6-11 YAŞ - ÖĞRETMEN İÇİN

Konuşan uçaklar: dört derslik bir ilkokul fen kursu

Bu, kursun öğretmenin bilmesi gereken hâlidir: bilimin sınıfın duyacağından bir kademe daha derin açıklaması, fikirlerin hangi sırayla gelmesi gerektiği, altı yaşında ne söyleneceği ve on yaşında neyin ekleneceği, her fikri taşıyan gösterimler ve neden işe yaradıkları, ayrıca çocukların beraberinde getirdiği yanlış fikirler. Her biri yaklaşık 50 dakikalık dört ders; genellikle iki haftaya yayılır.

Öğren - https://radar.dataero.eu/tr/learning/ages-6-11 2026-11-21

İÇİNDEKİLER

Başlamadan önce: kurs neyi öğretiyor ve neden dört derse değer
1. DERS Kalabalık gökyüzü ve konuşan uçak
2. DERS Görünmez ışık: mesajı ne taşır
3. DERS Metal kulaklar ve yuvarlak Dünya: mesaj nasıl yakalanır ve ne kadar uzaktan
4. DERS Harita: birçok kulak tek bir resmi nasıl oluşturur
Değerlendirme: hikâyeyi anlatabiliyorlar mı?
SONRAKİ ADIM Okul çatısında bir alıcı

Başlamadan önce: kurs neyi öğretiyor ve neden dört derse değer

Avrupa göklerindeki her yolcu uçağı, saniyede yaklaşık iki kez, kimliğini, konumunu, irtifasını ve hızını bildiren kısa bir radyo mesajı yayınlar. Bu sistemin adı ADS-B'dir ve 2020'den bu yana çoğu hava aracı için zorunludur. Hava trafik kontrolörleri buna güvenir; her telefondaki canlı uçuş haritaları da öyle. İlkokul sınıfı için neredeyse kusursuz bir konudur, çünkü çocukların zaten merak ettiği şeyleri, gördükleri ve duydukları uçakları, müfredatın öğretmenizi istediği fizikle birleştirir: ışık ile sesin farklı türden şeyler olduğu, ışığın düz çizgiler hâlinde ilerlediği, dalgaların bir boyu olduğu, Dünya'nın bir küre olduğu ve bunun gözle görülür sonuçları bulunduğu, bilginin kodlanıp gönderilebileceği ve bir haritanın ölçümlerden oluştuğu. Konu gerçek ve günceldir; içinde oyuncak bir model yoktur.

Kurs, sistemin kendi mantığını izler, çünkü bu mantık aynı zamanda doğru öğretim sırasıdır. Önce sınıf, gökyüzünün birilerinin takip etmesi gereken hızlı ve görünmez bir trafikle dolu olduğunu kavramalıdır. Sonra her uçağın nerede olduğunu bildiğini ve bunu dört bölümlü bir mesajla tekrar tekrar söylediğini. Sonra mesajın bir radyo dalgası olarak yol aldığını ve radyo dalgasının bir ışık türü olduğunu. Sonra bir antenin onu yakaladığını ve yuvarlak Dünya'nın bu mesafeyi sınırladığını. Son olarak da birçok antenin birlikte haritayı oluşturduğunu. Her ders bu zincire bir halka ekler ve sonunda değerlendirdiğiniz şey bu zincirdir: Bir çocuk, uçaktan haritaya kadar olan hikâyeyi doğru sırayla ve doğru gerekçelerle anlatabiliyor mu?

Havacılık ya da radyo konusunda herhangi bir altyapıya ihtiyacınız yoktur. Aşağıdaki her ders, bilimin sizin anlamanız gereken hâliyle açılır; bu, sınıfın gideceğinden bir kademe daha derindir, böylece sorunun ardındaki soruyu yanıtlayabilirsiniz. Yetişkinlere yönelik tam anlatımı isterseniz, ana sayfadaki başvuru kursu on iki bölümden oluşur; bu yaş grubu için en önemlileri 3., 6. ve 7. bölümlerdir. Kurs boyunca iki şey açıkça akılda tutulmalıdır, çünkü yetişkinlerin en sık yanlış bir şey öğrettiği iki nokta bunlardır. Radyo ses değildir; gözlerimizin göremediği bir renkte ışıktır ve bu fark 2. dersin özüdür. Ayrıca bu sistemde uçak "uydular tarafından görülmez" ya da "radarla bulunmaz": Uyduları dinleyerek kendi konumunu hesaplar ve ardından bunu duyurur. Uçağı kimse bulmaz. Uçak kendini bildirir.

