



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica, AA 2022-23

Bioelettromagnetismo: introduzione



Il Bioelettromagnetismo è la scienza che tratta i fenomeni elettrici, magnetici ed elettromagnetici nei tessuti biologici

Fanno parte di questi fenomeni:

- Il comportamento di tessuti eccitabili (le sorgenti di biosegnali)
- Correnti elettriche e potenziali elettrici in un volume (tessuto biologico) conduttore
- La risposta di cellule eccitabili a stimoli di campo elettrico e magnetico
- Le proprietà elettriche e magnetiche intrinseche dei tessuti biologici



Per definizione il Bioelettromagnetismo è una scienza fortemente interdisciplinare visto che comprende scienze della vita con scienze fisiche ed ingegneristiche

Le discipline coinvolte nel Bioelettromagnetismo possono essere:

- La biofisica (studio di problemi biologici in termini di concetti della fisica)
- La bioingegneria (analisi dei sistemi biologici, applicazione dell'ingegneria allo sviluppo di dispositivi per la salute)
- La biotecnologia (studio della tecnica di processi microbiologici)
- L'elettronica medica (lo sviluppo di dispositivi elettronici e metodi per la medicina)



La scienza del Bioelettromagnetismo si può suddividere in vari modi, sicuramente un metodo efficace è la suddivisione basata secondo due principi fondamentali:

1. le equazioni di Maxwell
2. il principio di reciprocità

Le equazioni di Maxwell costituiscono la connessione elettromagnetica dei vari fenomeni nei tessuti biologici. A seconda che si trattino fenomeni elettrici, elettromagnetici o magnetici, la suddivisione può essere fatta in:

- Bioelettricità
- Bioelettromagnetismo
- Biomagnetismo



Il principio di reciprocità asserisce che:

la distribuzione di sensibilità nella rivelazione di segnali bioelettrici

eguaglia

la distribuzione di energia nella stimolazione (elettrica)

