

ОТ 6 ДО 11 ЛЕТ - ДЛЯ УЧИТЕЛЯ

Самолёты, которые говорят: курс естествознания для начальной школы в четырёх уроках

Это курс таким, каким его должен знать учитель: наука, объяснённая на уровень глубже, чем услышит класс, порядок, в котором должны идти идеи, что сказать шестилетним и что добавить десятилетним, демонстрации, которые несут каждую идею, и почему они работают, а также неверные представления, с которыми дети приходят. Четыре урока примерно по 50 минут, обычно растянутые на две недели.

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

СОДЕРЖАНИЕ

Прежде чем начать: чему учит курс и почему он стоит четырёх уроков

УРОК 1 Оживлённое небо и говорящий самолёт

УРОК 2 Невидимый свет: что несёт сообщение

УРОК 3 Металлические уши и круглая Земля: как ловят сообщение и с какого расстояния

УРОК 4 Карта: как много ушей складывают одну картину

Оценивание: могут ли они рассказать историю?

ДАЛЬШЕ Приёмник на крыше школы

Прежде чем начать: чему учит курс и почему он стоит четырёх уроков

Каждый авиалайнер в небе Европы примерно дважды в секунду передаёт короткое радиосообщение с указанием своей принадлежности, положения, высоты и скорости. Система называется ADS-B, и с 2020 года она обязательна для большинства самолётов. На неё полагаются авиадиспетчеры; на неё же полагаются карты полётов в реальном времени в любом телефоне. Для начальной школы это почти идеальная тема, потому что она соединяет то, о чём дети и так задумываются, - самолёты, которые они видят и слышат, - с физикой, которую программа просит вас преподавать: что свет и звук - разные вещи, что свет движется по прямой, что у волн есть длина, что Земля - шар, и у этого есть видимые следствия, что информацию можно закодировать и передать и что карта строится из измерений. Тема реальная и современная; в ней нет ничего игрушечного.

Курс следует логике самой системы, потому что эта логика - ещё и правильный порядок преподавания. Сначала класс должен понять, что небо полно быстрого невидимого движения, за которым кто-то должен следить. Потом - что каждый самолёт знает, где он, и говорит об этом снова и снова сообщением из четырёх частей. Потом - что сообщение летит в виде радиоволны, а радиоволна - это форма света. Потом - что антенна её ловит, а круглая Земля ограничивает, с

какого расстояния. И наконец - что много антенн вместе строят карту. Каждый урок добавляет одно звено к этой цепочке, и именно цепочку вы оцениваете в конце: может ли ребёнок рассказать историю от самолёта до карты, по порядку, с правильными причинами?

Вам не нужна никакая подготовка в авиации или радиотехнике. Каждый урок ниже начинается с науки в том виде, в каком её нужно понимать вам, - на уровень глубже, чем пойдёт класс, чтобы вы могли ответить на вопрос, стоящий за вопросом. Если вам нужно полное взрослое изложение, базовый курс на главной странице содержит двенадцать глав; для этого возраста важнее всего главы 3, 6 и 7. Две вещи стоит ясно держать в уме на протяжении всего курса, потому что именно в этих двух местах взрослые чаще всего учат неверному. Радио - это не звук; это свет такого цвета, которого наши глаза не видят, и эта разница - сердце урока 2. И самолёт в этой системе не «видят спутники» и не «находит радар»: он сам вычисляет своё положение, слушая спутники, а затем объявляет его. Никто не ищет самолёт. Самолёт говорит сам.

О дифференциации: курс написан для всего диапазона от 6 до 11 лет, и в тексте каждого урока сказано, где младшие и старшие расходятся. В целом класс шести-восемилетних должен получить историю, ролевую игру, верёвку и карту и уйти с умением сказать: «самолёты посылают сообщение на волне, антенна его ловит, и из этого получается карта». Класс девяти-одиннадцатилетних может взять числа (дважды в секунду, 300 000 километров в секунду, волна в 27 сантиметров, горизонт в 400 километров), мысль о том, что сообщение состоит из ответов «да/нет», и рассуждение о горизонте, и должен уйти с умением объяснить, почему каждый шаг необходим.

