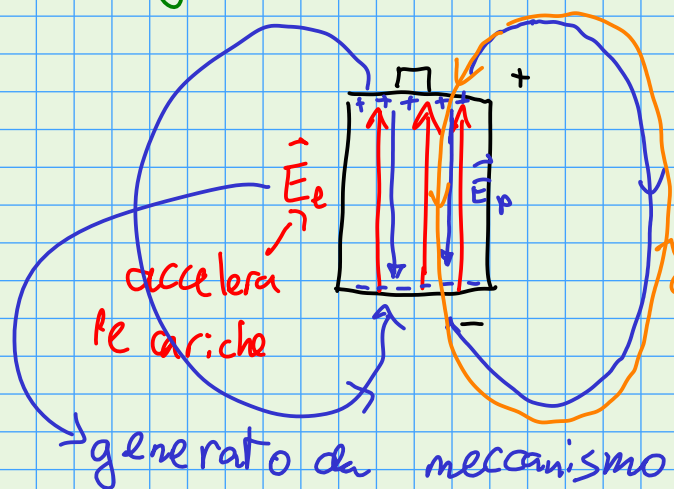


ELETTRODINAMICA

CAMPO ELETTROMOTORE

\vec{E}_e → dentro ai generatori crea un accumulo di cariche ai due poli del generatore & non è conservativo

CAMPO generato dalle cariche ai poli \vec{E}_p & conservativo



\vec{E}_p & campo gen da cariche

↑ circuitazione nulla su circuito chiuso C $\int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_p = 0$

→ generato da meccanismo esterno → ind. Faraday elettrochimico

$$\int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_e \neq 0$$

$$\vec{E}_{TOT} = \vec{E}_e + \vec{E}_p$$

se il generatore non è collegato

⇒ $\vec{E}_e = -\vec{E}_p$ & le cariche si accumulano finché $\vec{E}_{TOT} = \vec{E}_e + \vec{E}_p = 0$
equilibrio

Forza elettromotrice (fem) del generatore $\stackrel{\text{def}}{=}$ la circuitazione del campo elettrico del generatore

⇒ è una ddp & generat (def) crea una ddp

$$fem = \oint_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_{TOT}$$

C & circuito chiuso

$$f_{em} = \int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_{TOT} = \int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_e + \int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_p$$

" $\vec{E}_e + \vec{E}_p$ "

Circuit C \vec{E}_p conservativo

$$= \int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_e + \int_C d\vec{r} \cdot \vec{E}_e = V$$

Polo posit Polo neg Parte esterna

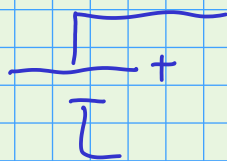
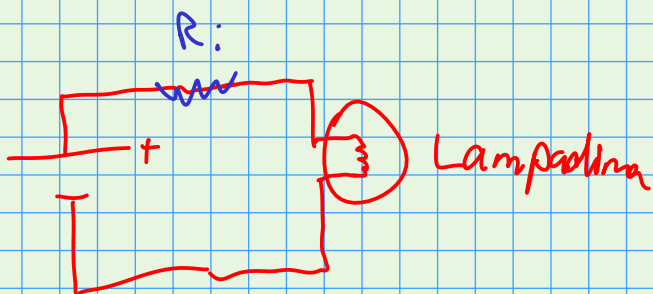
$\vec{E}_e = 0$ fuori dal generatore

V ddp del generatore

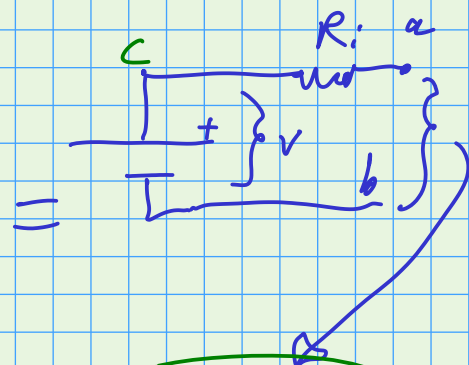
ddp "a circuito aperto"

