

# This is a Very Important Title!

Person McSomething  
(Dated: December 14, 2021)

This abstract is abstract.

If you want to learn more about using L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, you should check UiO's official tutorials: <https://www.mn.uio.no/ifi/tjenester/it/hjelp/latex/>

If you are familiar with L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X and you want to learn more about the REVTeX4-1 document class, check: [http://www.physics.csbsju.edu/370/papers/Journal\\_Style\\_Manuals/auguide4-1.pdf](http://www.physics.csbsju.edu/370/papers/Journal_Style_Manuals/auguide4-1.pdf)

## I. INTRODUKSON

Et viktig eksperiment gjennom historien har vært to-spalte eksperimentet, først introdusert av Thomas Young på 1800-tallet [?]. Young sitt eksperiment gikk ut på hvordan lys oppfører seg som en bølge. Senere har det blitt vist hvordan partikler, som for eksempel elektroner også kan oppføre seg som bølger ved hjelp av to-spalte eksperimentet. Forståelsen på hvordan en partikkel interferer med seg selv er gitt av Schrödingerlikningen fra kvantefysikken:

$$i\hbar \frac{d}{dt}|\Psi\rangle = \hat{H}|\Psi\rangle, \quad (1)$$

For å kunne se hvordan en kvantetilstand vil oppføre seg i et slikt eksperiment så skal vi bruke Schrödingers likning til å simulere et ett-spalte, to-spalte og tre-spalte system innad i en boks. Ved å gjøre dette kan vi finne sannsynlighetsfordelingen til en tenkt partikkel og sammenlikne med tidligere teoretiske og eksperimentelle resultater. I teori delen går igjennom Schrödingerlikningen og Crank-Nicolson likningen. I metode delen viser vi hvordan vi setter opp systemet og ser på hvordan vi tidsutvikler det. Vi representerer resultatene så i resultatskapittelet og diskuterer de separat i diskusjonsdelen. Til slutt summerer vi opp og kommer med en konklusjon.

## II. TEORI

### A. Vet ikke om denne kan være med

I dette eksperimentet skal vi bruke Crank-Nicolson tilnærmingen. Denne kombinerer to andre tilnærminger: forover differanse og bakover differanse. Forover differanse baserer seg på å at man kan finne stigningen mellom et punkt  $u_i^n$  og neste punkt  $u_{i+1}^{n+1}$  ved ligningen

$$\frac{u_{i+1}^{n+1} - u_i^n}{\Delta t} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\delta x)^2}$$

Vi ser her på kun i én dimensjon. Vi har også antatt at tidstegene er så små at punktet  $u_i^n$  kun kan bli påvirket av nabopunktene. Da får vi at

$$u_i^{n+1} = u_i^n + (u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n) \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2}$$

Hvis vi nå definerer  $\alpha \equiv \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2}$  får vi at

$$u_i^{n+1} = (1 - 2\alpha)u_i^n + \alpha(u_{i+1}^n + u_{i-1}^n)$$

Så har vi bakover differanse som baserer seg på å finne stigningen mellom forrige tidspunkt  $u_i^{n-1}$  og det nåværende tidspunktet  $u_i^n$ .

$$\frac{u_i^n - u_i^{n-1}}{\Delta t} = \frac{u_{i+1}^n - 2u_i^n + u_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$$

og på samme måte som med forover får vi nå

$$u_i^{n-1} = (1 + 2\alpha)u_i^n - \alpha(u_{i+1}^n + u_{i-1}^n)$$

### B. Numerisk tilnærming

V har da fra Schrödingerlikningen at

$$i \frac{\delta u}{\delta t} = -\frac{\delta^2 u}{\delta x^2} - \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} + v(x, y)$$

eller

$$\frac{\delta u}{\delta t} = i \frac{\delta^2 u}{\delta x^2} + i \frac{\delta^2 u}{\delta y^2} - iv(x, y)$$

Vi skal så bruke Crank-Nicolson tilnærming så vi starter med å approksimere den venstre-siden

$$\frac{du}{dt} = \frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^n}{\Delta t}$$

Hvor  $n$  er tidsteg vi er i. Crank-Nicolson baser seg på forover og bakover tilnærming. For forover har vi at

$$\frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^n}{\Delta t} = F^n$$

mens bakover har vi

$$\frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^n}{\Delta t} = F^{n+1}$$

Så kombinerer vi disse forover og bakover

$$\frac{u_{i,j}^{n+1} - u_{i,j}^n}{\Delta t} = \theta F^{n+1} - (1 - \theta) F^n$$

slik at for  $\theta = 1$  har vi bakovertilnærmingen og for  $\theta = 0$  har vi forovertilnærmingen.

