

Kvantfenomen och nanoteknologi

Gunnar Ohlén och Dan Hessman

I samband med omläggningen av teknisk fysikutbildningen vid LTH utvecklades en ny kurs kallad "kvantfenomen och nanoteknologi". Syftet med denna kurs, som ges under vårterminen i årskurs 1, är att introducera kvantmekaniken redan under första året och samtidigt knyta an till ett aktuellt forskningsområde. Kursen inleds med tre veckors kvantmekanikstudier som avslutas med en kontrollskrivning. Därefter följer en mer tillämpad del i syfte att befästa och fördjupa kunskaper och färdigheter. Tyngdpunkten i denna andra del är två laborationer om vardera tio timmar. Varje laboration inleds med fyra timmar diskussion i smågrupper, där studenterna med ledning av ett antal frågor får försöka förutsäga utfallen av experimenten. Dessa diskussioner ersätter den traditionella laborationshandledningen. Genom att få studenterna att "prata fysik" vill vi uppnå en djupare förståelse samtidigt som studenterna tränas i att aktivt tillämpa sina kunskaper för att förstå nya fenomen.

I. INLEDNING

Traditionellt introduceras kvantmekaniken för att förklara vissa fenomen i naturen och då i synnerhet atomers spektrallinjer. Även en måttligt realistisk behandling av problemen ställer snabbt krav på relativt avancerade matematikkunskaper. Av denna anledning brukar kvantmekaniken inte behandlas förrän efter ett par års universitetsstudier. Även om studenten i princip behärskar den erforderliga matematiken så måste dock så mycket kraft läggas på teknikaliteter att fysiken riskerar att gå förlorad. Ytterligare en konsekvens är att den sk moderna fysiken (i princip hela 1900-talets fysik) som bygger på kvantmekaniken också måste anstå till högre årskurser. För många teknologer på teknisk fysik är det frustrerande att behöva vänta flera år på att gå vidare i det ämne som låg bakom deras val av utbildning.

Nanoteknik är ett relativt nytt begrepp som på senare tid har väckt stort intresse inom såväl industri som forskning. Nanoteknik omfattar material och komponenter vars struktur på nanometerskalan har designats för att erhålla nya, specifika egenskaper. Det är inte ett ämne i traditionell mening utan snarare en tvärvetenskaplig mötesplats för många olika discipliner, bl a fysik, kemi, biologi, medicin och elektronik. Nanoteknik har därför inte haft någon naturlig plats i civilingenjörsutbildningarna utan har på sin höjd berörts i vissa forskningsnära fördjupningskurser.

Ett av målen med omläggningen av teknisk fysikutbildningen vid LTH är att ge utbildningen en tydligare fysikprägel, i synnerhet i de tidigare årskurserna. Som ett led i detta förnyelsearbete har institutionen för fysik utvecklat en ny kurs kallad "kvantfenomen och nanoteknologi". I och med denna kurs, som ges under

vårterminen i årskurs 1, introduceras kvantmekaniken redan under första året. Kvantmekaniken presenteras utgående från våglära, vi använder av sannolikhetsvägor för att studerar de grundläggande fenomenen reflektion, tunneleffekt och energikvantisering. Genom att enbart studera styckvis konstanta potentialer kan detta göras med enkel matematik. Sådana potentialer är samtidigt fullt realistiska som beskrivning av många system inom nanotekniken. Genom att inkludera nanoteknik i kursen kan vi således exemplifiera och konkretisera den annars ofta abstrakta kvantmekaniken. Motivationen att lära sig kvantmekanik ökar också när vi på detta sätt lyfter fram den som ett ingenjörämne. Samtidigt är kvantmekaniken nödvändig för att kunna förstå nanotekniken och en framställning av nanotekniken utan en kvantmekanisk förankring tenderar att bli ytlig. Genom nanoteknikinslagen i kursen kommer studenterna i kontakt med ett aktuellt forskningsområde med hög aktualitet.

II. KURSENS UPPLÄGG

Kursen inleds med tre veckors kvantmekanikstudier med föreläsningar och räkneövningar. Denna del av kursen syftar till att introducera de kvantmekaniska begreppen samt öva upp viss räknefärdighet. För att få gå vidare i kursen måste studenterna därefter klara en kontrollskrivning där 80% rätt krävs för att bli godkänd. De studenter som är underkända ges individuell hjälp med målet att även dessa ska uppnå tillräcklig nivå på sina kvantmekanikkunskaper för att kunna tillgodogöra sig den fortsatta undervisningen. Därefter följer en mer tillämpad del i syfte att befästa och fördjupa kunskaper och färdigheter. Tyngdpunkten i denna andra del är två laborationer om vardera tio timmar. Varje laboration inleds med fyra timmar diskussion i smågrupper där studenterna med ledning av ett antal frågor får försöka förutsäga utfallen av experimenten. Parallellt med laborationerna utför studenterna också projekt som i huvudsak behandlar olika tillämpningar av nanoteknik. Som avslutning på kursen hålls ett minisymposium där de olika projekten presenteras.

