Radiazioni non ionizzanti e interazioni biologiche

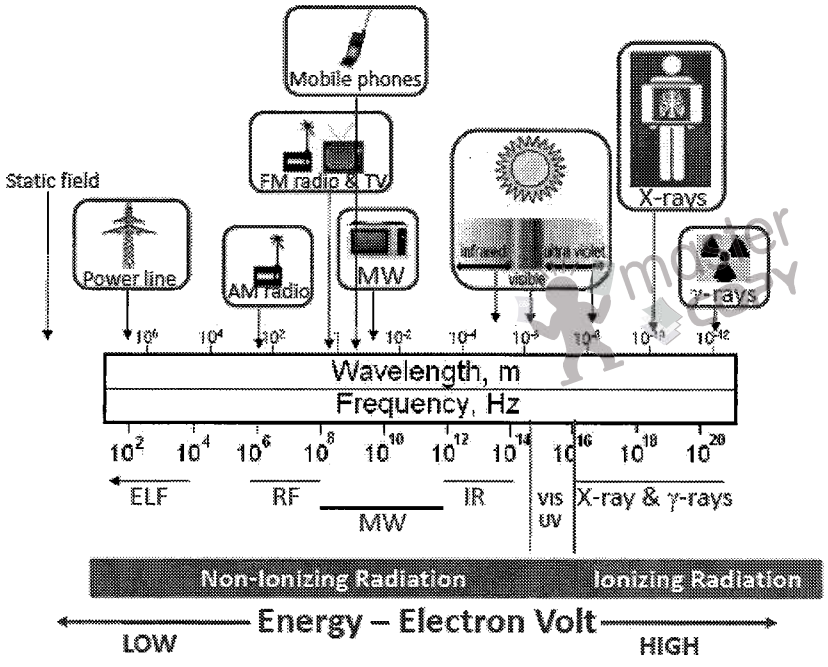
27/09/18

Introduzione

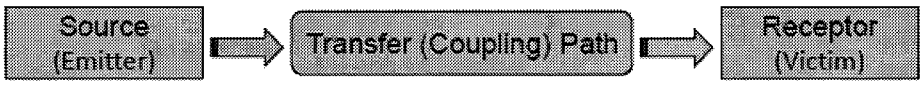
Radiazioni elettromagnetiche

Le radiazioni elettromagnetiche, possono essere suddivise in radiazioni ionizzanti e non ionizzanti. Le radiazioni ionizzanti interagendo con la materia producono ioni, mentre le radiazioni non ionizzanti, essendo caratterizzate da un'energia minore, generano di fatto solamente un riscaldamento. In questo caso non è effettivamente noto se il calore prodotto generi danni. Queste ultime comunque producono sicuramente effetti acuti.

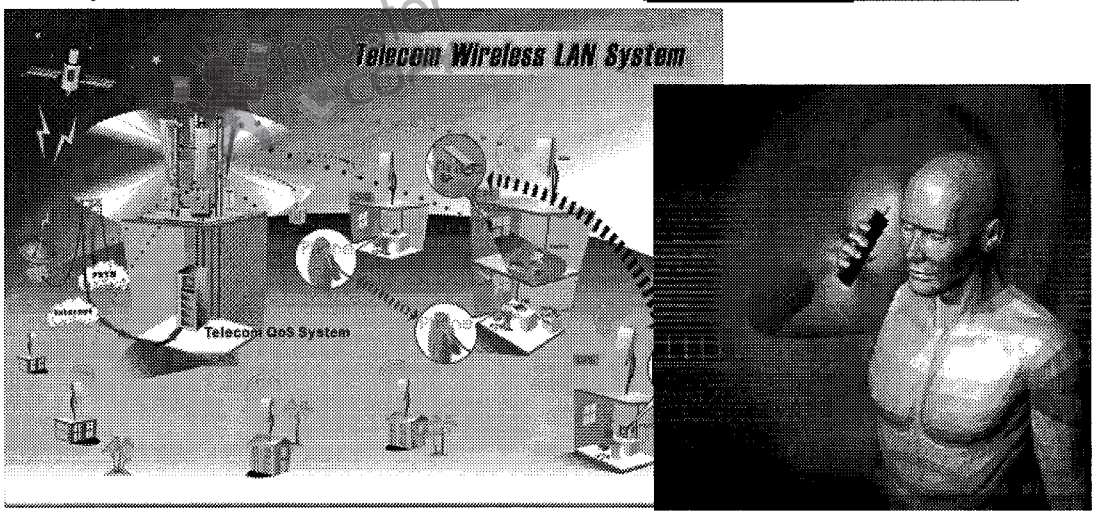
Le radiazioni ionizzanti sono le radiazioni ad alta frequenza, mentre quelle non ionizzanti sono a frequenza più bassa e sono quelle che vanno dal visibile alle onde sfruttate per la distribuzione di energia elettrica, a bassissima frequenza. Di fatto non esiste un metodo per studiare le singole onde a quella determinata frequenza. La legge che si sfrutta è sempre quella di Maxwell, ma la sua risoluzione dipende dalla frequenza dell'onda che si considera.



