

# COSA SONO I CAMPI ELETTROMAGNETICI

## CAMPO MAGNETICO

Il campo magnetico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di corrente elettrica o di massa magnetica.

Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale un corpo magnetizzato, questo risulta soggetto ad una forza.

L'unità di misura del campo magnetico è :

[A/m]

# CAMPO ELETTRICO

- Il campo elettrico può essere definito come una perturbazione di una certa regione spaziale determinata dalla presenza nell'intorno di una distribuzione di carica elettrica.  
Tale perturbazione si può verificare constatando che ponendo in tale regione spaziale una carica elettrica, questa risulta soggetta ad una forza.  
L'unità di misura del campo elettrico è il

[ V/m ]

# CAMPO ELETTROMAGNETICO

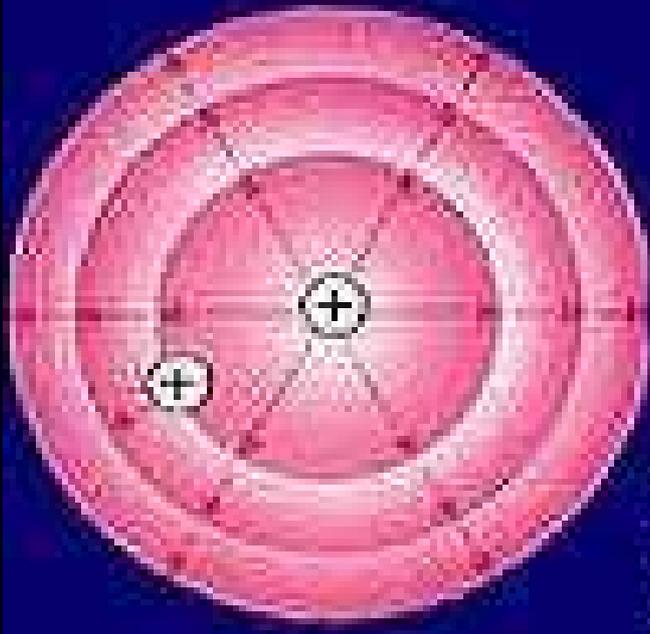
- Un campo elettrico variabile nel tempo genera, in direzione perpendicolare a se stesso, un campo magnetico pure variabile che, a sua volta, influisce sul campo elettrico stesso.
- Questi campi concatenati determinano nello spazio la **propagazione** di un campo elettromagnetico.
- E' importante la distinzione tra **campo vicino** e **campo lontano**.

La differenza consiste essenzialmente nel fatto che in prossimità della **sorgente irradiante**, cioè in condizioni di **campo vicino**, il campo elettrico ed il campo magnetico assumono rapporti variabili con la distanza, mentre ad una certa distanza, cioè in **campo lontano**, il rapporto tra campo elettrico e campo magnetico rimane **costante**.

