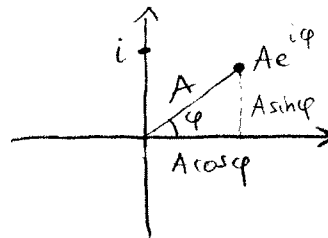
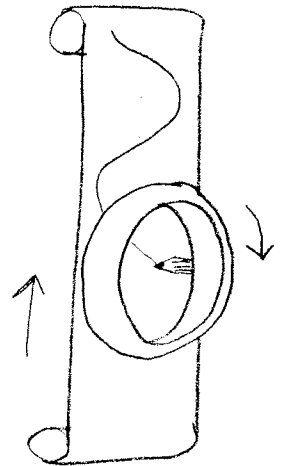
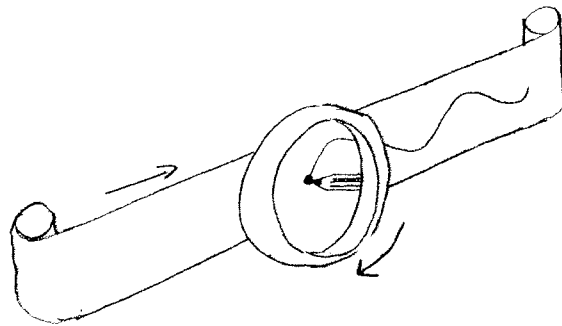


Repetition : Komplexa tal och vågor

Vi har sett att e^{ix} "innehåller information" om både cosinus-vågor (realdelen) och sinusvågor (imaginärdelen).



Fasen $φ = kx - ωt$
beskriver "var vi är" i vågen

$$\begin{aligned} \text{Intensitet } I &= |Ae^{iφ}|^2 = Ae^{iφ} \cdot Ae^{-iφ} \\ &\stackrel{\substack{\nearrow \\ \text{om } A \\ \text{reellt tal}}}{=} A^2 e^{iφ - iφ} = A^2 e^0 \\ &= A^2 \end{aligned}$$

Så för en våg är intensiteten = (amplituden)².

För två vågor kan vi ha interferens.

$$\psi_1 = A_1 e^{i\varphi_1}$$

$$\psi_2 = A_2 e^{i\varphi_2}$$

Den här räkning
kan verka lite jobbig
men blir mycket enklare
när man ser hur föregler
som behövs (se vänster-
spalten)!

$$\text{Intensitet} = |A_1 e^{i\varphi_1} + A_2 e^{i\varphi_2}|^2$$

$$= (A_1 e^{i\varphi_1} + A_2 e^{i\varphi_2})(A_1 e^{i\varphi_1} + A_2 e^{i\varphi_2})^*$$

$$= (A_1 e^{i\varphi_1} + A_2 e^{i\varphi_2})(A_1 e^{-i\varphi_1} + A_2 e^{-i\varphi_2})$$

$$= A_1^2 e^{i\varphi_1 - i\varphi_1} + A_1 A_2 e^{i\varphi_1 - i\varphi_2} +$$

$$+ A_2 A_1 e^{i\varphi_2 - i\varphi_1} + A_2^2 e^{i\varphi_2 - i\varphi_2}$$

$$= A_1^2 + A_1 A_2 (e^{i\varphi_1 - i\varphi_2} + e^{i\varphi_2 - i\varphi_1}) + A_2^2$$

olika ordning! Bryt ut minus i andra.

$$= A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 (e^{i(\varphi_1 - \varphi_2)} + e^{-i(\varphi_1 - \varphi_2)})$$

$$= A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 (\cos(\varphi_1 - \varphi_2) + i \sin(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$+ \cos(-(\varphi_1 - \varphi_2)) + i \sin(-(\varphi_1 - \varphi_2)))$$

Eulers
formel

$$= A_1^2 + A_2^2 + A_1 A_2 \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$$

$$\cos(-x) = \cos x$$

$$\sin(-x) = -\sin x$$

"interferenstern"

Intensiteten hos en superposition av två vågor beror inte bara på amplituderna A_1 och A_2 utan också på fasskillnaden $\varphi_1 - \varphi_2$.

För två källor i fas blir det alltså ett beroende på vägskillnaden, som vi har sett.

Räkningar i karpendiet

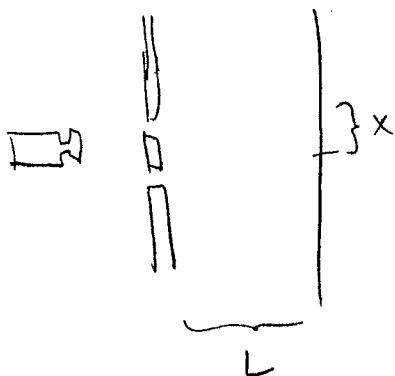
- Repetera komplexa tal
- Experiment och histogram

Länk (se hemsida)

- Hitachi-experimentet
(titta gärna på det igen!)

