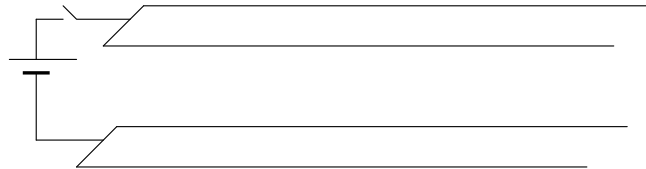


ONDE ELETTROMAGNETICHE

3

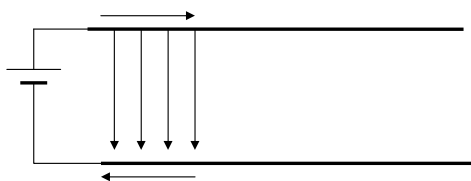
EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

- Due lunghe strisce metalliche, collegate ad un alimentatore:



EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

- Quando si chiude l'interruttore, le strisce si caricano progressivamente di segno opposto e lo spazio compreso tra le due, viene progressivamente occupato da un campo elettrico che avanza con una certa velocità:

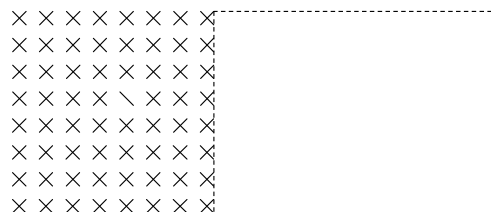


EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

- Poiché le strisce sono percorse da corrente, si crea anche un campo magnetico, uscente dal foglio:

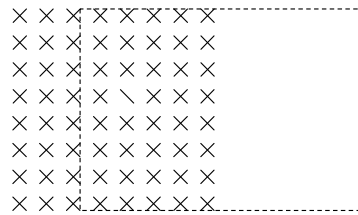


- Consideriamo ora un rettangolo (geometrico) parallelo alle piastre, quindi perpendicolare al campo elettrico :



EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

- Nella prima figura il campo elettrico lambisce il rettangolo; ma dopo un tempo Δt ne ha invaso una parte:



EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

Le crocette rappresentano i vettori del campo elettrico visto dall'alto

- La differenza consiste nel fatto che nel tempo Δt il campo elettrico è avanzato di un tratto $V \Delta t$. Il flusso del campo elettrico attraverso il rettangolo, in un tempo Δt , è aumentato di

$$\Delta\Phi = E(L V \Delta t)$$

- Per la legge di Maxwell possiamo allora asserire che

$$\text{circuit}(\vec{B}) = \varepsilon_0 \mu_0 \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

- Ovvero, che

$$\text{circuit}(\dot{B}) = \varepsilon_0 \mu_0 (L V)$$

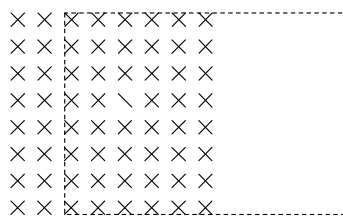
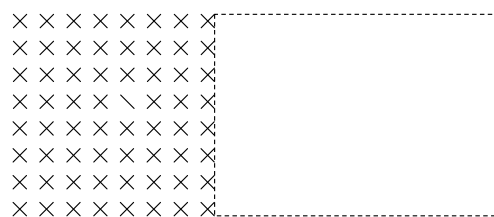
- dove la circuitazione di B è intesa lungo i lati del rettangolo. Poiché il campo magnetico è parallelo alle piastre e perpendicolare al foglio, il contributo alla sua circuitazione dei due lati paralleli al foglio è nullo. Per il lato di sinistra è BL ; per quello di destra è zero, perché qui il campo magnetico è nullo. Pertanto la legge di Maxwell produce

$$BL = \varepsilon_0 \mu_0 E (LV)$$

- Ovvero

$$B = \varepsilon_0 \mu_0 E V$$

- Ma la legge di Faraday- Neumann stabilisce che ad un campo magnetico che avanza è associato un campo elettrico. Si può rifare lo stesso discorso; solo con un rettangolo verticale, questa volta, che viene invaso da un campo magnetico.



EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

- La variazione di flusso nel tempo Δt attraverso il rettangolo è

$$\Delta\Phi(\dot{B}) = B(LV \Delta t)$$

- Ma per la legge di Faraday

$$\frac{\Delta \Phi(\overset{\text{r}}{B})}{\Delta t} = -\text{circuit}(\overset{\text{r}}{E})$$

