

*Förnyelse av
grundutbildningen
i fysik vid universitet
och colleges i USA*

Arne Claesson, Göran Grimvall

Högskoleverket 1997

Högskoleverket • Birger Jarlsgatan 43 • Box 7851, SE-103 99 Stockholm
tfn 08-453 70 00 • fax 08-453 70 50 • e-post hsv@hsv.se • www.hsv.se

Förnyelse av grundutbildningen i fysik vid universitet och colleges i USA

Producerad av Högskoleverket i juni 1997

Högskoleverkets skriftserie 1997:7 S

ISSN 1400-9498

ISRN HSV-SS--97/7--SE

Innehåll: Arne Claesson, Avdelningen för Teoretisk Fysik,

Umeå Universitet,

Göran Grimvall, Institutionen för Teoretisk Fysik, KTH samt

Utvecklingsavdelningen, Högskoleverket

Foto: Arne Claesson

Grafisk form: Högskoleverkets informationsavdelning

Tryck: Printgraf, Stockholm, juni 1997

Innehållsförteckning

Bakgrund	5
Grundtankar i förnyelsearbetet	6
Hur förnyelsearbetet initieras, sprids och hålls igång	7
Statistik	9
Konkret innehåll i olika utvecklingsprojekt	11
1. <i>Dickinson College – Workshop Physics</i>	11
2. <i>State University of New York at Stony Brook – Dator vid lektioner</i>	14
3. <i>Rensselaer Polytechnic Institute – The CUPLE Physics Studio</i>	15
4. <i>Rutgers University – Math and Science Learning Centers</i>	17
5. <i>Ohio State University – Experiment problems</i>	19
6. <i>The University of Washington – Tutorials</i>	21
7. <i>San Diego State University – The CPU Project</i>	23
8. <i>Några exempel på andra projekt för utveckling av grundutbildningen i fysik vid universitet i USA</i>	25
Litteratur	26
Adresser	27
Resplan	28
English summary	31
Appendix	33

Bakgrund

De studenter som går den inledande kursen i fysik i USA (introductory physics) kommer till övervägande delen direkt från high school. De är då i allmänhet 18 år. Nivån på förkunskaperna i fysik är ofta något lägre än för nybörjarna i Sverige. Grundkursen i fysik i USA är för de flesta en förberedelse för senare studier i ingenjörsämnena men också för fortsättning i medicin, biologi etc. Senaste statistiken visar att av ca 380 000 studenter i inledande fysikkurser per år fortsätter 1 % mot högre studier (major) i fysik.

En strävan att förnya och förbättra fysikutbildningen på grundnivå görs på flera universitet och colleges i USA sedan åtskilliga år. Initiativ har ofta tagits av enskilda intresserade lärare (Arons, Hestenes, Laws, Mazur, m.fl.), men också av olika fysikorganisationer. Det är uppenbart att bl.a. Arnold Arons bok "A guide to introductory physics teaching" har haft och har en stor betydelse. En studie, som också spelat en viktig roll, har gjorts av Sheila Tobias och finns beskriven i boken "They're Not Dumb, They're Different". Det har nämligen visat sig att ett stort antal studerande inom matematik, naturvetenskap och ingenjörsutbildningar vid universitet och colleges övergår till andra områden såsom humaniora trots att många har förutsättningar att framgångsrikt slutföra sina ursprungliga studier. Det är framför allt kvinnor, men också minoriteter, som utgör en stor del av denna grupp. En intressant undersökning av orsakerna till denna flykt finns redovisad i en artikel av Elaine Seymour från 1995 samt i boken "Talking about Leaving: Factors Contributing to High Attrition Rates among Science, Mathematics, and Engineering Undergraduate Majors" av Seymour och Nancy M. Hewitt.

Det är svårt att intressera kvinnor för studier i fysik i USA, liksom i många andra länder. Genom undersökningar vet man att kvinnor utgör omkring 15 % av alla som avlägger grundexamen (bachelor) i fysik och i ingenjörsämnena och detta antal tycks hålla sig konstant. Däremot är siffran i matematik och biologi nu nära 50 %. Antalet kvinnliga professorer i fysik i USA överstiger ej 5 %. Vid en konferens anordnad för institutionsledare (Department Chairs Conference) i maj 1995 berördes dessa problem och det är intressant att i konferensrapporten läsa en artikel av Judy R. Franz "Improving the Climate for Women in Physics".

