USIA 6 SAMPAI 11 TAHUN - UNTUK GURU

Pesawat yang bisa berbicara: kursus sains sekolah dasar dalam empat pelajaran

Inilah kursus sebagaimana perlu diketahui guru: sainsnya dijelaskan satu tingkat lebih dalam daripada yang akan didengar kelas, urutan penyampaian gagasan-gagasannya, apa yang dikatakan kepada anak berusia enam tahun dan apa yang ditambahkan untuk anak berusia sepuluh tahun, peragaan yang membawa setiap gagasan dan mengapa peragaan itu berhasil, serta gagasan keliru yang dibawa anak-anak. Empat pelajaran masing-masing sekitar 50 menit, biasanya dibagi selama dua minggu.

Belajar - https://radar.dataero.eu/id/learning/ages-6-11 2026-11-21

DAFTAR ISI

Sebelum Anda mulai: apa yang diajarkan kursus ini dan mengapa layak diberi empat pelajaran
PELAJARAN 1 Langit yang sibuk dan pesawat yang berbicara
PELAJARAN 2 Cahaya tak terlihat: apa yang membawa pesan
PELAJARAN 3 Telinga logam dan Bumi yang bulat: bagaimana pesan ditangkap, dan dari seberapa jauh
PELAJARAN 4 Peta: bagaimana banyak telinga membentuk satu gambar
Penilaian: dapatkah mereka menceritakan kisahnya?
SELANJUTNYA Penerima di atap sekolah

Sebelum Anda mulai: apa yang diajarkan kursus ini dan mengapa layak diberi empat pelajaran

Setiap pesawat penumpang di langit Eropa menyiarkan, sekitar dua kali per detik, pesan radio singkat yang berisi identitasnya, posisinya, ketinggiannya, dan kecepatannya. Sistem ini disebut ADS-B, dan sejak 2020 sistem ini wajib bagi sebagian besar pesawat. Pengatur lalu lintas udara mengandalkannya; demikian pula peta penerbangan langsung di ponsel mana pun. Untuk kelas sekolah dasar, ini topik yang hampir sempurna, karena topik ini menghubungkan hal-hal yang sudah membuat anak-anak penasaran, yaitu pesawat yang mereka lihat dan dengar, dengan fisika yang diminta kurikulum untuk Anda ajarkan: bahwa cahaya dan bunyi adalah jenis hal yang berbeda, bahwa cahaya merambat lurus, bahwa gelombang memiliki panjang, bahwa Bumi berbentuk bola dan hal ini memiliki akibat yang dapat terlihat, bahwa informasi dapat dikodekan dan dikirim, dan bahwa peta dibuat dari pengukuran. Topiknya nyata dan terkini; tidak ada satu pun di dalamnya yang berupa model mainan.

Kursus ini mengikuti logika sistem itu sendiri, karena logika itu juga merupakan urutan pengajaran yang tepat. Pertama, kelas harus memahami bahwa langit penuh dengan lalu lintas yang cepat dan tak terlihat, yang harus dipantau oleh seseorang. Lalu bahwa setiap pesawat tahu di mana ia berada dan mengatakannya, berulang-ulang, dalam pesan yang terdiri atas empat bagian. Lalu bahwa pesan itu merambat sebagai gelombang radio, dan bahwa gelombang radio adalah salah satu bentuk cahaya. Lalu bahwa antena menangkapnya, dan bahwa Bumi yang bulat membatasi seberapa jauh. Terakhir, bahwa

banyak antena bersama-sama membangun peta. Setiap pelajaran menambahkan satu mata rantai, dan rangkaian itulah yang Anda nilai di akhir: dapatkah seorang anak menceritakan kisahnya dari pesawat sampai peta, secara berurutan, dengan alasan yang tepat?

Anda tidak memerlukan latar belakang di bidang penerbangan atau radio. Setiap pelajaran di bawah ini dibuka dengan sains yang perlu Anda pahami, satu tingkat lebih dalam daripada yang akan dibahas di kelas, agar Anda dapat menjawab pertanyaan di balik pertanyaan. Jika Anda menginginkan penjelasan lengkap untuk orang dewasa, kursus rujukan di halaman beranda memiliki dua belas bab; yang paling penting untuk kelompok usia ini adalah bab 3, 6, dan 7. Dua hal harus selalu diingat dengan jelas, karena di dua tempat inilah orang dewasa paling sering mengajarkan sesuatu yang salah. Radio bukan bunyi; radio adalah cahaya dengan warna yang tidak dapat dilihat mata kita, dan perbedaan ini adalah inti pelajaran 2. Dan dalam sistem ini, pesawat tidak "terlihat oleh satelit" atau "ditemukan oleh radar": pesawat menentukan posisinya sendiri dengan mendengarkan satelit, lalu mengumumkannya. Tidak ada yang menemukan pesawat. Pesawatlah yang memberi tahu.

