

La balena

propagazione del suono

Una megattera maschio sta emettendo il suo tipico verso, chiamato "canto delle balene". E' un suono molto potente a bassa frequenza (16 Hz). Dato che le onde sonore nell'acqua si propagano ad una velocità di 1500 metri al secondo, calcolare:

- a quale distanza giunge il canto dopo 5 secondi;
- dopo quanto tempo il suono viene udito da una femmina che si trova a 18 km di distanza;
- il periodo e la lunghezza d'onda del suono.

Analisi

Al di là della contestualizzazione naturale, si tratta di un semplice problema riguardante le onde meccaniche.

Risoluzione

Per le prime due domande, in pratica, non dobbiamo fare altro che applicare la legge del moto rettilineo uniforme.

Calcoliamo la distanza percorsa dal suono in 5 secondi:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 1500 \cdot 5 = 7500 \text{ m}$$

Poi calcoliamo il tempo impiegato a percorrere 18 chilometri

$$\Delta s = 18 \text{ km} = 18 \cdot 1000 = 18000 \text{ m}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{18000}{1500} = 12 \text{ s}$$

Per quanto riguarda l'ultima domanda, utilizziamo quello che sappiamo sulle onde meccaniche.

Il periodo è per definizione il reciproco della frequenza:

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{16} = 0,063 \text{ s}$$

La lunghezza d'onda è pari allo spazio percorso in un periodo d'onda:

$$l = v \cdot T = 1500 \cdot 0,063 = 93,75 \text{ m}$$

Il canto della megattera percorre 7 km e mezzo in cinque secondi, e impiega 12 secondi a raggiungere la femmina a 18 km di distanza.

L'onda sonora in questione ha un periodo di 63 millesimi di secondo e una lunghezza d'onda di 93,75 metri.

Il pipistrello

effetto eco

I pipistrelli si orientano anche al buio emettendo ultrasuoni con le narici o con la bocca; con le loro orecchie molto sensibili percepiscono l'eco di questi suoni e riescono a valutare la distanza degli oggetti anche molto piccoli che li circondano.

Per esempio, se un pipistrello riceve l'eco di un albero con un ritardo di 58 ms, a che distanza si trova l'albero?

E se ci fosse una zanzara a tre metri di distanza, con quale ritardo il pipistrello sentirebbe l'eco?

Per entrambe le domande si supponga che la velocità del suono nell'aria sia 340 m/s.

Analisi

Il fenomeno dell'eco non è altro che la riflessione delle onde sonore su una superficie; il suono si propaga alla stessa velocità sia all'andata che al ritorno. Quindi si tratta di nuovo di applicare la legge del moto rettilineo uniforme, facendo però attenzione al fatto che il suono percorre il doppio della distanza (andata e ritorno).

Risoluzione

Il ritardo di 58 millisecondi è il tempo impiegato dall'onda ultrasonica per andare dal pipistrello all'albero e tornare al pipistrello. Quindi:

$$\Delta t = \frac{58}{2} = 29 \text{ ms} = 0.029 \text{ s}$$

A questo punto applichiamo la legge oraria del moto rettilineo uniforme:

$$\Delta s = v \cdot \Delta t = 340 \cdot 0,029 = 9,86 \text{ m}$$

L'albero si trova a 9 metri e 86 centimetri dal pipistrello.

La seconda domanda ci fa fare il calcolo inverso. Infatti lo spazio totale percorso dal suono sarà:

$$\Delta s = 3 \cdot 2 = 6 \text{ m}$$

Di nuovo la legge del moto rettilineo uniforme:

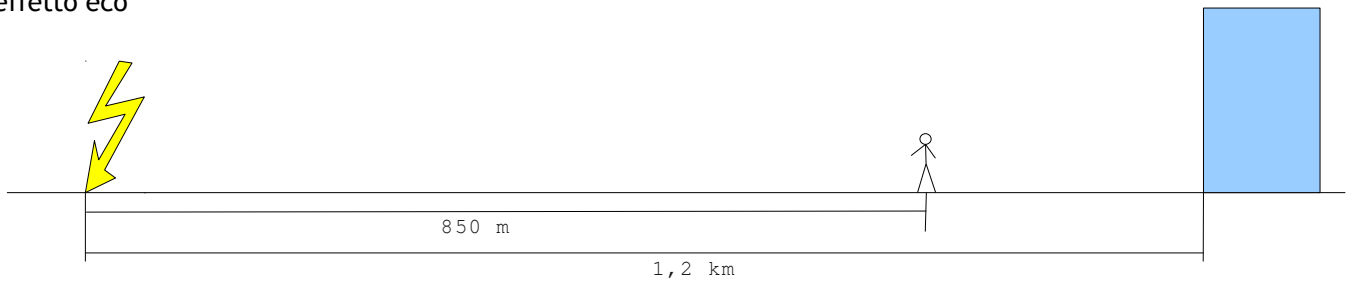
$$\Delta t = \frac{\Delta s}{v} = \frac{6}{340} = 0,017647 \text{ s}$$

Il pipistrello sentirebbe l'eco della zanzara con un ritardo di 17,647 millisecondi.

