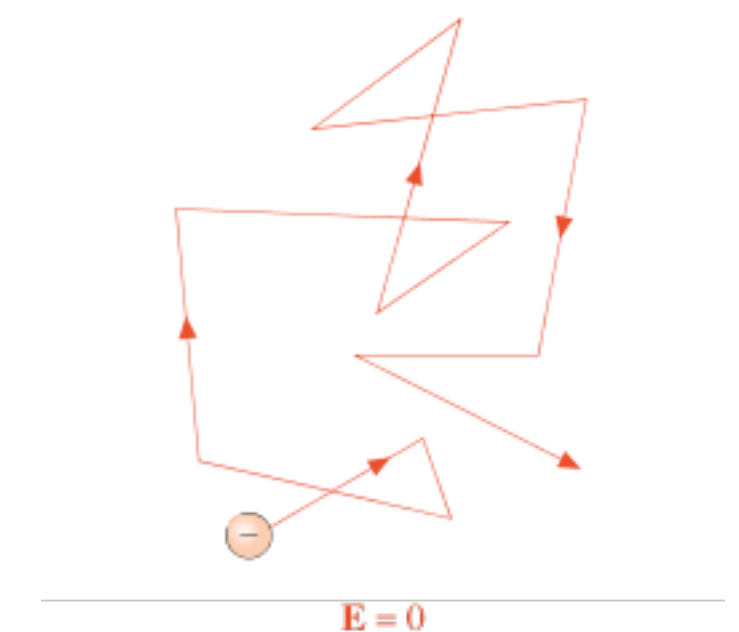
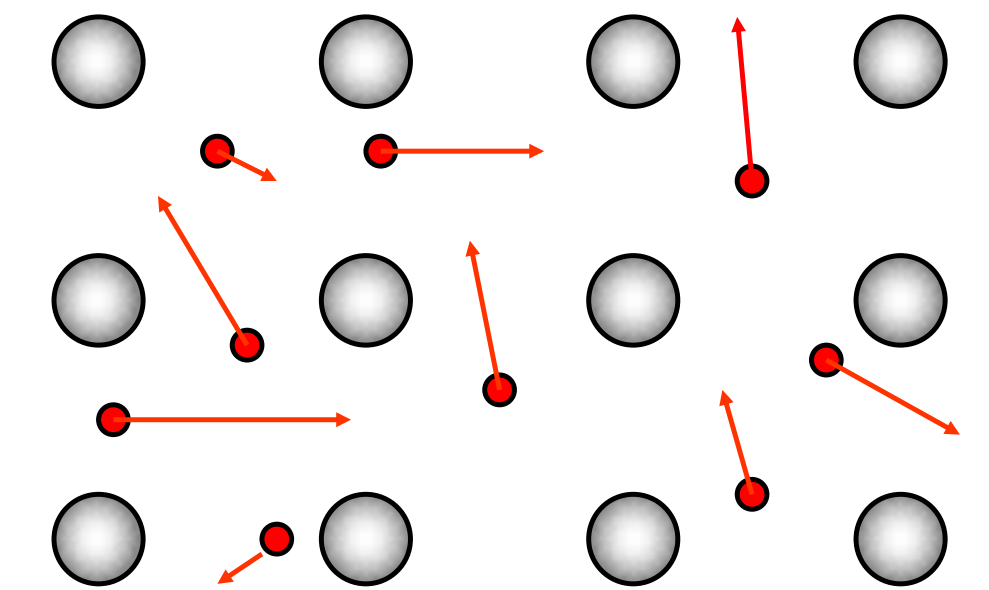
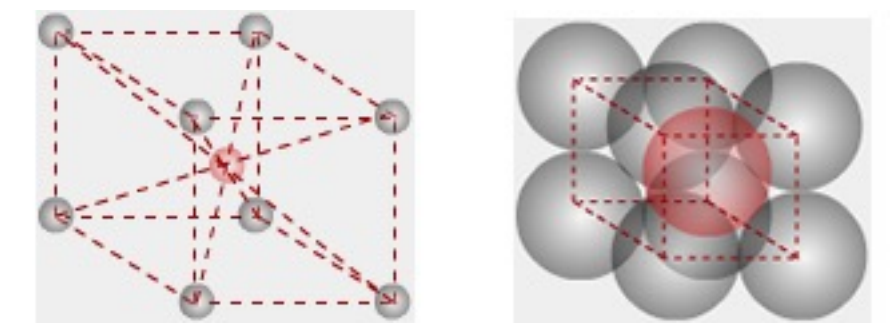


Conduzione nei conduttori

Atomi fissi e un gran numero di elettroni
con poca energia di legame.