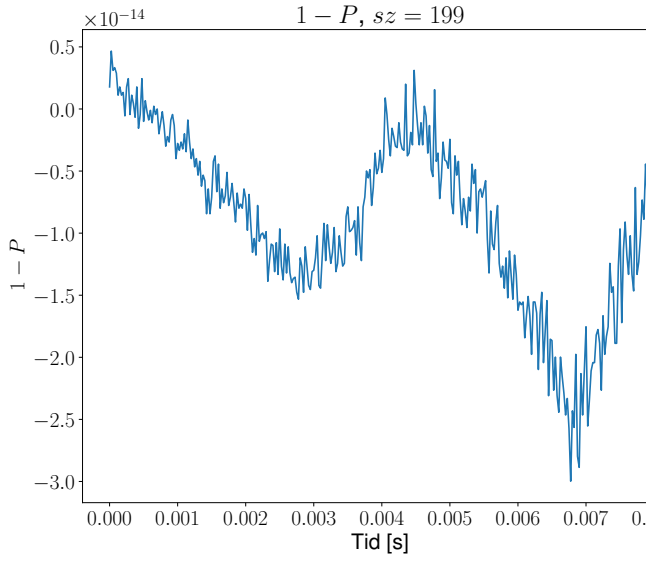


Figure 1. Avviket til den totale sannsynligheten  $1 - P$  i tiden  $t = 0$  s.

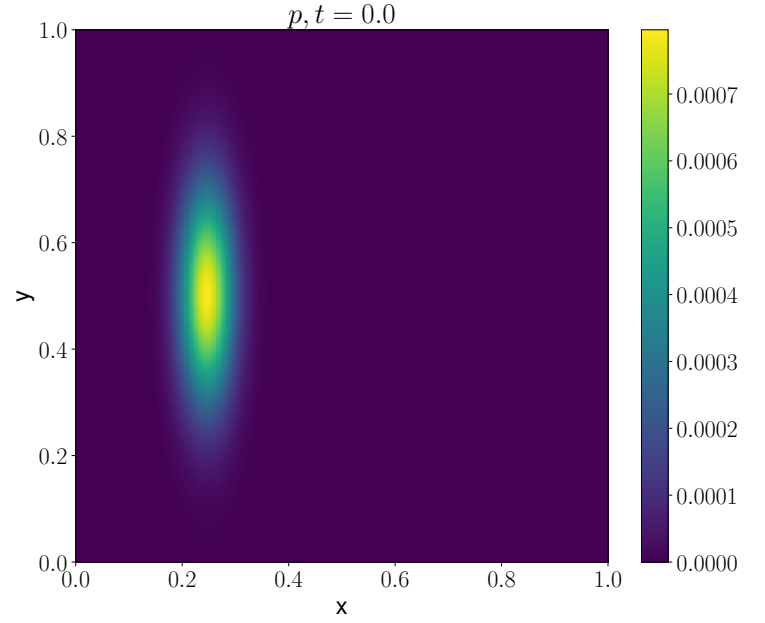


Figure 3.  $|u|^2$  i tiden  $t = 0$  s.