come pure

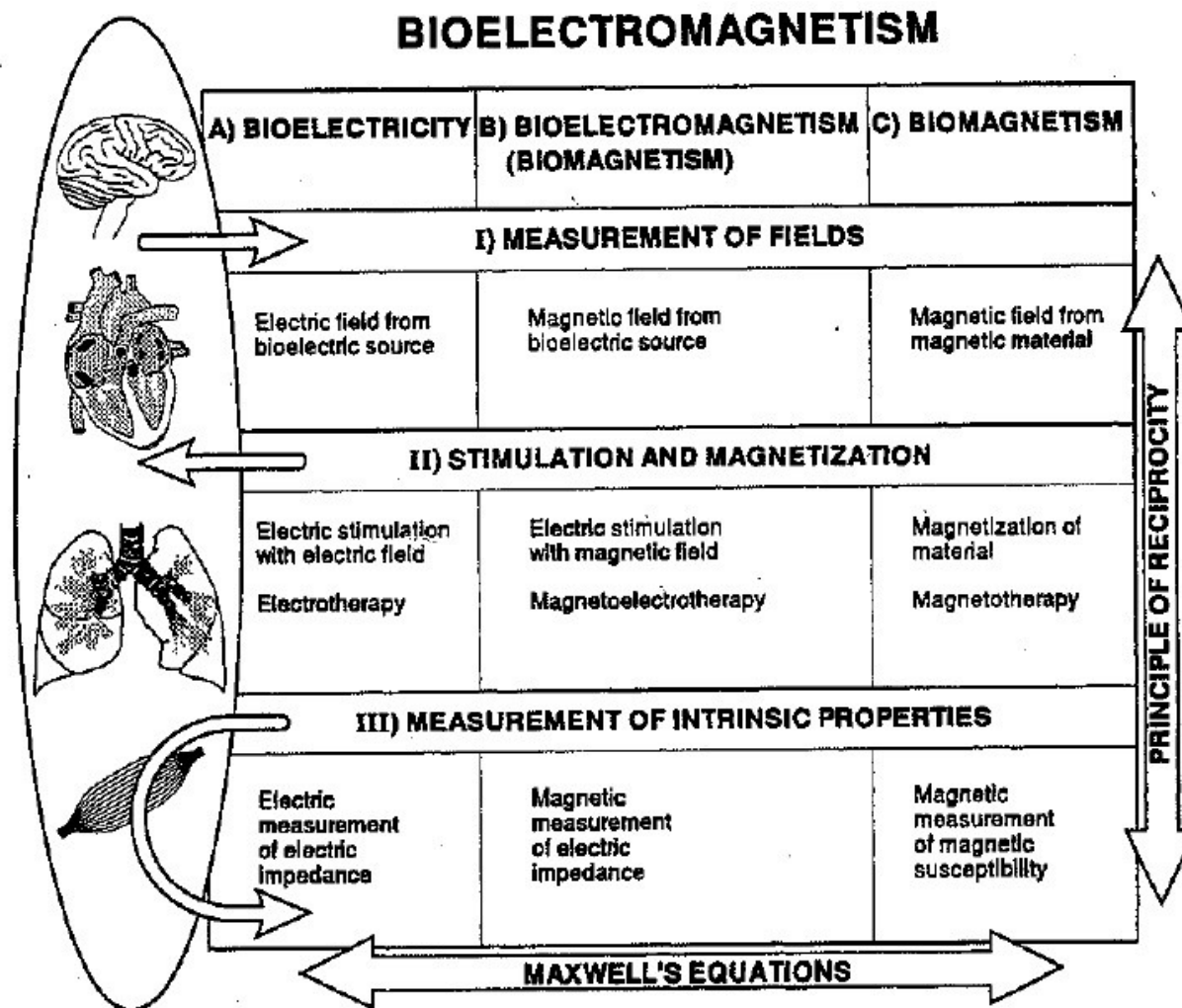
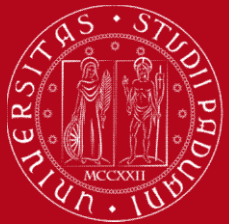
la distribuzione di sensibilità nelle misure di impedenza (elettrica) dei tessuti



A seconda che si tratti di misure di campo (biosegnali), misure della stimolazione o misure delle proprietà intrinseche dei tessuti biologici, la suddivisione può essere fatta in:

- misure di campi elettrici (o magnetici) prodotti da sorgenti bioelettriche
- stimolazione elettrica mediante campi elettrici (o magnetici)
- misure di proprietà elettriche da misure di campi elettrici (o di campi magnetici)

Che si usi la suddivisione sulla base delle equazioni di Maxwell o sul principio di reciprocità, tutto è evidentemente collegato





La suddivisione del Bioelettromagnetismo può essere fatta su base anatomica:

1. Bioelettromagnetismo neurofisiologico
2. Bioelettromagnetismo cardiologico
3. Bioelettromagnetismo di altri organi o tessuti



Introduzione: Cenni storici

Fenomeni elettrici ed organismi viventi

I primi documenti storici che menzionano fenomeni elettrici in organismi viventi sono i geroglifici egiziani (4000 AC) del pesce gatto elettroforo del Nilo.

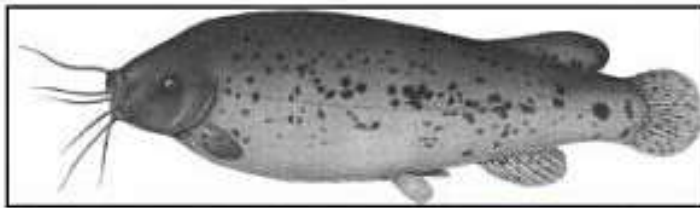


Figure 2.1. A realistic depiction of an electric **catfish**, of which many types are now recognized (from Schinz and Brodtmann, 1836). Electric **catfish** common to the Nile appear on ancient Egyptian tomb drawings.

