自然科學：6 到 11 歲

會說話的飛機

四堂課，告訴你天上的每一架飛機怎麼把自己的位置告訴全世界，以及我們怎麼聽到它。上完之後，你就能從頭到尾把整件事講清楚，而且還會親手做出其中一部分。

學習 - https://radar.dataero.eu/zh-hant/learning/ages-6-11/student 2026-11-21

目錄

第 1 課 繁忙的天空和會說話的飛機
第 2 課 看不見的光：訊息坐著什麼旅行
第 3 課 金屬耳朵和圓圓的地球
第 4 課 許多耳朵拼成一張地圖
天空聆聽者小測驗
結尾 做出金屬耳朵

第 1 課

繁忙的天空和會說話的飛機

就在現在，你們學校的上空幾乎一定有一架飛機，說不定還不只一架。你看不到它們，因為它們在十公里的高空，比歐洲最高的山還要高，而且它們每小時飛 900 公里，也就是每秒 250 公尺。在平常的一天，大約有三萬架飛機飛越歐洲。它們都沒辦法把其他飛機看清楚，也沒有任何道路可以跟著走。所以地面上必須有人隨時知道每一架飛機在哪裡，讓它們保持距離。這個人就是航管員。可是，一個坐在地面房間裡的人，怎麼知道一架在十公里高空、躲在雲後面的飛機在哪裡呢？

很長一段時間，答案是雷達：一個會旋轉的大圓盤，送出一陣無線電，再聽從飛機身上彈回來的微弱回音。雷達現在還在。不過今天大多數飛機會做一件更聰明的事。每一架現代飛機上都有一台衛星接收器，就是讓汽車或手機上的地圖能運作的那種東西，所以飛機永遠都知道自己確切在哪裡。而且飛機上還有一台小小的無線電。所以飛機不用等地面上的人來找它，**飛機直接告訴大家它在哪裡**。大約每秒兩次，它的無線電會送出一則短短的訊息：我是誰、我在哪裡、我飛多高、我飛多快。沒有人要求它，也沒有人按按鈕。它就這樣一次又一次地送出去，給任何正在聽的人。

這則訊息沒辦法用文字組成。無線電只會做一件事：送出一個小小的脈衝，或是不送。所以訊息是由「是或否」的答案組成的，一共 112 個排成一列，而大家都事先約定好每一個代表什麼。前面 24 個答案拼出飛機的名字，這是飛機製造時就得到、而且永遠不變的代碼，就像車牌一樣。回答 24 個「是或否」的問題，有將近 1 700 萬種不同的方法，所以全世界的每一架飛機都能有自己的名字。最後 24 個答案是檢查用的：接收的人對訊息做一道計算，如果結果對不上，就表示訊息在路上被弄亂了，於是把它丟掉。反正飛機半秒後又會再送一次。

這一課要記住的重點是這個，因為很多大人都搞錯了：**沒有人去找飛機，是飛機自己報告。**衛星並沒有在監視它；衛星只是告訴它時間，剩下的都是飛機自己算出來的。

課堂活動：塔臺遊戲
一半的同學當飛機，在地上畫好的方格裡走過去，每走幾步就大聲說出自己的訊息：你的名字、你在哪一格、你的高度、你的速度。另一半的同學當塔臺，在紙上的方格裡畫出每一架飛機。然後交換。接著試試看讓飛機每分鐘只能說一次話，看看塔臺的圖變得多亂。這就是為什麼真正的飛機每秒要說兩次話。

第 2 課

看不見的光：訊息坐著什麼旅行

訊息以無線電波的樣子離開飛機。而無線電波就是光。不是像光的東西，而是和手電筒或太陽發出來的完全一樣的東西，速度也一樣，每秒 300 000 公里，在你說「一」的時間裡就能繞地球七圈。

那為什麼你看不到它呢？慢慢甩一條繩子，會做出又長又懶洋洋的波；快快甩，就會做出又短又忙碌的波。光也是一種波，不同的顏色就是不同的擺動速度。紅色擺得很快，紫色擺得更快。我們的眼睛只能注意到很窄的一段擺動速度，也就是彩虹的顏色。無線電擺得太慢了，眼睛抓不到，雖然飛機的電波每秒還是擺動超過十億次。無線電是一種我們看不見的顏色。狗聽得到我們聽不到的哨音；蜜蜂看得到花朵上我們看不到的圖案；而天線看得到一種我們看不到的光的顏色。

