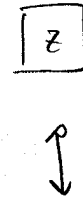
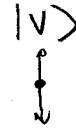
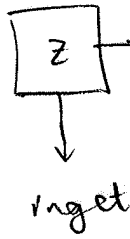


26/5

Kvantfysikens principer, 10

Exp. diskussion
 $|H\rangle$
 $\longleftrightarrow$
 "preparera"



inget

jfr. $\begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$
 apparaten

$\begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$

"före" bildningen
 "preparering"
 $\langle +S | +S \rangle^2 = 1$
 $\langle -S | +S \rangle^2 = 0$

$|D\rangle$



50%

50%

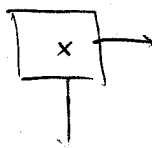
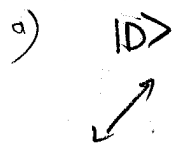
samma
 $|D\rangle$

jfr. $\begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$
 $T \quad S$

$\langle +S | +T \rangle$ där $|+T\rangle = |D\rangle$
 $\langle -S | +T \rangle$ $|-T\rangle = |D\rangle$

(Specialfall av vår allmänna diskussion
 här vet vi t.ex. $|D\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|H\rangle + |V\rangle)$)

Byt apparat: X



inget



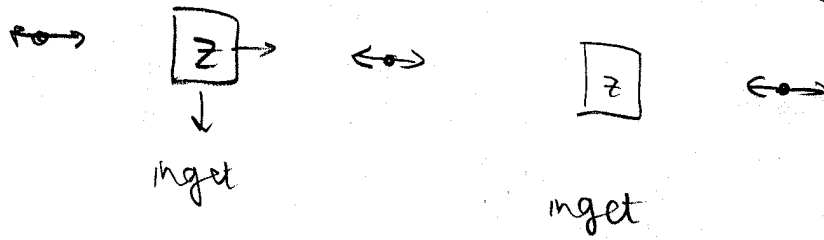
inget

$\begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$
 $T \quad T$

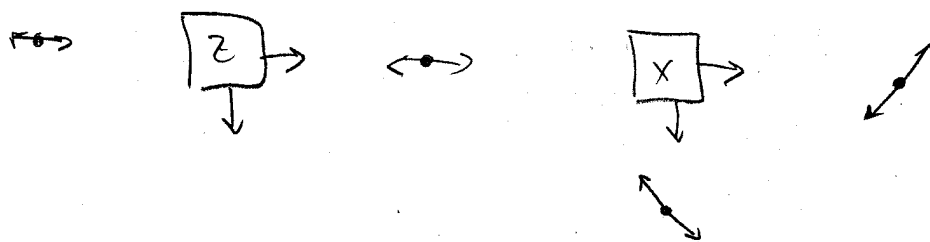
$\langle +T | +T \rangle = 1$
 $\langle -T | +T \rangle = 0$

S - G med fotoner

$$\left\{ \begin{matrix} + \\ -1 \end{matrix} \right\}_S \quad \left\{ \begin{matrix} + \\ -1 \end{matrix} \right\}_S$$



$$\langle +S | +S \rangle \langle +S | +S \rangle = 1$$



$$\left\{ \begin{matrix} + \\ -1 \end{matrix} \right\}_S \quad \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\}_S \quad \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\}_T$$

preparera
rent
tillstånd

första
apparaten

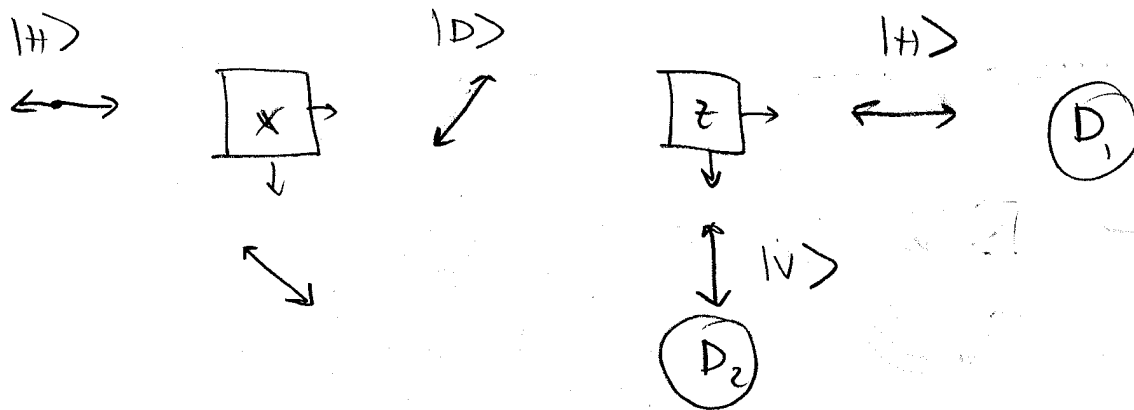
andra
apparaten

kan ta bort den här för följande argument
("testa att vi har rent tillstånd")

vill göra

$$\left\{ \begin{matrix} + \\ -1 \end{matrix} \right\}_S \quad \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\}_T \quad \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\}_S$$