En omfattande didaktisk forskning i fysik bedrivs sedan ett decennium inom Department of Physics vid University of Washington i Seattle (Lillian McDermott och The Physics Education Group). Många lärare som nu är engagerade i förnyelsearbetet har varit gästforskare vid denna grupp. Målsättningen för förnyelsearbetet kom att sammanfattas vid en konferens under sommaren 1996, the International Conference on Undergraduate Physics Education (ICUPE), som en av oss (A.C.) hade tillfälle att delta i. Man vill öka rekryteringen till fysikstudier för att

- motverka en nedgång av antalet doktorer i fysik
- säkerställa fysikens roll som en viktig grund för andra områden
- höja utbildningsstandarden hos lärare i primary och secondary schools
- höja allmänhetens kunskapsnivå

Det ligger dock ingen rangordning i denna uppräknig. Det är uppenbart att det finns en stark önskan att öka det allmänna intresset för fysik.

Grundtankar i förnyelsearbetet

Man kan urskilja några dominerande drag när det gäller förändringar i framför allt grundkursen i fysik.

- 1) Det finns en stark uttalad strävan att aktivera studenterna. Man försöker antingen att helt frångå lektioner och ersätta dem med små samverkande elevgrupper under lärares ledning (workshop physics) eller också att reducera antalet lektioner till förmån för annan typ av verksamhet (studio physics, tutorials). Datorer kommer då att utgöra ett viktigt inslag i utbildningen både för behandling av mätdata och för simuleringar. Olika former av laborationer ingår givetvis och man låter ofta studenterna stegvis formulera och testa hypoteser i anslutning till experiment för att de på så sätt skall tillägna sig en vetenskaplig attityd till hur man vinner kunskap om naturfenomen (physics by inquiry).
- 2) Även om man, speciellt för större universitet med stora skaror av studenter i grundutbildningen, av ekonomiska skäl måste bibehålla ett visst antal traditionella lektioner försöker man även då göra studenterna

aktiva. Man har t.ex. provat att under en lektion låta studenterna i grupper om två eller tre, i samverkan med sina närmaste bänkkamrater under en begränsad tid, utföra minilaborationer som illustration till lektionens innehåll. Man gör också demonstrationsexperiment, som med hjälp av datorer och projektorer blir tydliga för var och en även i en lektionssal med flera hundra studenter, och man försöker även där hålla studenterna aktiva och kontrollera deras förståelse för fysiken på olika sätt.

- 3) Ett starkt inslag i allt detta är en strävan att kartlägga och öka studenternas begreppsmässiga förståelse. Man vill sålunda ta reda på och även göra studenterna uppmärksamma på de förutfattade meningar som flyter omkring när det gäller fysikaliska fenomen. Det talas i detta sammanhang om "preconceptions" och ibland om "misconceptions"-begrepp som har diskuterats och diskuteras mycket. Det förekommer att man börjar en lektion med en 10 minuters skriftlig undersökning av vad de studerande har för uppfattning om vissa problem såsom t.ex. hur de uppfattar krafter i mekaniken. Man kan också lägga in begreppstest (concept test) på några minuter i en lektion. Det visar sig att man då kan göra överraskande upptäckter som att studenter ofta kan formelmässigt lösa problem utan att ha den fysikaliska situationen alls klar för sig. Även vid prestigeuniversitet har detta observerats.

Hur förnyelsearbetet initieras, sprids och hålls igång

Som vi nämnt tidigare uppkommer och sprids idéer om förändringar och förnyelse över USA till stor del genom personliga initiativ och kontakter.

Arbetet underlättas och främjas genom organisationerna American Association of Physics Teachers (AAPT) och American Physical Society (APS) liksom genom paraplyorganisationen American Institute of Physics (AIP). Även National Science Foundation (NSF) genom sin Division of Undergraduate Education spelar en viktig roll, främst kanske genom att ekonomiskt understödja projekt. Inbjudningar till arbete inom olika program presenteras regelbundet. NSF är ett federalt organ skapat genom en Act of Congress 1950. National Research Council (NRC), som är ett organ under National Academy of Sciences och National Academy of Engineering, intresserar sig också för utbildningsfrågor genom sin Committee on Undergraduate Science Education.

