Induttanza

La corrente *I* che scorre in un circuito genera un campo $\vec{B}$ il cui flusso, $\phi(\vec{B})$, si autoconcatena con il circuito stesso. Il rapporto tra $\phi(\vec{B})$ e I è costante e si definisce **induttanza**, *L*, o **autoinduzione**.

$$\boxed{\phi(\vec{B}) = L \cdot I}$$

$$[L] = \frac{[B]\cdot[Lungh]^2}{[I]} = \frac{[B]\cdot[Lungh]^2\cdot[t]}{[Q]}$$

Si misura in Henry (H) mentre $\phi(\vec{B})$ si misura in Weber (Wb).

$$1\,Wb = 1\,T \cdot 1\,m^2 \qquad 1\,H = \frac{1\,Wb}{1\,A}$$

Ad esempio, per un solenoide si ha: $\phi(\vec{B}) = (\mu \cdot \frac{N}{l} \cdot I\ ) \cdot (S \cdot N\ )$

dove
S = superficie del solenoide
l = lunghezza del solenoide
N = superficie di N spire
quindi:

$$L = \mu_0 \cdot \mu_r \cdot \frac{N^2}{l} \cdot S = \mu\,\frac{N^2}{l} \cdot S \qquad \mu_r \geq 1$$

NOTA: *L* dipende solo dalla geometria e dal mezzo contenuto come la capacità nel campo elettrostatico.

Legge di Faraday/Neumann - Lenz

La forza elettromotrice indotta ϵ_i indotta ai capi di una spira o di un circuito chiuso qualsiasi di superficie *S* è data dalla rapidità con cui $\phi_s(\vec{B})$ concatenato varia nel tempo. Il verso della corrente indotta è tale da minimizzare $\frac{\Delta\phi_s}{\Delta t}$. (**Legge di Lenz**)

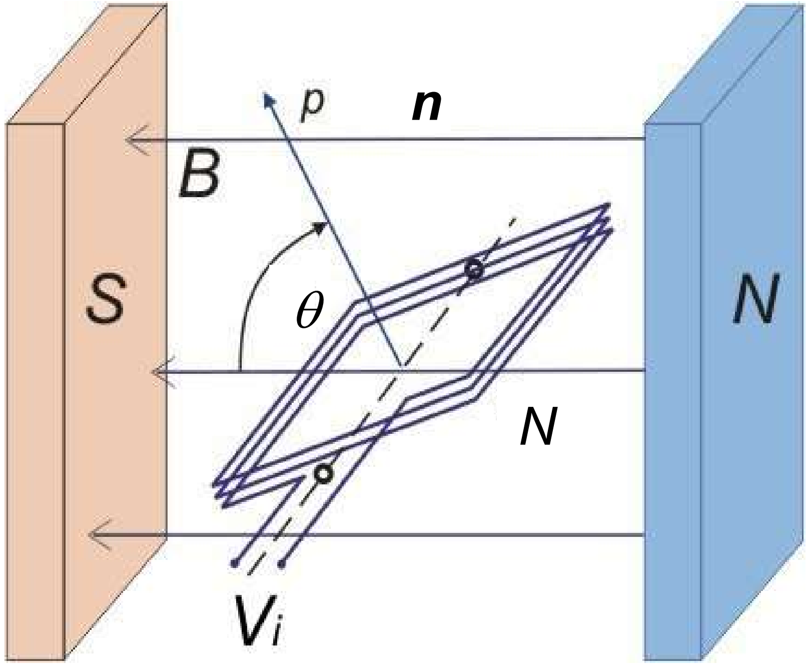
$$\boxed{\epsilon_i = -\frac{d\,\phi_s}{d\,t}\left(\vec{B}\right)}$$

$$\epsilon_i \rightarrow \oint \vec{E}\cdot d\vec{l} \neq 0, invece\ caso\ statico: \oint \vec{E}\cdot d\vec{l} = 0$$