Farklılaştırma konusunda: Kurs 6-11 yaş aralığının tamamı için yazılmıştır ve her dersin metni, küçük ve büyük yaşların nerede ayrıldığını belirtir. Genel olarak altı-sekiz yaşındaki bir sınıf hikâyeyi, canlandırmayı, ipi ve haritayı almalı ve "uçaklar bir dalga üzerinde mesaj gönderir, bir anten onu yakalar ve harita böyle oluşur" diyebilecek şekilde dersten ayrılmalıdır. Dokuz-on bir yaşındaki bir sınıf ise sayıları (saniyede iki kez, saniyede 300 000 kilometre, 27 santimetrelik bir dalga, 400 kilometrelik bir ufuk), mesajın evet-hayır yanıtlarından oluştuğu fikrini ve ufukla ilgili akıl yürütmeyi kavrayabilir ve her adımın neden gerekli olduğunu açıklayabilecek şekilde ayrılmalıdır.

1. DERS

Kalabalık gökyüzü ve konuşan uçak

Bilmeniz gereken bilim

Seyir irtifasındaki bir yolcu uçağı yaklaşık on kilometre yukarıdadır ve kabaca 900 km/sa hızla, yani her saniye 250 metre ilerler. Bu yükseklikte görmek zordur, mesafeyi kestirmek ise imkânsızdır: Bir parıltı ya da yoğuşma izi gören bir çocuğun onun ne kadar uzakta, ne kadar yüksekte olduğunu ya da nereye gittiğini anlamasının hiçbir yolu yoktur; başka bir uçağa bakan pilotun da yoktur. Belçika'daki bir kasabanın üzerinde gökyüzünde neredeyse her zaman aynı anda birkaç uçak bulunur; çoğu, başka ülkeler arasında yol alırken yüksekten geçip gider. Onları birbirinden uzak tutmak için hava trafik kontrolünün her uçağın konumunu, yüksekliğini ve yönünü sürekli bilmesi gerekir. Ayırma kuralları basittir: Kontrolörlerin yönettiği hava sahasında uçaklar arasında dikeyde en az 300 metre ya da yatayda birkaç kilometre mesafe olmalıdır.

Geçen yüzyılın büyük bölümünde uçakların nerede olduğunu bilmenin yolu radardı: bir radyo darbesi gönderen ve zayıf yankıyı dinleyen büyük, dönen bir anten. Radar hâlâ vardır, ancak bu kursun konusu olan sistem sorunu tersine çevirir. Her modern uçak, arabadaki ya da telefondaki haritalarla aynı teknolojiye sahip bir uydu navigasyon alıcısı taşır ve bu nedenle kendi konumunu her zaman birkaç metrelik hassasiyetle bilir. Ayrıca transponder adı verilen küçük bir telsiz taşır. ADS-B ikisini birleştirir: Saniyede yaklaşık iki kez transponder, uçağın kimliğini, uydulardan aldığı konumunu, yüksekliğini, hızını ve yönünü içeren kısa bir mesaj gönderir. Mesaj kimse istemeden ve belirli bir alıcıya yöneltilmeden otomatik olarak çıkar: Bir radyo istasyonu gibi bir yayındır ve doğru alıcıya sahip herkes onu duyabilir. Harflerin anlamı da budur: Automatic (Otomatik: kimse tetiklemez), Dependent (Bağımlı: doğruluğu uçağın kendi donanımına bağlıdır), Surveillance (Gözetim: amacı uçakların nerede olduğunu bilmektir), Broadcast (Yayın: herkese gönderilir).

Mesajın kendisi dijitaldir. Bir transponder harf ya da rakam doğrudan gönderemez; yalnızca bir darbe gönderebilir ya da göndermeyebilir. Bu yüzden mesaj, her biri saniyenin milyonda biri kadar süren ve anlamı önceden herkesçe kararlaştırılmış 112 evet-hayır yanıtından oluşan bir dizidir. 24 yanıt uzunluğundaki ilk grup, uçağın tescil edildiğinde kendisine verilen kalıcı kimlik kodudur; biraz hiç değişmeyen bir plaka gibidir. Geri kalanlar, mesajın türüne göre konumu, yüksekliği, hızı ya da uçuşun çağrı işaretini taşır. Son 24 yanıt bir denetimdir: Dinleyici mesaj üzerinde sabit bir hesap yapar ve sonucu bu denetimle karşılaştırır; uyuşmazlarsa yolda bir şey bozulmuştur ve mesaj atılır. Bu önemlidir, çünkü kalabalık bir havalimanının üzerinde birçok uçak aynı anda konuşur ve mesajları bazen üst üste biner. Mesajdaki yükseklik uydu ile değil, uçağın dışındaki hava basıncından ölçülür; basınç yükseldikçe düzenli olarak azalır. Asansörde ya da bir dağ tünelinde kulaklarınızın tıkanmasının nedeni de budur ve büyük çocuklar bu bağlantıdan keyif alır.