AAPT och APS är nog de viktigaste aktörerna när det gäller förnyelse av fysikutbildningen. AAPT har en stor del av sina medlemmar inom det allmänna skolväsendet, främst inom high schools (ca 40 %), och ägnar sig därför med stor kraft även åt dessa nivåer. AAPT och APS ordnar konferenser för utbildningsfrågor vid flera tillfällen varje år, ibland tillsammans och ibland var för sig. Vid dessa konferenser sprids naturligtvis nya tankar om utbildning. Bakom den ovan nämnda Department Chairs Conference stod AAPT och APS medan ansvaret för ICUPE-konferensen även låg hos AIP och kanske huvudsakligen hos University of Maryland. Dessutom organiserar AAPT ett sommar- och ett vintermöte, där high schoollärare utgör en stor andel av deltagarna. AAPT ger spridning av förnyelsearbeten genom sina tidningar *The Physics Teacher* och *American Journal of Physics*. I tidskrifterna och vid konferenserna redovisas dels resultat av pedagogisk forskning kring fysikundervisning, dels nya sätt att undervisa i fysik. De förra projekten är av den typ som beskrivs i föreliggande rapport. Oftast har de omfattande ekonomiskt stöd och många personer är engagerade. De senare gäller i de flesta fall någon idé som prövats av en enskild lärare. Vid AAPT-konferenserna ger också framstående forskare översiktliga presentationer av aktuella forskningsområden, såsom högttemperatursupraleddare och elementarpartikelfysik.

Ett viktigt projekt, kallat the Introductory University Physics Project (IUPP), startades 1987 av APS och AAPT och är finansierat av NSF. Det har bl.a. som tema att mängden material i kurser bör reduceras (enligt "less is more"), att mer modern fysik bör tas med och att kursböcker bör förnyas. IUPP har haft betydelse för ett antal textböcker som nyligen utkommit och som är relaterade till förnyelse av kurser. Vidare bör nämnas projektet Kaleidoscope (PKAL) som är en informell nationell allians av individer, institutioner och organisationer med syfte att stärka grundutbildningsprogram inom naturvetenskap, matematik och teknik. Denna verksamhet har funnits sedan 1992 och samlar ett stort antal lärare från universitet och colleges i sina aktiviteter.

Statistik

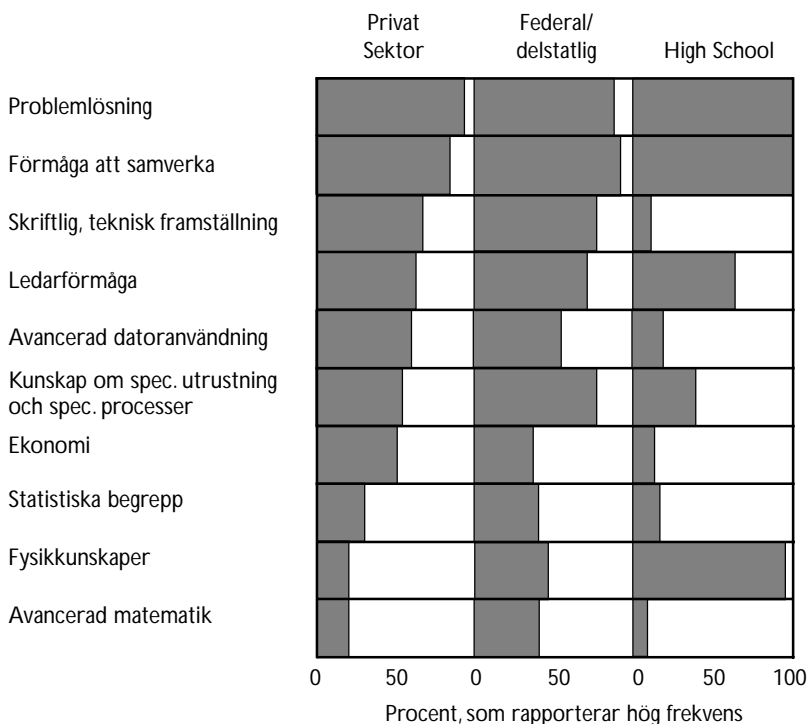
Antalet studenter som fortsätter till högre studier i fysik i USA är litet. Inom AIP finns en Education & Employment Statistics Division som gör förlöpande undersökningar av utvecklingen när det gäller utbildning, arbetsmarknad m.m. Resultaten publiceras i en rapportserie (AIP Reports). Doktor Roman Czujko, som är chef för denna statistikavdelning, gjorde på ICUPE-konferensen en sammanställning över arbetsituationen för personer med grundutbildning i fysik. Nedan följer ett kort utdrag ur hans föredrag "The Physics Bachelors as a Passport to the Workplace: Recent Research Results". Först visar vi tabell 1, som inte endast anger situationen för bachelors.

