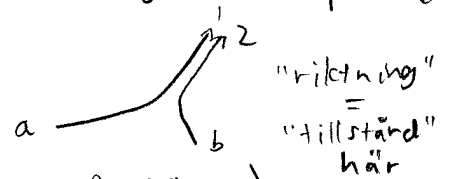


12/5

Kvantfysikens principer, 4

Kampendiet s. 34-36 : "direkt" kontra "utbytes"-amplitud

Samma sak i Dirac-formalism:

inte identiska: t.ex ($a = \alpha$ -partikel, $b = \theta$ -kärna)amplitud: $\langle 1|a \rangle \langle 2|b \rangle$ $a \rightarrow D_1$, $b \rightarrow D_2$

$$P(a \rightarrow 1, b \rightarrow 2) = |\langle 1|a \rangle \langle 2|b \rangle|^2 = |\langle 1|a \rangle|^2 |\langle 2|b \rangle|^2$$

som fört: kalla dem något: $\langle 1|a \rangle =: a_1$
 $\langle 2|b \rangle =: b_2$

$$P_{\text{tot}} = P(a \rightarrow 1, b \rightarrow 2) + P(a \rightarrow 2, b \rightarrow 1)$$

$$= |a_1|^2 |b_2|^2 + |a_2|^2 |b_1|^2$$

"något händer"
 (borde inte det vara
 100%? Normering senare...)

Betrakta samma riktning: $1=2$

$$\Rightarrow a_1 = a_2 =: a$$

$$b_1 = b_2 =: b$$

$$\Rightarrow P_{\text{tot}} = |a|^2 |b|^2 + |a|^2 |b|^2 = 2 |a|^2 |b|^2$$

Identiska (t.ex $a = \alpha$, $b = \alpha$)

$$\text{amplitud: } \langle 1|a \rangle \langle 2|b \rangle + \langle 2|a \rangle \langle 1|b \rangle$$

$$P_{\text{tot}} = |a_1 b_2 + a_2 b_1|^2 = 4 |a|^2 |b|^2$$

Dubbelt så stort!

Det här var för identiska partiklar
av typen α -partiklar — kallas "bosoner"

För elektroner (typen "fermioner") är det
ennerlunda — mer senare.

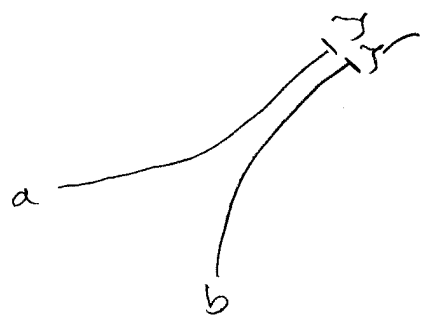
Nu tar vi 3 bosoner, istället för 2 :

$$P = |a, b, c + \dots|^2 \stackrel{a_1=a, a_2=a}{=} |n!|^2 |abc|^2 ?$$

Problem: vi måste vara lite mer specifika.

När vi pratar om "riktningar", i motsats
till "detektorer" (som antas ha någon liten "bredd")
är sannolikheten om man skall vara riktigt
noga exakt noll, för vi måste normera
relativt alla möjliga riktningar, som är ∞ många
($\frac{1}{\infty} = 0$)

dS , (element)



"riktig" sannolikhet (kan normeras till %)

$$dp(a \rightarrow dS) = |\langle 1 | a \rangle|^2 dS$$

$$= |a_1|^2 dS$$

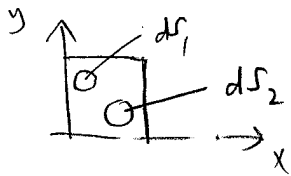
vi ser att vi har
räknat ut sannolikhets-
densiteter, här per m^2 .

antag a beror inte på var på dS , den träffar (gör dS , liten!)

