

$\vec{j} = \sigma \vec{E}$ $\sigma = \frac{Ne^2 \tau}{m_e}$ per i metalli, vale anche nei semiconduttori
 $\vec{j}$ e $\vec{E}$ sempre concordi
 densità di corrente

$\vec{j} = Nq \vec{v}_{ol}$ $\frac{A}{m^2}$
 $\vec{j}(x) = \sigma \vec{E}(x)$

Se vogliamo calcolare la quantità di corrente per unità di tempo c'è la corrente

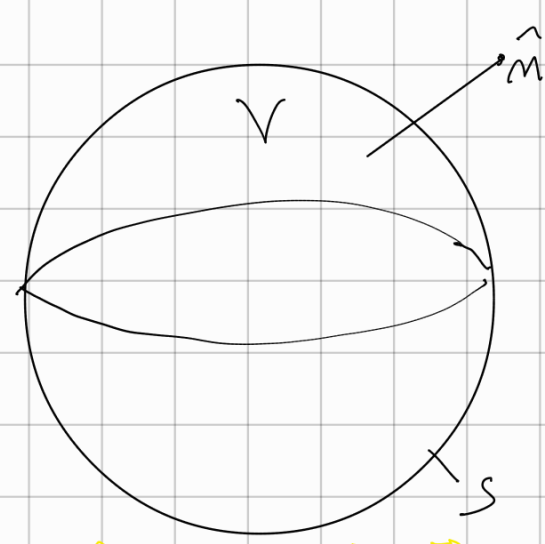
$$I = \iint_S \vec{j} \cdot \hat{n} ds$$

 Flusso globale di corrente

quindi $\vec{j}$ è un campo vettoriale che indica punto per punto come si muovono le cariche sotto l'effetto di un campo elettrico

$\vec{j}(\underline{r}, t)$ $\vec{j}$ funzione del tempo e del punto
 Principio Conserv. Carica

monumento di Cariche libero, di sicuro e legato la conservazione di carica (la carica non può essere generata o distrutta)
 Se c'è decremento di carica, la carica deve essersi sportata, ha attraversato la superficie, e' fluiva dall'interno verso l'esterno.
 Equazione di continuità delle cariche della superficie
 Relazione tra corrente e carica



Carica è rimasta attorno la superficie, lo un flusso di carica, lo una corrente

Se carica pass in dt da Q a $Q-dQ$

$$\frac{dQ}{dt} \rightarrow Q - dQ$$

Simili un decremento delle Carica di un certo dQ alcuni portatori di carica sono uscir dalla superficie a questo dQ sarà associata una corrente diretta verso l'esterno

$$-\frac{dQ}{dt} = \oint \underline{j}(\underline{r}, t) \cdot \hat{n} dS$$

Corrente che ha attraversato la superficie
I, corrente, flusso di carica

attraverso la superficie il flusso di densità di carica è diverso da 0!

Per la superficie chiusa che questa equazione, che in forma integrale è

$$\oint \underline{j}(\underline{r}, t) \cdot \hat{n} dS + \frac{\partial Q_{CH}}{\partial t} = 0$$

con segno di carica

Se dentro ho diminuzione di carica, ho una corrente elettrica che esce dalla superficie.

Se ho aumento di carica, ... che entra.

Scrivo in modo diverso la variazione di carica nel tempo

carica nel volume

$$Q(t) = \iiint_V \rho(\underline{r}, t) dV$$

densità carica volu.
anche ρ varia nel tempo
flusso del tempo

e nell'

ipotesi che il

$$\frac{dQ}{dt} = \iiint_V \frac{\partial \rho(\underline{r}, t)}{\partial t} dV$$

V dove $\rho \neq 0$

VOLUME NON VARI
NEL TEMPO

derivata possibile solo rispetto al tempo
però l'integrale dentro.

le mettiamo insieme

$$\Rightarrow \oint_S \underline{j}(\underline{r}, t) \cdot \hat{n} dS = - \iiint_V \frac{\partial \rho(\underline{r}, t)}{\partial t} dV$$

Flusso della corrente sulla sup (corrente tot.)

