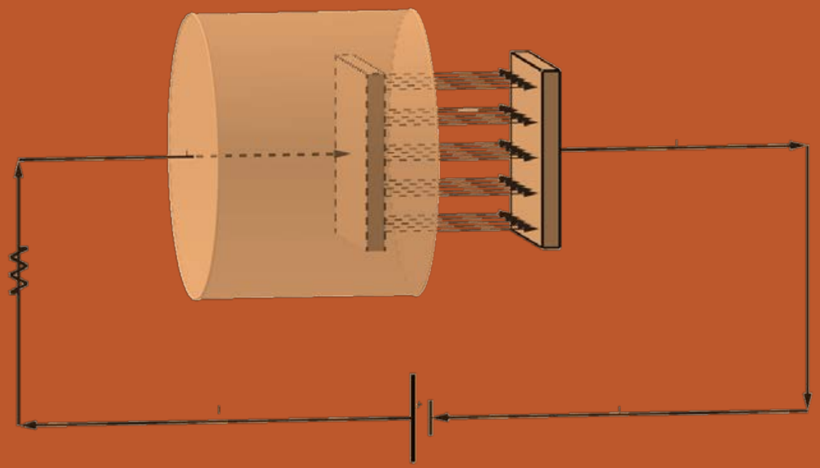
# Elettromagnetismo

Teorema di Ampère - Maxwell



In questo intervento si approfondisce, con il contributo di Geogebra, il teorema di Ampère rivisitato da Maxwell, in cui viene introdotta la corrente di spostamento che risulta equivalente alla corrente concatenata nei casi in cui una superficie gaussiana non viene attraversata da una corrente concatenata ma subisce la variazione di flusso di un campo elettrico, come nel caso in esame.

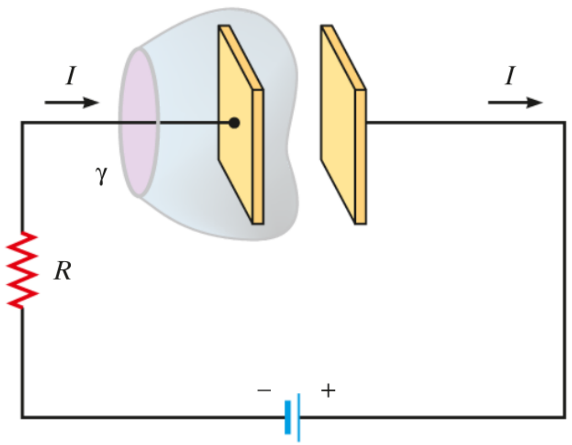
# Il teorema di Ampère generalizzato

Mosso da considerazioni di simmetria fra i campi, **Maxwell** suggerì che anche **una variazione di flusso del campo elettrico genera un campo magnetico**. Quindi le sorgenti di campo non sono solo le correnti elettriche ma anche le variazioni di flusso elettrico.

$$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0 \left( \sum_j I_j + \varepsilon_0 \frac{\Delta\Phi(\vec{E})}{\Delta t} \right)$$

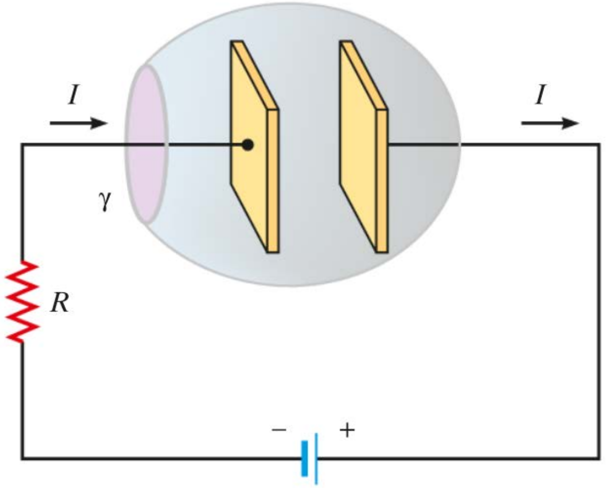
corrente di spostamento

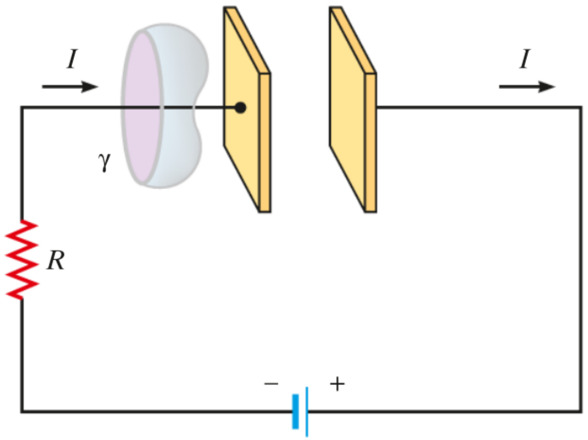
# La corrente di spostamento secondo Maxwell




