

# QuantumLab – Bell test logbog

## 1 CHSH ulighed – fremgangsmåde

- Start med at bruge modulet “quQNT CHSH inequality” til at gennemføre de 16 målinger, der skal til for at teste om CHSH uligheden er brudt, og noter den målte S-værdi.

Målt S-værdi:  $S = \underline{2.725}$ ,  $\delta = \underline{0.019}$ ,  $n = \underline{39}$

- Når du har vist, at du kan bryde CHSH uligheden, så gå tilbage til modulet “quQNT Rates”, hvor du kan aflæse antallet af detekterede fotoner for de to detektorer (“Single 0” og “Single 1”) samt antallet af koincidenser (“Coincidence 01”).

Indstil integrationstiden til 1000 ms og brug knappen SiS til at foretage enkelte målinger for hver af de 16 polarisatorindstillinger, der skal bruges for at bryde CHSH uligheden. For hver indstilling noteres de tre måleresultater i skemaet på næste side.

- Udstyret bruger et *koincidensvindue* på  $\tau = 25$  ns ( $1$  ns =  $10^{-9}$  s) til at afgøre om to fotoner er blevet detekteret samtidig. For hver måling opsamles der detektioner over en *integrationstid* på  $T = 1000$  ms.

Ud fra antallet af detektioner i hver detektor, kan du nu for hver af de 16 polarisatorindstillinger beregne, hvor mange af de målte koincidenser vi forventer er falske, ved at bruge ligningen:

$$N_{ac} = \frac{N_0 \cdot N_1 \cdot \tau}{T}. \quad (1)$$

Noter de beregnede antal falske koincidenser i skemaet.

- For at korrigere for antallet af falske koincidenser, skal du for hver måling trække  $N_{ac}$  fra  $N$ . Noter resultaterne i skemaet.
- På sidste side finder du information om, hvordan du ud fra målingerne kan beregne de fire korrelationsfunktioner der ingår i CHSH uligheden og tjekke at uligheden faktisk er brudt.

Indsæt de korrigerede antal af koincidenser i udtrykket for korrelationsfunktionerne og læg resultaterne sammen (husk fortegnene). Hvilken S-værdi når du frem til?

Beregnet S-værdi:  $S = \underline{\hspace{10em}}$

Polarisatorvinkel		Single 0	Single 1	Coincidence 01	Forventede falske	Korrigerede koincidenser
$\alpha$ (#0)	$\beta$ (#1)	$N_0$ (rød)	$N_1$ (blå)	$N$ (grøn)	$N_{ac} = \frac{N_0 N_1 \tau}{T}$	$N - N_{ac}$
0 (H)	22.5	83008	66990	2916		
0 (H)	67.5	82468	62034	581		
0 (H)	112.5	83460	62052	471		
0 (H)	157.5	83143	57442	1854		
315 (-)	22.5	68162	66896	898		
315 (-)	67.5	69132	61591	507		
315 (-)	112.5	68512	61766	2525		
315 (-)	157.5	68691	57108	2581		
90 (V)	22.5	59203	67531	588		
90 (V)	67.5	58818	62568	3050		
90 (V)	112.5	58394	61139	3119		
90 (V)	157.5	57931	57167	648		
45 (+)	22.5	74487	67214	3298		
45 (+)	67.5	74275	61838	3033		
45 (+)	112.5	74361	61746	770		
45 (+)	157.5	74457	56638	488		

### 3 Beregning af S-værdi

Korrelationsfunktionerne der indgår i CHSH uligheden er givet ved

$$E(\alpha, \beta) = \frac{N(\alpha, \beta) + N(\alpha^\perp, \beta^\perp) - N(\alpha, \beta^\perp) - N(\alpha^\perp, \beta)}{N(\alpha, \beta) + N(\alpha^\perp, \beta^\perp) + N(\alpha, \beta^\perp) + N(\alpha^\perp, \beta)}, \quad (2)$$

og de polarisatorvinkler der er blevet brugt ved målingerne er

Vinkel	Radianer	Grader
$\alpha$	$-\pi/4$	$-45^\circ$
$\alpha'$	0	$0^\circ$
$\beta$	$-\pi/8$	$157.5^\circ$
$\beta'$	$\pi/8$	$22.5^\circ$

- Beregn værdierne for hver af de fire korrelationsfunktioner ved at indsætte de relevante målinger i formel (2) ovenfor.

$$E(\alpha, \beta) = \text{_____} =$$

$$E(\alpha, \beta') = \text{_____} =$$

$$E(\alpha', \beta) = \text{_____} =$$

$$E(\alpha', \beta') = \text{_____} =$$

- Brug de beregnede værdier for korrelationsfunktionerne til at udregne S-værdien.

$$S = E(\alpha, \beta) - E(\alpha, \beta') + E(\alpha', \beta) + E(\alpha', \beta') =$$