$$P = \int_{\Delta S} dp = |a_1|^2 \Delta S$$

$\Rightarrow$ skiljbara : $P = |a|^2 |b|^2 (\Delta S)^2$ ← notera normeringen!
inte skiljbara : $P = 2 |a|^2 |b|^2 (\Delta S)^2$
 $\frac{1}{2} (4 |a|^2 |b|^2 (\Delta S)^2)$
(ingen 2:a)

$\Rightarrow$ regel: dela P med $n!$ så vi inte räknar ΔS $n!$ gånger



$\propto$ Feynman s. 4.4-4.7
(behöver inte förstå detaljer)

$\Rightarrow$ för n partiklar

$$P_n = \frac{|h!|^2 |abc \dots|^2 (\Delta S)^n}{n!} = n! |abc \dots|^2 (\Delta S)^n$$

Men det betyder

$$P_{n+1} = (n+1)! |abc \dots|^2 (\Delta S)^{n+1} \quad (n+1)! = (n+1)n(n-1)\dots$$

$$\Rightarrow P_{n+1} \propto (n+1) \cdot P_n$$

chansen att en boson skall gå in i ett tillstånd är större ju fler som redan finns i tillståndet.

"bosoner är sociala"

- laser (kap 9 - uppgift 1! laser = maser vid optiska frekvenser)
- flytande helium vid låga temperaturer
"supervätska" (jfr. supraleddare)
flyter utan motstånd
underlaget förblir torrt

Vi ser att för fermioner (t.ex. elektroner)

$$\underbrace{\langle 1|a \rangle \langle 2|b \rangle}_{a_1 b_2} - \underbrace{\langle 2|a \rangle \langle 1|b \rangle}_{a_2 b_1}$$

Nu: om $1=2$

$$ab - ab = 0$$

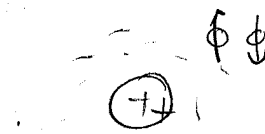
ifr. spridningsexp.
 $f(\theta) - f(\pi - \theta)$
 $\Rightarrow$ för $\theta = \frac{\pi}{2}$: $f(\frac{\pi}{2}) - f(\frac{\pi}{2}) = 0$
 oavsett vad f är, för funktion!

2 elektroner är aldrig i samma tillstånd
 "fermioner är asociala"

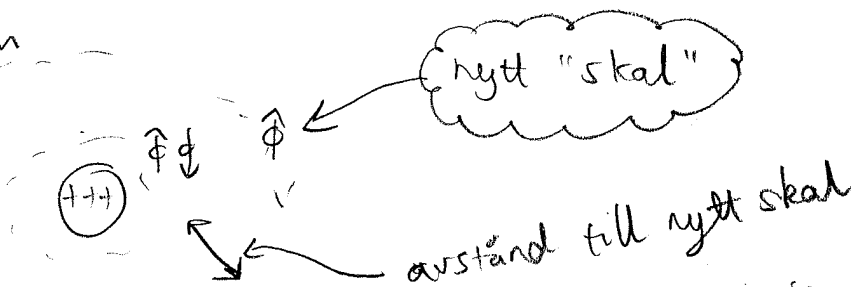
väte
 $1e^-$



helium
 $2e^-$



litium
 $3e^-$



PERIODICITET!

3:e elektronen

svagare bunden

"valenselektron"

joniseringsenergi	
14 eV	H
25 eV	He
5 eV	Li



Konceptfråga 5:

Varför inte bara a , dvs. en till i samma skal men någon annanstans i skalet?

A) elektroner är "i hela molnet"

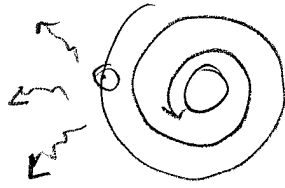
B) spinnet är bevarat så vi kan inte addera ↑

C) det är ekvivalent med bilden ovan med ett nytt skal

Svar: A (Alla)

(4)

Kvantfysik $\Rightarrow$ atomers stabilitet
"Planckmodellen"



Försök förstå analogt resonans med H_2 (s 4-14)

Räkneövning imorgon!

Int. uppgift imorgon! (Inne 20/5)

