

## ПРИРОДОЗНАВСТВО - 6-11 РОКІВ

# Літаки, що розмовляють

Чотири уроки про те, як кожен літак у небі повідомляє світові, де він, і як ми можемо це слухати. Наприкінці ти зможеш пояснити все від початку до кінця, а частину системи навіть збудуєш сам.

Навчання - <https://radar.dataero.eu/uk/learning/ages-6-11/student> 2026-10-22

**ЗМІСТ**

УРОК 1 Жваве небо і літак, що розмовляє

УРОК 2 Невидиме світло: на чому мчить повідомлення

УРОК 3 Металеві вуха і круга Земля

УРОК 4 Багато вух складають одну карту

Вікторина «Слухач неба»

КІНЕЦЬ Збираємо металеві вуха

**УРОК 1**

## Жваве небо і літак, що розмовляє

Просто зараз над твоєю школою майже напевно є літак. Найімовірніше, не один. Ти їх не бачиш, бо вони на висоті десяти кілометрів, вище за найвищу гору Європи, і летять зі швидкістю 900 кілометрів за годину, тобто 250 метрів щосекунди. У звичайний день Європу перетинає близько тридцяти тисяч літаків. Жоден із них не може як слід бачити інших, і в жодного немає дороги, якою можна їхати. Тож хтось на землі мусить постійно знати, де кожен із них, щоб тримати їх на відстані. Ця людина - диспетчер управління повітряним рухом. Але як людина в кімнаті на землі може знати, де літак, що летить на висоті десяти кілометрів за хмарами?

Довгий час відповіддю був радар: величезна тарілка, що обертається, надсилає радіоімпульс і слухає слабку луну, яка відбивається від літака. Радар і досі існує. Але сьогодні більшість літаків роблять дещо дотепніше. Кожен сучасний літак має на борту супутниковий приймач - такий самий, завдяки якому працює карта в автомобілі чи телефоні, - тож літак завжди точно знає, де він. А ще в літака є маленький радіопередавач. Тож замість того щоб чекати, поки хтось на землі його знайде, **літак просто розповідає всім, де він**. Приблизно двічі щосекунди його радіо надсилає коротке повідомлення: хто я, де я, на якій я висоті, як швидко я лечу. Ніхто про це не просить. Ніхто не натискає кнопку. Повідомлення просто вилітає знову й знову для будь-кого, хто слухає.

Повідомлення не може складатися зі слів. Радіо вміє лише одне: надіслати крихітний імпульс або не надіслати. Тож повідомлення складається з відповідей «так» чи «ні», 112 поспіль, і всі домовилися, що означає кожна. Перші 24 відповіді утворюють ім'я літака - код, який він отримує, коли його будують, і зберігає назавжди, як номерний знак. Відповісти на 24 питання «так» чи «ні» можна майже 17 мільйонами різних способів, тож кожен літак у світі може мати власний код. Останні 24 відповіді - це перевірка: слухач обчислює суму за повідомленням, і якщо сума не збігається, отже, повідомлення дорогою переплуталося, і його викидають. Літак однаково надішле його знову через пів секунди.

Ось що треба запам'ятати з цього уроку, бо багато дорослих помиляються: **ніхто не шукає літак. Літак сам про себе оголошує.** Супутники за ним не стежать; вони лише повідомляють йому час, а решту він обчислює сам.

#### У класі: гра в диспетчерську вежу

Половина з вас - літаки: ви ходите сіткою, накресленою на підлозі, і через кожні кілька кроків виголошуєте своє повідомлення: ім'я, клітинку, висоту, швидкість. Друга половина - диспетчерська вежа: вона позначає кожен літак на паперовій сітці. Потім поміняйтеся. А тоді спробуйте так, щоб літакам дозволялося говорити лише раз на хвилину, і подивіться, як малюнок вежі розсипається. Ось чому справжні літаки говорять двічі на секунду.

## УРОК 2

### Невидиме світло: на чому мчить повідомлення

Повідомлення залишає літак у вигляді радіохвилі. А радіохвиля - це світло. Не щось схоже на світло, а те саме, що виходить із ліхтарика чи від сонця, і мчить воно з тією самою швидкістю - 300 000 кілометрів щосекунди, сім разів навколо Землі за той час, поки ти скажеш «раз».

То чому ж ти його не бачиш? Потруси мотузку повільно - і вийдуть довгі лінійні хвилі; потруси швидко - короткі метушливі. Світло - теж хвиля, і різні кольори - це різні швидкості коливання. Червоний коливається швидко; фіолетовий - ще швидше. Наші очі помічають лише вузьку смугу швидкостей коливання - кольори веселки. Радіо коливається занадто повільно, щоб очі могли це вловити, хоча хвиля літака все одно коливається понад тисячу мільйонів разів на секунду. Радіо - це колір, якого ми не бачимо. Собаки чують свистки, яких не чуємо ми; бджоли бачать на квітах візерунки, яких не бачимо ми; а антена бачить колір світла, якого не бачимо ми.