УРОК 1

Оживлённое небо и говорящий самолёт

Наука, которая нужна вам

Авиалайнер на крейсерской высоте находится примерно в десяти километрах над землёй и движется со скоростью около 900 км/ч, то есть 250 метров каждую секунду. На такой высоте его трудно увидеть и невозможно оценить: ребёнок, заметивший блик или инверсионный след, никак не может сказать, как далеко он, как высоко и куда летит, и пилот, глядящий на другой самолёт, тоже не может. Над бельгийским городком почти всегда в небе сразу несколько самолётов, большинство из них проходят на высоте по пути между другими странами. Чтобы разводить их, службе управления воздушным движением нужны положение, высота и направление каждого самолёта, непрерывно. Правила эшелонирования просты: в воздушном пространстве, которым управляют диспетчеры, самолёты должны быть не менее чем в 300 метрах друг от друга по вертикали или в нескольких километрах по горизонтали.

Большую часть прошлого века способом узнать, где находятся самолёты, был радар: большая вращающаяся антенна, которая посылает радиоимпульс и слушает слабое эхо. Радар существует до сих пор, но система, о которой этот курс, переворачивает задачу. Каждый современный самолёт несёт приёмник спутниковой навигации - ту же технологию, что и карты в автомобиле или телефоне, - и потому всегда знает своё положение с точностью до нескольких метров. Он также несёт маленькую рацию, называемую транспондером. ADS-B просто соединяет то и другое: примерно дважды в секунду транспондер посылает короткое сообщение, содержащее

опознавательный код самолёта, его положение от спутников, высоту, скорость и направление. Сообщение уходит автоматически, никто его не запрашивает, и у него нет конкретного адресата: это радиовещание, как у радиостанции, и его может услышать любой, у кого есть подходящий приёмник. Вот что означают буквы: Automatic - автоматическое (никто его не запускает), Dependent - зависимое (его правильность зависит от собственного оборудования самолёта), Surveillance - наблюдение (его цель - знать, где самолёты), Broadcast - радиовещание (посылается всем).

Само сообщение цифровое. Транспондер не может посылать буквы или числа напрямую; он может посылать только импульс или не посылать его, поэтому сообщение - это цепочка из 112 ответов «да/нет», каждый длительностью в миллионную долю секунды, значение которых все заранее согласовали. Первая их группа, длиной 24 ответа, - постоянный опознавательный код самолёта, присвоенный ему при регистрации, что-то вроде номерного знака, который никогда не меняется. Остальные несут положение, высоту, скорость или позывной рейса, в зависимости от вида сообщения. Последние 24 ответа - проверка: слушатель выполняет над сообщением фиксированное вычисление и сравнивает результат с проверкой, и если они не совпадают, что-то по дороге исказилось, и сообщение выбрасывается. Это важно, потому что над оживлённым аэропортом одновременно говорят многие самолёты, и их сообщения иногда накладываются. Высота в сообщении измеряется не по спутнику, а по давлению воздуха снаружи самолёта, которое равномерно падает по мере подъёма; по той же причине закладывает уши в лифте или в горном тоннеле, и старшим детям эта связь нравится.

Как это преподавать

Начните с неба, а не с системы. Спросите, кто видел самолёт на этой неделе, где, как высоко, по их мнению, он был и как пилот вообще может знать, где он, если дорог нет. Дайте догадкам разгуляться; прозвучит и «пилот смотрит в окно», и «там есть карта», и оба ответа наполовину верны. Потом выведите на проектор карту в реальном времени, приближённую к вашему городу, и сосчитайте самолёты вместе. Разрыв между тем, чего ожидал класс, и тем, что показывает карта, - крючок для всего курса, и на нём стоит задержаться: каждый из этих значков - самолёт, который говорит прямо сейчас.

Теперь расскажите главную историю на одном дыхании, потому что дети запоминают историю лучше, чем определение: самолёт всегда знает, где он, потому что слушает спутники высоко над собой; и дважды в секунду он выкрикивает, никому конкретно: «вот кто я, вот где я, вот как высоко, вот как быстро». Никто его не спрашивал. Он никогда не замолкает. И каждый, у кого есть правильное ухо, может его услышать. Для шести-восьмилетних эта фраза, повторённая и потом разыгранная, и есть урок. С девяти-одиннадцатилетними пойдите на шаг дальше и объясните, что крик состоит из ответов «да/нет», что 24 из них составляют имя самолёта, и дайте им вычислить (с помощью), что 24 ответа «да/нет» дают около 17 миллионов разных имён - с избытком хватит на все самолёты, когда-либо построенные. Главное, что нужно закрепить: за самолётом не «следят», он говорит сам. Скажите это обоими способами - «никто не ищет самолёт, самолёт объявляет о себе сам», - потому что противоположное представление укоренилось глубоко и снова всплывёт в уроке 4.

