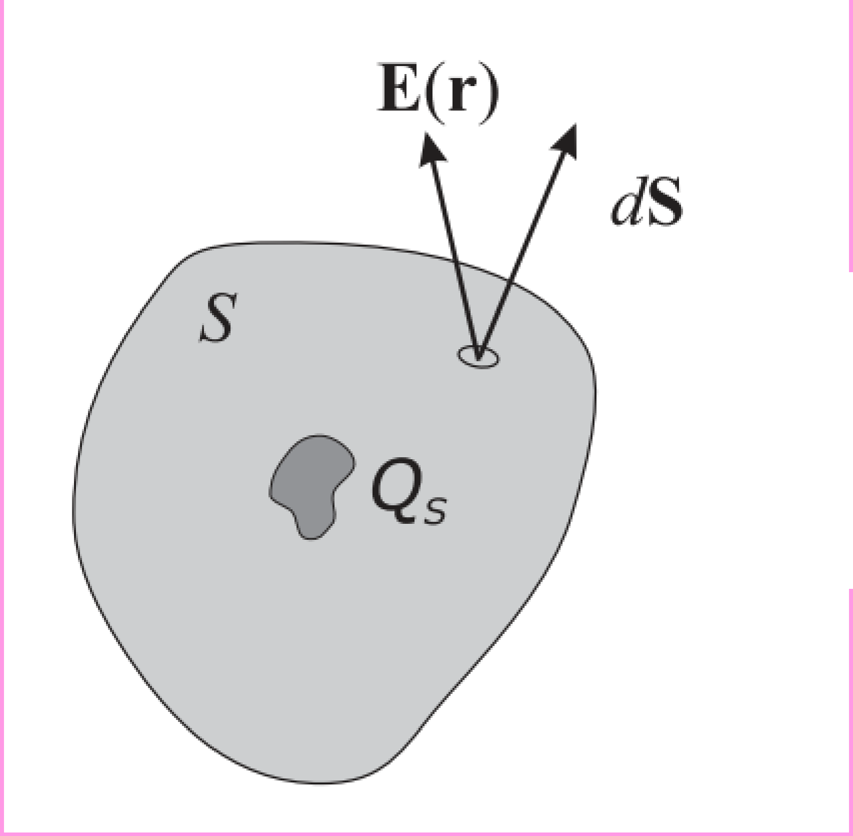
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO 2017

DUODECIMA
2da PARTE

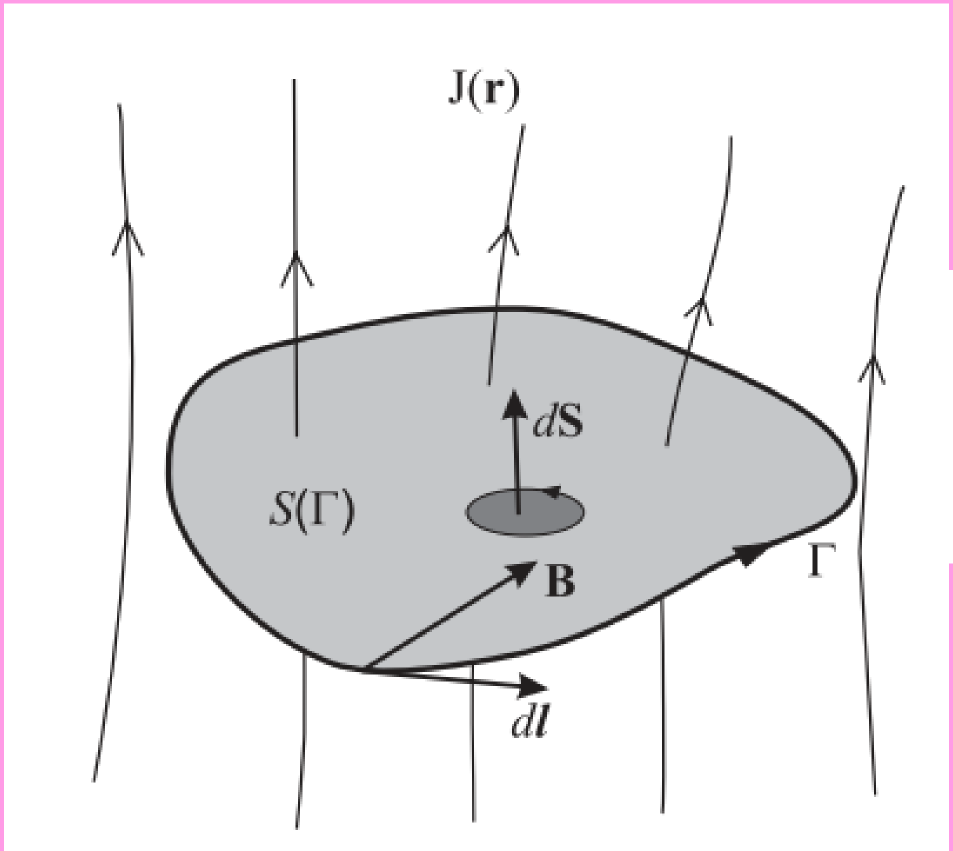
Visto hasta aquí.....