Nasıl öğretilir

Sistemle değil, gökyüzüyle başlayın. Bu hafta kimin uçak gördüğünü, nerede gördüğünü, sizce ne kadar yüksekte olduğunu ve yolların olmadığı yerde bir pilotun nerede olduğunu nasıl bilebileceğini sorun. Tahminleri serbest bırakın; "pilot camdan bakar" ve "bir harita var" yanıtlarının ikisi de gelecektir ve ikisi de yarı yarıya doğrudur. Sonra canlı haritayı projeksiyona yansıtın, kasabaya yakınlaştırın ve uçakları birlikte sayın. Sınıfın beklediği ile haritanın gösterdiği arasındaki fark, kursun tamamı için kancadır ve üzerinde durmaya değer: O simgelerin her biri şu anda konuşan bir uçaktır.

Şimdi ana hikâyeyi tek solukta anlatın, çünkü çocuklar bir tanımı değil, bir hikâyeyi daha iyi hatırlar: Uçak her zaman nerede olduğunu bilir, çünkü çok yukarısındaki uyduları dinler; ve her saniye iki kez, belirli birine değil, herkese bağırır: "Ben buyum, buradayım, bu kadar yüksekteyim, bu kadar hızlıyım." Kimse ona sormadı. Hiç durmaz. Doğru türden kulağı olan herkes onu duyabilir. Altı-sekiz yaşındakilerle bu cümle, tekrarlanıp sonra canlandırıldığında, dersin kendisidir. Dokuz-on bir yaşındakilerle bir adım öteye gidin ve bağırışın evet-hayır yanıtlarından oluştuğunu, bunlardan 24'ünün uçağın adını oluşturduğunu açıklayın; (yardımla) 24 evet-hayır yanıtının yaklaşık 17 milyon farklı ad verdiğini, bunun şimdiye kadar yapılmış her uçağa fazlasıyla yettiğini kendilerinin bulmasına izin verin. Vurgulanması gereken nokta, uçağın "izlenmediği", kendini bildirdiğidir. Bunu iki şekilde de söyleyin: "Uçağı kimse bulmaz, uçak kendini duyurur", çünkü bunun tersi olan fikir derinlere kök salmıştır ve 4. derste yeniden ortaya çıkacaktır.

Gösterim, kontrol kulesi oyunudur ve kursun en değerli yarım saatidir. Yere beşe beş karelik bir ızgarayı bantla çizin; bir kenarına harfler, diğerine rakamlar yazın. Sınıfın yarısı uçaktır; her birinin üzerinde bir çağrı işareti, bir yükseklik ve bir hız yazan bir kartı vardır. Izgaranın üzerinde yavaşça yürürler ve birkaç adımda bir her biri mesajını yüksek sesle duyurur: "DTA12, C3 karesi, on bin metre, hızlı." Diğer yarısı kontrol kulesidir; her birinin elinde ızgaranın kâğıt bir kopyası vardır ve her uçağı söylediği yere çizmeleri gerekir. Sonra roller değişir. Sonra, öğreten kısım bu: Oyunu, uçakların yalnızca dakikada bir kez konuşmasına izin vererek yeniden oynayın. Kulelerin çizimleri dağılır; uçaklar kimse fark etmeden kare değiştirmiştir. Sınıfa gerçek uçakların neden saniyede iki kez konuştuğunu sorun; size söyleyeceklerdir.

Büyük grupla ikinci bir varyasyon ekleyin: İki uçak tam olarak aynı anda duyuru yapar ve kule duyduğunu kaydetmelidir. Karmakarışık bir şey duymuş olacaktır. Gerçek mesajın sonunda bu yüzden bir denetim bulunduğunu açıklayın: Karışmış bir mesaj denetimden geçemez ve atılır; uçak zaten yarım saniye sonra

kendini tekrarlar. Kule rolünü üstlenmiş çocuklar hem tekrarın hem de denetimin neden gerekli olduğunu hemen anlar.

Çocukların yanlış anladıkları ve ne söylemeli

En yaygın yanlış fikir, uyduların aşağı bakıp uçakları gördüğü ya da radarın onları bulduğudur. Doğru tablo şudur: Uçak kendi yerini bulmak için uyduları dinler ve sonra konuşur. Bunu anlatmanın yararlı bir yolu: Uydu, saati çalan bir kilise çanı gibidir; herkese saati söyler, ama kimin dinlediğinden haberi yoktur. İkinci yanlış fikir, mesajı pilotun gönderdiğidir. Kimse göndermez; transponder, uçak hareket etmeye başladığı andan itibaren onu kendiliğinden gönderir. Üçüncüsü, mesajın "havalimanına" gittiğidir. Mesaj herkese gider: Diğer uçaklar da dinler ve birbirlerinden uzak durmak için onu kullanır; herhangi bir çatıdaki herhangi bir anten de öyle; 4. ders de tam orada bitecektir.