Оскільки хвиля літака коливається повільно, вона довга: від одного гребеня до наступного - 27 сантиметрів, приблизно довжина лінійки. Підніми лінійку. Тисячі гребенів такого розміру просто зараз проходять крізь клас від кожного літака в межах 400 кілометрів, і ніхто їх не відчуває.

А тепер найважливіше речення цього уроку. **Радіо - це не звук.** Скринька, яку називають «радіо», видає звук, і це заплутує, але самі радіохвилі - це беззвучне світло. Звук - це повітря, що штовхає повітря; йому потрібне повітря, щоб рухатися, і він повільний, приблизно 340 метрів на секунду, тому ти бачиш блискавку раніше, ніж чуєш грім. Радіо не потрібно нічого: воно перетинає порожній простір між супутниками й літаком, де повітря немає зовсім. І воно майже в мільйон разів швидше за звук. Гул двигунів літака - це звук, і він доходить до тебе вже тоді, коли літак давно пролетів. Повідомлення літака - це світло, і воно досягає антени за 20 кілометрів менш ніж за одну десятитисячну секунди.

#### У класі: мотузка і перегони

Попарно зробіть хвилі на мотузці: повільні й довгі, потім швидкі й короткі, і виміряйте їх. Потім перегони найшвидшого гінця: слово, яке пошепки передають уздовж шеренги з двадцяти людей, проти спалаху ліхтарика через увесь зал. Шепіт схожий на звук, що передається від однієї частинки повітря до наступної. Ліхтарик схожий на повідомлення літака.

## УРОК 3

## Металеві вуха і круга Земля

Якщо радіо - це колір, якого ми не бачимо, то хто ж його бачить? Шматок металу, який називають **антенною**. Коли радіохвиля проходить повз шматок металу, вона змушує електрику всередині нього гойдатися туди-сюди в такт із хвилею. Це крихітне гойдання і є слухом, а машина, яку називають приймачем, читає з нього імпульси літака. Озирнися: у Wi-Fi-роутера є антени, в автомобіля - одна на даху, у твого телефона - схована в його краю, а на даху школи їх, напевно, кілька.

Антенна - це налаштоване вухо. Гойдалка злітає найвище, коли її штовхаєш у такт із її власним рухом туди-сюди, а шматок металу «гойдається» електрично найкраще, коли має правильний для хвилі розмір: чверть довжини хвилі. Хвиля літака - 27 сантиметрів, тож найкраща антена для неї має близько 7 сантиметрів заввишки. Ось чому справжня антена - і на літаку, і на землі - це невеликий штирок, а не велика тарілка. Більше тут не означає краще. Важить правильний розмір, а правильний розмір - маленький.

А як далеко металеве вухо може почути літак? Це вирішує дещо несподіване: **Земля кругла**. Радіо - це світло, світло поширюється прямими лініями і не може пройти крізь землю. Тож пряма лінія від антени на даху швидко впирається у вигин Землі, і будь-який літак за цим вигином схований, хоч яким гучним він був би, як корабель, що відплив за горизонт. Що вище ти, то далі за вигин бачиш; ти знаєш це, коли стаєш на стілець, щоб побачити щось поверх натовпу. Ось чому антени ставлять на дахах, щоглах і пагорбах. З даху антена може почути літак на висоті десяти кілометрів з відстані понад 400 кілометрів - це далі, ніж від Брюсселя до Парижа й назад. А от літак, який щойно злетів з аеропорту за 50 кілометрів, може бути повністю схований за Землею, доки не підніметься досить високо, щоб визирнути з-за вигину.

**У класі: збери антену, а потім вийди надвір**

Виріж смужку картону завдовжки 7 сантиметрів, обгорни її фольгою і постав на квадрат, обклеєний фольгою. Це правильний розмір і правильна форма для справжньої антени; справжній приймач додає ще радіо й комп'ютер, щоб читати імпульси. Потім на шкільному підвір'ї: присядь, стань, виліз на лавку. Що з'являється щоразу? Саме це дах і робить для антени.

## УРОК 4

## Багато вух складають одну карту

Одна антена на одному даху чує літаки в колі неба діаметром кілька сотень кілометрів. Щоб бачити всю Європу, потрібні сотні антен - на будинках, в аеропортах і школах, - розставлених так, щоб їхні кола перекривалися. Кожна надсилає те, що чує, через інтернет на комп'ютер, а комп'ютер складає кола разом, як пазл. Той самий літак зазвичай чують одночасно десять чи двадцять антен; комп'ютер помічає, що це той самий літак, і малює його лише один раз. Якщо одна антена повідомляє про літак там, з чим не згодні всі інші антени, комп'ютер розуміє, що це повідомлення, мабуть, помилкове, і не враховує його.