Tentang diferensiasi: kursus ini ditulis untuk seluruh rentang usia 6 hingga 11 tahun, dan teks setiap pelajaran menyebutkan di mana kelompok yang lebih muda dan yang lebih tua mulai berbeda jalan. Secara umum, kelas anak berusia enam hingga delapan tahun sebaiknya mendapatkan kisahnya, permainan perannya, talinya, dan petanya, dan setelah selesai mampu mengatakan "pesawat mengirim pesan melalui gelombang, antena menangkapnya, dan itulah yang membentuk peta". Kelas anak berusia sembilan hingga sebelas tahun dapat menerima angka-angkanya (dua kali per detik, 300 000 kilometer per detik, gelombang 27 sentimeter, cakrawala 400 kilometer), gagasan bahwa pesan terdiri atas jawaban ya-atau-tidak, dan penalaran tentang cakrawala, dan setelah selesai mampu menjelaskan mengapa setiap langkah diperlukan.

PELAJARAN 1

Langit yang sibuk dan pesawat yang berbicara

Sains yang perlu Anda ketahui

Pesawat penumpang pada ketinggian jelajah berada sekitar sepuluh kilometer di atas dan bergerak dengan kecepatan kira-kira 900 km/jam, yaitu 250 meter setiap detik. Pada ketinggian itu, pesawat sulit dilihat dan mustahil diperkirakan: anak yang melihat kilauan atau jejak uap tidak punya cara untuk mengetahui seberapa jauh pesawat itu, seberapa tinggi, atau ke mana tujuannya, begitu pula pilot yang melihat pesawat lain. Di atas sebuah kota di Belgia hampir selalu ada beberapa pesawat di langit sekaligus, kebanyakan melintas di ketinggian dalam perjalanan antara negara-negara lain. Untuk menjaga agar pesawat-pesawat itu tetap berjauhan, pengatur lalu lintas udara memerlukan posisi, ketinggian, dan arah setiap pesawat secara terus-menerus. Aturan pemisahannya sederhana: di ruang udara yang dikelola pengatur lalu lintas udara, pesawat harus berjarak setidaknya 300 meter secara vertikal atau beberapa kilometer secara horizontal.

Selama sebagian besar abad lalu, cara untuk mengetahui posisi pesawat adalah radar: antena besar yang berputar, mengirimkan denyut radio, dan mendengarkan gema yang lemah. Radar masih ada, tetapi sistem yang dibahas kursus ini membalik masalahnya. Setiap pesawat modern membawa penerima navigasi satelit, teknologi yang sama dengan peta di mobil atau ponsel, sehingga pesawat selalu tahu posisinya sendiri dengan ketelitian beberapa meter. Pesawat juga membawa radio kecil yang disebut

transponder. ADS-B hanya menggabungkan keduanya: sekitar dua kali per detik, transponder mengirimkan pesan singkat yang berisi identitas pesawat, posisinya dari satelit, ketinggiannya, serta kecepatan dan arahnya. Pesan itu terkirim secara otomatis, tanpa ada yang memintanya dan tanpa penerima tertentu: pesan itu adalah siaran, seperti stasiun radio, dan siapa pun yang memiliki penerima yang tepat dapat mendengarnya. Itulah arti huruf-hurufnya: Automatic (tidak ada yang memicunya), Dependent (kebenarannya bergantung pada peralatan pesawat itu sendiri), Surveillance (tujuannya adalah mengetahui di mana pesawat berada), Broadcast (dikirim kepada semua orang).

Pesan itu sendiri bersifat digital. Transponder tidak dapat mengirim huruf atau angka secara langsung; transponder hanya dapat mengirim denyut atau tanpa denyut, sehingga pesannya berupa untaian 112 jawaban ya-atau-tidak, masing-masing berlangsung sepersejuta detik, yang artinya telah disepakati semua pihak sebelumnya. Kelompok pertama, sepanjang 24 jawaban, adalah kode identitas tetap pesawat, yang diberikan saat pesawat didaftarkan, agak mirip pelat nomor yang tidak pernah berubah. Sisanya membawa posisi, ketinggian, kecepatan, atau tanda panggil penerbangan, tergantung jenis pesannya. 24 jawaban terakhir adalah pemeriksa: pendengar melakukan perhitungan tetap pada pesan dan membandingkan hasilnya dengan pemeriksa itu, dan jika keduanya tidak cocok, ada yang rusak di perjalanan dan pesan itu dibuang. Hal ini penting, karena di atas bandara yang sibuk banyak pesawat berbicara sekaligus dan pesan-pesan mereka kadang bertumpang tindih. Ketinggian dalam pesan tidak diukur dengan satelit, melainkan dari tekanan udara di luar pesawat, yang turun secara teratur ketika pesawat naik; inilah alasan yang sama mengapa telinga Anda terasa berdengung di dalam lift atau terowongan gunung, dan anak-anak yang lebih besar senang dengan hubungan ini.

Cara mengajarkannya

Mulailah dari langit, bukan dari sistemnya. Tanyakan siapa yang melihat pesawat minggu ini, di mana, menurut mereka seberapa tinggi, dan bagaimana mungkin seorang pilot tahu di mana ia berada tanpa jalan. Biarkan tebakan mengalir; "pilotnya melihat ke luar jendela" dan "ada petanya" pasti akan muncul, dan keduanya setengah benar. Lalu tampilkan peta langsung di proyektor, diperbesar ke kota Anda, dan hitunglah pesawatnya bersama-sama. Selisih antara apa yang diharapkan kelas dan apa yang ditunjukkan peta adalah kail bagi seluruh kursus, dan layak untuk dibahas agak lama: setiap simbol itu adalah pesawat yang sedang berbicara saat ini.

