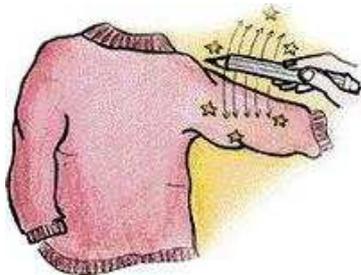


# Campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici

*Anna Maria Vandelli  
Dipartimento di Sanità Pubblica AUSL Modena  
SPSAL Sassuolo*

## Campo Elettrico:

si definisce campo elettrico il fenomeno fisico che conferisce ad un oggetto dotato di carica elettrica la proprietà di attrarre o respingere altre cariche elettriche. Un campo elettrico si può generare strofinando una penna su un maglione oppure si può avere un'idea di un campo elettrico statico quando pettinandosi si "elettrizzano" i capelli.



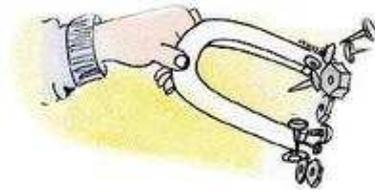
Un campo elettrico non si può vedere né toccare, ma è sempre presente nei dintorni di apparecchiature elettriche tra le più comuni, anche se spente ma collegate alla rete. L'unità di misura del campo elettrico più comunemente impiegata è il **Volt/metro (V/m)**

Da sito APPA TN

### Campo Magnetico:

il campo magnetico, a differenza di quello elettrico, è caratterizzato dalle cariche in movimento, in particolare dalle correnti elettriche che scorrono nei conduttori (corpi che si lasciano attraversare da un flusso di cariche elettriche). Il campo magnetico si definisce come la proprietà, che si manifesta nello spazio, di una carica elettrica in movimento di produrre una forza su una qualsiasi altra carica in movimento.

Le calamite, sorgenti di campi magnetici permanenti, sono caratterizzate da correnti che scorrono permanentemente al loro interno; il nostro stesso pianeta è dotato di un campo magnetico i cui poli (positivo e negativo) sono localizzati nelle vicinanze del Polo Nord e del Polo Sud.



L'unità di misura del campo magnetico è l'**Ampère/metro**, ma per comodità si misura il flusso di induzione magnetica che si esprime in **Tesla** e nei suoi sottomultipli.

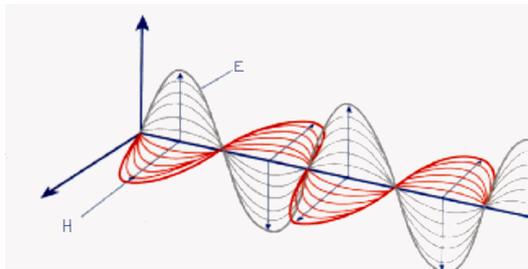
Da sito APPA TN

I **campi elettromagnetici** (CEM) hanno origine dalle cariche elettriche e dal movimento delle cariche stesse (es. corrente elettrica).

Infatti l'oscillazione delle cariche elettriche, per esempio in un'antenna o in un conduttore percorso da corrente, produce campi elettrici e magnetici che si propagano nello spazio sotto forma di onde.

Le **onde elettromagnetiche** sono una forma di propagazione dell'energia nello spazio e, a differenza delle onde meccaniche (es. onde sonore) per le quali c'è bisogno di un mezzo, si possono propagare anche nel vuoto.

Il campo elettrico (E) e il campo magnetico (H) oscillano perpendicolarmente alla direzione dell'onda.



La velocità di propagazione delle onde elettromagnetiche è di 300.000 km/s (**chilometri** al secondo).

### *Il concetto di onda*

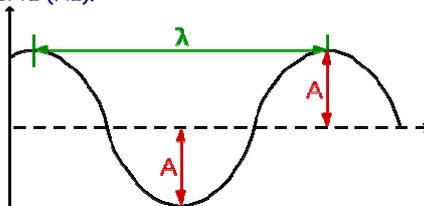
Le **onde** sono forme di trasporto dell'energia (meccanica, sonora, elettromagnetica...).

Un'onda, oltre che dalla propria ampiezza (**A**), è caratterizzata da tre grandezze:

la velocità di propagazione, che si misura in metri al secondo (m/s);

la lunghezza d'onda ( $\lambda$ ), cioè la distanza tra due creste successive, che si misura in metri (m);

la frequenza ( $f$ ), cioè il numero di oscillazioni dell'onda nell'unità di tempo, che si misura in cicli al secondo, o hertz (Hz).



