



Andrea Danani

LE ONDE E NOI

Cosa sappiamo
sulle onde elettromagnetiche





Andrea Danani

LE ONDE E NOI

Cosa sappiamo
sulle onde elettromagnetiche

© copyright 2019 by Carocci editore

Finito di stampare nel mese di ottobre 2019 da Eurolit

Progetto grafico di Ulderico Iorillo e Valentina Pochesci

Riproduzione vietata ai sensi di legge (art. 171 della legge 22 aprile 1941, n. 633)

Senza regolare autorizzazione, è vietato riprodurre questo volume anche parzialmente e con qualsiasi mezzo, compresa la fotocopia, anche per uso interno o didattico.

Volume stampato su Fedrigoni Arcoprint 300 g (copertina) e 100 g (interni)





05 Prefazione

07 **PARTE PRIMA** LE ONDE E NOI

08 Introduzione

10 Che cos'è un'onda

13 Le onde sonore: avere un buon orecchio!

15 Caratteristiche del suono

17 L'effetto Doppler: sensori e angiografie

18 Le onde elettromagnetiche

25 Esempi nel quotidiano: forno a microonde e wi-fi

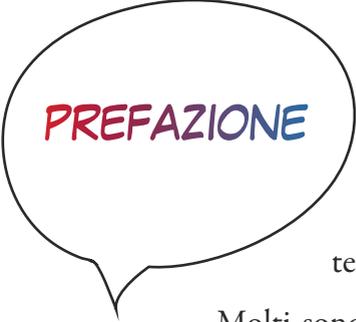
35 Campo magnetico terrestre: la magnetorecezione

37 Olfatto: anche qui una questione di onde?

40 Conclusioni

41 **PARTE SECONDA** ONDA SU ONDA...

55 Glossario



PREFAZIONE

Quanto sono conosciute le ricadute, sulla nostra vita quotidiana, della ricerca scientifica e della pratica medica? Quali sono le “passioni” e le motivazioni che animano i ricercatori e i professionisti della salute? Che cosa conosciamo della loro professione?

Molti sono gli sforzi che la società mette in atto per far conoscere la scienza e le sue implicazioni alle persone comuni. Pensiamo, ad esempio, alla varietà di opuscoli che promuovono l'importanza di uno stile di vita sano e, in generale, il benessere. Naturalmente anche la scuola fa la sua parte, proponendo dei principi di alfabetizzazione scientifica e la sensibilizzazione su una serie di tematiche che favoriscono la costruzione di una cultura scientifica per i nostri giovani.

Il progetto *Let's Science!* – realizzato da Fondazione IBSA per la ricerca scientifica in collaborazione con il Dipartimento dell'educazione, della cultura e dello sport del Canton Ticino (DECS) – prende avvio proprio da queste riflessioni. Il partenariato ha permesso di individuare interessanti aree tematiche che sono state affrontate coinvolgendo gli scienziati operanti sul territorio cantonale. Sono state così accostate due realtà – la ricerca scientifica e la scuola – spesso distanti, favorendo il dialogo tra professionisti e allievi, coinvolti in workshop tematici allo scopo di sviluppare una sensibilità sia al tema che alla sua comunicazione.

Ma qual è stato l'orizzonte tematico del progetto e quali le riflessioni che hanno portato a determinate scelte strategiche? La scienza e la ricerca, specie nella biomedicina e nelle discipline correlate, avanzano rapidamente e il continuo ampliarsi dei campi di indagine richiede un costante sforzo di aggiornamento per mantenere sia una prospettiva storica che per accogliere le non poche novità. Poter disporre di informazioni scientificamente corrette, proposte attraverso un linguaggio accessibile, apre la possibilità a ragazze e ragazzi di avvicinarsi e appassionarsi a tematiche giudicate in genere “difficili”.

Nasce così la collana *Let's Science!* che si propone di ampliare il panorama degli argomenti scientifici che possono essere approfonditi a scuola. I temi, di natura interdisciplinare e direttamente correlati con la salute e il benessere della persona, sono presentati in modo innovativo: il testo scientifico è infatti

accompagnato da una storia realizzata partendo dall'esperienza di classi delle scuole medie cantonali che, accompagnate dai loro docenti, hanno sviluppato delle sceneggiature originali tradotte poi in altrettanti fumetti da professionisti del settore.

Non ci resta, dunque, che invitare il giovane lettore a lasciarsi sorprendere dai campi di ricerca di sicuro fascino di *Let's Science!* che aprono a loro volta opportunità di ulteriori domande e approfondimenti. Chissà che qualcuno tra questi lettori non diventi a sua volta un giorno colei o colui che compirà importanti passi avanti nella comprensione della complessità della vita e del delicato equilibrio che permette di vivere sani e felici. Buona lettura!

SILVIA MISITI

Direttore della Fondazione IBSA per la ricerca scientifica

NICOLÒ OSTERWALDER

Consulente didattico della Divisione scuola per le scienze naturali (DECS)

Le onde
e noi

PARTE PRIMA





INTRODUZIONE

Nel mondo moderno, i mezzi di comunicazione quali la radio, la televisione, il telefono e internet ci permettono di ricevere o trasmettere informazioni con grandissima facilità e rapidità. Ci siamo talmente abituati che ci infastidiamo appena vi sono dei piccoli problemi di trasmissione.

Ma come avviene questa trasmissione di informazioni che è diventata per noi così importante? La risposta sta nel titolo di questo volume: si tratta di una questione di onde.

Vediamo con un esempio come si poteva trasmettere un messaggio in passato, senza fare capo ai moderni mezzi di comunicazione. Nel 1742, per trasmettere a San Pietroburgo la notizia dell'incoronazione dell'imperatrice Elisabetta a Mosca, venne disposta lungo il tragitto tra le due città una catena di soldati con delle bandierine. Al momento dell'incoronazione il primo agitò una bandierina, dopo di lui il secondo e così via. In questo modo la notizia arrivò fino a San Pietroburgo dove, allo sventolio dell'ultima bandierina, un cannone sparò. Questo è un esempio di trasmissione ondosa.

Il termine **onda**, prima di essere un termine scientifico, è una parola comune con una storia antichissima. Proviene dalla parola latina *unda* che, come in italiano, indica le increspature sulla superficie dell'acqua. Ma il collegamento con l'acqua è molto più profondo. Il termine latino, infatti, si rifà alla radice greca *hyd-* che compare nella parola *hydor*, che vuol dire, appunto, "acqua", e si ritrova in italiano in tutte le parole che iniziano per "idr-", come idraulico, idrico ecc. La radice, tuttavia, è ancora più antica, e risale all'indoeuropeo, e cioè a un tempo in cui quasi tutte le lingue europee (e alcune asiatiche) erano un'unica lingua. La radice indoeuropea *vud-*, o *vad-* è riconoscibile in moltissime lingue e indica l'acqua o concetti strettamente collegati. Benché le onde nell'acqua siano in realtà, come vedremo, solo un particolare tipo di onde, a questa parola così ancestrale è collegato un concetto fisico molto più vasto e importante.

Possiamo dire, in generale, che se vogliamo trasmettere informazioni, dobbiamo trasportare energia. Questo trasporto avviene da una sorgente a un ricevitore. Per comunicare con qualcuno, possiamo ad esempio parlare direttamente,

telefonare, mandare una lettera o scrivere una e-mail. Oppure usare il clacson per avvertire di un pericolo.

In tutti questi esempi sono presenti una **sorgente** (corde vocali, telefono, lettera, computer, clacson), un **mezzo di trasmissione** (aria, cavo telefonico, servizi postali, fibra ottica) e un **ricevitore** (orecchie, telefono, occhi, computer) [figura 1 ]. Quando il trasporto dell'energia avviene senza trasporto o scambio di materia, si parla di propagazione in forma ondosa.

 **Figura 1** Schema di trasmissione

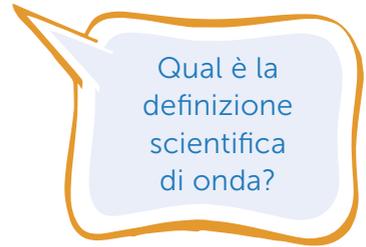


Senza esserne pienamente consapevoli, noi viviamo in un mondo pieno di onde: quelle **naturali**, quali appunto le citate onde nell'acqua o i terremoti, come pure la luce, le onde radio e le radiazioni infrarosse che l'atmosfera terrestre lascia passare; ma anche quelle **artificiali** create dall'uomo (telecomunicazioni, wi-fi, raggi X, forno a microonde ecc.). La nostra percezione del mondo passa in modo fondamentale attraverso i nostri organi di senso che raccolgono gli stimoli e li inviano al cervello che si occupa della loro rielaborazione; in questo modo vengono processati diversi tipi di onde (che divengono a tutti gli effetti dei segnali).

Obiettivo di questo volume è spiegare il concetto di onda e illustrare la relazione degli esseri viventi, uomini e animali, con alcuni fenomeni ondulatori molto importanti. Partendo dagli organi di senso e dalla tipologia di onda, verranno discussi diversi esempi di interazione, sia in qualità di sorgente che di ricevitore. Inoltre, saranno mostrati alcuni esempi di applicazioni tecnologiche delle onde, dove l'uomo è riuscito ad addomesticare e sfruttare alcuni tipi di onde in modo controllato.

CHE COS'È UN'ONDA

In fisica, l'onda viene definita come una **perturbazione** che si propaga nello spazio e può trasportare energia da un punto a un altro. Perché questo avvenga, è necessaria la presenza di un mezzo che, al passaggio dell'onda, si deformi tramite una vibrazione locale. Le particelle del mezzo quindi non viaggiano assieme all'onda; viaggia solo la perturbazione che esse subiscono. È ciò che avviene nelle cosiddette onde meccaniche. Questa idea del mezzo di propagazione è rimasta valida fino all'inizio del XX secolo, quando si dimostrò che le onde elettromagnetiche hanno la straordinaria proprietà di propagarsi nel vuoto, inteso come assenza di materia. A “vibrare”, in questo caso, è un ente immateriale e un po' misterioso detto **campo elettromagnetico**, che produce però, come vedremo in seguito, una molteplicità di effetti reali ben noti sulla materia.



All'origine dell'onda c'è sempre una serie di impulsi di natura oscillatoria. Vibrano le corde vocali, vibra la membrana dell'altoparlante, oscillano gli elettroni in un'antenna radio o in una lampadina.

Le onde si possono dividere in due grandi categorie: le onde meccaniche e le onde elettromagnetiche.

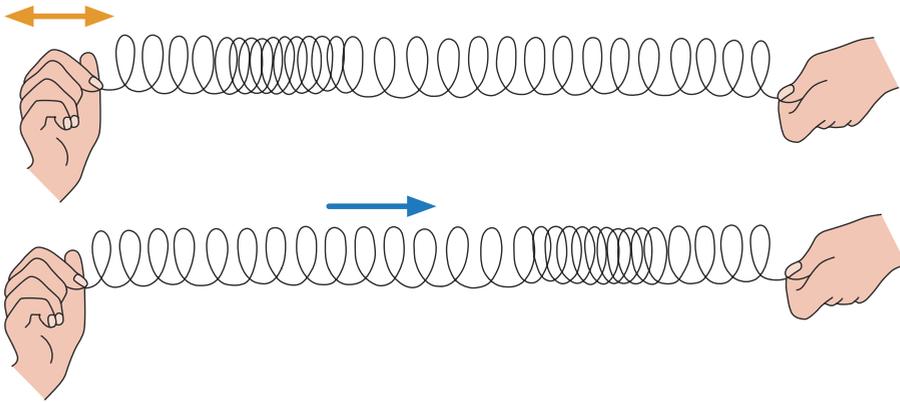
Per permettere la propagazione dell'energia nelle onde meccaniche sono necessari tre elementi:

- ⊙ una sorgente della perturbazione;
- ⊙ un mezzo che subisca la perturbazione;
- ⊙ una connessione di tipo elastico che connetta la materia perturbata a quella adiacente.

Le onde meccaniche sono a loro volta di tre tipi, a seconda di come vibra localmente il mezzo di propagazione: longitudinali, trasversali o miste.

Nelle onde **longitudinali**, le particelle del mezzo in cui si propaga l'onda oscillano lungo la direzione di propagazione. Il suono, una molla tirata avanti

 **Figura 2** Onda longitudinale



e indietro o una sbarra di acciaio colpita da un martello, sono esempi in cui si propaga un'onda longitudinale [figura 2 

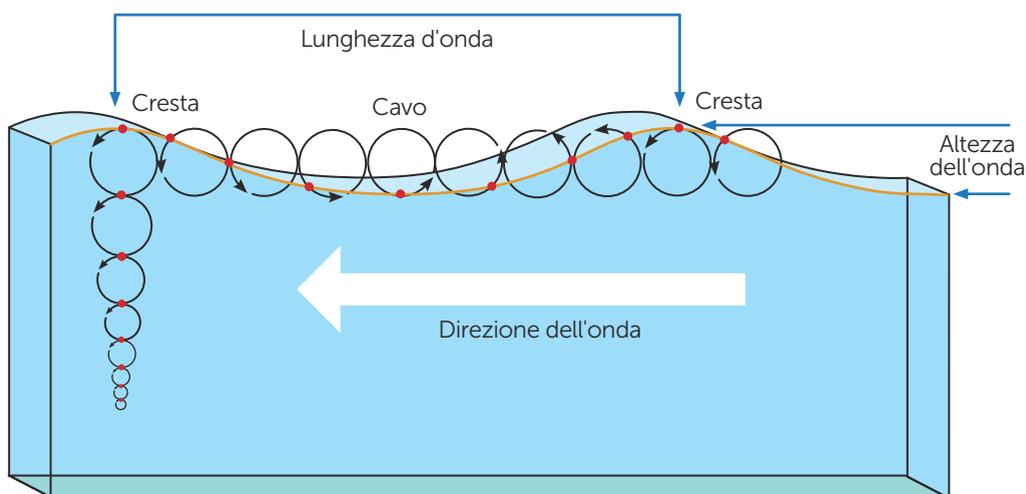
Nelle onde **trasversali**, le particelle del mezzo oscillano perpendicolarmente alla direzione di propagazione. In una molla tirata su e giù oppure nella corda di uno strumento si propaga un'onda trasversale. La famosa ola negli stadi è un esempio macroscopico di onda trasversale, dato che gli spettatori si alzano e abbassano sul posto [figura 3 

 **Figura 3** Onda trasversale



Nelle onde **miste**, si ha una sovrapposizione dei due movimenti. L'esempio più noto è quello delle onde che si propagano in un liquido. Osservando attentamente una boa sulla superficie dell'acqua, si noterà che questa non fa solamente su e giù, ma anche avanti e indietro, dando luogo a una rotazione delle particelle d'acqua attorno a un punto. Ciò è dovuto all'incompressibilità dell'acqua, che non è in effetti un vero mezzo elastico, e rende complicata l'analisi del moto ondoso al suo interno [figura 4 ].

