

Course code	MTF107
Examination date	2004-10-26
Time	09.00 - 14.00

Examination in: **QUANTUM PHYSICS**

Total number of problems: 5

Teacher on duty: Hans Weber

Tel: 49 20 88, Room E111

Examiner: Hans Weber

Tel: 49 20 88, Room E111

The results are put up:

23 November 2004 on the notice-board, building E

The marking may be scrutinised: after the results have been put up

Allowed aids: Fysikalia, Physics Handbook, Beta, calculator, COLLECTION OF FORMULAE

Define notations and motivate assumptions and approximations. Present the solutions so that they are easy to follow. Maximum number of point is 15 p. 7.0 points is required to pass the examination.

1. Hydrogen like spectra

A space-engineering student in Kiruna borrows a spectroscope and takes the following spectrum (in visible light) of a hot star.

λ (nm)	658.30	543.04	487.63	470.22	455.75
<i>Intensity</i> (rel units)	80	30	15	200	8

λ (nm)	435.38	421.45	411.44	403.97
<i>Intensity</i> (rel units)	6	5	4	4

She reflects it looks very much like a Hydrogen Balmer series but still it does not fit. Here friends suggest the spectrum might be from a Helium ion!

Assume it is the spectrum of a Helium ion and analyse the data. Determine for each spectral line the principal quantum numbers for the levels involved. (Note one line belongs to a different series) (3p)

Sv:

En rymdstudent i Kiruna lånar ett spektroskop och tar en bild på spektrat (i det synliga området) av en het stjärna.

λ (nm)	658.30	543.04	487.63	470.22	455.75
<i>Intensity</i> (rel units)	80	30	15	200	8

λ (nm)	435.38	421.45	411.44	403.97
<i>Intensity</i> (rel units)	6	5	4	4

Hon noterar att linjespektrat liknar ett vanligt väte spektrum men ändå inte riktigt. Hennes vänner tipsar om att det kanske är ett spektrum från joniserat Helium!

Antag att så är fallet och analysera datat. Bestäm för varje spektral linje vilka huvudnivåer som ger upphov till den. (Notera att en av linjerna hör till en annan serie)

2. Measurement of spin

A spin $\frac{1}{2}$ particle is prepared to be in an eigenstate to S_z with eigenvalue $+\frac{1}{2}\hbar$. A subsequent measurement of the spin in the direction $\hat{n} = \sin(\varphi)\hat{e}_y + \cos(\varphi)\hat{e}_z$ is made. The value of φ is $\pi/4$.

- What is the probability to get the value $+\hbar/2$ and $-\hbar/2$ in this new direction \hat{n} ?
- What would the result (eigenvalue and probability) be of a subsequent measurement in the z -direction of the $+\hbar/2$ state in a) ?

(3p)

Sv:

En spinn $\frac{1}{2}$ partikel befinner sig i ett egentillstånd till S_z med egenvärdet $+\frac{1}{2}\hbar$. Sedan görs en mätning av spinnet i riktningen $\hat{n} = \sin(\varphi)\hat{e}_y + \cos(\varphi)\hat{e}_z$. Värdet av φ är $\pi/4$.

- Vilken är sannolikheten för att erhålla egenvärdena $+\hbar/2$ och $-\hbar/2$ i den nya riktningen \hat{n} ?
- Vad skulle resultatet (egenvärde och sannolikhet) bli av en ny efterföljande mätning i z riktningen på $+\hbar/2$ tillståndet i a) ?

3. Molecular spectra

In the rotational fine structure spectra of $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ the following spectral lines were detected $2824,0 \text{ cm}^{-1}$; $2844,6 \text{ cm}^{-1}$; $2865,3 \text{ cm}^{-1}$; $2906,7 \text{ cm}^{-1}$; $2927,4 \text{ cm}^{-1}$; $2948,0 \text{ cm}^{-1}$ och $2968,7 \text{ cm}^{-1}$.

- There seems to be a line missing, explain why?
- what is the distance between the atoms of the molecule?

(3p)

Sv:

I finstrukturspektra (rotationsspektra) från $^1\text{H}^{35}\text{Cl}$ uppmättes följande maxima vid $2824,0 \text{ cm}^{-1}$; $2844,6 \text{ cm}^{-1}$; $2865,3 \text{ cm}^{-1}$; $2906,7 \text{ cm}^{-1}$; $2927,4 \text{ cm}^{-1}$; $2948,0 \text{ cm}^{-1}$ och $2968,7 \text{ cm}^{-1}$.

- Det ser ut som det saknas ett maxima i serien. Vad beror det på?
- Vad är avståndet mellan atomerna i molekylerna?

4. Angular momentum

A particle is placed in a spherically symmetric potential $V(r)$. The particle is in a stationary state described by

$$\psi(\mathbf{r}) = \psi(x, y, z) = N(xy + zy)e^{-\alpha r},$$

where N and α are constants.

- A measurement of L^2 and L_z is done on the system. Calculate the possible values and their probabilities.

(b) Calculate the expectation values $\langle L^2 \rangle$ and $\langle L_z \rangle$.

(3p)

Sv:

En partikel placeras i en sfäriskt symmetrisk potential $V(r)$. Partikel befinner sig i ett stationärt tillstånd med följande vågfunktion:

$$\psi(\mathbf{r}) = \psi(x, y, z) = N(xy + zy)e^{-\alpha r},$$

där N och α är konstanter.

- (a) En mätning av L^2 och L_z utförs på systemet. Beräkna de möjliga utfallen och deras sannolikhet.
- (b) Beräkna väntevärdet av $\langle L^2 \rangle$ och $\langle L_z \rangle$.

5. Perturbation energys

A particle is in a infinite square well potential of width a . Due to imperfections the potential is the following:

$$V(x) = \begin{cases} \infty & \text{for } x < 0, \\ \epsilon \left(1 - \frac{2x}{a}\right) & \text{for } 0 < x < \frac{a}{2}, \\ 0 & \text{for } \frac{a}{2} < x < a, \\ \infty & \text{for } x > a \end{cases}$$

- (a) Calculate to lowest order the corrections to the energy of the groundstate and the first excited state.
- (b) Now let $\epsilon = 0.41\text{eV}$, $m = m_e$ and $a = 10.0\text{\AA}$. Calculate the wavelength of the photon emitted for a transition from the first excited state to the groundstate for this perturbed potential.

(3p)

Sv:

En partikel rör sig i en oändligt djup potentialgrop med vidden a . På grund av en del defekter har potentialen följande form:

$$V(x) = \begin{cases} \infty & \text{for } x < 0, \\ \epsilon \left(1 - \frac{2x}{a}\right) & \text{for } 0 < x < \frac{a}{2}, \\ 0 & \text{for } \frac{a}{2} < x < a, \\ \infty & \text{for } x > a \end{cases}$$

- (a) Beräkna till lägsta ordningen korrektionen i grundtillståndets respektive det första exciterade tillståndets energi.

- (b) Sätt $\epsilon = 0.41\text{eV}$, $m = m_e$ och $a = 10.0\text{\AA}$. Beräkna våglängden för den emitterade fotonen vid en övergång från det första exciterade tillståndet till grundtillståndet för den störda potentialen.

GOOD LUCK !