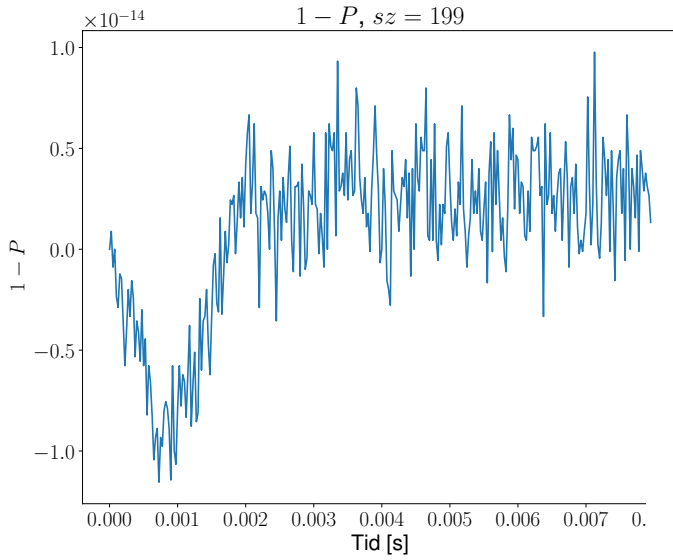


Figure 2. Avviket til den totale sannsynligheten  $1 - P$  i tiden  $t = 0$  s.

### III. METODE

### IV. RESULTATER

Avviket til den totale sannsynligheten er vist i [Figure 1](#) og [Figure 2](#).

For to-spalte system så fikk vi [Figure 3](#) for  $t = 0$  s, med den reelle delen vist i [Figure 4](#) og imaginær i [Figure 5](#):

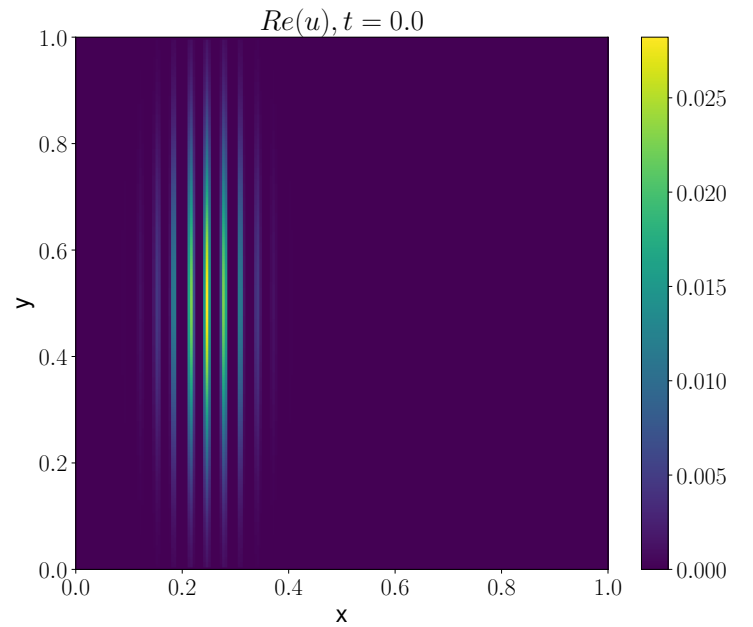


Figure 4.  $Re(u)$  i tiden  $t = 0$  s.

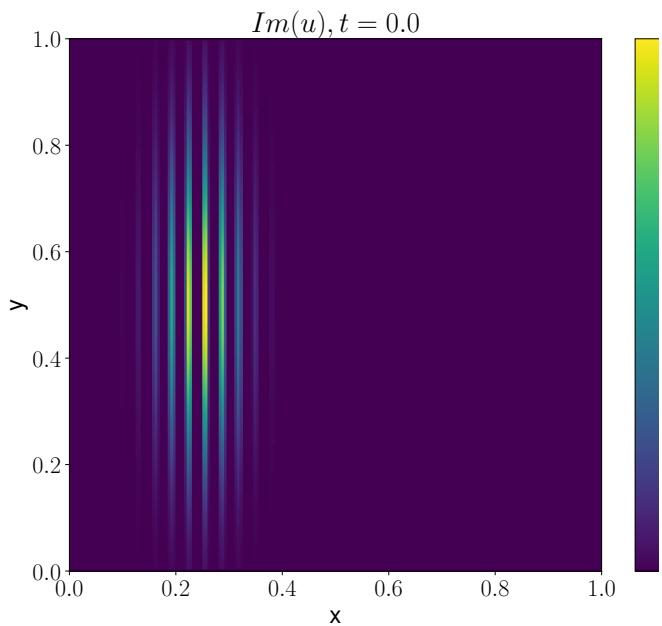


Figure 5.  $Im(u)$  i tiden  $t = 0$  s.

