Spinn & Stern-Gerlach apparaten.

- Spinn: intrinsik kvantmekanisk egenskap hos partiklar, utan klassisk ekvivalent. Det bidrar till rörelsemängdmoment av partikeln, som 'rotation kring en axel', men partiklar som är 'punktpartiklar' (e^-) har också spinn.

- Spinn kan inte ta godtyckliga värden, som läget x av en partikel.

- Spinn-s: är en vektor: $\vec{S} = (S_x, S_y, S_z)$.
Om man mäter S_z kan man få värden:
$S_z = -\hbar s, -\hbar(s-1), \ldots, \hbar(s-1), \hbar(s)$,
så $2s+1$ möjligheter.
s är spinnkvanttalet, och det kan

S är spinnkvanttalet, och det kan ta värden: $0, \frac{1}{2}, 1, 3/2, \ldots$ (hel och halv tal).

S beror på partikel typ:

e^-, p^+, n: $S = 1/2$ Higgs-boson: $S=0$

foton: $S=1$

'Längden' av spinnvektorn: har ett värde för given S: $|\vec{S}| = \hbar\sqrt{s(s+1)}$

- Vi kan inte bestämma S_x, S_y och S_z samtidigt, bara en! Men, vi kan bestämma S_x och $|S|$ samtidigt, eller S_z och $|S|$.

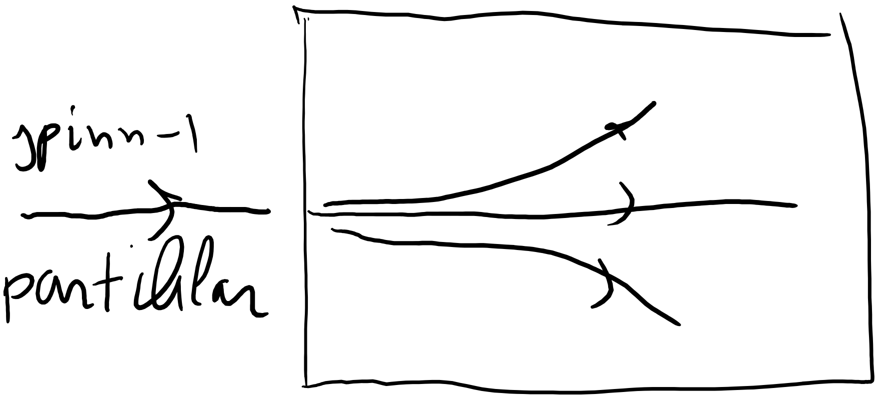
- Partiklar med olika S_z värden kan man skilja på, genom att mäta S_z!

- Utan förklaring: bosoner har heltal S fermioner halvtalig S.

Stern-Gerlach apparaten.

Partiklar med spinn kan avböjas i ett magnetiskt fält ($\vec{B}$). Hur mycket de avböjs beror på (till ex) S_z-värdet. Så man kan separera partiklar med olika S_z värden.

Ex: spinn-1 partiklar; det behövs ett område med en gradient: $\frac{dB_z}{dz} > 0$.



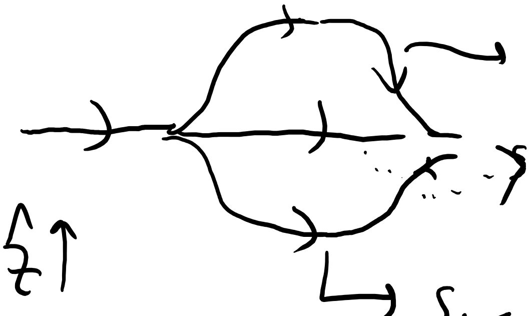
↑ B_z, med $\frac{dB_z}{dz} > 0$

Vi får tre strålar, varje med annat S_z värde: $+\hbar, 0\hbar, -\hbar$

Så upptäcktes spinn-1 partiklar!

Stern-Gerlach apparat: delar upp partiklar i olika strålar, med olika S_z värden. Då kan vi blockera en eller fler strålar, och fogas strålarna igen $\left(\frac{dB_z}{dz} < 0\right)$.

