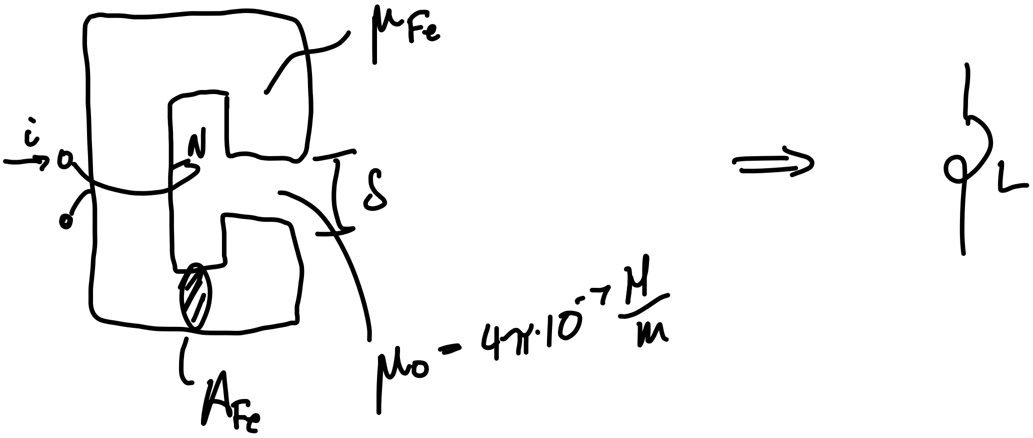
Lezione 18

Studiamo circuiti disegnati così:



Campi che ci interessano

B = campo di induzione magnetica
H = campo magnetico

} Sono due cose completamente diverse
↳ come i e v

$$\vec{B} = \mu \vec{H}$$

Non c'è carica magnetica, se H è la tensione

Siamo nel regime quasi-stazionario

Leggi di Maxwell integrate:

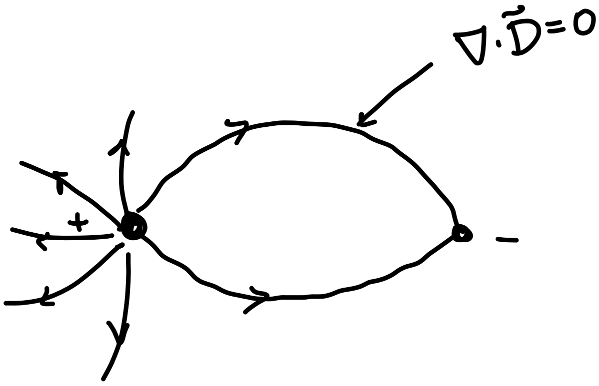
$$\underbrace{\vec{\nabla} \cdot \vec{H}}_{\text{rot } \vec{H}} = \underbrace{\vec{J}}_{\text{correnti}} + \cancel{\frac{\partial \vec{D}}{\partial t}}$$

→ sistema quasi-stazionario

↳ Campi magnetici sono derivati dalle correnti

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

div($\vec{B}$) ↳ Il campo di induzione non ha sorgente



$$\nabla\cdot\underbrace{\vec{D}}_{\varepsilon\vec{E}} = q_{libera}$$

carica

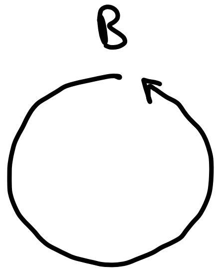
↳ campo elettrico diverge per le cariche

