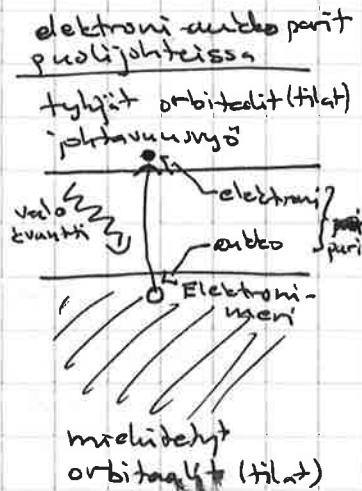
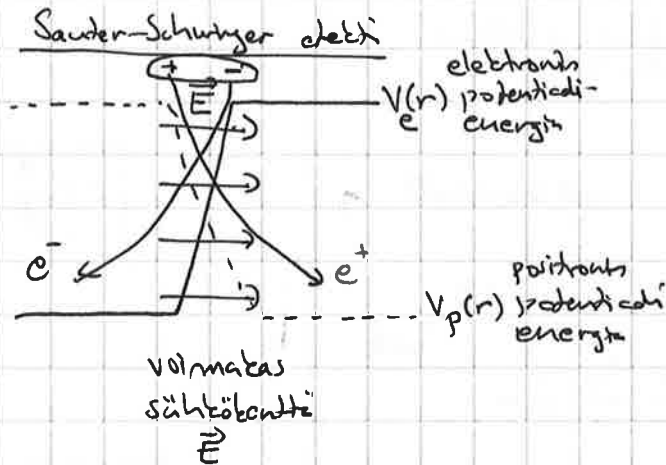
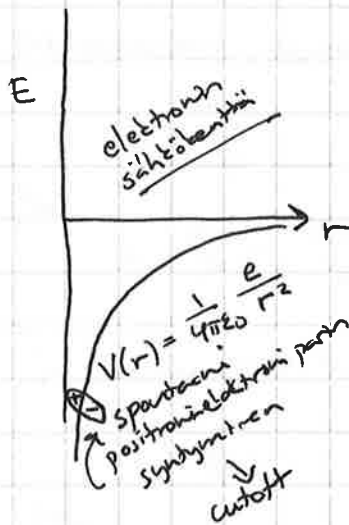


# Elektronin energia, Sauter-Schwinger efekti ja puolijohdetekvanttisiimulaatio



Spontaanin positronielektroniparin syntyminen ← energia parin muodostamiseen sähköisestä potentiaalienergiasta

## de Broglie/relaatiot

aineaallon aallonpituus

$$\lambda = \frac{h}{p}$$

tai

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot p}{h} = \boxed{\frac{p}{\hbar} = k}$$

ja aineaallon taajuuus

$$f = E/h$$

tai

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi E}{h} = \boxed{\frac{E}{\hbar} = \omega}$$

Muista: meitä kiinnostaa  
aallon dispersiorelaatio  
eli  $\omega(k) = ?$

Valolle:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi \cdot \frac{c}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda} \cdot c = k \cdot c$$

eli

$$\omega(k) = \underline{\underline{c \cdot k}}$$

lineaarinen  
dispersio

Elektronille:

$$\begin{aligned} \hbar\omega &= E = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \frac{(mv)^2}{m} \\ &= \frac{1}{2} \cdot \frac{p^2}{m} = \frac{\hbar^2 k^2}{2m} \end{aligned} \quad p = \hbar k$$

$$\Rightarrow \omega(k) = \frac{1}{\hbar} \cdot E(k) = \underline{\underline{\frac{\hbar}{2m} \cdot k^2}}$$

"kvadraattinen dispersio".

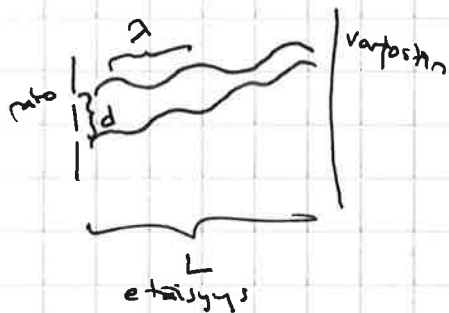
Muista muitakin dispersioita on,  
esim. relativistiselle hiukkeelle

$$\omega(k) = \frac{1}{\hbar} \cdot \sqrt{(\hbar k c)^2 + m^2 c^4}$$

## Katsoisnako koe

Diffraaktio kuvien maksimien  
välinen etäisyys

$$\frac{\lambda}{d} \cdot L \quad \text{Fraunhoferin diffraaktio} \\ (L \gg d)$$

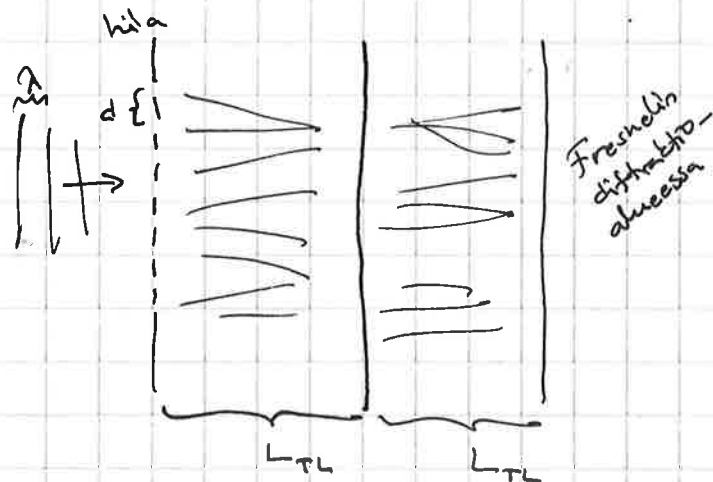


Erin. fullereenille  $\lambda = \frac{h}{mv} \sim \frac{6 \cdot 10^{-34} \text{ Js}}{12 \cdot 70 \cdot 1.7 \cdot 10^{-27} \text{ kg} \cdot 100 \text{ m/s}}$

$$\approx 4 \cdot 10^{-12} \text{ m} = \underline{4 \text{ pm.}}$$

$$\rightarrow \frac{\lambda}{d} L \sim \frac{4 \cdot 10^{-12} \text{ m}}{10^{-6} \text{ m}} \cdot 1 \text{ m} \sim \underline{4 \cdot 10^{-6} \text{ m}}$$

## Talbot-Lau interferometri



interferenssikuvio toistaa alkuperäisen  
hilan rakenteen jaksollisesti matkan  
 $L_{TL}$  välein

$$L_{TL} = \frac{d^2}{\lambda}$$

$$\frac{\lambda}{d^2} = \frac{(10^{-6} \text{ m})^2}{4 \cdot 10^{-11} \text{ m}} \approx \underline{\underline{0,25 \text{ m}}}$$