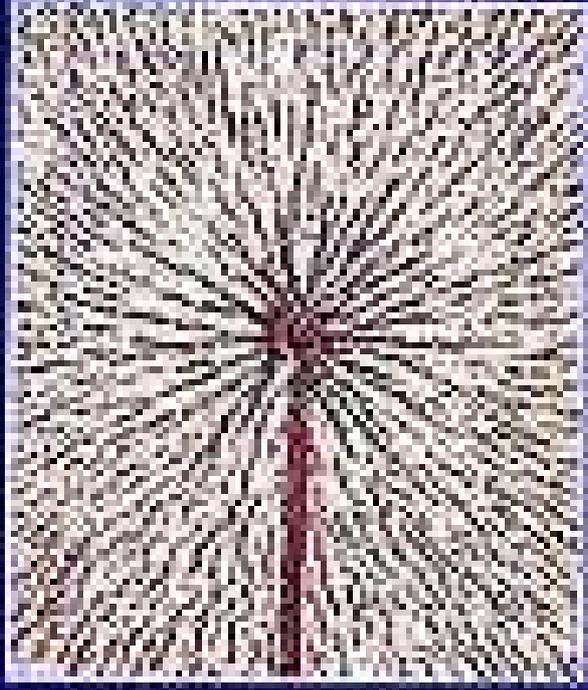
# ONDE E SPETTRO ELM

## ONDE ELETTROMAGNETICHE

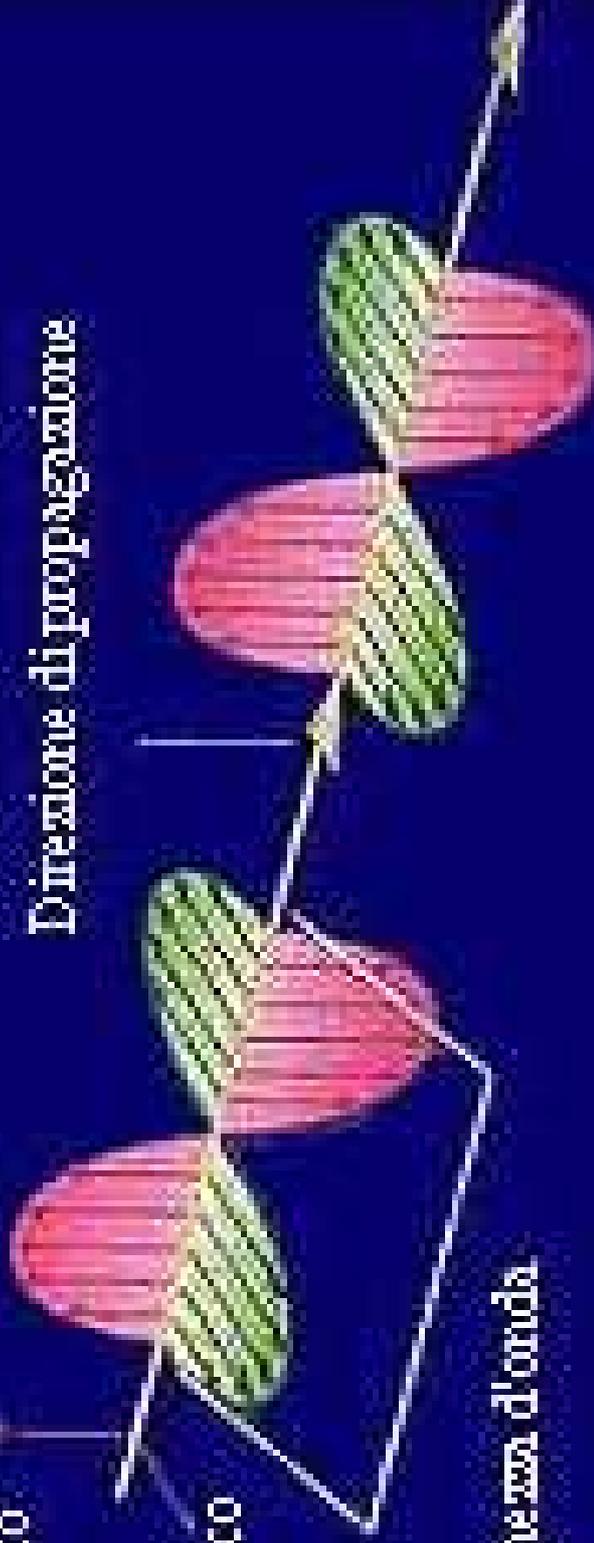
- Le onde elettromagnetiche sono il fenomeno fisico attraverso il quale l'energia elettromagnetica può trasferirsi da luogo a luogo per propagazione.
- Tale fenomeno di trasferimento di energia può avvenire nello spazio libero (**via etere**) oppure può essere confinato e facilitato utilizzando appropriate linee di trasmissione (**guide d'onda, cavi coassiali** ecc.).
- Le onde elettromagnetiche, secondo la teoria di **Maxwell**, sono fenomeni oscillatori, generalmente di tipo sinusoidale, e sono costituite da due grandezze che variano periodicamente nel tempo:
  - il **campo elettrico** ed il **campo magnetico**.
- In condizioni di **campo lontano** i due campi sono **in fase**, ortogonali tra loro e trasversali rispetto alla direzione di propagazione.