Il problema della radiazione ionizzante si riduce di fatto all'avere una sorgente, un bersaglio e un percorso di accoppiamento tra i due, che tipicamente è lo spazio libero. In questo sistema di trasmissione, le onde elettromagnetiche coinvolgono anche il corpo umano. Inoltre, la sorgente può essere intenzionale oppure no: ad esempio la sorgente radio-base è intenzionale, mentre sorgenti, come i trasformatori, i neon, il forno a microonde, sono non intenzionali.



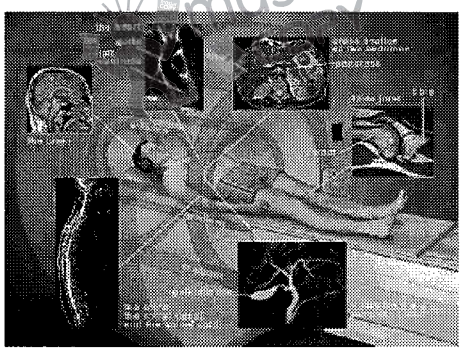
TLC system: intentional source, intentional receiver (human exposure unintentional)



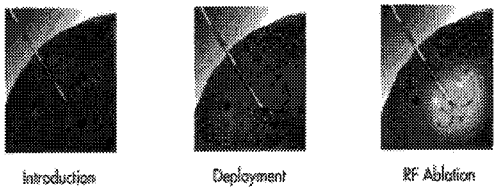
Un problema alternativo riguarda invece il possibile effetto collaterale che le onde determinano. Se ad esempio si ha un cellulare che irradia, si può avere contatto diretto col corpo, e quindi i tessuti vengono direttamente investiti, senza che l'onda attraversi spazio libero. In particolare, l'effetto sui tessuti dipende dall'orientazione, o dalla forma della sorgente.

Alcune applicazioni di onde elettromagnetiche sono la risonanza magnetica e la termoablazione. Quest'ultima viene sfruttata soprattutto per eliminare i tumori al fegato: si inserisce una cannula che irradia onde elettromagnetiche che generano molto calore, che va a bruciare il tumore. Un'altra applicazione in fase di realizzazione, riguarda l'imaging con microonde in cui tramite delle antenne si va a rivelare le variazioni di costante dielettrica che indicano la presenza di un tumore.

Magnetic Resonance Imaging



Hyperthermia, RF MW Ablation

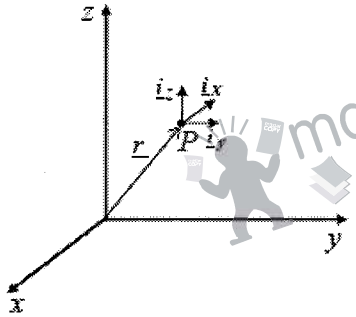


Background matematico

Sistemi di coordinate

I principali sistemi di coordinate sono 3: cartesiano, cilindrico e sferico.

