

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PARMA

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

**Corso di
Campi Elettromagnetici**

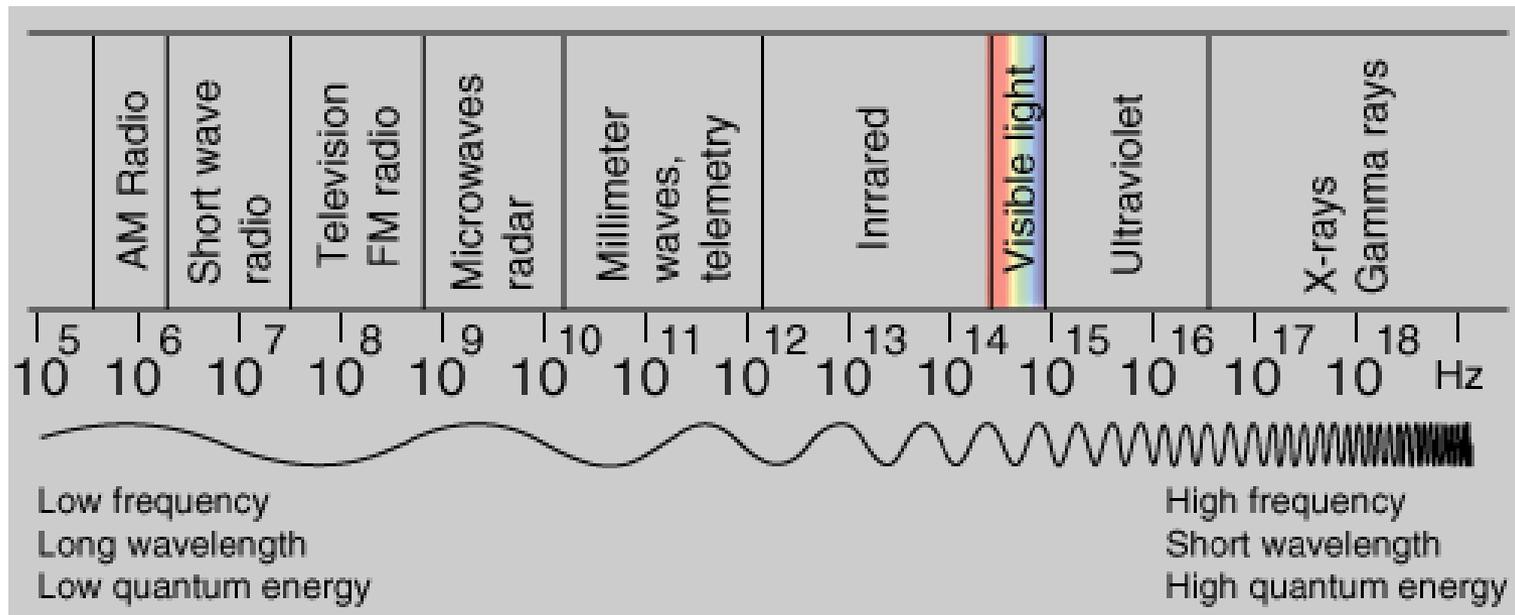
Corso di Laurea

***Tecniche della Prevenzione nell'Ambiente e nei
Luoghi di Lavoro***

Sommario

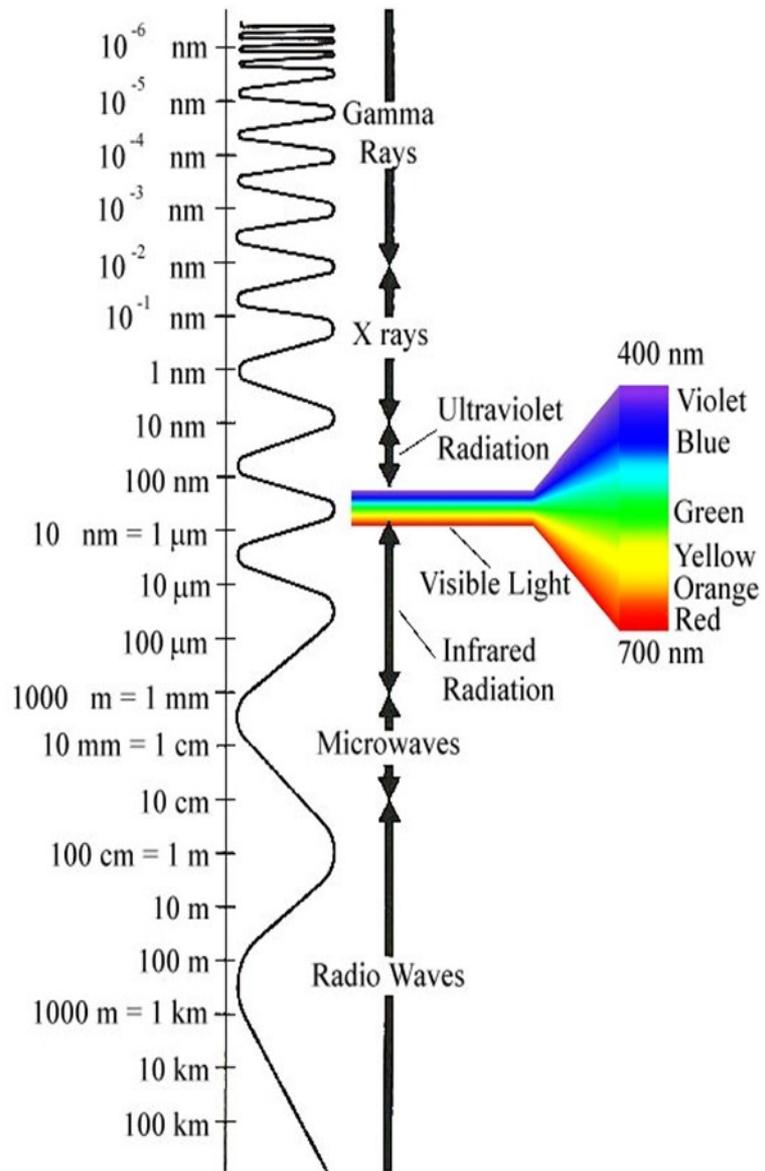
- *Campo Elettromagnetico*
- *Spettro di campo magnetico*
- *Radiazioni ionizzanti e non*
- *Alcune definizioni*
- *Unità di misura*
- *Polarizzazione*
- *Costanti fisiche*
- *Sorgenti*
- *Dosimetria*
- *Limite di legge*
- *Misure*