Velocità  $v$ , lunghezza d'onda  $\lambda$  (lambda) e frequenza  $f$  di un'onda sono tra loro collegate:

$$f = \frac{v}{\lambda}$$

Frequenza e lunghezza d'onda sono dunque inversamente proporzionali: tanto maggiore è la prima, tanto minore è la seconda, e viceversa.

### *Grandezze fisiche e unità di misura*

**CAMPO ELETTRICO**

**E [V/m]**

**CAMPO MAGNETICO**

**H [A/m]**

**INDUZIONE MAGNETICA**  
(o densità di flusso magnetico)

**B [Tesla o Gauss]**

**DENSITA' DI POTENZA**

**S o P [W/m<sup>2</sup>]**

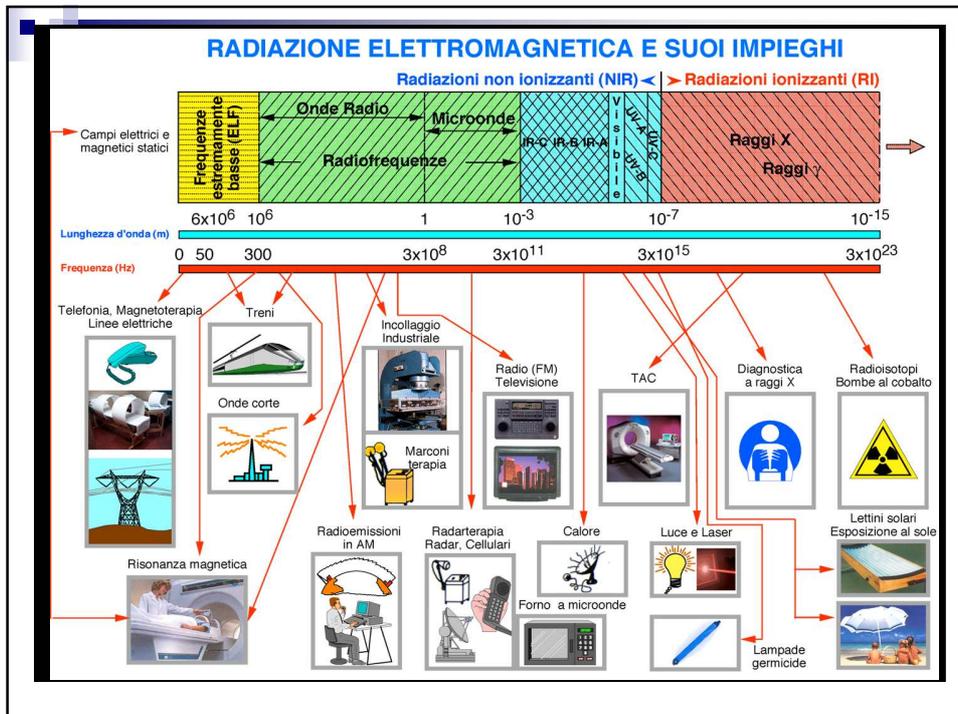
**B =  $\mu$ H**

## Doppia natura delle onde elettromagnetiche !!



Il fotone è il "corpuscolo" delle onde EM  
Con energia

$$E = hf$$



*Non si può parlare di campi  
elettromagnetici in generale:*

occorre specificare a che "tipo di  
radiazione" ci si riferisce, poiché sono  
sensibilmente diverse al variare della  
frequenza, con effetti sulla materia  
altrettanto diversi.

*D.LGS.81/08*

*Titolo VIII - Capo IV - art. 206*

*Campo di applicazione*

*... protezione dei lavoratori contro i rischi per  
la salute e la sicurezza dovuti agli effetti  
nocivi a breve termine conosciuti  
(circolazione di correnti indotte,  
assorbimento di energia, correnti di  
contatto)*

*... non effetti a lungo termine ...*

*... non contatti con i conduttori in tensione ...*

## LO SCHEMA DI PROTEZIONE

Valori limite di esposizione: sono espressi mediante *grandezze dosimetriche* correlate agli effetti sanitari accertati. Il loro valore numerico viene determinato in base ai valori di soglia relativi alle risposte acute (stress indotto dall'aumento della temperatura corporea, effetti comportamentali, stimolazione di strutture e tessuti eccitabili) che vengono opportunamente ridotti attraverso dei fattori di sicurezza.

Valori di azione: definiti mediante grandezze radiometriche che caratterizzano l'ambiente in cui avviene l'esposizione in assenza del soggetto esposto. Si tratta di grandezze *misurabili* con opportuna strumentazione.

