WETENSCHAP - 6 TOT 11 JAAR

De vliegtuigen die praten

Vier lessen over hoe elk vliegtuig in de lucht aan de wereld vertelt waar het is, en hoe wij kunnen meeluisteren. Aan het eind kun je het hele verhaal van begin tot eind uitleggen, en heb je er zelf een stukje van gebouwd.

Leren - https://radar.dataero.eu/nl/learning/ages-6-11/student 2026-11-21

INHOUD

LES 1 De drukke lucht en het pratende vliegtuig
LES 2 Onzichtbaar licht: waarop het bericht reist
LES 3 Metalen oren en de ronde aarde
LES 4 Veel oren maken één kaart
Quiz voor luchtluisteraars
HET EINDE Bouw de metalen oren

LES 1

De drukke lucht en het pratende vliegtuig

Op dit moment is er boven je school bijna zeker een vliegtuig. Waarschijnlijk zelfs meer dan één. Je ziet ze niet, want ze vliegen tien kilometer hoog, hoger dan de hoogste berg van Europa, en ze gaan 900 kilometer per uur, dat is 250 meter per seconde. Op een gewone dag vliegen er ongeveer dertigduizend vliegtuigen over Europa. Geen enkel vliegtuig kan de andere goed zien, en geen enkel vliegtuig heeft een weg om te volgen. Dus moet iemand op de grond altijd weten waar elk vliegtuig is, om ze uit elkaars buurt te houden. Die persoon is een luchtverkeersleider. Maar hoe kan iemand in een kamer op de grond weten waar een vliegtuig is, tien kilometer hoog, achter de wolken?

Lange tijd was het antwoord radar: een enorme draaiende schotel die een radiopuls uitzendt en luistert naar de zwakke echo die van het vliegtuig terugkaatst. Radar bestaat nog altijd. Maar vandaag doen de meeste vliegtuigen iets slimmers. Elk modern vliegtuig heeft een satellietontvanger aan boord, hetzelfde soort ding waardoor de kaart in een auto of een telefoon werkt, dus het vliegtuig weet altijd precies waar het is. En het vliegtuig heeft een kleine radio. Dus in plaats van te wachten tot iemand op de grond het vindt, **vertelt het vliegtuig gewoon aan iedereen waar het is**. Ongeveer twee keer per seconde zendt zijn radio een kort bericht uit: wie ik ben, waar ik ben, hoe hoog ik ben, hoe snel ik ga. Niemand vraagt erom. Niemand drukt op een knop. Het gaat gewoon de lucht in, telkens opnieuw, naar iedereen die luistert.

Het bericht kan niet uit woorden bestaan. Een radio kan maar één ding: een piepklein pulsje sturen, of niet. Dus bestaat het bericht uit ja-of-nee-antwoorden, 112 achter elkaar, en iedereen heeft afgesproken wat elk antwoord betekent. De eerste 24 antwoorden vormen de naam van het vliegtuig, een code die het krijgt als het gebouwd wordt en die het voor altijd houdt, zoals een nummerplaat. Er zijn bijna 17 miljoen verschillende manieren om 24 ja-of-nee-vragen te beantwoorden, dus elk vliegtuig ter wereld kan zijn eigen naam hebben. De laatste 24 antwoorden zijn een controle: de luisteraar maakt een som met het bericht, en als de som niet klopt, is het bericht onderweg door elkaar gehaald en wordt het weggegooid. Het vliegtuig stuurt het een halve seconde later toch opnieuw.

Dit moet je onthouden van deze les, want veel volwassenen doen het fout: **niemand vindt het vliegtuig. Het vliegtuig meldt zichzelf.** De satellieten kijken er niet naar; ze vertellen het alleen hoe laat het is, en de rest rekent het vliegtuig zelf uit.

In de klas: het verkeerstorenspel
De helft van jullie zijn vliegtuigen: je loopt over een rooster op de vloer en roept om de paar stappen je bericht: je naam, je vakje, je hoogte, je snelheid. De andere helft is de verkeerstoren en tekent elk vliegtuig op een papieren rooster. Wissel dan om. Probeer het daarna met vliegtuigen die maar één keer per minuut mogen spreken, en kijk hoe de tekening van de toren in de war raakt. Daarom praten echte vliegtuigen twee keer per seconde.