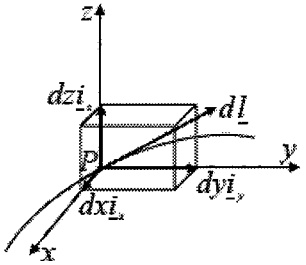
Cartesian coordinate system

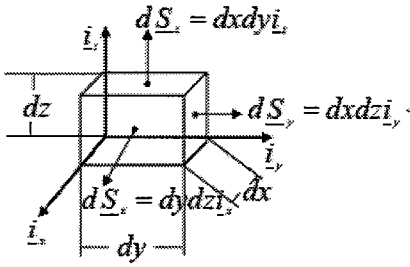


$P \equiv (x, y, z)$

$\underline{i}_x, \underline{i}_y, \underline{i}_z$ - determine the versors direction
- do not change their directions with changes of point P in space

$\underline{r} = x\underline{i}_x + y\underline{i}_y + z\underline{i}_z$ - position vector

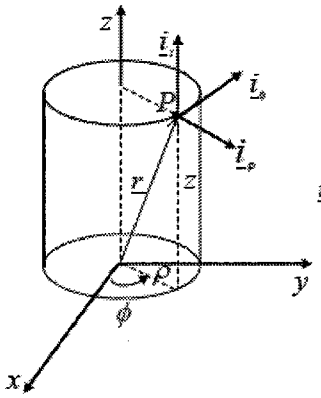




Differential elements:

$$\begin{cases} d\underline{S}_x = dydz\underline{i}_x \\ d\underline{S}_y = dxdz\underline{i}_y \\ d\underline{S}_z = dxdy\underline{i}_z \\ dV = dxdydz \\ d\underline{l} = \underline{i}_x dx + \underline{i}_y dy + \underline{i}_z dz \end{cases}$$

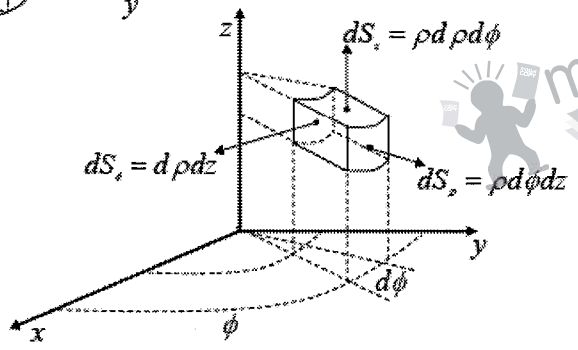
Cylindrical coordinate system *(it is useful when the studied system is symmetric with respect to z axis)*



$P \equiv (\rho, \phi, z)$

$\underline{i}_\rho, \underline{i}_\phi, \underline{i}_z$ - determine the versor directions
- $\underline{i}_\rho, \underline{i}_\phi$ change their directions from point to point

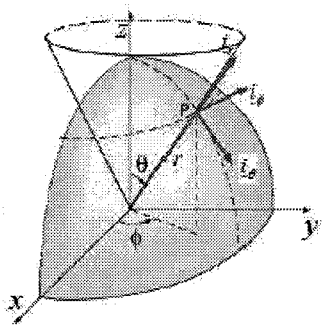
$\underline{r} = \rho\underline{i}_\rho + z\underline{i}_z$ - position vector



Differential elements:

$$\begin{cases} d\underline{S}_z = \rho d\rho d\phi \underline{i}_z \\ d\underline{S}_\rho = d\rho dz\underline{i}_\rho \\ d\underline{S}_\phi = \rho d\rho d\phi \underline{i}_\phi \\ dV = \rho d\rho d\phi dz \\ d\underline{l} = \underline{i}_\rho d\rho + \rho\underline{i}_\phi d\phi + \underline{i}_z dz \end{cases}$$

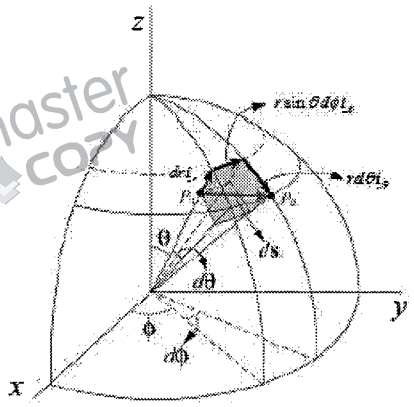
Spherical coordinate system *(it is useful when the studied system is symmetric with respect to origin)*



