

är ett heltal $\ell = 0, 1, 2, \dots$. Om heltalet som bestämmer längden är ℓ kan vektorn ha z -komponent $-\ell\hbar, \dots, \ell\hbar$ (jfr. s. 38 i kompendiet när vi kommit dit).

b) Rita en bild av de möjliga rörelsemängdsvektorerna $\vec{L}$ om längden ges av $\ell = 2$. Hur många är de? Varför kan vi inte bara rita en specifik vektor för varje värde på z -komponenten? (2p)

Feynman försöker längst upp på sidan 19-15 argumentera att skillnaden i energi i figurerna 19-7 och 19-8 är på grund av Gauss lag. Låt oss försöka förstå detta. Den lagen säger att potentialen V i en viss radiell punkt r i ett sfäriskt symmetriskt system bara beror på laddningarna innanför den radien.¹ Elektronerna nära kärnan kan "skärma av" kärnans plusladdning så att en elektron som är långt ut upplever en mindre laddning som "håller fast" den. (För mer detaljer, se s. 19-14.) Vi provar. Feynman skissar vågfunktionerna i Fig. 19-6.² Som du kanske visar själv i en framtida kurs i kvantfysik (jfr. uppgift 3-P7 för $\ell = 0$), är väntevärdet för elektronens avstånd från kärnan

$$\langle r \rangle_{n\ell} = \frac{a_0}{2Z} (3n^2 - \ell(\ell + 1)) ,$$

där a_0 är Bohrradien (ca. 0,5 Å) och Z är antalet plusladdningar för det elektriska fältet.

c) Vi betraktar grundämnet kalium: låtsas att vi inte vet att den 19:e elektronen är i tillståndet $n = 4$, $\ell = 0$, som kallas "4s" (av historiska skäl). Var väntar du dig att hitta den 19:e elektronen i genomsnitt om den är a) i tillståndet "4s", eller b) i tillståndet $n = 3$, $\ell = 2$, som kallas "3d"? Motivera varför du använder ett visst Z . (2p)

d) Den elektriska potentiella energin i ett fält skapat av en laddning q är $V = -kq/r$, där k är Coulombs konstant. För att få de s.k. "halv-klassiska" energierna V_{4s} (för $n = 4$, $\ell = 0$) och V_{3d} (för $n = 3$, $\ell = 2$) tar man det kvantmekaniska medelvärdet på elektronbanradien och räknar ut den elektrostatiska energin. Enligt Gauss lag kan vi som sagt se olika antal laddningar beroende på radien r . (Vilket antal hör till vilket fall?) Vad är energiskillnaden $\Delta E = V_{4s} - V_{3d}$? Kan detta förklara 4s- och 3d- linjerna i fig. 19-8? (2p)

e) (Överkurs). Vi antar att vi i princip kan förklara skillnaden mellan fig. 19-7 och 19-8. Förklara utifrån dem varför kalium börjar fylla på 4:e skalet innan 3:e skalet är fullt. (Se förra sidan. Det 3:e skalet fortsätter sedan fyllas på i skandium.) (1p !)

Om du vill försöka förstå den matematiska bakgrunden om hur man löser Schrödingerekvationen i tre dimensioner, läs hela kapitel 19. Det ingår *inte* i den här kursen, men om du går mer avancerade kurser i kvantfysik kommer du att ägna en hel del tid åt detta, så det kan vara värt att titta på det redan nu.

Det är tur att elektronernas rörelsemängdsmoment gör att det kan finnas fler än två elektroner i varje skal, för annars skulle vi inte haft något mellanting mellan reaktiva grundämnen som litium och ickereaktiva grundämnen som neon. Precis däremellan i systemet finns för oss så viktiga grundämnen som kol och syre!

¹Den här argumentationen använder sig av den s.k. "oberoende-elektron-approximationen", att elektronerna inte repellerar *varandra*. Det är förstås inte riktigt sant, och det finns ett helt forskningsområde ("starkt korrelerade elektroner") i *kondenserade materiens teori* som studerar i detalj hur man gör bättre beräkningar utan den approximationen, och det finns forskare här i Stockholm som arbetar på det.

²Snyggare bilder finns på engelska Wikipedia-uppslagsordet "Wave function", men det är inte viktigt.