Демонстрация - игра в диспетчерскую вышку, и это самые ценные полчаса во всём курсе. Наклейте на пол скотчем сетку пять на пять клеток, с буквами вдоль одной стороны и числами вдоль другой. Половина класса - самолёты; у каждого карточка с позывным, высотой и скоростью. Они медленно идут по сетке, и через каждые несколько шагов каждый вслух объявляет своё сообщение: «DTA12, клетка C3, десять тысяч метров, быстро». Другая половина - диспетчерская вышка, у каждого бумажная копия сетки, и они должны нарисовать каждый самолёт там, где он сказал. Потом поменяйтесь. А потом - и это та часть, которая учит, - проведите игру снова, разрешив самолётам говорить только раз в минуту. Рисунки вышек разваливаются; самолёты сменили клетки раньше, чем кто-либо узнал. Спросите класс, почему настоящие самолёты говорят дважды в секунду, и они вам скажут.

Со старшей группой добавьте второй вариант: два самолёта объявляют в один и тот же миг, а вышка должна записать то, что услышала. Она услышит кашу. Объясните, что именно поэтому у настоящего сообщения в конце есть проверка: перепутанное сообщение проверку не проходит и отбрасывается, а самолёт всё равно повторяет его через полсекунды. Дети, побывавшие вышкой, сразу понимают, зачем нужны и повторение, и проверка.

В чём дети ошибаются и что говорить

Самое частое неверное представление - что спутники смотрят вниз и видят самолёты, или что их находит радар. Правильная картина: самолёт слушает спутники, чтобы найти себя, а потом говорит. Полезная формулировка: спутник - как церковный колокол, отбивающий час; он сообщает время всем, но понятия не имеет, кто слушает. Второе неверное представление - что сообщение посылает пилот. Никто его не посылает; транспондер посылает его сам с момента, когда самолёт начинает двигаться. Третье - что сообщение идёт «в аэропорт». Оно идёт всем: другие самолёты тоже слушают и благодаря ему держатся друг от друга подальше, и любая антенна на любой крыше тоже, - именно этим закончится урок 4.

УРОК 2

Невидимый свет: что несёт сообщение

Наука, которая нужна вам

Сообщение покидает самолёт в виде радиоволны, и единственная идея, которую этот урок обязан установить, потому что на ней строится вся физика средней школы, состоит в том, что радиоволна и луч света - вещи одного рода. И то и другое - электромагнитные волны: рябь электрических и магнитных сил, бегущая сквозь пространство, не нуждающаяся ни в воздухе, ни в каком-либо веществе для переноса, со скоростью света, то есть почти ровно 300 000 километров в секунду. Что делает одну такую рябь красным светом, другую синим, третью радиоволной - только то, как быстро она колеблется, её частота. Наши глаза отзываются на узкую полосу частот, которую мы воспринимаем как цвета от красного до фиолетового. Радио колеблется гораздо медленнее, поэтому глаза его не видят - точно так же, как уши не слышат собачий свисток. Сообщение самолёта передаётся на частоте 1 090 миллионов колебаний в секунду, что очень быстро по человеческим меркам и очень медленно по меркам света: зелёный свет колеблется примерно в полмиллиона раз быстрее.

Поскольку каждая электромагнитная волна движется с одной и той же скоростью, частота задаёт длину волны - расстояние от одного гребня до следующего: за одну секунду волна проходит 300 000 км и совершает f колебаний, так что на каждое колебание приходится 300 000 км, делённые на f . Для волны самолёта это даёт 27,5 сантиметра, примерно длину школьной линейки. Для зелёного света - около половины тысячной доли миллиметра. Для FM-радиостанции - три метра. Это число, 27,5 см, класс встретит снова в уроке 3, потому что оно определяет размер антенны.