Lo spettro elettromagnetico

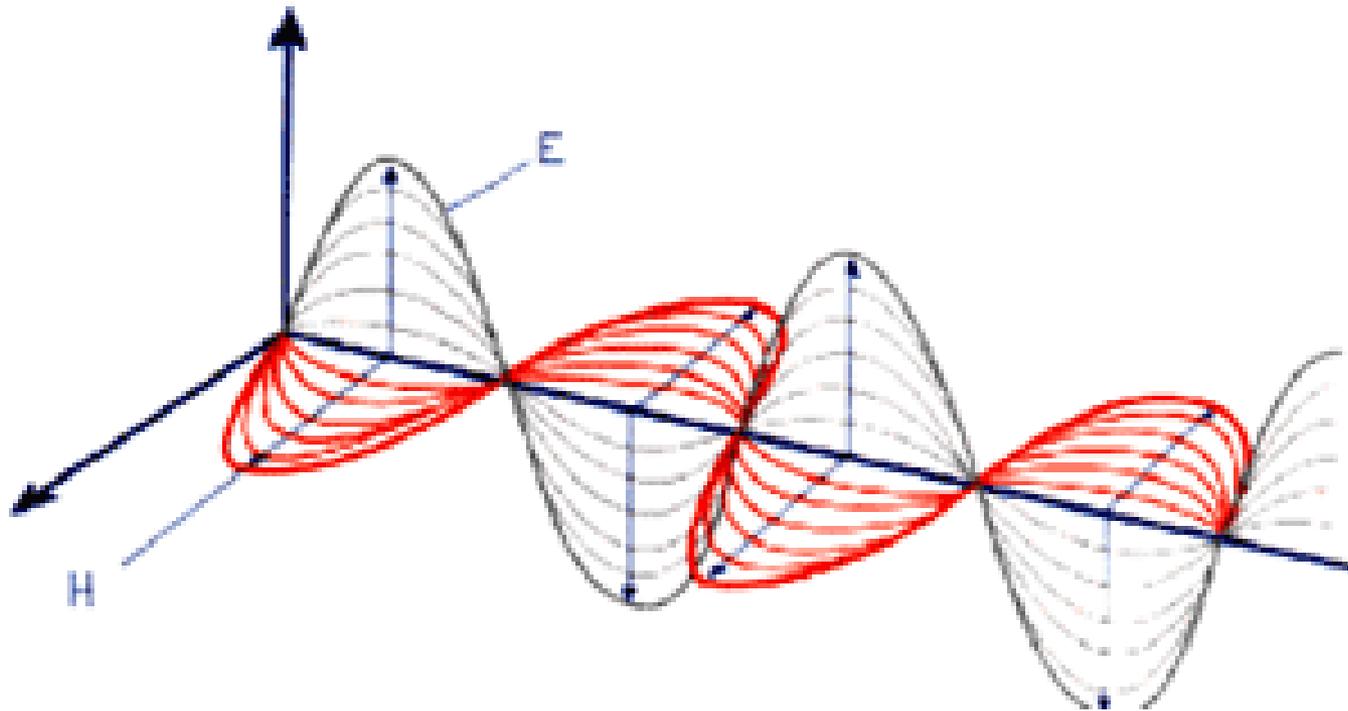


$$\lambda = cT = \frac{c}{\nu}$$

$$E = h\nu$$



Campo Elettromagnetico



Spettro Elettromagnetico

Denominazione		Sigla	Frequenza	Lunghezza	
Radiazioni Non Ionizzanti	Freq. estremamente basse	ELF	0 - 3 KHz	> 100 Km	
	Frequenze bassissime		VLF	3 - 30 KHz	100 - 10 Km
	Radiofrequenze (RF)	Onde lunghe	LF	30 - 300 KHz	10 - 1 Km
		Onde medie	MF	300 KHz-3 MHz	1 Km - 100 m
		Alte freq.	HF	3 -30 MHz	100 - 10 m
		Freq.altissime	VHF	30 - 300 MHz	10 - 1 m
	Microonde (MO)	decimetriche	UHF	300 MHz-3 GHz	1 m - 10 cm
		centimetriche	SHF	3 - 30 GHz	10 -1 cm
		millimetriche	EHF	30 - 300 GHz	1 cm - 1 mm
	Infrarosso		IR	0.3 - 385 THz	1000 - 780 nm
	Luce visibile			385 - 750 THz	780 - 400 nm
Ultravioletto		UV	750 - 3000 THz	400 - 100 nm	
Radiazioni Ionizzanti	Raggi X Raggi Gamma		> 3000 THz	< 100 nm	

Radiazioni ionizzanti (IR – Ionizing Radiation)

Quelle radiazioni che sono in grado di strappare, tramite un'interazione diretta tra fotone ed elettrone, un elettrone da orbite atomiche o molecolari. Nel caso di radiazioni elettromagnetiche, si dicono ionizzanti quelle che hanno un'energia associata al fotone superiore all'energia di legame dell'elettrone al proprio atomo o molecola. Per questa energia si considera un valore di soglia di circa 13 eV, che è l'energia di legame dell'elettrone all'atomo di idrogeno. Le radiazioni ionizzanti hanno una frequenza superiore ai 3000 THz. Esempi di radiazioni ionizzanti sono i raggi X e i raggi gamma.