2. DERS

Görünmez ışık: mesajı ne taşır

Bilmeniz gereken bilim

Mesaj uçaktan bir radyo dalgası olarak çıkar ve bu dersin yerleştirmesi gereken tek fikir, ki ortaokul düzeyindeki fiziğin tamamı onun üzerine kurulur, bir radyo dalgası ile bir ışık demetinin aynı türden şey olduğudur. İkisi de elektromanyetik dalgadır: uzayda ilerleyen, kendilerini taşıyacak havaya ya da maddeye ihtiyaç duymayan, ışık hızında, yani neredeyse saniyede 300 000 kilometre hızla giden elektrik ve manyetik kuvvet dalgacıkları. Bu dalgacıklardan birini kırmızı ışık, diğerini mavi, bir başkasını radyo dalgası yapan tek şey ne kadar hızlı titreştiği, yani frekansıdır. Gözlerimiz dar bir frekans bandına tepki verir; biz bunu kırmızıdan mora uzanan renkler olarak algılarız. Radyo çok daha yavaş titreşir ve bu yüzden gözler onu göremez; tıpkı kulakların köpek düdüğünü duyamaması gibi. Uçağın mesajı saniyede 1 090 milyon titreşimlik bir frekansta gönderilir; bu, insan ölçüsüne göre çok hızlı, ışığın ölçüsüne göre çok yavaştır: Yeşil ışık yaklaşık yarım milyon kat daha hızlı titreşir.

Her elektromanyetik dalga aynı hızda ilerlediği için frekans, dalga boyunu, yani bir tepeden sonrakine olan mesafeyi belirler: Bir saniyede dalga 300 000 km yol alır ve f titreşimi tamamlar, dolayısıyla her titreşim 300 000 km bölü f kadar yer kaplar. Uçağın dalgası için bu 27,5 santimetre eder; kabaca bir okul cetvelinin uzunluğu. Yeşil ışık için milimetrenin yaklaşık iki binde biridir. Bir FM radyo istasyonu için üç metredir. Bu sayı, 27,5 cm, sınıfın 3. derste yeniden karşılaşacağı sayıdır, çünkü antenin boyutunu o belirler.

Önlemeniz gereken karışıklık radyo ile ses arasındadır ve neden bu kadar yaygın olduğunu anlamaya değer. Gündelik dilde "radyo" ses çıkaran bir kutudur, bu yüzden çocuklar (ve birçok yetişkin) radyo dalgalarının havada ilerleyen bir tür ses olduğunu varsayar. Hiçbir ilgileri yoktur. Ses bir basınç dalgasıdır: Hava molekülleri komşularına çarpar, onlar da kendi komşularına. İlerlemek için bir maddeye ihtiyaç duyar, saniyede yaklaşık 340 metre hızla gider ve boşlukta ses yoktur. Radyonun hiçbir şeye ihtiyacı yoktur ve bir uydu ile uçak arasındaki boş uzayı geçer; sesten neredeyse bir milyon kat daha hızlı gider. 20 km uzaktaki bir uçak aynı anda bir ses çıkarır ve bir mesaj gönderirse, mesaj size yaklaşık 67 milyonda bir saniyede, ses ise yaklaşık bir dakika sonra ulaşır. Çocuklar bu gecikmeyi gök gürültüsünden ve uzaktan bir futbol topuna vuruluşunu izlemekten bilir; bu bilgi en iyi müttefikinizdir.

Nasıl öğretilir

Bildikleri şeyden başlayın: var olan ama bizim göremediğimiz ya da duyamadığımız şeyler. Köpek düdükleri, arının bir çiçeği görüşü, televizyona "bir şey gönderen" uzaktan kumanda, binadaki Wi-Fi. Sonra iddiayı açıkça ortaya koyun: Uçağın mesajı gözlerimizin göremediği bir tür ışığın üzerinde yol alır; bir el feneri ile uçağın telsizi akrabadır. Bir el fenerini yakın ve ışığının nerede olduğunu sorun: odanın her yerinde, aynı anda, kimsenin fark edebileceği bir gecikme olmadan. Sonra küçük grup için anahtar cümle: Radyo, gözlerimizin göremediği bir renktir ve şu anda bu odadan, 400 kilometre içindeki her uçaktan geçiyor, ama biz hiçbir şey hissetmiyoruz. Birçok çocuk bunu biraz heyecan verici bulur ve bu doğrudur.

İp gösterimi dalga fikrine bir beden kazandırır. Çiftler hâlinde, bir çocuk ipi sabit tutar, diğeri serbest ucu sallar. Yavaş sallamak ip boyunca birkaç uzun, tembel dalga üretir; hızlı sallamak ise birçok kısa dalga. Her durumda tepeler arasındaki mesafeyi bir metre cetveliyle ölçmelerini ve kuralı fark etmelerini sağlayın: Ne kadar hızlı sallarsanız dalgalar o kadar kısalır. Bu gevşek bir benzetme değil, gerçek ilişkinin kendisidir, çünkü dalganın ip boyunca hızı ip tarafından belirlenir ve bu nedenle frekans ile dalga boyu tıpkı ışıkta olduğu gibi birbirini dengeler. Sınıfa uçağın dalgasının ışığa kıyasla uzun, tembel türden olduğunu ve tepeden tepeye bir cetvel kadar uzun olduğunu söyleyin. Cetveli yere ip dalgasının yanına koyun ve görmelerine izin verin. Büyük grupla kuralı yazın: hız = frekans çarpı dalga boyu; saniyedeki sallama sayısını sayıp tepeden tepeye ölçerek ip üzerinde denetlemelerine izin verin. Sonra uçağın sayılarını verin ve saniyede 300 000 km'nin saniyede 1 090 milyona bölümünün 27,5 cm olduğunu görmelerini sağlayın; bölmeyi yardımsız yapamayacaklardır, ama tahtada takip edebilirler ve bu, sayıyı onların sayısı yapar.