Pesce gatto elettroforo del Nilo

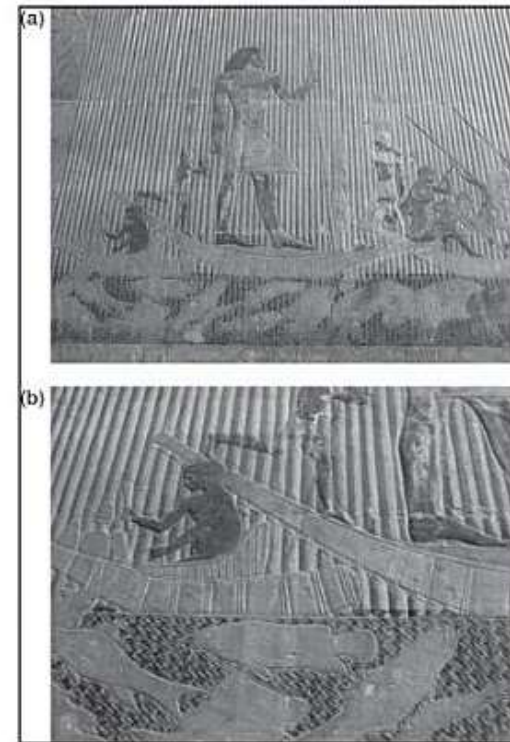


Figure 2.3. (a) The Ruler Ti participating in a hippopotamus hunt. This scene is one of many realistic scenes that can be found on the walls of his tomb in Saqqara (c. 2400 B.C.). *Malapterurus*, the electric **catfish**, can be seen right under the back of smaller boat on the left. (b) A closer look at the depiction of *Malapterurus* (photos by Wendy Finger).

Il pesce gatto elettroforo nelle tombe egizie



I filosofi Thales (625 – 547 a.c.) ed Aristotele (384 – 322 a.c.) fecero esperimenti con l'ambra e riconobbero la sua capacità di attrarre la peluria.

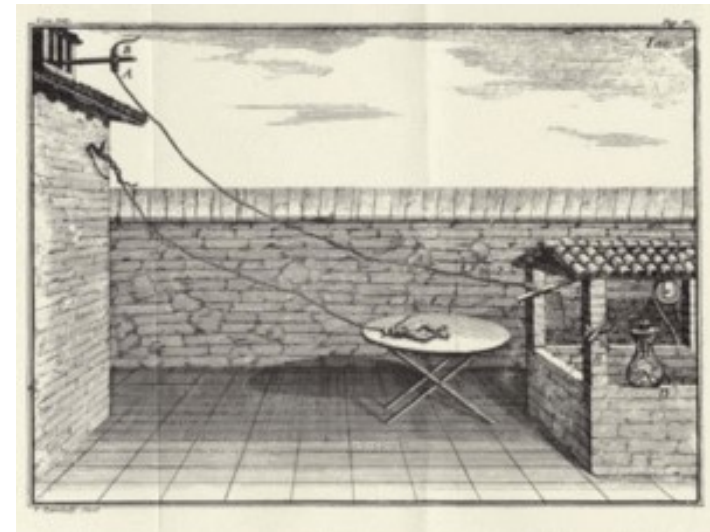
Bisogna aspettare William Gilbert (1544 – 1603), fisico della regina Elisabetta I che usò il potere attrattivo dell'ambra per esperimenti pianificati.

Fu il primo a parlare di «Electricks» dal greco «electron» (ambra) e gli si può attribuire la nascita della scienza «electricity»



I primi esperimenti sistematici di bioelettricità sono dovuti a J. Swammerdan prima (1664) e poi a L. Galvani (1790).

