

Liceo Scientifico Statale
L. Da Vinci

Fisica

"Gli ultrasuoni"



Studente:
Carmelo Spadaro

V H

2004-2005

Lo sguardo che indaga nel buio

Per il nostro orecchio è silenzio. Eppure nell'aria, alla velocità di 344 metri al secondo, si propagano onde sonore. Sono gli ultrasuoni, la cui frequenza(cioè il numero di oscillazioni in un secondo) è superiore a 20 mila HZ, troppo alta per essere udita dagli esseri umani. Eppure, anche se non lo percepiamo, questo tipo di onda è molto utile sia agli animali che a noi. Esso è oggi usato in molti settori della scienza: dalla medicina(si pensi alle ecografie) alla geologia e oceanografia(sonar e altre apparecchiature per le indagini di questo tipo). Una delle caratteristiche peculiari di queste onde sonore ad alta frequenza è la loro eco di ritorno, netta e chiaramente rilevabile al contrario delle onde di frequenza inferiore. Alcuni animali, in particolar modo pipistrelli e delfini, hanno sviluppato nel corso della loro evoluzione complessi sistemi di emissione di ultrasuoni e ricezione della loro eco che gli permettono di individuare prede e ostacoli e, addirittura, di avere una chiara idea della loro distanza, forma e posizione. Alcune proprietà delle onde permettono quindi di ricavare delle precise informazioni sull' oggetto che colpiscono. Ad

esempio se la lunghezza d' onda dell'eco di ritorno è grande, l'oggetto sarà grande. Oppure se l' eco è netta vuol dire che la superficie esaminata è dura e liscia, mentre se l' eco è confusa, la superficie è una superficie irregolare. Ancora più è lungo il tempo richiesto per il ritorno dell' eco, più sarà lontano l' oggetto considerato.

A caccia muniti di voce

Possiamo quindi considerare pipistrelli e delfini come veri e propri ingegneri del suono, capaci di decifrare queste informazioni per avere ben chiaro dove e come colpire la preda o evitare l'ostacolo. Ripeto che per fare ciò hanno sviluppato strumenti precisissimi. Basti pensare che i pipistrelli sono in grado di catturare circa dieci insetti al minuto. Gli ultrasuoni sono prodotti dal laringe, forzando l'aria fra le pieghe del tessuto che costituisce quest'organo, ed emessi dal naso o dalla bocca. Nel caso di emissione dal naso, la struttura di quest'

ultimo funziona come un megafono. Le narici, infatti, sono posizionate in modo tale da concentrare e focalizzare il suono in un cono davanti all' animale. Per la ricezione dell' eco risulta invece di grande importanza la struttura dell' orecchio. I pipistrelli sono dotati di padiglioni molto sviluppati: all' interno dell' orecchio medio gli ossicini e la membrana timpanica sono piccoli e leggeri in modo da mettersi facilmente in moto. Inoltre questi piccoli mammiferi volanti hanno sviluppato un sistema di autoprotezione, nel senso che quando emettono l'ultrasuono, contraggono i muscoli dell' orecchio in modo da ridurre la sensibilità uditiva e non rimanere assordati..

200 mila Hertz sotto i mari

Gli strumenti di ecolocalizzazione dei delfini sono diversi da quelli dei pipistrelli, e ciò è dovuto alle proprietà acustiche dell' acqua. Qui infatti il suono viaggia circa quattro volte più velocemente che nell' aria, per cui la lunghezza d' onda di ogni frequenza risulta quattro volte maggiore. Poiché gli oggetti riflettono solo lunghezze d'onda uguali o più brevi delle loro dimensioni, i delfini devono emettere ultrasuoni di frequenza altissima, per produrre lunghezze d' onda abbastanza corte. E questo non è facile per animali che vivono in un ambiente in cui non ci si possono permettere sprechi d'aria. Non è più il laringe che produce i suoni, ma un complesso sistema di sacche e aperture nasali, in cui l'aria viene spinta avanti e indietro per produrre energia

sonora, che viene poi trasferita in una particolare regione della parte superiore del muso detta “melone”. Questo è un corpo grasso pieno di olio, che innanzitutto evita che l'energia sonora venga dispersa, poiché il passaggio del suono dall'olio all'acqua è migliore di quello dall'aria all'acqua. Inoltre il melone focalizza l'energia sonora in un unico fascio di onde. Così ci sono alcune specie di delfini che producono frequenze di addirittura 200 mila hertz. Sorge però il problema della ricezione dell'eco di ritorno, dal momento che l'energia sonora viene in gran parte assorbita dalla superficie corporea. Ma i delfini hanno risolto questo inconveniente isolando il loro orecchio interno dal suono propagato attraverso i tessuti. Il segnale quindi arriva all'orecchio interno puro, poiché trasmesso attraverso l'acqua viene ricevuto da uno speciale ammasso di grasso situato nella mascella inferiore. Da qui passa nell'orecchio attraverso un'area di tessuto osseo molto sottile, detta finestra acustica. A questo punto il delfino dispone di tutte le informazioni necessarie per identificare il bersaglio(preda o ostacolo).