因為飛機的電波擺得慢，所以它很長：從一道波紋到下一道，長 27 公分，差不多是一把尺的長度。把尺舉起來。就在現在，有好幾千道這麼大的波紋正穿過教室，來自 400 公里內的每一架飛機，而且沒有人感覺得到。

接下來是這一課最重要的一句話。**無線電不是聲音。**那個叫做「收音機」的盒子會發出聲音，這很容易讓人搞混，但無線電波本身是安靜的光。聲音是空氣推著空氣；它需要空氣才能傳過去，而且很慢，大約每秒 340 公尺，所以你會先看到閃電，才聽到打雷。無線電什麼都不需要：它能穿過衛星和飛機之間那片完全沒有空氣的太空。而且它比聲音快了將近一百萬倍。飛機引擎的轟隆聲是聲音，要等飛機飛過去很久之後才傳到你耳朵裡。飛機的訊息是光，傳到 20 公里外的天線還不到萬分之一秒。

課堂活動：繩子和賽跑
兩人一組，用繩子做波：先慢慢甩出長長的波，再快快甩出短短的波，然後量一量。接著來比賽誰是最快的信差：一個悄悄話沿著二十個人排成的隊伍傳下去，對上一支手電筒從禮堂的一頭閃到另一頭。悄悄話就像聲音，從一小團空氣傳到下一團。手電筒就像飛機的訊息。

第 3 課

金屬耳朵和圓圓的地球

如果無線電是一種我們看不見的顏色，那誰看得見呢？一塊叫做**天線**的金屬。無線電波經過一塊金屬時，會讓金屬裡的電跟著波的節奏來回晃動。這個小小的晃動就是「聽見」，而一台叫做接收器的機器會從裡面讀出飛機的脈衝。看看四周：Wi-Fi 分享器有天線，汽車車頂上有一支，你的手機邊框裡也藏著一支，學校屋頂上可能還有好幾支。

天線是一隻調好音的耳朵。盪鞦韆的時候，跟著它自己來回的節奏推，它就會盪得最高；而一塊金屬在電的方面「盪」得最好，是當它的大小剛好配合電波的時候：也就是電波長度的四分之一。飛機的電波是 27 公分，所以最適合它的天線大約 7 公分高。這就是為什麼真正的天線，不管在飛機上還是在地面上，都是一根小短棒，而不是一個大圓盤。在這裡，越大不一定越好。重要的是大小剛剛好，而剛剛好的大小很小。

那麼，金屬耳朵能聽到多遠的飛機呢？決定這件事的是一個讓人意外的東西：**地球是圓的**。無線電是光，光走直線，而且穿不過地面。所以從屋頂上的天線出發的一條直線，很快就會碰到地球的弧度，躲在弧度後面的飛機不管多大聲都會被擋住，就像一艘已經航行到地平線另一邊的船。站得越高，就能越過弧度看得越遠；你站在椅子上看越過人群時就知道了。這就是為什麼天線要裝在屋頂、鐵塔和山丘上。從屋頂上，一支天線能聽到 400 多公里外、在十公里高空的飛機，比布魯塞爾到巴黎來回一趟還遠。可是一架剛從 50 公里外的機場起飛的飛機，可能會完全躲在地球後面，直到它爬得夠高才能探出頭來。

課堂活動：做一支天線，然後到外面去
剪一條 7 公分長的厚紙條，用鋁箔紙包起來，然後立在一塊包了鋁箔紙的正方形上。這就是真正天線的正確大小和正確形狀；真正的接收器還要再加上一台無線電和一台電腦來讀取脈衝。接著到操場去：蹲下、站起來、爬到長椅上。每一次你多看到了什麼？這就是屋頂為天線做的事。

第 4 課

許多耳朵拼成一張地圖

一個屋頂上的一支天線，能聽到直徑幾百公里的一圈天空裡的飛機。要看到整個歐洲，就需要好幾百支天線，裝在住家、機場和學校，分散開來，讓它們的圓圈互相重疊。每一支天線都會把聽到的東西透過網路傳給一台電腦，而電腦會像拼拼圖一樣把這些圓圈拼起來。同一架飛機通常同時被十到二十支天線聽到；電腦會發現那是同一架飛機，只把它畫一次。如果有一支天線說某架飛機在某個地方，而其他所有天線都不同意，電腦就知道那個回報可能是錯的，於是不採用它。