Dissecai una rana, la preparai e la collocai sopra una tavola sulla quale c'era una macchina elettrica, dal cui conduttore era completamente separata e collocata a non breve distanza; mentre uno dei miei assistenti toccava per caso leggermente con la punta di uno scalpello gli interni nervi crurali di questa rana, a un tratto furono visti contrarsi tutti i muscoli degli arti come se fossero stati presi dalle più veementi convulsioni tossiche. A un altro dei miei assistenti che mi era più vicino, mentre stavo tentando altre nuove esperienze elettriche, parve di avvertire che il fenomeno succedesse proprio quando si faceva scoccare una scintilla dal conduttore della macchina. Ammirato dalle novità della cosa, subito avvertì me che ero completamente assorto e meco stesso d'altre cose ragionavo. Mi accese subito un incredibile desiderio di ripetere l'esperienza e di portare in luce ciò che di occulto c'era ancora nel fenomeno.

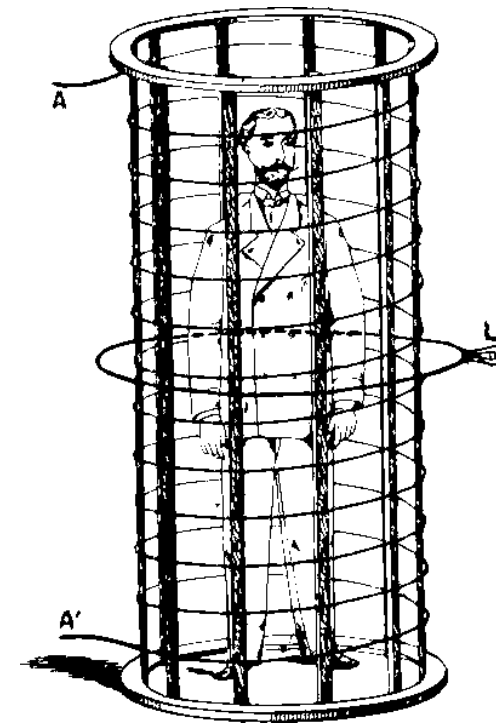


L'esperimento di eccitazione elettrica dell'attività muscolare di una rana realizzato da L. Galvani (1790)



Con Faraday (1791 – 1867) si può collegare l'inizio della «elettro-medicina» grazie alla sua invenzione della bobina ad induzione (1834) da cui derivò la tecnica della «stimolazione di Faraday»

I primi esperimenti di biomagnetismo sono invece eseguiti nel XIX secolo. J.A. D'Arsonval (1893) riporta gli effetti dell'esposizione umana a forti campi magnetici con variazione temporale sinusoidale ad alta frequenza per il riscaldamento dei tessuti; ebbe così origine la tecnica della "diatermia".



Il solenoide di D'Arsonval



La connessione fra elettricità e magnetismo fu opera di Hans Orsted nel 1819.

Successivamente i francesi Biot e Savart dimostrarono la relazione fra corrente in un filo conduttore e la forza fra 2 poli magnetici.

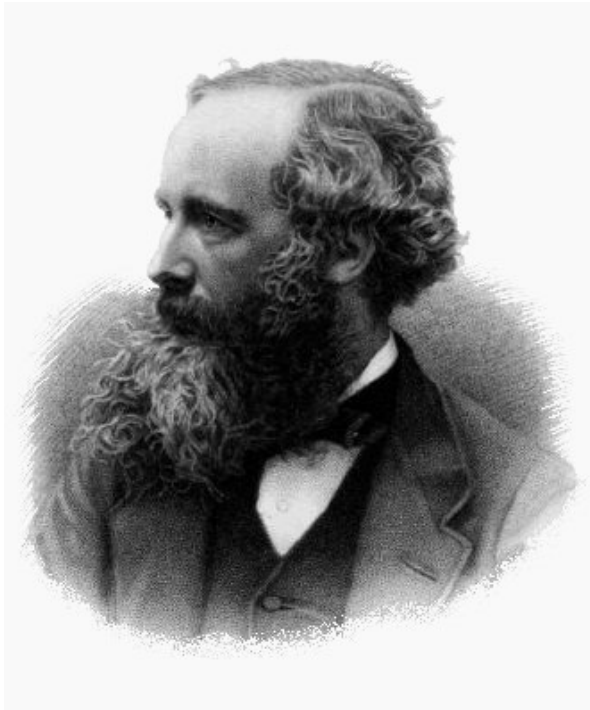
Poi ci fu Ampère (1755 – 1836) ed il tedesco Helmholtz (1821 – 1894) con i suoi importanti studi, quali:

- il principio di conservazione dell'energia (1847)
- il principio di sovrapposizione degli effetti (1853)
- il teorema di reciprocità (1853)
- le spire di Helmholtz applicate a strumentazione biomagnetica



Introduzione: Cenni storici

Maxwell: le onde elettromagnetiche



James C. Maxwell (1831 – 1879)

J.C. Maxwell, nel **1864**, rielabora tutte le conoscenze sui fenomeni elettrici e magnetici ricavate da Ampère e da Faraday.

Dimostra che l'elettromagnetismo è un fenomeno di propagazione di onde.

Si può senz'altro asserire che fino a metà del 1800 la storia dell'Elettromagnetismo è stata anche la storia del Bioelettromagnetismo.



Dal 1901 al 1991 sono stati assegnati ben 16 premi Nobel “per il loro contributo alla disciplina del bioelettromagnetismo ed alle tematiche ad essa connesse”

tra questi:

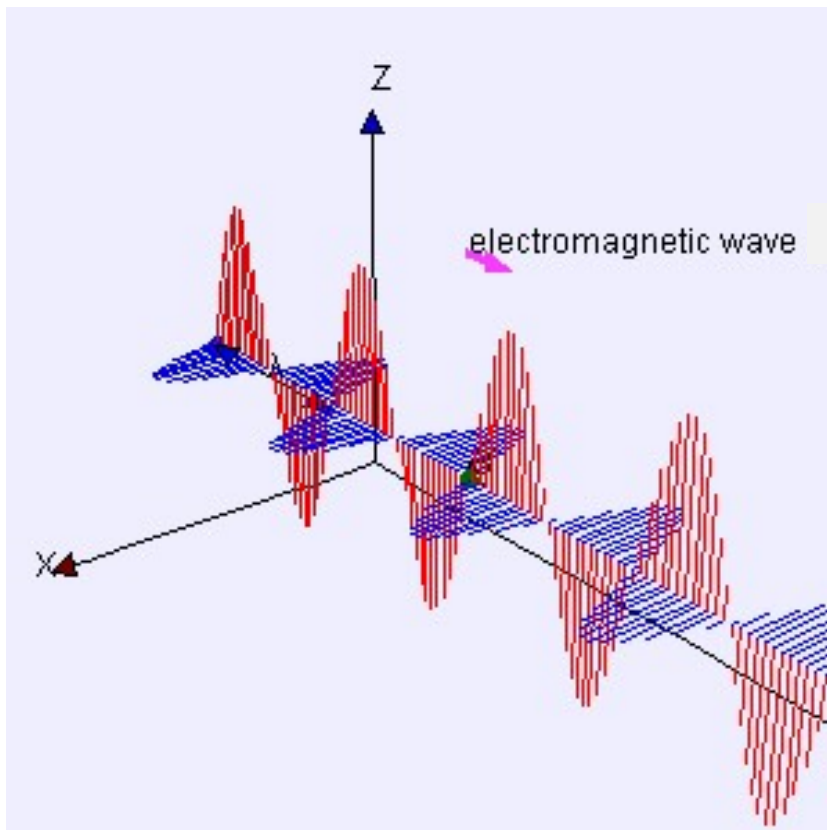
- 1903: “Theory of electrolytic dissociation”
- 1924: “Discovery of ECG mechanism”
- 1963: “Study of the transmission of nerve impulses”
- 1991: “Scoperte riguardanti la funzione dei canali ionici nelle cellule”



Introduzione: Onde elettromagnetiche

Frequenza e lunghezza d'onda

Un'onda elettromagnetica è costituita da un campo elettrico ed uno magnetico (interdipendenti) che si propagano assieme.



