по краях. Або гра в «зіпсований телефон» навпаки: замість того щоб одне повідомлення передавали далі й спотворювали, сотні слухачів кожен повідомляють, що почули, а ті, хто почув те саме, підтверджують одне одного.

Де образ працює і де ні. Пазл майже точно описує покриття. Застереження потрібне щодо слів «кожен літак»: на карті з'являються лише ті повітряні судна, що «говорять». Пасажирські літаки майже всі це роблять; невеликі приватні літаки, планери й багато військових можуть і не робити, а літак, чий супутниковий приймач заглушено, говорить нісенітниці. Тож карта чесна, але не повна, і це корисно знати дитині про будь-яку карту.

Удома: знайди свій літак

Відкрийте карту наживо, наблизьте свій будинок і зачекайте, доки над головою пролетить літак. Знайдіть його на карті й торкніться: ім'я, висота, швидкість, звідки він летить і куди. Потім подивіться вгору на відблиск і скажіть: «ось цей просто зараз вимовляє своє повідомлення, двічі на секунду, і чиясь антена його вловила, тому ми й бачимо його на карті». Порівняйте з підрахунком із розділу 1. Закінчіть питанням, яке перевіряє весь ланцюжок: «що станеться, якщо цей літак перестане говорити?» (Він зникне з карти, хоча в диспетчерів залишиться радар.)

Питання, які ставлять діти, і чесні відповіді

Ось питання, які виникають найчастіше, і кожне заслуговує на справжню відповідь, а не на заспокійливу, бо кожне - ознака того, що дитина перевіряє дану вами модель.

«Чи почує мене літак, якщо я закричу?» Ні, і пояснення цьому - весь розділ 4: крик - це звук, брижі в повітрі, що згасають за кілька сотень метрів, а радіо літака слухає лише невидиме світло супутників та інших літаків. Варто додати, що ніщо у вашому домі теж не розмовляє з літаком. Карта працює виключно завдяки слуханню.

«Пілот натискає кнопку, щоб надіслати повідомлення?» Ні. Транспондер надсилає його сам, двічі щосекунди, від моменту, коли літак починає рух, і доки його не поставлять на стоянку, і пілот не зміг би це зупинити, не вимкнувши транспондер, а в польоті це заборонено. Ось що означає слово «автоматичне» в назві системи, і саме тому на карті немає прогалин, поки літак у зоні досяжності.

«А літак теж бачить нас на карті?» Будинків і людей він не бачить. Але він чує повідомлення інших літаків навколо, і в сучасному пасажирському літаку вони з'являються на екрані в кабіні, тож пілоти бачать ту саму картину, що й диспетчери, і можуть триматися на відстані одне від одного, навіть якби земля мовчала. Інакше кажучи, літаки не лише говорять, а й слухають одне одного.

«Чому я не бачу хвилю?» Бо очі влаштовані лише для світла, яке коливається надзвичайно швидко, - кольорів веселки, а радіо коливається для них занадто повільно, хоча все одно понад тисячу мільйонів разів на секунду. Антена - це інший вид ока, створений саме для такого повільного коливання. Гарне продовження розмови - зауважити, що дитина не бачить і Wi-Fi у домі, і відповідь тут та сама.

«А якщо два літаки говорять одночасно?» Їхні повідомлення можуть накладатися на антені й спотворитися, а над жвавим аеропортом це стається постійно. Саме тому кожне повідомлення закінчується 24 контрольними відповідями з розділу 3: спотворене повідомлення не проходить перевірку й відкидається, а оскільки кожен літак повторює себе через пів секунди, надовго нічого не втрачається. Для старшої дитини це гарний приклад того, чому повідомлення побудоване саме так.

«А слухати можна?» Так. Літак навмисно оголошує про себе всім, щоб його чули інші літаки й люди на землі, а слухання передачі нікому не шкодить. Надсилати щось на частоті літаків - зовсім інша справа, і це суворо заборонено, тому ніщо в цьому курсі нічого не передає.

ДАЛІ

Останній розділ - справжній приймач

Найкраще ця історія закінчується справжнім приймачем на підвіконні. Практикум точно перелічує, що купити (близько 100-150 євро), показує, як зібрати все разом із дитиною, як підготувати маленький комп'ютер і встановити фідер Dataero і як уже за годину літаки, яких чує ваша власна антена, з'являються на карті наживо, а джерелом указано станцію вашої родини. Дитина, яка бачила, як на карті з'являється точка - «наш літак», не забуде, як вона туди потрапила.

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