結果就是即時地圖：每一架正在說話的飛機、它在哪裡、多高、多快、往哪個方向，每秒更新一次。現在你已經知道從頭到尾的整條鏈了。飛機聽衛星，算出自己在哪裡。它每秒說兩次，用一則由 112 個「是或否」答案組成的訊息。訊息坐在一道看不見的光波上。屋頂上一隻調好音的金屬耳朵接住了它，只要飛機在地球的弧度上方就行。然後好幾百隻耳朵一起分享它們聽到的東西，就做出了地圖。地面上沒有人測量任何東西。是飛機告訴我們的，我們只是在聽。

最後一個問題，是好的科學家一定會問的那種。地圖上有顯示每一架飛機嗎？沒有。它顯示的是正在說話的飛機。幾乎所有的大型客機都會說話。有些小飛機、滑翔機和熱氣球沒有裝這種無線電，有些軍機則選擇不使用它。所以地圖是誠實的，但並不完整。沒有一張地圖是完整的。

課堂活動：拼圖，然後看真正的地圖
先再用一次地上的方格，不過這次每座塔臺只能聽到教室裡自己那個角落。把大家的紙並排放在一起：合起來就能看到每一架飛機。然後打開真正的地圖，放大到學校。你們這一組跟著一架飛機十分鐘：它的名字、高度、速度、從哪裡來、要到哪裡去。最後用你自己的話，一步一步說出它是怎麼出現在地圖上的整個故事。

天空聆聽者小測驗

選一個答案。如果答錯了，再想一想，換一個試試看；重點是想出為什麼。

1. 1. 飛機多久送出一次訊息？

A. 一天一次
B. 大約每秒兩次
C. 只有飛行員按按鈕的時候

2. **2. 是誰找出飛機在哪裡的？**

A. 衛星從太空監視它
B. 飛機自己算出來，然後告訴大家
C. 航管員用猜的

3. **3. 無線電波是什麼？**

A. 很大的聲音
B. 一種我們眼睛看不見的光
C. 一種風

4. **4. 為什麼要把天線裝在屋頂上？**

A. 為了離飛機近一點
B. 讓它的直線視線越過地球的弧度，看得更遠
C. 因為小鳥喜歡

5. **5. 為什麼地圖需要好幾百支天線？**

A. 一支天線只能聽到直徑幾百公里的一圈天空
B. 天線很容易壞
C. 每架飛機都需要自己的天線

結尾

做出金屬耳朵

現在你已經知道整個故事了：會說話的飛機、看不見的光、金屬耳朵和圓圓的地球，還有由許多聆聽者做出來的地圖。最後一步就是成為其中一位聆聽者。你的老師有一個頁面，說明怎麼為學校做一台真正的接收器，在屋頂上或窗邊裝一支真正的天線。等它開始運作，你們學校上空的飛機就會出現在大地圖上，因為是你們班聽到了它們。

問問老師工作坊的事 https://radar.dataero.eu/zh-hant/learning/workshop

解答

1. 1. 飛機多久送出一次訊息？
   B. 大約每秒兩次 一分鐘裡，飛機會移動 15 公里。如果它一分鐘只說一次話，地圖就永遠是錯的。每秒兩次才能讓地圖保持最新，而且沒有人需要按任何東西。
2. 2. 是誰找出飛機在哪裡的？
   B. 飛機自己算出來，然後告訴大家 衛星只會報時間。飛機量出每一次報時晚了多久到達，算出自己的位置，然後說出來。沒有人去找飛機；是飛機自己說。
3. 3. 無線電波是什麼？
   B. 一種我們眼睛看不見的光 無線電是一種顏色我們眼睛看不見的光。它不需要空氣，能穿過太空，而且比聲音快將近一百萬倍。
4. 4. 為什麼要把天線裝在屋頂上？
   B. 讓它的直線視線越過地球的弧度，看得更遠 從屋頂上到飛機的距離幾乎沒有改變。改變的是直線視線在碰到彎彎的地面之前能延伸多遠。越高就越遠。
5. 5. 為什麼地圖需要好幾百支天線？
   A. 一支天線只能聽到直徑幾百公里的一圈天空 每支天線只能聽到在它自己地平線上方的飛機。許多天線分散開來，讓它們的圓圈互相重疊，就能涵蓋整個大陸，而電腦會把這些圓圈拼起來。