Radiazioni non ionizzanti (NIR – Non Ionizing Radiation)

Vengono considerate radiazioni non ionizzanti quelle radiazioni elettromagnetiche caratterizzate da fotoni aventi energia inferiore a circa 13 eV , o, meglio, che non hanno energia tale da strappare elettroni dalle orbite di atomi o molecole. Le radiazioni non ionizzanti hanno una frequenza compresa fra i pochi Hertz (Frequenze estremamente basse, E.L.F.) e i 3000 THz (radiazioni ultraviolette).

Spettro delle radiazioni elettromagnetiche

SPETTRO DELLE RADIAZIONI ELETTROMAGNETICHE

NON IONIZZANTI

IONIZZANTI



Presenza dei campi em nella nostra vita

La popolazione ed i lavoratori sono esposti a campi elettromagnetici prodotti da una grande varietà di sorgenti che utilizzano l'energia elettrica a varie frequenze.

Tali campi, variabili nel tempo, occupano la parte dello spettro elettromagnetico che si estende dai campi statici alle radiazioni infrarosse. In questa gamma di frequenze (0 Hz - 300 GHz) i fenomeni di ionizzazione nel mezzo interessato dai campi sono trascurabili: pertanto le radiazioni associate a queste frequenze rientrano in quelle cosiddette radiazioni non-ionizzanti.