Sekarang ceritakan kisah utamanya dalam satu tarikan napas, karena anak-anak lebih mudah mengingat cerita daripada definisi: pesawat selalu tahu di mana ia berada, karena ia mendengarkan satelit jauh di atasnya; dan dua kali setiap detik ia berseru, kepada siapa saja, "inilah aku, di sinilah aku, setinggi inilah aku, secepat inilah aku". Tidak ada yang memintanya. Ia tidak pernah berhenti. Dan setiap orang yang memiliki telinga yang tepat dapat mendengarnya. Untuk anak berusia enam hingga delapan tahun, kalimat itu, diulang lalu diperankan, adalah pelajarannya. Untuk anak berusia sembilan hingga sebelas tahun, melangkahlah lebih jauh dan jelaskan bahwa seruan itu terdiri atas jawaban ya-atau-tidak, bahwa 24 di antaranya mengeja nama pesawat, dan biarkan mereka menemukan (dengan bantuan) bahwa 24 jawaban ya-atau-tidak menghasilkan sekitar 17 juta nama yang berbeda, lebih dari cukup untuk setiap pesawat yang pernah dibuat. Pokok yang harus tertanam adalah bahwa pesawat tidak "diawasi": pesawatlah yang memberi tahu. Katakan dengan dua cara, "tidak ada yang menemukan pesawat, pesawatlah yang mengumumkan dirinya", karena gagasan sebaliknya sudah mengakar kuat dan akan muncul lagi di pelajaran 4.

Peragaannya adalah permainan menara pengawas, dan inilah setengah jam paling berharga dalam kursus ini. Tempelkan selotip membentuk kotak-kotak di lantai, lima kali lima, dengan huruf di satu sisi dan angka di sisi lainnya. Separuh kelas menjadi pesawat; masing-masing memegang kartu berisi tanda panggil, ketinggian, dan kecepatan. Mereka berjalan perlahan melintasi kotak-kotak itu, dan setiap beberapa langkah masing-masing mengumumkan pesannya dengan lantang: "DTA12, kotak C3, sepuluh ribu meter, cepat". Separuh lainnya menjadi menara pengawas, masing-masing memegang salinan kotak-kotak di kertas, dan mereka harus menggambar setiap pesawat di tempat yang disebutkannya. Lalu bertukar peran. Kemudian, dan bagian inilah yang mengajarkan, jalankan lagi dengan pesawat hanya boleh berbicara sekali per menit. Gambar menara menjadi berantakan; pesawat sudah pindah kotak sebelum ada yang tahu. Tanyakan kepada kelas mengapa pesawat sungguhan berbicara dua kali per detik, dan mereka akan menjawabnya sendiri.

Untuk kelompok yang lebih besar, tambahkan variasi kedua: dua pesawat mengumumkan pesan pada saat yang persis sama, dan menara harus mencatat apa yang didengarnya. Yang terdengar adalah campur aduk. Jelaskan bahwa inilah sebabnya pesan sungguhan memiliki pemeriksa di ujungnya: pesan yang campur aduk gagal dalam pemeriksaan dan dibuang, dan lagi pula pesawat mengulanginya setengah detik kemudian. Anak-anak yang pernah menjadi menara langsung memahami mengapa pengulangan dan pemeriksaan sama-sama diperlukan.

Apa yang sering keliru dipahami anak, dan apa yang perlu dikatakan

Gagasan keliru yang paling umum adalah bahwa satelit melihat ke bawah dan melihat pesawat, atau bahwa radar menemukannya. Gambaran yang benar adalah bahwa pesawat mendengarkan satelit untuk menemukan dirinya sendiri, lalu berbicara. Cara yang berguna untuk menyatakannya: satelit itu seperti lonceng gereja yang berdentang setiap jam; lonceng itu memberi tahu waktu kepada semua orang, tetapi tidak tahu siapa yang mendengarkan. Gagasan keliru kedua adalah bahwa pilotlah yang mengirim pesan. Tidak ada yang mengirimnya; transponder mengirimkannya sendiri sejak pesawat mulai bergerak. Yang ketiga adalah bahwa pesan dikirim ke "bandara". Pesan dikirim kepada semua orang: pesawat lain juga mendengarkan dan menggunakannya untuk saling menjaga jarak, begitu pula antena mana pun di atap mana pun, dan di situlah pelajaran 4 akan berakhir.