Tabell 1. Anställningssektorer i relation till den högsta examensgraden i fysik.

Anställningssektor	Bachelors %	Masters %	PhD %
Industri	42	33	21
Andra företag	19	27	9
Federal och delstatlig tjänst	21	18	23
Akademisk verksamhet	11	17	42
Övrigt	7	5	5

Industri betyder medelstora och stora företag medan Andra företag är små företag, konsultfirmor, sjukhus o. dyl. Federal och delstatlig tjänst är t.ex. de federala forsknings- och utvecklingsinstituten, som Brookhaven National Laboratory m.fl. Inom Akademisk verksamhet finns alla lärare. Huvuddelen av bachelors undervisar i high schools.

Vi visar också figur 1 i Czujkos sammanställning. Den rör endast bachelors och är givetvis av stort intresse för en eventuell förnyelse av fysikutbildningen.



Figur 1. Kunskaper och förmåga som ofta används av physics bachelors inom några utvalda anställningssektorer. De intervjuade har i enkäten skattat hur frekvent varje förmåga har använts i en skala från 1 (inte alls) till 5 (uteslutande). Tabellen återger den procentuella andelen av dem som valt 4 eller 5.

Konkret innehåll i olika utvecklingsprojekt

1. Dickinson College – Workshop Physics

Dickinson College är en liten högskola, belägen i staten Pennsylvania i en mindre stad som heter Carlisle och som ligger i närheten av huvudstaden Harrisburg. Dickinson College är till sin storlek tydligen väl lämpat för utvecklingsexperiment inom utbildningen. Man erbjuder ett fyraårigt utbildningsprogram i liberal arts och kan ge examen i bachelor of arts och bachelor of science. De områden man täcker rör sig från naturvetenskap till humaniora samt i någon mån samhällsvetenskap. Antalet studenter är totalt ca 1 900 och på nybörjarkursen i fysik omkring 60. Antalet professorer i fysik och i astronomi är 9.

Priscilla Laws är professor vid Dickinson College och den lärare som tycks ha startat det framgångsrika projektet Workshop Physics. Framgångsrikt därför att det nu varit i gång i 10 år och fått många och stora anslag, bl.a. från NSF, och många efterföljare på ett eller annat sätt. Hon samarbetar sedan länge med andra fysikprofessorer i USA för vidare utveckling av projektet.

Undervisningen under det första årets fysik sker i workshopformat, vilket innebär dels att man ej ger föreläsningar, dels att studenterna indelas i klasser med mindre än 25 elever i varje. I varje klass urskiljer man sedan grupper om 3 eller 4 elever. Inom dessa grupper sker arbetet. Kurserna i sin tur indelas i moduler; t.ex. är mekanik indelat i 2 moduler och varje modul sedan i enheter där varje enhet tar en vecka. Varje veckas arbete har schemalagts som 3 stycken 2-timmars pass. Varje enhet har sitt program formulerat i den Workshop Physics Activity Guide, som studenterna har och arbetar efter. Man använder i princip en inlärningsprocess indelat i 4 delar:

- Studenterna börjar med att testa sina förutfattade meningar om ett problem.
- De gör sedan kvalitativa observationer på enkelt sätt.
- Efter diskussion i grupperna hjälper läraren till med utvecklingen av definitioner och matematiska teorier.
- Veckan slutar med kvantitativa experiment.