Questa fondamentale legge accoppia un campo $\vec{B}$, variabile nel tempo, ad un campo elettrico che è rotazionale (non conservativo, circuitazione ≠ 0) a differenza di quello statico. Il campo elettrico è necessariamente generato altrimenti non si spiegherebbe la differenza di potenziale (forza elettromotrice) indotta nel circuito

Applicazioni della legge di Faraday/Neumann

GENERATORE DI CORRENTE SINUSOIDALE



$$\phi_s(\vec{B}) = BS\cos\theta\,(t) = BS\cos\omega t$$

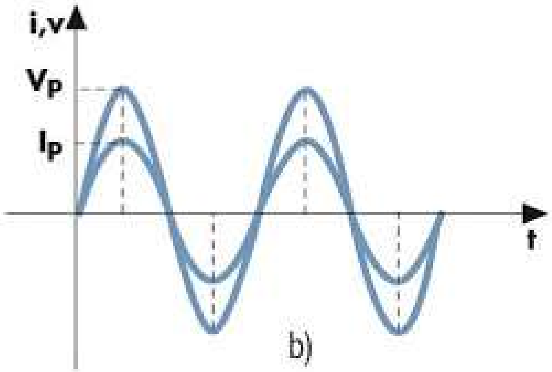
$$\epsilon_i = -\frac{d\,\phi_s(\vec{B})}{d\,t} = -\frac{d}{d\,t}\,BS\cos\omega t$$
$$= \omega BS \cdot \sin\omega t\;(\,Tensione\ alternata)$$

$$I = \frac{\epsilon_i}{R} = \frac{\omega\,B\,S}{R}\sin\,(\omega t)$$

La potenza indotta è data da:

$$P\, =\, \epsilon_i \cdot I = (\omega\, BS \cdot \sin\omega t)\cdot(\frac{\omega\, BS}{R}\cdot \sin\omega t) = \frac{\omega^2 B^2 S^2}{R}\, sin^2\omega t = \frac{\epsilon^2{}_{max}}{R}\, sin^2\,\omega t$$

a)



b)

Si tratta del meccanismo di funzionamento dell’alternatore che nelle centrali elettriche produce la corrente alternata poi usata nelle reti cittadine. Per mantenere in rotazione la spira occorre spendere energia meccanica dall’esterno (turbine azionate da cascate d’acqua) o vapore ad alta pressione (centrali termoelettriche).

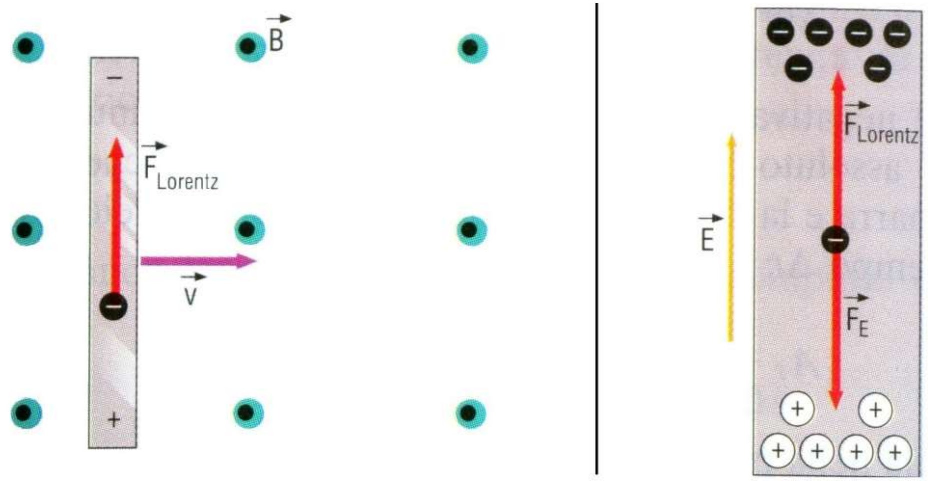
Applicazioni della legge di Faraday/Neumann