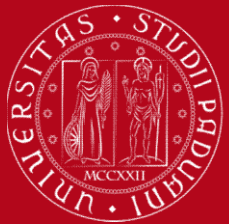
f: frequenza

(numero di oscillazioni per
unità di tempo in un punto
dello spazio)

λ : lunghezza d'onda

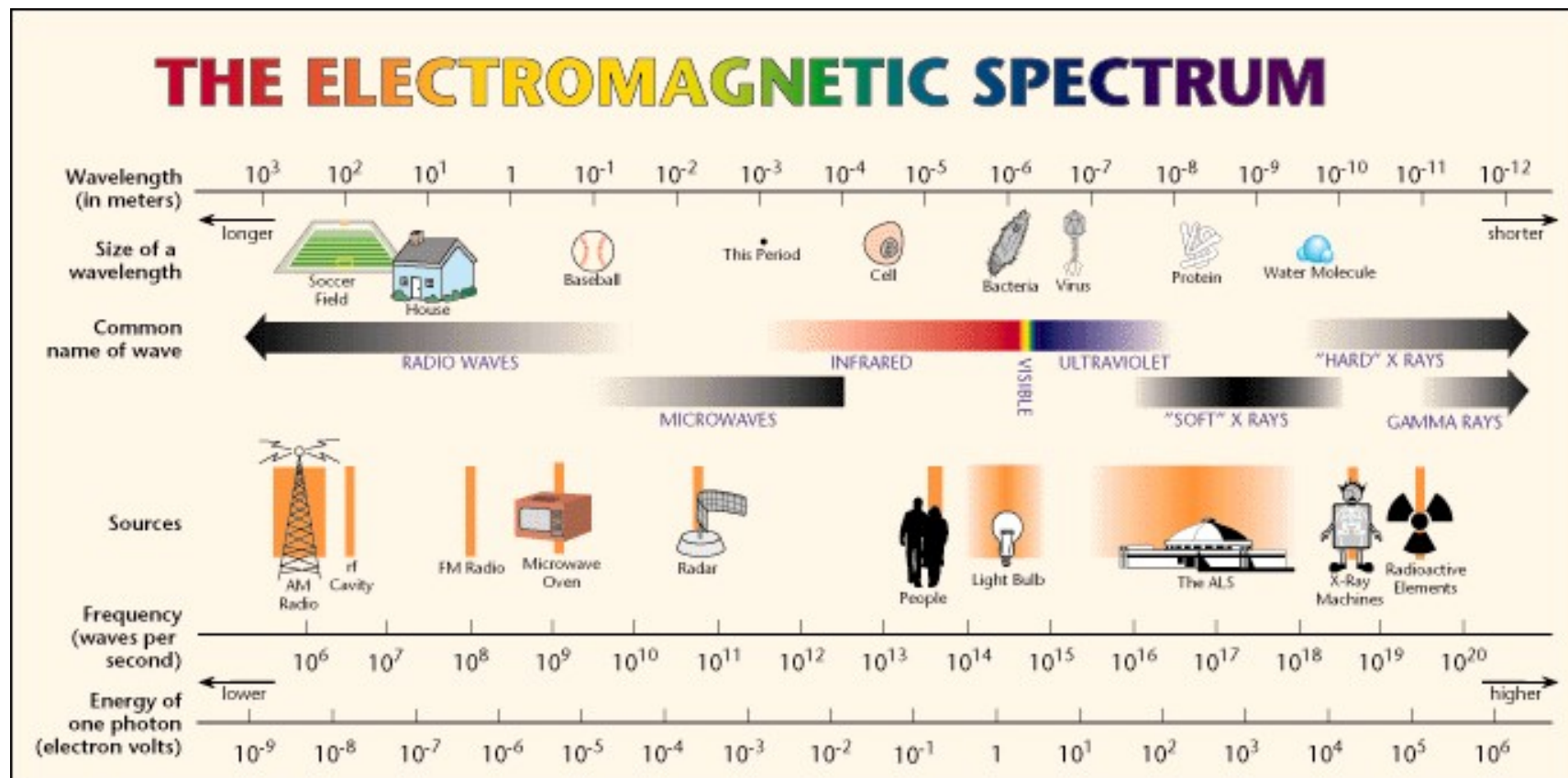
(distanza fra due punti
con differenza di fase 2π)