↑ il circuito elettrico non è chiuso
(non il circuito C)

resistenza interna



↑ gen reale



$$V(a) - V(b) = V - IR$$

ddp reale non è la ddp a circuito aperto

$$V(a) - V(b) = V(c) - V(b) + V(a) - V(c)$$

caduta di tensione sulla R_i

" IR_i " ← legge di Ohm

ddp di un generatore

collegato a un circuito

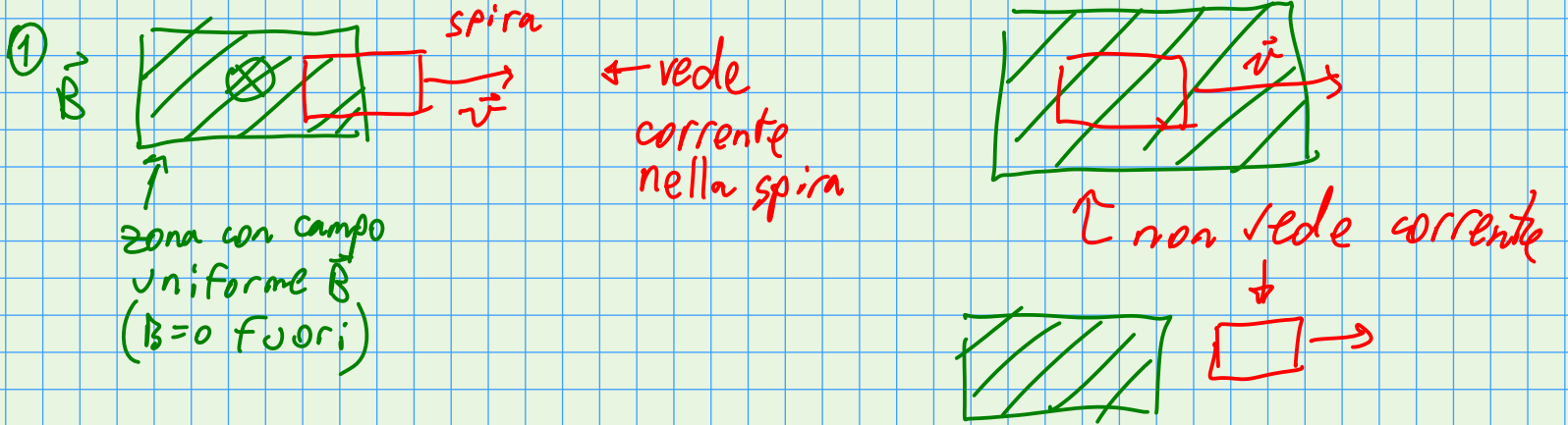
è la "ddp a circuito aperto" → $V(c) - V(b) = V_a$
MENO la caduta di tensione IR_i

un buon generatore ha piccola $R: \sim 0$

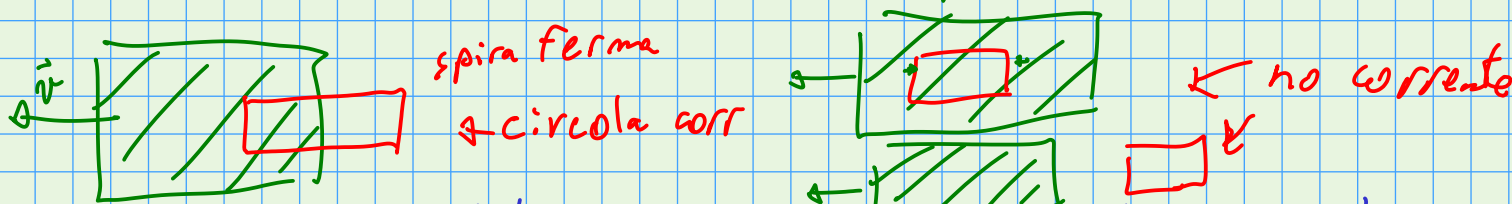
LEGGE di INDUZIONE di FARADAY

↳ principio fisico → dato sperimentale

Faraday fa tre esperimenti:

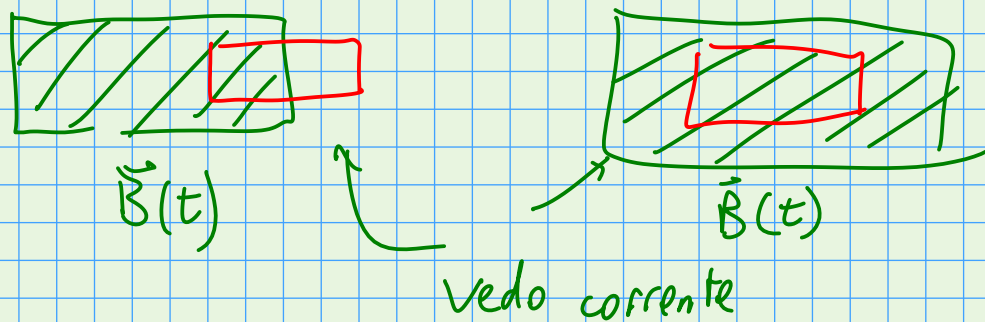


② tiene la spira ferma e muove il campo



per principio di relatività galileiana mi aspetto che conti solo il moto relativo → e' così

③ Tiene ferma la spira e il campo e cambia l'intensità



induzione → prin fisico generale dai casi particolari

$$F = \int_S d^2r \vec{n} \cdot \vec{B}$$

↳ il cambiam del flusso è responsabile della corrente

\vec{n} di spilli che attraversano la spira

$$\text{fem} = \int_{C=\partial S} d\vec{r} \cdot \vec{E}_{\text{rot}} = -k \frac{d}{dt} \int_S d^2r \vec{n} \cdot \vec{B}$$

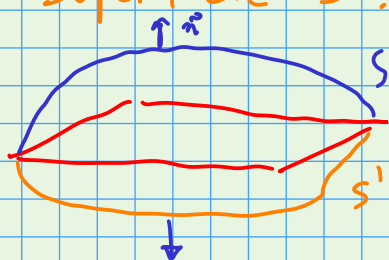
↑
cost di proporzionalità

legge di induzione di Faraday → principio Fizio

legge di Lenz: corrente indotta ha segno opposto
 alla corrente che produce il
 campo magnetico

↑
legge sperimentale

quale superficie S? → VS t.c. C=∂S va bene



$$\int_S d^2r \vec{n} \cdot \vec{B} = \int_{S'} d^2r \vec{n} \cdot \vec{B}$$

↑
t. Gauss

$$\int_{S \cup S'} d^2r \vec{n} \cdot \vec{B} \stackrel{=0 \text{ 3° eq Maxwell}}{=} \int_V d^3r \nabla \cdot \vec{B} = 0$$

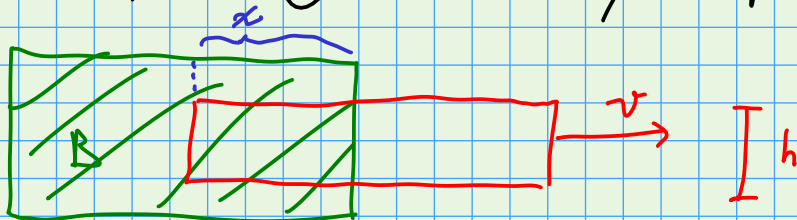
∂V = S ∪ S'

$$\boxed{\nabla \cdot \vec{B} = 0} \quad \text{in magnetostatica}$$

vale anche in elettrodinamica → $\nabla \cdot \vec{B} = 0$ vuol dire che non
 esistono cariche magnetiche, non ∃ in regime statico ⇒ non ∃
 neanche in regime dinamico

$$\text{fem} = \int_{C=\partial S} d\vec{r} \cdot \vec{E} = -k \frac{d}{dt} \int_S d^2r \vec{n} \cdot \vec{B}$$