Dickinson College. Professor Priscilla Laws diskuterar med en elev.

Till sin hjälp har studenterna speciellt framtagen mikrodatorbaserad experimentell utrustning som lämpar sig för denna form av studier. Man använder spreadsheets för dataanalys och för numerisk behandling. Laboratoriet, där verksamheten sker, är specialkonstruerat för workshopprojektet och ser ut som figuren i appendix visar. Den av oss (A.C.) som besökte Dickinson College hade tillfälle att vara med vid en workshopklass, som rörde energins bevarande i tyngdkraftfältet. Verksamheten började med att läraren definierade potentiell energi och diskuterade kort kring detta. Sedan övergick studenterna till att arbeta vid sina bord. Läraren, i detta fall Priscilla Laws, fanns med hela tiden jämte 2 assistenter som gick runt och bistod studenterna om de behövde råd. Först gällde det att besvara de första frågorna i guiden, dvs. frågor som prövade de idéer man kunde ha från början om problem i samband med potentiella energin. Detta är ett led i den allmänna strategi som går ut på att göra studenterna uppmärksamma på de förutfattade meningar de eventuellt har om olika fysikaliska fenomen. Sedan gjorde man experiment på fallande bollar, men inte i verkligheten utan på en videoinspelning som gjorts av en tidigare årgång studenter. Filmen fanns i datorn och med hjälp av spreadsheetprogrammet kunde studenterna ta fram läge, hastighet, kinetisk energi och potentiell energi och summan av dessa och förhoppningsvis, om man varit noggrann, få en konstant kurva. Denna trycktes ut på en skrivare och bilden klistrades in i guiden. Man kunde då naturligtvis också kontrollera om man haft rätt i sina svar på de inledande frågorna. Diskussionen i de olika grupperna var tämligen livlig och det var tydligt att några grupper var mera framåt än andra. Förutom en film om fallande bollar hade man gjort videoinspelningar av trapetskonstnärer och

simhopp från trampolin och Priscilla Laws visade och diskuterade de senare i ett hörn av rummet med intresserade elever som hade tid. Det var möjligt för studenterna att återvända till laborationsrummet även efter lektionstid för att fullgöra ett arbete eller repetera för att bättre förstå. Det ålåg då studenterna att själva svara för ordningen, vilket tycktes fungera bra, förmodligen beroende på att det rörde sig om små grupper och små klasser.

Vissa experiment är således videoinspelade. Men oftast utför studenterna laborativa undersökningar direkt vid sina bord eller gemensamt i laboratoriet.

Förutom arbetet i dessa workshopklasser gör studenterna hemarbeten i anslutning till samma område och lämnar in sina resultat. Den lärobok man rekommenderar studenterna är Halliday, Resnick & Walker, "Fundamentals of Physics". Tentamen ges ett antal gånger per termin, och problem relaterade till workshopverksamheten finns alltid med.

Det bör tilläggas att även om det handlar om standardkurser i mekanik, ellära och optik så gör man också försök med inslag av nyare fysik. Till exempel har man infört en ny enhet kallad Oscillations, Determinism and Chaos. Denna enhet demonstrerades på ICUPE-konferensen som en övning för intresserade deltagare (bl.a. för A.C.).

Antalet kvinnor som studerar fysik har ökat vid Dickinson College sedan man började med workshop physics för 10 år sedan. Under de senaste 4-5 åren har man i medeltal haft 40 % kvinnor i grundkursen i fysik. Likaså har 40 % av dem som gått ut med bachelorexamen och med major i fysik varit kvinnor. Undersökningar visar att de kvinnliga studenterna trivs med den stora egenaktivitet som workshop physics innebär. Men Priscilla Laws säger varnande att det förhållandet att den procentuella andelen kvinnor har ökat beror på många faktorer. Eftersom introductory physics öppnar vägen för majors i matematik, biologi och kemi och intresset för dessa ämnen har växt bland kvinnor torde detta vara en anledning till att fler kvinnor väljer grundkurs i fysik. Slutligen måste man komma ihåg att elevunderlaget vid Dickinson College är litet.