La carica indica quanto diverge

$\nabla\cdot\vec{B}=0$

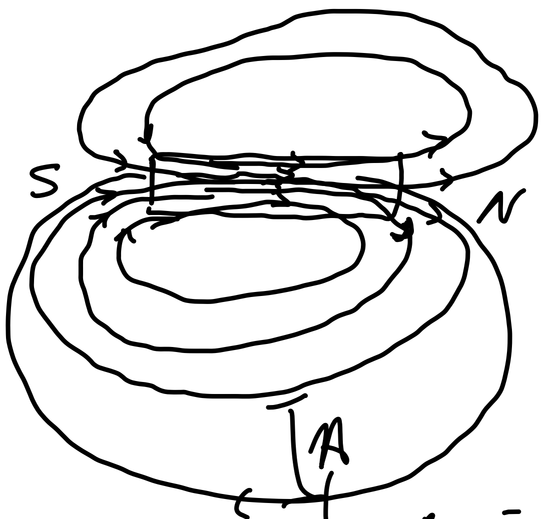
↳ indica che non esca da nessuna parte

⇒



⇒ non esistono campi magnetici monopolari

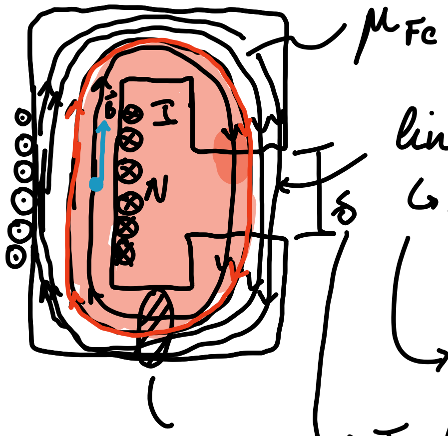
Se esiste un polo magnetico deve esistere un secondo



↳ Area è più grande per avere lo stesso flusso perchè $B \neq cost$ e $\varphi = cost$

Come fare il circuito:

Meno intenso è $\bar{B}$ più grande l'area deve essere



linee di flusso di induzione magnetica

↳ sempre tangenti a $\vec{B}$, lungo la linea

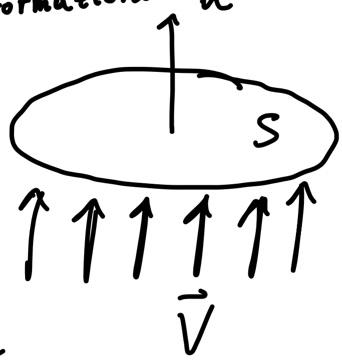
↳ $\vec{B} \neq$ costante

↳ è costante il flusso di $\vec{B}$

↳ Traferro → molto piccolo rispetto alla macchina

↳ → 0 deformazioni

Flusso di Vettore = $\int_S \vec{V} \cdot \vec{n} \, dS$

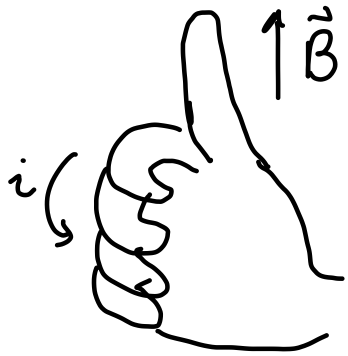


↳ Quanto del campo sta attraversando → volume di acqua attraverso una sezione

$$\varphi = \int_S \vec{B} \hat{n} \, dS = [Wb]$$

We

Flusso di induzione



Forme Integrali di Maxwell

Legge di Ampere

Flusso del rotore → rotore → quanto è vorticoso

→ quanti vortici passano per la superficie

$$\vec{\nabla} \times \vec{H} = \vec{J}$$

$$\underbrace{\int_S \vec{\nabla} \times \vec{H} \cdot \hat{n} \, dS}_{\text{Stokes}} = \int_S \vec{J} \cdot \hat{n} \, dS$$

densità di corrente

Se la superficie rossa

↳ $\oint_l \vec{H}\cdot\vec{t}\,dl = NI$

$\vec{t}$: tangente

l: ↳ linea dove passa

l'integrale attraverso la superficie da I_{tot} rosse

Cioè tutta la corrente che attraversa la superficie, che sono tutte le correnti dalle spire, guardando il grafico la corrente che attraversa la superficie è la corrente in ogni spira cioè NI, perché ogni spira ha I portante e ci sono N spire

se facessi i calcoli fuori dalla bobina sarebbe 0, ci sono vortici tra le bobine

$$\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu}$$

$$\oint_l \frac{\vec{B}}{\mu}\cdot\vec{t}\,dl = NI$$

$$\Rightarrow \boxed{\frac{B}{\mu_{Fe}}\cdot l_{Fe} + \frac{B}{\mu_0}\delta = NI}$$

$$= \boxed{\underbrace{H_{Fe}\,l_{Fe}}_{U_{Fe}} + \underbrace{H_0\,\delta}_{U_0} = \underbrace{NI}}$$