→ MKS
 k=1 per consistenza con la forza di Lorentz
 perché l'esperim ① di Faraday si può spiegare con forza Lorentz



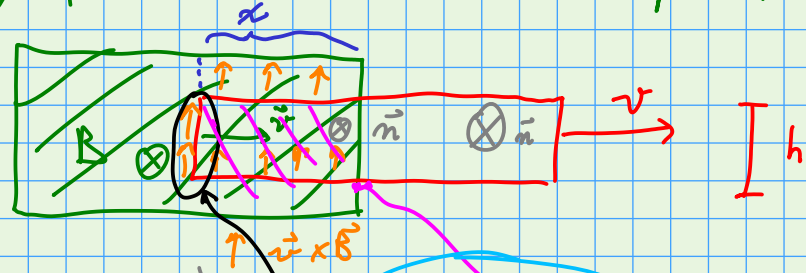
dentro la spira ho cariche (gli elettroni di conduzione) che si muovono in un campo magnetico $\Rightarrow q = -e$

$$\vec{F} = q \vec{v} \times \vec{B} \quad \text{se una carica sente una forza} \Rightarrow \text{uso}$$

la def di campo el ($\vec{F} = q\vec{E}$) per introdurre un campo el

$$\vec{E}_e \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\vec{F}}{q} = \vec{v} \times \vec{B}$$

↑ campo elettromotore



$$\text{fem} = \int_{\mathcal{C}} d\vec{n} \cdot \vec{E}_e = \int_{\mathcal{C}} d\vec{n} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = h B v$$

↑ $\int_{\mathcal{C}}$ L'adi (el) infinitesimo del circuito
tranne

$$-k \frac{d}{dt} \int_S d\vec{n} \cdot \vec{B} = -k \frac{d}{dt} (B h x) =$$

la area della sup S dove $B \neq 0$

$$= -k B h \frac{dx}{dt} = k B h v$$

$\frac{dx}{dt} \approx$ diminuisce se t aumenta
 $= -v$

$$\Rightarrow k = 1$$

questo non vuol dire che gli esperm di Faraday si possono spiegare con forza Lorentz (solo ① si può) in ② e ③ non c'è campo el e le cariche sono ferme $\Rightarrow \vec{F}_e = 0$

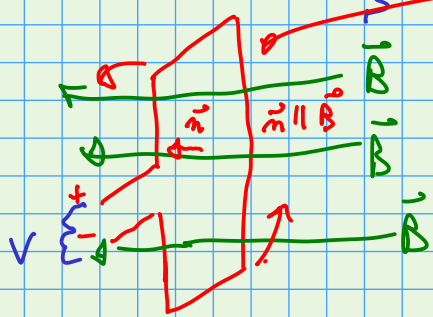
STRANO \rightarrow ① e ② sono equivalenti grazie al principio di relatività

in eldinamica pre-Einstein questa equivalenza era un dato sperimentale

in eld relativistica un boost di un campo magnetico fa apparire un campo \Rightarrow si spiega l'equivalenza ①=② con prin di relatività