У результаті виходить карта наживо: кожен літак, що говорить, де він, на якій висоті, як швидко, куди, з оновленням щосекунди. І тепер ти знаєш увесь ланцюжок від початку до кінця. Літак слухає супутники й з'ясовує, де він. Двічі на секунду він повідомляє про це в повідомленні зі 112 відповідей «так» чи «ні». Повідомлення мчить на хвилі невидимого світла. Налаштоване металеве вухо на даху ловить його, якщо літак над вигином Землі. А сотні вух разом, ділячись тим, що чують, складають карту. Ніхто на землі нічого не вимірював. Літаки розповіли нам, а ми послухали.

Останнє питання - таке, яке завжди ставить добрий науковець. Чи показує карта кожен літак? Ні. Вона показує літаки, які говорять. Майже всі великі пасажирські літаки говорять. Деякі маленькі літаки, планери й повітряні кулі не мають такого радіо, а деякі військові літаки вирішують ним не користуватися. Тож карта чесна, але не повна. Жодна карта не буває повною.

#### У класі: пазл, а потім справжня карта

Спершу знову сітка на підлозі, але тепер кожна вежа чує лише свій куток кімнати. Покладіть аркуші поруч: разом вони показують кожен літак. Потім справжня карта, наближена до школи. Ваша група стежить за одним літаком десять хвилин: його ім'я, висота, швидкість, звідки він летить і куди. А тоді своїми словами, крок за кроком, розкажіть усю історію того, як він потрапив на карту.

## Вікторина «Слухач неба»

Обери відповідь. Якщо вона неправильна, подумай ще й спробуй іншу; головне - зрозуміти чому.

### 1. 1. Як часто літак надсилає своє повідомлення?

- А. Раз на день
- В. Приблизно двічі щосекунди
- С. Лише коли пілот натискає кнопку

### 2. 2. Хто з'ясовує, де літак?

- А. Супутники стежать за ним із космосу
- В. Літак сам це обчислює і розповідає всім
- С. Диспетчер вгадує

### 3. 3. Що таке радіохвиля?

- А. Гучний звук
- В. Різновид світла, якого не бачать наші очі
- С. Різновид вітру

### 4. 4. Навіщо антену ставлять на дах?

- А. Щоб бути ближче до літаків
- В. Щоб її пряма лінія видимості сягала далі за вигин Землі
- С. Бо це подобається пташкам

**5. 5. Навіщо карті сотні антен?**

- А. Одна антена чує лише коло неба діаметром  
кілька сотень кілометрів
- В. Антени легко ламаються
- С. Кожному літаку потрібна власна антена

**КІНЕЦЬ****Збираємо металеві вуха**

Тепер ти знаєш усю історію: літак, що розмовляє, невидиме світло, металеві вуха і кругла Земля, і карта, яку складають багато слухачів. Останній крок - стати одним зі слухачів. У твого вчителя є сторінка, яка пояснює, як зібрати справжній приймач для школи зі справжньою антеною на даху або біля вікна. Коли він запрацює, літаки над твоєю школою будуть на великій карті, бо їх почув твій клас.

**Запитай учителя про практикум** <https://radar.dataero.eu/uk/learning/workshop>

## Відповіді

1. 1. Як часто літак надсилає своє повідомлення?

**В. Приблизно двічі щосекунди** За одну хвилину літак пролітає 15 кілометрів. Якби він говорив лише раз на хвилину, карта завжди була б неправильною. Двічі на секунду - і карта завжди актуальна, а натискати нічого не треба.

2. 2. Хто з'ясовує, де літак?

**В. Літак сам це обчислює і розповідає всім** Супутники лише вигакують час. Літак вимірює, наскільки запізнюється кожен поклик, обчислює власне місцезнаходження й оголошує його. Ніхто не шукає літак; літак розповідає сам.

3. 3. Що таке радіохвиля?

**В. Різновид світла, якого не бачать наші очі** Радіо - це світло такого кольору, якого не бачать наші очі. Йому не потрібне повітря, воно перетинає порожній простір і мчить майже в мільйон разів швидше за звук.

4. 4. Навіщо антену ставлять на дах?

**В. Щоб її пряма лінія видимості сягала далі за вигин Землі** Відстань угору до літака з даху майже не змінюється. Змінюється те, як далеко сягає пряма лінія видимості, перш ніж упертися в круглу землю. Вище - значить далі.

5. 5. Навіщо карті сотні антен?

**А. Одна антена чує лише коло неба діаметром кілька сотень кілометрів** Кожна антена чує лише літаки над своїм горизонтом. Багато розставлених антен, чиї кола перекриваються, покривають цілий континент, а комп'ютер складає кола разом.