Alle più basse frequenze, quando i campi sono caratterizzati da variazioni lente nel tempo, per esempio alle frequenze industriali di 50/60 Hz, o, più in generale, quando l'esposizione ai campi elettromagnetici avviene a distanze dalla sorgente piccole rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici possono essere considerati indipendentemente. Alle frequenze più alte o, più in generale, a distanze elevate rispetto alla lunghezza d'onda, i campi elettrici e i campi magnetici sono strettamente correlati tra di loro: **dalla misura di uno di essi si può in genere risalire all'altro.**

Presenza dei campi em nella nostra vita

Contrariamente a quanto succede con le radiazioni ionizzanti, per le quali il contributo delle sorgenti naturali rappresenta la porzione più elevata dell'esposizione della popolazione, per le radiazioni non-ionizzanti le sorgenti di campi elettromagnetici realizzati dall'uomo tendono a diventare sempre più predominanti rispetto alle sorgenti naturali.

In alcune parti dello spettro di frequenza, quali quelle utilizzate per la distribuzione dell'energia elettrica e per la radiodiffusione, i campi elettromagnetici prodotti dall'uomo sono molte migliaia di volte superiori a quelli naturali prodotti dal Sole o dalla Terra.

Negli ultimi decenni l'uso dell'elettricità è aumentato considerevolmente, sia per la distribuzione dell'energia elettrica sia per lo sviluppo dei sistemi di telecomunicazione, con conseguente aumento dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici.

I campi variabili nel tempo più comuni a cui le persone sono permanentemente esposti sono quelli derivanti dai sistemi di generazione, trasmissione, distribuzione ed utilizzazione dell'energia elettrica a 50/60 Hz, dai sistemi di trazione ferroviaria (0 Hz, 16 2/3 Hz e 25 Hz), dai sistemi di trasporto pubblico (da 0 Hz a 3 kHz) e dai sistemi di telecomunicazione (trasmettitori radiofonici e televisivi, ponti radio a microonde, stazioni radiobase per telefonia mobile, radar, ecc.).

Presenza dei campi em nella nostra vita

La popolazione è anche esposta a campi di bassa intensità prodotti da apparecchiature domestiche (forni a microonde, televisori, videotermini, ecc.) o industriali (azionamenti elettrici, apparecchi ad induzione, automobili elettriche, ecc.).

Esposizioni a livelli relativamente più elevati possono essere causate, normalmente per breve periodo, dall'uso, nelle estreme vicinanze del corpo, di telefoni cellulari, sistemi di sicurezza, ecc..

I campi generati dalle diverse sorgenti possono essere di vario tipo. La forma d'onda può essere sinusoidale, modulata in ampiezza (AM) o in frequenza (FM) nel caso di comunicazioni radio, o modulata ad impulsi come nei radar dove l'energia delle microonde viene trasmessa in brevi pacchetti di impulsi della durata di microsecondi.

L'esposizione umana dipende non solo dall'intensità dei campi elettromagnetici generati, ma anche dalla distanza dalla sorgente e, nel caso di antenne direzionali, quali quelle dei sistemi di comunicazione radar o satellitari, anche dalla vicinanza dal fascio principale di radiazione.

Presenza dei campi em nella nostra vita

Non necessariamente sistemi di radiodiffusione ad alta potenza o sistemi radar molto direzionali sono responsabili di alte esposizioni per la popolazione; ovviamente devono invece essere prese le opportune precauzioni per i lavoratori addetti alle manutenzione degli impianti. La maggior parte delle persone è esposta ai campi prodotti dai trasmettitori a radiofrequenza di bassa potenza, quali quelli delle stazioni base della telefonia cellulare, e dai sistemi di sicurezza e di controllo degli accessi, dove i campi possono provocare un'esposizione non uniforme del corpo. Generalmente le intensità dei campi prodotti da queste sorgenti decrescono rapidamente con la distanza.

Per proteggere la popolazione dagli eventuali effetti nocivi dell'esposizione ai campi elettromagnetici prodotti da tali sorgenti, sono stati sviluppati in ambiti nazionali e internazionali diversi tipi di linee-guida: esse sono generalmente basate sull'individuazione di valori da non superare per alcune grandezze di base, derivanti da valutazioni biologiche (grandezze interne al corpo, quali la densità di corrente e la sovratemperatura corporea), cui corrispondono altre grandezze derivate esterne, facilmente misurabili, quali il campo elettrico e il campo magnetico.