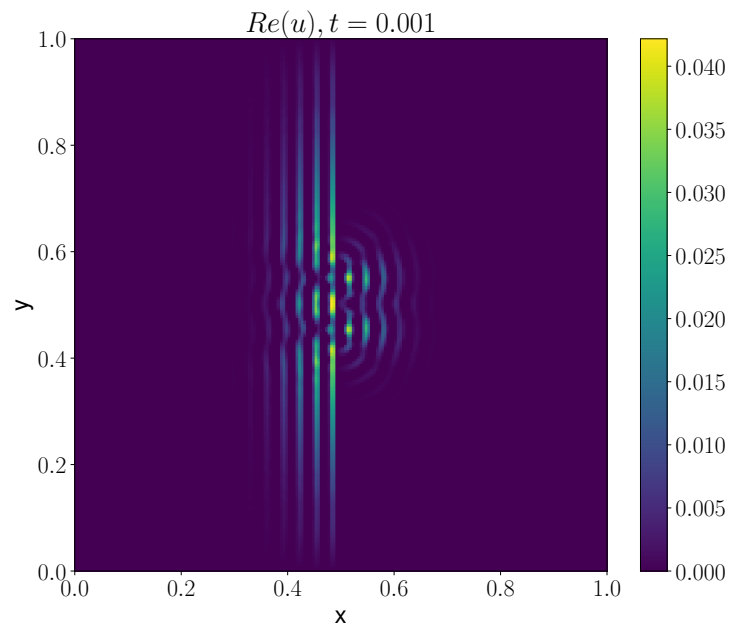


Figure 7.  $Re(u)$  i tiden  $t = 0,001$  s.

Ved tiden  $t = 0,001$  s fikk vi **Figure 6**:

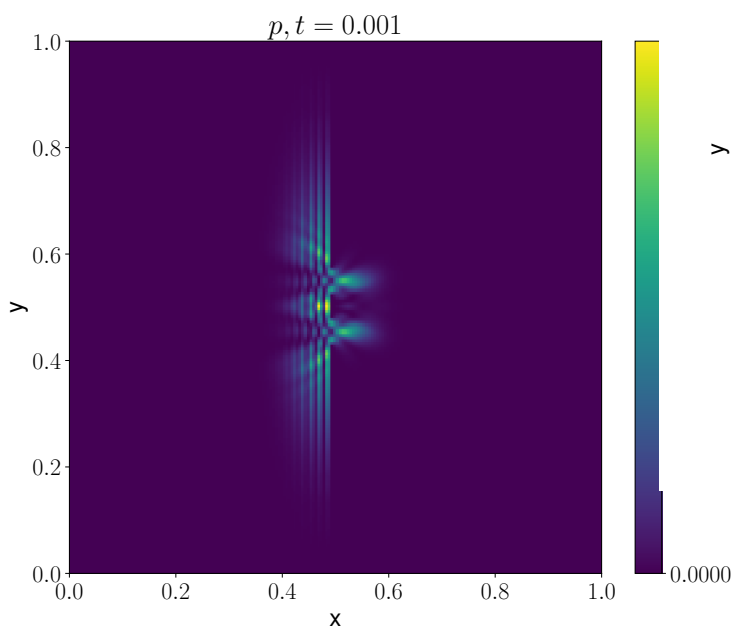


Figure 6.  $|u|^2$  i tiden  $t = 0,001$  s.