Campo elettrico



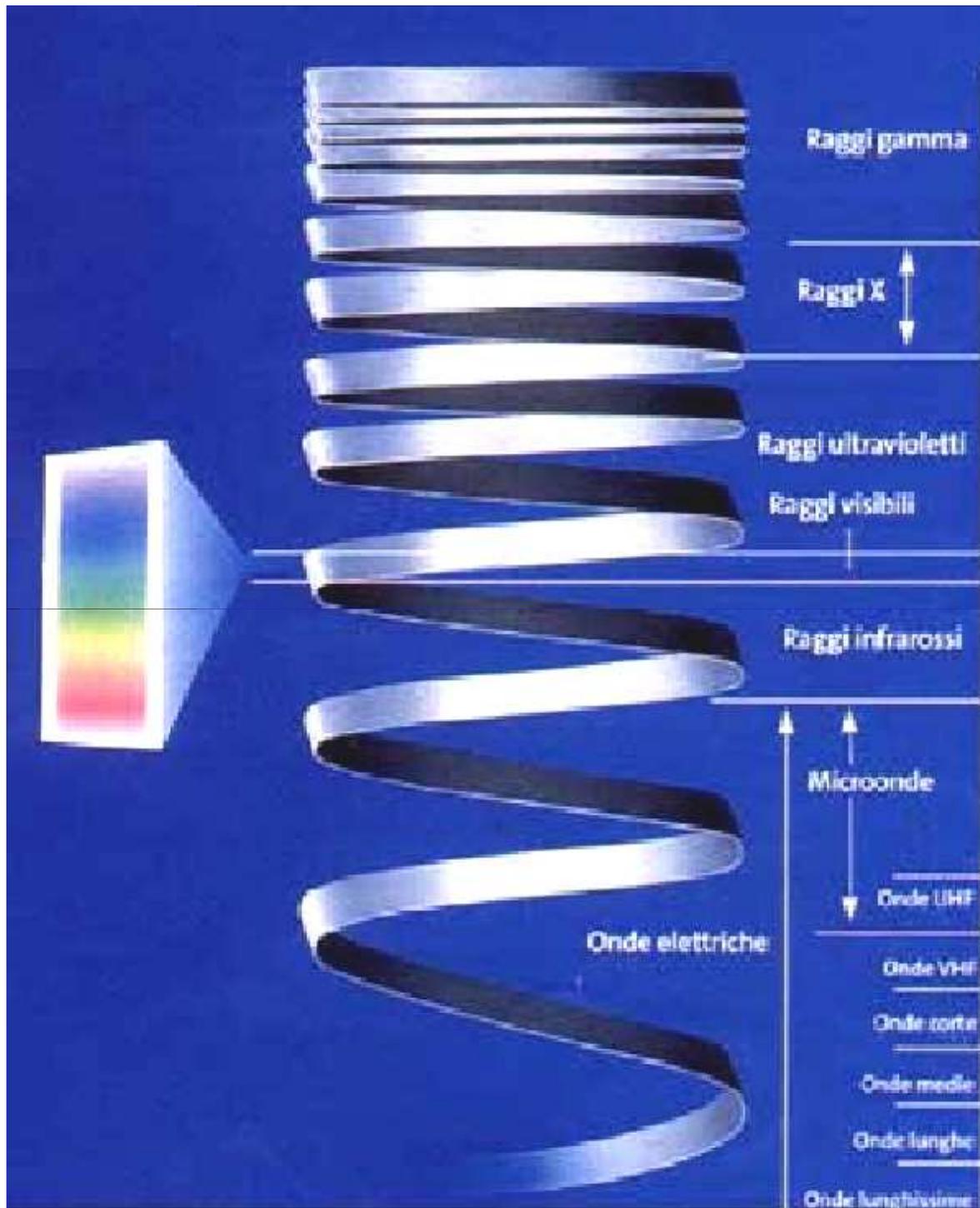
Direzione di propagazione



Campo magnetico

Lunghezza d'onda

- La caratteristica fondamentale che distingue i vari campi elettromagnetici e ne determina le proprietà è la **FREQUENZA**, che rappresenta il numero di oscillazioni effettuate dall'onda in un secondo (unità di tempo). La frequenza si misura in **Hertz** [Hz].
- Strettamente connessa con la frequenza è la **LUNGHEZZA D'ONDA**, che è la distanza percorsa dall'onda durante un periodo di oscillazione e corrisponde alla distanza tra due massimi o due minimi dell'onda ( o 2 passaggi per lo zero ).
- Queste due grandezze, oltre ad essere tra loro legate, sono a loro volta connesse con l' **ENERGIA** trasportata dall'onda:  
l'energia associata alla radiazione elettromagnetica è infatti **direttamente proporzionale** alla frequenza dell'onda stessa.