LES 2

Onzichtbaar licht: waarop het bericht reist

Het bericht verlaat het vliegtuig als een radiogolf. En een radiogolf is licht. Niet iets wat op licht lijkt: precies hetzelfde als wat uit een zaklamp of de zon komt, en het reist even snel, 300 000 kilometer per seconde, zeven keer rond de aarde in de tijd die je nodig hebt om "één" te zeggen.

Waarom kun je het dan niet zien? Schud een touw langzaam en je maakt lange, luie golven; schud het snel en je maakt korte, drukke golven. Licht is ook een golf, en verschillende kleuren zijn verschillende snelheden van trillen. Rood trilt snel; violet trilt nog sneller. Onze ogen kunnen maar een smalle band van trilsnelheden opmerken: de kleuren van de regenboog. Radio trilt veel te traag om met je ogen te zien, ook al trilt de golf van het vliegtuig nog altijd meer dan duizend miljoen keer per seconde. Radio is een kleur die wij niet kunnen zien. Honden horen fluitjes die wij niet horen; bijen zien patronen op bloemen die wij niet zien; en een antenne ziet een kleur licht die wij niet zien.

Omdat de golf van het vliegtuig traag trilt, is ze lang: van de ene rimpeling tot de volgende is ze 27 centimeter, ongeveer zo lang als een lat. Houd een lat omhoog. Duizenden rimpelingen van die grootte gaan op dit moment door de klas, van elk vliegtuig binnen 400 kilometer, en niemand voelt ze.

Nu de belangrijkste zin van deze les. **Radio is geen geluid.** Het toestel dat "een radio" heet, maakt wel geluid, en dat is verwarrend, maar radiogolven zelf zijn stil licht. Geluid is lucht die tegen lucht duwt; het heeft lucht nodig om door te reizen, en het is traag, ongeveer 340 meter per seconde, en daarom zie je de bliksem voordat je de donder hoort. Radio heeft niets nodig: het steekt de lege ruimte tussen de satellieten en het vliegtuig over, waar helemaal geen lucht is. En het is bijna een miljoen keer sneller dan geluid. Het gebrul van de motoren van een vliegtuig is geluid, en dat bereikt je pas lang nadat het vliegtuig voorbij is. Het bericht van het vliegtuig is licht, en het bereikt een antenne op 20 kilometer afstand in minder dan een tienduizendste van een seconde.

In de klas: het touw en de race
Maak in tweetallen golven met een touw: langzaam en lang, dan snel en kort, en meet ze. Dan de race van de snelste boodschapper: een gefluisterd woord dat langs een rij van twintig kinderen wordt doorgegeven, tegen een zaklamp die door de zaal flitst. Het fluisteren is zoals geluid, doorgegeven van het ene stukje lucht naar het volgende. De zaklamp is zoals het bericht van het vliegtuig.

LES 3

Metalen oren en de ronde aarde

Als radio een kleur is die wij niet kunnen zien, wat kan het dan wel zien? Een stuk metaal dat we een **antenne** noemen. Als een radiogolf langs een stuk metaal gaat, laat ze de elektriciteit in het metaal heen en weer wiebelen in hetzelfde ritme als de golf. Dat piepkleine wiebelen is het horen, en een toestel dat een ontvanger heet, leest er de pulsjes van het vliegtuig uit. Kijk eens rond: het wifikastje heeft antennes, de auto heeft er een op zijn dak, je telefoon heeft er een verstopt in zijn rand, en op het dak van de school staan er waarschijnlijk een paar.

Een antenne is een afgestemd oor. Een schommel gaat het hoogst als je hem duwt in het ritme van zijn eigen heen en weer, en een stuk metaal "schommelt" elektrisch het best als het de juiste maat heeft voor de golf: een kwart van de lengte van de golf. De golf van het vliegtuig is 27 centimeter, dus de beste antenne ervoor is ongeveer 7 centimeter hoog. Daarom is de echte antenne, op het vliegtuig en op de grond, een klein staafje en geen grote schotel. Groter is hier niet beter. De juiste maat is wat telt, en de juiste maat is klein.