PELAJARAN 2

Cahaya tak terlihat: apa yang membawa pesan

Sains yang perlu Anda ketahui

Pesan meninggalkan pesawat sebagai gelombang radio, dan satu gagasan yang harus ditanamkan pelajaran ini, karena seluruh fisika di jenjang sekolah menengah dibangun di atasnya, adalah bahwa gelombang radio dan seberkas cahaya adalah jenis hal yang sama. Keduanya adalah gelombang elektromagnetik: riak gaya listrik dan magnet yang merambat melalui ruang, tanpa memerlukan udara atau bahan apa pun untuk membawanya, dengan kecepatan cahaya, yaitu hampir tepat 300 000 kilometer setiap detik. Yang membuat satu riak menjadi cahaya merah, yang lain biru, yang lain lagi gelombang radio, hanyalah seberapa cepat riak itu berosilasi, yaitu frekuensinya. Mata kita peka terhadap rentang frekuensi yang sempit, yang kita alami sebagai warna dari merah hingga ungu. Radio berosilasi jauh lebih lambat, sehingga mata tidak dapat melihatnya, persis seperti telinga tidak dapat

mendengar peluit anjing. Pesan pesawat dikirim pada frekuensi 1 090 juta osilasi per detik, yang sangat cepat menurut ukuran manusia dan sangat lambat menurut ukuran cahaya: cahaya hijau berosilasi sekitar setengah juta kali lebih cepat.

Karena setiap gelombang elektromagnetik merambat dengan kecepatan yang sama, frekuensi menentukan panjang gelombang, yaitu jarak dari satu puncak ke puncak berikutnya: dalam satu detik gelombang menempuh 300 000 km dan menyelesaikan f osilasi, sehingga setiap osilasi menempati 300 000 km dibagi f. Untuk gelombang pesawat, hasilnya 27,5 sentimeter, kira-kira sepanjang penggaris sekolah. Untuk cahaya hijau, sekitar setengah perseribu milimeter. Untuk stasiun radio FM, tiga meter. Angka itu, 27,5 cm, akan ditemui kelas lagi di pelajaran 3, karena angka itulah yang menentukan ukuran antena.

Kebingungan yang harus Anda cegah adalah antara radio dan bunyi, dan ada gunanya memahami mengapa kebingungan ini begitu umum. Dalam percakapan sehari-hari, "radio" adalah kotak yang mengeluarkan bunyi, sehingga anak-anak (dan banyak orang dewasa) mengira gelombang radio adalah sejenis bunyi yang merambat melalui udara. Keduanya sama sekali tidak berhubungan. Bunyi adalah gelombang tekanan: molekul udara menumbuk tetangganya, yang menumbuk tetangganya lagi. Bunyi memerlukan bahan untuk merambat, bergerak dengan kecepatan sekitar 340 meter per detik, dan di ruang hampa tidak ada bunyi. Radio tidak memerlukan apa pun dan melintasi ruang kosong di antara satelit dan pesawat; radio merambat hampir sejuta kali lebih cepat daripada bunyi. Jika pesawat yang berjarak 20 km mengeluarkan suara dan mengirim pesan pada saat yang sama, pesannya sampai kepada Anda dalam sekitar 67 sepersejuta detik dan suaranya sekitar satu menit kemudian. Anak-anak mengenal keterlambatan ini dari guntur dan dari melihat bola yang ditendang di kejauhan, dan pengetahuan itu adalah sekutu terbaik Anda.

Cara mengajarkannya

Mulailah dari apa yang mereka ketahui: hal-hal yang ada tetapi tidak dapat kita lihat atau dengar. Peluit anjing, cara lebah melihat bunga, remote control yang "mengirim sesuatu" ke televisi, Wi-Fi di gedung. Lalu nyatakan klaimnya dengan lugas: pesan pesawat menumpang pada sejenis cahaya yang tidak dapat dilihat mata kita, dan senter dan radio pesawat adalah saudara sepupu. Nyalakan senter dan tanyakan di mana cahayanya: di mana-mana di ruangan, sekaligus, tanpa keterlambatan yang dapat dirasakan siapa pun. Lalu kalimat kunci untuk kelompok yang lebih muda: radio adalah warna yang tidak dapat dilihat mata kita, dan radio sedang melewati ruangan ini saat ini, dari setiap pesawat dalam jarak 400 kilometer, dan kita sama sekali tidak dapat merasakannya. Banyak anak merasa hal ini agak mendebarkan, dan itu benar.

Peragaan tali memberi wujud pada gagasan gelombang. Berpasangan, satu anak memegang tali agar diam dan yang lain menggoyangkan ujung yang bebas. Goyangan lambat menghasilkan beberapa gelombang yang panjang dan malas di sepanjang tali; goyangan cepat menghasilkan banyak gelombang pendek. Mintalah mereka mengukur jarak antarpuncak dengan meteran dalam setiap kasus dan memperhatikan aturannya: makin cepat Anda menggoyangkan, makin pendek gelombangnya. Ini bukan analogi yang longgar, melainkan hubungan yang sebenarnya, karena kecepatan gelombang di sepanjang tali ditentukan oleh talinya, sehingga frekuensi dan panjang gelombang saling mengimbangi persis seperti pada cahaya. Katakan kepada kelas bahwa gelombang pesawat termasuk jenis yang panjang dan malas dibandingkan dengan cahaya, dan bahwa dari puncak ke puncak panjangnya sama dengan sebuah

penggaris. Letakkan penggaris di lantai di samping gelombang tali dan biarkan mereka melihatnya. Untuk kelompok yang lebih besar, tuliskan aturannya: kecepatan = frekuensi dikali panjang gelombang, dan biarkan mereka memeriksanya pada tali dengan menghitung goyangan per detik dan mengukur dari puncak ke puncak. Lalu berikan angka-angka pesawat dan biarkan mereka melihat bahwa 300 000 km per detik dibagi 1 090 juta per detik adalah 27,5 cm; mereka tidak akan melakukan pembagian itu tanpa bantuan, tetapi mereka dapat mengikutinya di papan tulis, dan itu membuat angka tersebut menjadi milik mereka.