Fallet utan blockering:



$S_z = +\hbar \longrightarrow |+\hat{z}\rangle$

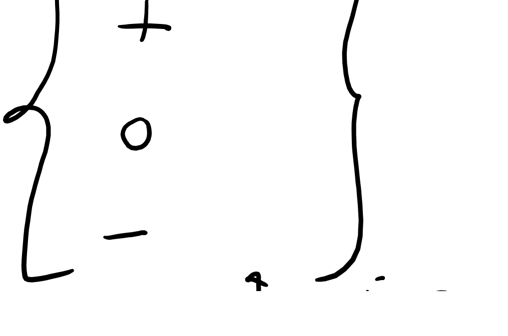
$S_z = 0\hbar \longrightarrow |0\hat{z}\rangle$

$S_z = -\hbar \longrightarrow |-\hat{z}\rangle$

Vi säger att en partikel med $S_z = +\hbar$ är i tillstånd med $S_z = +\hbar$: $|+\hat{z}\rangle$

Notation för den här apparaten:

olika S_z värden.



L —

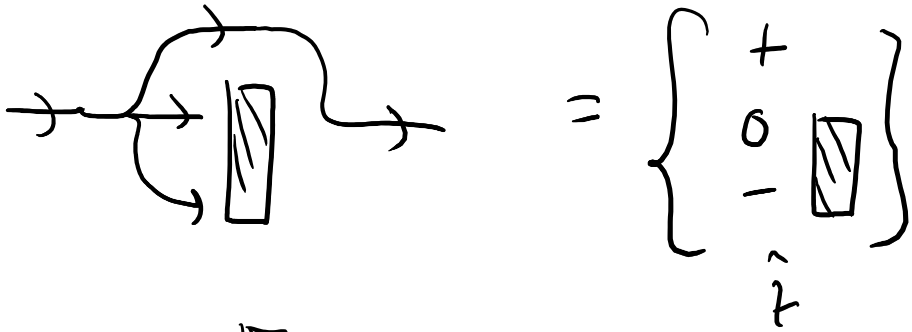
ingen blockering

$\hat{z} \to$ riktning

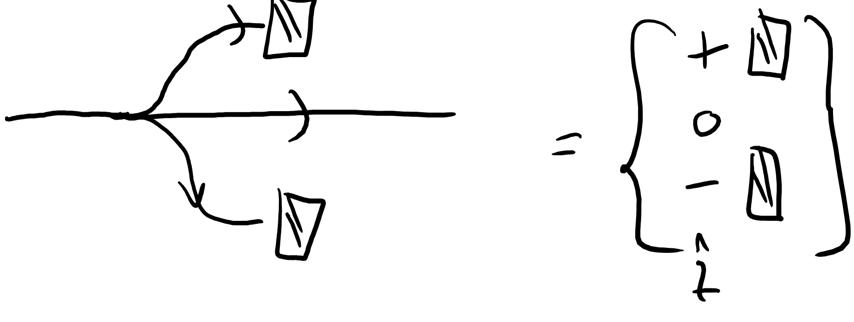
Vi kan rotera apparaten i en godtycklig riktning: $\hat{z}$, $+\hat{x}$, $\hat{z}-\hat{y}$, osv.
Riktning betecknas med S, R, T, osv.

Nu blockerar vi två strålar:

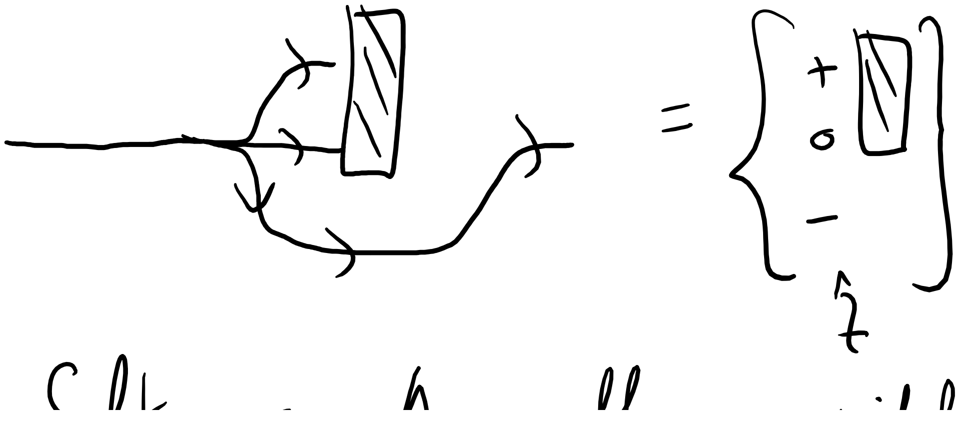
A



B



C

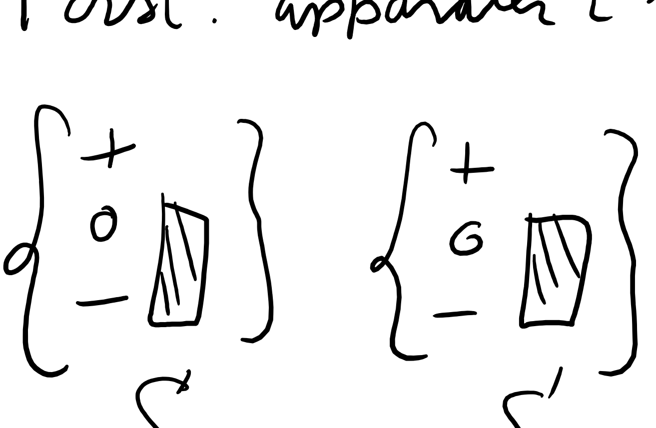


Efter app A: alla partiklar har $S_t = +\hbar$,
efter B: alla partiklar har $S_t = 0\hbar$,
efter C: alla partiklar har $S_t = -\hbar$

Vi säger att vi har 'preparerat' partiklar i ett visst tillstånd.

Nu sätter vi flera apparater efter varandra, och tittar bara på partiklar som kommer genom första apparaten. Fråga: vad är sannolikhet att de kommer genom andra apparaten?

Först: apparater i samma riktning:

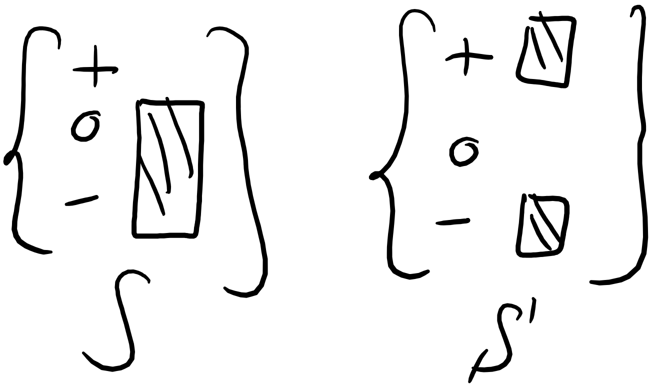


alla partiklar kommer genom 2^a apparaten:

S S' apparaten:

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

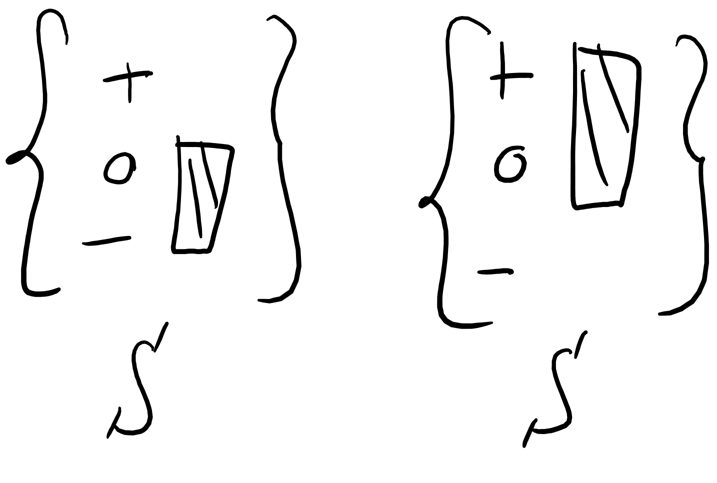
Så $P = |\langle +S | +S \rangle|^2 = 1$



ingen partikel kommer genom:

$\langle 0S | +S \rangle = 0$

$\rightarrow P = 0$



ingen partikel kommer genom:

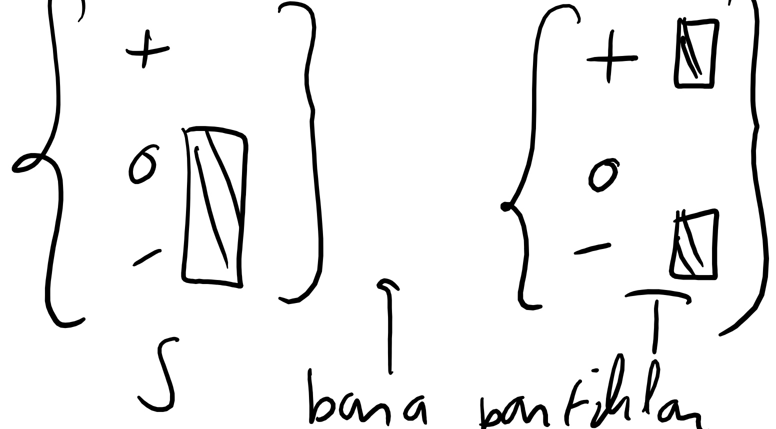
$\langle -S | +S \rangle = 0$

$P = 0$

I allmänhet:

$$
\begin{array}{c|ccc}
 & & |\text{start}\rangle & \\
\langle \text{slut}| & +S & 0S & -S \\
\hline
+S & 1 & 0 & 0 \\
0S & 0 & 1 & 0 \\
-S & 0 & 0 & 1
\end{array}
$$

Nu vrider vi andra apparaten till en annan orientering T (genom att rotera annan orientering 1 (genom att rotera över en vinkel α)



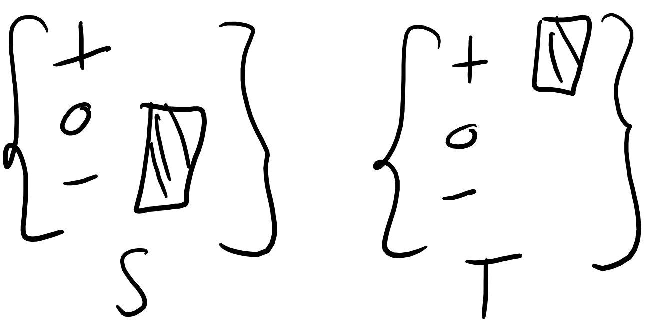
bara partiklar i tillstånd $|+S\rangle$

Amplituden för att komma genom 2^a apparaten: $\langle 0T|+S\rangle$

$\langle 0T|+S\rangle \neq 0$ i allmänhet, och beror på α.

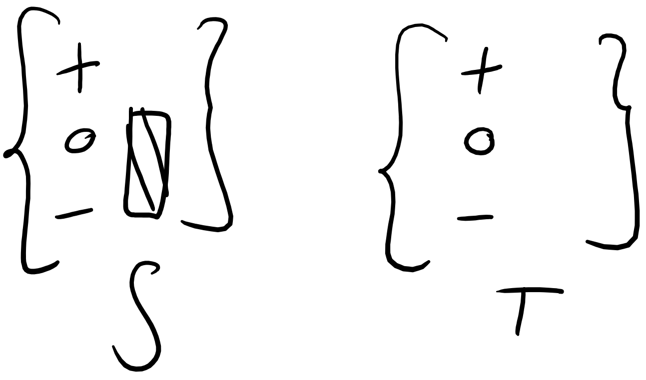
Så $P = |\langle 0T|+S\rangle|^2 \neq 0$

Om 2^a apparaten blockerar bara en stråle:



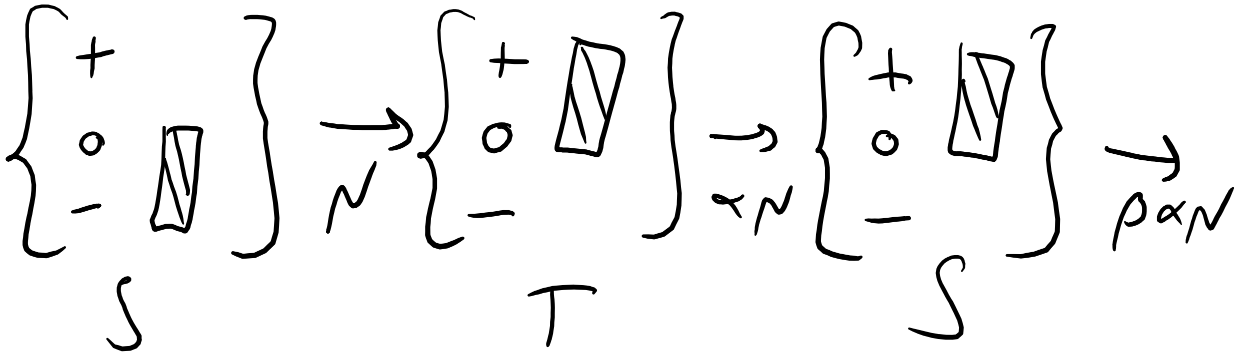
$$P = |\langle 0T|+S\rangle|^2 + |\langle -T|+S\rangle|^2$$

Ingen blockering:



$$P = |\langle +T | +S \rangle|^2 + |\langle 0T | +S \rangle|^2 + |\langle -T | +S \rangle|^2 = 1$$

Nu tar vi 3 apparater, i riktning S, T, och S:



\# partiklar efter 1^a SGA: N

2^a " : αN $\quad 0 \le \alpha \le 1$

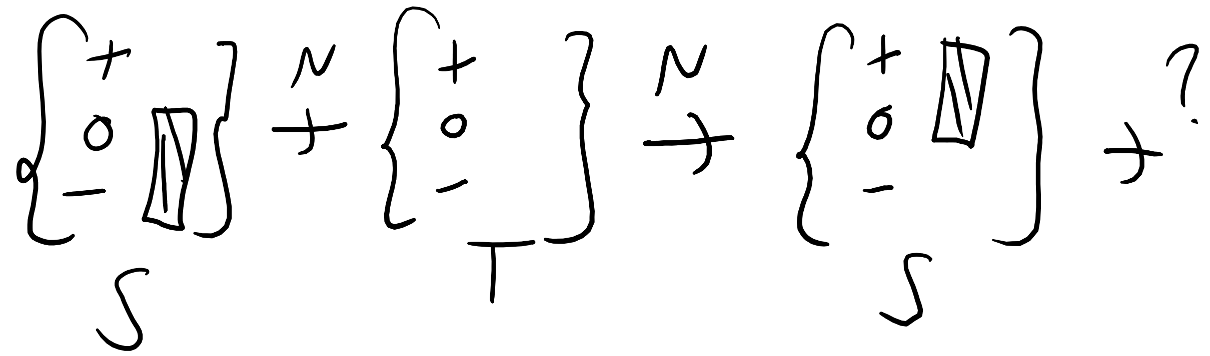
3^e " : $\alpha\beta N$ $\quad (0 \le \beta \le 1)$

Vad är α, β?

$$\alpha = |\langle -T | +S \rangle|^2, \quad \beta = |\langle -S | -T \rangle|^2$$

$\alpha = |\langle -1|+S\rangle|, \quad \beta = |\langle -S|-1\rangle|$

Nu tar vi bort blockering i 2^a SGA, så den släpper genom alla partiklar:



Efter 1^a SGA: alla partiklar är i tillstånd $|+S\rangle$, och det ändras inte i 2^a SGA. I 3^e blockeras $|+S\rangle$, så inga partiklar kommer genom!

Men, om vi <u>blockerar</u> $|+T\rangle$ och $|0T\rangle$ i 2^a SGA, då kommer en del partiklar genom 3^e apparaten!