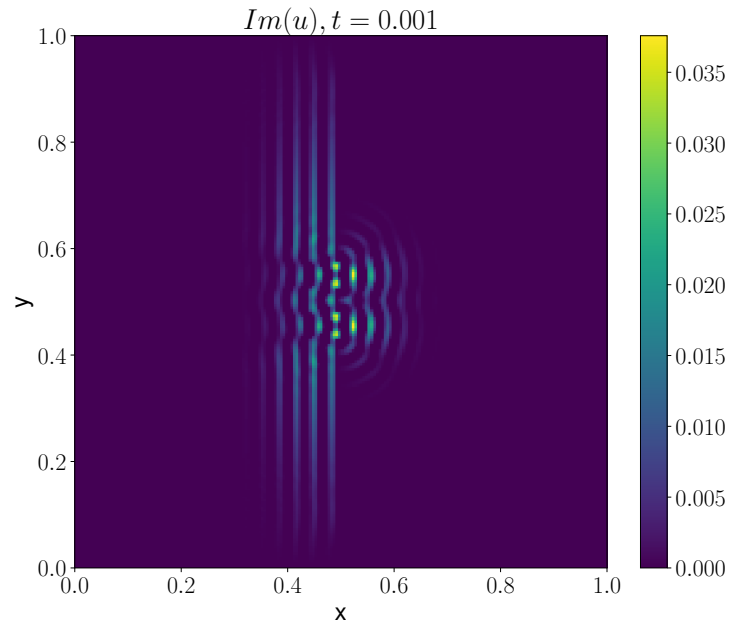


Figure 8.  $Im(u)$  i tiden  $t = 0,001$  s.

Ved tiden  $t = 0,002$  s fikk vi **Figure 9** for sannsynlighetsfordelingen og ?? for den relle delen og **Figure 8** for den imaginære:

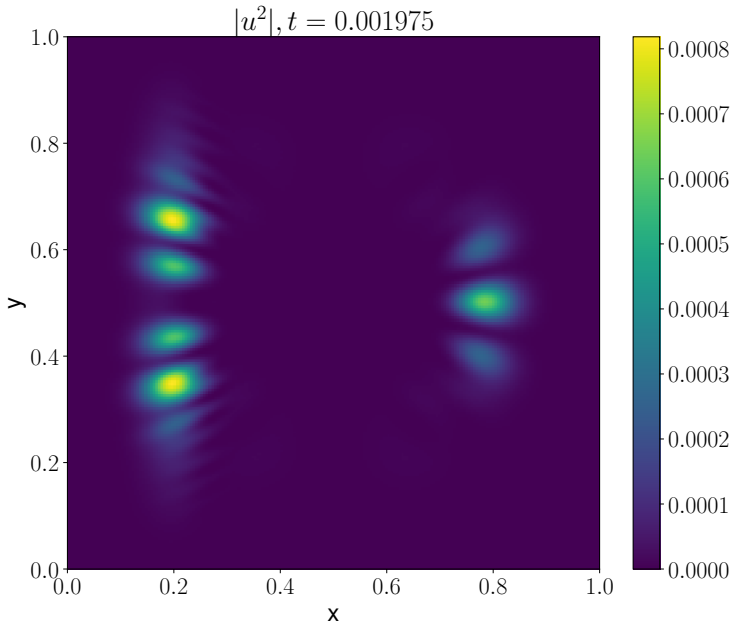


Figure 9.  $|u|^2$  i tiden  $t = 0,002$  s.

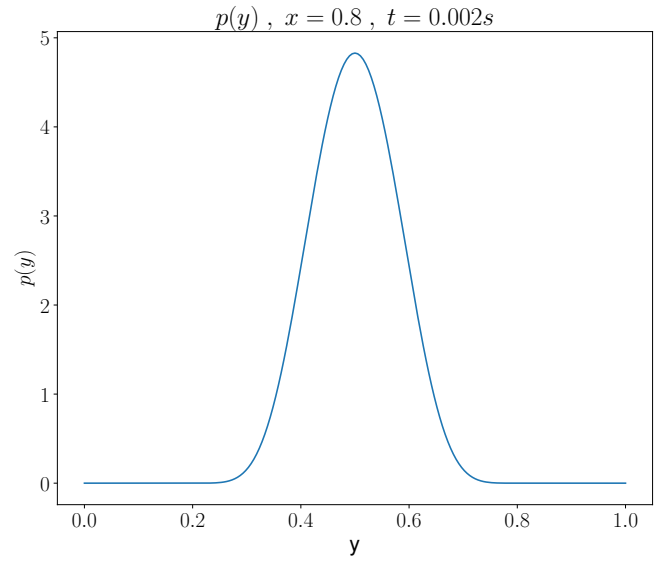


Figure 12. Sannsynlighetstettheten ved  $x = 0.8$  og  $t = 0.002$  s for en spalte