Ecografia tridimensionale

Il sistema impiegato da pipistrelli e delfini per “vedere” attraverso gli ultrasuoni è utilizzato anche dall' uomo con apparecchiature che producono e ricevono onde sonore ad alta frequenza. Il primo di questi fu costruito nel 1917 dallo studioso francese Paul Langevin. Il sistema di localizzazione ad ultrasuoni, il sonar, fu costruito nel 1941 dall' americano Frederick Hunt, che si basò sulle scoperte di Langevin. Il dispositivo consisteva in un oscillatore per la produzione di ultrasuoni e in un trasduttore per la ricezione dell'eco di ritorno. Visto che a differenza dei Raggi X, gli ultrasuoni non risultano nocivi per un feto in gestazione, nel 1958 l'inglese Ian Donald sviluppò la tecnica del sonar per ottenere un'immagine del bambino nel grembo materno. Nacque così l'ecografia, che dalle prime confuse immagini si è sviluppata fino a raggiungere, negli ultimi anni, un elevato livello di definizione addirittura in tre dimensioni, in tempo reale, della struttura e dei movimenti degli organi interni. Per ottenere questi risultati è

necessario però un sistema di acquisizione e di elaborazione delle immagini mille volte più veloce di quelli impiegati per altre tecniche di diagnostica per immagini, come la risonanza magnetica o la TAC. Basti pensare che durante un ecografia di dieci minuti vengono prodotte tante immagini da poter riempire seimila Cd-Rom. È inoltre possibile visualizzare il flusso di sangue nelle vene oppure l'afflusso di questo al cuore. Prima di praticare un'ecografia, sul ventre della madre viene spalmato uno strato di gel, la cui consistenza serve a evitare la presenza di aria e quindi a permettere una migliore propagazione delle onde sonore (questa tecnica è stata suggerita proprio dal melone dei delfini). Successivamente viene fatto scorrere il trasduttore e gli ultrasuoni arrivano all'embrione. Le diverse parti del suo corpo riflettono le onde in modi differenti, a seconda della loro densità, e le caratteristiche dell'eco di ritorno permettono di ottenere un'immagine scandita del bambino. Tale immagine è in due dimensioni. Per le nuove ecografie tridimensionali si impiegano computer che accostano o sovrappongono le immagini bidimensionali, ottenute in sequenza e nelle diverse

posizioni,delle parti del corpo del bambino,ricostruendo una figura in 3D. Immagine dopo immagine si arriva ad avere tutto il corpo in tre dimensioni,completo di organi interni. La precisione di questo esame è tale che,sempre con il computer è possibile ottenere sezioni del corpo e osservare i singoli organi e la loro conformazione.

Le immersioni del sonar

In campo scientifico gli ultrasuoni vengono utilizzati negli studi geologici e biologici dei fondali marini. Sono utilissimi per determinare la profondità e per localizzare oggetti sommersi o branchi di pesce. Le onde sonore(ultrasuoni compresi)si propagano nell'acqua a 1400 metri al secondo. Sapendo questo dato e misurando l'intervallo di tempo che intercorre tra la trasmissione e il ritorno dell'onda riflessa è possibile ricavare le informazioni necessarie. Negli ultimi anni sono stati costruiti dei “sonar-pesci”,cioè degli apparecchi comandabili a distanza che, una volta immersi in acqua,si dirigono nella zona da mappare e la

scansiscono punto per punto. Andando avanti e indietro emettono e ricevono le onde sonore. In questo modo trasmettono dati continui che danno la possibilità di tracciare un profilo geologico completo. Non possiamo sentire gli ultrasuoni, che però possono farci “vedere” bambini non ancora nati e profondità del mare.

Le onde sonore

Naturalmente gli ultrasuoni appartengono a una delle classi di onde sonore esistenti, cioè quelle ad alta frequenza. Ma non dobbiamo dimenticare che esistono le onde a bassa frequenza e, ovviamente quelle con frequenza percepibile dall'uomo. Tutti questi tipi di onde si comportano allo stesso modo, sono cioè regolate dalle stesse leggi fisiche, solo che quando ne studiamo l'andamento otteniamo qualche risultato differente. Ciò è dovuto ad alcune caratteristiche come: l'intensità (che dipende dall'energia trasportata dall'onda); l'altezza (determinata dalla frequenza dell'onda); il timbro. Queste peculiarità del suono dipendono dal modo di vibrare della materia all'interno della sorgente

sonora. A differenza della luce le onde sonore non si propagano nel vuoto, poiché esse sono trasportate dalla materia, per cui in assenza di questa il suono si annulla. La velocità di propagazione del suono dipende dalle caratteristiche fisiche del mezzo. Come sappiamo nell'acqua un'onda viaggia molto più velocemente che nell'aria.

Formulario

La perturbazione prodotta dall'onda passa con continuità da valori positivi a valori negativi che si ripetono dopo un certo intervallo. Questo intervallo è detto lunghezza d'onda λ . Questa lunghezza d'onda è definita in un certo intervallo di tempo che, per ogni lunghezza della stessa onda, è lo stesso e si chiama periodo T . Così come avviene in cinetica la velocità di un'onda è spazio diviso il tempo:

$$v = \lambda : T. \quad (\text{u.d.m.-metri al secondo})$$

La frequenza è l'inverso del periodo:

$$f=1:T \text{ . (u.d.m.-hertz)}$$

Da qui si può ricavare che la velocità si può anche scrivere:

$$v=(1:T) \times \lambda=f \times \lambda.$$