



Marcus Berg, 2008-05-12

Kommentar: De två inlämningsuppgifterna ger bonuspoäng på tentan, med undantaget att man inte kan höja sig från underkänt till godkänt med de här poängen (godkänt = G i gamla systemet = E i sjugradiga skalan). Med andra ord, får man underkänt på tentan så räknas inte de här poängen.

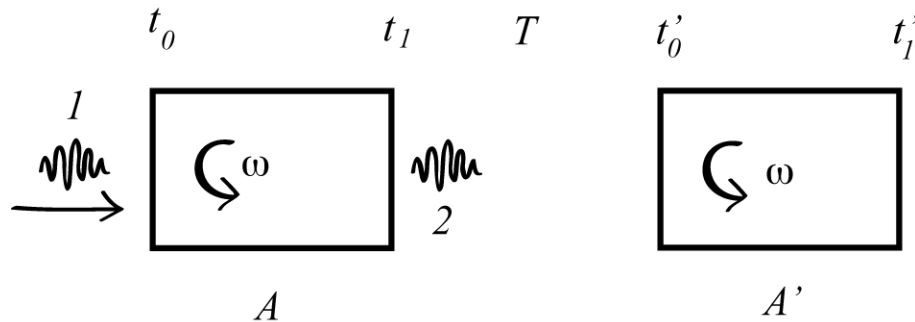
Du får diskutera koncepten i uppgiften med andra studenter, men du får inte skriva detaljerade lösningar tillsammans med någon annan. Det är alltså inte något grupparbete. Lösningarna skall vara motiverade och tydligt visa hur du kom fram till svaret.

Sista inlämningsdatum i Marcus fack: 29/5, kl. 16.30

Kvantfysikens principer, FK2003

Inlämningsuppgift 2: Snärjelse

Betrakta ett två-foton-tillstånd. Foton 1 består mestadels av frekvens ω_0 och prepareras i tillståndet $|+\rangle$. Vid tiden t_0 skickas foton 1 in i en apparat A , där polarisationstillståndet roteras med frekvensen ω . Fotonen kommer ut ur A vid tiden t_1 , och interagerar med foton 2 som har preparerats på ett visst sätt. Foton 1 rör sig sedan tiden T mot apparat A' , går in i apparat A' vid tiden t'_0 , och lämnar den vid tiden t'_1 .



Då kan man visa (som tur är behöver ni inte kunna det!) att det totala tillståndet vid tiden t'_1 är

$$|\psi(t'_1, t_0)\rangle = \frac{1}{2} \left[-ie^{-i(a+\omega_0 T/2)}(e^{-ib}|+, +\rangle - ie^{ic}|-, +\rangle) \right. \\ \left. + ie^{i(b+\omega_0 T/2)}(-ie^{-ic}|+, -\rangle + e^{ib}|-, -\rangle) \right] \quad (1)$$

där $a = \omega(t_1 + t_0)/2$, $b = \omega(t_1 - t_0)/2$ och $c = \omega(3t_1/2 - t_0 + T)$. Här betyder t.ex. $|+, -\rangle$ att foton 1 är i $+z$ -tillståndet och foton 2 i $-z$ -tillståndet. Nu mäter Bob foton 1:s tillstånd vid tiden t'_1 , och upprepar experimentet många gånger med olika frekvenser ω för att se hur sannolikheten beror på ω . Man kan visa att ett beroende på ω , s.k. modulering, uppstår av interferens mellan två möjliga händelser: (spinnbyte i A + inget spinnbyte i A') och (inget spinnbyte i A + spinnbyte i A').

- a) Vad kommer Bob att finna för $P(\text{foton 1} = +z)$, dvs. sannolikheten att hitta foton 1 i tillstånd $+z$ oavsett i vilket tillstånd foton 2 är i? (Bob har ju inte försökt mäta foton 2 alls.) Uppvisar den någon interferens, dvs. beror den på ω ? (1p)

Bob mäter fortfarande spinnet hos foton 1 i z -riktningen vid tiden t'_1 , men nu bestämmer sig Alice klyftigt nog för att mäta spinnet hos foton 2 i y -riktningen, även det vid tiden t'_1 . Använd för foton 2 att z -bastillstånd kan komposantuppdelas i y -bastillstånd enligt

$$|+\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|+y\rangle + |-y\rangle) \quad (2)$$

$$|-\rangle = \frac{-i}{\sqrt{2}}(|+y\rangle - |-y\rangle) . \quad (3)$$

Då kan vi dela upp det totala två-foton-tillståndet genom att bara dela upp “foton-2-delen”, som följer:

$$|+, +\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|+, +y\rangle + |+, -y\rangle) \quad (4)$$

$$|+, -\rangle = \frac{-i}{\sqrt{2}}(|+, +y\rangle - |+, -y\rangle) \quad (5)$$

och liknande för de andra två, $|-, +\rangle$ och $|-, -\rangle$.

- b) Vad är $P(\text{foton 1} = +z, \text{foton 2} = +y)$? Vad är $P(\text{foton 1} = +z, \text{foton 2} = -y)$? Uppvisar de interferens? (*Ledning:* $|-ie^{-ix} - ie^{iy}|^2 = 4\cos^2((x+y)/2)$) (1p tillsammans)
- c) Jämför svaren i uppgift a) och b), och förklara fysikaliskt vad som händer när Alice gjorde sin mätning. (*Ledning:* Eftersom Alice bara kan mäta två alternativ $+y$ eller $-y$, hur borde *summan* av de två sannolikheterna i b) hänga ihop med den i a)?) (1p)
- d) **Överkurs:** Stämmer det att säga att Alice har “suddat ut” information? (0p)

Kommentar: Uppgift a) är svår, och uppgift b) och c) är mycket svåra (dvs. svårare än tentauppgifterna).