FENOMENI ELETTROMAGNETICI DIPENDENTI DAL TEMPO

Indice degli argomenti

Quando una curva chiusa si dice concatenata con il circuito?

Si consideri un circuito con una geometria qualsiasi e una curva chiusa γ.

Prima definizione.

Si dice che la curva γ è concatenata con il filo se ogni superficie S di bordo γ interseca il filo; viceversa si dice che γ non è concatenata con il filo se esiste una superficie S di bordo γ che non interseca il filo.

Quando una curva chiusa si dice concatenata con il circuito?

Seconda definizione.

Si dice che la curva γ è concatenata con il filo se ogni deformazione continua che riduce la curva γ a un punto interseca il filo conduttore almeno una volta; viceversa si dice che γ non è concatenata con il filo se esiste una deformazione continua che riduce la curva γ a un punto senza mai intersecare il filo.

Esempio 2: La curva γ è concatenata con il circuito?

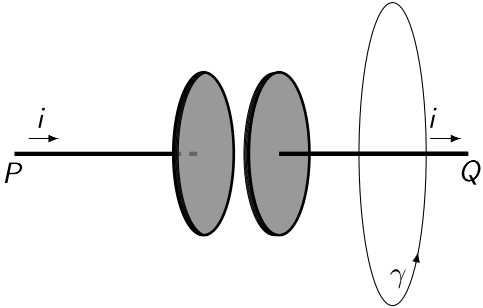
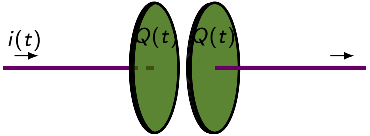


Figure: Circuito formato da un condensatore e da un generatore di corrente.

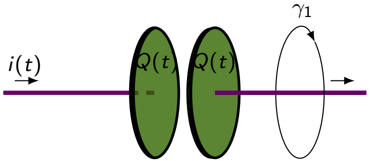
Risposta: NO!

Che cosa succede durante la fase di carica di un condensatore?



Carica e corrente variano nel tempo

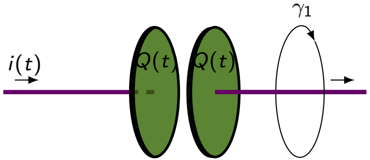
Inizialmente la carica $Q = Q(t)$ (su ogni armatura) è nulla mentre la corrente che scorre nel conduttore è massima. Con il trascorrere del tempo la carica cresce fino al raggiungimento di un certo valore massimo (che dipende dalla capacità del condensatore) e la corrente diminuisce fino ad annullarsi.



Secondo la legge di Ampere $\int_{\gamma_1} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = 0$ perché γ_1 non è concatenata con il circuito.

Tuttavia, all'istante t della fase di carica del condensatore, la corrente $i(t)$ è diversa da zero. Tale corrente causa, nelle immediate vicinanze del filo, un campo magnetico che, per questioni di simmetria, ha in ogni punto di γ_1 intensità costante, diciamo pari a B.

Qual è il problema? (Continuazione)



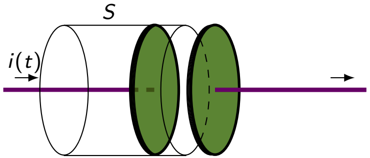
Si ottiene:

$$\int_{\gamma_1} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} = \int_{\gamma_1} B\, dl = B\, 2\pi r \neq 0$$

dove r è il raggio di γ_1.

C'è qualcosa che non va!

Come Maxwell risolve la contraddizione



Fra le armature del condensatore si crea un campo elettrico **E**.
Il flusso $\Phi(\mathbf{E})$ uscente dalla superficie (gaussiana) S rappresentata in figura è, per il teorema di Gauss:

$$\Phi(\mathbf{E}) = \frac{Q(t)}{\varepsilon_0} \quad \longrightarrow \quad Q(t) = \varepsilon_0 \Phi(\mathbf{E})$$

Come Maxwell risolve la contraddizione

Derivando rispetto al tempo si ottiene:

$$\frac{dQ(t)}{dt} = \varepsilon_0 \frac{d\Phi(\mathbf{E})}{dt}$$

Maxwell chiamò questa corrente, corrente di spostamento

$$i_s = \varepsilon_0 \frac{d\Phi(\mathbf{E})}{dt}$$

Al contrario della corrente di conduzione che scorre nel filo la corrente di spostamento non è un flusso di cariche, tuttavia ha le dimensioni di una corrente:

$\varepsilon_0 \dfrac{d\Phi(\mathbf{E})}{dt}$ si misura in Ampere

$$\left[\varepsilon_0 \frac{d\Phi(\mathbf{E})}{dt}\right] = \left[\frac{C^2}{N \cdot m^2}\ \frac{\frac{N}{C}\, m^2}{s}\right] = \left[\frac{C}{s}\right] = [A]$$

Corrente di conduzione e corrente di spostamento si possono sommare!

Quarta equazione di Maxwell

Maxwell modificò la legge di Ampere nel seguente modo:.

$$\begin{aligned}\int_{\gamma_1} \mathbf{B} \cdot d\mathbf{l} &= \mu_0 (i + i_s) \\ &= \mu_0 i + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi(\mathbf{E})}{dt}\end{aligned}$$