

Heisenbergs Usikkerhedsrelationer

NOVA 20121126

Kosmologigruppen

Poul Henrik Jørgensen

Werner Heisenberg 1927

- Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik: „
..es wird gezeigt, daß kanonisch konjugierte Größen simultan nur mit einer charakteristischen Ungenauigkeit bestimmt werden können ..“
- Jo mere nøjagtigt eks. **positionen** er observeret, desmindre nøjagtigt er *momentet* kendt, og vice versa. Samme gælder for *energien* og *tidspunktet*

Earl Hesse Kennard

- Formulerede Heisenbergs hypotese således:
- $\sigma_x \sigma_p \geq \hbar/2$ ($\hbar = h/2\pi$)
- Produktet af standardafvigelsen (unøjagtigheden) for eks. position (x) og moment (p) er større eller lig \hbar (Plancks konstant divideret med $2 * \pi$)

Observationseffekten

- Heisenberg (og mange lærebøger) hævder, at unøjagtigheden skyldes selve målingen:
- Når man eksempelvis observerer en elektron ved hjælp af en lysbølge, vil fotonerne påvirke elektronens position.
- Usikkerhedsrelationen kan imidlertid beskrives ud fra partiklernes (fermionernes) bølgefunktion – uanset evt. observationseffekt.
- Common Interpretation of Heisenberg's Uncertainty Principle Is Proved False
 - <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=common-interpretation-of-heisenbergs-uncertainty-principle-is-proven-false>

Usikkerhedsrelationen

- Usikkerheden ved måling af visse egenskaber skyldes selve kvantefysikken.
- Position og moment eller energi og interval (tidspunkt) for en partikel (fermion) er *konjugerede* variable (Duale Fourier transformationer)
- Jo mere præcist, man fastlægger den ene egenskab, des større er variationen i dens konjugerede egenskab.
- Andre parametre kan imidlertid godt bestemmes nøjagtigt, eks. elektronens masse.

Bølgefunktioner og usikkerhed

- En “partikel” (fermion) kan beskrives ved en bølgefunktion
- En periodisk bølgeform kan beskrives ved en række sinusbølger med forskellig frekvens, amplitude og fase
- Momentet af en uendelig sinusbølge med en enkelt frekvens er veldefineret; men positionen udefineret.
- Positionen af en smal spids, som er dannet af uendeligt mange frekvenser, er veldefineret; men momentet udefineret.

Sammenbrud af bølgefunktionen

- Et system kan i kvantefysikken beskrives ved en bølgefunktion.
- Bølgefunktionen udtrykker sandsynligheder for forskellige værdier af tilstande inkl. eksempelvis position og moment.
- Når værdien af en egenskab observeres, reduceres den til en tilfældig af de mulige værdier.
- Det er uvist, hvorvidt bølgefunktionens sammenbrud er et subjektivt fænomen eller udtryk for et objektive fysisk fænomen?
- Det er også uvist, hvorvidt det er observatøren selv, som fremprovokerer bølgefunktionens sammenbrud?