Definizioni

- **Corrente elettrica di conduzione:** quantità di carica che attraversa nell'unità di tempo la sezione di un conduttore. (Unità di misura $\rightarrow A$)
- **Densità di corrente elettrica di conduzione:** vettore la cui intensità è data dalla quantità di carica che attraversa nell'unità di tempo l'unità di superficie disposta ortogonalmente al flusso delle cariche. (Unità di misura $\rightarrow A/m^2$)
- **Frequenza:** Numero di cicli o periodi nell'unità di tempo. (Unità di misura $\rightarrow Hz$)
- **Campo elettrico:** grandezza vettoriale che, in ogni punto di una data regione dello spazio, rappresenta il rapporto tra la forza esercitata su una carica elettrica ed il valore della carica medesima. (Unità di misura $\rightarrow V/m$)
- **Campo magnetico:** grandezza vettoriale pari al rapporto tra l'induzione magnetica e la permeabilità magnetica del mezzo. (Unità di misura $\rightarrow A/m$, quella per la permeabilità magnetica $\rightarrow H/m$)

Definizioni

Conducibilità: rapporto tra la densità di corrente di conduzione di un mezzo e l'intensità del campo elettrico (unità di misura \rightarrow S/m)

Densità di potenza: potenza che fluisce nell'unità di superficie posta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda elettromagnetica (unità di misura \rightarrow W/m²)

Impedenza d'onda del vuoto: Rapporto tra l'intensità del campo elettrico e quella del campo magnetico di un'onda piana che si propaga nel vuoto ($Z_0=377\Omega$)

Induzione dielettrica: vettore la cui intensità è il prodotto del campo elettrico per la permittività o costante dielettrica del mezzo (unità di misura \rightarrow C/m²)

Induzione magnetica: vettore che in ogni punto di una data regione determina una forza su di una carica in moto con una data velocità. (unità di misura \rightarrow T o Wb/m² o G)

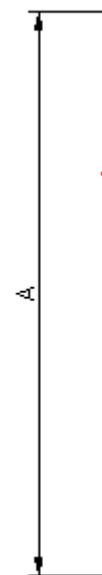
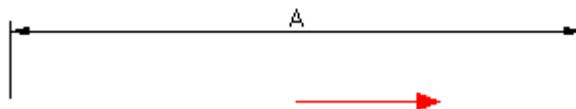
Definizione

Lunghezza d'onda: distanza tra due creste e due ventri

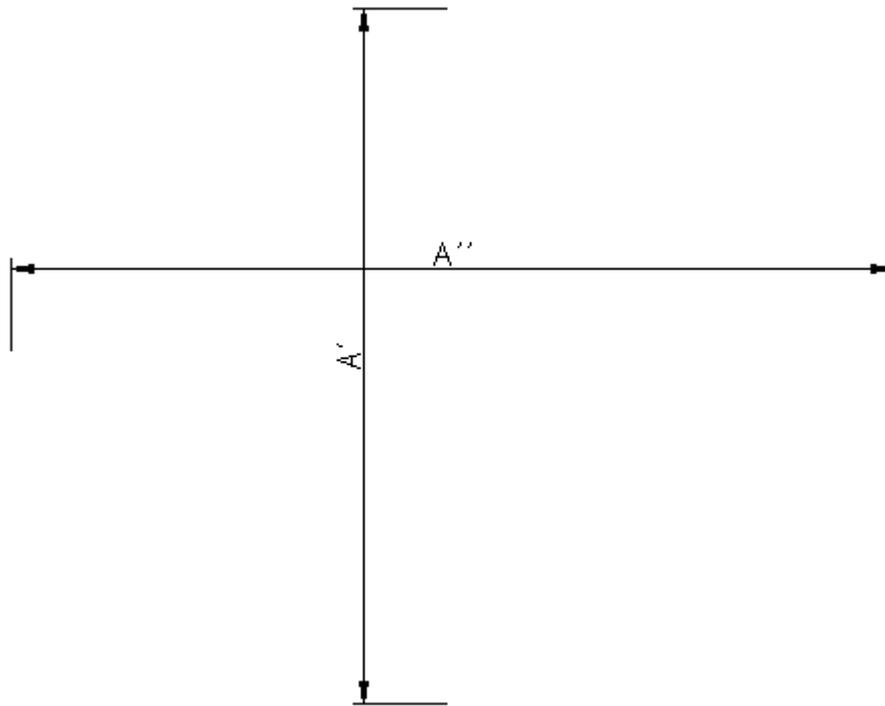
Onda piana: distribuzione di campo elettromagnetico, in cui in ogni punto e in ogni istante i vettori campo elettrico e campo magnetico sono ortogonali tra loro e giacciono su piani perpendicolari alla direzione di propagazione.

