

## BIOLOGIA

## Radiazioni elettromagnetiche ionizzanti e materia vivente

Siamo continuamente immersi in un mare di onde elettromagnetiche, sin dalla nascita e per tutta la durata della nostra vita. Il Sole invia alla Terra energia che attraversa lo spazio vuoto sotto forma di onde elettromagnetiche: alcune ci illuminano, altre ci scaldano, altre ci fanno abbronzare... Non si può dunque parlare di effetti della radiazione sugli organismi senza specificare di quale tipo di onde si tratti, cioè senza specificare la loro lunghezza d'onda e, quindi, l'energia trasportata.

Le onde elettromagnetiche che hanno una lunghezza d'onda maggiore, hanno una frequenza minore e trasportano un minor quantitativo di energia rispetto a quelle di lunghezza d'onda minore. Queste ultime sono le più pericolose per gli organismi viventi, perché la loro energia potrebbe essere sufficiente per provocare danni alle cellule. In particolare potrebbero essere in grado di ionizzare alcuni atomi e quindi modificare le strutture cellulari delle quali questi fanno parte.

## Le radiazioni ionizzanti

Tali radiazioni sono dette ionizzanti e sono molto pericolose per il DNA, la molecola più importante per ogni organismo vivente. Il DNA è formato da una sequenza di segmenti più piccoli i quali, l'uno dopo l'altro, codificano il cosiddetto patrimonio genetico di ciascun individuo, differenziandolo dagli altri e permettendone la crescita e la riproduzione, cioè la vita. Se uno di questi segmenti viene modificato, direttamente dalle radiazioni o dai radicali liberi da esse formati, l'intero «progetto» dell'organismo vivente può risentire della modifica. Questo significa che l'organismo potrebbe smettere di funzionare come dovrebbe.

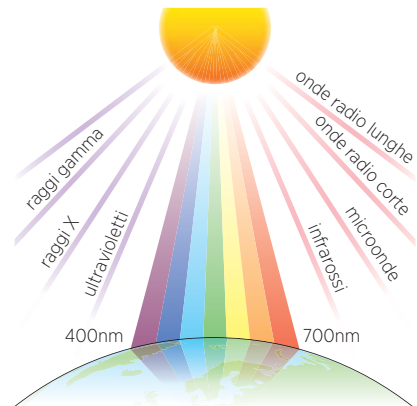
Le radiazioni potrebbero indurre modificazioni del meccanismo di riproduzione delle cellule e dare il via al proliferare di cellule cancerose. Esistono meccanismi naturali di difesa e di riparazione, tuttavia l'esposizione a radiazioni ionizzanti va senz'altro ridotta.

## Quali radiazioni?

I raggi ultravioletti che inducono la nostra abbronzatura fanno parte delle radiazioni ionizzanti, anche se sono le meno energetiche e quindi le meno penetranti e pericolose. Tuttavia l'organismo ha sviluppato, nel corso dell'evoluzione, una strategia di difesa: il pigmento scuro (la melanina) non è altro che uno schermo che si oppone all'ingresso di radiazioni potenzialmente nocive.

In assenza di melanina o di un'adeguata protezione la pelle è invece esposta al rischio. I raggi ultravioletti più dannosi sono comunque schermati dallo strato di ozono presente in stratosfera, il quale li assorbe coinvolgendoli in reazioni fotochimiche impedendo loro l'ingresso negli strati più bassi.

Più energetici dei raggi ultravioletti sono i raggi X, ai quali siamo sottoposti durante le radiografie in dosi rigorosamente controllate e il più possibile ridotte. Ancora più pericolosi sono gli effetti dei raggi  $\gamma$ , emessi nei processi di decadimento radioattivo. I primi scienziati che lavorarono con i raggi X e la radioattività ignoravano la loro pericolosità e sono andati incontro spesso a gravi neoplasie.



Il Sole ci invia continuamente onde elettromagnetiche di ogni tipo.



NASA

Le radiazioni ionizzanti trasportano energie elevate e possono danneggiare il DNA contenuto nelle cellule degli organismi viventi.



Nel 1895 Wilhelm Conrad Röntgen scoprì i raggi X, riconoscendo immediatamente la loro capacità di penetrare nella materia. La prima radiografia della storia è quella della mano sinistra della signora Röntgen.