- ✓ Un modello classico della conduzione elettrica nei metalli fu proposto nel 1900 da Drude e successivamente sviluppato da Lorentz nel 1906.
- ✓ Struttura reticolare tridimensionale di atomi fissi con un gran numero di elettroni liberi di muoversi all'interno del conduttore e, salvo alcuni casi particolari, impossibilitati ad uscire dal conduttore stesso.
- ✓ Gli elettroni liberi sono quelli per cui l'energia di legame di questi elettroni è abbastanza piccola da essere inferiore all'energia di agitazione termica già a temperature ambiente.
- ✓ Nell'ipotesi di un elettrone libero per atomo, nel rame si calcolano circa $n \cong 8 \cdot 10^{22}$ elettroni liberi per cm^3 .
- ✓ Il metallo può essere pensato come costituito da ioni positivi circondati e legati da un "gas di elettroni" che occupa gli spazi del reticolo atomico e che si trova in equilibrio termico con gli ioni del metallo. Gli elettroni si chiamano elettroni di conduzione.
- ✓ Gli ioni oscillano intorno alla loro posizione di equilibrio con ampiezza tanto maggiore quanto più alta è la temperatura
- ✓ Gli elettroni, in assenza di forze esterne, sono dotati di un moto disordinato, cioè di un moto senza alcuna direzione privilegiata.

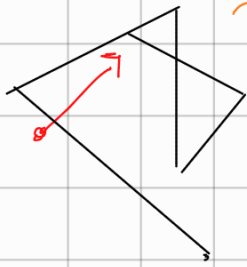


e subiscono urti tra el. e ioni

$v_{\text{termica}} \sim 10^{-6} \text{ m/s}$

quando campo el, accelerano elettroni, ordinato solo quando

e elettroni stessi



Traiettoria
rettilinea

velocità
termica
elettronica

$$v_T \approx \sqrt{\frac{3kT}{m_e}} \approx 120 \text{ km/s}$$

quasi a velocità costante, direzione e verso del
tutto casuale

mediante la somma delle volte che l'elettrone
fa una sessione, e' $\propto$

τ tempo medio tra un urto e un altro

$$\tau = \frac{l}{v_T}$$

che si muove con una certa velocità termica

Se a questi elettroni con moto disordinato

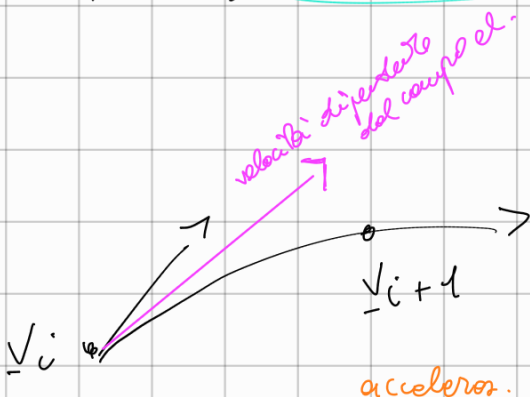
applico un campo elettrostatico. allora sugli elettroni

liberi agisce una forza, l'elettrone subisce una

accelerazione nella direzione della forza

quindi ora ho due velocità

e la traiettoria non più rettilinea



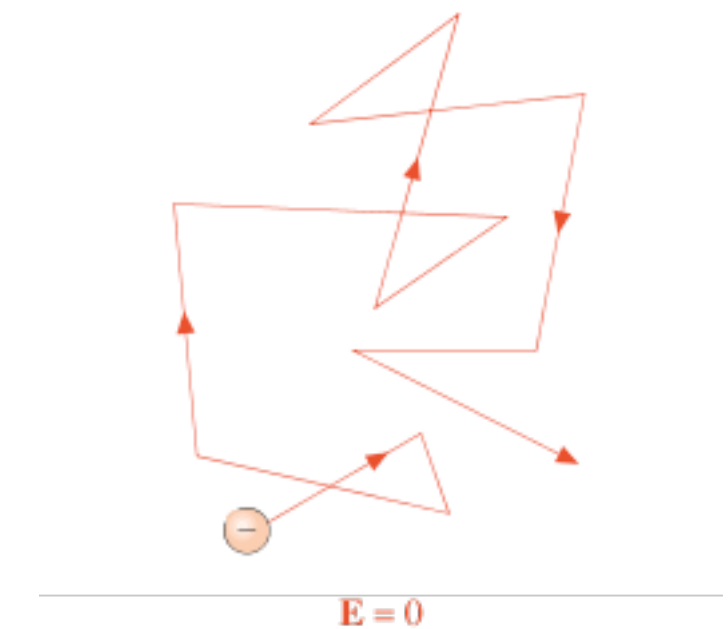
velocità di un elettrone prima di
subire un urto successivo

