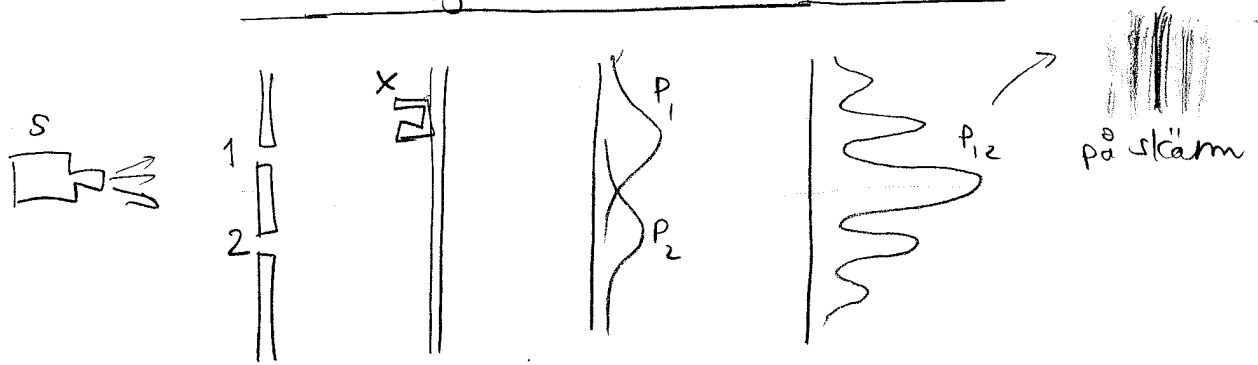
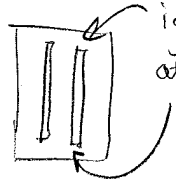


Kvantfysikens principer, 3

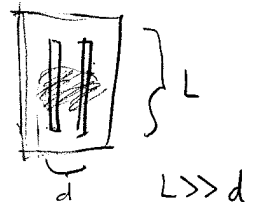


Praktiskt:

framifrån: ofta



ignorera
att det tar
slut, dvs. skjut i mitten



Här: abstrahera, oändligt höga språngar ($L \rightarrow \infty$)

Sannolikhetsamplituder

Har sagt regel: $P \propto |\psi|^2$

↑
komplex tal

"sannolikhetsamplitud" = "amplitud"

Noga: "sannolikheten att ..."

ersätts av att prata om det vi har
här vi tar absolutvärdet i kvadrat

"amplituden att ..."

därför att vi vill kunna prata om interferens.

Som tidigare påpekat, kan man se det som
en brist i vårt (före-kvantfysik-) språk:
vi har inte tänkt på sannolikheter som
något som tillåter interferens.

Dirac notation (första försöket - mer senare)

"Amplituden att partikeln lämnar källan s och kommer fram till detektorn x "

betecknas $\langle x | s \rangle$.

Notera 1) komplext tal

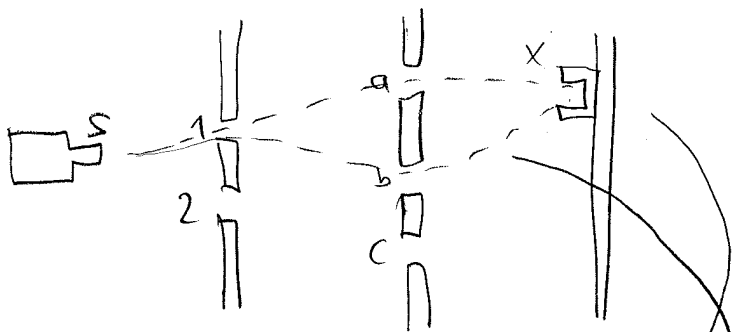
2) ordningen! Först s , sedan x (i experimentet)
dvs. "läs höger $\rightarrow$ vänster"

Interferens:

$$\langle x | s \rangle = \langle x | 1 \rangle \langle 1 | s \rangle + \langle x | 2 \rangle \langle 2 | s \rangle$$

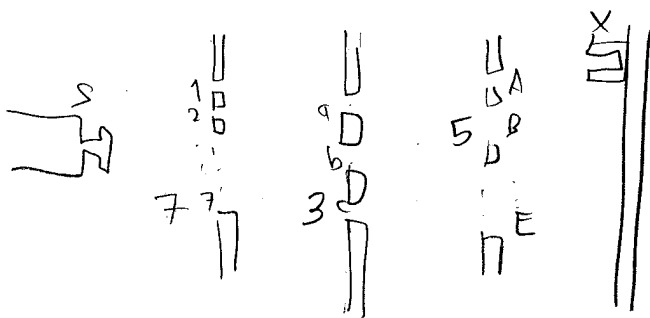
↑
"från s till hål 1"

Visa hur bra notationen är:



$$\begin{aligned} \langle x | s \rangle = & \langle x | a \rangle \langle a | 1 \rangle \langle 1 | s \rangle \\ & + \langle x | b \rangle \langle b | 1 \rangle \langle 1 | s \rangle + \dots \\ & + \langle x | c \rangle \langle c | 1 \rangle \langle 1 | s \rangle \\ & + \langle x | a \rangle \langle a | 2 \rangle \langle 2 | s \rangle \\ & + \langle x | b \rangle \langle b | 2 \rangle \langle 2 | s \rangle \\ & + \langle x | c \rangle \langle c | 2 \rangle \langle 2 | s \rangle \end{aligned}$$

Konceptfråga 3: om vi har



hur många termer har $\langle x | s \rangle$?