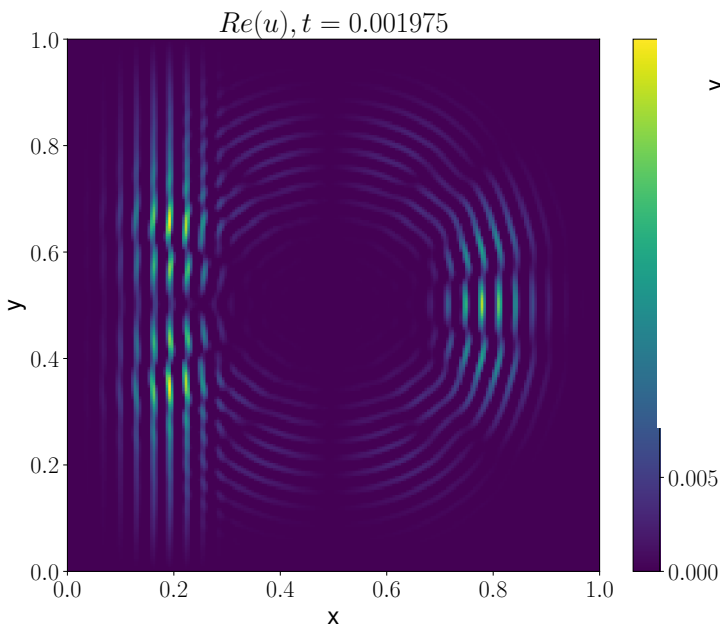


Figure 10.  $Re(u)$  i tiden  $t = 0,002$  s.

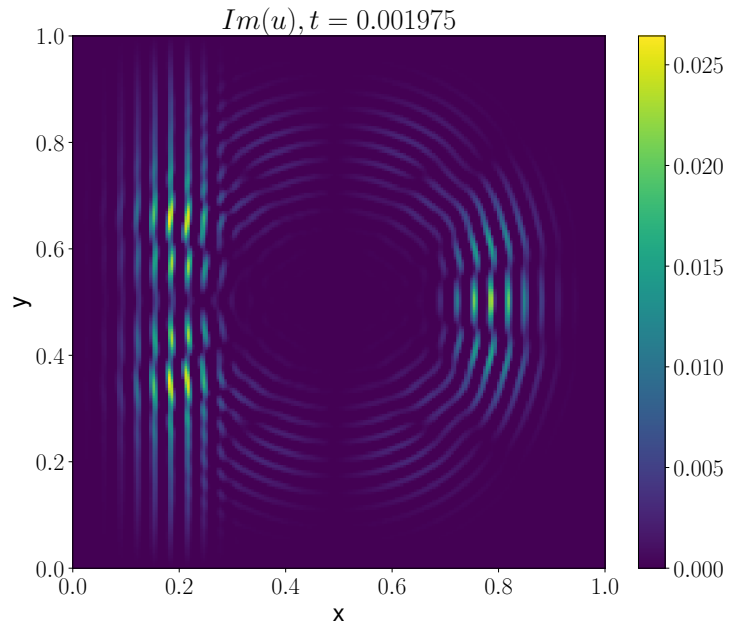


Figure 11.  $Im(u)$  i tiden  $t = 0,002$  s.

