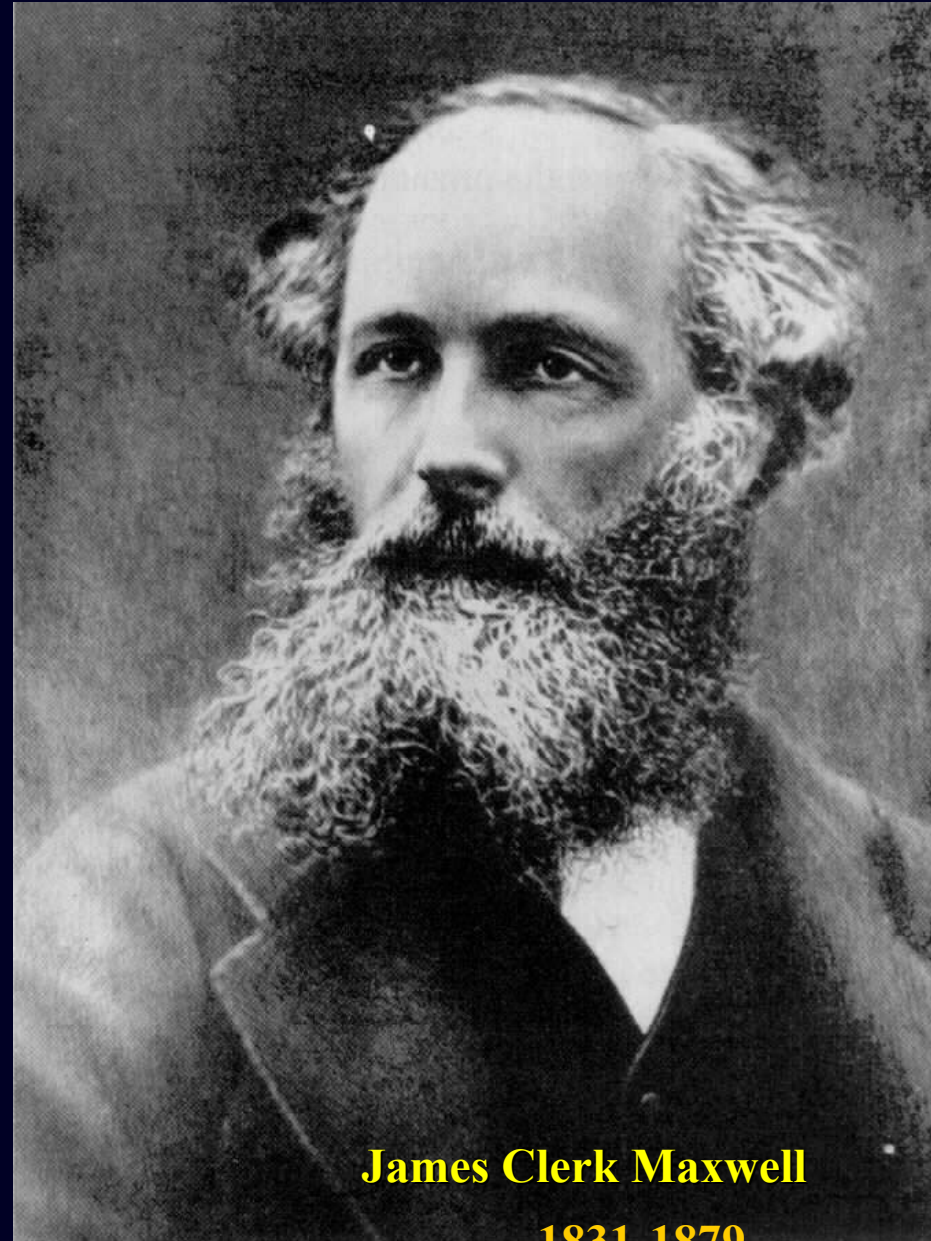


# Maxwellove jedinadźbe



**James Clerk Maxwell**

**1831-1879**

**1. Gaussov zakon za elektricitet**

**2. Gaussov zakon za magnetizam**

**3. Poopćeni Ampereov zakon**

**4. Faradayev zakon elektromagnetne indukcije**

# *Oerstedov pokus - Amperov zakon*

$$\int \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I$$

Magnetna indukcija nastala od struje I

Element krivulje integracije (Amperove petlje)