Untuk memisahkan radio dari bunyi, adakan lomba pembawa pesan tercepat. Sebaris anak meneruskan sebuah kata yang dibisikkan dari satu ujung aula ke ujung lainnya; catat waktunya. Lalu kedipkan senter dari satu ujung dan mintalah anak di ujung yang jauh mengangkat tangan; tidak ada keterlambatan yang dapat diukur. Diskusikan alasannya: bunyi harus diteruskan dari satu bagian udara ke bagian berikutnya, seperti bisikan dari anak ke anak, dan itu memerlukan waktu; cahaya tidak memerlukan siapa pun untuk meneruskannya. Lalu, dan inilah saatnya untuk berbicara secara eksplisit, katakan bahwa pesan radio pesawat itu seperti senter, bukan seperti bisikan, dan bahwa suara mesin pesawat yang Anda dengar itu seperti bisikan, tiba lama setelah pesawat bergerak menjauh. Kelompok yang lebih besar dapat diberi angkanya, 340 meter per detik dibandingkan 300 000 kilometer per detik, dan ditanya berapa kali lebih cepat cahaya; jawabannya, hampir sejuta, sangat memuaskan.

Apa yang sering keliru dipahami anak, dan apa yang perlu dikatakan

Kebingungan tentang bunyi sudah dibahas di atas dan perlu diulang di pelajaran 3 dan pelajaran 4; bersiaplah bahwa "antena mendengar pesawat" akan bergeser kembali menjadi "antena mendengar suaranya". Kebingungan kedua adalah bahwa gelombang radio ada "di udara" seperti bau, melayang-layang; gelombang radio sama sekali tidak dibawa oleh udara dan akan merambat sama baiknya melalui ruang hampa. Yang ketiga, dari kelompok yang lebih besar, adalah anggapan bahwa goyangan yang lebih cepat membuat gelombang merambat lebih cepat; tidak demikian, goyangan yang lebih cepat membuat gelombang lebih pendek, dan tali menunjukkan hal ini jika Anda membiarkan mereka mengamati satu puncak yang merambat. Terakhir, jika seorang anak bertanya mengapa kita tidak dapat melihat radio padahal radio adalah cahaya, jawaban yang jujur adalah bahwa mata kita dibuat untuk warna-warna yang paling banyak dipancarkan matahari dan paling mudah menembus udara; radio sudah ada sejak dulu, dan kita baru menyadarinya ketika kita membuat mata logam untuknya, yang menjadi pokok pelajaran 3.

PELAJARAN 3

Telinga logam dan Bumi yang bulat: bagaimana pesan ditangkap, dan dari seberapa jauh

Sains yang perlu Anda ketahui

Gelombang radio yang melewati sepotong logam mendorong elektron-elektron di dalam logam bolak-balik seirama dengan osilasinya. Arus bolak-balik yang sangat kecil itulah "pendengarannya"; penerima yang terhubung ke logam itu menguatkannya dan membaca denyut-denyutnya. Dorongan itu paling kuat ketika potongan logam memiliki panjang yang pas untuk gelombangnya: batang sepanjang seperempat panjang gelombang, yang berdiri di atas permukaan logam yang datar, menanggapi gelombang seperti ayunan menanggapi dorongan yang seirama dengan ritmenya sendiri. Untuk gelombang pesawat yang

panjangnya 27,5 cm, seperempatnya adalah 6,9 cm, dan itulah sebabnya antena ADS-B sungguhan, di pesawat maupun di darat, berupa batang pendek yang tingginya hanya beberapa sentimeter. Antena adalah telinga yang disetel. Kawat dengan panjang yang jauh berbeda tetap menangkap sesuatu, tetapi jauh lebih sedikit, dan kelas dapat diberi tahu dengan jujur bahwa model yang akan mereka buat berukuran pas untuk antena sungguhan.