Ley de Gauss para el campo electrostático



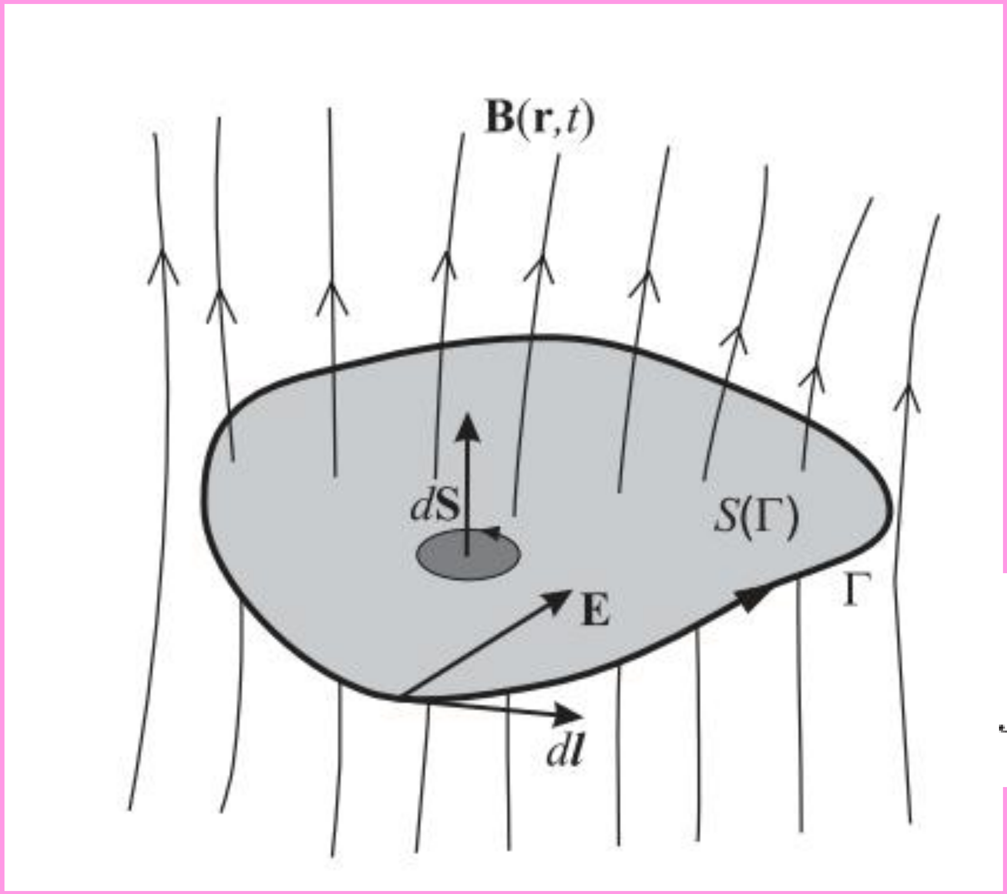
$$\oint_S \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = \frac{Q_S}{\varepsilon_0}$$

Ley de Ampere para el campo magnetostático



$$\oint_{\Gamma} \mathbf{B}(\mathbf{r}) \cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 \int_{S(\Gamma)} \mathbf{J}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} \, ,$$