Radyoyu sesten ayırmak için en hızlı haberci yarışını yapın. Bir çocuk sırası, fısıldanan bir kelimeyi salonun bir ucundan diğerine iletir; süresini tutun. Sonra bir uçtan el feneri yakın ve diğer uçtakilerin el kaldırmasını isteyin; ölçülebilir bir gecikme yoktur. Nedenini tartışın: Ses, tıpkı çocuktan çocuğa geçen fısıltı gibi, havanın her parçasından bir sonrakine aktarılmak zorundadır ve bu zaman alır; ışığın ise onu aktaracak birine ihtiyacı yoktur. Sonra, ve açık konuşmanın tam zamanıdır, uçağın radyo mesajının fısıltıya değil el fenerine benzediğini, duyduğunuz uçak motoru sesinin ise fısıltıya benzediğini, uçak çoktan uzaklaştıktan sonra geldiğini söyleyin. Büyük gruba sayılar verilebilir, saniyede 340 metreye karşı saniyede 300 000 kilometre, ve ışığın kaç kat daha hızlı olduğu sorulabilir; yanıt, neredeyse bir milyon, tatmin edicidir.

Çocukların yanlış anladıkları ve ne söylemeli

Ses karışıklığı yukarıda ele alındı, ancak 3. ve 4. derste tekrarlanması gerekecek; "anten uçağı duyar" ifadesinin "anten gürültüyü duyar" ifadesine geri kaymasını bekleyin. İkinci bir karışıklık, radyo dalgalarının kokular gibi "havada" olduğu, oradan oraya sürüklendiğidir; hava tarafından hiç taşınmazlar ve boş uzayda da aynı şekilde ilerlerler. Büyük gruptan gelen üçüncüsü, daha hızlı sallamanın dalgayı daha hızlı ilerlettiğini düşünmektir; öyle değildir, dalgaları kısaltır ve tek bir tepenin ilerleyişini izlemelerine izin verirseniz ip bunu gösterir. Son olarak, bir çocuk radyo ışık olduğu hâlde neden onu göremediğimizi sorarsa, dürüst yanıt şudur: Gözlerimiz güneşin en çok verdiği ve havadan en iyi geçen renkler için yapılmıştır; radyo hep oradaydı ve biz onu ancak onun için metal gözler yaptığımızda fark ettik, bu da 3. derstir.

3. DERS

Metal kulaklar ve yuvarlak Dünya: mesaj nasıl yakalanır ve ne kadar uzaktan

Bilmeniz gereken bilim

Bir metal parçasının üzerinden geçen radyo dalgası, metaldeki elektronları kendi titreşimiyle uyumlu olarak ileri geri iter. Bu küçük alternatif akım "duymanın" kendisidir; metale bağlı bir alıcı onu yükseltir ve üzerindeki darbeleri okur. İtme, metal parçası dalga için doğru uzunlukta olduğunda en güçlüdür: Düz bir metal yüzey üzerinde duran, dalga boyunun dörtte biri uzunluğundaki bir çubuk, dalgaya tıpkı kendi ritmine göre zamanlanmış bir itmeye tepki veren bir salıncak gibi tepki verir. Uçağın 27,5 cm'lik dalgası için dörtte bir 6,9 cm'dir ve gerçek ADS-B anteninin, hem uçakta hem de yerde, yalnızca birkaç santimetre yüksekliğinde kısa bir çubuk olmasının nedeni budur. Akort edilmiş bir kulaktır. Çok farklı uzunlukta bir tel de bir şeyler yakalar, ama çok daha azını; sınıfa, yapacakları modelin gerçeği için doğru boyutta olduğu dürüstçe söylenebilir.