 **Figura 4** Onda mista



Come vedremo più avanti, nelle onde elettromagnetiche ciò che si propaga oscillando è l'intensità di un campo elettromagnetico, che è costituito dalla combinazione di un campo elettrico e di un campo magnetico. È generato da una distribuzione di cariche ferme o in movimento e la sua propagazione può avvenire anche nel vuoto.

Le onde interessano in pratica tutti gli aspetti della scienza moderna. Nelle prossime pagine indagheremo la nostra capacità di percezione del mondo circostante tramite le onde. Verranno presentate svariate tipologie di onde e la **relazione** molto stretta che esiste **con le nostre capacità sensoriali**.



LE ONDE SONORE: AVERE UN BUON ORECCHIO!

Il suono è un esempio di onda meccanica. Di fatto, è un'onda la cui sorgente è un corpo che vibra, come le corde di una chitarra, le corde vocali o una lamina di metallo. Il mezzo di propagazione è normalmente un gas, spesso l'aria [figura 5 ].

Ad esempio, la vibrazione di una lamina crea zone di compressione e di rarefazione dell'aria che si propagano: la grandezza che oscilla in questo caso è la pressione dell'aria (o la densità).

Il suono che ne risulta è un'onda longitudinale formata da successive compressioni e rarefazioni del mezzo, e per questo è chiamato **onda di pressione** o onda di densità. Noi udiamo il suono perché l'onda sonora fa vibrare il nostro timpano [figura 6 ].

Osserviamo ora, più in dettaglio, la struttura dell'orecchio umano e, in particolare, le sue tre sottostrutture: l'orecchio esterno, medio e interno [figura 7 ].

- ⊙ **Orecchio esterno** (padiglione e condotto uditivo): il condotto uditivo (1 ~ 25 mm) funge da risonatore alla frequenza di circa 3.500 Hz.
- ⊙ **Orecchio medio** (timpano, ossicini e finestra ovale): il sistema di ossicini (leva di I tipo) trasmette le vibrazioni del timpano all'orecchio interno tramite la finestra ovale.
- ⊙ **Orecchio interno** (coclea e nervo acustico/canali semicircolari): è un sistema idrodinamico complesso (coclea), contenente un fluido (perilinfia) e i recettori nervosi (cellule ciliate). Qui avviene la conversione da impulsi meccanici a segnali nervosi.



CARATTERISTICHE DEL SUONO

- ⊙ **Altezza**: distingue un suono acuto da uno grave e dipende dalla frequenza fondamentale della vibrazione. Maggiore è la frequenza, più acuto è il suono; minore è la frequenza, più grave è il suono.

Figura 5 Onde sonore

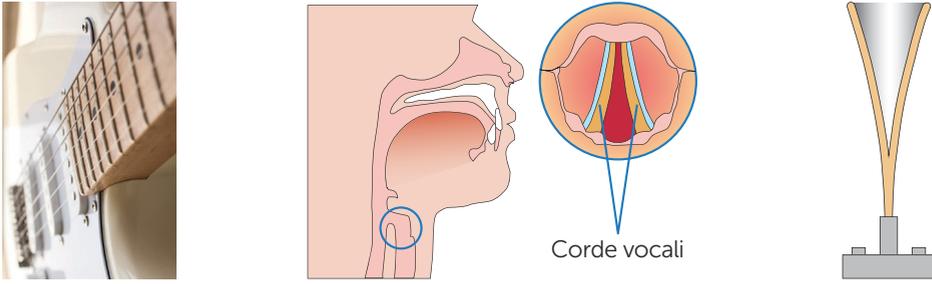


Figura 6 La percezione del suono

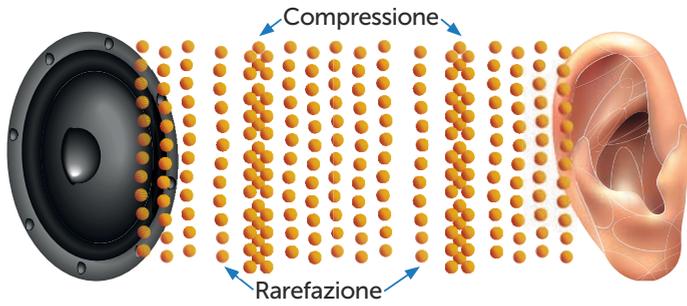
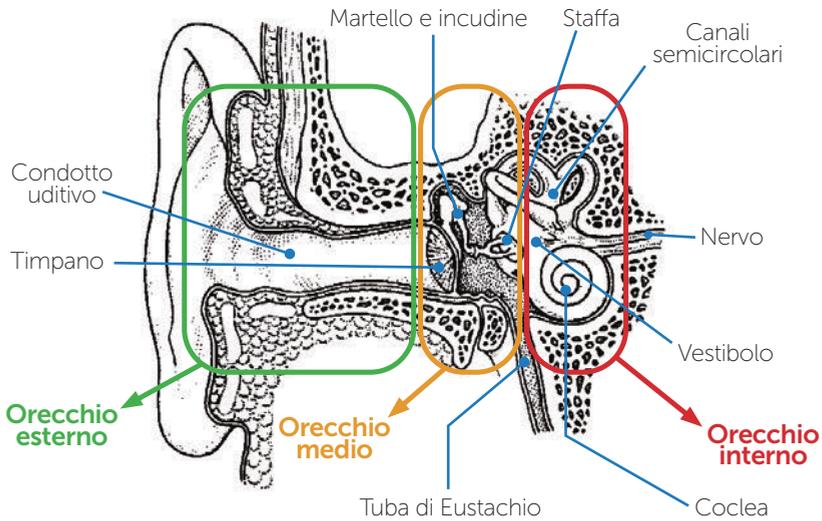
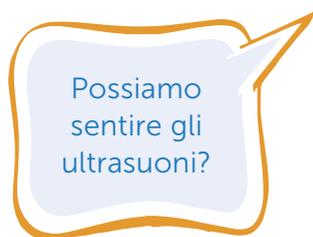


Figura 7 Struttura dell'orecchio umano



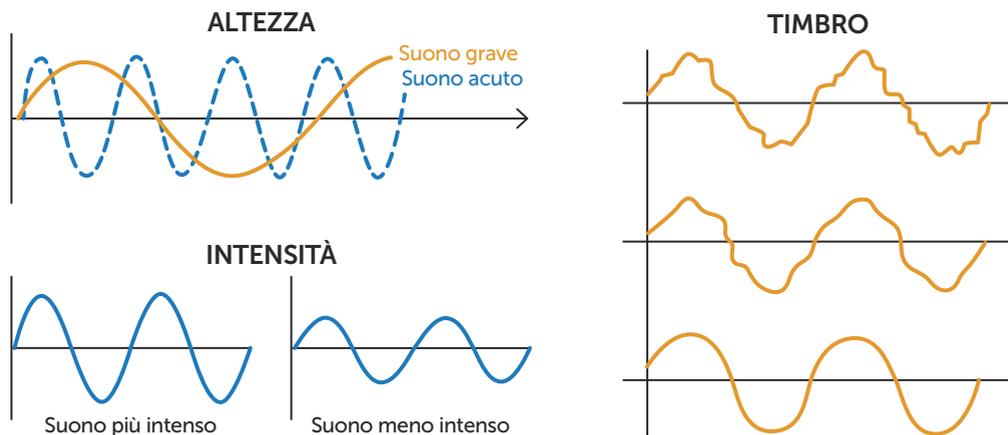
- ⊙ **Intensità:** distingue un suono ad alto volume da uno a basso volume e dipende dall'ampiezza dell'oscillazione, quindi dall'energia della perturbazione; un'ampiezza maggiore equivale a un suono più forte e una minore a un suono più debole.
- ⊙ **Timbro:** dipende dalla particolare legge periodica con cui oscilla l'onda sonora. È un segno caratteristico di ogni sorgente del suono. Più le frequenze sono alte, più il suono è stridulo [figura 8 📖].

La frequenza del suono si misura in Hertz (Hz), dal nome del fisico tedesco Heinrich Rudolf Hertz. Un Hertz equivale a un'oscillazione completa nel tempo di un secondo: se un suono è di 500 Hz significa che il corpo che lo produce vibra 500 volte al secondo. In natura i suoni variano da un minimo di 1 Hz a un massimo di circa 1.000.000 Hz.

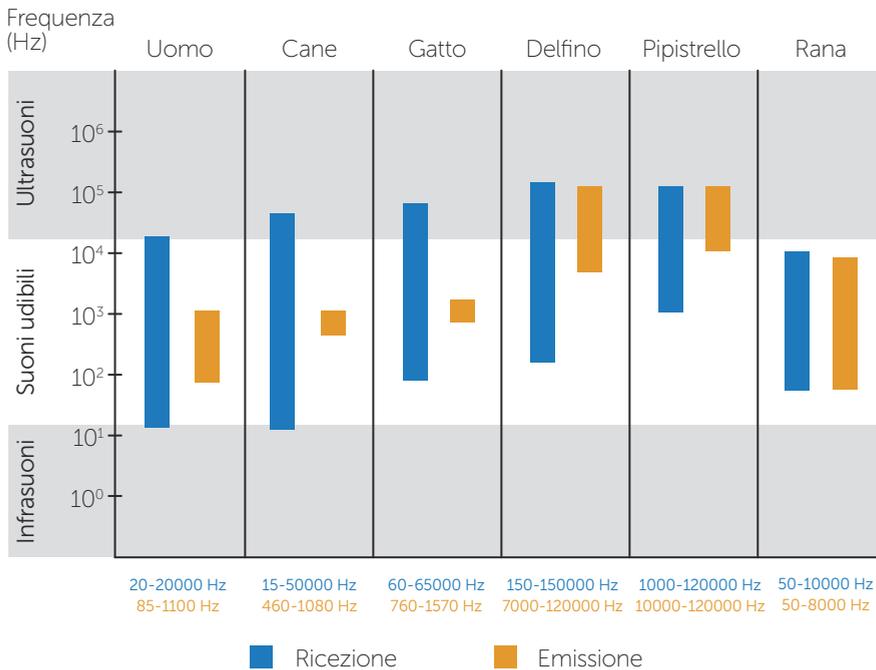


L'orecchio umano percepisce i suoni compresi tra 20 Hz e 20.000 Hz. I suoni con frequenza <20 Hz sono chiamati **infrasuoni**; quelli >20.000 Hz **ultrasuoni**. Molti animali sono in grado di udire questi tipi di suono, perché dotati di un udito con un campo di frequenza più esteso di quello umano [figura 9 📖].

📖 **Figura 8** Caratteristiche del suono



 **Figura 9** Frequenza del suono

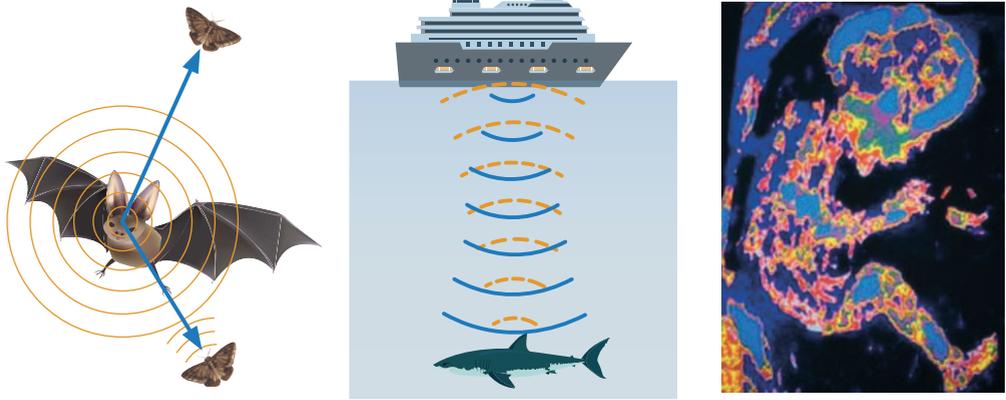


Le proprietà degli ultrasuoni sono sfruttate in molti campi [figura 10 ]. I **pipistrelli**, ad esempio, riescono a percepire l'ambiente intorno a loro e a orientarsi anche al buio grazie a un sofisticato sistema chiamato **ecolocalizzazione** (biosonar): emettendo brevi ultrasuoni nell'ambiente e ascoltando l'eco di ritorno riescono a localizzare e a stimare la distanza degli oggetti, anche se sono di piccole dimensioni.