A) $7! \cdot 3! \cdot 5! = 3\,628\,800$

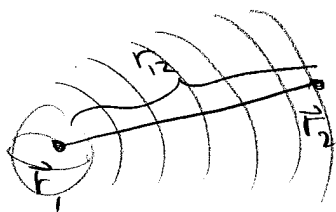
B) $7 \cdot 3 \cdot 5 = 105$

C) $7 + 3 + 5 =$

Svar: $\langle x | s \rangle = \sum_{\substack{i=1,3,7 \\ \alpha=a,b,c \\ \gamma=A, \dots, E}} \langle x | \delta \rangle \langle \delta | \alpha \rangle \langle \alpha | i \rangle \langle i | s \rangle$

$7 \cdot 3 \cdot 5 = 105$

Exempel: (mer senare)



$$\langle \vec{r}_2 | \vec{r}_1 \rangle = \frac{e^{i\vec{p} \cdot \vec{r}_{12}}}{r_{12}}$$

Beständ energi fri partikel $E = \frac{p^2}{2m}$

Bilden lite förvirrande: (men det går inte så lätt att rita en mindre förvirrande): 2 partiklar A & B

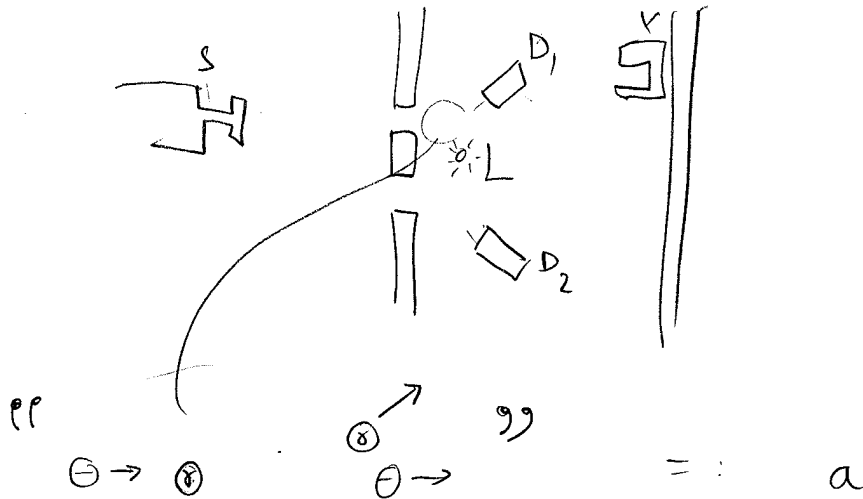
$$\psi(\vec{r}_A, \vec{r}_B, t)$$

↖ 6 variabler!

"Blixten" i lite mer detalj

$$\phi_1 := \langle x|1 \rangle \langle 1|s \rangle$$

$$\phi_2 := \langle x|2 \rangle \langle 2|s \rangle$$



$\Rightarrow$ gör via hål 1, sprider en foton från L till D_1 och kommer till x

$$= \langle x|1 \rangle a \langle 1|s \rangle$$

$$= a\phi_1$$

"Problem": kan sprida från hål 2 till D_1 också

$$\langle x|2 \rangle b \langle 2|s \rangle = b\phi_2$$

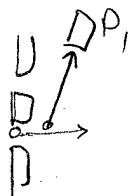
beror på fotonens våglängd

$$\langle x, D_1 | s, L \rangle = a\phi_1 + b\phi_2$$

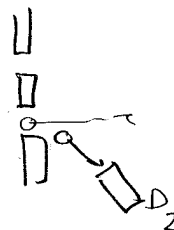
↑ ↑
elektron foton

p. s. s. $\langle x, D_2 | s, L \rangle = a\phi_2 + b\phi_1$

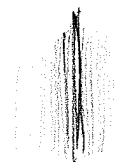
om $b = 0$: inga



bara



$$|\langle x, D_1 | s, L \rangle|^2 = |a\phi_1 + b\phi_2|^2 \stackrel{b=0}{=} |a\phi_1|^2$$

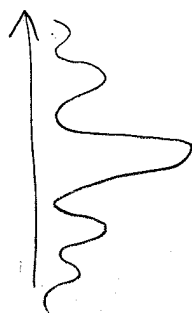


lång våglängd : när $b = a$

$$|\langle x, D_1 | s, L \rangle|^2 = |a\phi_1 + b\phi_2|^2 = |a|^2 |\phi_1 + \phi_2|^2$$

interferens

precis som för inga fönster



mittelmellan :



Kort: spin (mer senare)

