

Elettromagnetismo e circuiti

Lezione introduttiva

Prof. Sandra Costanzo – Lez.1 – 02/10/2023 – sbobinatore: M. Di Michele – revisiona: A. Rogato

INFORMAZIONI GENERALI:

- Lo studio della Prof.ssa è al **cubo 41d** (primo piano)
- Si può avere un ricevimento senza appuntamento tutti i martedì dalle ore 15 alle ore 17, altrimenti si può mandare una mail all'indirizzo: sandra.costanzo@unical.it
- Testi consigliati: "**Fondamenti di campi elettromagnetici**" (autore: Ulaby), "**Elements of Electromagnetics**" (autore: Sadiku). Per la teoria sarà usato il primo, mentre per la pratica il secondo.

INTRODUZIONE

Il corso verterà sugli aspetti applicativi tecnologici della medicina e ciò richiede delle conoscenze di fisica medica e matematica. L'obiettivo della "**nuova medicina**" è quello di mettere a disposizione strumenti migliori che possano garantire un'estrapolazione di informazioni maggiormente veloce e dettagliata, utile ai fini del compimento di una diagnosi precoce.

Una frase molto nota di **Hertz** (fisico che ha introdotto il concetto di corrente e di forza elettromotrice) è: "*Non si può sfuggire alla sensazione che le formule matematiche abbiano un'esistenza indipendente e un'intelligenza propria, tale per cui siano più sagge di noi e dei loro scopritori, e che si ottenga molto di più di quanto originariamente presente in esse*". Con la sua celebre affermazione, Hertz vuole spiegare che ciascuno può interpretare la formula matematica diversamente e dunque, la stessa formula matematica, può essere utilizzata in epoche diverse con accezioni diverse e con la possibilità di compiere nuove scoperte.

Maxwell può essere considerato il padre fondatore dell'elettromagnetismo, in quanto non introduce nuove formule matematiche, ma utilizza le stesse formule che i suoi predecessori avevano introdotto, mettendo in evidenza ciò che era già insito in esse.

La **fisica** viene studiata per tre motivazioni: imparare, controllare e creare. In pratica:

- 1) Imparare per gli antichi greci significava "capire la natura" e quindi si cerca di comprendere i fenomeni naturali; inoltre la parola "fisica" deriva dal latino e significa: "**studio della natura**";
- 2) Dopo aver acquisito l'informazione, è importante esercitare un dominio volto al **controllo di situazioni potenzialmente pericolose**;
- 3) Si sperimenta la **gioia dell'invenzione** e della **creazione artistica**.

In medicina la conoscenza della fisica è essenziale per la comprensione del meccanismo di molti fenomeni biologici (ad esempio: circolazione del sangue, propagazione del segnale elettrico, respirazione) e degli strumenti medici.

ARGOMENTI CHE SARANNO TRATTATI DURANTE IL CORSO

- **FENOMENI ELETTRICI**: Paradossalmente i fenomeni elettrici presenti nel corpo umano possono essere spiegati grazie a strumenti elaborati dall'uomo.

- ONDE ELETTROMAGNETICHE: Se si illumina un oggetto mediante l'ausilio di un'onda elettromagnetica accade che una parte di essa penetra nel corpo. In particolare i **raggi x** sono particolarmente penetranti e sono anche pericolosi poiché sono delle radiazioni ionizzanti e, in quanto tali, possono essere responsabili della comparsa di tumore; per tale ragione si stanno cercando delle alternative diagnostiche.

Wilhelm Conrad Röntgen, in data 8-11-1895, scoprì i raggi x e per tale ragione vinse il Nobel per la fisica nel 1901. Röntgen rifiutò il premio in denaro e rifiutò di brevettare la sua scoperta, in quanto credeva che la sua scoperta appartenesse all'intera umanità. L'unico apparecchio che riproduce perfettamente il test usato da Röntgen si trova a Palermo e presenta: un tubo fluorescente e una capsula di vetro sottovuoto (attraverso essa veniva fatto passare un flusso di elettroni).

Le **onde radio** (dette anche **onde hertziane**) sono onde elettromagnetiche con frequenze molto alte che possono essere attualmente usate per la diagnosi di cancro e vi sono diverse ricerche in corso per una loro possibile applicazione nella terapia del cancro.

L'**ecografia** è tra le tecniche diagnostiche più diffuse e in essa sono usate onde elettromagnetiche alle frequenze degli ultrasuoni; invece la **risonanza magnetica** (MRI, magnetic resonance imaging) è uno strumento di diagnostica che utilizza un campo magnetico statico, in modo che il corpo venga circondato da esso.

Nel 2012 fu scoperta la **radioterapia** e ancora oggi rappresenta una terapia fondamentale per combattere i tumori. Il problema principale correlato all'utilizzo della radioterapia è la presenza di radiazioni ionizzanti che, secondo l'AIRC, possono essere un fattore di rischio per la comparsa di varie forme di tumore (ad esempio: cancro alla tiroide, alcune forme di leucemia). La sensibilità alle radiazioni ionizzanti varia in base all'organo e all'individuo; questo fa comprendere come la medicina personalizzata rappresenti una frontiera particolarmente attuale per i medici.