Hoe ver kan een metalen oor een vliegtuig horen? Daar beslist iets verrassends over: **de aarde is rond**. Radio is licht, licht gaat in rechte lijnen, en het kan niet door de grond. Dus een rechte lijn vanaf een antenne op een dak botst al snel tegen de bolling van de aarde, en elk vliegtuig achter die bolling is verborgen, hoe luid het ook is, zoals een schip dat over de horizon is gevaren. Hoe hoger je bent, hoe verder je over de bolling kunt kijken; dat weet je van op een stoel gaan staan om over een menigte heen te kijken. Daarom staan antennes op daken, masten en heuvels. Vanaf een dak kan een antenne een vliegtuig op tien kilometer hoogte horen van meer dan 400 kilometer ver, verder dan Brussel-Parijs heen en terug. Maar een vliegtuig dat net is opgestegen van een luchthaven op 50 kilometer afstand, kan helemaal verborgen zijn achter de aarde, tot het hoog genoeg klimt om erover te gluren.

In de klas: bouw de antenne en ga dan naar buiten
Knip een strookje karton van 7 centimeter lang, wikkel het in aluminiumfolie en zet het rechtop op een vierkant dat met folie bedekt is. Dat is de juiste maat en de juiste vorm voor het echte ding; een echte ontvanger voegt er een radio en een computer aan toe om de pulsjes te lezen. Ga dan naar de speelplaats: hurk, ga staan, klim op een bank. Wat verschijnt er telkens? Dat is wat een dak doet voor een antenne.

LES 4

Veel oren maken één kaart

Eén antenne op één dak hoort de vliegtuigen in een cirkel lucht van een paar honderd kilometer breed. Om heel Europa te zien, heb je honderden antennes nodig, op huizen en luchthavens en scholen, zo verspreid dat hun cirkels overlappen. Elke antenne stuurt wat ze hoort via het internet naar een computer, en de computer legt de cirkels samen als een puzzel. Hetzelfde vliegtuig wordt meestal door tien of twintig antennes tegelijk gehoord; de computer merkt dat het hetzelfde vliegtuig is en tekent het maar één keer. Als één antenne een vliegtuig ergens meldt waar alle andere antennes het niet mee eens zijn, weet de computer dat die melding waarschijnlijk een vergissing is en laat hij ze weg.

Het resultaat is de live kaart: elk vliegtuig dat praat, waar het is, hoe hoog, hoe snel, welke kant op, elke seconde bijgewerkt. En nu ken je de hele keten, van begin tot eind. Het vliegtuig luistert naar de satellieten en rekent uit waar het is. Het zegt dat twee keer per seconde, in een bericht van 112 ja-of-nee-antwoorden. Het bericht reist op een golf van onzichtbaar licht. Een afgestemd metalen oor op een dak vangt het op, zolang het vliegtuig boven de bolling van de aarde is. En honderden oren samen, die delen wat ze horen, maken de kaart. Niemand op de grond heeft iets gemeten. De vliegtuigen hebben het ons verteld, en wij hebben geluisterd.

Nog een laatste vraag, het soort vraag dat een goede wetenschapper altijd stelt. Toont de kaart elk vliegtuig? Nee. Ze toont de vliegtuigen die praten. Bijna alle grote verkeersvliegtuigen praten. Sommige kleine vliegtuigjes, zweefvliegtuigen en ballonnen hebben die radio niet, en sommige militaire vliegtuigen kiezen ervoor hem niet te gebruiken. De kaart is dus eerlijk, maar ze is niet volledig. Geen enkele kaart is dat.