Notera: om vi nu bara studerar
den horisontella strålen så är
x ovan som ett filter $\left\{ \begin{matrix} + \\ -1 \end{matrix} \right\}$



$$\left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\}_S \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\}_T \rightarrow \begin{matrix} \text{mät } |H\rangle \\ \text{eller } |V\rangle \end{matrix} \begin{matrix} \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\} \\ \left\{ \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right\} \end{matrix} \quad \text{vet } \langle +S | +T \rangle = \langle +S | \frac{1}{\sqrt{2}}(|H\rangle + |V\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\langle +S | -T \rangle = +\frac{1}{\sqrt{2}}$$

Konceptfråga

(D) (A) $P_2 = |\langle -S | +T \rangle \langle +T | +S \rangle + \langle -S | -T \rangle \langle -T | +S \rangle|^2$ $\langle -S | -T \rangle = -\frac{1}{\sqrt{2}}$

(B) $P_2 = |\langle -S | +T \rangle \langle +T | +S \rangle|^2$ (R)

(C) $P_2 = |\langle -S | +T \rangle \langle -T | +S \rangle|^2$

Konceptfråga: Räkna ut P_1

Svar: $P_1 = \left| \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{2}} \right|^2 = \left| \frac{1}{2} \right|^2 = \frac{1}{4}$

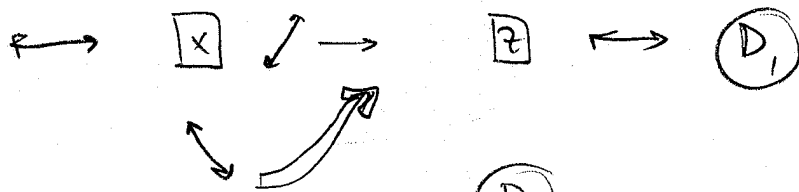
ok - "förlorade" hälften (andra strölen från X).

jfr. $P(\text{mät } |V\rangle \text{ i } D_1)$

$$= |\langle -S | +T \rangle \langle +T | +S \rangle|^2 \quad \langle -S | \frac{1}{\sqrt{2}}(|H\rangle + |V\rangle) = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$= 0 \quad \langle -S | -T \rangle = \langle -S | \frac{1}{\sqrt{2}}(|H\rangle - |V\rangle) = -\frac{1}{\sqrt{2}}$$

led tillbaka strålen $\Rightarrow$ öppna fibret T



mät $\updownarrow$ i D_2
✓

☉ Färrer? ifr. Feynman s. 5-9 till 5-10 och förel.

$$P_2 = |\langle -S|+T\rangle\langle +T|+S\rangle + \langle -S|-T\rangle\langle -T|+S\rangle|^2$$

$$= \left| \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{2}} + \left(-\frac{1}{\sqrt{2}}\right)\frac{1}{\sqrt{2}} \right|^2 = 0$$

Kolla: $P_1 = |\langle +S|+T\rangle\langle +T|+S\rangle + \langle +S|-T\rangle\langle -T|+S\rangle|^2$

$$= \left| \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{1}{\sqrt{2}}\frac{1}{\sqrt{2}} \right|^2 = 1$$

Blå laser: $\lambda \approx 4 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ $c = \frac{\omega}{k}$

$$E_\gamma = \hbar\omega = \hbar kc = \frac{h}{2\pi} \frac{2\pi}{\lambda} c = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\sim \frac{10^{-33} \cdot 10^8}{4 \cdot 10^{-7}} \text{ J} = \frac{1}{4} \cdot 10^{-18} \text{ J}$$

$$10 \text{ mW} = 10^{-2} \text{ J/s}$$

$$\text{antal fotoner/s} = \frac{10^{-2} \text{ J/s}}{\frac{1}{4} \cdot 10^{-18}} = 4 \cdot 10^{16} / \text{s}$$

$$\times 10^{-12} = 10^4 / \text{s}$$

kristall

$\Rightarrow$ i praktiken
"en åt gången"

Avstånd mellan dem : $x = vt$
 $= 3 \cdot 10^8 \frac{1}{10^9} = 30 \text{ km}$

Kan testa genom att möta "koincidens"

Bell

- Lokalitet : saker som händer i x påverkar bara saker i y genom att "skicka en våg eller partikel" som tar viss tid att komma fram (ingen "fjärrverkan")

- Korrelationsfunktion

"om vi hittar foton 1 i tillstånd A"

vad är P att hitta foton 2 i

tillstånd B ?

Här : $\cos(\phi_A - \phi_B)$

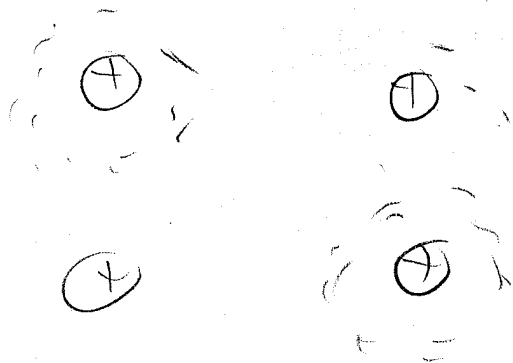
$$\phi_A = \phi_B \Rightarrow 100\%$$

$$\phi_A - \phi_B = 90^\circ \Rightarrow 0\%$$

- Bilda korrelerad kombination S av olika vinklar för att maximera korrelationsfunktionen jämfört med klassiskt (dvs. icke-kvantmekaniskt) : $K < 2$

mät $K > 2$

Nästa gång: bindning $2p^4, 1e^-$



Notera: $2/6$ 13:15 !