Le **radiazioni ionizzanti** sono radiazioni diffuse con onde elettromagnetiche e con particelle subatomiche, come le particelle alpha e beta. La quantità di energia delle radiazioni ionizzanti è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda e direttamente proporzionale alla frequenza. La frequenza è la velocità di oscillazione del segnale mentre la lunghezza d'onda è l'intervallo che dista tra due massimi consecutivi ed è inversamente proporzionale alla frequenza.

DIAGNOSTICA DEL TUMORE AL SENO

Studi recenti dimostrano che il **cancro al seno** è diagnosticato nel 6,6% delle donne con età inferiore ai 40 anni e una media del 20% con età superiore ai 50 anni. Con gli strumenti attualmente utilizzati, non vi è la possibilità di diagnosticare adeguatamente il tumore al seno nelle donne con età inferiore ai 40 anni a causa dell'impatto sulla salute delle radiazioni ionizzanti, tale per cui, si preferisce sottoporre la paziente a mammografia dopo i 50 anni.

La **diagnostica del tumore al seno** si basa sempre su **sensibilità e specificità**:

- un'elevata **sensibilità** è indice di un'elevata capacità di individuare la presenza di lesioni e dunque vi è un basso rischio di "falsi positivi";
- un'elevata **specificità** è invece indice di un basso rischio di "falsi negativi".

Le **tecniche di screening** richiedono elevata sensibilità come obiettivo primario e successivamente anche un'elevata specificità. Purtroppo non esiste una tecnica di imaging che abbia elevata specificità e anche elevata sensibilità. Le **fasi** per la diagnosi del tumore sono: screening, classificazione, stadiazione.

I tumori diagnosticati precocemente hanno un tasso di sopravvivenza del 95% e per **diagnosi precoce** si intende l'identificazione di lesioni che sono più piccole di 15 mm.

L'**imaging mammografico (mammografia)** può ridurre il tasso di mortalità del 25-30% nella fascia di età tra i 50-70 anni. Quando il tessuto risulta essere particolarmente denso, la mammografia diviene difficile da utilizzare e per tale ragione è necessario usare l'ecografia. Attualmente il risultato ottenuto con la mammografia dipende molto dalla bravura del radiologo e per questo si sta cercando di trovare nuove tecniche che prescindano dalla capacità del medico.

L'**ecografia** usa gli ultrasuoni che sono radiazioni non ionizzanti però, con il suo utilizzo, vi è il rischio di confondere microcalcificazioni per tumori; quindi dopo l'utilizzo dell'ecografia è necessario compiere un prelievo per accertarsi dell'effettiva natura della massa prelevata.

La **risonanza magnetica (MRI)** è uno strumento che usa radiazioni non ionizzanti, perché usa un campo magnetico, e il risultato ottenuto con MRI non è influenzato dalla densità del tessuto in esame. L'MRI presenta costi troppo elevati e tempi di elaborazione troppo lunghi per uno screening periodico.

Per quanto visto, la scelta tra mammografia, ultrasuoni e MRI avviene in base alle caratteristiche della paziente, tra cui sicuramente *l'età*.

Le **microonde** rappresentano il futuro della lotta al tumore al seno, in quanto si tratta di radiazioni non ionizzanti che hanno una capacità di detection comparabile a quella della risonanza magnetica. Le microonde rientrano nel range tra i 3 GHz (gigahertz) e i 300 GHz ed è importante, per avere un'idea, considerare che:

- a 10 GHz la lunghezza d'onda è di circa 3 cm;
- a 30 GHz la lunghezza d'onda è di 1 cm.

Dunque maggiore è la frequenza, minore sarà la lunghezza d'onda.

La **costante dielettrica** di un materiale rappresenta la quantificazione, mediante un valore numerico, della risposta di quel materiale all'applicazione di un campo elettrico. La **permeabilità magnetica** di un materiale è una costante con un significato analogo alla costante dielettrica, ma è riferita ad un campo magnetico.

Le microonde consentono di distinguere il tumore in base alla costante dielettrica perché il tessuto sano ha un valore di costante dielettrica diverso da quello non sano. L'utilizzo delle microonde per la diagnosi di tumore presenta il vantaggio di poter ripetere con maggiore frequenza l'esame diagnostico, a differenza ad esempio dei raggi x ai quali non ci si può esporre per più di una volta l'anno; inoltre grazie alle microonde è possibile identificare anche la presenza di tumori di piccole dimensioni con maggiori vantaggi (costi inferiori, maggiore specificità, elaborazione rapida) rispetto all'MRI.

Nel "**microwaves for breast cancer detection**" la paziente è posizionata supina e si usa un sistema con antenne e ricevitori.

Oltre a quanto visto, esistono anche altre applicazioni delle microonde in ambito medico come: monitoraggio non invasivo della glicemia e detection di carie dentali.

Come esempio di ciò, in un suo esperimento la professoressa ha utilizzato un sensore, a cui veniva collegato un tablet sul quale era visibile la curva relativa alla concentrazione della glicemia. Per la sperimentazione è stata usata una sostanza gelatinosa simile al **torta gel** in quanto presenta una struttura che simula dal punto di vista elettromagnetico il corpo umano. Lo svantaggio nell'utilizzo del torta gel è stato la rapida tempistica di deterioramento.