→ Legge della Circuitazione Magnetica / Legge di Kirchhoff delle Tensioni Magnetiche

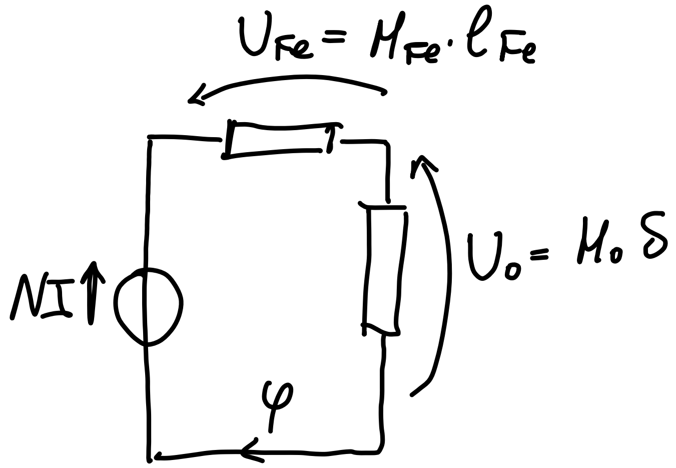
Le vere tensioni magnetiche

→ Forza Magneto Motrice

Campo · distanza = lavoro

↳ lavoro che può fare il campo magnetico

Si potrebbe scrivere:



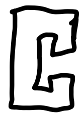
Potremo disegnare reti magnetiche

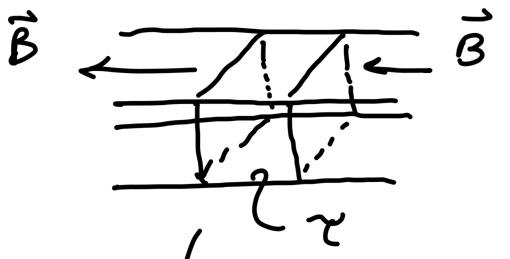
dove φ è il flusso

Forma Integrale di Gauss

$$\int_\tau \underbrace{\nabla \cdot \vec{B}}_{} = \int 0$$

Teorema della Divergenza

Pezzo di spazio in 



S superficie del cubo

$$\int_S \vec{B} \cdot n \, dS = 0$$

$\Rightarrow$ $\underbrace{\varphi_{TOT} = 0}_{}$ come $i_{TOT} = 0$

Qualsiasi sia la superficie

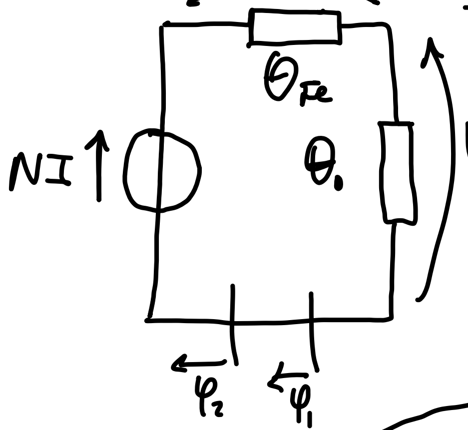
Come formula in legge di Kirchhoff

Sappiamo in 6 superfici $S_1, S_2, \dots, S_6$

$$\sum_{i=1}^{6} \int_{S_i} \vec{B}_i \cdot \vec{n}_i \, dS = 0$$

Sappiamo che $S_{3,4,5,6} \Rightarrow B = 0$

$$\underbrace{B_1 s_1}_{\varphi_1} + \underbrace{B_2 s_2}_{\varphi_2} = 0$$



$$U_{Fe} = \frac{B}{\mu_{Fe}} l_{Fe}$$

$$U_0 = \frac{B}{\mu_0} \delta$$

$$\varphi = B \cdot A_{Fe}$$

$$U_0 = \frac{B}{\mu_0} \cdot \delta \cdot \frac{A_{Fe}}{A_{Fe}} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\delta}{A_{Fe}} \varphi$$

$$U_{Fe} = \frac{B}{\mu_{Fe}} \cdot l_{Fe} \cdot \frac{A_{Fe}}{A_{Fe}} = \frac{1}{\mu_{Fe}} \cdot \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}} \cdot \varphi$$