La classificazione delle onde elettromagnetiche fatta in base alla frequenza o alla lunghezza d'onda viene indicata col nome di

**SPETTRO ELETTRICITARIO**

# SPETTRO ELETTRONICO

k = kilo =  $10^3$

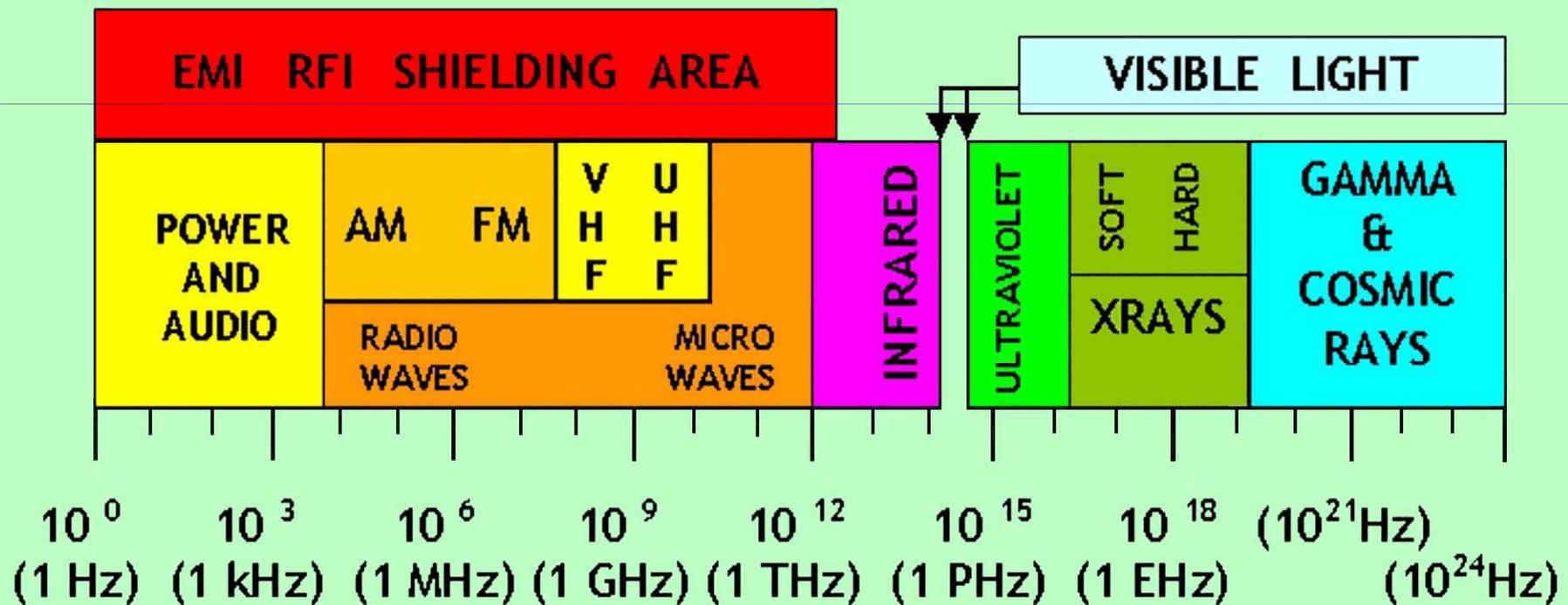
T = tera =  $10^{12}$

M = mega =  $10^6$

P = peta =  $10^{15}$

G = giga =  $10^9$

E = exa =  $10^{18}$



# ONDE RADIO

BANDA	NOME	FREQUENZA	LUNGHEZZA	ONDE
4	VLF	3 - 30 kHz	100 - 10 km	MOLTO LUNGHE
5	LF	30 - 300 kHz	10 - 1 km	LUNGHE
6	MF	300 - 3 MHz	1 - 100 m	MEDIE
7	HF	3 - 30 MHz	100 - 10 m	CORTE
8	VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m	MOLTO CORTE
9	UHF	300 - 3 GHz	1 - 10 cm	ULTRA CORTE
10	SHF	3 - 30 GHz	10 - 1 cm	MICRO
11	EHF	30 - 300 GHz	1 - 1 mm	ONDE

- Quando un'onda elettromagnetica incontra un ostacolo penetra nella materia e deposita la propria energia producendo una serie di effetti diversi a seconda della sua frequenza.  
Sulla base di questo, lo spettro elettromagnetico viene suddiviso in una sezione
- **IONIZZANTE**, comprendente **raggi X** e **raggi gamma**, aventi frequenza molto alta  $f > 3000 \text{ [THz]} = 3 \cdot 10^{15} \text{ [Hz]}$  e dotati di energia sufficiente per **ionizzare** direttamente atomi e molecole, ed una
- **NON IONIZZANTE ( NIR )**, le cui radiazioni **non** trasportano un quantitativo di energia sufficiente a produrre **la rottura dei legami chimici e produrre ionizzazione**.

