2010-11-16

Kvantfysikens principer

Identiska partiklar

Läs kompendiet s. 34–36, Feynman 3-4, 4-1

Repetition (och förträllning på rötneövningen)

Skall vi addera amplituder innan eller efter vi tar absolutbeloppet?

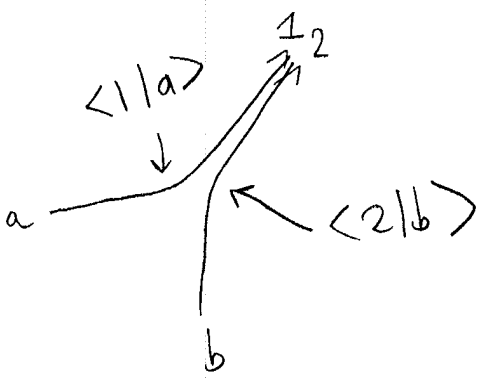
(viktigt därför att $|\psi_1+\psi_2|^2 = |\psi_1|^2 + |\psi_2|^2 + \left[\text{interferens-term}\right]$, alltså inte samma!)

"Externa tillstånd" $\langle\cdot|\rangle\langle|\rangle\langle|\rangle$

Om det är olika externa tillstånd kan amplituderna inte interferera, så då skall vi addera efter. $(|\psi_1|^2+|\psi_2|^2)$ se uppg. 3-P3

Kan de interferera och vi inte har "vilken-väg-information", då skall vi addera före $(|\psi_1+\psi_2|^2)$

Tillstånd med två identiska bosoner



$$P = |\langle 1|a\rangle \langle 2|b\rangle|^2$$

(jfr. sannolikheter för oberoende händelser: $P(a,b) = P(a)\,P(b)$)

$$= \underbrace{|\langle 1|a\rangle|^2}_{=:\,a_1} \underbrace{|\langle 2|b\rangle|^2}_{=:\,b_2}$$

$$P(\text{någon partikel}) = |a_1|^2|b_2|^2 + |a_2|^2|b_1|^2$$

$1 \to 2$: $a_1 = a_2 =: a$
$b_1 = b_2 =: b$

$$\Rightarrow \quad P = |a|^2|b|^2 + |a|^2|b|^2 = 2|a|^2|b|^2$$

bosoner: $P = |a_1 b_2 + a_2 b_1|^2$

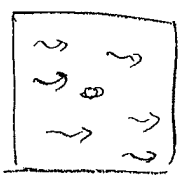
$1 \to 2$: $P = |ab + ab|^2 = 4|a|^2|b|^2$

Feynman:
- samma resultat om $1 = 2$
- för n partiklar:

$$P_n(\text{bosoner}) = n!\, P_n(\text{skiljbara})$$

"bosoner är sociala"

→ stimulerad emission



många ⇒ ännu fler
LASER

Kap 4-5: tentauppg. 050823 uppg. 6
"ultraviolett katastrof"

Fermioner och periodiska systemet

$$P = |a_1 b_2 - a_2 b_1|^2$$

$$1 \to 2 \quad \Rightarrow \quad P \to |ab - ab|^2 = 0$$

Fermioner kan inte vara fler än en i samma tillstånd

— Pauliprincipen

("degenereringstryck")

förklarar neutronstjärnor (kap. 14)
och per. systemet
men först: <u>spinn</u>
(nästa gång)

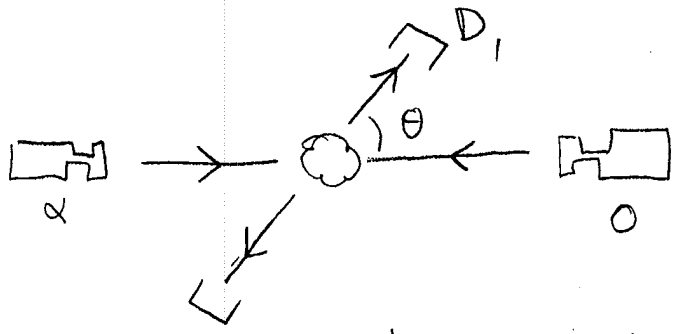
Kvantfysikens principer

Läs kompendium s. 34-36 (identiska partiklar)

Identiska partiklar

först: vanliga icke-identiska partiklar (t.ex. α, O)
(α-partikel (He-kärna), Syrekärna)

antag lågenergi (inget slås sönder)
inga magn. fält (kap. 5)



läget bestämt av rörelsemängdens bevarande (ritat i massecentrumssystemet, där $\vec{p}_{tot} = \vec{p}_\alpha + \vec{p}_O = 0$ både före och efter)

Möjligheter: ("direkt")

a) α i D_1, O i D_2

b) α i D_2, O i D_1 ("utbytes")

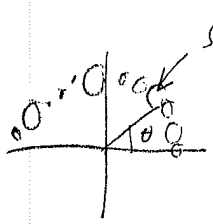
c) inget i D_1, inget i D_2

Uppenbarligen beror förekomsten av alt. c på detektorns bredd $\Delta\theta$. Om $\Delta\theta = \pi$ fångar vi alltid in alla! Det är inte det vi är intresserade av, utan vi vill bestämma sannolikhetstätheten

$$\text{täthet} = \frac{\text{sanndiktat}}{\Delta\theta} \leftarrow \text{räkna som förut: } \frac{\text{antal i } \Delta\theta}{\text{totalt antal}}$$

som vi beteknar med P.

$$P(\text{någon partikel i } D_1) = |f(\theta)|^2 + \underbrace{|f(\pi-\theta)|^2}_{=f(\pi+\theta)} = P(\theta)$$



Stor cirkel = Stort $P(\theta)$

direkt ⇔ utbytes

stämmer med experiment ✓

Nu: identiska partiklar bägge α

(notera: fungerar inte för två ⊗)

se kompendiet

biljardboll

$$|\langle \alpha\ i\ D_1 | \alpha\ i\ S_1 \rangle + \langle \alpha\ i\ D_2 | \alpha\ i\ S_1 \rangle|^2$$

$$= |f(\theta) + f(\pi-\theta)|^2 \quad ✓ \qquad (*)$$

<u>Men:</u> vet inte säkert att

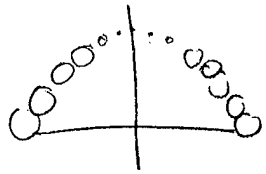
$$\langle \alpha\ i\ D_2 | \alpha\ i\ S_1 \rangle = f(\pi-\theta)$$

bara att

$$|\langle \alpha\ i\ D_2 | \alpha\ i\ S_1 \rangle|^2 = |f(\pi-\theta)|^2$$

så måste vi ha + som i (*) ?

Experiment med e^- istället för α:



$$P(\tfrac{\pi}{2}) = 0$$

⇒ antag att det betyder

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

för då blir alltid $P(\frac{\pi}{2}) = 0$ oavsett $f(\theta)$

"fermioner", Mer om detta senare, nu "bosoner" (t.ex α, γ,)