Il **sonar** è un dispositivo utilizzato in campo navale che, misurando il tempo di andata e ritorno degli ultrasuoni riflessi, consente di misurare la profondità del mare e la distanza degli oggetti sotto la sua superficie.

In medicina l'applicazione più conosciuta degli ultrasuoni è l'**ecografia**. Attraverso questo strumento diagnostico, che misura i tempi di riflessione degli ultrasuoni che genera, si ottiene ad esempio l'immagine del feto nel ventre della madre.

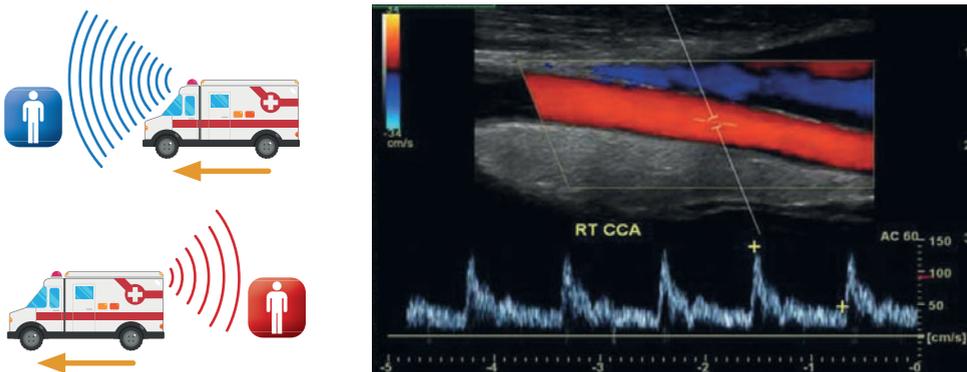
 **Figura 10** Esempi di uso degli ultrasuoni



L'EFFETTO DOPPLER: SENSORI E ANGIOGRAFIE

La frequenza di un'onda periodica rilevata da un ricevitore in moto rispetto alla sorgente è diversa da quella di un ricevitore fermo rispetto alla sorgente. Quando sentiamo la sirena di un'ambulanza che si avvicina a noi e poi si allontana, percepiamo prima un suono più acuto e poi uno più grave. Lo stesso avviene con le automobili di Formula 1 che sfrecciano sulla pista.

 **Figura 11** L'effetto Doppler



Molti sensori di movimento sfruttano questo effetto, chiamato **effetto Doppler**: l'onda riflessa ha una frequenza minore o maggiore a seconda che l'oggetto in moto si allontani o si avvicini. In medicina, mediante l'effetto Doppler degli ultrasuoni si misura anche la velocità del sangue nelle vene e nelle arterie [figura 11 ].

LE ONDE ELETTROMAGNETICHE

Le onde elettromagnetiche sono la combinazione di campi elettrici e magnetici che si propagano perpendicolari fra loro nello spazio con caratteristiche ondulatorie [figura 12 ]. La loro velocità di propagazione è indicata con la lettera "c" e corrisponde a circa 300.000 km/s.

La particolarità delle onde elettromagnetiche è che, a differenza delle onde meccaniche, non necessitano di un mezzo di trasmissione ma riescono a propagarsi anche nel vuoto. In altre parole, non possiamo vederle direttamente, ma sappiamo che esistono, che sono praticamente ovunque intorno a noi e ne possiamo misurare gli effetti indiretti. L'insieme delle onde elettromagnetiche costituisce il cosiddetto **spettro elettromagnetico**. All'interno dello spettro, le onde elettromagnetiche sono classificate in base alla lunghezza d'onda e alla frequenza [figura 13 ].

Un'**antenna trasmittente** è un dispositivo in grado di irradiare onde elettromagnetiche, convertendo un segnale elettrico. Inversamente, se l'**antenna ricevente** delle onde trasformandole in segnale elettrico si parla di antenna ricevente.

L'effetto delle onde elettromagnetiche sulla materia, sull'uomo e, in generale, sui sistemi biologici dipende dalla loro frequenza e dalla quantità di energia trasportata.

L'atmosfera lascia passare solo la radiazione visibile, le onde radio e una parte delle radiazioni infrarosse. Per osservare le emissioni gamma, X e ultraviolette degli astri dobbiamo andare nello spazio.

Le onde permettono di studiare fenomeni distanti nello spazio e nel tempo: l'astronomia e l'astrofisica basano le loro osservazioni sullo studio dello

Figura 12 Onde elettromagnetiche

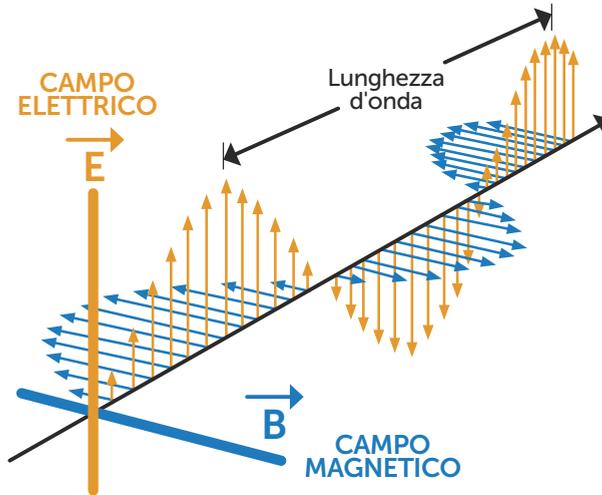
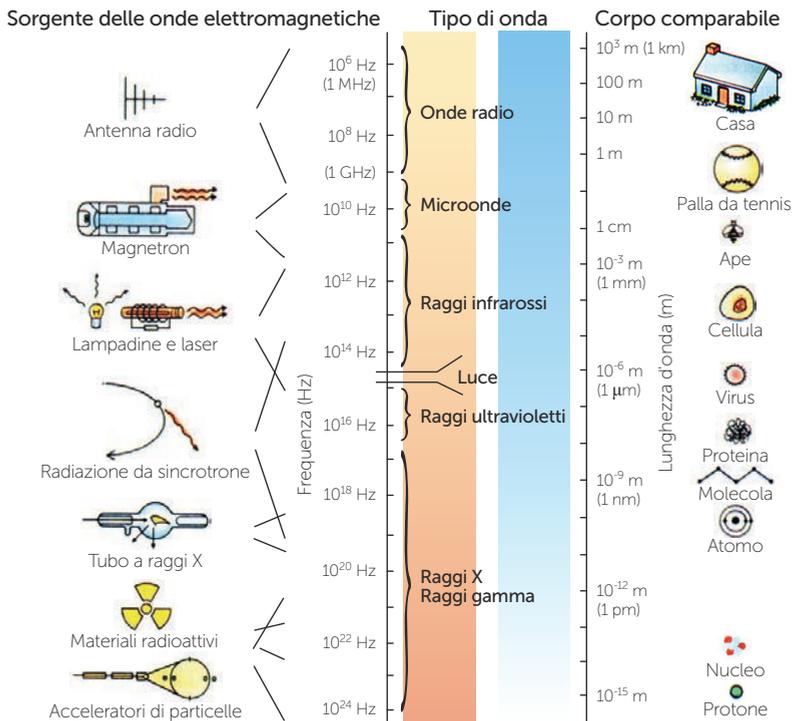


Figura 13 Spettro elettromagnetico



spettro delle radiazioni elettromagnetiche provenienti dai corpi celesti, dalla materia interstellare e dallo spazio profondo. Le radiazioni studiate occupano tutto lo spettro delle onde elettromagnetiche e provengono da distanze tali che la loro origine può risalire a tempi remoti, addirittura a i primi istanti di vita dell'universo.

Le **onde radio** occupano la parte a bassa frequenza dello spettro, con lunghezze d'onda comprese tra 10 km e 10 cm. I segnali televisivi, ad esempio, viaggiano su onde che hanno lunghezza d'onda di circa 1 metro [figura 14 ].

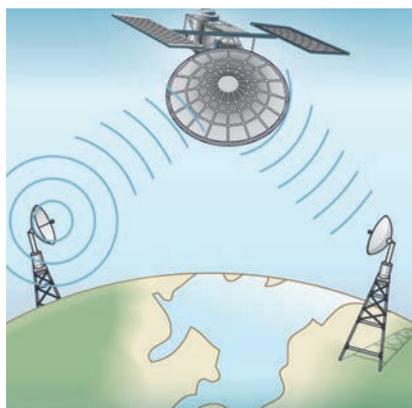
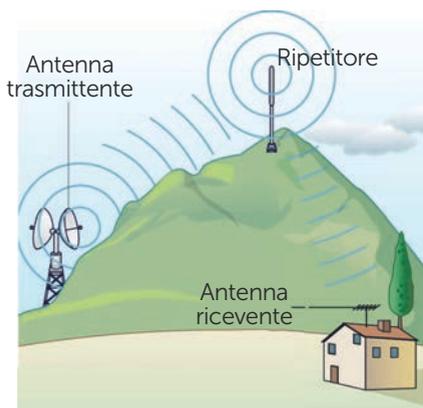
La lunghezza d'onda delle **microonde** è compresa tra qualche decina di centimetri e il millimetro. Sono utilizzate nelle comunicazioni radar e telefoniche e nelle applicazioni come, ad esempio, il forno a microonde, che analizzeremo in seguito più in dettaglio.

La radiazione **visibile** è costituita dalle onde elettromagnetiche che percepiamo sotto forma di **luce**. Questa parte dello spettro elettromagnetico è compresa tra la lunghezza d'onda di 7×10^{-7} m (rosso) e 4×10^{-7} m (violetto) [figura 15 ].

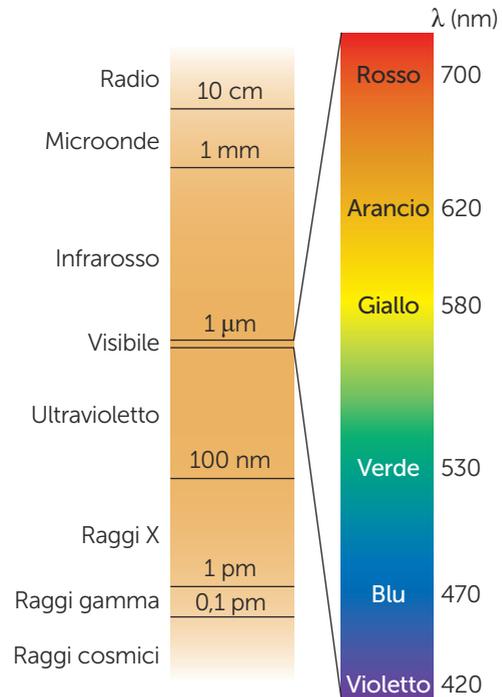
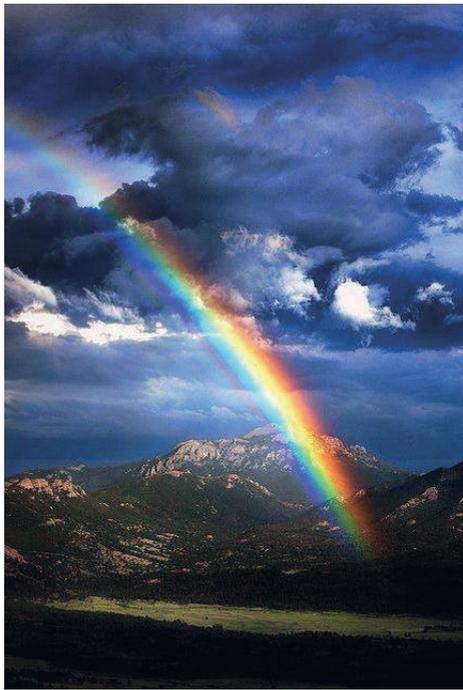
Il **colore** è una sensazione che nasce nel nostro sistema visivo quando è stimolato da onde di una



 **Figura 14** Le onde radio



 **Figura 15** La radiazione visibile



particolare lunghezza e la maggior parte dei colori che osserviamo è dovuta al modo in cui i corpi illuminati reagiscono alla luce delle sorgenti. La luce emessa da una fonte luminosa che copre tutto lo spettro visibile è composta da tutti i colori [figura 16 .

Grazie all'occhio, possiamo trasformare la luce in informazioni che, sotto forma di impulsi elettrici, arrivano al cervello. L'uomo elabora circa il 70% delle informazioni provenienti dall'ambiente esterno attraverso la visione.