Путаница, которую вы должны предотвратить, - между радио и звуком, и стоит понять, почему она так распространена. «Радио» в обыденной речи - это коробка, которая издаёт звук, поэтому дети (и многие взрослые) полагают, что радиоволны - это вид звука, идущего по воздуху. Они никак не связаны. Звук - волна давления: молекулы воздуха толкают соседей, а те - своих. Ему нужно вещество, по которому распространяться, он движется со скоростью около 340 метров в секунду, а в вакууме звука нет. Радиоволне не нужно ничего, и она пересекает пустое пространство между спутником и самолётом; она движется почти в миллион раз быстрее звука. Если самолёт в 20 км издаёт шум и в тот же миг посылает сообщение, сообщение доходит до вас примерно за 67 миллионных долей секунды, а шум - примерно через минуту. Дети знают эту задержку по грому и по удару по мячу, увиденному издали, и это знание - ваш лучший союзник.

Как это преподавать

Начните с того, что они знают: вещи, которые существуют, но которых мы не видим и не слышим. Собачьи свистки, то, как пчела видит цветок, пульт, который «что-то посылает» телевизору, Wi-Fi в здании. Потом скажите прямо: сообщение самолёта едет на свете такого рода, которого наши глаза не видят, а фонарик и рация самолёта - родственники. Включите фонарик и спросите, где его свет: везде в комнате, сразу, без задержки, которую кто-либо мог бы заметить. Потом ключевая фраза для младшей группы: радио - это цвет, которого наши глаза не видят, и оно проходит через эту комнату прямо сейчас, от каждого самолёта в радиусе 400 километров, а мы ничего не чувствуем. Многих детей это слегка будоражит, и это правда.

Демонстрация с верёвкой даёт идею волны тело. В парах один ребёнок держит верёвку неподвижно, а другой трясёт свободный конец. Медленная тряска даёт несколько длинных ленивых волн вдоль верёвки; быстрая - много коротких. Пусть они в каждом случае измеряют расстояние между гребнями метровой линейкой и заметят правило: чем быстрее трясешь, тем короче волны. Это не вольная аналогия, а настоящее соотношение, потому что скорость волны по верёвке задана верёвкой, и потому частота и длина волны размениваются друг на друга ровно так же, как у света. Скажите классу, что волна самолёта - из длинного ленивого рода по сравнению со светом и что от гребня до гребня она длиной с линейку. Положите линейку на пол рядом с волной на верёвке и дайте им это увидеть. Со старшей группой запишите правило: скорость = частота, умноженная на длину волны, и дайте им проверить его на верёвке, считая встряхивания в секунду и измеряя расстояние от гребня до гребня. Потом дайте им числа самолёта и покажите, что 300 000 км в секунду, делённые на 1 090 миллионов в секунду, дают 27,5 см; сами они это деление не сделают, но могут проследить его на доске, и число становится их собственным.

Чтобы отделить радио от звука, устройте гонку самых быстрых гонцов. Цепочка детей передаёт шёпотом слово из одного конца зала в другой; засекайте время. Потом мигните фонариком с одного конца, а дальний конец пусть поднимет руку; измеримой задержки нет. Обсудите почему:

звук должен передаваться от каждого кусочка воздуха к следующему, как шёпот от ребёнка к ребёнку, и на это уходит время; свету не нужно, чтобы кто-то его передавал. Потом - и это момент, когда нужно быть предельно ясным, - скажите, что радиосообщение самолёта похоже на фонарик, а не на шёпот, а шум двигателей самолёта, который вы слышите, похож на шёпот и приходит, когда самолёт давно улетел. Старшей группе можно дать числа, 340 метров в секунду против 300 000 километров в секунду, и спросить, во сколько раз свет быстрее; ответ, почти в миллион, приносит удовлетворение.

В чём дети ошибаются и что говорить

С путаницей со звуком мы разобрались выше, и её придётся повторять в уроках 3 и 4; ожидайте, что «антенна слышит самолёт» будет сползать обратно в «антенна слышит шум». Вторая путаница - что радиоволны «в воздухе» так же, как запахи, носятся туда-сюда; воздух их вовсе не переносит, и они точно так же шли бы через пустое пространство. Третья, у старшей группы, - думать, что более быстрая тряска заставляет волну бежать быстрее; нет, она делает волны короче, и верёвка показывает это, если дать им проследить за одним гребнем. Наконец, если ребёнок спросит, почему мы не видим радио, раз это свет, честный ответ таков: наши глаза построены для тех цветов, которых Солнце даёт больше всего и которые лучше всего проходят сквозь воздух; радио было здесь всегда, а заметили мы его, только когда построили для него металлические глаза, - а это урок 3.