CONDUTTORE IN MOTO IN UN CAMPO B UNIFORME

La forza magnetica $\vec{F}_m = q\vec{v} \, x \, \vec{B}$ spinge i portatori di carica ad un'estremità lasciando l'altra estremità del conduttore scoperta. La separazione di cariche genera un campo $\vec{E}$ nel conduttore e, quindi, un *ΔV* (una ϵ) ai suoi capi. All'equilibrio:

$$q\,v\,B + q\,E = 0 \rightarrow |E| = v\,B, \qquad \epsilon = |E| \cdot l$$

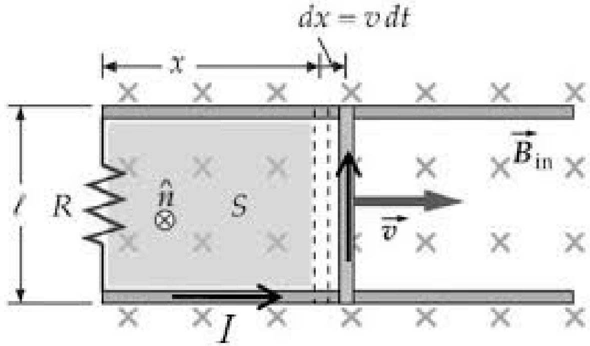
l=lunghezza del conduttore $\qquad \epsilon = v\,B\,l$



Se «chiudiamo» la sbarra conduttrice mobile su un binario conduttore scorrerà corrente *I* data da:

$$I = \frac{\epsilon}{R} = \frac{B\,v\,l}{R}$$

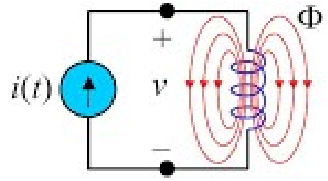
Per stabilire il verso della corrente usiamo la legge di Lenz.



Così con $\overrightarrow{B_{\text{in}}}$ entrante nel foglio la corrente indotta scorre in senso antiorario in modo che il campo magnetico da essa generato abbia linee di forza uscenti dal foglio all'interno del circuito così da opporsi all'aumento del flusso totale $\phi_S(\vec{B})$.

Autoinduttanza

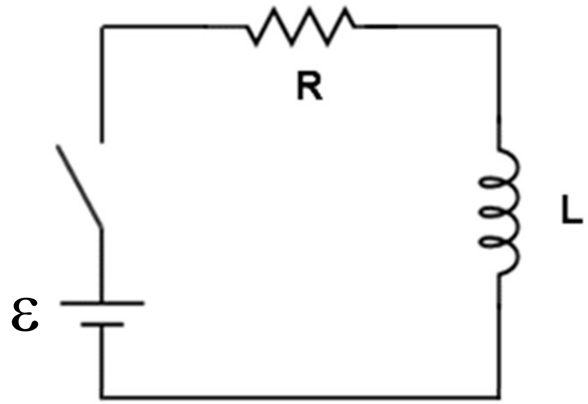
Il flusso di campo magnetico si autoconcatena col circuito dove fluisce la corrente che lo genera. Pertanto, ne nasce sempre in f.e.m. indotta, ε_L, associata a quel circuito.
In presenza di una d.d.p. esterna, ε, come nel circuito in figura, l'equazione del circuito diventa (I legge di Kirchoff):



$$v = N\frac{d\Phi}{dt} = N\frac{d\Phi}{di}\frac{di}{dt} = L\cdot\frac{di}{dt}$$

$L = N\,d\Phi/di$ è detta autoinduttanza (lega fra loro tensioni e correnti sulla stessa bobina)