E non solo "vede" la zanzara, ma la acchiappa al volo. Ne mangia più di 2000 per notte!

Il fulmine

effetto eco



Considerando la disposizione in figura (il rettangolo a destra è una spessa parete di cemento), quante volte la persona sente il tuono? Dopo quanto tempo dalla caduta del fulmine?

Analisi

Si può supporre che il forte suono del tuono verrà riflesso dalla parete di cemento, per cui la persona lo sentirà due volte: una "all'andata" e una "al ritorno" per l'effetto eco. Per calcolare i due tempi applicheremo la legge oraria del moto rettilineo uniforme, sapendo che la velocità del suono nell'aria è di circa 340 m/s.

Risoluzione

Il tempo che passa dalla caduta del fulmine al momento in cui la persona sente il tuono per la prima volta è subito calcolabile, avendo a disposizione spazio e velocità.

$$\Delta t_{\text{eco}} = \frac{\Delta s_1}{v} = \frac{850}{340} = 2,5 \text{ s}$$

Per ottenere il secondo tempo possiamo utilizzare più di un metodo. Per esempio, possiamo calcolare la distanza tra la persona e la parete di cemento:

$$1,2 \text{ km} = 1,2 \cdot 1000 = 1200 \text{ m} \quad d = 1200 - 850 = 350 \text{ m}$$

Poi calcoliamo il tempo dell'effetto eco (dalla persona alla parete e ritorno):

$$\Delta t_{\text{eco}} = \frac{2 \cdot d}{v} = \frac{2 \cdot 350}{340} = \frac{700}{340} = 2,059 \text{ s}$$

Infine sommiamo i tempi per ottenere il tempo totale impiegato dal suono lungo il percorso fulmine --> parete --> persona.

$$\Delta t_2 = \Delta t_1 + \Delta t_{\text{eco}} = 2,5 + 2,059 = 4,559 \text{ s}$$

Si poteva ottenere lo stesso risultato applicando semplicemente la legge oraria del moto rettilineo uniforme alla distanza totale percorsa, cioè $1200\text{m} + 350\text{m} = 1550\text{m}$.

La persona sente il tuono due volte: una 2,5 secondi dopo la caduta del fulmine, e una dopo 4,559 secondi.

L'ambulanza

effetto Doppler

Una persona sta percorrendo una strada in bicicletta alla velocità di 20 km/h. Alle sue spalle si avvicina un'ambulanza alla velocità di 85 km/h, con la sirena accesa. Che frequenza acustica sente la persona in bicicletta quando la sirena emette un suono di frequenza 622 Hz?

Analisi

In questo problema si fa riferimento all'effetto Doppler, secondo cui la frequenza udita si modifica a seconda della velocità relativa tra sorgente e ricevente. In questo caso si stanno muovendo entrambi, per cui occorrerà un calcolo per stabilire la velocità relativa.

Risoluzione

Le velocità sono espresse in chilometri orari, bisogna trasformarle in metri al secondo.

$$v_s = 85 \text{ km/h} = \frac{85 \cdot 1000}{3600} = \frac{85}{3,6} = 23,61 \text{ m/s}$$

$$v_r = 20 \text{ km/h} = \frac{20 \cdot 1000}{3600} = \frac{20}{3,6} = 5,556 \text{ m/s}$$

Dato che i due veicoli si stanno muovendo nella stessa direzione, per avere la velocità relativa occorre una sottrazione:

$$v_{\text{relativa}} = v_s - v_r = 23,61 - 5,556 = 18,06 \text{ m/s}$$

Tutti i dati sono pronti per applicare la legge dell'effetto Doppler.

$$f = f_0 \cdot \frac{v_{\text{suono}}}{v_{\text{suono}} - v_{\text{relativa}}} = 622 \cdot \frac{340}{340 - 18,06} = 622 \cdot \frac{340}{321,94} = 656,88 \text{ Hz}$$

Il ciclista sente la sirena dell'ambulanza con una frequenza di quasi 657 hertz, più alta di quella reale.