Magnetna permeabilnost vakuma (sredstva)

Ukupna struja kroz površinu omeđenu Ampereovom petljom

# *Poopćenje Amperova zakona- struja pomaka*

$$\int \vec{B} d\vec{l} = \mu_o (I + I_p)$$

Magnetna indukcija nastala od struje I

Element krivulje integracije (Amperove petlje)

Ukupna struja kroz površinu omeđenu Ampereovom petljom

**Struja pomaka**

# Što je struja pomaka ?

Opisuje li Ampereov zakon sve moguće slučajeve pojave magnetnog polja?

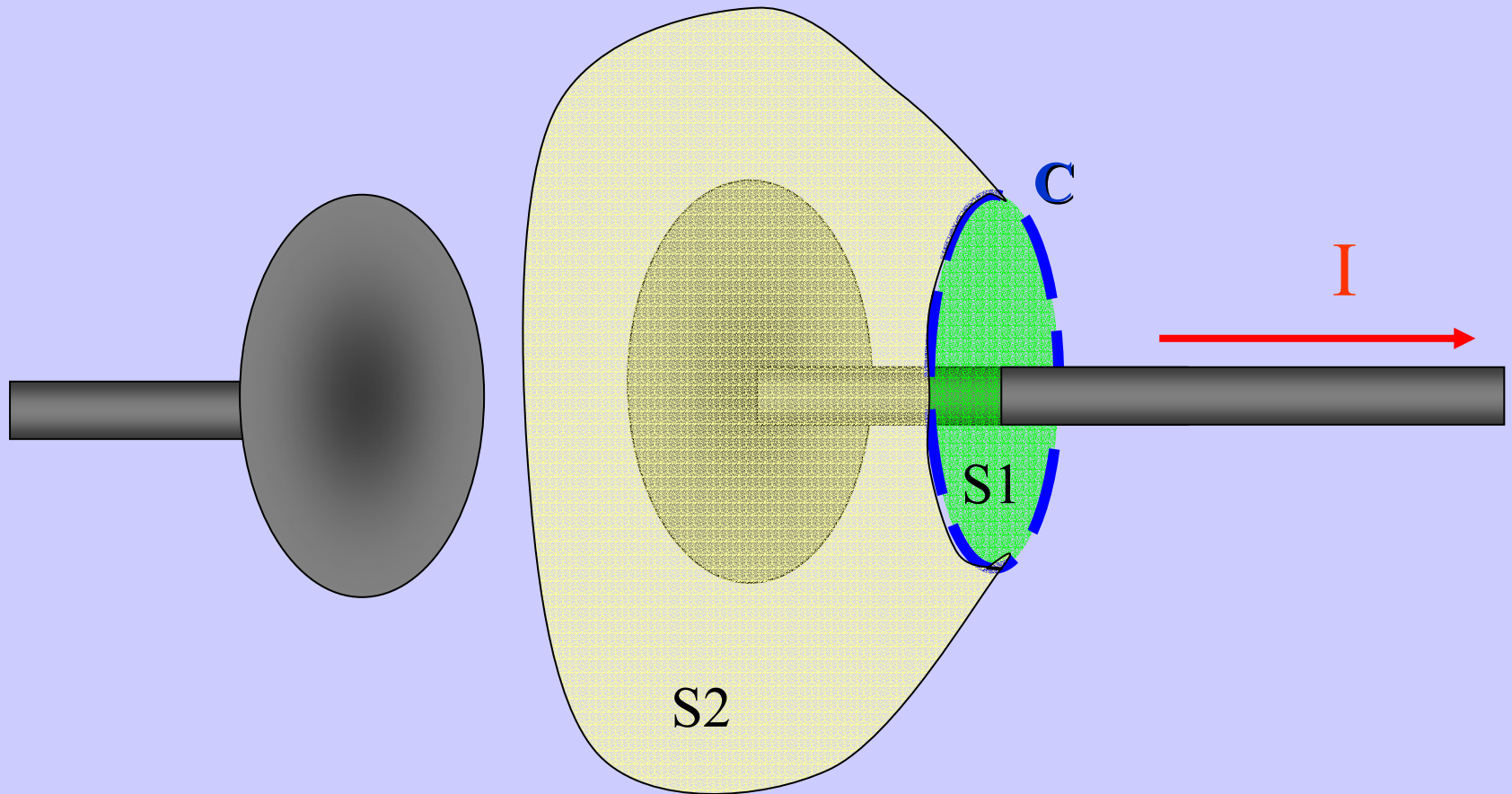
$$\int \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I$$