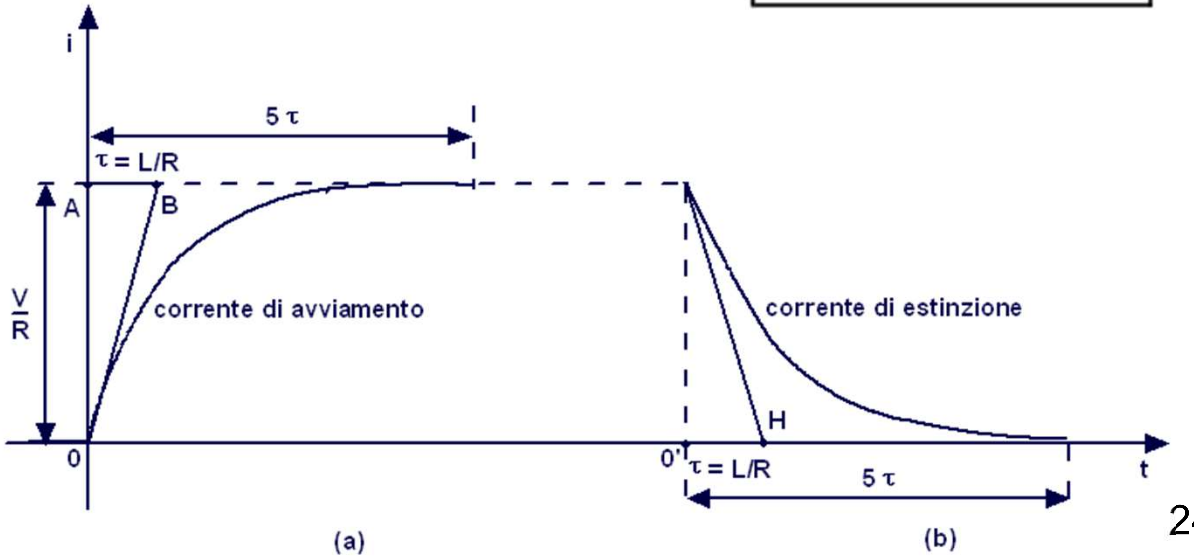
$$\epsilon + \epsilon_L = IR = \epsilon - L\,\frac{dI}{dt}$$



Che è un'equazione differenziale del I ordine inomogenea, lineare nell'incognita $I(t)$. È facile dimostrare che la corrente ha un andamento nel tempo come in grafico:

$$I\,(t) = \frac{\epsilon}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$\tau = \frac{L}{R}$ costante di tempo del circuito



Energia del campo magnetico

Quando abbiamo un generatore di f.e.m, ϵ, che supporta una corrente I e quindi eroga una potenza $\epsilon \cdot I$, il bilancio della potenza è:

$$\epsilon\, I = I \cdot IR - I \cdot L\,\frac{dI}{dt} = (I^2 R) - \left(L\, I \cdot \frac{dI}{dt}\right)$$

potenza immagazzinata nel campo magnetico di L

$$I \cdot L \cdot \frac{dI}{dt} = \frac{1}{2}\,\frac{d}{dt}\,(L\, I^2)$$

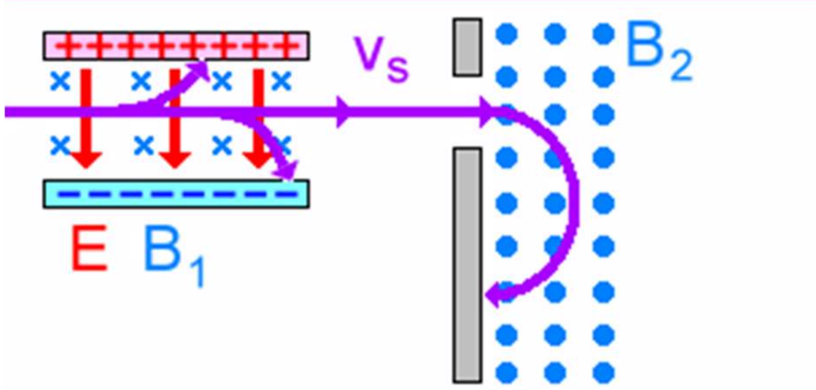
$$= \frac{d}{dt}\,(\textit{derivata nel tempo})\left(\frac{1}{2}\,L\, I^2\right)(\textit{energia magnetica})$$

ENERGIA MAGNETICA:

$$U_B = \frac{1}{2}\,L\, I^2$$

Questa è l'energia che va a depositarsi nell'induttanza.
È analoga a quella in un condensatore carico $U_C = \frac{1}{2}\,C\,\Delta V^2$
Questa è una potenza magnetica, non dissipata (come nel resistore), ma immagazzinata.