Dari seberapa jauh telinga itu dapat mendengar? Ada dua hal yang membatasinya. Sinyal melemah seiring jarak, karena pemancar pesawat menyebarkan energinya ke segala arah dan bagian yang mencapai antena kecil makin mengecil seiring bertambahnya jarak: dua kali lebih jauh, seperempat lebih sedikit. Tetapi sebelum lemahnya sinyal menjadi masalah, geometrilah yang lebih dulu menjadi masalah. Karena radio adalah cahaya, radio merambat lurus, dan karena Bumi adalah bola, garis lurus dari antena di atap segera menabrak tanah. Pesawat hanya dapat didengar selama ada garis lurus tanpa halangan antara pesawat dan antena. Makin tinggi pesawat, makin jauh garis itu dapat menjangkau sebelum terhalang Bumi, dan makin tinggi antena, makin jauh lagi. Perhitungannya (jarak ke cakrawala dalam kilometer kira-kira empat kali akar kuadrat ketinggian dalam meter) adalah untuk kursus sekolah menengah; untuk kursus Anda, hasilnya sudah cukup: pesawat yang berada sepuluh kilometer di atas dapat didengar dari atap pada jarak lebih dari 400 km, lebih jauh daripada Brussel ke Paris pulang-pergi, sedangkan pesawat yang baru lepas landas pada jarak 50 km mungkin sama sekali tersembunyi di balik lengkungan Bumi. Inilah sebabnya antena dipasang di atap, tiang, dan bukit, dan mengapa antena yang sama mendengar pesawat yang tinggi dari jauh dan pesawat yang rendah hanya ketika dekat.

Cara mengajarkannya

Bukalah dengan pertanyaan yang ditinggalkan pelajaran 2: jika radio adalah cahaya yang tidak dapat kita lihat, apa yang dapat melihatnya? Jawabannya adalah telinga logam, yaitu antena, dan hal pertama yang perlu dilakukan adalah mencari beberapa antena. Kotak Wi-Fi memiliki batang-batang atau menyembunyikannya di dalam; mobil di luar memiliki sirip di atapnya; setiap ponsel memiliki antena yang tersembunyi di sepanjang tepinya; atap sekolah mungkin memiliki beberapa. Suruhlah kelas mencarinya, atau pergilah sendiri dengan membawa foto, dan buatlah daftarnya. Tanyakan apa kesamaannya: semuanya terbuat dari logam, berbentuk dan berukuran tertentu, dan sangat sering berada di tempat tinggi. Kedua pengamatan itulah pelajarannya, dan Anda dapat berjanji untuk menjelaskan masing-masing.

Untuk ukurannya, buatlah model antena. Setiap anak memotong strip karton sepanjang 7 cm dan selebar sekitar satu sentimeter, membungkusnya dengan aluminium foil, dan mendirikannya tegak di tengah persegi karton yang juga dilapisi foil. Jujurlah tentang apa model itu: bentuk dan ukurannya pas untuk gelombang pesawat, dan penerima sungguhan menggunakan bentuk yang persis seperti ini, tetapi model itu sendiri tidak dapat menguraikan apa pun, karena menangkap gelombang hanyalah langkah pertama dan pembacaan denyut-denyutnya memerlukan radio dan komputer (yang dibuat dalam kursus sekolah menengah). Lalu jelaskan ukurannya dengan ayunan: ayunan naik paling tinggi jika Anda mendorongnya seirama dengan gerak maju-mundurnya sendiri, dan batang logam "berayun" paling baik, secara listrik, jika panjangnya seperempat gelombang. Letakkan penggaris 27,5 cm di samping batang 7 cm dan tunjukkan bahwa batang itu seperempatnya. Kelompok yang lebih besar dapat mengukur dan memeriksanya. Persegi foil di bawahnya adalah cermin yang melengkapi telinga itu, dan cukup Anda katakan begitu saja tanpa penjelasan lebih lanjut.

Untuk ketinggiannya, keluarlah dari kelas, dan bawalah pertanyaannya: mengapa antena berada di tempat tinggi? Minta seorang anak berdiri di satu ujung halaman sekolah sambil berjongkok, lalu berdiri, lalu naik ke bangku, dan tanyakan apa yang dapat ia lihat di ujung yang jauh setiap kali; sesuatu yang tersembunyi di balik tembok rendah atau mobil yang diparkir akan terlihat ketika ia naik. Lalu lompatlah ke Bumi: tanah itu sendiri melengkung, seperti puncak sebuah bola yang sangat besar, dan apa pun yang cukup jauh tersembunyi di balik lengkungan itu, seperti lambung kapal yang sudah berlayar melewati cakrawala sementara tiangnya masih terlihat. Antena di atap adalah orang yang berdiri di atas bangku. Pesawat yang tinggi adalah kapal dengan tiang yang sangat tinggi. Gambarkan di papan tulis sebagai lingkaran dengan sebatang tongkat di atasnya dan garis lurus yang menyinggung lingkaran: segala sesuatu di atas garis dapat didengar, segala sesuatu di bawahnya berada di balik Bumi. Anak berusia sembilan hingga sebelas tahun kemudian dapat diberi angka sebenarnya dan diminta membandingkannya dengan jarak yang mereka kenal: 400 km lebih jauh daripada Brussel ke Paris pulang-pergi; 50 km kira-kira selebar provinsi.

Jika ada waktu, peragaan kecil tentang melemahnya sinyal seiring jarak layak dilakukan: senter di ujung aula yang gelap menerangi selembar kertas dengan redup; jika didekatkan hingga setengah jarak, senter itu menerangi kertas yang sama jauh lebih dari dua kali lebih terang, karena berkas cahayanya tersebar di area yang lebih kecil. Anak-anak yang lebih besar dapat diberi tahu aturannya, setengah jarak berarti empat kali lebih terang, dan hubungannya: radio pesawat menyebar dengan cara yang sama, itulah sebabnya diperlukan penerima yang peka untuk pesawat yang jauh.