Kulak ne kadar uzaktan duyabilir? İki şey bunu sınırlar. Sinyal mesafeyle zayıflar, çünkü uçağın vericisi enerjisini her yöne yayar ve küçük bir antene ulaşan pay mesafe büyüdükçe küçülür: iki kat uzak, dörtte biri kadar. Ama zayıflık sorun hâline gelmeden önce geometri devreye girer. Radyo ışık olduğu için düz çizgiler hâlinde ilerler ve Dünya bir top olduğu için, bir çatıdaki antenden çıkan düz bir çizgi kısa sürede yere çarpar. Bir uçak, onunla anten arasında düz ve engelsiz bir çizgi olduğu sürece duyulabilir. Uçak ne kadar yüksekse, Dünya araya girmeden önce bu çizgi o kadar uzağa ulaşabilir; anten ne kadar yüksekse, daha da uzağa. Hesabı (kilometre cinsinden ufuk mesafesi, metre cinsinden yüksekliğin karekökünün yaklaşık dört katıdır) ortaokul kursuna aittir; sizin kursunuz için sonuç yeterlidir: On kilometre yukarıdaki bir uçak bir çatıdan 400 km'den daha uzaktan duyulabilir, bu da Brüksel'den Paris'e gidiş-dönüşten daha uzaktır; 50 km uzakta henüz kalkış yapan bir uçak ise Dünya'nın eğriliğinin arkasında tamamen gizli kalabilir. Antenlerin çatılarda, direklerde ve tepelerde olmasının ve aynı antenin yüksekteki uçakları çok uzaktan, alçaktakileri ise ancak yakın olduklarında duymasının nedeni budur.

Nasıl öğretilir

2. dersin havada bıraktığı soruyla açın: Radyo göremediğimiz bir ışıksa, onu ne görebilir? Yanıt bir metal kulak, yani bir antendir ve yapılacak ilk şey birkaç tane bulmaktır. Wi-Fi kutusunun çubukları vardır ya da onları içinde gizler; dışarıdaki arabanın tavanında bir yüzgeç vardır; her telefonun kenarında gizli bir tane vardır; okulun çatısında birkaç tane olabilir. Sınıfı gönderin ya da bir fotoğrafla kendiniz gidin ve bir liste yapın. Ortak yanlarının ne olduğunu sorun: Metaldirler, belirli bir şekil ve boyuttadırlar ve çoğu zaman yüksektedirler. Bu gözlemlerin ikisi de dersin konusudur ve her birini açıklayacağınıza söz verebilirsiniz.

Boyut için model anteni yapın. Her çocuk 7 cm uzunluğunda ve yaklaşık bir santimetre genişliğinde bir karton şerit keser, alüminyum folyoya sarar ve onu yine folyo kaplı bir karton karenin ortasına dik olarak yerleştirir. Ne olduğu konusunda dürüst olun: Uçağın dalgası için doğru şekil ve doğru boyuttadır ve gerçek bir alıcı tam olarak bu şekli kullanır; ama tek başına hiçbir şeyi çözemez, çünkü dalgayı yakalamak yalnızca ilk adımdır ve darbeleri okumak için bir radyo ve bir bilgisayar gerekir (bunu ortaokul kursu yapar). Sonra boyutu salıncakla açıklayın: Bir salıncak, onu kendi ileri-geri hareketiyle uyumlu ittiğinizde en yükseğe çıkar; metal çubuk da elektriksel olarak, dalganın dörtte biri uzunluğunda olduğunda en iyi

"sallanır". 7 cm'lik çubuğun yanına 27,5 cm'lik bir cetvel koyun ve çubuğun onun dörtte biri olduğunu gösterin. Büyük grup ölçüp denetleyebilir. Alttaki folyo kare, kulağı tamamlayan aynadır; bunu söyleyip orada bırakmanız yeterlidir.

Yükseklik için dışarı çıkın ve soruyu yanınızda götürün: Antenler neden yüksektedir? Bir çocuğu bahçenin bir ucunda önce çömelmiş, sonra ayakta, sonra bir bankın üzerinde durdurun ve her seferinde diğer uçta ne görebildiğini sorun; alçak bir duvarın ya da park etmiş bir arabanın arkasında gizli bir şey, o yükseldikçe ortaya çıkar. Sonra Dünya'ya sıçrayın: Yerin kendisi, kocaman bir topun üstü gibi kavislidir ve yeterince uzaktaki her şey bu kavisin arkasında gizlenir; tıpkı direği hâlâ görünürken gövdesi ufkun ötesine geçmiş bir gemi gibi. Çatıdaki bir anten, bankın üzerinde duran çocuktur. Yüksekteki bir uçak, çok uzun direkli bir gemidir. Bunu tahtaya üzerinde bir çubuk olan bir daire ve daireye teğet geçen düz bir çizgi olarak çizin: Çizginin üstündeki her şey duyulabilir, altındaki her şey Dünya'nın arkasındadır. Dokuz-on bir yaşındakilere daha sonra gerçek rakamlar verilebilir ve bunları bildikleri mesafelerle karşılaştırmaları istenebilir: 400 km, Brüksel'den Paris'e gidiş-dönüşten daha uzaktır; 50 km ise yaklaşık bir ilin genişliğidir.

Zaman varsa, mesafeyle zayıflamaya dair küçük bir gösterim yerini hak eder: Karanlık bir salonun öbür ucundaki bir el feneri bir kâğıdı soluk bir şekilde aydınlatır; mesafenin yarısına getirildiğinde aynı kâğıdı belirgin biçimde iki kattan fazla parlak aydınlatır, çünkü ışın daha küçük bir alana yayılmıştır. Büyük çocuklara kural söylenebilir: yarı mesafe, dört kat parlaklık demektir; ve bağlantı: Uçağın radyo sinyali de aynı şekilde yayılır, uzaktakiler için hassas bir alıcının gerekmesinin nedeni budur.