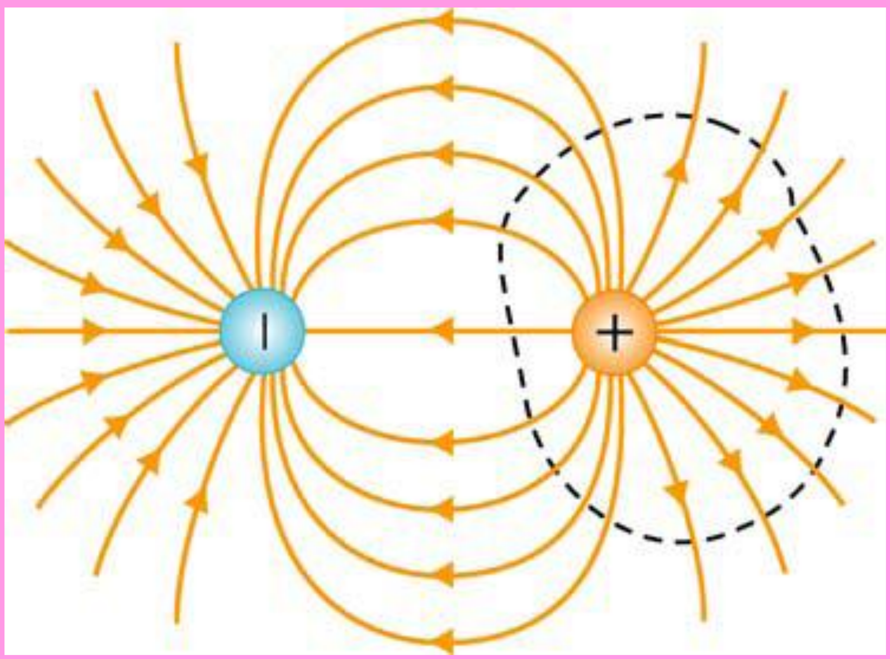
Ley de Faraday

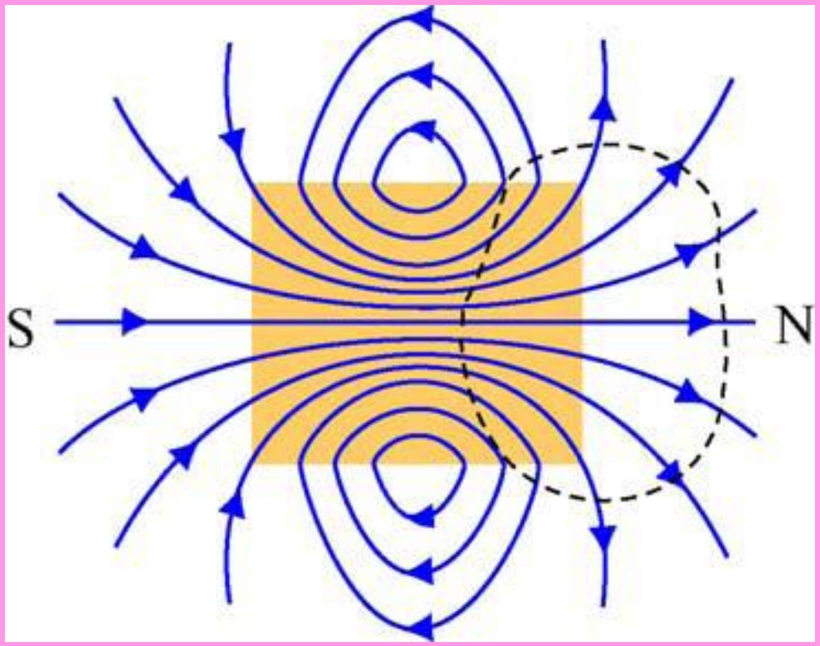


$$\mathscr{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt}\,.$$

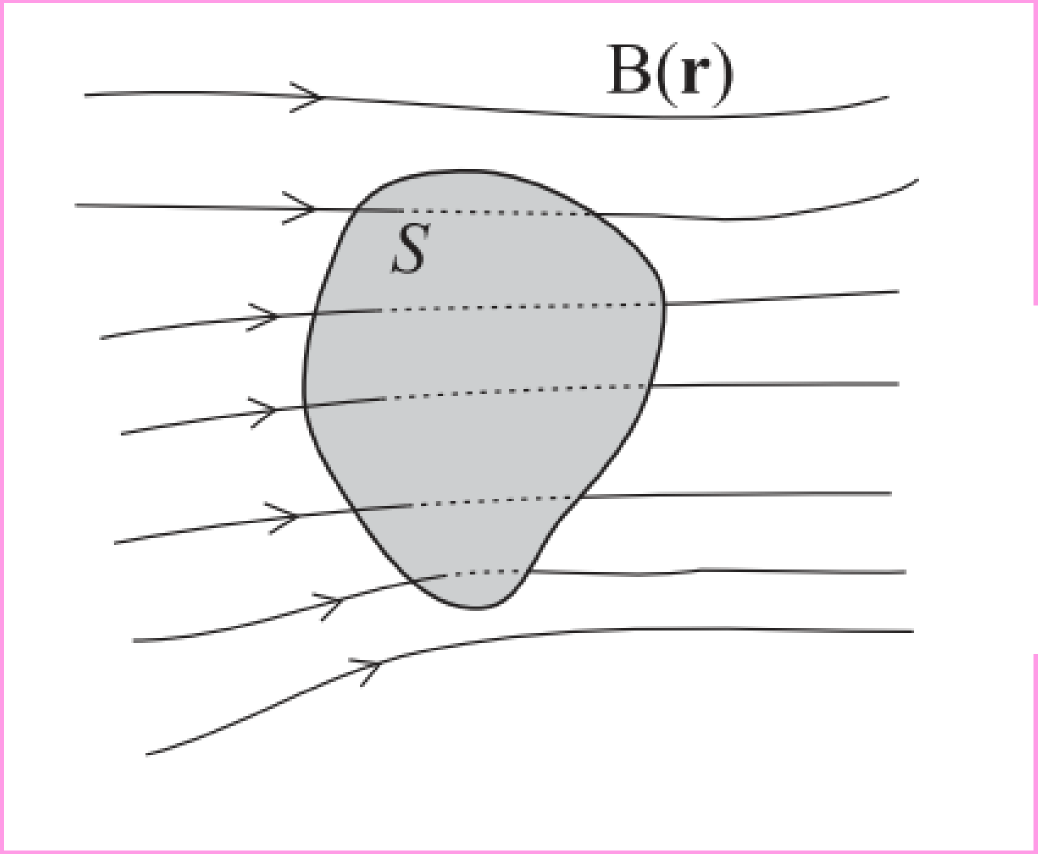
$$\oint_\Gamma \mathbf{E}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l} = -\frac{d}{dt}\int_{S(\Gamma)} \mathbf{B}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S}$$

Nos falta algo.......