= integrale volu delle variaz.

se aumenta ρ lo un flusso di densità di carica entrante

densità di carica

$\oint_V \vec{j} \cdot \vec{n} dV = \iint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS \Rightarrow \left[\nabla \cdot \vec{j}(r) + \frac{\partial \rho(r,t)}{\partial t} = 0 \right]$
 CONDIZIONE STAZIONARIA
 Corrente Staz. I non varia nel tempo
 Grandezze non variano nel tempo
 espressione di fl. della corrente di Cor. Co

Si ha una condizione stazionaria quando le grandezze non dipendono dal tempo, soprattutto l'accumulo di carica nel tempo ($\frac{dQ}{dt} = 0$), ρ costante
 $\Rightarrow \nabla \cdot \vec{j}(r) = 0$ $\vec{j}$ densità corrente nulla
 $\vec{j}$ solenoidale, Flusso che entra = flusso esce

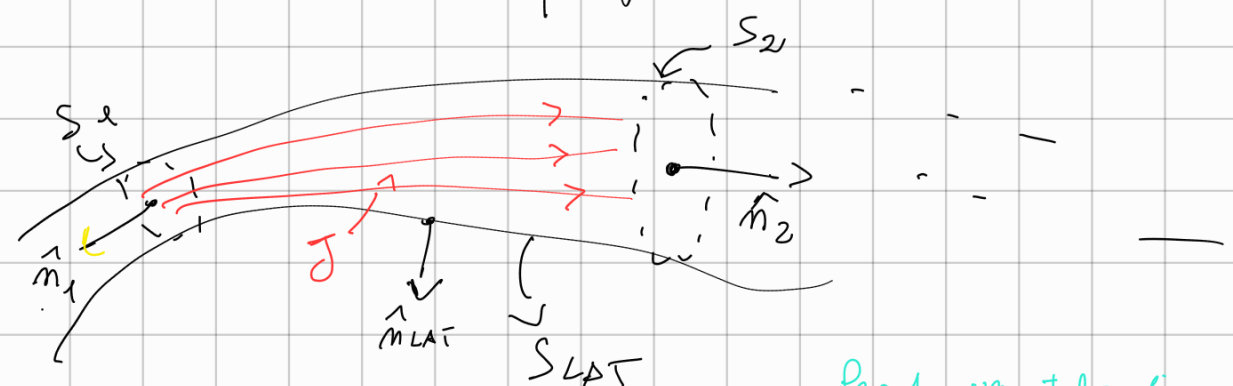
Significa che tutto quello che entra è uguale a tutto quello che esce, per cui la carica si mantiene costante nel tempo

$\Rightarrow \oint_S \vec{j} \cdot \vec{n} dS = 0$ il Flusso è 0
 la corrente totale è 0

densità di corrente costante nel tempo
 $\vec{j}$ solenoidale, la rappresenta con delle linee di forza

Consapevolezza importantissima per i conduttori
 Steno andamento della derivata di corrente

Conduttore con superfici non parallele



linee di forza di $\vec{j}$
 Le parti di un conduttore sono un tubo di flusso per $\vec{j}$
 per costruzione non ho flusso laterale di $\vec{j}$
 Prendo un tubo di flusso della velocità di deriva
 Prendo velle con sup. Tangenti alle velocità deriva (quindi a $\vec{j}$)

In condizioni Stazionarie in un
conduttore NON può ESSERE
ACCUMULO di CARICA, quindi
il può essere solo tangente alla superficie,
altrimenti si starebbe accumulando carica,
i portatori di carica entrano e non possono
uscire

Se ci fosse accumulo, creerebbe anche campo
elettrostatico.

Scriviamo condizione Stazionaria con eq di continuità
J sulle sup. S_1 e S_2 COSTANTI, sup piccola o più generali con $\vec{J}$ costante nei condutt. STAT.

$$\iint_{S_1} \vec{J} \cdot \hat{n}_1 dS + \iint_{S_{LAF}} \vec{J} \cdot \hat{n}_{LAF} dS + \iint_{S_2} \vec{J} \cdot \hat{n}_2 dS = 0$$