$$v_{i+1} = v_i + \frac{eE}{m_e} \tau$$

Proviamo a fare
una media di
queste velocità

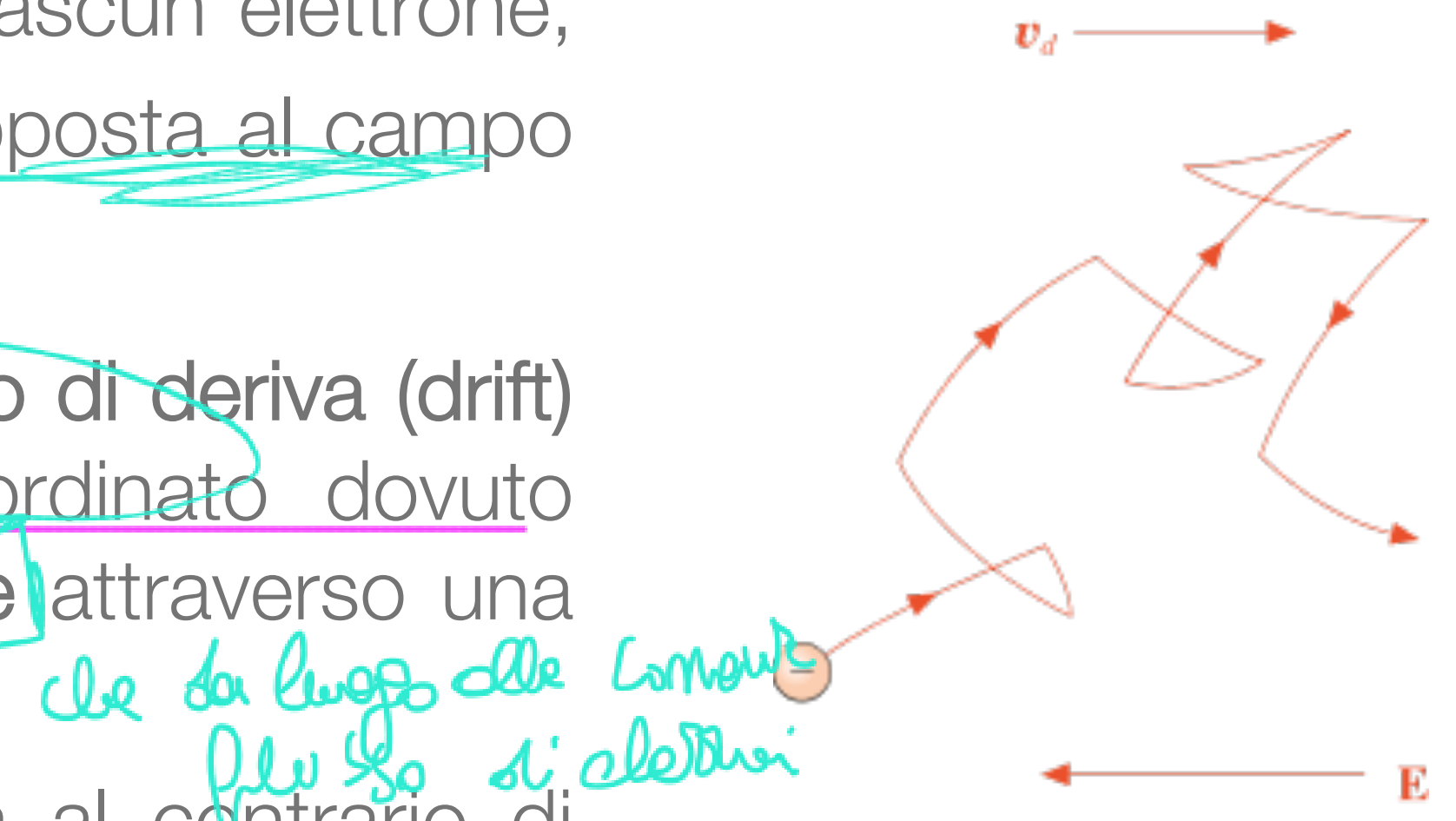
Conduzione nei conduttori

- ✓ Gli elettroni durante il moto disordinato «urtano» contro gli ioni del reticolo.
- ✓ Tra un urto e il successivo il moto è libero e la traiettoria rettilinea, cosicché la traiettoria di ciascun elettrone è costituita da una successione di segmenti rettilinei, con direzione e lunghezza variabili. L'insieme delle traiettorie è completamente casuale e non si ha un flusso netto di carica attraverso nessuna sezione del conduttore
- ✓ Poiché entrambe le particelle sono cariche, l'urto è da considerarsi come interazione columbiana cioè la traiettoria dell'elettrone subisce una deviazione repentina.
- ✓ Gli scambi di energia che avvengono durante questi urti sono quelli che permettono l'instaurarsi di condizioni di equilibrio termodinamico tra gas di elettroni e ioni del reticolo.
- ✓ La velocità media $\bar{v}_T$ che gli elettroni posseggono è detta velocità termica ed è proporzionale alla radice quadrata della temperatura assoluta. (Es: $\bar{v}_T = \sqrt{\frac{3kT}{m_e}}$ per $T = 300^\circ K$ si ha $\bar{v}_T \cong 120 \text{ km/sec}$)