Ley de Gauss para el campo magnetostático



$$\oint_S \mathbf{B}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = 0 \, .$$

Ley de Gauss para el campo electrostático

$$\oint_S \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = \frac{Q_S}{\varepsilon_0}$$

Ley de Gauss para el campo magnetostático

$$\oint_S \mathbf{B}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = 0 \,.$$

Ley de Ampere para el campo magnetostático

$$\oint_\Gamma \mathbf{B}(\mathbf{r}) \cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 \int_{S(\Gamma)} \mathbf{J}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} \,,$$

Ley de Faraday

$$\mathscr{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} \,.$$

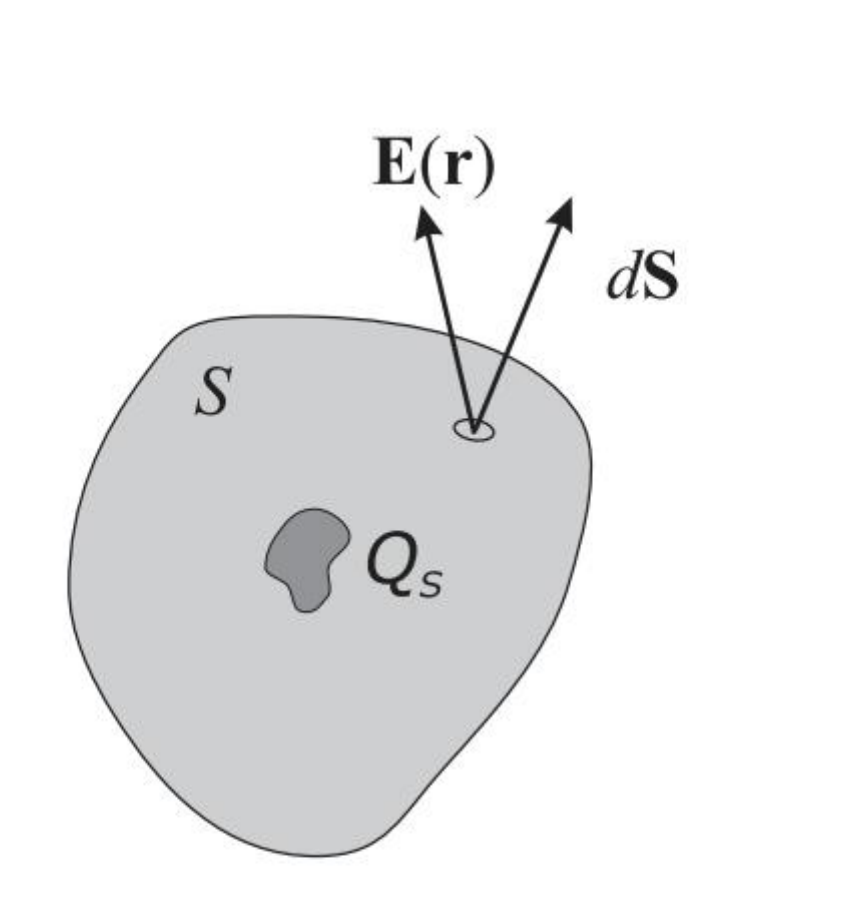
$$\oint_\Gamma \mathbf{E}(\mathbf{r},t) \cdot d\boldsymbol{l} = -\frac{d}{dt} \int_{S(\Gamma)} \mathbf{B}(\mathbf{r},t) \cdot d\mathbf{S}$$

James Clerk Maxwell (1831-1879) ***fue la primera persona que comprendió verdaderamente la naturaleza fundamental de la luz. También hizo contribuciones importantes a la termodinámica, la óptica, la astronomía y la fotografía en color.***
Albert Einstein describió los logros de Maxwell como "los más profundos y fructíferos que la física ha experimentado desde la época de Newton".

Entre los **Aportes de Maxwell**

Extendió las anteriores a campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo.