УРОК 3

Металлические уши и круглая Земля: как ловят сообщение и с какого расстояния

Наука, которая нужна вам

Радиоволна, проходя мимо куска металла, толкает электроны в металле туда-сюда в такт со своими колебаниями. Этот крошечный переменный ток и есть «слышание»; приёмник, подключённый к металлу, усиливает его и считывает с него импульсы. Толчок сильнее всего, когда у куска металла правильная длина для волны: стержень длиной в четверть длины волны, стоящий на плоской металлической поверхности, отзывается на волну так, как качели отзываются на толчок в такт их собственному ритму. Для волны самолёта в 27,5 см четверть - это 6,9 см, и поэтому настоящая антенна ADS-B, и на самолёте, и на земле, - короткий штырёк высотой всего в несколько сантиметров. Это настроенное ухо. Провод совсем другой длины тоже что-то ловит, но гораздо меньше, и классу можно честно сказать, что модель, которую они построят, по размеру соответствует настоящей.

Как далеко слышит это ухо? Его ограничивают две вещи. Сигнал слабеет с расстоянием, потому что передатчик самолёта рассеивает энергию во все стороны, и доля, доходящая до маленькой антенны, уменьшается по мере роста расстояния: вдвое дальше - вчетверо меньше. Но прежде чем слабость становится проблемой, проблемой становится геометрия. Поскольку радио - это свет, оно движется по прямой, а поскольку Земля - шар, прямая от антенны на крыше скоро упирается в землю. Самолёт слышен только до тех пор, пока между ним и антенной есть прямая, ничем не загороженная линия. Чем выше самолёт, тем дальше дотягивается эта линия, прежде чем Земля встанет на пути, и чем выше антенна, тем дальше ещё. Арифметика (расстояние до

горизонта в километрах - примерно четыре квадратных корня из высоты в метрах) - для курса средней школы; для вашего достаточно результата: самолёт в десяти километрах над землёй слышен с крыши с расстояния больше 400 км, дальше, чем от Брюсселя до Парижа и обратно, тогда как самолёт, только что взлетевший в 50 км, может быть полностью скрыт за изгибом Земли. Вот почему антенны стоят на крышах, мачтах и холмах и почему одна и та же антенна слышит высокие самолёты издалека, а низкие - только когда они близко.

Как это преподавать

Начните с вопроса, который урок 2 оставил открытым: если радио - свет, которого мы не видим, то кто видит? Ответ - металлическое ухо, антенна, и первым делом нужно найти несколько. У Wi-Fi-роутера есть штырьки, или он прячет их внутри; у машины снаружи плавник на крыше; в каждом телефоне антенна спрятана вдоль края; на крыше школы их может быть несколько. Отправьте класс или сходите сами с фотоаппаратом и составьте список. Спросите, что у них общего: они металлические, у них определённая форма и размер, и они очень часто высоко. Оба эти наблюдения и есть урок, и вы можете пообещать объяснить каждое.

Для размера постройте модель антенны. Каждый ребёнок вырезает полоску картона длиной 7 см и шириной около сантиметра, оборачивает её алюминиевой фольгой и ставит вертикально в центре картонного квадрата, тоже покрытого фольгой. Будьте честны в том, что это такое: это правильная форма и правильный размер для волны самолёта, и настоящий приёмник использует именно такую форму, но сама по себе она ничего не может расшифровать, потому что поймать волну - лишь первый шаг, а для чтения импульсов нужны радиоприёмник и компьютер (которые собирает курс средней школы). Потом объясните размер через качели: качели взлетают выше всего, когда их толкают в такт их собственному движению туда-сюда, а металлический стержень «качается» электрически лучше всего, когда его длина - четверть волны. Положите рядом с 7-сантиметровым стержнем линейку в 27,5 см и покажите, что стержень - четверть от неё. Старшая группа может измерить и проверить. Квадрат фольги под ним - зеркало, которое довершает ухо, и вполне можно так и сказать и на этом остановиться.