Quando fissiamo un oggetto, la luce che da esso proviene entra nei nostri occhi, attraversa una serie di lenti naturali, chiamate mezzi diottrici, che sono in sequenza la **cornea**, il **cristallino** e il **corpo vitreo** – che corrispondono alle lenti dell'obiettivo di una macchina fotografica – e va a “impressionare” la retina (in fotografia, la pellicola o il sensore digitale). La **retina**, eccitata dalla luce che la colpisce, trasmette informazioni al cervello inviando impulsi elet-

 **Figura 16** Il colore



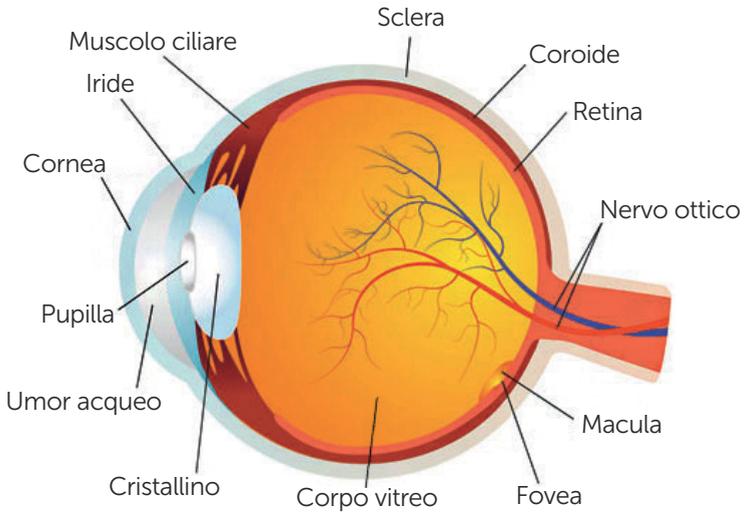
trici attraverso un cavo biologico: il **nervo ottico** [figura 17 ]. Il cervello elabora e sfrutta le informazioni visive per elaborare il comportamento e le reazioni dell'intero organismo.

A lunghezze d'onda maggiori di 7×10^{-7} m e fino a 1 mm si trova la **radiazione infrarossa**, chiamata anche radiazione termica poiché il nostro corpo la percepisce sotto forma di calore [figura 18 ]. Grazie a queste radiazioni è possibile osservare corpi celesti "freddi", altrimenti invisibili.

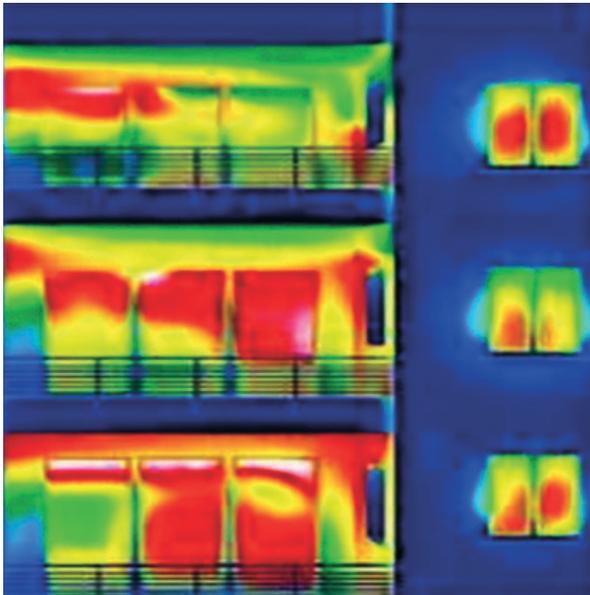
La **figura 19**  mostra il funzionamento dell'**effetto serra**, un fenomeno di regolazione naturale della temperatura dovuto alla presenza nell'atmosfera di alcuni gas (in particolare, metano, anidride carbonica, protossido di azoto). Se finora l'effetto serra ha creato il clima ideale per la presenza e lo sviluppo della vita sul nostro pianeta, l'aumento eccessivo di questi gas negli ultimi decenni sta portando a un surriscaldamento globale che crea grande preoccupazione.

A lunghezze d'onda minori di 4×10^{-7} m e fino a 10^{-8} m si trova la **radiazione ultravioletta**. I raggi ultravioletti hanno la proprietà di favorire diverse reazioni chimiche, come la produzione di melanina nella pelle, anche se un'eccessiva esposizione può procurare danni gravi proprio alla pelle e agli occhi [figura 20 ].

 **Figura 17** L'occhio

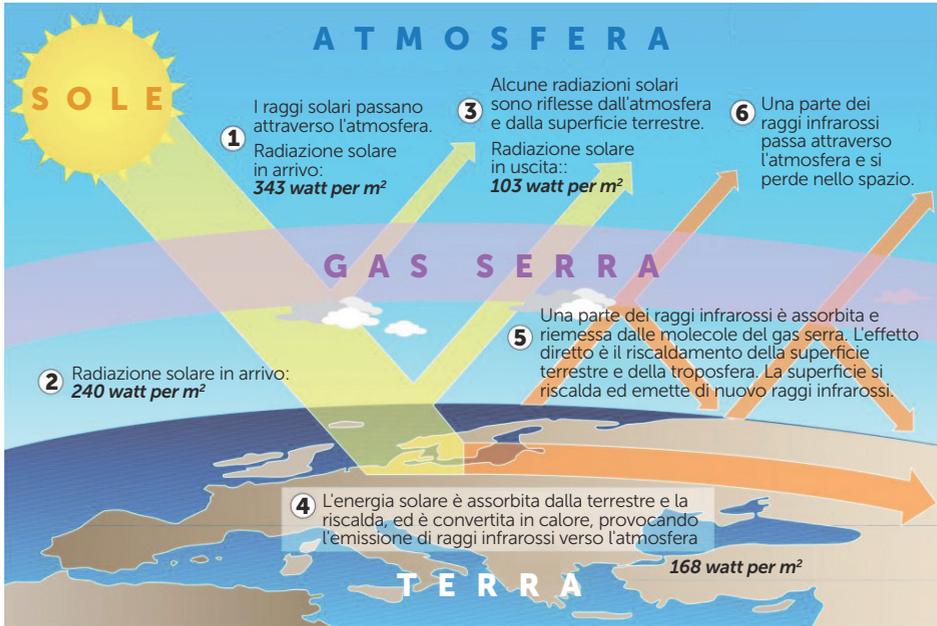


 **Figura 18** La radiazione infrarossa



Grazie alle radiazioni infrarosse è possibile osservare corpi celesti "freddi" altrimenti invisibili.

 **Figura 19** L'effetto serra



 **Figura 20** Segnali di pericolo



I **raggi X** hanno lunghezze d'onda comprese tra 10^{-8} m e 10^{-11} m. Le più note applicazioni dei raggi X sono sicuramente la radiografia e la tomografia assiale computerizzata (TAC).

I raggi X prodotti dall'apparecchiatura radiologica attraversano il corpo del paziente perdendo di intensità in modo differenziato a seconda degli elementi corporei (ad esempio, acqua e ossa) e formano su un sistema fotosensibile

(analogamente a un sistema fotografico) l'immagine del segmento studiato. L'immagine ottenuta viene elaborata, interpretata (referto radiologico), archiviata e consegnata al paziente su CD o DVD.

A lunghezze d'onda minori di 10^{-11} m si trovano i **raggi gamma** che sono trasmessi naturalmente dai nuclei durante le trasformazioni radioattive e le reazioni nucleari. I raggi gamma hanno una grande capacità di ionizzare gli atomi e possono essere pericolosi per gli esseri viventi. In medicina vengono utilizzati nella terapia contro i tumori.



ESEMPI NEL QUOTIDIANO: FORNO A MICROONDE E WI-FI

⊙ IL FORNO A MICROONDE

È un elettrodomestico da cucina di larghissima diffusione in cui la cottura si ottiene con l'effetto riscaldante dovuto all'interazione di campi elettromagnetici emessi nello spettro delle microonde con il cibo [figura 21 .



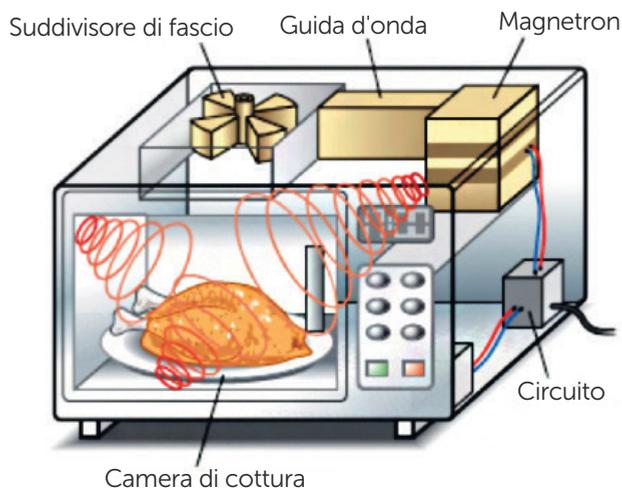
Come funziona
il forno
a microonde?

Le microonde reagiscono infatti con alcuni componenti alimentari, come l'acqua e i grassi. Nelle molecole di acqua, composte da due atomi di idrogeno e uno di ossigeno, l'ossigeno attira gli elettroni maggiormente dell'idrogeno. Questo significa che c'è una distribuzione non neutra di carica che crea

un cosiddetto dipolo elettrico che tende naturalmente ad allinearsi al campo elettrico della microonda. Dato che il forno emette onde con una frequenza di oscillazione pari a 2,45 GHz, avvengono 4,9 miliardi di cambi di direzione del dipolo al secondo! Con questo effetto del campo, le molecole d'acqua in agitazione tendono a colpire le molecole vicine, riscaldandole. Più a lungo durano le microonde, più calore uscirà fuori dalle molecole e più caldo sarà il nostro cibo.

Le microonde vengono prodotte da un apposito dispositivo, il **magnetron**, che converte la corrente in microonde, con potenza da 400 a 1.000 W. La guida d'onda dirige poi le microonde prodotte dal magnetron al suddivisore

 **Figura 21** Il forno a microonde



di fascio, che spartisce le onde in modo omogeneo nella camera di cottura. Il piatto rotante migliora ulteriormente la ripartizione delle microonde nel cibo. Il primo modello di microonde (Radarange) apparve nel 1946, ma era alto 1,8 metri e pesava 340 kg!

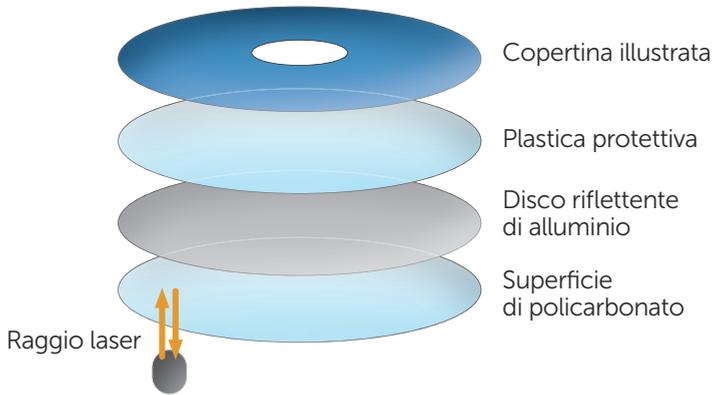
© MEMORIE OTTICHE (CD, DVD, BLU-RAY)

Le memorie ottiche fanno parte delle memorie di massa (dette anche secondarie); sono di tipo digitale e possono memorizzare una grande quantità di dati. Sono chiamate memorie ottiche proprio perché le informazioni sono lette e scritte grazie a dei raggi laser su un supporto chiamato disco ottico.

La prima memoria ottica è stata il compact disc (CD) che conteneva musica e venne proposto da Philips e Sony nel 1982. Qualche anno dopo, comparve il CD-ROM (Read Only Memory) che permetteva la registrazione di altre forme di dati come, ad esempio, i video [figura 22 ]. Nei CD, con una semplice successione di buchi, è possibile codificare una quantità formidabile di informazioni.

Il CD-ROM è un disco di plastica di 12 centimetri di diametro e di circa un millimetro di spessore, composto da quattro strati.

Figura 22 Il CD-ROM



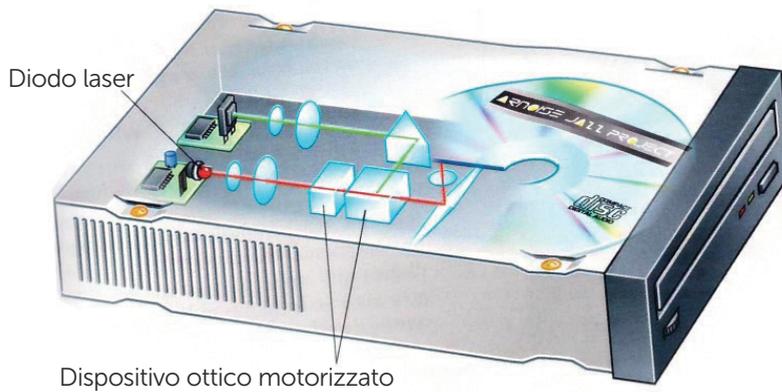
Come funziona un CD-ROM?

La memorizzazione dei dati in un CD avviene effettuando dei piccolissimi fori (bump o pit) su una superficie di policarbonato lungo una singola traccia a spirale che parte dal centro per arrivare all'esterno del disco. In questo modo vengono scritti i singoli bit di ogni

byte, assumendo come 0 la superficie piatta (land) e come 1 il bump. Una volta che il disco di plastica è stato inciso con milioni di bump, un sottile strato di alluminio riflettente viene stampato per coprirli e proteggerli. Uno strato di acrilico e infine l'etichetta completano il tutto. Un aspetto da sottolineare è la dimensione della spirale: è larga circa mezzo micron e ha una distanza tra un cerchio e l'altro di circa 1,6 micron. Anche i bump incisi nella traccia hanno una larghezza di mezzo micron, una lunghezza di 0,83 micron e un'altezza di 125 nanometri (1 nanometro = 1 miliardesimo di metro). Se si potesse togliere la spirale dal CD e stirarla, otterremmo una linea larga 0,5 micron e lunga circa 5 km!

Per poter leggere dati stampati in un formato così miniaturizzato è necessario un meccanismo di lettura molto preciso, il **lettore CD**, che si basa sulle leggi della riflessione e della rifrazione, che sono alla base dell'ottica. Un lettore CD è composto da tre componenti fondamentali: il diodo laser, il fotodiodo e un sistema ottico [figura 23].