Polarizzazione: caratteristica dei campi elettromagnetici che descrive con riferimento ad un punto fisso nello spazio, la direzione e l'ampiezza, variabili nel tempo, del vettore campo elettrico; in particolare, indica la figura tracciata nel piano perpendicolare alla direzione di propagazione, dall'estremità del vettore campo elettrico in un punto fisso dello spazio, in funzione del tempo.

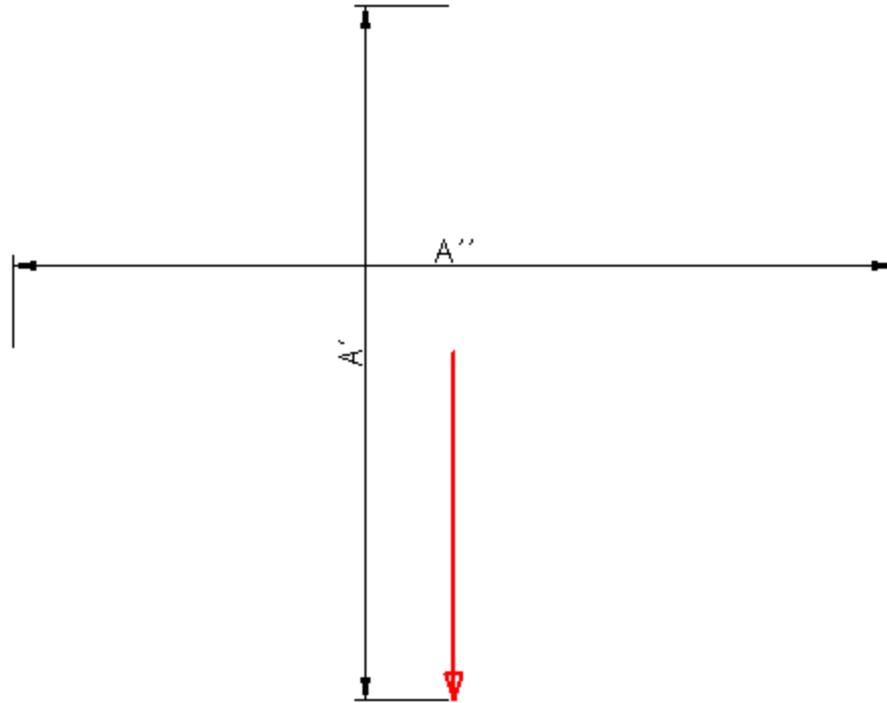
Polarizzazione lineare



Scomposizione



Polarizzazione ellittica



Riassumendo

Il tipo più semplice di polarizzazione è quella **lineare**: in questo caso il campo elettrico oscilla lungo una sola direzione, ortogonale all'oscillazione del campo magnetico e alla direzione di propagazione dell'onda.

Se pensiamo un'onda scomponibile in due onde con polarizzazione ortogonale e sfasate di $1/4$ di periodo, otteniamo una polarizzazione di tipo **circolare**, se le due onde hanno la stessa ampiezza, o **ellittica** se di ampiezza differente.

Per fissare meglio le idee...

<http://www.lucevirtuale.net/percorsi/a5/polarizzazione.html>

Nota

Generalmente, la figura è ellittica e viene tracciata in senso orario od antiorario per un osservatore che guarda lungo la direzione di propagazione.

Le polarizzazioni comunemente indicate come circolari e lineari si ottengono quando l'ellisse diventa rispettivamente una circonferenza o un segmento di linea retta.

La rotazione in senso orario del vettore campo elettrico viene detta polarizzazione destrorsa e quella in senso antiorario polarizzazione sinistrorsa.

Polarizzazione verticale e polarizzazione orizzontale sono due particolari casi di polarizzazione lineare che si verificano quando l'onda si propaga parallelamente alla superficie terrestre e il campo elettrico è diretto verticalmente od orizzontalmente rispetto al suolo.