$P \equiv (r, \theta, \phi)$ - r denotes the distance from the origin; (θ, ϕ) indicate the direction of the P point location

$\underline{i}_r, \underline{i}_\theta, \underline{i}_\phi$ - determine the versors direction; change their directions from point to point

$\underline{r} = r\underline{i}_r$ - position vector

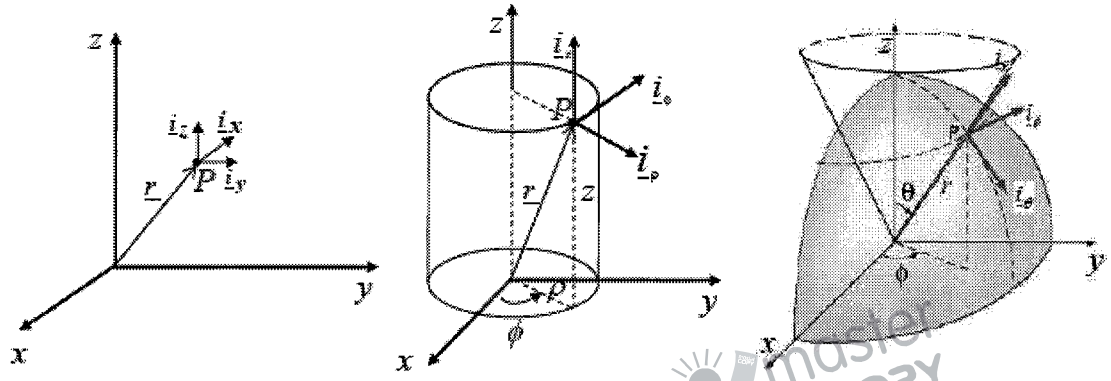


Differential elements:

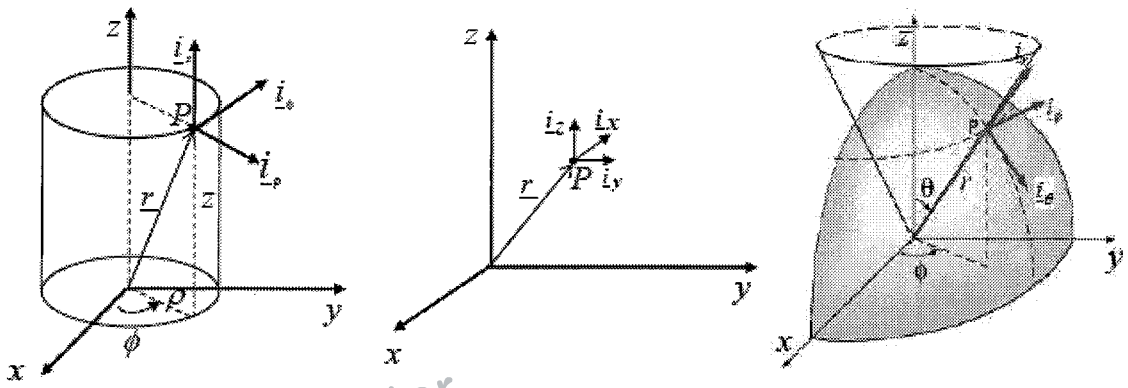
$$d\underline{S}_r = r^2 d\phi dr \underline{i}_r$$
$$d\underline{S}_\theta = r\sin\theta dr d\phi \underline{i}_\theta$$
$$d\underline{S}_\phi = r d\theta dr \underline{i}_\phi$$
$$dV = r^2 \sin\theta dr d\theta d\phi$$
$$d\underline{l} = \underline{i}_r dr + r\underline{i}_\theta d\theta + r\sin\theta \underline{i}_\phi d\phi$$

Il sistema di coordinate sferico in particolare è molto importante perché viene sfruttato per descrivere tutte le sorgenti di radiazioni elettromagnetiche. L'angolo Θ (di elevazione) si prende a partire dall'asse z, mentre angolo Φ (di azimut) si prende a partire dall'asse x.

