

## Week 4: Rotasjoner og Oscillasjoner

Simon Elias Schrader

September 20<sup>th</sup> 2024

# Diskusjonsoppgaver

- Q7.2 Hvorfor avhenger energien til et roterende molekyl av  $\ell$ , men ikke av  $m_\ell$ ?

# Diskusjonsoppgaver

- Q7.2 Hvorfor avhenger energien til et roterende molekyl av  $\ell$ , men ikke av  $m_\ell$ ?
- Q7.11 Hvorfor er det bare ett kvantetall som trengs for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i to dimensjoner, mens to kvantetall er nødvendige for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i tre dimensjoner?

# Diskusjonsoppgaver

- Q7.2 Hvorfor avhenger energien til et roterende molekyl av  $\ell$ , men ikke av  $m_\ell$ ?
- Q7.11 Hvorfor er det bare ett kvantetall som trengs for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i to dimensjoner, mens to kvantetall er nødvendige for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i tre dimensjoner?
- Q7.15 Nullpunktsenergien til partikkelen i en boks går mot null etter hvert som lengden på boksen nærmer seg uendelig. Hva er den tilsvarende analogien for den kvantemekaniske harmoniske oscillator?

# Diskusjonsoppgaver

- Q7.2 Hvorfor avhenger energien til et roterende molekyl av  $\ell$ , men ikke av  $m_\ell$ ?
- Q7.11 Hvorfor er det bare ett kvantetall som trengs for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i to dimensjoner, mens to kvantetall er nødvendige for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i tre dimensjoner?
- Q7.15 Nullpunktsergien til partikkelen i en boks går mot null etter hvert som lengden på boksen nærmer seg uendelig. Hva er den tilsvarende analogien for den kvantemekaniske harmoniske oscillator?
- Q7.20 Se på en todimensjonal harmonisk oscillator,  $V(x, y) = k_x x^2 + k_y y^2$ . Skriv et uttrykk for energinivåene til en slik oscillator som funksjon av  $k_x$  og  $k_y$ .

# Diskusjonsoppgaver

- Q7.2 Hvorfor avhenger energien til et roterende molekyl av  $\ell$ , men ikke av  $m_\ell$ ?
- Q7.11 Hvorfor er det bare ett kvantetall som trengs for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i to dimensjoner, mens to kvantetall er nødvendige for å beskrive egenfunksjonene for rotasjon i tre dimensjoner?
- Q7.15 Nullpunktsenergien til partikkelen i en boks går mot null etter hvert som lengden på boksen nærmer seg uendelig. Hva er den tilsvarende analogien for den kvantemekaniske harmoniske oscillator?
- Q7.20 Se på en todimensjonal harmonisk oscillator,  $V(x, y) = k_x x^2 + k_y y^2$ . Skriv et uttrykk for energinivåene til en slik oscillator som funksjon av  $k_x$  og  $k_y$ .
- P7.26 Er det mulig å samtidig vite vinkel OG angulærmoment til et molekyl som roterer i et todimensjonalt rom? Hint: Evaluèr kommutatoren  $[\phi, -i\hbar(\partial/\partial\phi)]$ .

# Generelle kommentarer om oblig 1

- Hva må til for at en bølgefunksjon er en "akseptabel" tilstand?
- Hvordan kan man sjekke resultatene sine?
  - Enheten av bølgefunksjonen i 1D er  $1/\sqrt{\text{Lengde}}$
  - Visualisering av bølgefunksjonen dersom det er mulig
- Når er kvantemekaniske effekter relevante?
- Betydning av  $\langle x^2 \rangle$ .
- Latex

# Regneoppgaver

- Vis at  $[\hat{L}^2, \hat{L}_z] = 0$  ved å bruke kommutasjonsreglene for  $\hat{L}_x, \hat{L}_y, \hat{L}_z$  og at  $[A, BC] = [A, B]C + B[A, C]$
- P7.7 Vis, ved å utføre den passende integrasjonen, at energieigenfunksjonene for den harmoniske oscillatoren  $\psi_0(x) = (\alpha/\pi)^{1/4} e^{-(1/2)\alpha x^2}$  og  $\psi_2(x) = (\alpha/4\pi)^{1/4} (2\alpha x^2 - 1) e^{-(1/2)\alpha x^2}$  er ortogonale over intervallet  $-\infty < x < \infty$ . Bruk det faktum at integrandene kan være odde/jevne for å forenkle beregningene.
- P7.28 Et  $^1\text{H}^{19}\text{F}$ -molekyl i gassfase, med en bindingslengde på 91,7 pm, roterer i et tredimensjonalt rom. Hva er den minste energimengden som kan absorberes av dette molekylet i en rotasjonseksitasjon?
- P7.31, P7.37 Ved å sette inn i den vibrasjonelle Schrödingerligningen, vis at  $Y_2^0(\theta, \phi) = \sqrt{\frac{5}{16\pi}} (3 \cos^2 \theta - 1)$  er en egenfunksjon med energi  $3\hbar^2/I$  ( $I$  er treghetsmomentet). Vis også at den er normalisert.