Spettrometria di massa

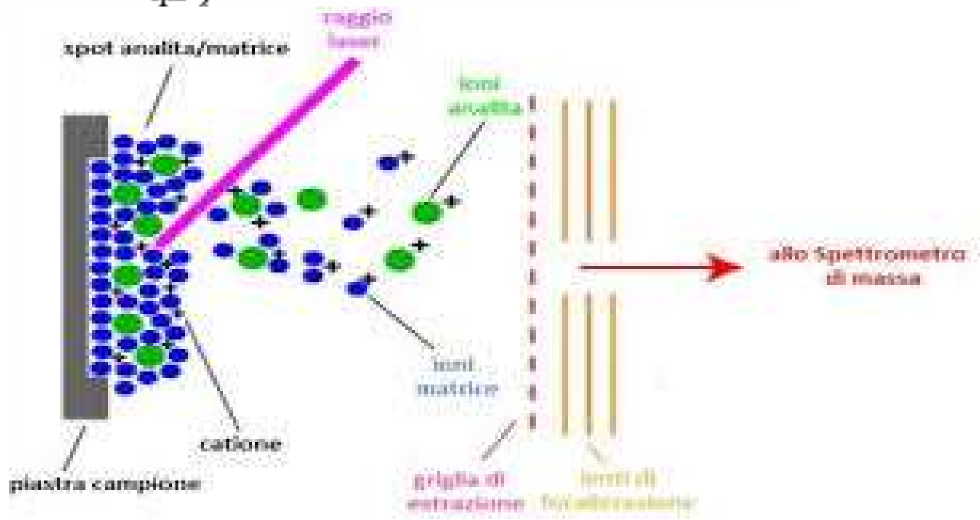


$$[1]\quad qE = qvB_1 \Rightarrow v_s = \frac{E}{B_1} \qquad [4]\quad r = \frac{mV}{qB_1B_2d}$$

$$[2]\quad E = \frac{V}{d} \Rightarrow v = \frac{V}{dB_1} \qquad [5]\quad m = \frac{qB_1B_2d}{V}r$$

$$[3]\quad r = \frac{mv}{qB_2}$$

r = raggio di curvatura della traiettoria circolare, che viene misurato nello spettrometro.
Permette di misurare per certe molecole il rapporto massa su carica, **m**/**q**, o la massa, nota la carica. Pertanto, questa tecnica dà la carta di identità ad agenti chimici. È una delle grandi tecniche di chimica qualitativa, invece la fisica rimane sempre quantitativa



E' una tecnica non quantitativa perché ogni specie chimica deve essere ionizzata ed ha una sua specifica probabilità di ionizzazione. Ad esempio, per la ionizzazione via laser (MALDI)

Onde elettromagnetiche

Le onde elettromagnetiche sono trasversali, ciò significa che ciò che oscilla è perpendicolare alla direzione di propagazione. Sono onde nelle quali oscillano il campo elettrico e il campo magnetico; se c'è un campo elettrico oscillante c'è anche un campo magnetico. Ad esempio, per un'onda che si propaga lungo l'asse x, possiamo scrivere la componente elettrica e la componente magnetica, sempre perpendicolare al campo elettrico:

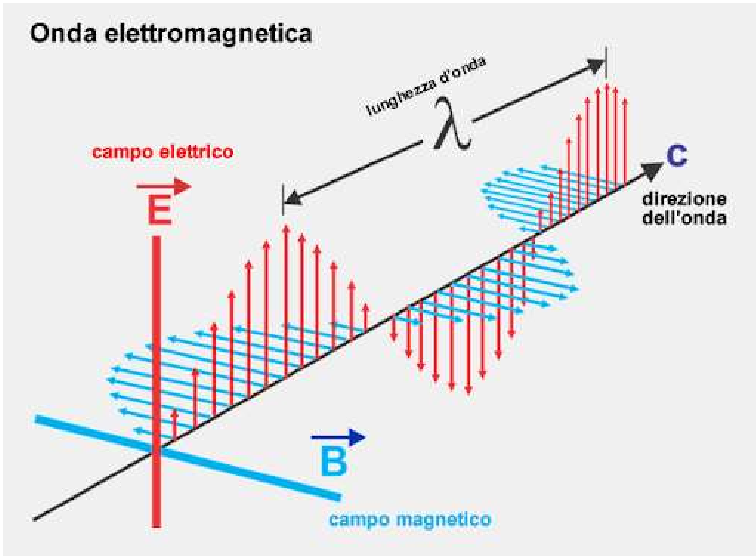
$$E\,(x,t) = E_0 \sin\left[2\,\pi\,\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

$$B\,(x,t) = B_0 \sin\left[2\,\pi\,\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$$

Nel vuoto la velocità di propagazione è:

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0\,\mu_0}}\ uguale\ per\ ogni\ \lambda$$

$\hat{n}$ (direzione di propagazione), $\vec{E}$, $\vec{B}$, costituiscono una terna ortogonale destrorsa. (onda elettromagnetica piana che si propaga).
E' facile vedere, inoltre, che $E_0 = c \cdot B_0$, sempre.



Polarizzazione

Si definisce polarizzazione della luce la direzione di oscillazione di $\vec{E}$:

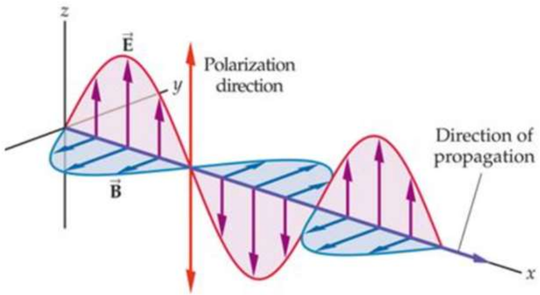
Polarizzazione lineare: le direzioni di oscillazione di campo elettrico e magnetico, sempre perpendicolari tra loro e alla direzione di propagazione, sono costanti.

Polarizzazione circolare: le direzioni perpendicolari di campo elettrico e magnetico ruotano con velocità angolare costante. (dx, sx, orario, antiorario)

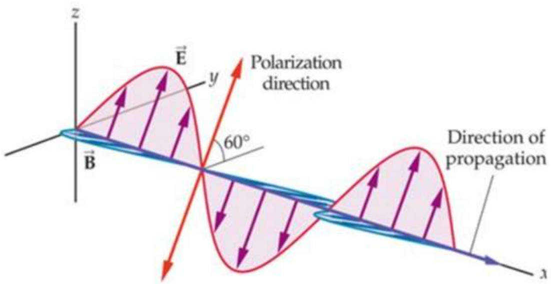
Polarizzazione ellittica: le frecce dei vettori campo elettrico e magnetico descrivono un ellisse in un periodo.

Luce non polarizzata: la sua polarizzazione è casuale.