Ley de Gauss para el campo electrostático

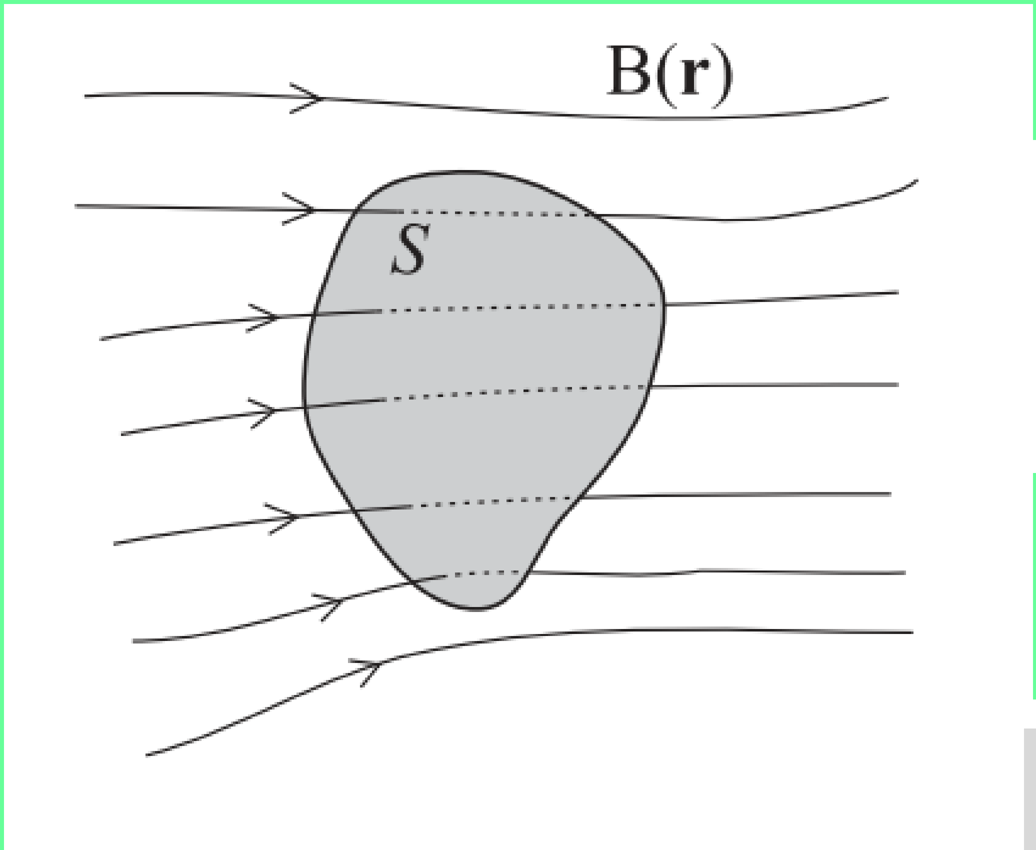


$$\oint_S \mathbf{E}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = \frac{Q_S}{\varepsilon_0}$$

$$\oint_S \mathbf{E}(\mathbf{r},t) \cdot d\mathbf{S} = \frac{Q_S(t)}{\varepsilon_0},$$

Ley de Gauss para el campo eléctrico

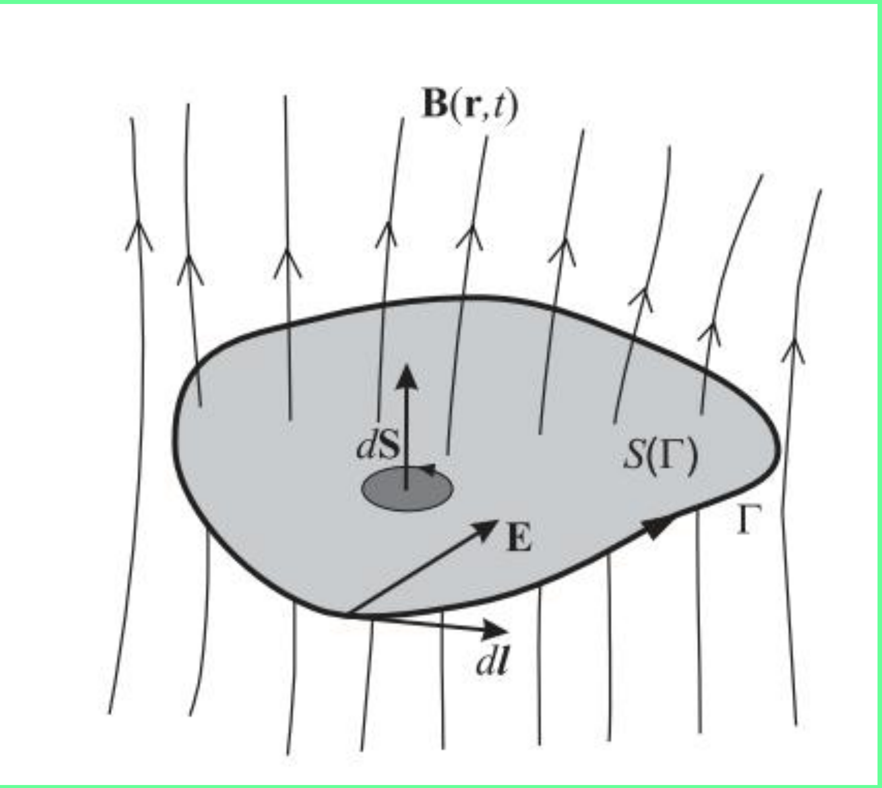
Ley de Gauss para el campo magnetostático



$$\oint_S \mathbf{B}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} = 0\,.$$

$$\oint_S \mathbf{B}(\mathbf{r},t) \cdot d\mathbf{S} = 0\,.$$

Ley de Gauss para el campo magnético



Ley de Faraday

$$\mathscr{E} = -\frac{d\Phi_m}{dt} \,.$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{E}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l} = -\frac{d}{dt}\int_{S(\Gamma)} \mathbf{B}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S}$$