"vilken - väg - information"

Tillbaka till dubbelöppatexp. med elektroner:



x

$$x = 1 \mu\text{m}$$

$$L = 2 \text{ m}$$

$$d = 1 \text{ mm}$$

(kolla: $\frac{x}{L} \ll 1$)

$$\frac{\lambda}{d} \ll 1$$

$$\lambda = \frac{2 \cdot 1 \text{ mm} \cdot 1 \mu\text{m}}{2 \text{ m}} = 1 \text{ nm}$$

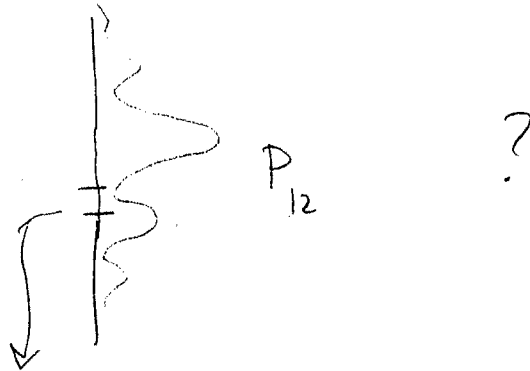
③

Men $\lambda \ll d$ ($1\text{nm} \ll 1\text{mm}$)

så även om elektronen är en liten våg,
borde den inte ha passerat baringen
hål 1 eller hål 2? (Rimlig idé.)

Vad betyder
grafen?

(se uppg. i
kompendiet)



"Sannolikhet" $\stackrel{\text{exp.}}{=} \frac{\text{antal som träffar intervallet}}{\text{antal som träffar väggen totalt}}$

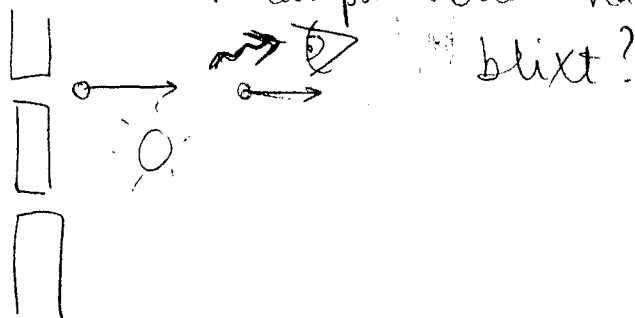
Men en viss träffar på ett viss ställe
och ingen annanstans, i motsats till en våg.

Matematiken är precis samma som för vågor,
men tolkningen är helt annorlunda.

Hur kan vi testa den "rimliga idén"?

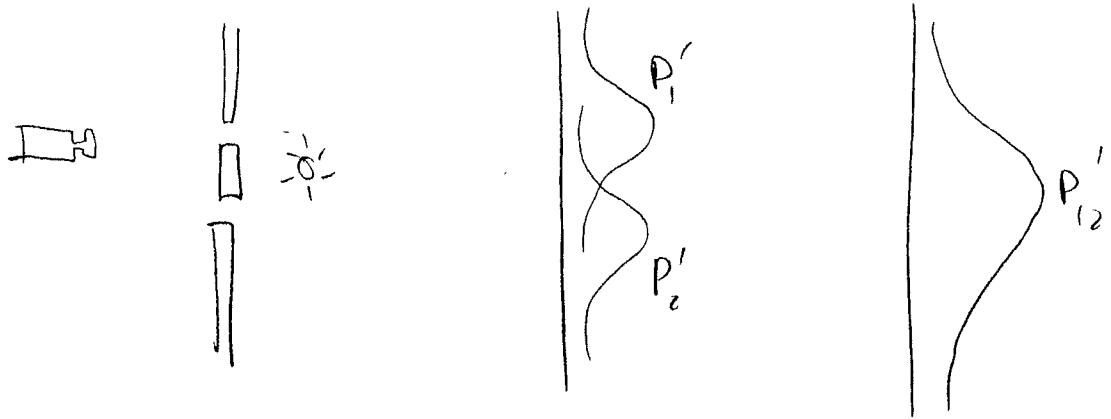
Elektroner sprider ljus!

Sätt en lampa mellan hålen



Vänta. är ljus vågor eller partiklar?

- fotoelektrisk effekt: partiklar (fotoner)
- interferens: vågor



Minska intensitet? ingen skillnad... sedan ingenting!

och då kommer } tillbaka!
(ljus = fotoner)

Öka våglängd? ingen skillnad...

sedan ($\lambda_{\text{ljus}} \sim 1\text{mm}$)
står blick!

och då kommer } tillbaka!
(ljus = vågor)

Det går inte att få reda på vilket
hål elektronen åkte igenom utan
att förstöra interferensmönstret

"Heisenbergs osäkerhetsrelation"

(mer nästa gång)