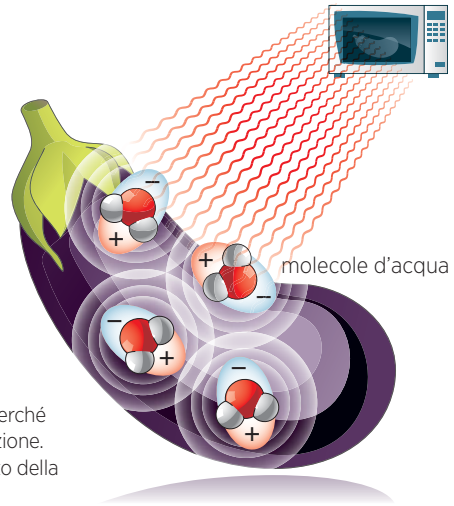
**DOMANDA** Possiamo affermare che l'atmosfera è completamente trasparente ai raggi ultravioletti? Motiva la risposta in 5 righe.

## BIOLOGIA

## Radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti e materia vivente

Le radiazioni meno energetiche, con frequenze al di sotto di quella corrispondente alla luce di colore rosso, non hanno la capacità di ionizzare la materia. Esse agiscono principalmente innalzando la temperatura dei corpi. I raggi infrarossi fanno parte di questo tipo di radiazione e sono continuamente prodotti dai nostri stessi corpi per il semplice fatto di essere «caldi». A questo proposito, infatti, si parla anche di radiazione termica. Gli effetti della radiazione termica sugli organismi viventi non sono meno importanti di quelli delle radiazioni ionizzanti: è noto, infatti, che al di sopra di una certa temperatura pochi organismi sono in grado di vivere: non a caso l'ebollizione dell'acqua nelle situazioni di scarsa igiene garantisce l'uccisione di molti degli agenti patogeni.

Le microonde prodotte nei forni elettrodomestici, con una frequenza di 2,45 GHz, innalzano la temperatura dell'acqua contenuta negli alimenti, perché vanno in risonanza con le sue molecole polari amplificando la loro oscillazione. Dal punto di vista macroscopico ciò corrisponde, infatti, a un innalzamento della sua temperatura.



## Le microonde

L'esposizione prolungata a radiazioni a bassa frequenza, come le microonde, potrebbe riscaldare i tessuti al punto di danneggiarli. È noto, per esempio, che le microonde possono essere pericolose se molto intense: per esempio l'esposizione ad alte temperature può favorire l'opacizzazione permanente del cristallino dell'occhio (provocando la cosiddetta cataratta). Se osserviamo da vicino, durante la cottura, l'interno di un forno a microonde schermato male o in cattive condizioni di chiusura, potremmo incorrere in questo inconveniente. Tuttavia l'intensità delle microonde decresce rapidamente con la distanza e non sono state rilevate conseguenze dannose per la presenza di tali elettrodomestici nelle abitazioni. I cibi stessi non risentono di altri effetti se non quello del riscaldamento e la loro cottura è sostanzialmente equivalente alla cottura per conduzione (cottura in pentola). L'unica differenza è che nei forni a microonde i cibi vengono cotti dall'interno, anziché con l'intervento di sorgenti termiche esterne.

## L'elettrosmog

Le onde elettromagnetiche a bassa frequenza di debole intensità non sembra che abbiano conseguenze a breve termine sugli organismi viventi. Tuttavia la continua immersione in campi elettromagnetici a bassa frequenza è ritenuta una tipologia di inquinamento denominato genericamente elettrosmog. L'inquinamento elettromagnetico è dovuto fondamentalmente alle infrastrutture delle telecomunicazioni, che si basano proprio sulla trasmissione di segnali radio e microonde su lunghe distanze, e della produzione e distribuzione dell'energia elettrica. I campi elettromagnetici non sono in genere molto intensi, ma viviamo costantemente al loro interno e ciò rappresenta un'anomalia rispetto al passato. Per tale motivo attualmente sono in corso molte ricerche sugli effetti a breve e lungo termine dei campi elettromagnetici a bassa frequenza sugli organismi.



I dispositivi elettronici che inviano e ricevono segnali a distanza utilizzano onde elettromagnetiche a bassa energia.