Çocukların yanlış anladıkları ve ne söylemeli

Çocuklar çoğu zaman, daha büyük bir kulağın olacağı gibi, daha büyük bir antenin daha iyi olması gerektiğini düşünür. Bu dalga için öyle değildir: Önemli olan doğru boyuttur ve doğru boyut küçüktür. Ayrıca antenlerin "uçaklara daha yakın olmak için" yüksekte olduğunu düşünürler; yukarı doğru mesafe, yatay mesafeye kıyasla önemsizdir ve asıl neden Dünya'nın eğriliğidir; bu da daha ilginç bir yanıttır. Son olarak ses karışıklığı burada "anten uçağın gürültüsünü duyar" biçiminde geri döner. Her seferinde düzeltin: Anten sesi değil, görünmez ışığı yakalar ve hiç ses çıkarmayan bir uçaktan da onu aynı şekilde yakalardı.

4. DERS

Harita: birçok kulak tek bir resmi nasıl oluşturur

Bilmeniz gereken bilim

Tek bir anten, alıcısıyla birlikte, duyabildiği mesajları çözer ve böylece ufku içinde konuşan her uçağın konumunu, yüksekliğini ve kimliğini bilir; bu ufuk, yüksek trafik için çapı birkaç yüz kilometre olan kabaca bir dairedir, alçak trafik için çok daha küçüktür. Bütün bir ülkeyi görmek için, daireleri örtüşecek şekilde yayılmış bu tür birçok alıcı gerekir ve her biri duyduğunu internet üzerinden merkezî bir bilgisayara gönderir. O bilgisayar iki iş yapar. Birleştirir: Yüksekteki bir uçak genellikle aynı anda on ya da yirmi alıcı tarafından duyulur ve hepsinden gelen aynı mesajın yirmi değil tek bir uçak olarak tanınması gerekir. Ve denetler: Bir alıcı, komşu alıcıların hepsinin aynı fikirde olmadığı bir konum bildirirse, bu bildirim muhtemelen bir çözme hatasıdır ve bir kenara bırakılır. Sonuç, her saniye güncellenen ve tamamen

uçakların söylediklerinden ve antenlerin duyduklarından oluşturulan canlı haritadır. Hava trafik kontrolörleri de benzer bir resim görür; buna bağımsız ikinci bir görüş olarak radar eklenir, çünkü uçağın doğruyu söylemesine dayanan bir sistemin buna ihtiyacı vardır.

Harita yalnızca konuşan uçakları gösterir. Yolcu uçaklarının neredeyse hepsi konuşur; birçok küçük özel uçak, planör ve balonun ise buna zorunluluğu yoktur ve askerî uçaklar çoğu zaman konuşmamayı tercih eder. Yani harita dürüsttür ama eksiksiz değildir; bu, bir çocuğun her harita hakkında öğrenmesine değer bir şeydir ve kursu bir noktayla değil, bir soruyla bitirmenin doğal bir yoludur.

Nasıl öğretilir

1. dersteki yer ızgarasına geri dönün, ama bu kez kuleler her şeyi duyamaz. Odanın köşelerine üç ya da dört "anten" (kâğıt ızgaralı çocuklar) yerleştirin ve her birine yalnızca ızgaranın kendi yarısındaki ya da çeyreğindeki uçakları duyabileceklerini söyleyin; uçaklar daha önce olduğu gibi duyuru yapar. Sonra antenlerden kâğıtlarını bir araya getirip yan yana koymalarını isteyin. Birleşik resimde her uçak vardır; tek tek kâğıtlarda yalnızca bazıları. Bazı uçaklar iki kâğıtta görünür ve sınıf bunların iki değil, aynı uçak olduğu konusunda anlaşmalıdır. Birleştirme işinin tamamı budur; on yaşındakiler tarafından beş dakikada yapılır ve haritanın birçok dinleyiciden oluşan bir yapboz olduğu fikrini sağlamlaştırır.

Sonra bunu gerçeğe dönüştürün. Canlı haritayı projeksiyona yansıtın, okula yakınlaştırın ve her gruba on dakika boyunca izleyecekleri bir uçak verin: çağrı işareti, yüksekliği, hızı, nereden geldiği ve nereye gittiği. Onun için bir kart doldurmalarını ve kartı, bölgenin duvar haritasında uçağı en son gördükleri yere iğnelemelerini isteyin. Onlar çalışırken, gördüklerini kursun zincirine cümle cümle bağlayın: O uçak saniyede iki kez konuşuyor; mesajı görünmez ışığın üzerinde yol alıyor; 400 km içinde birinin çatısındaki bir anten onu yakaladı; o anten mesajı bu haritayı çizen bilgisayara gönderdi; ve ekranda yüksekliğini okuyabilmenizin nedeni bu. Sınıftan zinciri size kendi sözcükleriyle geri anlatmalarını isteyin; değerlendirme budur ve sınıfın çoğu artık bunu yapabiliyor olmalıdır.