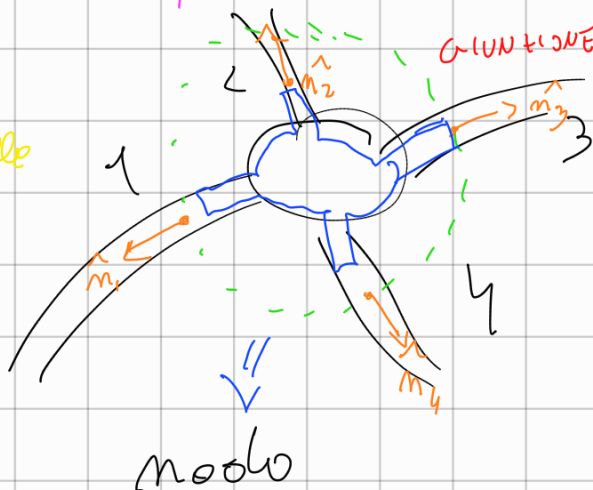
I_1 , corrente
che esce dalla superficie S_1

per definizione
di condiz.
Stazionarie
e TUBO DI FLUSSO

I_2 , corrente
che esce
da sup. S_2

uscire perché se perdo una
giunzione fermata da tanti conduttori

$\hat{n}_1$ e $\hat{n}_2$
opposte... una delle
due stabilisce
IL SEGNO



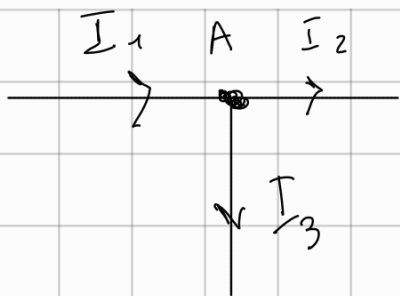
la somma algebrica
di TUTTE le correnti
elettiche nei
conduttori $e' = 0$
(nodi)

in
condiz. di
FLUSSO

$$I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

giusto
il tubo
che si
conserva carica

STABILISCO POSITIVE
e correnti entranti
e uscenti



1^a legge di KIRCHHOFF

valde anche in condizioni
quasi stazionarie.

algebra dopo
per il nodo di entrata
e uscite e più semplice

$$I_2 + I_3 - I_1 = 0$$

legge tre. I e E , uniformi

Portatori = elettroni

all'interno di un conduttore
mobile

$$v_d = \frac{(-e) E \tau}{m_e}$$

$$J = N q v_d$$

$$\Rightarrow J = \frac{N (-e) (-e) \tau E}{m_e}$$

$$J = N q v_d$$

$$= \frac{N e^2 \tau}{m_e} E$$

tempo Bre
vite, dipende
dalla temperatura

CONDUCIBILITA'
ELETTRICA

$$J = \sigma E$$

$$\left[\frac{A}{m^2} \right] = \times \frac{V}{m}$$

$$\sigma \left[\frac{A \cdot m}{V} \right]$$

ρ inverso conduttività

$$\left[\frac{V}{A}\right] = \Omega \text{ ohm}$$

$$\left[\frac{1}{\rho} = \sigma\right]$$

Resistività
elettrica
di un
conduttore

ostacolo che la
carica prova per muoversi
nel conduttore



$$E = \rho \underline{J}$$

$$J = \frac{A}{m^2}$$

$$\rho = \frac{|E|}{|J|} \Rightarrow \frac{V}{m} \cdot \frac{m^2}{A} = \frac{V}{A} \cdot m$$

$$\frac{V}{A} = \text{ohm} \cdot m$$

$$[\rho] = \Omega \cdot m$$

Ω^{-1} Siemens.

$$[\sigma] = (\Omega \cdot m)^{-1}$$

$$\left[\frac{S}{m}\right]$$

alta conducibilità = bassa
resistività

dep. della temperatura, sviluppo di più ordine

$$\Rightarrow \rho(T) = \rho_0 + \alpha \rho_0 (T - T_0)$$

OK

aumenta T , aumenta ρ
 $\rightarrow$ aumento R

$$\alpha = C^{\circ -1}$$

coeff di temperatura,
calcoli γ costante

alcuni conduttori sono fabbricati nei paesi

allo 0 assoluto, sono i superconduttori, con
bassissima resistività

Prevedo un conduttore, sezione mantenuta a

SEZIONE COSTANTE

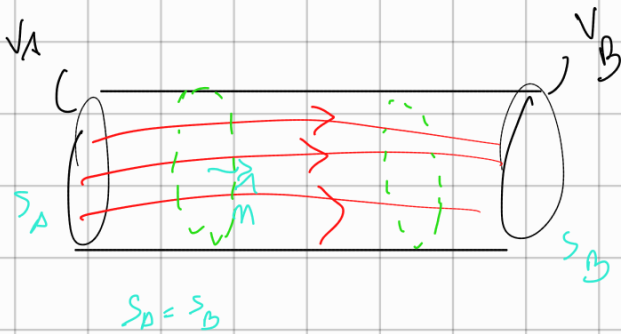
LEGGE DI OHM.