**DOMANDA** Perché le onde a bassa frequenza sono più adatte alla trasmissione a distanza?

## CON GLI OCCHI DI UN FISICO

### Quattro chiacchiere a distanza

#### La dibattuta questione del telefono

Nel 1826 nasceva ad Aosta Innocenzo Manzetti, che sarebbe diventato un inventore assai creativo e ingegnoso. All'età di 23 anni costruì uno straordinario automa in grado di suonare il flauto, mosso da un motore pneumatico e in seguito una macchina per fare la pasta, una vettura a vapore, e altri congegni, ma soprattutto molti documenti testimoniano la realizzazione di un dispositivo in grado di trasmettere a distanza i suoni attraverso un filo percorso da corrente. Un lavoro pionieristico nella direzione del telefono, dunque, che sfruttava l'induzione elettromagnetica per riprodurre i suoni. Erano i primi anni Sessanta dell'Ottocento e, nello stesso tempo, un altro italiano stava compiendo analoghi esperimenti. Antonio Meucci aveva concepito e realizzato il *telettrofono*, uno strumento che usava per comunicare da una stanza all'altra con la moglie malata, e dedicò diversi anni al suo perfezionamento. Tuttavia la sua situazione economica era molto precaria e non riuscì a trovare il denaro sufficiente per un vero e proprio brevetto, per cui nel 1876 Alexander Graham Bell, con il brevetto n. 174465, diventò ufficialmente l'inventore del telefono.

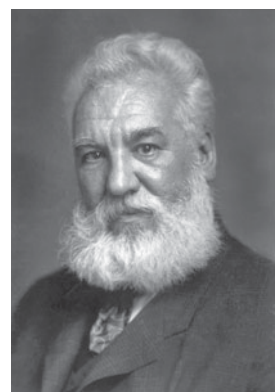
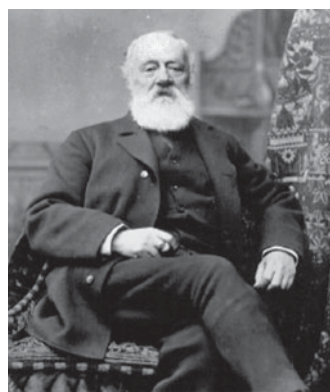
Il suo principio di funzionamento è basato sull'induzione elettromagnetica: un'onda sonora colpisce una membrana, le cui vibrazioni provocano delle variazioni di un campo magnetico, il quale, a sua volta, induce una corrente elettrica variabile in un conduttore. La corrente percorre il conduttore fino a raggiungere un'altra membrana: le variazioni del campo magnetico indotto dalla corrente riproducono le stesse vibrazioni iniziali e quindi il suono corrispondente.

Photo courtesy of the Garibaldi-Meucci Museum



Ricostruzione del 1932 del telettrofono di Meucci.

Antonio Meucci, oggi riconosciuto come inventore ufficiale del telefono. Fino al 2002 la priorità dell'invenzione del telefono era ufficialmente attribuita ad Alexander Graham Bell.



#### Una lunga controversia

Sulla base del suo brevetto Bell costruì un impero economico. Contemporaneamente, però, Meucci tentò di far fruttare i suoi lavori e di rivendicare la priorità dell'invenzione che, nonostante mancasse di brevetto ufficiale, era stata ampiamente conosciuta nel distretto di New York. La Globe Telephone Company di New York decise di commercializzare l'invenzione di Meucci, sostenendo peraltro ufficialmente la priorità dell'italiano, inoltrando una petizione al Procuratore Generale degli Stati Uniti. Nel 1884 la Bell Telephone Company citò in giudizio la Globe e nel 1886 iniziò il processo. L'opinione pubblica americana era a favore di Meucci e la stessa magistratura era propensa a riconoscere all'italiano la priorità dell'invenzione, tuttavia una strana sentenza locale dichiarò che il progetto di Meucci era di tipo meccanico e non elettromagnetico, per cui non veniva riconosciuto il diritto alla Globe di commercializzare apparecchi telefonici. La Globe ricorse in appello e, nello stesso tempo il Governo degli Stati Uniti aprì un'inchiesta. La controversia tra Bell e gli Stati Uniti durò a lungo tra rinvii e cavilli legali, fino alla sua risoluzione senza nulla di fatto, nel 1897. Meucci era già morto nel 1889. La questione rimase dunque aperta, mentre la Bell Telephone Company accresceva il suo capitale e il suo impero economico. Solo dopo 113 anni, il 16 giugno 2002, il 107° congresso degli Stati Uniti riconobbe ufficialmente a Meucci la paternità dell'invenzione del telefono.

#### PAROLA CHIAVE **Onde elettromagnetiche**

**DOMANDA** Con il termine «elettrosmog» si intende la presenza diffusa di onde elettromagnetiche di bassa frequenza, utilizzate principalmente nelle telecomunicazioni. Perché l'elettrosmog potrebbe essere dannoso per la salute?