$\Gamma_\gamma(\vec{B})$ =0
perché I non è concatenata alla curva γ

la circuitazione del campo magnetico lungo il bordo della curva γ è diversa da zero in quanto la corrente I e concatenata alla superficie
$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0 I$



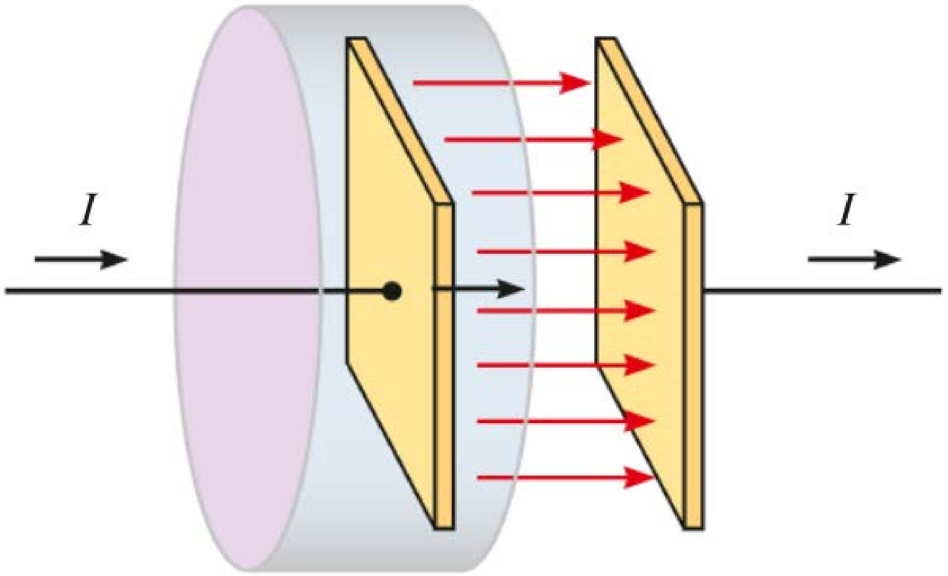



# Corrente di spostamento=corrente di conduzione

Il flusso del campo elettrico attraverso il cilindro è

$$\Phi_1(\vec{E}) = \frac{Q}{\varepsilon_0}$$

Dato che $I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$




la variazione di carica avviene nel tempo al variare di I

$$\Phi_2(\vec{E}) = \frac{Q + I\Delta t}{\varepsilon_0}$$

Quindi la variazione di flusso al variare nell'intervallo $\Delta t$ è

$$\Delta\Phi(\vec{E}) = \frac{I\Delta t}{\varepsilon_0}$$

Isolando I, si ha

$$\varepsilon_0 \frac{\Delta\Phi(\vec{E})}{\Delta t} = I$$

Questa nuova corrente viene definita di spostamento

# Teorema di Ampère- Maxwell

La corrente di spostamento all'interno del condensatore è quindi uguale alla corrente di conduzione che scorre nel circuito. Questo significa che la circuitazione del campo magnetico lungo una curva chiusa γ è la stessa indipendentemente dal tipo di corrente, di conduzione o di spostamento, concatenata a γ.

$$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0\left(\sum_j I_j + I_s\right)$$

# Circuito RC con Geogebra

Nel circuito consideriamo le seguenti semplificazioni:

$\sum_j I_j = I,$ dato che la corrente concatenata passa attraverso un solo filo

$I_s = \varepsilon_0 \frac{\Delta\Phi(\vec{E})}{\Delta t},$ rappresenta la corrente di spostamento determinata dalla variazione di flusso del campo $\vec{E}$ all'interno del condensatore nel tempo $\Delta t$.

$$\Gamma_\gamma(\vec{B}) = \mu_0(I + I_s)$$

All'esterno del condensatore il campo elettrico è nullo, mentre all'interno è uniforme e perpendicolare alle basi del cilindro. A rendere variabile il campo elettrico è la variazione di I nel tempo.

Quindi se il cilindro ha una base interna al condensatore la corrente concatenata è zero mentre la corrente di spostamento è diversa da zero.
Se il cilindro non interseca il condensatore o lo include tutto al suo interno la corrente concatenata che attraversa il cilindro è diversa da zero e la corrente di spostamento è nulla perché il campo elettrico all'esterno del condensatore è da ritenersi nullo.