Для высоты выйдите на улицу и возьмите вопрос с собой: почему антенны высоко? Поставьте ребёнка в одном конце площадки сначала на корточки, потом стоя, потом на скамейку и спросите, что он видит в дальнем конце каждый раз; что-то скрытое за низкой стенкой или припаркованной машиной появляется по мере того, как он поднимается. Потом совершите прыжок к Земле: сама земля изогнута, как верхушка огромного шара, и всё, что достаточно далеко, скрыто за этим изгибом, как корпус корабля, ушедшего за горизонт, пока его мачта ещё видна. Антенна на крыше стоит на скамейке. Самолёт высоко в небе - корабль с очень высокой мачтой. Нарисуйте это на доске: круг с палочкой на нём и прямая, касающаяся круга: всё, что выше линии, слышно, всё, что ниже, - за Землёй. Девяти-одиннадцатилетним можно затем дать настоящие цифры и попросить сравнить их с известными им расстояниями: 400 км - это дальше, чем от Брюсселя до Парижа и обратно; 50 км - примерно ширина провинции.

Если есть время, небольшая демонстрация ослабления с расстоянием заслуживает места: фонарик в дальнем конце тёмного зала слабо освещает лист бумаги; поднесённый на половину расстояния, он освещает тот же лист заметно больше, чем вдвое ярче, потому что луч

распределился по меньшей площади. Старшим детям можно сказать правило - половина расстояния означает вчетверо большую яркость - и связь: радиосигнал самолёта рассеивается так же, поэтому для далёких самолётов нужен чувствительный приёмник.

В чём дети ошибаются и что говорить

Дети часто думают, что антенна побольше должна быть лучше, как ухо побольше. Для этой волны это не так: важен правильный размер, а правильный размер мал. Они также думают, что антенны высоко, «чтобы быть ближе к самолётам»; расстояние вверх ничтожно по сравнению с расстоянием вдаль, а настоящая причина - изгиб Земли, и это более интересный ответ. Наконец, здесь снова возвращается путаница со звуком в виде «антенна слышит шум самолёта». Поправляйте каждый раз: антенна ловит невидимый свет, а не звук, и точно так же поймала бы его от самолёта, который вообще не издаёт шума.

УРОК 4

Карта: как много ушей складывают одну картину

Наука, которая нужна вам

Одна антенна со своим приёмником декодирует сообщения, которые может услышать, и потому знает положение, высоту и принадлежность каждого говорящего самолёта в пределах своего горизонта - примерно круга в несколько сотен километров для высокого трафика и гораздо меньшего для низкого. Чтобы увидеть целую страну, нужно много таких приёмников, расставленных так, чтобы их круги перекрывались, и каждый отправляет то, что слышит, через интернет в центральный компьютер. Этот компьютер делает две работы. Он объединяет: высокий самолёт обычно слышат десять-двадцать приёмников сразу, и одно и то же сообщение, приходящее от всех них, нужно распознать как один самолёт, а не двадцать. И он проверяет: если один приёмник сообщает положение, с которым не согласен каждый соседний приёмник, это сообщение - скорее всего, ошибка декодирования, и его откладывают. Результат - карта в реальном времени, обновляемая каждую секунду, целиком построенная из того, что сказали самолёты и услышали антенны. Авиадиспетчеры видят похожую картину с добавлением радара как независимого второго мнения, ведь система, зависящая от того, что самолёт говорит правду, в нём нуждается.

Карта показывает только те самолёты, которые говорят. Почти все авиалайнеры говорят; многие маленькие частные самолёты, планеры и воздушные шары не обязаны, а военные самолёты часто предпочитают молчать. Так что карта честная, но не полная, и ребёнку стоит узнать это о любой карте - и это естественный способ закончить курс вопросом, а не точкой.

Как это преподавать

Вернитесь к сетке на полу из урока 1, но теперь вышки не могут слышать всё. Поставьте три-четыре «антенны» (детей с бумажными сетками) по углам комнаты и скажите каждой, что она слышит только самолёты в своей половине или четверти сетки; самолёты объявляют, как прежде. Потом попросите антенны принести свои листы и положить их рядом. На объединённой картине есть каждый самолёт; на каждом отдельном листе - только некоторые. Некоторые самолёты

появляются на двух листах, и класс должен согласиться, что это один и тот же самолёт, а не два. Это вся работа по объединению, выполненная десятилетними за пять минут, и она закрепляет мысль, что карта - пазл из многих слушателей.