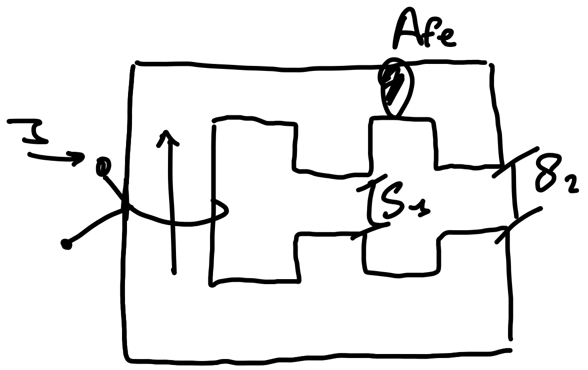
$$\boxed{U_{Fe} = \Theta_{Fe} \cdot \varphi}$$

$$\Theta_{Fe} = \frac{1}{\mu_{Fe}} \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}}$$

→ Riluttante al passaggio del campo magnetico

Riluttanza come $R = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{l}{A}$

Se prendiamo sistema come:



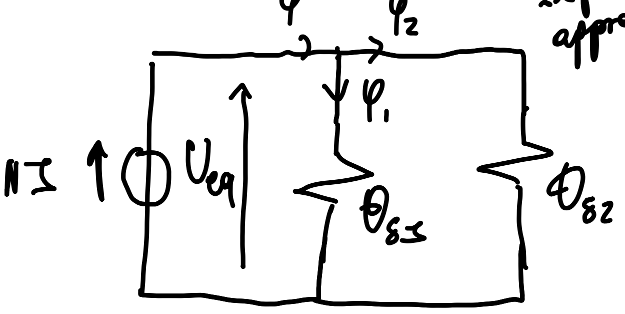
$$\Theta_{Fe} = \left(\frac{1}{\mu_{Fe}}\right) \frac{l_{Fe}}{A_{Fe}}, \qquad \frac{1}{\mu_{Fe}} = \frac{1}{10000\,\mu_0}$$

$\mu_{Fe} = \infty \Rightarrow \Theta = 0$

$\Rightarrow$ Tratteremo come cortocircuito

In prima approssimazione

La riluttanza del ferro è trascurata come i cavi nei circuiti perché è così bassa.



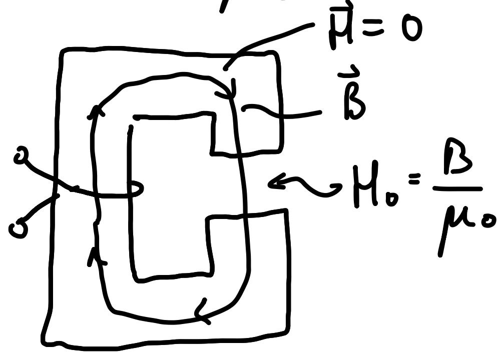
$$\Theta_{\delta 1} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\delta_1}{A_{Fe}} \qquad \Theta_{\delta 2} = \frac{1}{\mu_0} \cdot \frac{\delta_2}{A_{Fe}}$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$$

Ultima osservazione

Il fatto che consideriamo $\mu_{Fe} = \infty$

$$H_{Fe} = \frac{B}{\mu_{Fe} = \infty} = 0$$



Il campo di induzione esiste anche se il campo magnetico è 0.

Prendendo $\mu_{Fe} = \infty$, creiamo un campo di induzione senza campo magnetico,

$\Rightarrow$ come creare corrente senza tensione.