Apa yang sering keliru dipahami anak, dan apa yang perlu dikatakan

Anak-anak sering mengira antena yang lebih besar pasti lebih baik, seperti telinga yang lebih besar. Untuk gelombang ini tidak demikian: yang penting adalah ukuran yang pas, dan ukuran yang pas itu kecil. Mereka juga mengira antena dipasang tinggi "supaya lebih dekat ke pesawat"; jarak ke atas tidak berarti dibandingkan jarak mendatar, dan alasan yang sebenarnya adalah lengkungan Bumi, yang merupakan jawaban yang lebih menarik. Terakhir, kebingungan tentang bunyi muncul kembali di sini dalam bentuk "antena mendengar suara pesawat". Tanggapi setiap kali: antena menangkap cahaya yang tak terlihat, bukan bunyi, dan antena akan menangkapnya sama baiknya dari pesawat yang sama sekali tidak bersuara.

PELAJARAN 4

Peta: bagaimana banyak telinga membentuk satu gambar

Sains yang perlu Anda ketahui

Satu antena, beserta penerimanya, menguraikan pesan-pesan yang dapat didengarnya sehingga mengetahui posisi, ketinggian, dan identitas setiap pesawat yang sedang berbicara di dalam cakrawalanya, yaitu lingkaran kasar selebar beberapa ratus kilometer untuk lalu lintas yang tinggi dan jauh lebih kecil untuk yang rendah. Untuk melihat seluruh negara, diperlukan banyak penerima seperti itu, tersebar sehingga lingkaran-lingkarannya saling tumpang tindih, dan masing-masing mengirimkan apa yang didengarnya melalui internet ke komputer pusat. Komputer itu melakukan dua pekerjaan. Komputer itu menggabungkan: pesawat yang tinggi biasanya didengar oleh sepuluh atau dua puluh penerima sekaligus, dan pesan yang sama yang tiba dari semua penerima itu harus dikenali sebagai satu pesawat, bukan dua puluh. Dan komputer itu memeriksa: jika satu penerima melaporkan posisi yang

tidak disetujui oleh semua penerima di sekitarnya, laporan itu kemungkinan besar adalah kesalahan penguraian dan disisihkan. Hasilnya adalah peta langsung, diperbarui setiap detik, yang seluruhnya dibangun dari apa yang dikatakan pesawat dan didengar antena. Pengatur lalu lintas udara melihat gambar yang serupa, dengan radar ditambahkan sebagai pendapat kedua yang independen, karena sistem yang bergantung pada pesawat yang mengatakan kebenaran memerlukan pembanding seperti itu.

Peta hanya menunjukkan pesawat yang sedang berbicara. Hampir semua pesawat penumpang berbicara; banyak pesawat pribadi kecil, pesawat layang, dan balon udara tidak diwajibkan, dan pesawat militer sering memilih untuk tidak berbicara. Jadi peta itu jujur tetapi tidak lengkap, dan itu hal yang berharga untuk dipelajari anak tentang peta apa pun, serta cara yang wajar untuk mengakhiri kursus dengan pertanyaan, bukan dengan titik.

Cara mengajarkannya

Kembalilah ke kotak-kotak di lantai dari pelajaran 1, tetapi sekarang menara tidak dapat mendengar segalanya. Tempatkan tiga atau empat "antena" (anak-anak dengan kotak-kotak di kertas) di sudut-sudut ruangan dan katakan kepada masing-masing bahwa mereka hanya dapat mendengar pesawat di separuh atau seperempat kotak-kotak milik mereka sendiri; pesawat mengumumkan pesannya seperti sebelumnya. Lalu mintalah para antena membawa kertas mereka dan meletakkannya berdampingan. Gambar gabungannya memuat setiap pesawat; setiap kertas tunggal hanya memuat sebagian. Beberapa pesawat muncul di dua kertas, dan kelas harus sepakat bahwa itu pesawat yang sama, bukan dua. Itulah seluruh pekerjaan penggabungan, dikerjakan oleh anak berusia sepuluh tahun dalam lima menit, dan hal ini menanamkan gagasan bahwa peta adalah puzzle dari banyak pendengar.

Lalu jadikan nyata. Tampilkan peta langsung di proyektor, diperbesar ke sekolah, dan berikan setiap kelompok satu pesawat untuk diikuti selama sepuluh menit: tanda panggilnya, ketinggiannya, kecepatannya, dari mana asalnya dan ke mana tujuannya. Mintalah mereka mengisi kartu untuk pesawat itu dan menyematkan kartunya pada peta dinding wilayah di tempat pesawat itu berada saat terakhir mereka melihatnya. Selama mereka bekerja, hubungkan apa yang mereka lihat dengan rangkaian kursus, kalimat demi kalimat: pesawat itu sedang berbicara dua kali per detik; pesannya menumpang pada cahaya tak terlihat; antena di atap seseorang, dalam jarak 400 km, menangkapnya; antena itu mengirimkan pesan ke komputer yang menggambar peta ini; dan itulah sebabnya kalian dapat membaca ketinggiannya di layar. Mintalah kelas menceritakan kembali rangkaian itu kepada Anda dengan kata-kata mereka sendiri; inilah penilaiannya, dan sebagian besar kelas seharusnya sudah mampu melakukannya sekarang.