Med en spalte så fikk vi sannsynlighetstettheten langs y-aksen for  $x = 0.8$  i [Figure 12](#)

For to spalter fikk vi [Figure 13](#) og for tre fikk vi [Figure 14](#)

## REFERENCES

- Reference 1
- Reference 2

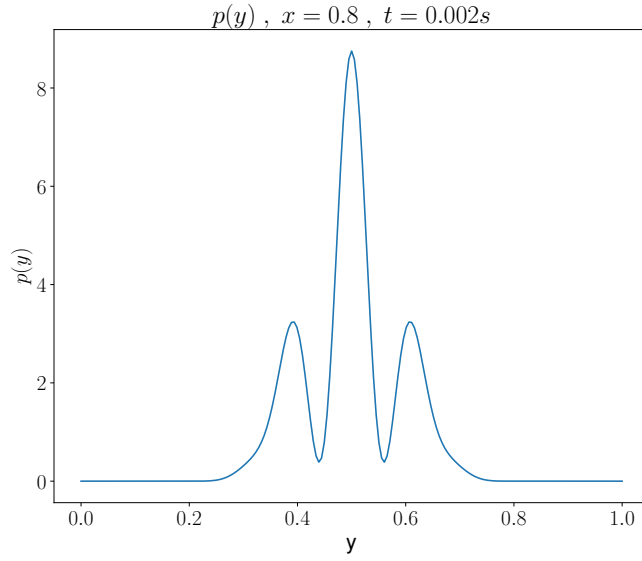


Figure 13. Sannsynlighetstettheten ved  $x = 0.8$  og  $t = 0.002$  s for to spalter

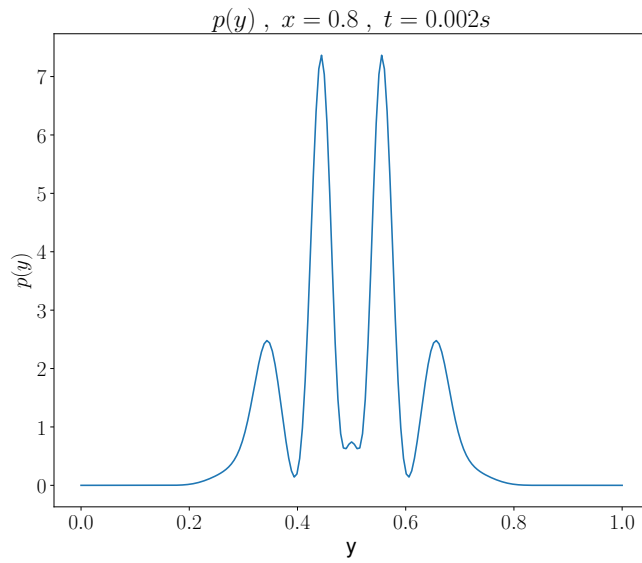


Figure 14. Sannsynlighetstettheten ved  $x = 0.8$  og  $t = 0.002$  s for tre spalter

## V. DISKUSJON

## VI. KONKLUSJON

## ACKNOWLEDGMENTS

I would like thank myself for writing this beautiful document.

**Appendix A: Name of appendix**

This will be the body of the appendix.

**Appendix B: This is another appendix**

Tada.

Note that this document is written in the two-column format. If you want to display a large equation, a large

figure, or whatever, in one-column format, you can do this like so:

This text and this equation are both in one-column format.

[? ]

$$\frac{-\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V\Psi = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi \quad (\text{B1})$$

Note that the equation numbering (this: B1) follows the appendix as this text is technically inside Appendix B. If you want a detailed listing of (almost) every available math command, check: <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Mathematics>.

And now we're back to two-column format. It's really easy to switch between the two. It's recommended to keep the two-column format, because it is easier to read, it's not very cluttered, etc. Pro Tip: You should also get used to working with REVTeX because it is really helpful in FYS2150.

One last thing, this is a code listing:

```
This will be displayed with a cool programming font!
```

You can add extra arguments using optional parameters:

```
This will be displayed with a cool programming font!
```

You can also list code from a file using `lstinputlisting`. If you're interested, check [https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Source\\_Code\\_Listings](https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Source_Code_Listings).

This is a basic table:

Table I. This is a nice table

Hey	Hey	Hey
Hello	Hello	Hello
Bye	Bye	Bye

You can a detailed description of tables here: <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/Tables>.

I'm not going to delve into Tikz in any level detail, but here's a quick picture:

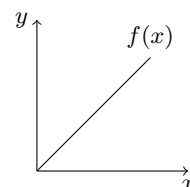


Figure 15. This is great caption

If you want to know more, check: <https://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/PGF/TikZ>.