Le NIR oggetto della nostra attenzione in quanto sorgenti di elettrosmog sono quelle aventi frequenze che vanno da 30 a 300 [GHz], che possono a loro volta venire suddivise in:

- **campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse (ELF)**
- **radiofrequenze (RF)**
- **microonde (MO)**

## BASSE FREQUENZE (ELF)

- ELF è la terminologia anglosassone per definire i campi elettromagnetici a frequenze estremamente basse, comprese tra 30 Hz e 300 Hz.
- Le principali sorgenti artificiali di campi ELF sono gli elettrodotti a bassa, media ed alta tensione, le linee elettriche di distribuzione e tutti i dispositivi alimentati a corrente elettrica alla frequenza di 50 Hz, quali elettrodomestici, videotermini...
- L'esposizione a campi ELF dovuta ad una determinata sorgente è valutabile misurando separatamente l'entità del campo elettrico e del campo magnetico. Questo perché alle frequenze estremamente basse, le caratteristiche fisiche dei campi sono più simili a quelle dei campi statici, piuttosto che a quelle dei campi elettromagnetici veri e propri.
- I campi ELF sono quindi caratterizzati da due entità distinte: il campo elettrico, generato dalla presenza di cariche elettriche o tensioni, ed il campo magnetico, generato invece dalle correnti elettriche.
- In relazione alle diverse caratteristiche del campo emesso, si possono considerare due distinte tipologie di sorgenti: quelle deputate al
  - 1 . Trasporto e distribuzione dell'energia elettrica
  - 2 . Utilizzo.

# TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE DELL'ENERGIA ELETTRICA

- Il trasporto e la distribuzione dell'energia elettrica avvengono tramite elettrodotti, cioè conduttori aerei sostenuti da opportuni dispositivi (tralicci), in cui fluisce corrente elettrica alternata alla frequenza di 50 Hz: dagli elettrodotti si generano quindi sia un campo elettrico che un campo magnetico.

L'intensità del campo elettrico aumenta con l'aumento della tensione della linea. Le linee elettriche infatti sono classificabili in funzione della tensione di esercizio come:

- linee ad altissima tensione (**380 KV**), dedicate al trasporto dell'energia elettrica su grandi distanze
- linee ad alta tensione (**220 KV e 132 KV**), per la distribuzione dell'energia elettrica; le grandi utenze (industrie con elevati consumi) possono avere direttamente la fornitura alla tensione di **132 KV**
- linee a media tensione (generalmente **15 KV**), per la fornitura ad industrie, centri commerciali, grandi condomini ecc.
- linee a bassa tensione (**220-380 V**), per la fornitura alle piccole utenze, come le singole abitazioni.

- L'intensità del campo elettrico diminuisce all'aumentare della distanza dal conduttore.

Il campo elettrico, inoltre, è **facilmente schermabile** da oggetti quali legno, metallo, ma anche alberi ed edifici: tra l'esterno e l'interno di un edificio si ha quindi una riduzione del campo elettrico che sarà in funzione del tipo di materiale e delle caratteristiche della struttura edilizia.

- Anche l'intensità del **campo magnetico** diminuisce con l'aumento della distanza dalla linea.

A differenza del campo elettrico, però, **il campo magnetico NON è schermabile dalla maggior parte dei materiali di uso comune**, per cui risulta praticamente invariato all'esterno e all'interno degli edifici.

# RADIOFREQUENZE E MICROONDE

- I campi elettromagnetici con frequenze comprese tra 100 [KHz] e 300 [GHz] possono essere ulteriormente suddivisi in

**campi a RADIOFREQUENZE (RF) e campi a MICROONDE (MO) :**

i primi aventi frequenze fino a 300 [MHz],

i secondi con frequenze da 300 [MHz] a 300 [GHz].

Gli apparati che generano radiazioni elettromagnetiche non ionizzanti a radiofrequenze e microonde possono essere suddivisi in tre grandi categorie:

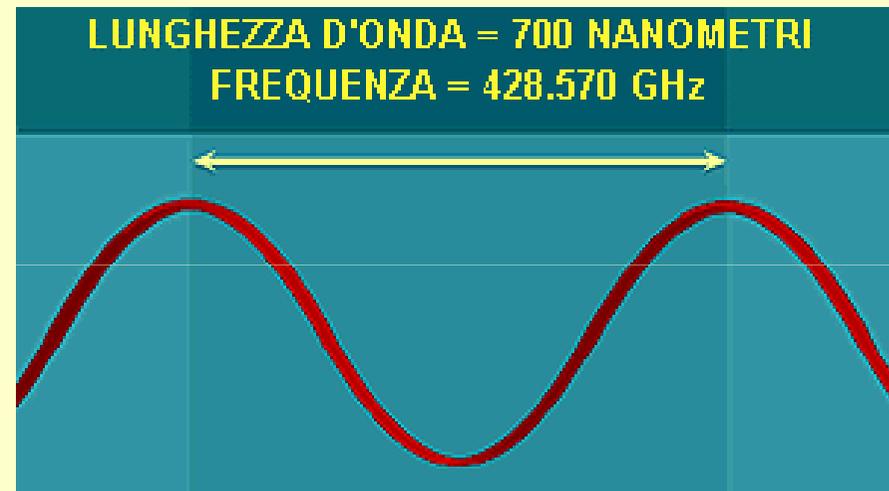
- \* riscaldatori industriali;
- \* apparati per telecomunicazioni;
- \* apparecchiature per applicazioni biomedicali.

La presenza di tali tipi di radiazioni nell'ambiente esterno è legata soprattutto a sorgenti dedicate a telecomunicazioni, come i ripetitori radio TV, ed impiegate per la telefonia cellulare, tra cui si devono considerare sia le stazioni radio base sia i telefoni cellulari.

## LO SPETTRO VISIBILE

### La luce visibile

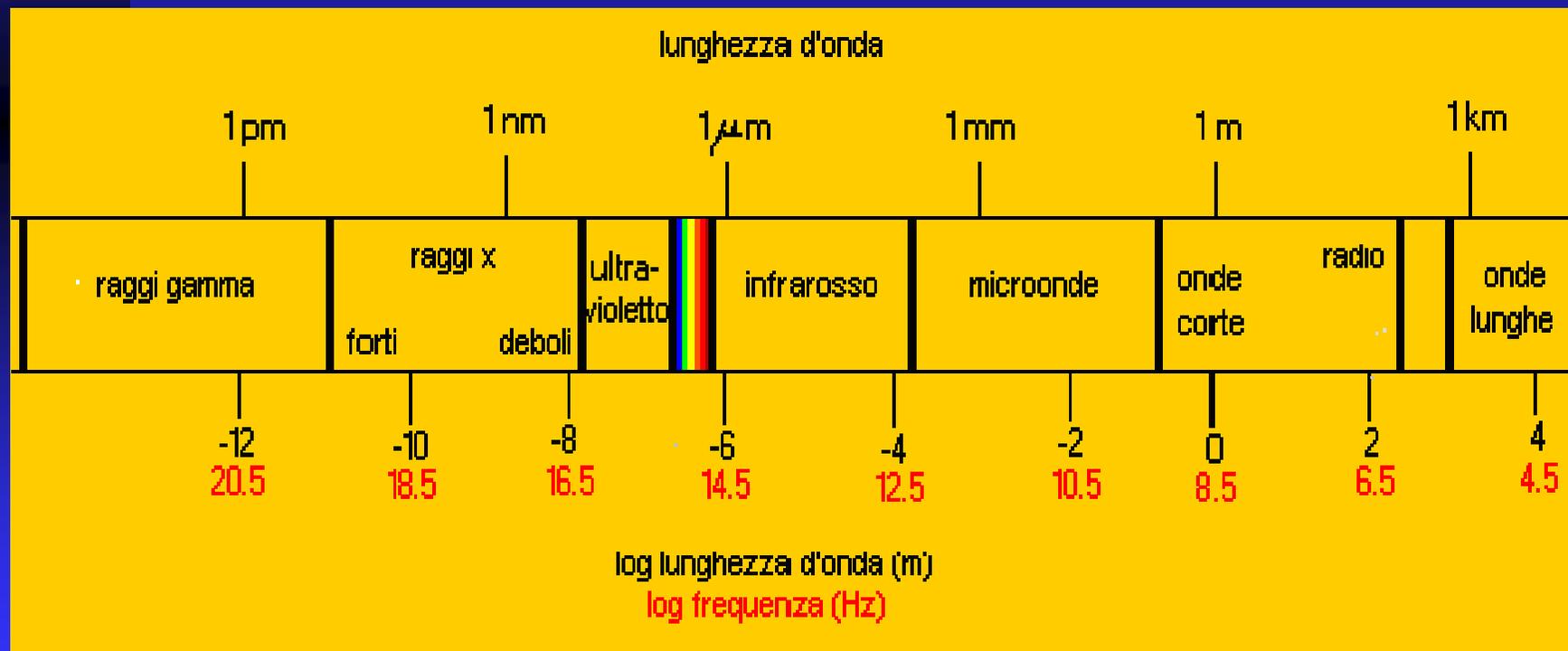
La luce visibile è formata dalle onde elettromagnetiche, vibrazioni di campi magnetici ed elettrici che si propagano nello spazio. Contrariamente alle analoghe onde oceaniche che hanno un moto molto lento, le onde elm viaggiano alla velocità della luce: 300.000.000 metri al secondo, 1.080.000.000 chilometri l'ora!