 **Figura 23** Il lettore CD



Il **diodo laser** emette un fascio laser infrarosso ed è associato a un dispositivo ottico motorizzato che dirige il fascio emesso dal diodo verso il CD e permette di puntare il laser lungo tutta la traccia a spirale dal centro al bordo. Il raggio laser, passando attraverso lo strato di plastica, riflette lo strato di alluminio e la luce riflessa viene ridiretta verso il fotodiodo che misura l'intensità del fascio riflesso, emettendo un segnale elettrico proporzionale alla quantità di luce ricevuta. Questa sensibilità ai cambiamenti di luce del fotodiodo permette di determinare la presenza di bump e di zone piane che hanno un'intensità riflessa differente e di ricostruire il codice binario originale che era stato digitalizzato sul disco.

La parte più delicata è quella di tenere il laser centrato sulla spirale. Questo lavoro viene svolto dal tracking system che controlla il movimento del laser verso l'esterno e, di conseguenza, regola la velocità di rotazione del disco. Infatti è importante notare come il numero di bump è legato alla spirale: all'inizio della spirale (dove il raggio è minimo) possono essere memorizzati molti meno bump che alla fine (dove il raggio è al massimo), per cui solo sincronizzando la rotazione e il movimento del laser sarà possibile leggere i dati a una velocità costante.

Oltre al CD-ROM, ci sono altri tipi di compact disc quali il CD-R e il CD-RW. Il **CD-R** deve il suo nome al termine inglese *recordable*, vale a dire registrabile. È chiamato anche CD vergine e possiede una struttura differente dal

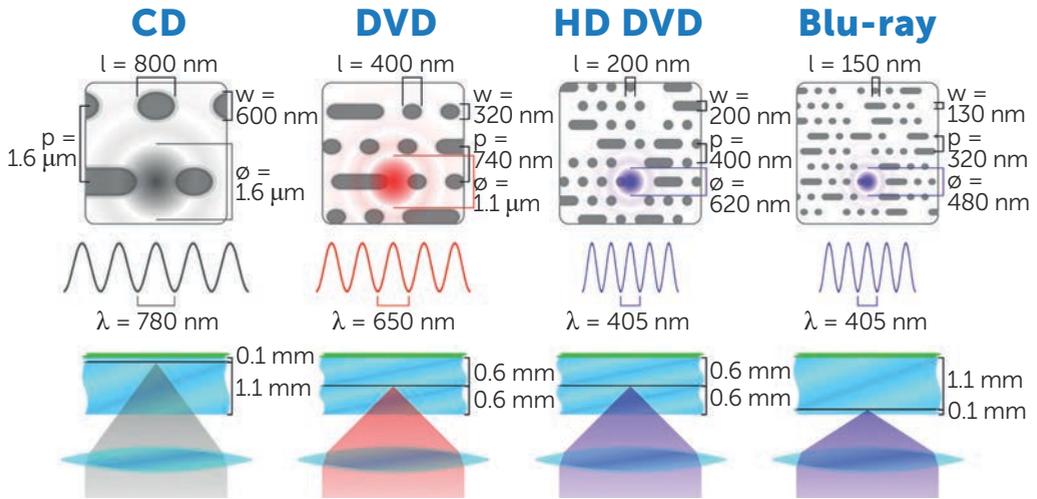
CD-ROM. Non presenta infatti nessun pit e land, ma uno strato di colorante organico (cioè molecole a base di carbonio) imprigionato fra uno strato di plastica e uno metallico. Come nel CD-ROM, lo strato metallico è protetto da uno strato acrilico rivestito dall'etichetta.

Per capire come vengano registrate le informazioni in questo CD senza struttura ci aiuta l'espressione inglese *to burn a CD*. Nella registrazione, il laser brucia il colorante organico che reagisce alla luce, un po' come la pelle che si abbronzia al sole. In questo modo, nella fase di lettura, lo strato organico bruciato assorbe la luce laser che non viene riflessa dallo strato metallico, mentre il colorante non bruciato riflette gran parte della luce del laser. Il colorante usato (in genere tre tipi diversi) e i metalli usati (oro o argento) determinano i differenti colori con cui si possono trovare i CD-R. La necessità di cancellare dei dati e ripetere a piacimento l'operazione di registrazione ha dato luogo al CD-RW (in inglese *ReWritable*). Senza entrare nel dettaglio, lo strato di colorante del CD-R è sostituito da tre strati di materiale che cambia alcune sue proprietà ottiche a seconda dell'intensità del laser. L'operazione si basa sul passaggio da una fase amorfa a una fase cristallina ordinata del materiale tramite l'applicazione di un raggio laser a intensità variabile. Questa modulazione dell'intensità non è invece presente in un normale lettore CD.

Il DVD costituisce l'evoluzione naturale del CD, con un funzionamento e una dimensione molto simili. Le principali differenze sono la distanza fra le piste che scende a 0,74 micron, e la lunghezza dei pit che si riduce a circa 400 nanometri (cioè 250 volte più piccola del diametro di un capello). Questo permette di immagazzinare una quantità di dati ben maggiore: un DVD può contenere, infatti, fino a 20 volte i dati presenti in un CD. A differenza dei CD, che hanno un solo strato di dati e una capacità di circa 800 MB, nei DVD ci possono essere uno o due strati su uno o entrambi i lati, con una capacità ovviamente maggiore, fra i 4,38 e i 15,9 GB.

Grazie ai continui miglioramenti nella tecnica di stampa sul metallo dei CD e DVD, è stato possibile realizzare delle piste ancora più ravvicinate di quelle dei DVD, attorno ai 0,3 micron. Per leggere queste piste, è necessario diminuire la lunghezza d'onda del laser di 405 nanometri, portandolo così al colore blu. Per questo motivo, questi dischi hanno preso il nome di Blu-Ray Disc (lancio nel

 **Figura 24** CD, DVD, HD DVD, Blu-Ray



2004) e permettono di immagazzinare da 25 fino a 128 GB di dati per strato, quantità necessaria per registrare dei film ad alta definizione. Dal 2015, esiste lo standard Ultra HD Blu-Ray che supporta la tecnologia 4K  [figura 24].

© IL WI-FI

La necessità di essere sempre collegati in mobilità ha richiesto nuove tecnologie che permettessero la connessione alla rete senza l'utilizzazione di conduttori elettrici, cioè **wireless**.

In genere, il wireless utilizza onde radio a bassa potenza; tuttavia, la definizione si estende anche ai dispositivi, meno diffusi, che sfruttano la radiazione infrarossa o il laser. Negli anni '90 la diffusione di internet ha spinto lo sviluppo della tecnologia verso il trasferimento dei dati senza l'utilizzo di una rete fissa, favorendo lo sviluppo sia di tecnologie come il WAP o il GPRS, che permettevano la realizzazione di reti di dati a lungo raggio, sia di standard wireless a medio e breve raggio: questi risultati hanno portato alla nascita nel 1997 delle WLAN [tabella 1].

I principali benefici delle reti wireless, oltre a essere l'architettura d'elezione nelle situazioni in cui il cablaggio risulta difficoltoso, possono essere riassunti nei seguenti punti:

Tabella 1 Sigle

GPRS	<i>General Packet Radio Service</i>	Sistema di trasmissione dati a commutazione di pacchetto
GSM	<i>Global System for Mobile Communications</i>	Sistema globale per comunicazioni mobili
LAN	<i>Local Area Network</i>	Rete informatica locale locale
UMTS	<i>Universal Mobile Telecommunications System</i>	Sistema mobile universale di telecomunicazioni (evoluzione del GSM)
WAP	<i>Wireless Application Protocol</i>	Protocollo di connessione a internet per telefoni cellulari
WLAN	<i>Wireless Local Area Network</i>	Rete senza fili di area locale

- ⊙ *Mobilità*: gli utenti possono spostarsi continuando a utilizzare il proprio terminale e connettersi in aree pubbliche (hotspot).
- ⊙ *Connettività a breve termine*: è possibile creare reti ad hoc, ad esempio per una riunione o un evento particolare.
- ⊙ *Rapporto qualità/prezzo*: una rete wireless si installa in poco tempo senza bisogno di opere murarie e ha costi di manutenzione praticamente nulli.

Si distinguono due famiglie di reti wireless:

- ⊙ le *reti radiomobili*, dove gli utenti possono spostarsi sul territorio senza perdere la connettività con la rete;
- ⊙ il *Wireless LAN*, reti wireless che forniscono coperture e servizi tipici di una LAN.

Una delle caratteristiche della telefonia mobile è la possibilità di mantenere attiva una comunicazione pur spostandosi liberamente sul territorio. Questo

può comportare frequenti cambiamenti di celle o di canale di trasmissione per avere una qualità di trasmissione ottimale. Questa commutazione è chiamata *handover*.

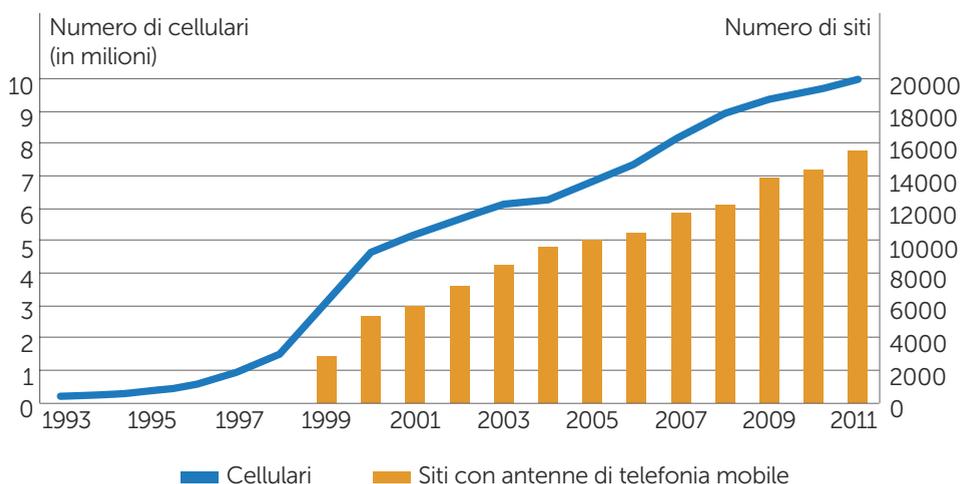
Anche per le reti wireless viene fatta una classificazione sulla base della distanza geografica “dell’area di copertura”:

- ⊙ BAN (fino a 2 metri);
- ⊙ PAN (fino a 10 metri);
- ⊙ WAN (fino a 500 metri);
- ⊙ WWAN (fino a qualche decina di chilometri).

Nel 2007, il numero di abbonamenti di telefonia mobile in Svizzera ha superato quello degli abitanti. Alla fine del 2010, erano registrati 124 abbonamenti di telefonia mobile ogni 100 abitanti ed erano censiti quasi 14.500 siti con antenne per la telefonia mobile [figura 25 ].

L’assorbimento delle onde elettromagnetiche da parte del corpo umano si misura tramite un valore chiamato **SAR** (*Specific Absorption Rate*), cioè tasso di assorbimento specifico. Si calcola in unità di potenza per massa e il limite

 **Figura 25** Abbonamenti e siti con antenne in Svizzera

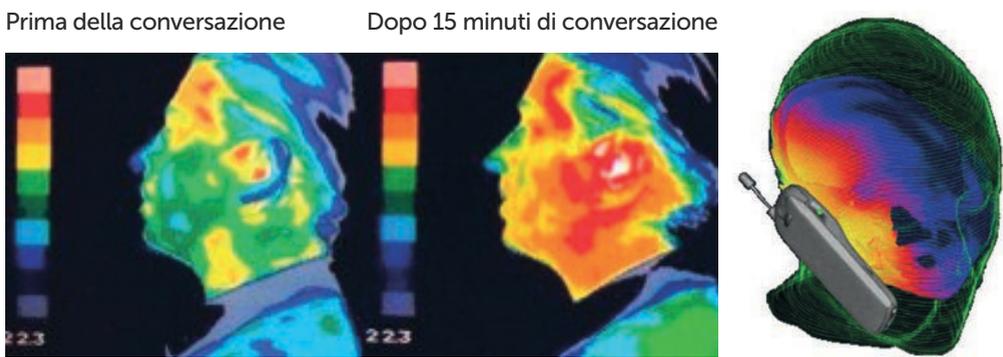


Fonte: Ufficio federale svizzero delle comunicazioni.

consentito in Europa è di 2 watts per chilogrammo (2 W/kg) in un campione di 10 grammi di tessuto, mentre negli Stati Uniti il valore deve essere inferiore o pari a 1,6 W/kg.

Nella **figura 26**  viene illustrato il calore generato dal telefono cellulare sul viso dopo 15 minuti di conversazione, a causa della radiazione elettromagnetica emessa.