- Che nel nostro caso
si riduce a

$$VB = -E$$

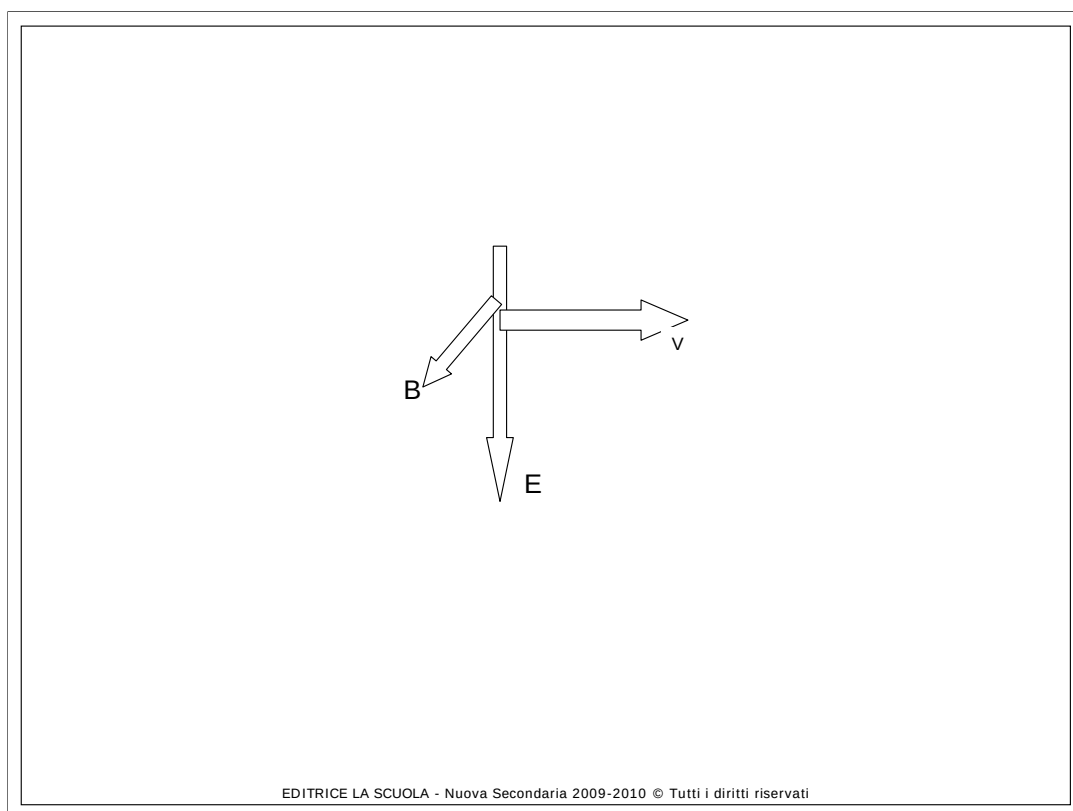
- Dal confronto risulta

$$\varepsilon_0 \mu_0 V^2 = 1$$

- Da cui, alla fine,

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

- che è un risultato fondamentale e sorprendente. Ci dice che il campo elettrico e il campo magnetico avanzano insieme nello spazio tra le due piastre, con una velocità che non dipende dalle caratteristiche fisiche dei due conduttori. Piuttosto, è una caratteristica dello spazio vuoto.



Il campo elettrico, il campo magnetico e la direzione di avanzamento formano una terna ortogonale.

- Se si inseriscono i valori

$$\varepsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Fm}$$

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \frac{\text{H}}{\text{m}}$$

- Si ricava per la velocità di propagazione dei campi il valore

$$V = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 3 \times 10^8 \frac{m}{s}$$

- Che coincide con la velocità della luce nel vuoto, solitamente indicata con il simbolo c .
- Dalle precedenti relazioni si ricava inoltre che i valori dei due campi non sono indipendenti, ma che

$$\frac{E}{B} = c$$

- Ad un campo elettrico E è associata un'energia per unità di volume

$$U_E = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2$$

- Ad un campo magnetico B è associata un'energia per unità di volume

$$U_B = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2$$

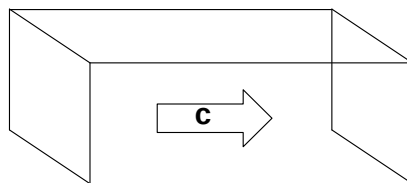
- Poiché $E=cB$, si ricava che

$$\begin{aligned} U_B &= \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} B^2 = \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} \left(\frac{E}{c} \right)^2 = \\ &= \frac{1}{2} \frac{1}{\mu_0} \frac{E^2}{c^2} = \frac{1}{2} \varepsilon_0 E^2 = U_E \end{aligned}$$

- L'energia è associata al campo elettrico è uguale all'energia associata al campo magnetico. In totale

$$U_E + U_B = \varepsilon_0 E^2 = \frac{1}{\mu_0} B^2$$

- Poiché l'onda avanza con velocità c , l'a potenza che cade su una superficie unitaria posta perpendicolarmente alla direzione di propagazione dell'onda sarà
- Quella contenuta in un prisma di base 1 m^2 e altezza $c \times 1\text{s}$:



EDITRICE LA SCUOLA - Nuova Secondaria 2009-2010 © Tutti i diritti riservati

- Pertanto,

$$\begin{aligned} S &= 2U_E \times c = 2U_B \times c = \\ &= \varepsilon_0 E^2 c = \frac{1}{\mu_0} B^2 c \end{aligned}$$

- La potenza che cade sull'unità di superficie disposta perpendicolarmente alla direzione di propagazione del campo elettromagnetico si chiama
- **VETTORE DI POYNTING**