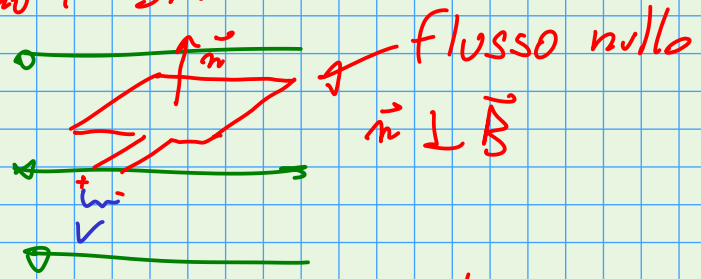
Dinamo (alternatore) \rightarrow applicazione del prin di induz

$$\text{fem} = - \frac{d}{dt} \int_S d^2z \vec{n} \cdot \vec{B}$$



Flusso massimo $f = BA$

Campo
uniforme
e stazionario



Flusso nullo
 $\vec{n} \perp \vec{B}$

mentre ruota

Flusso

$$f = BA \sin(\omega t)$$

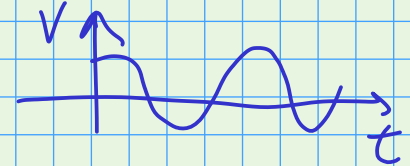
Frequenza angolare:

il n di radianti
al secondo
della rotazione

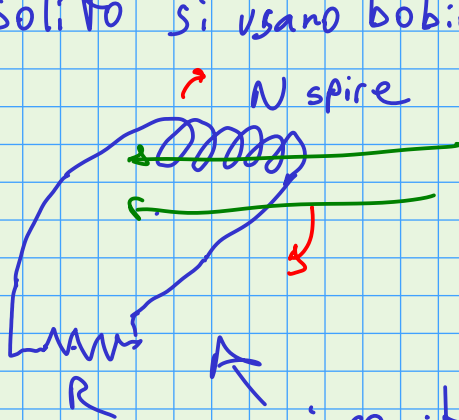
Faraday

$$\text{fem} = V = - \frac{df}{dt} = -AB\omega \cos \omega t$$

generatore di corrente alternata



di solito si usano bobine



\rightarrow il flusso diventa Nf

Flusso di
una spira

inserite il Phon nella spira

$$\Rightarrow I = \frac{V}{R} = - \frac{NAB\omega}{R} \cos(\omega t)$$

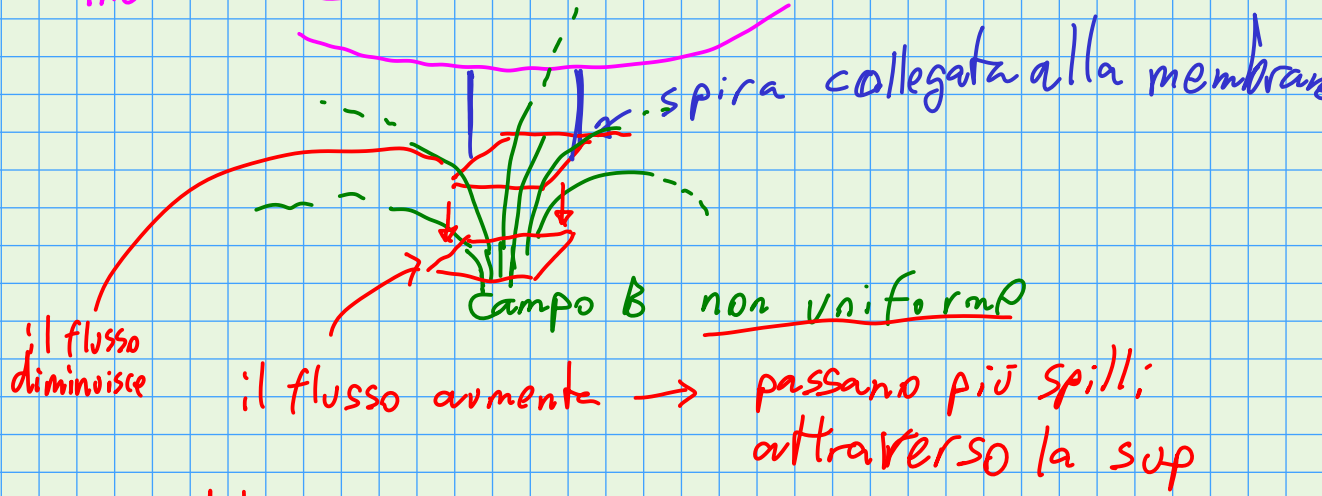
R_I della dinamo \rightarrow e la resistenza dei cavi elettrici

delle spire

dinamo può essere usata come motore elettrico e viceversa → non vuol dire vuole dinamo = motore