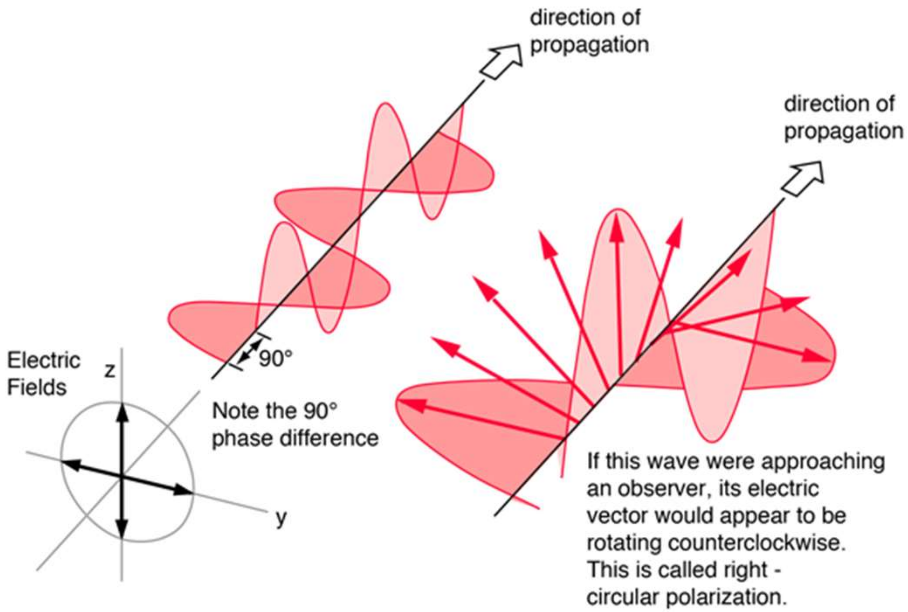
Polarizzatori: servono a cambiare la polarizzazione del campo elettromagnetico (tipicamente nella regione visibile dello spettro).



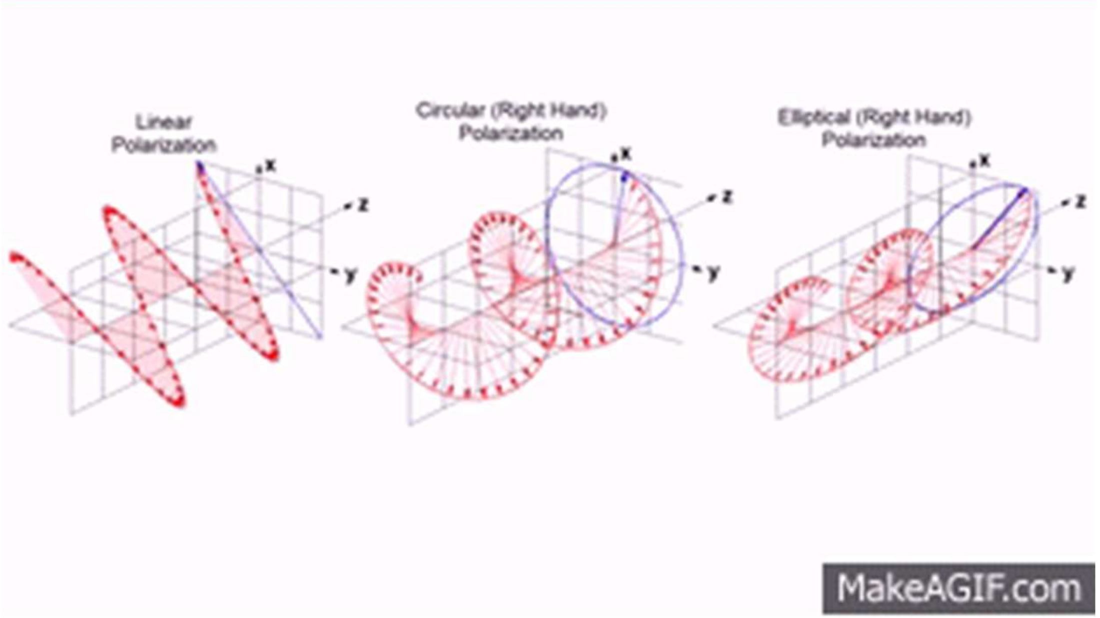
This wave **is polarized** in z -direction



This wave **is polarized** in a direction at an angle of 60° with y-axis



Polarizzazione ellittica – Onde non polarizzate



https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmakeagif.com%2Fgif%2Flinear-circular-and-elliptical-polarization-animation-in-a-single-shot-e7z_IM&psig=AOvVaw1IFxoQqI_QZca8nWEf90M-&ust=1608575062544000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOjy2YCY3e0CFQAAAAAdAAAAABAT

Onde non polarizzate