Потом сделайте это настоящим. Выведите на проектор карту в реальном времени, приближенную к школе, и дайте каждой группе один самолёт, за которым следить десять минут: его позывной, высоту, скорость, откуда он летит и куда. Пусть они заполнят на него карточку и приколют её к настенной карте региона в том месте, где он был, когда они видели его в последний раз. Пока они работают, свяжите то, что они видят, с цепочкой курса, фраза за фразой: этот самолёт говорит дважды в секунду; его сообщение едет на невидимом свете; антенна на чьей-то крыше в пределах 400 км его поймала; эта антенна отправила сообщение компьютеру, который рисует эту карту; и поэтому вы можете прочитать его высоту на экране. Попросите класс пересказать вам цепочку своими словами; это и есть оценивание, и большинство класса к этому моменту должно с ним справляться.

Закончите двумя вопросами. Что случится, если самолёт перестанет говорить? Он исчезнет с карты, хотя у диспетчеров останется радар. И все ли самолёты в небе есть на карте? Нет, и обсуждение того, каких не хватает и почему кто-то может не хотеть, чтобы его видели, - хорошее место, где можно оставить класс, понявший, что карта состоит из измерений и полна ровно настолько, насколько полны её слушатели.

В чём дети ошибаются и что говорить

Мысль о том, что «карту делают спутники», возвращается здесь с большим упорством, потому что карта на экране, экраны берутся из интернета, а интернет, в представлении детей, приходит из космоса. Разберите её мягко: спутники лишь сообщают самолёту время; самолёт вычисляет, где он; самолёт говорит об этом; антенны на крышах слышат; компьютер рисует. Каждый шаг, кроме первого, происходит на земле, и карта работала бы точно так же, если бы спутники заменили чем угодно другим, что позволяло бы самолёту найти себя.

Оценивание: могут ли они рассказать историю?

У курса один учебный результат с четырьмя звеньями, и оценивание - просто проверка того, может ли ребёнок рассказать цепочку по порядку и с причинами. Попросите каждого ребёнка или каждую группу объяснить, как самолёт попадает на карту, и слушайте четыре звена: самолёт знает, где он, и говорит об этом снова и снова, хотя его не спрашивают; сообщение летит в виде радиоволны, которая есть свет, невидимый нашим глазам, и ничуть не похожа на звук; антенна, настроенное металлическое ухо, ловит её, но только от самолётов выше изгиба Земли; и много антенн вместе, делясь тем, что слышат, составляют карту. Шести-восьмилетний, рассказавший это как историю с четырьмя шагами в правильном порядке, достиг результата. Девяти-одиннадцатилетний должен ещё и назвать причину на каждом шаге: почему дважды в секунду, почему свет, а не звук, почему 7 см и почему высоко, почему много антенн, а не одна.

Страница для ученика заканчивается короткой викториной, которую класс может пройти на планшете или поднятием рук; вот ответы с рассуждениями, которых вам стоит ожидать. Самолёт посылает сообщение примерно дважды в секунду, потому что за минуту он сместился бы на 15 км,

и карта была бы бесполезна. В сообщении нет имён пассажиров, только опознавательный код самолёта, его положение, высота и скорость. Радиоволна - это свет, которого наши глаза не видят, а не звук, потому что ей не нужен воздух и она движется почти в миллион раз быстрее. Антенну ставят на крышу, чтобы её прямая линия видимости дотягивалась дальше за изгиб Земли, а не чтобы быть ближе к самолётам. А карте нужно много антенн, потому что каждая слышит лишь круг неба в несколько сотен километров.

Школа, которая хотела бы разместить на своей крыше небольшой приёмник, чтобы её собственный кусочек неба появился на карте в реальном времени, а урок 4 закончился собственной антенной класса, найдёт всё необходимое на странице «Стать фидером».

ДАЛЬШЕ

Приёмник на крыше школы

Четыре урока естественно заканчиваются приёмником, который принадлежит школе. Практикум - полное руководство: детали и их цена (100-150 евро или уже имеющийся Raspberry Pi), какую антенну выбрать и где её разместить, как подготовить компьютер и установить фидер Dataero и какие измерения класс может делать с ним в течение года. Школьная станция появляется на публичной карте под названием школы, а её панель каждый день в году отвечает на вопрос «что это за самолёт?».

Открыть практикум <https://radar.dataero.eu/ru/learning/workshop>