$$f \cdot \lambda = c$$



Introduzione: Onde elettromagnetiche

Lo spettro elettromagnetico



Spettro elettromagnetico

(tratto da <http://www.lbl.gov/MicroWorlds/ALSTool/EMSpec/EMSpec2.html>)



Il Corso si struttura in 4 sezioni principali:

- 1. Fondamenti di elettromagnetismo**
- 2. Fondamenti di elettrofisiologia**
- 3. Protezione dalle esposizioni: effetti fisici, normativa e metodi di indagine (con laboratorio informatico)**
- 4. Applicazioni dei campi elettromagnetici: diagnostiche, terapeutiche e cliniche**



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Introduzione: Bioelettromagnetismo

Struttura del corso

1. Fondamenti di elettromagnetismo

Equazioni di Maxwell

Interazione fra onde elettromagnetiche e materia

Onde piane

Teoria della radiazione



Equazioni di Maxwell.

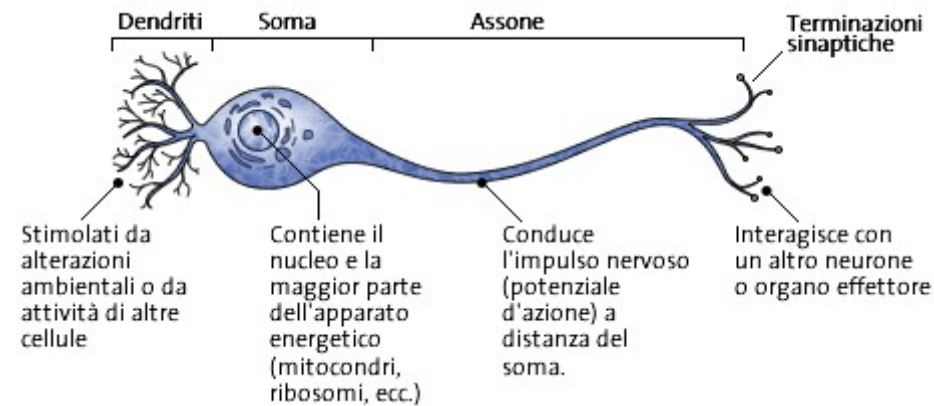


2. Fondamenti di elettrofisiologia

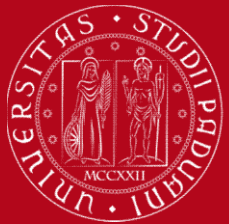
Correnti cellulari

Equazioni di Nerst-Planck

Propagazione degli stimoli



Anatomia di un neurone

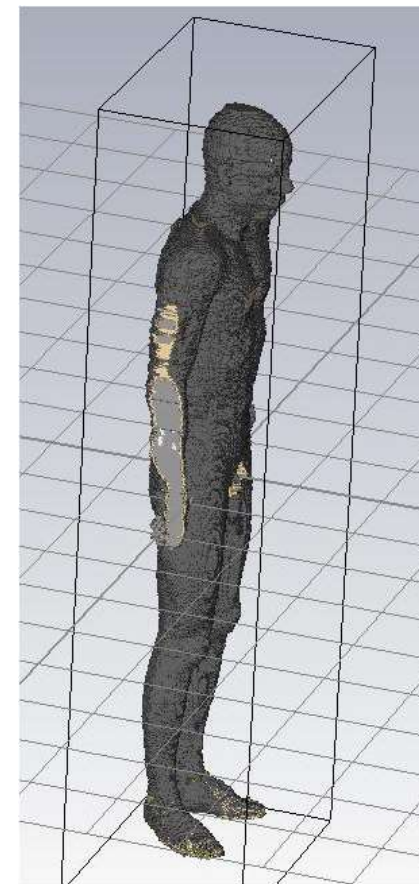


3. Protezione dalle esposizioni: effetti fisici, normativa e metodi di indagine

Danni fisici acuti da sovraesposizione a campi
elettromagnetici

Normativa internazionale e nazionale

Metodi di indagine



Home » News » Smartphone e radiazioni: classifica aggiornata dei telefoni più e meno pericolosi

Smartphone e radiazioni: classifica aggiornata dei telefoni più e meno pericolosi

La rivista Forbes ha rilasciato una classifica degli smartphone più pericolosi attualmente in commercio, e una, al contrario, con quelli che lo sono meno. Scopriamoli insieme.

Da Raffaella Danae - 7 gennaio 2019



Gli **smartphone** sono davvero **pericolosi per la salute dell'uomo**? C'è chi ancora se lo chiede, d'altronde la scienza non è riuscita a dimostrare ancora nulla di ufficiale, se non risultati ottenuti su topi da laboratorio che avrebbero in effetti evidenziato l'esistenza di un legame tra l'esposizione alle radiazioni da smartphone e l'aumentato rischio di riscontrare il cancro, ma che non hanno alcuna validità per l'uomo.

