② 22/1-2013

Vilket av följande är ett uttryck för konduktivitet?

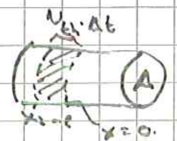
A: neV_d — Strömtäthet.
B: $n\frac{e\mathcal{E}}{m}\tau$ — Nonsens
$\boxed{C: ne\mu}$ — Konduktivitet!
D: $n\frac{3}{2}kT$ — Termisk energi

• fria medelväglängden $l = v_{th} \cdot \tau$ $\quad v_{th} > v_d$.
I exemplet s.54. $l = v_{th} \cdot \tau = 1.17 \cdot 10^5 \, m/s \cdot 2.55 \cdot 10^{-14} \, s$
$= 3 \, nm. \sim 5$ atomavstånd.

Diffusion

i 1 dimension. $\frac{1}{2}mv_{th}^2 = \frac{1}{2}kT$
Betraktar $x=0$.

flödet: $F^{\rightarrow} = \frac{1}{2}n(-l) \cdot \frac{A \cdot v_{th} \cdot \Delta t}{A \cdot \Delta t}$



$F^{\leftarrow} = \frac{1}{2}n(+l) \cdot v_{th}$.

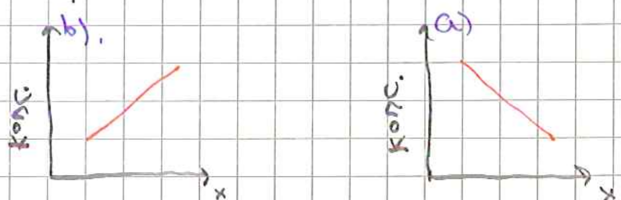
$F = F^{\rightarrow} + F^{\leftarrow} = \frac{1}{2}v_{th}\left[n(-l) - n(+l)\right] = \uparrow$
$= -v_{th} \cdot l \frac{dn}{dx}$ $\qquad n(-l) = n(0) - l\frac{dn}{dx} + \ldots$

$J = -eF = ev_{th} \cdot l \cdot \frac{dn}{dx} = eD_e \frac{dn}{dx}$
diffusivitet $D_e = v_{th} \cdot l = \mu_e \cdot \frac{kT}{e}$

$J_n = ne\mu \mathcal{E} + eD_e \frac{dn}{dx}$ för positiva laddningsbärare (hål).

$J_p = pe\mu_h \mathcal{E} - eD_h \frac{dp}{dx}$

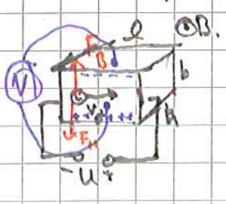
I vilken figur får vi
a) Positiv ström från diffusion av positiva partiklar?
b) Positiv ström från diffusion av negativa partiklar.



HALLEFFEKT

Lorentz $\underline{F} = q(\underline{\mathcal{E}} + \underline{v} \times \underline{B})$

↑/↓ In/ut.

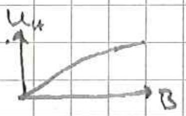


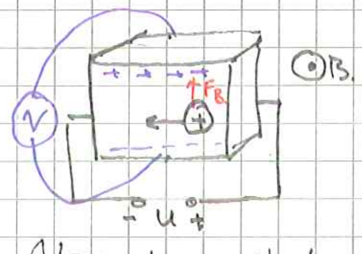
$\left.\begin{array}{l} F_B = -eV_dB \\ F_H = -e\mathcal{E}_H \end{array}\right\}$ steady state $\mathcal{E}_H = V_d \cdot B$

$I = J \cdot b \cdot h = neV_d \cdot b \cdot h \Rightarrow V_d = \frac{I}{nebh}$

$\mathcal{E}_H = \frac{U_H}{h}$,

$U_H = \frac{I}{ned}B$





Värmekapacitet.