In de klas: de puzzel, en dan de echte kaart
Eerst weer het rooster op de vloer, maar nu kan elke toren alleen zijn eigen hoek van de klas horen. Leg de vellen naast elkaar: samen tonen ze elk vliegtuig. Dan de echte kaart, ingezoomd op de school. Je groep volgt tien minuten lang één vliegtuig: zijn naam, zijn hoogte, zijn snelheid, waar het vandaan komt en waar het naartoe gaat. Vertel dan in je eigen woorden het hele verhaal van hoe het op de kaart terechtkwam, stap voor stap.

Quiz voor luchtluisteraars

Kies een antwoord. Is het fout, denk dan nog eens na en probeer een ander; het gaat erom dat je uitzoekt waarom.

1. 1. Hoe vaak stuurt een vliegtuig zijn bericht?

A. Eén keer per dag
B. Ongeveer twee keer per seconde
C. Alleen als de piloot op een knop drukt

2. 2. Wie zoekt uit waar het vliegtuig is?

A. De satellieten kijken ernaar vanuit de ruimte
B. Het vliegtuig rekent het zelf uit en vertelt het aan iedereen
C. De luchtverkeersleider raadt het

3. 3. Wat is een radiogolf?

A. Een luid geluid
B. Een soort licht dat onze ogen niet kunnen zien
C. Een soort wind

4. **4. Waarom zet je de antenne op het dak?**

A. Om dichter bij de vliegtuigen te zijn

B. Zodat haar rechte zichtlijn verder over de bolling van de aarde reikt

C. Omdat vogels dat leuk vinden

5. **5. Waarom heeft de kaart honderden antennes nodig?**

A. Eén antenne hoort maar een cirkel lucht van een paar honderd kilometer breed

B. Antennes gaan snel kapot

C. Elk vliegtuig heeft zijn eigen antenne nodig

HET EINDE

Bouw de metalen oren

Nu ken je het hele verhaal: het vliegtuig dat praat, het onzichtbare licht, de metalen oren en de ronde aarde, en de kaart die door veel luisteraars gemaakt wordt. De laatste stap is zelf een van de luisteraars worden. Je juf of meester heeft een pagina die uitlegt hoe je een echte ontvanger bouwt voor de school, met een echte antenne op het dak of aan een raam. Als die werkt, staan de vliegtuigen boven je school op de grote kaart omdat jouw klas ze gehoord heeft.

Vraag je juf of meester naar de workshop `https://radar.dataero.eu/nl/learning/workshop`

Antwoorden

1. 1. Hoe vaak stuurt een vliegtuig zijn bericht?
   B. Ongeveer twee keer per seconde In één minuut legt een vliegtuig 15 kilometer af. Als het maar één keer per minuut sprak, zou de kaart altijd fout zijn. Twee keer per seconde houdt ze bij de tijd, en niemand hoeft op iets te drukken.
2. 2. Wie zoekt uit waar het vliegtuig is?
   B. Het vliegtuig rekent het zelf uit en vertelt het aan iedereen De satellieten roepen alleen hoe laat het is. Het vliegtuig meet hoe laat elke roep aankomt, rekent zijn eigen positie uit en meldt die. Niemand vindt het vliegtuig; het vliegtuig vertelt het.
3. 3. Wat is een radiogolf?
   B. Een soort licht dat onze ogen niet kunnen zien Radio is licht met een kleur die onze ogen niet kunnen zien. Het heeft geen lucht nodig, steekt de lege ruimte over en gaat bijna een miljoen keer sneller dan geluid.
4. 4. Waarom zet je de antenne op het dak?
   B. Zodat haar rechte zichtlijn verder over de bolling van de aarde reikt De afstand omhoog tot een vliegtuig verandert nauwelijks vanaf een dak. Wat wel verandert, is hoe ver de rechte zichtlijn reikt voordat ze de gebogen grond raakt. Hoger betekent verder.
5. 5. Waarom heeft de kaart honderden antennes nodig?
   A. Eén antenne hoort maar een cirkel lucht van een paar honderd kilometer breed Elke antenne hoort alleen de vliegtuigen boven haar eigen horizon. Veel antennes, verspreid en met overlappende cirkels, dekken een heel werelddeel, en de computer legt de cirkels samen.