E mentre il tema *smartphone e radiazioni* continua ad essere ancora piuttosto discusso, soprattutto in attesa di risposte che siano chiare e valide una volta per tutte, **Forbes pubblica due interessanti classifiche**: la prima contenente i nomi degli **smartphone più pericolosi** proprio perché più radioattivi - e dunque con un **valore SAR molto elevato**; la seconda, invece, contenente i nomi degli **smartphone meno radioattivi**, pertanto con un valore SAR piuttosto basso.

Smartphone e radiazioni: classifica dei devices più pericolosi

Nella classifica degli smartphone più radioattivi rientrano dispositivi molto apprezzati dagli utenti, tra cui quelli di casa **Xiaomi**, **Huawei** e persino **Apple**. A seguire, la classifica rilasciata dalla rivista Forbes con i nomi degli smartphone più pericolosi seguiti dal relativo valore SAR:



Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres



Report of final results regarding brain and heart tumors in Sprague-Dawley rats exposed from prenatal life until natural death to mobile phone radiofrequency field representative of a 1.8 GHz GSM base station environmental emission

L. Falcioni, L. Bua, E. Tibaldi, M. Lauriola, L. De Angelis, F. Gnudi, D. Mandrioli, M. Manservigi, F. Manservigi, I. Manzoli, I. Menghetti, R. Montella, S. Panzacchi, D. Sgargi, V. Strollo, A. Vornoli, F. Belpoggi*

Cesare Maltoni Cancer Research Center, Ramazzini Institute, Castello di Bentivoglio, via Saliceto 3, Bentivoglio, 40010 Bologna, Italy





UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

Introduzione: Bioelettromagnetismo

Struttura del corso

4. Applicazioni dei campi elettromagnetici: diagnostiche, terapeutiche e cliniche

Cenni alle principali utilizzazioni dei campi elettromagnetici in ambito biomedicale.

Diagnostiche

Terapeutiche

Cliniche



Risonanza magnetica nucleare



LASER in dermatologia