 **Figura 26** Immagini termografiche durante una conversazione al cellulare

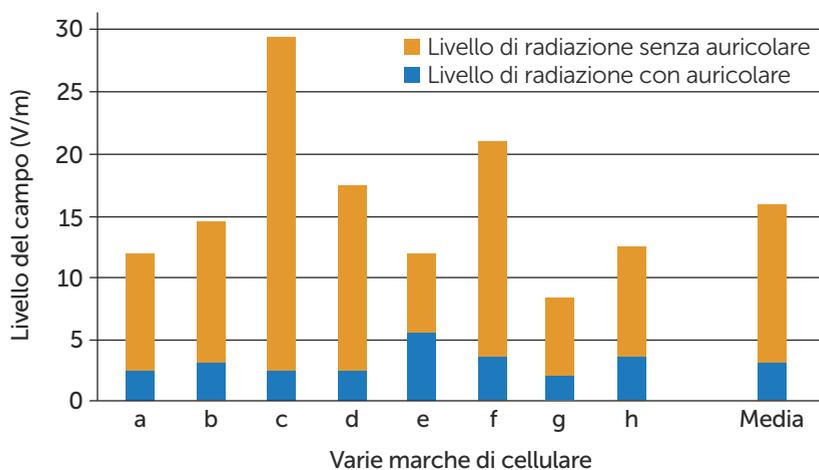


I valori di SAR possono variare molto in base alla marca, per cui è opportuno verificare il valore ufficiale di SAR prima di acquistare un modello.

In quest'ottica, è sicuramente consigliabile l'uso degli auricolari che diminuiscono molto l'assorbimento delle radiazioni a cui si è esposti. In Svizzera, l'Ufficio Federale della Sanità Pubblica (UFSP), ad esempio, ha esaminato alcuni auricolari bluetooth, dimostrando che i livelli di SAR scendevano a 0,01 W/kg. Uno studio del WWF ha mostrato come l'uso dell'auricolare riduca dal 70% al 90% circa l'esposizione alle radiazioni non ionizzanti [**figura 27** ].

Il cellulare, tuttavia, non è l'unica fonte di campo elettromagnetico che ci circonda. In casa, ad esempio, sono spesso presenti dispositivi come il router WiFi (2,4 GHz; 100 mW), il telefono cordless (1.900 MHz; 150-250 mW), il ripetitore wireless (2,4 GHz e 433 MHz; 10 mW).

 **Figura 27** Livello di esposizione al campo magnetico dei cellulari con e senza auricolare



Fonte: WWF.

© ALTRE APPLICAZIONI

Utilizzando lo stesso principio che sta alla base di molte delle moderne tecniche diagnostiche in medicina, come i citati raggi X nella radiografia e gli ultrasuoni nell'ecografia, la maggior parte delle proprietà della materia a livello molecolare o atomico sono misurate irraggiando un campione con onde (in genere, elettromagnetiche come luce visibile, ultravioletta, raggi X, raggi gamma, ma anche fasci di elettroni o neutroni), e osservando la reazione del campione.

La scienza della conservazione e restauro delle opere d'arte si avvale, ad esempio, di tecniche basate sull'uso di opportune spettroscopie: fluorescenza, assorbimento, trasmissione nella banda ottica, infrarossa, ultravioletta, X.

Grazie ad alcune famose serie TV, poi, sono diventate note a tutti anche le indagini scientifiche che sono oggi uno strumento fondamentale per le forze dell'ordine. Basandosi su un insieme di tecniche di indagine fisico-chimico-biologiche, è possibile acquisire elementi per ricostruire una scena del crimine che sono spesso determinanti ai fini delle indagini. Ad esempio, i reparti scientifici della polizia utilizzano metodi simili per evidenziare tracce organiche altrimenti invisibili sulla scena di un crimine.



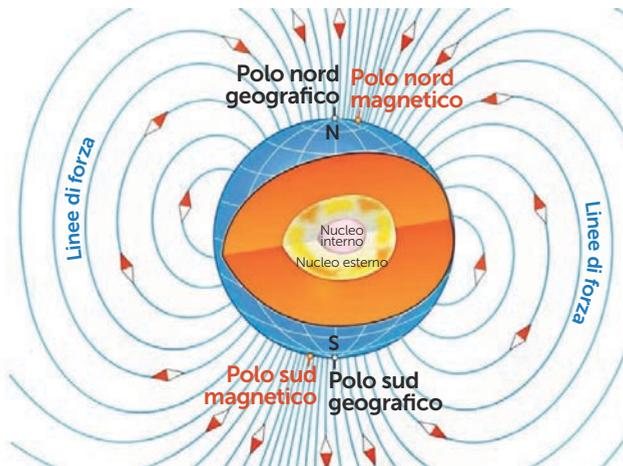
CAMPO MAGNETICO TERRESTRE: LA MAGNETORECEZIONE

La scoperta del campo magnetico terrestre e, di conseguenza, della bussola è attribuita ai cinesi che all'inizio, tuttavia, la utilizzarono come spettacolo d'attrazione: delle lancette magnetizzate venivano lanciate come si fa con i dadi e queste, per lo stupore degli spettatori presenti, finivano per indicare sempre il Nord. Solo verso l'XI secolo iniziarono a usarla per la navigazione. La bussola venne poi introdotta in Europa nel XII secolo attraverso gli arabi e gli amalfitani: il primo riferimento all'uso della bussola nella navigazione nell'Europa occidentale è il *De nominibus utensilium* di Alexander Neckam (1180-1187) [figura 28 ].

La **magnetorecezione** è una sorta di bussola biologica interna che permette di avvertire il campo magnetico terrestre ed è caratteristica di molte specie di animali [figura 29 ]. Qui di seguito riportiamo le date delle scoperte più importanti su alcuni animali migratori compiute dagli studiosi.

- ⊙ 1850: Alexander Theodor von Middendorff deduce che gli uccelli migratori seguono dei flussi verso il nord magnetico.

 **Figura 28** Il campo magnetico terrestre



- ⊙ 1947: Henry Lincoln Yeagley dimostra che le rotte dei piccioni viaggiatori mutano se viene attaccata loro una calamita.
- ⊙ 1965: Wolfgang Wiltschko mostra che il comportamento dei pettirossi è influenzato dal campo magnetico.
- ⊙ 1976: i coniugi Fred and Norah Urquhart individuano i movimenti migratori delle farfalle monarca, scoprendo che queste farfalle raggiungono dal Canada meridionale e dagli Stati Uniti centrali e orientali una piccola valle situata in Messico a 3.000 m di altitudine, dove durante l'inverno si concentrano oltre 14 milioni di farfalle in un ettaro e mezzo di superficie. Nella primavera successiva, dopo gli accoppiamenti, gli individui di entrambi i sessi iniziano il viaggio di ritorno, durante il quale alcune femmine si fermano a deporre le uova; in alcuni casi è la generazione successiva a completare il viaggio ricolonizzando le regioni più settentrionali. Le migrazioni a Nord verso il Canada avvengono in tre generazioni, mentre il ritorno in Messico avviene in un'unica generazione. Questo è un raro caso di migrazione in più generazioni.

Nel corso degli ultimi decenni, ulteriori esperimenti hanno confermato che gli uccelli migratori sono effettivamente in grado di captare e utilizzare il campo magnetico della Terra per riuscire a orientarsi.

La **magnetoricezione** è stata ora ipotizzata in molte altre specie animali, come aragoste, tartarughe, mante, squali, delfini, api, microrganismi, le qua-

 **Figura 29** Animali migratori

Farfalla monarca



Pettirosso (*Erithacus rubecula*)



Tartaruga marina (*Caretta caretta*)



Piccione viaggiatore



li mostrano dei comportamenti che sono influenzati dal campo magnetico terrestre.



Come funziona la magnetoricezione?

Ma quali processi fisiologici sono implicati? Come può un campo magnetico piuttosto debole come quello generato dalla Terra tradursi in un segnale nervoso in grado di modificare il comportamento dell'animale? A questa domanda hanno

cominciato a interessarsi numerosi esperti di biofisica che si sono messi alla ricerca dei magnetorecettori.

Al momento, le idee sono due. Secondo la prima, quando la luce colpisce gli occhi dell'uccello, il campo magnetico terrestre innesca reazioni chimiche in un particolare tipo di proteine presenti nella retina, i **criptocromi**. La seconda suggerisce, invece, la presenza nel corpo di cellule che contengono piccole "bussole" formate da molecole di magnetite, in grado, muovendosi, di *aprire* o *chiudere* i circuiti neurali. In nessuno dei due casi è stato possibile ottenere finora delle evidenze scientifiche inconfutabili, anche perché gli esperimenti sono difficili da replicare a causa delle interferenze magnetiche.

Di recente, sono stati svolti degli esperimenti da un team di ricerca internazionale guidato da studiosi del California Institute of Technology (Caltech) e dell'Università di Tokyo, in cui parrebbe che anche l'Homo Sapiens abbia la capacità di percepire il campo magnetico della Terra. Dai loro test è infatti emerso che la frequenza delle onde alfa nel cervello di alcuni partecipanti sono crollate non appena gli scienziati hanno avviato una stimolazione magnetica che riproduceva quella terrestre, per poi ritornare immediatamente al loro posto. Ma come si può dedurre da queste considerazioni, c'è ancora molto lavoro da compiere sul fenomeno della magnetoricezione!

OLFATTO: ANCHE QUI UNA QUESTIONE DI ONDE?

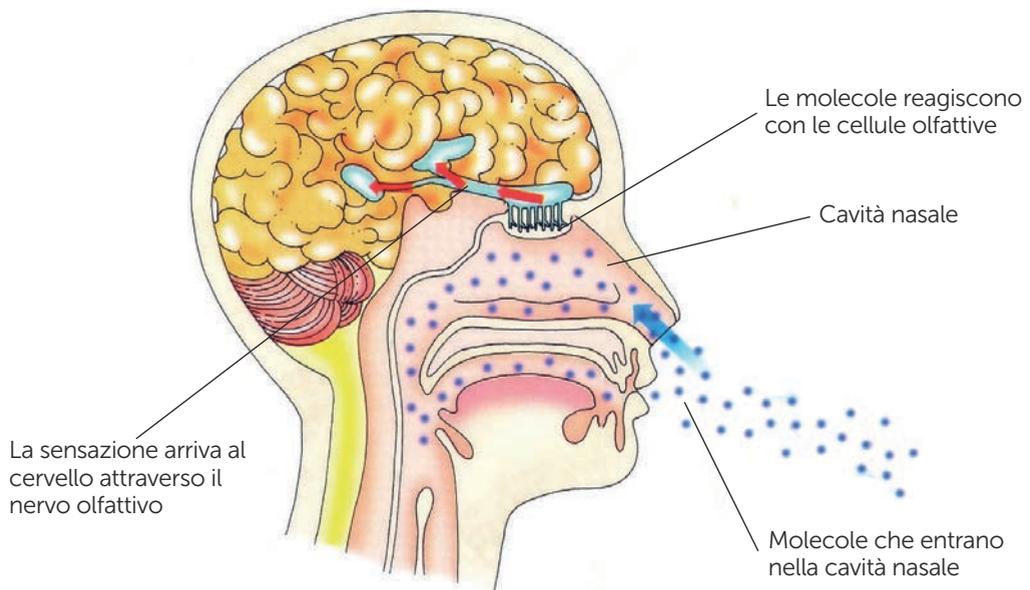
Il naso non ha un ruolo se non quello di canalizzare l'aria. Olfatto e gusto, che sono strettamente connessi, ricevono informazioni direttamente dal contatto

con l'oggetto rilevato (molecola) tramite i recettori olfattivi che sono alcune centinaia. Gli strumenti di misura utilizzati per altri sensi, ad esempio il suono (frequenza, altezza, cromaticità, timbro, tonalità), non esistono per la molecola odorosa [figura 30 ].

Gli interrogativi sull'olfatto hanno da sempre incuriosito gli uomini, fin dall'antichità. Democrito fu il primo a teorizzare la natura atomica dei profumi e oggi sappiamo che le molecole sono composte da atomi. L'olfatto era per lui lo strumento responsabile dei sentimenti, dei desideri e delle pulsioni. Successivamente Platone, pur riconoscendo l'apporto estetico dell'odorato, ne denunciò le derive carnali, "simbolo di decadenza e di perversione sessuale". È curioso notare che il legame tra odori corporali e sessualità è oggi una realtà scientifica, specie dopo la scoperta dei feromoni, sostanze che agiscono sugli individui della stessa specie determinandone alcuni comportamenti. Ad esempio, il cane azzanna perché sente l'odore della paura.

In seguito Aristotele, che aveva descritto le caratteristiche delle sostanze odorose, elaborò una sua teoria sui profumi base da cui far derivare tutti gli altri

 **Figura 30** L'olfatto



e che rimase in auge per secoli. Per lui le classi di odori base erano sei: dolci, austeri, acidi, grassi, acerbi e fetidi. Il pompeiano Lucrezio, anche lui atomista, riteneva invece che il mondo dei profumi svolgesse un ruolo importante nella vita degli uomini e, spinto dal desiderio di conoscenza, fu il teorizzatore del concetto chiave-serratura con cui gli odori venivano captati dai recettori. Teoria che poi il chimico austriaco Hermann Emil Fischer mise a punto nel 1894, ragionando sull'interazione specifica enzima-substrato. Egli immaginava che le sostanze odorose volatilizzandosi "producessero atomi tutti della stessa forma e dimensione, i quali raggiungendo i pori all'interno del naso, darebbero vita alla percezione odorosa; i pori avrebbero diverse forme e la natura dell'odore dipenderebbe dal tipo di poro che gli atomi riescono ad occupare".

Successivamente, molti altri studiosi della materia hanno provato a fare una classificazione degli odori per stabilire se si potesse partire da un numero limitato di odori detti di base, per produrre l'enorme varietà di profumi. Nel 1756, il famoso botanico Linneo, seguendo la dottrina aristotelica, propose una classificazione di sette odori base: ambrosiaci, aromatici, fragranti, agliacei, caprigni, velenosi, nauseabondi. Vi furono poi altri tentativi di applicare la teoria dei colori base agli odori, ma senza successo. Basti pensare che con tre colori base si può descrivere tutto l'universo cromatico, mentre nel caso dell'olfatto esistendo milioni di fibre nervose che funzionano separatamente, descrivere l'universo olfattivo è praticamente impossibile.