#### PAROLA CHIAVE **Campo elettromagnetico**

**DOMANDA** In che modo una carica oscillante genera un'onda elettromagnetica? Descrivi il processo in 10 righe, aiutandoti con un disegno.

## Usare il telefono

Inizialmente il telefono fu utilizzato come strumento di lavoro da banchieri, ferrovieri, pompieri e in seguito da imprenditori e professionisti. Era quindi considerato un mezzo con il quale scambiare informazioni importanti, alternativo al telegrafo di Morse e di utilizzo decisamente più immediato, non essendo necessario l'uso di un alfabeto particolare. Con i primi telefoni, le distanze tra cui era possibile comunicare senza perdere qualità del segnale erano ridotte, e fino allo sviluppo di ricevitori efficienti non si superarono poche decine di chilometri: questi dispositivi si affermarono quindi per comunicazioni all'interno della stessa città. Le linee convergevano verso un centralino dove le addette centraliniste collegavano gli utenti per mezzo di spinotti. In breve, però, il telefono si diffuse capillarmente entrando anche nelle abitazioni come strumento per conversazioni private: nel 1890 negli Stati Uniti erano installati 200 000 apparecchi telefonici e nei primi dieci anni del 1900 il loro numero arrivò a circa 7 milioni. Il telefono diventò un mezzo per conversazioni di ogni tipo, e con i miglioramenti tecnologici, arrivò a collegare tra loro diverse città. Una delle sfide più impegnative era costituita dal sistema di cablaggio: la posa dei cavi per una rete di utenti che cresceva a ritmo vertiginoso poneva diverse questioni, dai materiali usati alla scelta tra sistema aereo e sotterraneo, alla difficoltà della realizzazione di un cablaggio sotterraneo. L'aumento degli utenti rese inoltre indispensabile l'uso di un sistema automatico per il collegamento degli apparecchi, in sostituzione di quello manuale affidato alle centraliniste. In Italia la prima centrale telefonica automatica, con selettori meccanici, fu costruita a Roma nel 1913.

## Dai cavi alle microonde

La grande svolta della telefonia ha una data piuttosto recente e riguarda la possibilità di comunicare in assenza di fili, attraverso le onde elettromagnetiche. Inizialmente i telefoni «mobili» erano dei veri e propri apparecchi radio con i quali la voce viaggiava direttamente sotto forma di onda elettromagnetica, senza essere prima convertita in formato digitale, come avviene oggi. Il primo telefono mobile risale al 1973, ma si trattava di un oggetto molto costoso, oltre che ingombrante, e per oltre dieci anni rimase un bene di lusso o di servizio, per lo più utilizzato dalle forze dell'ordine per comunicazioni tra la centrale e le pattuglie. La cosiddetta telefonia cellulare è basata sulla suddivisione del territorio in *celle* dotate di antenne, che mettono in comunicazione i singoli apparecchi per mezzo la ricezione e la trasmissione di microonde. Il primo servizio di telefonia cellulare, in Giappone e negli Stati Uniti, risale al 1979, ma il primo apparecchio commerciale, con una massa di 800 grammi, è stato messo in vendita nel 1983 con un prezzo di quasi 4000 dollari. Non è difficile immaginare i motivi per i quali le vendite non decollarono: le prime società che si lanciarono nell'affare chiudevano regolarmente i bilanci in passivo. Nei successivi dieci anni la telefonia mobile si diffuse lentamente, ma già nel 2000 gli abbonati dei soli Stati Uniti superavano i 100 milioni. Oggi i costi degli apparecchi sono notevolmente diminuiti, la loro efficienza è aumentata e la diffusione è arrivata praticamente a un livello di saturazione per cui, per mantenere attivo il mercato, vengono continuamente proposti prodotti dalle più svariate funzioni, che vanno al di là delle semplici telefonate.



Library of Congress

Una vista della Broadway a New York in una litografia del 1885.



Seattle Municipal Archives

Centraliniste al lavoro nel 1952.



Rico Shen

Il primo telefono cellulare in vendita, nel 1983, aveva una massa di circa 800 grammi ed era soprannominato *brick phone*, il mattone.

**PAROLA CHIAVE** Spettro elettromagnetico

**DOMANDA** Perché nella comunicazione a distanza si utilizzano le microonde e le onde radio e non i raggi X?