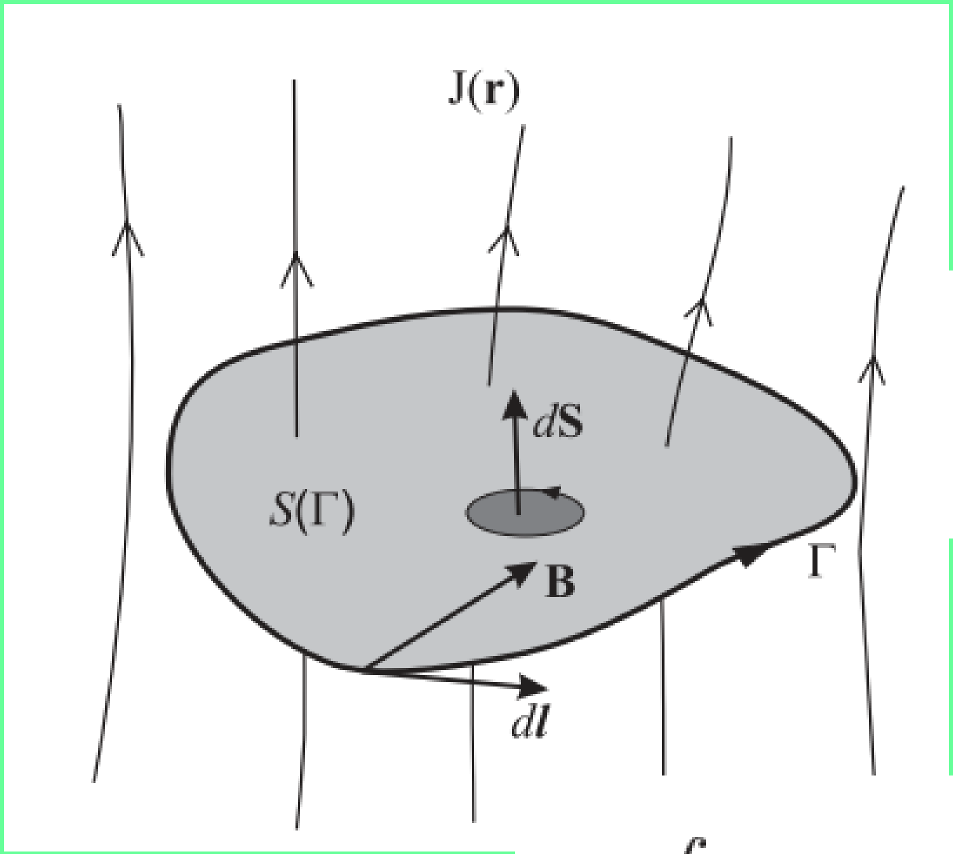
$$\oint_{\Gamma} \mathbf{E}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l} = -\int_{S(\Gamma)} \frac{\partial \mathbf{B}(\mathbf{r},t)}{\partial t}\cdot d\mathbf{S}$$

no hay nada que exija que la curva Γ deba coincidir con el recorrido del un circuito.

existe un campo eléctrico en cualquier punto del espacio donde exista un campo magnético variable en el tiempo.

Ley de Faraday-Maxwell

Ley de Ampere para el campo magnetostático

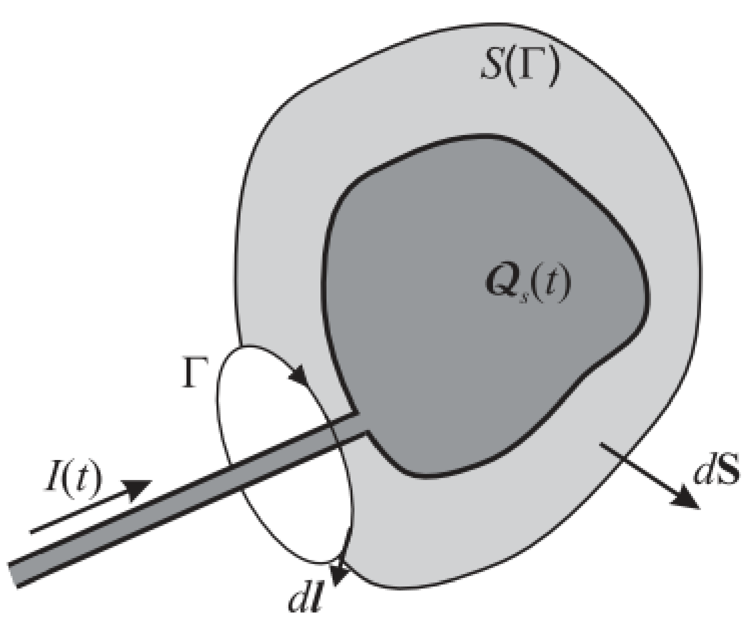


$$\oint_{\Gamma} \mathbf{B}(\mathbf{r}) \cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 \int_{S(\Gamma)} \mathbf{J}(\mathbf{r}) \cdot d\mathbf{S} \,,$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{B}(\mathbf{r},t) \cdot d\boldsymbol{l} \stackrel{?}{=} \mu_0 \int_{S(\Gamma)} \mathbf{J}(\mathbf{r},t) \cdot d\mathbf{S} \,.$$

Ley de Ampere-Maxwell

Analicemos carga de un conductor recorrido por una intensidad I(t)



$$\lim_{\Gamma\to 0}\oint_{\Gamma}\mathbf{B}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l}=0\ ,$$

puesto que B en Γ tiende a cero cuando Γ→ 0
recordar

$$\mathbf{B}(\mathbf{r})=\frac{\mu_0 I}{2\pi R^2}\,r\,\hat{\tau}\ .$$

Esto implicaría que .....