Ukupna struja  
kroz površinu  
omeđenu Ampereovom  
petljom

Maxwell : Ne, nego treba uključiti i slučaj promjenljivog električnog polja bez postojanja struje

$$I_p = \frac{d}{dt} (\epsilon_o \Phi_E)$$

Struja pomaka



**Promjenljivo električno polje bez postojanja struje ?**

# Poopćenje Amperova zakona

$$\int \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Magnetna indukcija nastala od struje I

Element krivulje integracije (Amperove petlje)

Ukupna struja kroz površinu omeđenu Ampereovom petljom

**Struja pomaka**

## Gaussov zakon za elektricitet

$$\epsilon_0 \int \vec{E} d\vec{S} = q$$

Naboj je uzrok električnog polja  
Silnice električnog naboja su otvorene krivulje.  
Istoimeni naboji se odbijaju, raznoimeni privlače.  
Naboj izoliranog vodiča smješten je na njegovoj površini.



### Gaussov zakon za magnetizam

$$\int \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Ne postoji magnetni monopol tj. razdvajanje polova magneta.  
Silnice magnetnog dipola su zatvorene krivulje.

## Generalizirani Ampereov zakon

$$\int \vec{B} d\vec{l} = \mu_0 I + \mu_0 \varepsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt}$$

Struja ili promjenljivo električno polje uzrokuju magnetno polje.

# Faradayev zakon elektromagnetne indukcije

$$\int \vec{E} d\vec{l} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Promjenljivo magnetno polje uzrokuje električno polje.

# Povezanost električnih i magnetnih pojava

**1. Naboj u gibanju uzrokuje pojavu magnetnog polja**

*Oerstedov pokus, Ampereov zakon*

**2. Kroz vodič u promjenljivom magnetnom polju  
poteče struja (naboj se počne gibati)**

*Faradayev zakon*

**3. Naboj koji se giba u magnetnom polju osjeća magnetnu silu**

*Lorenzova sila*

# ELEKTROMAGNETNI VALOVI

## PITANJE

Kako izračunati  $E$  i  $B$  ako naboj i struja koji ih uzrokuju nisu statični nego se mijenjaju?

## ODGOVOR

Koristeći statičke procedure npr. Coulombov, Biot-Savartov zakon

## PROBLEM

Taj postupak neće dati rješenje.

## PROBLEM

Taj postupak neće dati rješenje...jer

1. Informacija promjena uzroka (naboja, struje) se prenosi konačnom brzinom.

Polja se ne promijene istodobno.

Retardirano vrijeme

2. U točki mjerenja poremećaja bilježe se promijene  $E$  i  $B$ .  
Prema Maxwellovim jednadžbama to znači da se induciraju nova polja  $B_i$  i  $E_i$ .