Ogni onda elettromagnetica ha una frequenza definita ed una lunghezza d'onda associata a questa frequenza. Per esempio, in questa immagine è rappresentata un'onda elettromagnetica corrispondente al colore rosso. La sua frequenza è di 428 570 GHz (gigahertz), che corrisponde a 428.570 miliardi di cicli al secondo. Se osservi la luce rossa ricevi quindi oltre 400.000.000.000.000 di onde al secondo!

La lunghezza d'onda di questa luce è però di 700 nanometri il che significa che un'onda misura 7/10.000.000 ovvero 7 decimilionesimi di metro. Comparare una singola lunghezza d'onda di questa luce con la lunghezza di un metro è come comparare il diametro di una puntina da disegno con la distanza da costa a costa degli Stati Uniti.

## Lo spettro elettromagnetico



- Proprio come la luce rossa ha una sua frequenza distinta, lo stesso vale per gli altri colori. Arancione, giallo, verde e blu hanno una specifica frequenza e conseguentemente lunghezza d'onda.
- Mentre possiamo percepire queste onde elettromagnetiche nei rispettivi colori, non possiamo vedere il resto dello spettro elettromagnetico.
- Buona parte dello spettro elettromagnetico è infatti invisibile ed ha frequenze che spaziano in tutta la sua larghezza.
- Le frequenze più alte appartengono ai raggi gamma, raggi x ed alla luce ultravioletta.
- Le radiazioni infrarosse e le onde radio occupano le frequenze più basse dello spettro.
- La luce visibile, e quindi tutti i colori, occupano una strettissima regione dello spettro.
- Le **radioonde**, le stesse delle trasmissioni radio in FM, sono semplicemente onde elettromagnetiche ad una frequenza inferiore, e quindi lunghezza d'onda maggiore, rispetto alla luce visibile.
- Le **onde millimetriche**, chiamate anche **microonde**, possiedono una frequenza superiore, e quindi lunghezza d'onda minore, rispetto alle onde radio FM.

# INFRAROSSO

- Radiazione elettromagnetica compresa tra le lunghezze d'onda di circa 750 e 10.000 [nm] =  $10^{-9}$  [m]
- La regione inferiore di questo intervallo dello spettro, è nota come **vicino infrarosso** e confina con la radiazione visibile, quella superiore nota come **lontano infrarosso**, confina con le microonde.
- La sua scoperta avviene nel 1800 quando, nel corso di un esperimento volto allo studio degli effetti termici della luce solare, l'astronomo inglese Sir William **Herschel** fece passare un raggio di Sole attraverso un prisma, per scinderne la luce nello **spettro** caratteristico.

Muovendo un termometro lungo lo spettro, riuscì a misurare l'effetto termico della radiazione solare nei vari colori, partendo dalla regione del blu verso la regione del rosso.

Herschel scoprì che proseguendo nello spostamento dello strumento oltre la regione rossa dello spettro, dove non c'è luce visibile, il riscaldamento del termometro continuava. Si scoprì così una nuova regione dello spettro elettromagnetico: quella dell'**infrarosso**.

- **Tutta la materia che ci circonda è composta da atomi in continua vibrazione. Questi atomi, o le particelle cariche, vibrando generano onde elettromagnetiche. Gli atomi degli oggetti molto caldi vibrano a frequenze maggiori, generando fotoni ad energie elevate.**
- **Più è alta (o più bassa) la temperatura di un oggetto, maggiore (o minore) sarà la lunghezza d'onda a cui viene irradiata la maggior parte dell'emissione termica (*Legge di Wien*).**
- **Il Sole per esempio, emette fotoni ad alta energia con lunghezze d'onda sufficientemente corte da poter essere osservati dall'occhio umano (0.4 - 0.6  $\mu\text{m}$ ).**
- **Per essere visibili all'occhio umano, i corpi devono emettere una quantità di fotoni nella radiazione visibile sufficienti o riflettere una quantità sufficiente di luce da una sorgente come il Sole, un lampione stradale o una torcia.**
- **Così come i telescopi per **raggi gamma** osservano oggetti celesti estremamente caldi che emettono radiazioni a lunghezza d'onda particolarmente corte, esaminando con particolari telescopi il cielo nella radiazione infrarossa è possibile osservare quegli oggetti celesti che sono troppo freddi per emettere luce visibile dall'occhio umano. Per fortuna, le lunghezze d'onda infrarosse sono così lunghe che i suoi fotoni riescono ad attraversare le nubi di polvere interstellare che oscurano le nostre osservazioni ad altre lunghezze d'onda.**