Tutuplah dengan dua pertanyaan. Apa yang akan terjadi jika sebuah pesawat berhenti berbicara? Pesawat itu akan menghilang dari peta, meskipun pengatur lalu lintas udara masih memiliki radar. Dan apakah semua pesawat di langit ada di peta? Tidak, dan diskusi tentang pesawat mana yang tidak ada, dan mengapa seseorang mungkin tidak ingin terlihat, adalah tempat yang baik untuk meninggalkan kelas yang sudah memahami bahwa peta dibuat dari pengukuran dan hanya selengkap para pendengarnya.

Apa yang sering keliru dipahami anak, dan apa yang perlu dikatakan

Gagasan bahwa "satelitlah yang membuat peta" muncul kembali di sini dengan sangat gigih, karena peta ada di layar, dan layar berasal dari internet, dan internet, dalam pikiran anak-anak, berasal dari luar angkasa. Uraikan dengan lembut: satelit hanya memberi tahu waktu kepada pesawat; pesawat menentukan di mana ia berada; pesawat mengatakannya; antena di atap-atap mendengarnya; komputer menggambarnya. Setiap langkah terjadi di darat kecuali yang pertama, dan peta akan bekerja sama baiknya jika satelit diganti dengan apa pun yang memungkinkan pesawat menemukan posisinya sendiri.

Penilaian: dapatkah mereka menceritakan kisahnya?

Kursus ini memiliki satu capaian pembelajaran dengan empat mata rantai, dan penilaiannya sederhana: apakah seorang anak dapat menceritakan rangkaian itu secara berurutan dengan alasannya. Mintalah setiap anak, atau setiap kelompok, menjelaskan bagaimana sebuah pesawat bisa muncul di peta, dan dengarkan keempat mata rantainya: pesawat tahu di mana ia berada dan mengatakannya, berulang-ulang, tanpa diminta; pesan merambat sebagai gelombang radio, yang merupakan cahaya yang tidak dapat dilihat mata kita dan sama sekali tidak mirip bunyi; antena, telinga logam yang disetel, menangkapnya, tetapi hanya dari pesawat yang berada di atas lengkungan Bumi; dan banyak antena bersama-sama, saling berbagi apa yang mereka dengar, membentuk peta. Anak berusia enam hingga delapan tahun yang menceritakannya sebagai kisah dengan empat langkah dalam urutan yang benar sudah mencapai capaian itu. Anak berusia sembilan hingga sebelas tahun seharusnya juga dapat memberikan alasan di setiap langkah: mengapa dua kali per detik, mengapa cahaya dan bukan bunyi, mengapa 7 cm dan mengapa tinggi, mengapa banyak antena dan bukan satu.

Halaman siswa diakhiri dengan kuis singkat yang dapat dikerjakan kelas di tablet atau dengan mengangkat tangan; jawabannya, beserta penalaran yang perlu Anda harapkan, adalah sebagai berikut. Pesawat mengirimkan pesannya sekitar dua kali setiap detik, karena dalam satu menit pesawat sudah bergerak 15 km dan peta menjadi tidak berguna. Pesan itu tidak memuat nama penumpang, hanya identitas pesawat, posisi, ketinggian, dan kecepatannya. Gelombang radio adalah cahaya yang tidak dapat dilihat mata kita, bukan bunyi, karena tidak memerlukan udara dan merambat hampir sejuta kali lebih cepat. Antena dipasang di atap agar garis pandang lurusnya menjangkau lebih jauh melewati lengkungan Bumi, bukan agar lebih dekat ke pesawat. Dan peta memerlukan banyak antena karena setiap antena hanya dapat mendengar lingkaran langit selebar beberapa ratus kilometer.

Sekolah yang ingin memasang penerima kecil di atapnya, agar petak langitnya sendiri muncul di peta langsung dan pelajaran 4 berakhir dengan antena milik kelas sendiri, akan menemukan semua yang diperlukan di halaman Jadi feeder.

SELANJUTNYA

Penerima di atap sekolah

Keempat pelajaran ini secara wajar berakhir dengan penerima milik sekolah. Lokakarya praktik adalah panduan lengkapnya: komponen dan harganya (100 hingga 150 euro, atau Raspberry Pi yang sudah ada), antena yang perlu dipilih dan di mana memasangnya, cara menyiapkan komputer dan memasang

feeder Dataero, serta pengukuran yang dapat dilakukan kelas dengannya selama setahun. Stasiun sekolah muncul di peta publik dengan nama sekolah, dan dasbornya menjawab 'pesawat apa itu?' setiap hari sepanjang tahun.

Buka lokakarya praktik `https://radar.dataero.eu/id/learning/workshop`