Stor vikt läggs på begreppsförståelse genom att studenterna uppmuntras att aktivt diskutera, förklara och reflektera över kursens innehåll. Laborationerna utnyttjas som en hjälp att visualisera och konkretisera abstrakta begrepp. Studenten får därigenom möjlighet att direkt observera kvantmekaniska fenomen genom optiska och elektriska mätningar på material och komponenter med relevans för optisk kommunikation och höghastighetselektronik.

På den här kursen ges endast betygen godkänd/underkänd. Examinationen består av kontrollskrivningen, laborationerna (med skriftliga rapporter) och projekt.

III. DISKUSSIONSBASERADE LABORATIONER

Vi har förändrat upplägget av laborationerna i denna kurs mot vad som är vanligt i de flesta fysikkurser. Avsikten är att aktivera eleven så att han/hon själv blir mer delaktig i planering och efterarbete. Detta sker genom att frågeställningen inför laborationen görs mer öppen samt att fysikinnehållet ligger begreppsmässigt på en elementär nivå. Kursdeltagarna arbetar i grupper om tre för att diskutera fysikinnehållet och förbereda mätningar. Man kan uttrycka det som att teknologerna i grupp skriver sin egen laborationshandledning. För att detta ska fungera ska studenterna vara på ungefär samma nivå. För att säkerställa detta har vi en kontrollskrivning efter tre veckor innan laborationsomgången startar. Naturligtvis ansluter teorin till begrepp som behandlats i tidigare kurser, både i fysik (våglära) och mekanik. Teknologerna tilldelas olika roller i grupparbetet:

- Ordförande – leder arbetet, ser till att alla är aktiva
- Sekreterare – sammanfattar
- Kritiker – ifrågasätter, ser till att man inte kommer överens för snabbt.

Förarbetet försiggår under två pass om vardera två timmar. Under denna tid finns en handledare tillgänglig som samtidigt följer fyra gruppers arbete. Efter laborationen finns det tid avsatt för efterarbete/frågor till handledaren. Vi har valt detta arbetssätt för att vi anser att man lär sig bättre om:

- Kunskaper aktiveras och ifrågasätts
- Lärsituationen är lika tillämpningssituationen
- Studenten får genomarbete och argumentera för sin kunskap.

Vi har inspirerats av sk kontextrika problem enligt implementering vid fysikinstitutionen vid Umeå universitet, ursprungligen Minnesota, se ref. Utformningen av frågeställningarna begränsas i vårt fall av att studenterna saknar såväl egen erfarenhet som intuitiv förståelse för kvantmekaniska fenomen. För att diskussionerna ska bli meningsfulla är det därför extra viktigt att studenterna har tillgodogjort sig de inledande veckornas teorigenomgång, något som vi säkerställer genom att godkänd kontrollskrivning är ett krav för att få delta i laborationerna.

En förberedelseuppgift inför laborationen kan vara av följande slag: Studenterna får först i uppgift att diskutera hur strömmen genom en komponent som innehåller en tunnelbarriärer beror av barriärens egenskaper. Sedan utvidgas problemställningen till att gälla en komponent med två barriärer.

När det finns två barriärer uppträder ett nytt fenomen, nämligen resonans, liknande interferens i tunna skikt. Det var intressant att notera att grupperna ganska snabbt nådde fram till denna insikt utan för mycket ledning.

IV. SAMMANFATTNING

Erfarenheterna är goda av det första genomförandet av kursen. Det har genomförts två utvärderingar, dels en

traditionell, av SRF, och dels en med fokusgrupper som genomfördes av Roy Andersson på "Genombrottet". Enligt den senare utvärderingen: "Vad gäller både upplägg och examination så var studenterna mycket nöjda. Både upplägg och examination ger fokus på förståelse anser studenterna, vilket medför att dras kunskaper är klart annorlunda, i positiv bemärkelse, än efter en vanlig kurs."

Våra egna erfarenheter kan sammanfattas i följande:

- Mer närhet till studenterna och deras inläring
- Vi får mer klart för oss vilka missuppfattningar som studenterna har
- Genom att fokusera på färre begrepp – "less is more" – anser vi att studenterna får en djupare kunskap än enbart ytinläring.

Ref.

http://www.hgur.se/activities/projects/financed_projects/a-b/benckert_sylvia_97.htm