$$\lim_{\Gamma\to 0}\int_{S(\Gamma)}\mathbf{J}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S}=\oint_{S}\mathbf{J}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S}=0$$

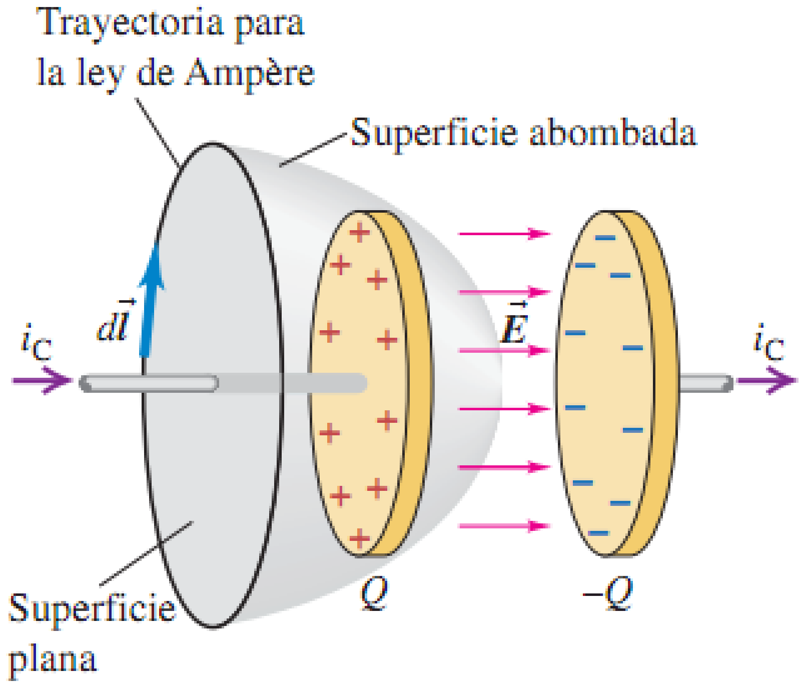
....algo sucede!!!!!

$$\oint_{S}\mathbf{J}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S}=-\frac{d}{dt}Q_S(t)\ ,$$

Ecuación de continuidad de carga

Ley de Ampere NO es válida para situaciones no estacionaria

29.22 Capacitor de placas paralelas en proceso de carga. La corriente de conducción a través de la superficie plana es i_C, pero no hay corriente de conducción a través de la superficie que se abomba para pasar entre las placas. Las dos superficies tienen una frontera común, por lo que esta diferencia en I_{enc} lleva a una contradicción aparente al aplicar la ley de Ampère.



Consideramos la expresión de la ley de Gauss

$$\oint_S \mathbf{J}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S} = -\frac{d}{dt}\left(\oint_S \varepsilon_0 \mathbf{E}(\mathbf{r},t)\cdot d\mathbf{S}\right)$$
$$= -\oint_S \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}(\mathbf{r},t)}{\partial t}\cdot d\mathbf{S}\,,$$

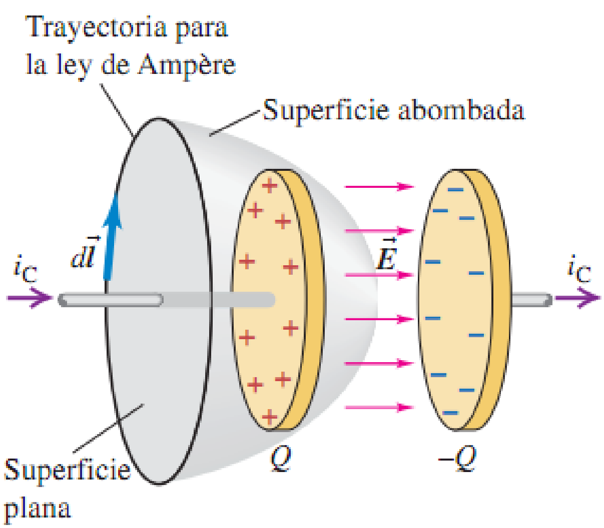
$$\oint_S \left[\mathbf{J}(\mathbf{r},t) + \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}(\mathbf{r},t)}{\partial t}\right]\cdot d\mathbf{S} = 0\,.$$