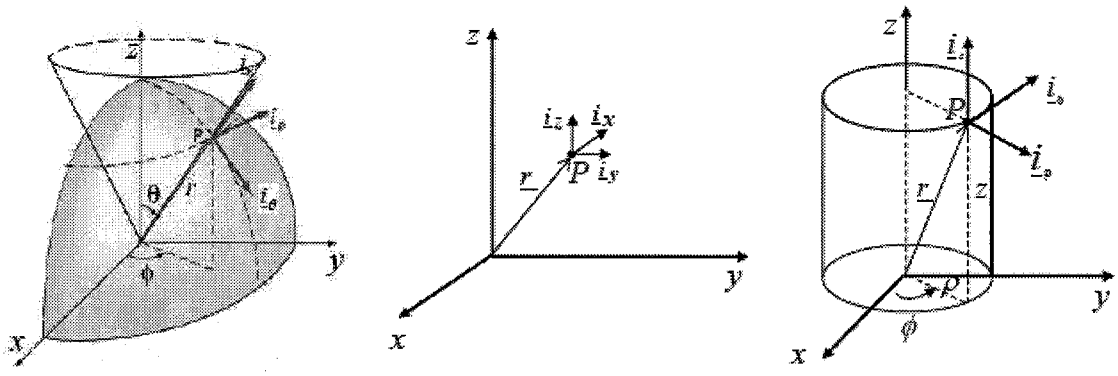
Corrispondenza tra sistemi di coordinate



Cartesian	Cylindrical	Spherical
x	$\rho\cos\phi$	$r\sin\theta\cos\phi$
y	$\rho\sin\phi$	$r\sin\theta\sin\phi$
z	z	$r\cos\theta$
$\underline{i}_x$	$\cos\phi\underline{i}_\rho - \sin\phi\underline{i}_\phi$	$\sin\theta\cos\phi\underline{i}_r + \cos\theta\cos\phi\underline{i}_\theta - \sin\phi\underline{i}_\phi$
$\underline{i}_y$	$\sin\phi\underline{i}_\rho + \cos\phi\underline{i}_\phi$	$\sin\theta\sin\phi\underline{i}_r + \cos\theta\sin\phi\underline{i}_\theta + \cos\phi\underline{i}_\phi$
$\underline{i}_z$	$\underline{i}_z$	$\cos\theta\underline{i}_r - \sin\theta\underline{i}_\theta$



Cylindrical	Cartesian	Spherical
ρ	$\sqrt{x^2+y^2}$	$r\sin\theta$
ϕ	$\arctan(y/x)$	ϕ
z	z	$r\cos\theta$
$\underline{i}_\rho$	$\cos\phi\underline{i}_x-\sin\phi\underline{i}_y$	$\sin\theta\underline{i}_r+\cos\theta\underline{i}_\theta$
$\underline{i}_\phi$	$-\sin\phi\underline{i}_x+\cos\phi\underline{i}_y$	$\underline{i}_\phi$
$\underline{i}_z$	$\underline{i}_z$	$\cos\theta\underline{i}_r-\sin\theta\underline{i}_\theta$



Spherical	Cartesian	Cylindrical
r	$\sqrt{x^2+y^2+z^2}$	$\sqrt{\rho^2+z^2}$
θ	$\cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{x^2+y^2+z^2}}\right)$	$\cos^{-1}\left(\frac{z}{\sqrt{\rho^2+z^2}}\right)$
ϕ	$tg^{-1}(x/y)$	ϕ
$\underline{i}_r$	$\sin\theta\cos\phi\underline{i}_x+\sin\theta\sin\phi\underline{i}_y+\cos\theta\underline{i}_z$	$\sin\theta\underline{i}_\rho+\cos\theta\underline{i}_\theta$
$\underline{i}_\theta$	$\cos\theta\cos\phi\underline{i}_x+\cos\theta\sin\phi\underline{i}_y-\sin\theta\underline{i}_z$	$\cos\theta\underline{i}_\rho-\sin\theta\underline{i}_z$
$\underline{i}_\phi$	$-\sin\phi\underline{i}_x+\cos\phi\underline{i}_y$	$\underline{i}_\phi$