- L'astronomia nell'infrarosso quindi, è un'eccellente via per rilevare la presenza di oggetti freddi come pianeti, stelle fredde, nubi protostellari, comete e galassie, così come per sondare il centro della nostra Via Lattea e nuovi oggetti ai confini dell'universo. Il vuoto dello spazio è il luogo ideale per le osservazioni a queste lunghezze d'onda.
- Nell'atmosfera terrestre ci sono alcune "finestre" attraverso le quali può entrare la radiazione infrarossa ma il vapore acqueo ed altri gas assorbono la maggior parte della radiazione.
- Inoltre, tutta la materia calda che ci circonda, atmosfera inclusa, emette radiazione infrarossa in misura maggiore di quella ricevuta dalle deboli emissioni celesti. Osservare un oggetto celeste nel cielo infrarosso di notte da terra equivarrebbe a cercare di osservare le stelle alla luce del giorno.

# RADIAZIONE ULTRAVIOLETTA

- Banda dello spettro elettromagnetico compresa tra la radiazione visibile e la radiazione X. I fotoni che la compongono sono più energetici di quelli nella luce visibile.

La radiazione ultravioletta (UV) proveniente dalle sorgenti celesti è assorbita in massima parte dall'ozono e dall'ossigeno molecolare negli strati medio bassi dell'atmosfera.

# RAGGI X

- Banda dello spettro elettromagnetico tra la radiazione ultravioletta e la radiazione gamma. I fotoni che la formano quindi, sono più energetici di quelli della radiazione ultravioletta ma meno di quelli gamma.
- La pelle umana è trasparente alla radiazione X, che viene invece fermata dalle ossa. Questo li rende utilissimi nella medicina

# RAGGI $\gamma$

- I raggi gamma, come la luce visibile, sono composti da fotoni: particelle infinitesime di luce che viaggiano sotto forma di onde di energia. I fotoni che compongono i raggi gamma sono identici a quelli della luce visibile, solo portano energie più elevate. Quando gli scienziati parlano dello spettro elettromagnetico, si riferiscono all'intera varietà dei livelli di energia raggiungibili dai fotoni.
- Nell'intero spettro di radiazioni, come illustrato nel disegno, la luce visibile ne occupa solo una frazione, collocata tra la luce infrarossa, di energia minore, e la più energetica luce ultravioletta. Alle estremità opposte dello spettro, troviamo le onde radio, i fotoni meno energetici e i raggi gamma, i più energetici.  
L'energia trasportata dai fotoni viene misurata nell'unità di misura degli elettronvolt o eV. La luce visibile è composta da fotoni con energie tra 2 e 3 eV, i raggi gamma sono fotoni con energie tra 100.000 ( 0,1 MeV ) e  $1 \cdot 10^{12}$  eV ( 1 TeV ) o superiori.
- Queste radiazioni vengono interamente assorbite nell'atmosfera ad altezze tra 9.000 e 40.000 metri. Per questo l'osservazione è stata compiuta con i palloni sonda e razzi prima ed anche con i satelliti poi, tra i quali il *Compton Gamma Ray Observatory*.

# PROPAGAZIONE DELLE ONDE RADIO

## ■ L'ONDA SPAZIALE

- Le frequenze al di sotto dei 30 MHz si propagano per mezzo di onda spaziale. Questa è un'onda che lasciando l'antenna trasmittente viaggerebbe nello spazio vuoto se non fosse per il fatto che, sotto certe condizioni, può essere sufficientemente riflessa o rifratta dagli strati dell'alta atmosfera terrestre per raggiungere di nuovo la terra a distanze diverse. Rispetto al trasmettitore queste distanze possono variare da zero a circa 4000 km. Per mezzo di successive riflessioni, tra la superficie terrestre e l'alta atmosfera, possono essere stabilite delle comunicazioni radio coprendo le massime distanze terrestri possibili.