İki soruyla kapatın. Bir uçak konuşmayı bırakırsa ne olur? Haritadan kaybolur, ama kontrolörlerin elinde hâlâ radar vardır. Ve gökyüzündeki tüm uçaklar haritada mı? Hayır; hangilerinin eksik olduğu ve birinin neden görünmek istemeyebileceği üzerine tartışma, bir haritanın ölçümlerden oluştuğunu ve ancak dinleyicileri kadar eksiksiz olduğunu anlamış bir sınıfı bırakmak için iyi bir yerdir.

Çocukların yanlış anladıkları ve ne söylemeli

"Haritayı uydular yapar" fikri burada büyük bir ısrarla geri döner, çünkü harita bir ekrandadır, ekranlar internetten gelir ve internet de çocukların zihninde uzaydan gelir. Bunu nazikçe çözümleyin: Uydular uçağa yalnızca saati söyler; uçak nerede olduğunu hesaplar; uçak bunu söyler; çatılardaki antenler onu duyar; bilgisayar onu çizer. İlki dışında her adım yerdedir ve uydular, uçağın kendi yerini bulmasını sağlayan başka herhangi bir şeyle değiştirilse de harita aynı şekilde çalışırdı.

Değerlendirme: hikâyeyi anlatabiliyorlar mı?

Kursun dört halkalı tek bir öğrenme çıktısı vardır ve değerlendirme yalnızca bir çocuğun zinciri gerekçeleriyle sırasıyla anlatıp anlatamadığıdır. Her çocuktan ya da her gruptan bir uçağın haritaya nasıl ulaştığını açıklamasını isteyin ve dört halkayı dinleyin: Uçak nerede olduğunu bilir ve kimse sormadan bunu tekrar tekrar söyler; mesaj, gözlerimizin göremediği ve sesle hiçbir ilgisi olmayan bir ışık olan radyo

dalgası olarak yol alır; akort edilmiş bir metal kulak olan anten onu yakalar, ama yalnızca Dünya'nın eğriliğinin üzerindeki uçaklardan; ve duyduklarını paylaşan birçok anten birlikte haritayı oluşturur. Dört adımı doğru sırayla bir hikâye olarak anlatan altı-sekiz yaşındaki bir çocuk çıktıya ulaşmıştır. Dokuz-on bir yaşındaki bir çocuk ayrıca her adımda bir gerekçe verebilmelidir: neden saniyede iki kez, neden ses değil ışık, neden 7 cm ve neden yüksekte, neden tek değil birçok anten.

Öğrenci sayfası, sınıfın tablette ya da el kaldırarak yanıtlayabileceği kısa bir testle biter; yanıtlar ve beklemeniz gereken gerekçeler şunlardır. Bir uçak mesajını saniyede yaklaşık iki kez gönderir, çünkü bir dakikada 15 km yol almış olur ve harita işe yaramaz hâle gelirdi. Mesaj yolcuların adlarını içermez, yalnızca uçağın kimliğini, konumunu, yüksekliğini ve hızını içerir. Radyo dalgası ses değil, gözlerimizin göremediği bir ışıktır, çünkü havaya ihtiyaç duymaz ve neredeyse bir milyon kat daha hızlı gider. Anten çatıya, uçaklara daha yakın olmak için değil, düz görüş hattının Dünya'nın eğriliği üzerinden daha uzağa ulaşması için konur. Ve haritanın birçok antene ihtiyacı vardır, çünkü her biri gökyüzünün yalnızca çapı birkaç yüz kilometre olan bir dairesini duyabilir.

Çatısında küçük bir alıcı barındırmak isteyen, böylece kendi gökyüzü parçasının canlı haritada görünmesini ve 4. dersin sınıfın kendi anteniyle bitmesini isteyen bir okul, ihtiyacı olan her şeyi Veri sağlayıcı olun sayfasında bulacaktır.

SONRAKİ ADIM

Okul çatısında bir alıcı

Dört ders, doğal olarak okula ait bir alıcıyla sona erer. Uygulamalı atölye eksiksiz bir rehberdir: parçalar ve fiyatları (100 ila 150 avro ya da mevcut bir Raspberry Pi), seçilecek anten ve nereye yerleştirileceği, bilgisayarın nasıl hazırlanacağı ve Dataero veri sağlayıcı yazılımının nasıl kurulacağı, ayrıca bir sınıfın onunla bir yıl boyunca yapabileceği ölçümler. Bir okul istasyonu herkese açık haritada okulun adıyla görünür ve kontrol paneli yılın her günü "O uçak ne?" sorusunu yanıtlar.

Uygulamalı atölyeyi açın `https://radar.dataero.eu/tr/learning/workshop`