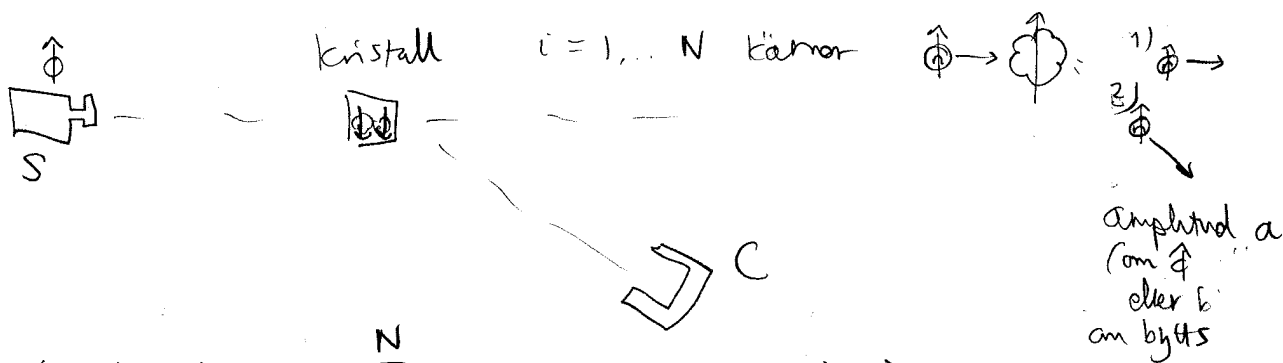
elektroner, och neutroner, protoner, ...

har två olika tillstånd: $\uparrow$ $\downarrow$

fungerar som rörelsemängdsmoment L (det totala)

i bemärkelsen att det är bevarat.

Neutroner



$$\langle C | S \rangle = \sum_{i=1}^N \langle C | i \rangle a \langle i | S \rangle$$

Ta med kristallens spin och neutronens spin

$$\langle C_{\uparrow}, \downarrow \downarrow | S_{\uparrow}, \downarrow \downarrow \rangle = \langle C | i \rangle a \langle i | S \rangle$$

$$\langle C_{\downarrow}, \downarrow \downarrow \uparrow \downarrow | S_{\uparrow}, \downarrow \downarrow \rangle = \langle C | k \rangle b \langle k | S \rangle$$

spredning från vilken som helst med spin-byte $= |b|^2 \sum_{k=1}^N |\langle C | k \rangle \langle k | S \rangle|^2$

spredning från vilken som helst utan spin-byte $= \left| \sum_{i=1}^N \langle C | i \rangle a \langle i | S \rangle \right|^2$

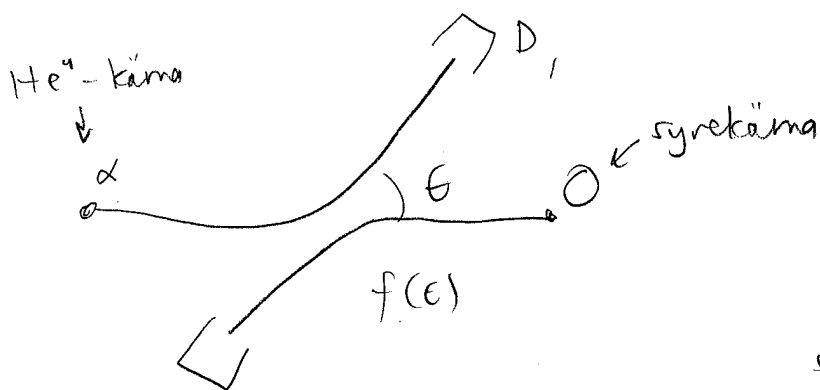
interferens

Sensueral: om man kan skilja på
slut-tillstånd: $|\phi_1|^2 + |\phi_2|^2 + \dots$

om man inte kan skilja på dem:

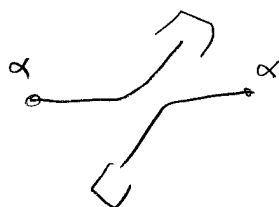
$$|\phi_1 + \phi_2 + \dots|^2$$

Identiska partiklar (presenterat som mysterium)



Någon partikel i D_1 $|f(\theta)|^2 + |f(\pi - \theta)|^2$

För bägge α : fel!

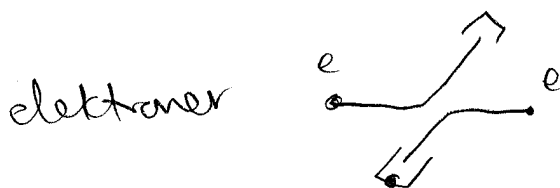


α -partikel i D_1 :

$$|f(\theta) + f(\pi - \theta)|^2 \quad \text{OK med förra exemplet}$$

Konceptfråga 4:

- A) $|f(\theta)|^2 + |f(\pi - \theta)|^2$
- B) $|f(\theta)|^2 + |f(\theta)|^2$
- C) $|f(\theta) + f(\pi - \theta)|^2$



$$|f(\theta) - f(\pi - \theta)|^2$$



Ny svårighet

?? Mer nästovecka