Attualmente ci sono due teorie:

- ⊙ chiave-serratura: le molecole odorose si incastrano in modo complementare ai recettori corrispondenti. Quindi forma simile, odore simile;
- ⊙ teoria delle vibrazioni (Dyson e Turin): è la frequenza a cui vibrano alcuni legami molecolari tra gli atomi della molecola che determina l'odore.

A sostegno di quest'ultima tesi, vi è il fatto che sostituendo alcuni atomi con degli isotopi più pesanti, la struttura della molecola sotto esame non cambia, ma la frequenza di vibrazione di alcuni legami si modifica. E, in effetti, la percezione dell'odore cambia.

Al momento, però, non vi sono certezze scientifiche che permettano di affermare che una delle due teorie sia quella valida. Non si può escludere che alla fine vi possa essere una concomitanza dei due effetti.



CONCLUSIONI

Siamo giunti al termine di questo nostro viaggio attraverso il mondo delle onde che ci ha permesso di indagare i principi alla base di molti fenomeni naturali che hanno a che fare con la percezione che gli esseri viventi hanno del mondo che li circonda.

Nel contempo, abbiamo anche visto come l'essere umano, grazie all'ingegno, sia stato capace di sfruttare a suo vantaggio la conoscenza delle vibrazioni della materia per sviluppare tutta una serie di tecnologie che sfruttano le onde e che oggi ci sono utili: dalla trasmissione di dati alla diagnostica, ma anche, perché no, alla cucina.

Viviamo dunque immersi in una realtà popolata di onde sia naturali che generate dagli esseri umani, onde che si propagano in un mezzo di trasmissione e che trasportano energia, onde che sono in grado di generare effetti sulla materia a volte lievi a volte importanti. La natura degli effetti dipende dall'energia trasportata dall'onda e dalla dimensione del bersaglio con cui essa interagisce, nonché da altre caratteristiche di intensità del flusso. Conoscere la natura di queste onde ci può in definitiva essere utile per poter vivere meglio, permettendoci di fare le scelte migliori in modo ragionato.

La prossima volta che discuteremo di odori, che ci troveremo a dover commentare gli effetti di un terremoto oppure che si parlerà di antenne telefoniche, avremo a disposizione un modo nuovo di ragionare che ci permetterà di comprendere meglio i problemi e di immaginare le migliori soluzioni.

Onda
su onda...

PARTE SECONDA



TESTI

A cura degli alunni della classe 3A della Scuola Media Caslano:

Filippo Bassi	Shania Donnicola	Moe Pasquali
Luana Berbasconi	Eleonora Fattorini	Alissa Pellizzari
Maura Berbasconi	Elena Grassi	Edoardo Ratti
Andrea Carulli	Enea Maina	Eleonora Roscia
Tommaso Colaciuri	Lia Maina	Nicolò Sürder
Maya Corradina	Andrea Martilotta	Alan Tobler
Gabriele Della Ca'	Marika Masciale	Leonardo Zaccarelli

Con il coordinamento dei professori:

Erika Longhi Gygax (docente di Scienze e Matematica)

Lavinia Anzalone (docente di Italiano)

Luca Montanaro (docente di Educazione visiva)

Scuola Media Caslano

Via Industria 27 - 6987 Caslano

Ticino - Svizzera

www.smcaslano.ti.ch

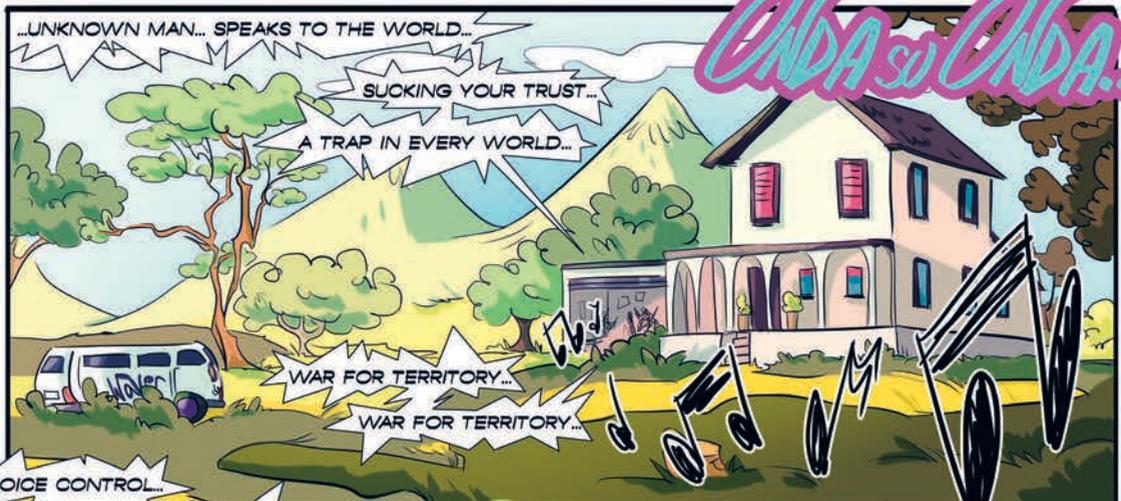
decs-sm.caslano@edu.ti.ch

Direttrice: Lara Pfyffer Gianocca

DISEGNI

Realizzazione, per la Scuola Romana dei Fumetti, di Angela Piacentini.

ONDA SU ONDA...



...UNKNOWN MAN... SPEAKS TO THE WORLD...
SUCKING YOUR TRUST...
A TRAP IN EVERY WORLD...

WAR FOR TERRITORY...
WAR FOR TERRITORY...

CHOICE CONTROL...

BEHIND PROPAGANDA...

POOR INFORMATION...
TO MANAGE YOUR ANGER...

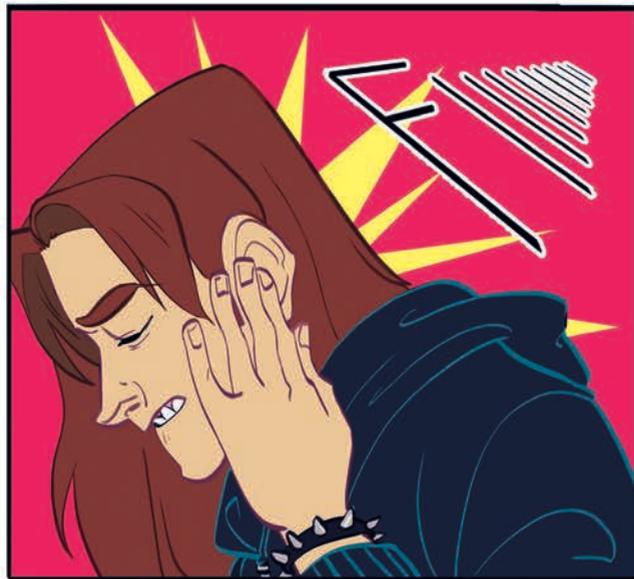
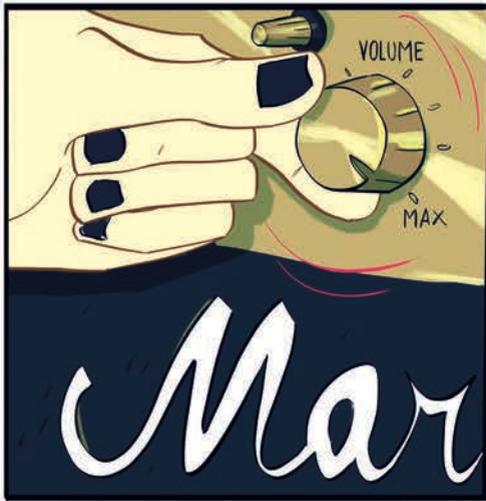


WAR FOR TERRITORY...
WAR FOR TERRITORY...

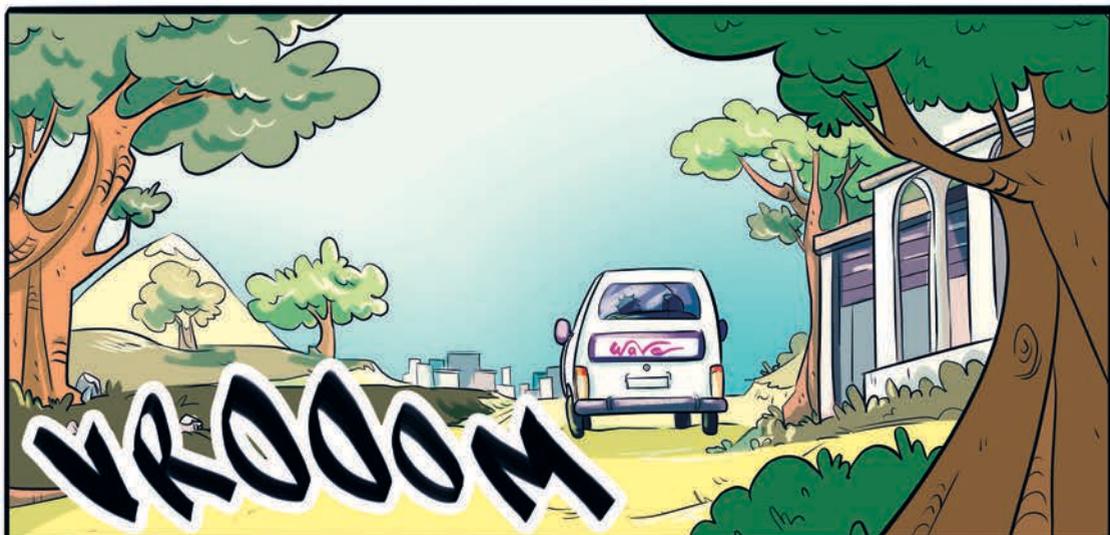


MARA,
ABBASSA IL VOLUME,
PER FAVORE...

SUBITO,
GIORGIO...









...SE IL TRASPORTO DI ENERGIA È ACCOMPAGNATO DA TRASPORTO DI MATERIA, PARLIAMO DI TRASMISSIONE MECCANICA, SE INVECE NON C'È TRASPORTO DI MATERIA, SI CHIAMA TRASMISSIONE PER ONDE ELETTROMAGNETICHE...







...LE NOSTRE VICINE DI LUNGHEZZA D'ONDA SONO LE ONDE ULTRAVIOLETTE...



CIAO... TI RICORDO CHE, SENZA DI NOI, NON VI POTRESTE ABBRONZARE E SARESTE BIANCHI COME UNA MOZZARELLA...

SÌ, PERO' SE VI COLPIAMO PER TROPPO TEMPO RISCHIAMO DI FARVI VENIRE UN TUMORE ALLA PELLE, DUNQUE TI CONSIGLIO DI METTERE LA CREMA SOLARE O DI NON ESPORTI PER TROPPO TEMPO AL SOLE DIRETTO...

AH! AH! AH!
ALLORA MENO MALE CHE CI SIETE!

MA COME MAI SIETE COSÌ NOCIVE?



PERCHE' ABBIAMO UNA LUNGHEZZA D'ONDA MINORE RISPETTO ALLE ALTRE... TRA 4×10^{-7} M E 10^{-8} M... E COSÌ RIUSCIAMO A PENETRARE NELLE CELLULE DELLA VOSTRA PELLE FINO AL DNA...



ORA CHE LO SO, CI STARO' PIU' ATTENTO...

...E POI CI SONO LE ONDE INFRAROSSE...

SALVE! IO SONO L'ONDA INFRAROSSA...
NOI SIAMO QUELLE ONDE CHE DIPENDONO
DAL CALORE EMESSO DAI CORPI
E ABBIAMO UNA LUNGHEZZA D'ONDA
DAI 7×10^{-7} M FINO A 1 MM...



PIACERE DI CONOSCERTI...

NOI SIAMO RESPONSABILI DELL'EFFETTO SERRA,
CHE GARANTISCE LA VITA SULLA TERRA...
SIAMO LEGGERMENTE VISIBILI A VOI UMANI
E SIAMO, COME PUOI VEDERE, DI COLORE ROSSO...



...PER VEDERCI MEGLIO POTETE USARE
LA TELECAMERA A INFRAROSSI, GRAZIE
ALLA QUALE SIETE CAPACI DI RILEVARCI
PER CAPIRE QUALI OGGETTI SONO PIU'
CALDI DI ALTRI...



ORA TI SALUTIAMO...
STANNO ARRIVANDO LE
ONDE MECCANICHE...



CIAO! SIAMO LE ONDE MECCANICHE... E CI SPOSTIAMO
ATTRAVERSO LA MATERIA CHE, DEFORMANDOSI
LOCALMENTE, CI TRASMETTE A SUA VOLTA...



PIACERE!
MA NON DOVRESTE
AVERE UN MEZZO
DI TRASPORTO?

NO, LE PARTICELLE DEL MEZZO NON VIAGGIANO CON NOI... MA VIAGGIA SOLO LA PERTURBAZIONE CHE ESSE SUBISCONO...



IL SUONO, PER ESEMPIO, E' UN'ONDA MECCANICA PROVOCATA DA UNA SORGENTE CHE VIBRA, COME LA CORDA DI UNA CHITARRA O LA PELLE DEL TAMBURO, SI PROPAGA LONGITUDINALMENTE... VIAGGIANDO GRAZIE A RAREFAZIONI E COMPRESIONI DELL'ARIA...

...FINO A FAR VIBRARE IL TIMPANO DEL TUO ORECCHIO...