Reescribiendo la ley de Ampère

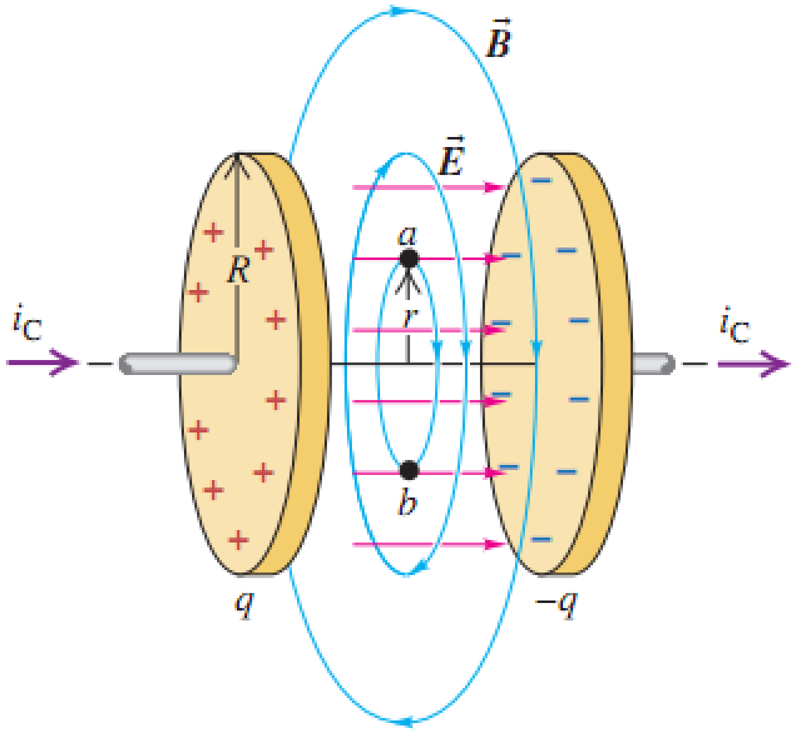
$$\oint_\Gamma \mathbf{B}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 \int_{S(\Gamma)} \left[\mathbf{J}(\mathbf{r},t) + \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}(\mathbf{r},t)}{\partial t}\right]\cdot d\mathbf{S}$$

Ley de Ampere - Maxwell

29.22 Capacitor de placas paralelas en proceso de carga. La corriente de conducción a través de la superficie plana es i_C, pero no hay corriente de conducción a través de la superficie que se abomba para pasar entre las placas. Las dos superficies tienen una frontera común, por lo que esta diferencia en I_{enc} lleva a una contradicción aparente al aplicar la ley de Ampère.



29.23 Un capacitor que se carga con una corriente i_C tiene una corriente de desplazamiento igual a i_C entre las placas, con una densidad de corriente de desplazamiento $j_D = \epsilon\, dE/dt$. Ésta se puede considerar como la fuente del campo magnético entre las placas.



Por lo tanto hay dos términos de corriente:

- **La densidad de corriente de conducción:** $\mathbf{J}$

La corriente que hasta ahora hemos estudiado y que podemos identificar con el **movimiento neto de las cargas eléctricas**.

- **La densidad de corriente de desplazamiento:**

$$\mathbf{J}_D = \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t},$$

un término de corriente que no está directamente relacionado con el movimiento de cargas (aunque puede ser consecuencia de ello) sino que debemos asociarlo exclusivamente a **las variaciones temporales del campo eléctrico**. La densidad de corriente de desplazamiento existirá en todos los puntos del espacio donde haya un campo eléctrico variable en el tiempo.

En el caso que no haya corriente de conducción

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{B}(\mathbf{r},t) \cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0 \varepsilon_0 \int_{S(\Gamma)} \frac{\partial \mathbf{E}(\mathbf{r},t)}{\partial t} \cdot d\mathbf{S} \ .$$

existe un campo magnético en cualquier punto del espacio donde exista un campo eléctrico variable en el tiempo.

OBSERVACION IMPORTANTE !!!

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{E}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l} = -\int_{S(\Gamma)} \frac{\partial \mathbf{B}(\mathbf{r},t)}{\partial t}\cdot d\mathbf{S}$$

$$\oint_{\Gamma} \mathbf{B}(\mathbf{r},t)\cdot d\boldsymbol{l} = \mu_0\varepsilon_0 \int_{S(\Gamma)} \frac{\partial \mathbf{E}(\mathbf{r},t)}{\partial t}\cdot d\mathbf{S}$$

los campos electromagnéticos se autosustentan: ellos mismos son su propia causa y efecto.

Este fenómeno es precisamente el origen de las

ondas electromagnéticas

...y la LUZ!!!

ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

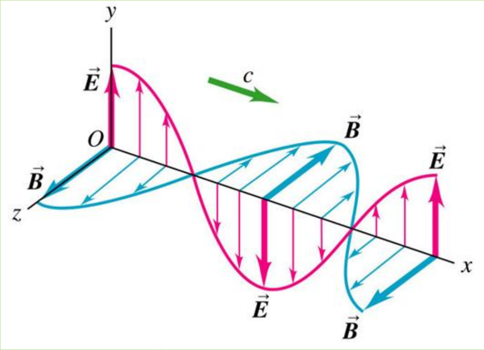
Electrostática
Cargas – Campo Eléctrico – Ley de Gauss
Potencial Eléctrico
Campo eléctrico en los conductores
Campos eléctricos en la materia

LEYES DE MAXWELL

Corrientes eléctricas - Circuitos

Campo magnético – Ley de Ampere
Ley de Gauss para el campo magnético
Campos magnéticos en la materia

Fuerza electromotriz inducida – Ley de Faraday
Circuitos de corriente alterna



ONDAS ELECTROMAGNETICAS

LUZ $\longrightarrow$ **OPTICA**

MUCHISIMAS GRACIAS!!!!!!!!