$C_V = \left.\frac{dE}{dT}\right|_{V,\,konst.}$

Vad bör de fria valens e^- bidra med

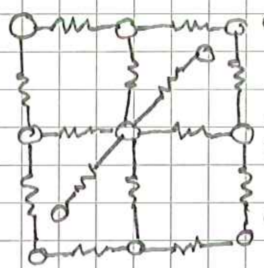
$E = E_{kin} = \frac{1}{2m}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) = 3 \times \frac{1}{2}kT = \frac{3}{2}kT$/elektron

Om 1 valens e^-/e $\quad E_{el}^{tot}(T) = E_{el}^{tot}(T=0) + \frac{3}{2}kT \cdot N_A$ per mol

$C_V^{el} = \frac{3}{2}k \cdot N_A$ / mol.

Vi har atomer också
- jonbindning
- kovalent.
- metallbindn.

modell: mekaniska fjädrar.



$T > 0\,K$: Vibrationer, atommassa
i x-led: $E_x = \frac{p_x^2}{2m} + \frac{M}{2}\omega^2 x^2$
$\frac{1}{2}kT + \frac{1}{2}kT = kT$/dimension.
Ekvipartitionsteoremet:

3 dim: $3kT$/atom.

$E_{atom}^{tot}(T) = E_{atom}^{tot}(T=0K) + 3kT \cdot N_A$ / mol

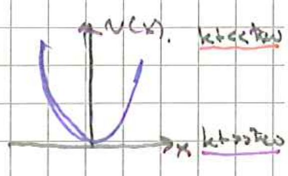
$C_V^{atom} = 3kN_A$ / mol. ≈ 25 J/kmol

Stämmer med experiment.

① exp: $C_V^{el} \sim 0$.

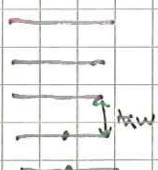
② Ämnen olika.

Liten detour kap 1. s 38-41.
Svängning kvantmekaniskt.
H.O 1-dim $\quad H = \frac{p_x^2}{2m} + \underbrace{\frac{M}{2}\omega^2 x^2}_{V(x)}$



$E_n = \hbar\omega(n + \frac{1}{2})$

$\omega = \sqrt{\frac{\text{fjäderkonstant}}{M_{atom}}}$



Pb: mjukt, tunga atomer.
⇒ ω litet. $\hbar\omega < kT$ @ RT.

Diamant: hårt, lätt.
⇒ ω stort. $\hbar\omega > kT$ @ RT.

kT << ħω: en eller ett fåtal vibrationsmoder besatta → C_V avviker från 3k/atom

kT >> ħω: kvantisering kvittar $C_V \to 3k$/atom

Sammanfattningsvis kap 2.

1) $C_V^{el} \sim 0$?!?!?!

2) Halleffekt → positiva laddningsbärare.

3) Metaller: $\rho \sim T$

$l \sim$ något eller några atomavstånd ~ konst.

$l = v_{th} \cdot \tau = \sqrt{\frac{3kT}{m}} \cdot \tau \Rightarrow \tau \sim \frac{l}{\sqrt{T}} \sim \frac{1}{\sqrt{T}}$

$\frac{3}{2}kT = \frac{1}{2}mv_{th}^2$

$$\boxed{\rho = \frac{1}{\sigma} = \frac{m}{ne^2\tau} \sim \sqrt{T}}$$

Kap 4: Frie elektronmodell

- Valense⁻ helt delokaliserade
- Approximerar med ∞ lådpotential.
- Fria elektroner $V(x) = 0$.

Partikel i en låda

SE: $-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{d^2}{dx^2}\psi(x) = E\psi(x)$

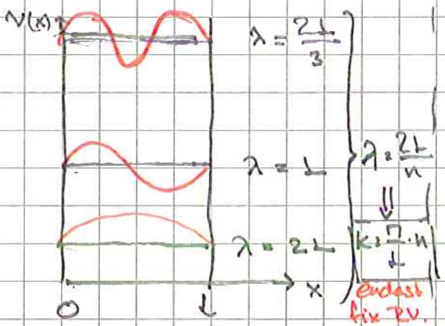
$\psi(0) = \psi(L) = 0$

$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{2L}}\sin(kx)$

$E = \frac{\hbar^2 k^2}{2m}$

k: vågtal.

$k = \frac{2\pi}{\lambda}$



→ 6