Composer-opgave 4

Åbn filen ”Exercise 4 – mean values timeevolution.flow”, som findes på Blackboard under uge 6. Så fremkommer der et ”blok-diagram”, som minder meget om det fra opgave 3 fra sidste uge. Ud over et ”Position Plot”, som viser bølgefunktionen til den aktuelle tid, er der også beregninger af middel-værdierne <x> og <p>.

- Start tidsudviklingen ved at klikke på den grønne start-knap øverst til venstre. Bemærk startbølgefunktionen, som er defineret som en linearkombination af stationære tilstande i feltet ”Linear combination”. Hvordan ser dynamikken af <x> og <p> ud?

- Hvordan ændrer billedet sig, hvis fortegnet skiftes på en af koefficienterne?

- Hvad sker der, hvis vinkelfrekvensen (her kaldet ”a”) fordobles eller halveres?

- Hvad er sammenhængen mellem <x> og <p> ud fra graferne i Composer? Hvordan skal de hænge sammen rent teoretisk?

- Prøv at inkludere flere tilstande i din linearkombination for at opnå en ”skørt udseende” bølgefunktionsdynamik. Kan du også få <x> og <p> til at ”opføre sig skørt”? Hvorfor/hvorfor ikke?

- Prøv at ændre potentialet til f.eks. 0.5*a^2*x^4 og gentag spørgsmålet ovenfor. Kan du få mere ”vildskab” ind i tidsudviklingen for <x> og <p>? Hvis ja, hvorfor? Hvad er det særlige ved den harmoniske oscillator?

- For at kaste lidt mere lys på ovenstående særheder ved den harmoniske oscillator, kan du overveje hvordan <x> opfører sig som funktion af tiden for en *arbitrær* linearkombination af stationære tilstande. Hvilke tilstande/krydsled spiller en rolle i sandwich-formlen, når x- eller p-operatoren udtrykkes gennem hæve- og sænke-operatorerne?

- Prøv følgende startbetingelser for den harmoniske oscillator (husk at rette potentialet tilbage til 0.5*a^2*x^2): c0 = 0.74, c1 = 0.60, c2 = 0.01, c3 = -0.27, c4 = -0.16. Få ”Position Plot” til også at vise <x> ± σ_x. Hvad sker der med spredningen som funktion af tiden? Tilstanden kaldes ”amplitude-squeezed”, da σ_x er lille, når amplituden <x> er stor. Til gengæld må man leve med en stor σ_x, når <x> er lille!!!

- De friske kan plotte σ_x, σ_p, og sågar også deres produkt for at tjekke, om Heisenbergs usikkerhedsrelation er opfyldt. Hvad er værdierne af disse spredninger og deres produkt for grundtilstanden?