TFY4215 Innføring i kvantefysikk. Institutt for fysikk, NTNU. Våren 2018.
Obligatorisk øving. Innleveringsfrist: Søndag 8. april kl 23.59.

Innlevering på blackboard, individuelt eller i grupper på to eller tre.
Alternativ 1:
Skriv en ryddig besvarelse i LaTeX, inklusive figurer, som leveres i pdf-format. Lever også en fungerende kode, normalt i python eller matlab.
Alternativ 2:
Lag en IPython (Jupyter) notebook der tekst, figurer og python kode er integrert i et dokument. Eilif Sommer Øyre vil gi en introduksjon til IPython (Jupyter) notebook i øvingstimene onsdag 7. mars (R5 kl 12.15). Se ellers nettsiden numfys.net.

Bølgepakker og Heisenbergs uskarphetsrelasjon

1. La en gaussformet bølgepakke $\Psi(x,0)$ representere et fritt elektron ($V=0$) med midlere startposisjon $\langle x\rangle(0)=x_0$, midlere impuls $\langle p\rangle(0)=p_0$ og usikkerhet (standardavvik) $\Delta x(0)=\sigma$. Beregn $\Delta x(t)$ numerisk og sammenlign med det analytiske uttrykket for $\Delta x(t)$ ved å plotte begge to i en figur.

2. La nå potensialet være harmonisk, $V(x)\sim x^2$. Bruk starttilstander $\Psi(x,0)$ som i forrige oppgave og studer deres tidsutvikling $\Psi(x,t)$, samt tidsutviklingen til usikkerheten i posisjon og impuls, hhv $\Delta x(t)$ og $\Delta p(t)$. Undersøk spesielt om Heisenbergs uskarphetsrelasjon er oppfylt. Plott uskarphetsproduktet som funksjon av t. Bruk minst to ulike starttilstander som gir kvalitativt ulik oppførsel for $\Delta x(t)$. Kommenter gjerne både forventet og eventuelt overraskende oppførsel.

Noen tips:

- Legg inn tilstrekkelig store områder med konstant potensial på hver side av det harmoniske potensialet. Starttilstanden $\Psi(x,0)$ bør nok i stor grad være lokalisert mellom de klassiske vendepunktene (for en energi som tilsvarer midlere impuls p_0, dvs $E=p_0^2/2m$).
- Bruk øvingene (oppgavene 7 og 11) som hjelp underveis.
- Se forelesningene og øvingene (oppgave 15) for beregning av utviklingskoeffisientene c_n i

$$\Psi(x,t)=\sum_{n=0}^{N-1} c_n\psi_n(x)\,\exp(-iE_nt/\hbar).$$

- Se forelesningene og utlagte pythonprogram for numerisk løsning av TUSL.
- Lag gjerne programmene slik at de viser animasjoner av sannsynlighetstetthetene $|\Psi(x,t)|^2$.