Conduzione nei conduttori

- ✓ Se si applica al conduttore un campo elettrico statico esterno, ciascun elettrone, tra un urto e il successivo, acquista un'accelerazione $\underline{a} = -\frac{eE}{m_e}$ opposta al campo elettrico, e i tratti rettilinei tra due urti diventano archi di parabola.
- ✓ Gli elettroni di conduzione acquistano un moto di trascinamento o di deriva (drift) che è un moto ordinato e che si sovrappone al moto disordinato dovuto all'agitazione termica, che da luogo ad un flusso netto di cariche attraverso una sezione del conduttore.
- ✓ La velocità termica è molto superiore alla velocità di deriva ma al contrario di questa non da luogo ad un flusso ordinato di cariche
- ✓ Il moto di deriva di ogni singolo elettrone sarebbe accelerato ma solo tra un urto e il successivo. Una volta mediato sugli urti il moto ordinato assume un carattere di moto uniforme con una velocità media di deriva $\bar{v}_d$, proporzionale al campo elettrico statico.
- ✓ Essendo questa velocità piccola rispetto a quella propria degli elettroni, il tempo medio tra due urti consecutivi non cambia.



Se provo a fare una media
 0 perche' casuale

$$\frac{1}{N} \sum_i V_{i+1} = \frac{1}{N} \sum_i v_i \quad \left(- \frac{eE}{me} \approx N \right)$$

orientata
 con verso opposto
 alla direzione
 del campo elettrico

$$\frac{1}{N} v_{i+1} = 0 - \frac{eE}{me} \tau = -v_d$$

velocita' di deriva

E' ora un moto ordinato

il moto di deriva ordinato e' sovrapposto al
 moto di velocita' termica

Se prendo una sezione, in un conduttore e' ponata
 da deriva a sinistra un numero finito di volte
 $\neq 0$ (0 quando c'era solo v_r , casuale)

$v_d \ll v_r$ ma la velocita' di deriva e' ordinata

Si' istaura un moto di

trasferimento della carica

es. in un conduttore, collego le armature con un conduttore, in cui sono in
 di elettroni che puo' spostarsi. Sino a campo elettrico
 nel conduttore tale da def. el. si muovono in tutto circuito
 verso il potenziale piu' in alto.

Carica negativa q migra verso armatura V_A .

Flusso di carica, corrente

CONVENTIONE, CORRENTE, POTETICO FLUSSO di

cariche positive che migra verso armatura

quantita' di carica infinitesimale q in un tempo dt nella
 che attraversa l'area S nel intervallo di tempo

intensita' di corrente

$$I = \frac{dq}{dt}$$



Se conhecemos $I(t)$ ao longo do tempo podemos calcular Q de
adnanen iD unedna

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} I(t) dt$$

com o tot de adnanen na reser

Conduzione nei conduttori

TABELLA 6.1 Resistività e coefficienti termici della resistività a 20°C

Materiale	Resistività ($\Omega \cdot m$)	Coefficiente termico ($^{\circ}C^{-1}$)
argento	$1.59 \cdot 10^{-8}$	$4.1 \cdot 10^{-3}$
rame	$1.67 \cdot 10^{-8}$	$6.8 \cdot 10^{-3}$
oro	$2.35 \cdot 10^{-8}$	$4.0 \cdot 10^{-3}$
alluminio	$2.65 \cdot 10^{-8}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$
tungsteno	$5.65 \cdot 10^{-8}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
zinco	$5.92 \cdot 10^{-8}$	$4.2 \cdot 10^{-3}$
nichel	$6.84 \cdot 10^{-8}$	$6.9 \cdot 10^{-3}$
ferro	$9.71 \cdot 10^{-8}$	$6.5 \cdot 10^{-3}$
platino	$10.6 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
stagno	$11.0 \cdot 10^{-8}$	$4.7 \cdot 10^{-3}$
niobio	$12.5 \cdot 10^{-8}$	
piombo	$20.7 \cdot 10^{-8}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
mercurio	$98.4 \cdot 10^{-8}$	
carbonio (grafite)	$1.38 \cdot 10^{-5}$	$-0.5 \cdot 10^{-3}$
germanio	0.46	$-48 \cdot 10^{-3}$
silicio	$2.30 \cdot 10^3$	$-75 \cdot 10^{-3}$
acqua	$2 \cdot 10^5$	
vetro	$10^{10} \div 10^{14}$	
zolfo	$2 \cdot 10^{15}$	
quarzo fuso	$10^{16} \div 10^{17}$	

Continuo File nuovo lezione 22