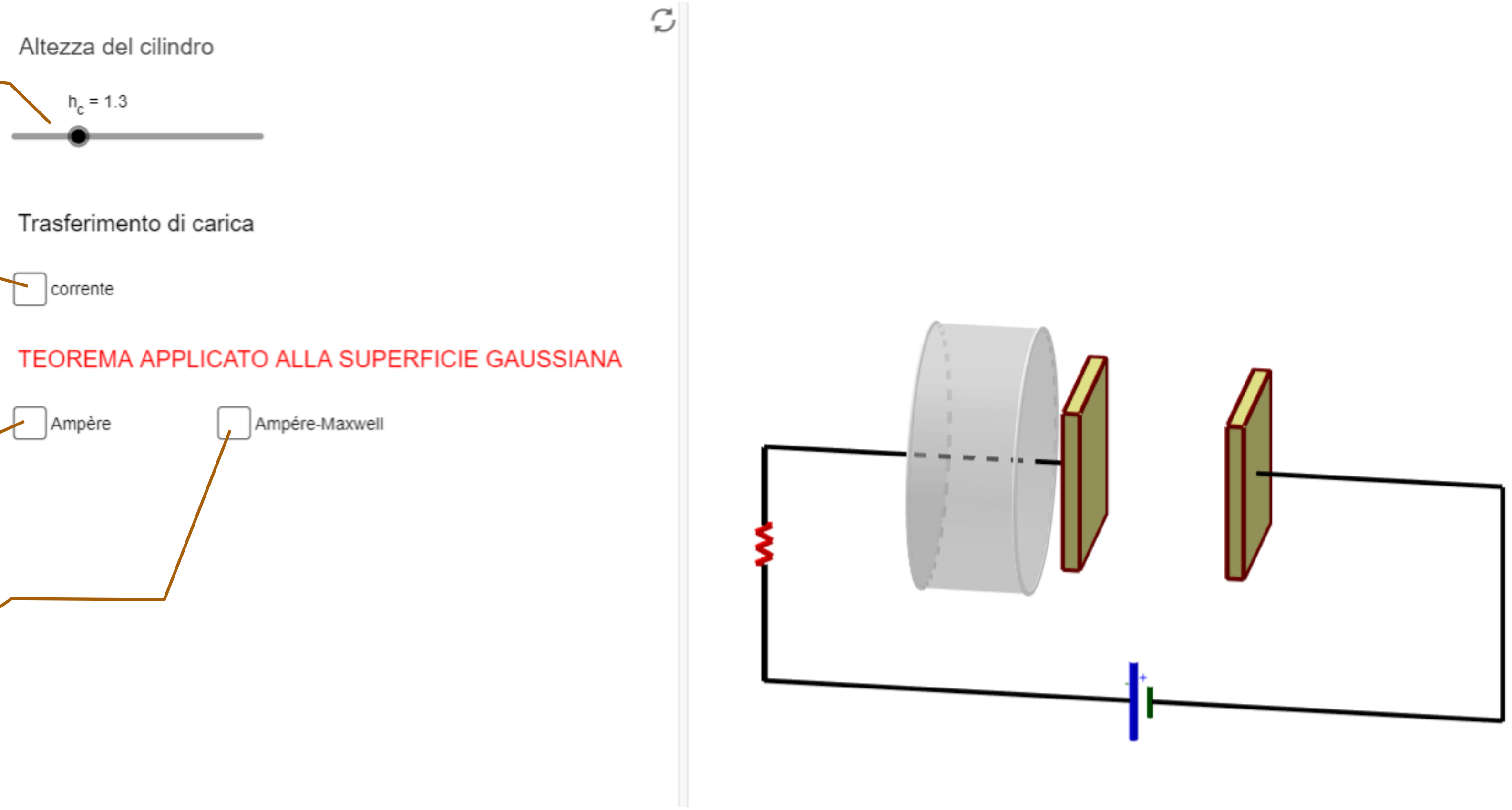
# Come usare l’oggetto Geogebra

Modifica la superficie gaussiana

Apre e chiude il circuito RC

Circuitazione secondo il Teorema di Ampère

Generalizzazione di Maxwell



# Come usare l’oggetto Geogebra

Situazione in cui il cilindro non è attraversato da correnti concatenate ma da corrente di spostamento dovuta alla variazione di flusso del campo elettrico

Altezza del cilindro

$h_c = 2.5$

Trasferimento di carica

☑ corrente

TEOREMA APPLICATO ALLA SUPERFICIE GAUSSIANA

☑ Ampère-Maxwell

Equazione generale

$$\Gamma_\gamma\left(\vec{B}\right) = \mu_0\left(\sum_n I_n + I_s\right)$$

$$I_s = \frac{\Delta\Phi\left(\vec{E}\right)}{\Delta t}\varepsilon_0$$ Corrente di spostamento

Nel circuito in esame vi è una corrente
di spostamento concatenata alla gaussiana,
da cui si deduce

$$\Gamma_\gamma\left(\vec{B}\right) = \mu_0\left(I + I_s\right)$$ Ovvero

$$\Gamma_\gamma\left(\vec{B}\right) = \mu_0 I_s \iff \textit{nessuna corrente concatenata}$$