## Valori limite di esposizione

Descrittori: legati agli effetti sul corpo umano

- *Densità di corrente (J)*. È definita come la corrente che passa attraverso una sezione unitaria perpendicolare alla sua direzione in un volume conduttore quale il corpo umano o una sua parte. È espressa in  $A/m^2$ ;
- *Tasso di assorbimento specifico di energia (SAR)*. È il valore, mediato su tutto il corpo o su alcune parti di esso, del tasso di assorbimento di energia per unità di massa di tessuto corporeo per valutarne gli effetti termici ed è espresso in  $W/kg$ ;
- *Densità di potenza (S)*. Si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in  $W/m^2$ .

*Non sono misurabili direttamente*

## Valori limite di esposizione

Intervallo di frequenza	Densità di corrente per capo e tronco J (mA/m <sup>2</sup> ) (rms)	SAR mediato sul corpo intero (W/kg)	SAR localizzato (capo e tronco) (W/kg)	SAR localizzato (arti) (W/kg)	Densità di potenza (W/m <sup>2</sup> )
fino a 1 Hz	40	—	—	—	—
1 - 4 Hz	40/f	—	—	—	—
4 - 1000 Hz	10	—	—	—	—
1000 Hz - 100 kHz	f/100	—	—	—	—
100 kHz - 10 MHz	f/100	0,4	10	20	—
10 MHz - 10 GHz	—	0,4	10	20	—
10 - 300 GHz	—	—	—	—	50

## Valori di azione

Sono ottenuti dai valori limite di esposizione e le prime tre sono le grandezze che concretamente possono essere misurate negli ambienti di lavoro:

- **Intensità di campo elettrico (E)**. È una grandezza vettoriale che corrisponde alla forza esercitata su una particella carica indipendentemente dal suo movimento nello spazio. È espressa in Volt per metro (V/m);
- **Intensità di campo magnetico (H)**. È una grandezza vettoriale che, assieme all'induzione magnetica, specifica un campo magnetico in qualunque punto dello spazio. È espressa in Ampere per metro (A/m);
- **Induzione magnetica (B)**. È una grandezza vettoriale che determina una forza agente sulle cariche in movimento. È espressa in Tesla (T). Nello spazio libero e nei materiali biologici l'induzione magnetica e l'intensità del campo magnetico sono legate dall'equazione  $1 \text{ A m}^{-1} = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T}$ ;

%

- **Densità di potenza di onda piana ( $S_{eq}$ )**. Questa grandezza si impiega nel caso delle frequenze molto alte per le quali la profondità di penetrazione nel corpo è modesta. Si tratta della potenza radiante incidente perpendicolarmente a una superficie, divisa per l'area della superficie in questione ed è espressa in Watt per metro quadro ( $W/m^2$ );
- **Corrente di contatto ( $I_C$ )**. La corrente di contatto tra una persona e un oggetto è espressa in Ampere (A). Un conduttore che si trovi in un campo elettrico può essere caricato dal campo;
- **Corrente indotta attraverso gli arti ( $I_L$ )**. E' espressa in Ampere (A).

## Valori di azione

Intervallo di frequenza	Intensità di campo elettrico E (V/m)	Intensità di campo magnetico H (A/m)	Induzione magnetica B ( $\mu T$ )	Densità di potenza di onda piana equivalente $S_{eq}$ ( $W/m^2$ )	Corrente di contatto, $I_C$ (mA)	Corrente indotta attraverso gli arti, $I_L$ (mA)
0 - 1 Hz	—	$1,63 \times 10^5$	$2 \times 10^5$	—	1,0	—
1 - 8 Hz	20000	$1,63 \times 10^5/f^2$	$2 \times 10^5/f^2$	—	1,0	—
8 - 25 Hz	20000	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^4/f$	—	1,0	—
0,025 - 0,82 kHz	500/f	20/f	25/f	—	1,0	—
0,82 - 2,5 kHz	610	24,4	30,7	—	1,0	—
2,5 - 65 kHz	610	24,4	30,7	—	0,4f	—
65 - 100 kHz	610	1600/f	2000/f	—	0,4f	—
0,1 - 1 MHz	610	1,6/f	2/f	—	40	—
1 - 10 MHz	610/f	1,6/f	2/f	—	40	—
10 - 110 MHz	61	0,16	0,2	10	40	100
110 - 400 MHz	61	0,16	0,2	10	—	—
400 - 2000 MHz	$3f^{1/2}$	$0,008f^{1/2}$	$0,01f^{1/2}$	f/40	—	—
2 - 300 GHz	137	0,36	0,45	50	—	—