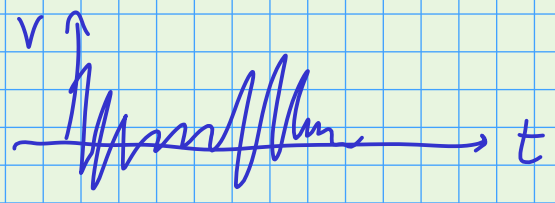
MICROFONO: convertire onde sonore in corrente alternata

membrana: vibra all'arrivo di onde sonore



alla vibrazione della spira corrisponde una variaz di flusso

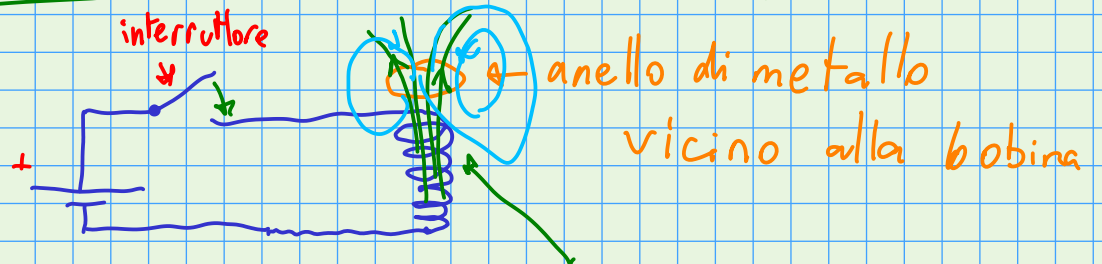
⇒ una variaz della fem (ddp)
↑ Faraday



microfono è stesso oggetto dell'altoparlante
principio di funzionam è diverso:

microfono traduce onde sonore in ddp oscillante
altoparlante traduce ddp oscillante in onde sonore

L'ANELLO che SALTA: applicaz di legge di Lenz



chiudendo l'interruttore improvvisamente si genera un campo molto forte \Rightarrow flusso che varia rapidamente nell'anello \Rightarrow una corrente generata nell'anello

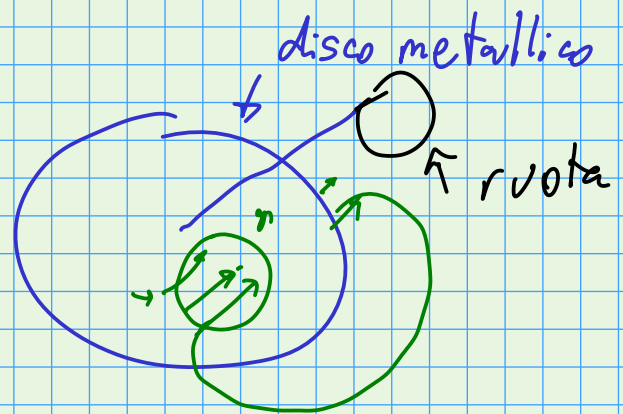
\uparrow Faraday

\uparrow ha verso opposto (Lenz) rispetto alla corrente che circola nella bobina

\Rightarrow campo B creato dall'anello (per Biot-Savart) \vec{B} è opposto al campo della bobina

l'anello salta

Freno a correnti parassite



per frenare si accende un campo $B \perp$ al disco

c'è una variaz di flusso attraverso le porzioni di disco che entrano nel campo \Rightarrow nel disco si crea una corrente (corrente parassita)

\uparrow legge di Lenz: genera un campo OPPOSTO al campo esterno \Rightarrow effetto frenante