(NO EQUILIB. ELETTROSTATICO)
AVRÀ UN CAMP. ELET. COSTANTE UNIF.

deriviamo la legge di ohm da questa legge

$$\underline{J} = \sigma \underline{E}$$

$$\Delta V = V_A - V_B$$



avrà un campo elettrostatico
costante parallelo
alle pareti del conduttore

1) $\underline{E}$ costante

$$\underline{J} = \sigma \underline{E}$$

velocità deriva...
avrà densità di
corrente costante

2) $\underline{E}$ parallelo alle
sup. laterali

velocità parallela ad $\underline{E}$
parete conduttore = tubo di flusso

$$\Delta V = V_A - V_B = - \int_B^A \underline{E} \cdot d\underline{l} = |\underline{E}| l$$

→ allungati

Prendi una striscia di...

$$\underline{I} = \iint_S \underline{J} \cdot \hat{n} dS = \sigma |\underline{E}| S = \frac{1}{\rho} |\underline{E}| S$$

valore corrente - σ costante

$$|\underline{E}| = \frac{I}{\sigma S}$$

corrente costante che
scorre all'interno
del conduttore

$$\Delta V = |\underline{E}| l = \frac{I l}{\sigma S} = \frac{l}{\sigma S} I =$$

$$\rightarrow = \frac{\rho l}{S} I$$

Resistenza
elettrica del
conduttore

$$\frac{\Omega \cdot m \cdot m}{m^2} = \Omega$$

$$\Delta V = \frac{\rho l}{S} I$$

ΔV e I
proporzionali

$$\Rightarrow \Delta V = RI$$

LEGGE DI OHM

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

resistività · lunghezza
sezione

$$J = \sigma E$$

Flusso
 $\Delta V = RI$

E la dissipazione che si ha nei conduttori?

Filo di $\frac{1}{2}$ mm di $l = 1$ m e sez. di $\frac{1}{4}$ mm²
ha una resist di 20Ω applicando 1 V ho 1 A di corrente

La potenza va a finire nei portatori di carica, i quali, muovendosi, urtano contro gli ioni nel reticolo, creando degli ostacoli.
Nell'urto la potenza la trasformiamo sotto forma di calore nel conduttore.
La potenza era.

$$P = \frac{dW}{dt} = \Delta V \cdot I$$

Sostituisco

lavoro fatto dal campo sulle cariche che si muovono con flusso di cariche

Potenza dissipata all'interno di una resistenza

energia va dissipata, materiale si riscalda, calore che acquista il materiale e lo dissipa

POTENZA TERMICA

$$\Rightarrow |P_{ol}| = R I^2$$

Potenza persa per effetto Joule

$$\Rightarrow P_{ol} = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

EFFETTO JOULE

effetto per cui il conduttore si scalda al passaggio di corrente



$$\Delta V = R I$$

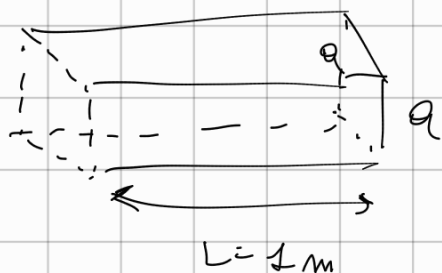
da

corrente per la tensione più alta o quella più bassa.

Esempio pratico

$$\rho_{Cu} = 2,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$$

$$a = 5 \text{ mm}$$



di diametro di una bacchetta di

Neve per avere la stessa RESIST

$$\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$$

stessa L

$$R = \frac{2,7 \cdot 10^{-8} \cdot 1}{(5 \cdot 10^{-3})^2}$$

$$R_w = \frac{\rho_w \cdot L}{\pi \left(\frac{d}{2}\right)^2}$$

$$n = \frac{P_{ol} \cdot L}{a^2}$$

$$n L = R_w$$

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi} \frac{\rho_w}{P_{ol}} a^2} = 2,6 \text{ mm}$$