IL SUONO PUO' RISULTARE ACUTO O GRAVE A SECONDA DELLA FREQUENZA D'ONDA, DELLA DENSITA' DEL MEZZO CON CUI VIENE TRASPORTATO E DELLA SUA TEMPERATURA... IN GENERALE, MAGGIORE E' LA FREQUENZA PIU' IL SUONO E' ACUTO... E VICEVERSA...

IL SUONO HA QUINDI DELLE CARATTERISTICHE... LA FREQUENZA CHE SI MISURA IN HZ (CICLI AL SECONDO) E CI PERMETTE DI DISTINGUERE UN SUONO ACUTO (ALTA FREQUENZA) DA UNO GRAVE (BASSA FREQUENZA)... E L'INTENSITA' CHE CORRISPONDE AL VOLUME SONORO E SI MISURA IN DB (DECIBEL)...



...E CIO' DIPENDE DALL'AMPIEZZA D'ONDA CHE PUO' ESSERE GRANDE, CIOE' CORRISPONDERE A UN SUONO FORTE... O PICCOLA... E CORRISPONDERE QUINDI A UN SUONO DEBOLE...



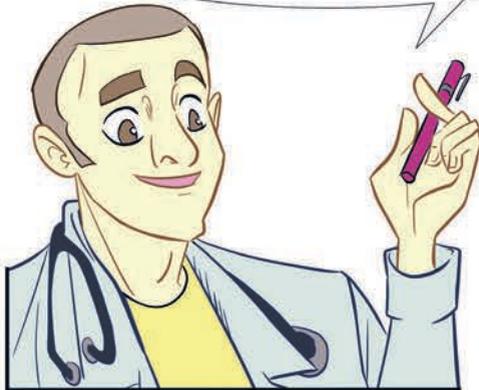
GIORGIO...

GIORGIO, MA MI STAI ASCOLTANDO?



EH?! IN EFFETTI MI SONO UN PO' PERSO...

NON IMPORTA. LA SOSTANZA DEL DISCORSO È CHE L'ORECCHIO UMANO È SENSIBILE A MOLTE AMPIEZZE SONORE DA VOLUMI SONORI PICCOLI (PIANO) A VOLUMI SONORI GRANDI (FORTE)...



...LE PIÙ PICCOLE, CHE DEFINIAMO ANCHE DEBOLI, VENGONO CHIAMATE SOGLIE INFERIORI DI UDIBILITÀ; QUELLE PIÙ GRANDI, CHE TRASMETTONO PIÙ ENERGIA E SONO DUNQUE PIÙ POTENTI E CHE POSSONO PROVOCARE DANNI PERMANENTI, COME NEL TUO CASO LA PERFORAZIONE DEL TIMPANO, SONO CHIAMATE LA SOGLIA DEL DOLORE...

...PER MISURARE L'INTENSITÀ DELLE ONDE SONORE SI USANO I DECIBEL... LA MUSICA NON DOVREBBE SUPERARE I 60 DECIBEL PER NON OLTRE 60 MINUTI AL GIORNO... MA NON PREOCCUPARTI, CARO RAGAZZO MIO, HO IL RIMEDIO AL TUO PROBLEMA...



FANTASTICO!
MI DICA...

PER PRIMA COSA SAPPI, PERÒ, CHE PER UN PO' DI TEMPO NON POTRAI SUONARE CON LA BAND...



OH, NO...



...INOLTRE, DOVRAI STARE LONTANO DALL'ACQUA... PERCHÉ C'È IL RISCHIO DI ROVINARE DEL TUTTO L'UDITO... PER EVITARE INFEZIONI, TI HO PRESCRITTO COMUNQUE UN ANTIBIOTICO E, PER SOPPORTARE IL DOLORE, UN ANTIDOLORIFICO...

...CON IL TEMPO POTRAI RICOMINCIARE A SUONARE... PERÒ CON I TAPPI ALLE ORECCHIE!



EVVIVA! STIA TRANQUILLO,
SEGUIRÒ TUTTI I SUOI
CONSIGLI!





GLOSSARIO

Altezza L'altezza di un suono dipende dalla frequenza dell'onda sonora che lo ha generato e permette di distinguere se il suono è acuto o grave. Più la frequenza è elevata, più il suono è acuto, più è bassa e più il suono appare grave.

Antenna Dispositivo elettrico che permette di trasmettere e/o ricevere onde elettromagnetiche; si parla, rispettivamente, di antenna trasmittente e/o ricevente. È un dispositivo che rende possibili le telecomunicazioni, ovvero le comunicazioni a distanza non cablate.

Campo elettromagnetico Combinazione del campo elettrico e del campo magnetico. Il campo elettrico e il campo magnetico si definiscono come una proprietà o perturbazione dello spazio, prodotta dalla presenza, rispettivamente, di cariche elettriche e del moto di una carica elettrica.

Campo magnetico terrestre Il campo magnetico terrestre è generato da un dipolo magnetico situato al centro della Terra ed è anche noto come campo geomagnetico. Il campo geomagnetico terrestre svolge una funzione primaria di scudo elettromagnetico che ha una notevole importanza per la vita sulla Terra, perché protegge gli organismi viventi dai raggi solari più carichi di energia e pericolosi.

Criptocromo I criptocromi sono proteine presenti negli animali, nelle piante e nei batteri che agiscono da recettori per la luce blu e ultravioletta. Sono coinvolti nella regolazione di diverse funzioni dell'organismo legate alla fotoricezione.

Diodo laser	I diodi laser sono dei dispositivi optoelettronici in grado di emettere un fascio di luce coerente molto intenso emesso dalla regione attiva del semiconduttore con cui viene realizzato il dispositivo stesso. Sono alla base di numerose importanti applicazioni in ambito elettronico.
Ecografia	Tecnica diagnostica non invasiva che, utilizzando ultrasuoni emessi da particolari sonde appoggiate sulla pelle del paziente, consente di visualizzare organi, strutture sottocutanee, strutture muscolari e tendinee in numerose parti del corpo.
Ecocalizzazione	L'ecocalizzazione, detta anche <i>biosonar</i> , è la capacità di alcuni animali (odontoceti, come i delfini, e alcuni pipistrelli in particolare) di caratterizzare l'ambiente circostante. Funziona attraverso l'emissione di onde sonore che, rimbalzando sugli oggetti, restituiscono le informazioni utili all'animale.
Effetto Doppler	Cambiamento apparente della frequenza o della lunghezza d'onda di un'onda percepita da un osservatore che si trova in movimento rispetto alla sorgente delle onde.
Effetto serra	Fenomeno naturale che riscalda la Terra e rende possibile la vita sul nostro pianeta. È dovuto alla presenza di alcuni gas nell'atmosfera terrestre, quali anidride carbonica, metano e vapore acqueo. Il surriscaldamento causato dall'immissione di gas serra di origine umana è uno dei principali problemi ambientali attuali.
Fotodiodo	I fotodiodi sono sensori della luce che generano una corrente o una tensione quando la giunzione nel semiconduttore all'interno del diodo è illuminata dalla luce.
Frequenza	In un fenomeno periodico, la frequenza corrisponde al numero di eventi che si ripetono nell'unità di tempo.
Intensità	L'intensità acustica o sonora è una grandezza fisica come l'energia che nell'unità di tempo attraversa l'unità di superficie posta in un punto perpendicolarmente alla direzione di propagazione del suono.

**Magneto-
recezione** È un senso che consente a un organismo di rilevare un campo magnetico per percepire direzione, altitudine o posizione. Questo senso è utilizzato da una serie di animali per l'orientamento e la navigazione.

Magnetron Apparecchio che, con particolari accorgimenti nel muovere elettroni all'interno di un tubo a vuoto, permette la produzione di microonde.

Microonde In fisica le microonde sono radiazioni elettromagnetiche con lunghezza d'onda compresa tra le gamme superiori delle onde radio e la radiazione infrarossa. Lo spettro delle microonde è definito solitamente nell'intervallo di frequenza compreso tra 1 GHz e 1.000 GHz.

**Onda
di pressione** Tipo di onda longitudinale che si propaga in un gas ed è caratterizzata dalla variazione locale della pressione del gas, come succede ad esempio nelle onde sonore.

**Onda
elettroma-
gnetica** Le onde elettromagnetiche sono onde che si possono propagare sia nei mezzi elastici che nello spazio vuoto, in quanto ciò che oscilla non è un mezzo materiale, ma sono i campi elettrici e magnetici che variano nello spazio e nel tempo, prodotti da cariche elettriche in movimento.

**Onda
longitudinale** Un'onda longitudinale è caratterizzata da un'oscillazione del mezzo di propagazione che si svolge nella stessa direzione di propagazione dell'onda.

**Onda
meccanica** Un'onda meccanica è il trasporto di energia tramite la propagazione di una perturbazione in un mezzo gassoso, liquido o solido.

Onda mista Un'onda mista è la sovrapposizione di un'onda trasversale e di un'onda longitudinale. L'esempio più noto è quello dell'onda d'acqua.

Onda radio Le onde radio sono radiazioni elettromagnetiche nella banda di frequenza compresa tra 0 e 300 GHz, ovvero con lunghezza d'onda maggiore di 1 mm.

Onda trasversale Un'onda trasversale è caratterizzata da un'oscillazione del mezzo di propagazione che si svolge nella direzione perpendicolare alla propagazione dell'onda.

Radiazione infrarossa Radiazione elettromagnetica nella banda di frequenza inferiore a quella della luce visibile, ma maggiore di quella delle onde radio, ovvero con lunghezza d'onda compresa tra 700 nm e 1 mm. Viene spesso associata con i concetti di calore o radiazione termica poiché ogni oggetto emette spontaneamente radiazione in questa banda.

Radiazione ultravioletta Detta anche UV, è un intervallo della radiazione elettromagnetica, con lunghezza d'onda immediatamente inferiore alla luce visibile dall'occhio umano e immediatamente superiore a quella dei raggi X, situata quindi fra 100 e 400 nm.

Radiazioni gamma I raggi gamma sono una radiazione elettromagnetica con lunghezze d'onda estremamente piccole, comprese tra 10^{-10} e 10^{-14} metri. Le corrispondenti frequenze sono quindi altissime, superiori a 300 miliardi di GHz! I raggi gamma sono prodotti essenzialmente da transizioni nucleari o comunque subatomiche.

Raggi X I raggi X (o Röntgen) sono una radiazione elettromagnetica con lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 10 nanometri e 1/1.000 di nanometro (ossia un picometro). I raggi X sono usati principalmente per fini medici (radiografie), nell'analisi chimica e nell'analisi della struttura dei materiali.

Sonar Acronimo dell'espressione inglese *Sound Navigation and Ranging*, è una tecnica che utilizza la propagazione del suono sott'acqua per la navigazione, comunicazione o per rilevare la presenza e la posizione di imbarcazioni.

Spettro elettromagnetico Lo spettro elettromagnetico riassume l'insieme delle frequenze delle onde elettromagnetiche, che vengono divise in base alla frequenza e alla lunghezza d'onda in diversi tipi di radiazione.

Suono Per suono si intendono tutte le vibrazioni propagantisi in un mezzo. Le vibrazioni possono essere eccitate nel mezzo (solido, liquido o gassoso) o a esso trasmesse dalle vibrazioni di un corpo, che rappresenta la sorgente sonora.

Timbro Caratteristica che permette di distinguere suoni emessi da sorgenti diverse, anche se hanno la stessa frequenza e la stessa intensità. Ad esempio, ogni strumento musicale, pur suonando la stessa nota, possiede un timbro diverso e viene quindi avvertito in maniera diversa dall'orecchio.

Ultrasuono Gli ultrasuoni sono delle onde meccaniche sonore. Le frequenze che caratterizzano gli ultrasuoni sono superiori a quelle mediamente udibili da un orecchio umano e si situano in un intervallo compreso fra i 20 kHz e un GHz, oltre al quale si parla di ipersuono.

Wi-fi Acronimo inglese di Wireless Fidelity, significa "fedeltà senza fili" e comprende tutta quella tecnologia che viene usata per il collegamento di un apparecchio elettronico (notebook, personal computer, tablet ecc.) a una rete pubblica o privata.

Wireless In informatica e telecomunicazioni il termine wireless (dall'inglese "senza fili") indica una comunicazione tra dispositivi elettronici che non fa uso di cavi. Per estensione, sono detti wireless i rispettivi sistemi o dispositivi di comunicazione che implementano tale modalità di comunicazione. Generalmente il wireless utilizza onde radio a bassa potenza.



Tutta la nostra realtà è popolata di onde, sia naturali che generate dall'uomo. Onde che si propagano attraverso un mezzo di trasmissione trasportando energia e onde in grado di generare effetti sulla materia a volte lievi a volte importanti. L'autore ci accompagna in un affascinante viaggio attraverso il mondo delle onde, svelandoci i fenomeni ondulatori naturali e artificiali e mostrandoci come l'uomo sia riuscito a sfruttare alcuni tipi di onde in modo controllato, come ad esempio le telecomunicazioni, il wi-fi, i raggi X e il forno a microonde.

Andrea Danani, Istituto Dalle Molle di studi sull'Intelligenza Artificiale (IDSIA); Scuola universitaria professionale della Svizzera italiana (SUPSI); Università della Svizzera italiana (USI), Lugano.

All'interno il fumetto:

Onda su onda...

Testi a cura degli alunni della classe 3A della Scuola Media Caslano, Ticino-Svizzera.

Disegni realizzati, per la Scuola Romana dei Fumetti, da Angela Piacentini.