2. State University of New York at Stony Brook – Dator vid lektioner

Vid State University of New York (SUNY) i Stony Brook prövade man föreläsning med datorstöd. Det exempel som redovisas här gällde en kurs i mekanik för studenter som senare skulle studera medicin. Inför en tentamen hade man genomgång av problem om gravitationslagen med en stor grupp (100 personer) i en konventionell föreläsningssal. Läraren hade problemen lagrade i sin dator, med projektion på en stor duk. Genom fjärrstyrning kunde läraren på vanligt sätt utnyttja datorprogrammet, samtidigt som han rörde sig fritt i föreläsningssalen. Studenterna hade arbetat med problemen hemma i förväg och kom för att få en genomgång av dem. Läraren gick metodiskt igenom uppgifterna, ungefär som vid en traditionell räkneövning. Vid frågor från studenterna kunde läraren t.ex. rulla tillbaka datorbilden till det ställe han ville kommentera och peka som med en vanlig pil på datorskärmen. Den väsentliga skillnaden jämfört med en traditionell räkneövning där läraren skriver på tavlan var att man sparade tid genom att allt material redan var inskrivet i datorn. En övning med overheadbilder och eventuellt flera projektorer samtidigt skulle kunna ge ungefär samma effekt. Att läraren gick runt i salen gav dock en bättre studentkontakt än man annars skulle fått i den stora salen. Reaktionen bland några andra lärare för denna undervisningsform var avvaktande. En avslöjande kommentar var att man i dag bör ha datorer med i undervisningen på ett eller annat sätt, för att inte ge ett omodernt intryck.

Ett annat exempel på datorstödd undervisning gällde problemlösning i vägrörelselära. Studenterna hade i princip samma hemuppgifter, men med olika parametervärden. Svaren skrevs in individuellt på dator, via personlig kod. När rätt svar matats in registrerades detta och datorn visade nästa uppgift. Uppgifterna hade tidigare delats ut på papperskopia som hemuppgifter, men inmatningen av de individuella svaren i datorn skedde i ett klassrum med möjlighet att konsultera en lärare. Uppgifterna var mest av typ ”sätt in numeriska värden i en formel”.

I Stony Brook träffade en av oss (G.G.) professor Clifford Swartz, huvudredaktören för den ovannämnda tidskriften *The Physics Teacher*.

3. Rensselaer Polytechnic Institute – The CUPLE Physics Studio

Projektet Workshop Physics fungerar bra när antalet studenter är litet. Det blir dyrt och svårhanterligt för större grupper. Ett exempel på att man måste modifiera metoden gavs vid Rensselaer Polytechnic Institute (RPI) i Troy. Detta universitet jämförs ibland med KTH. Det är huvudsakligen en ingenjörshögskola men man har också en intressant, varierande struktur med inslag av humaniora och samhällsvetenskap. Totala antalet studenter är nära 6 000, av vilka 4 500 är undergraduates. Nästan 100 av dem studerar humaniora på grundnivå medan ca 150 är doktorander i humaniora. Antalet studenter på nybörjarkursen i fysik är strax under 900. Att dela upp dem i grupper om 24 eller färre vore otänkbart av i varje fall ekonomiska skäl.

Man har dock infört ett system som är starkt influerat av workshopprojektet, men där man skapat klasser på 50 till 60 studenter som samlas två gånger per vecka för arbete i ett klassrum under 110 minuter varje gång. Inom varje klass samarbetar studenterna i mindre grupper på 2 eller 3 personer kring sin dator och annan för tillfället relevant mikroprocessorbaserad labbutrustning. Lektioner i föreläsningsform ges alltså ej. Man har formgivit klassrummen på ett speciellt sätt, så att det skall vara lätt för en lärare och en eller två assistenter att effektivt handleda klassen. I verkligheten har man ännu inte hunnit bygga om mer än ett litet antal rum. De färdiga klassrummen gjorde ett elegant intryck. Man talar om att utbildningen sker i studioformat och det fullständiga namnet är CUPLE studio. CUPLE står för Comprehensive Unified Physics Learning Environment och det är ett hypermediasystem för hantering av laborationsarbete och beräkningar.

Höstterminen 1996 innehöll 23 studiomöten under vilka studenterna i sina grupper gick igenom moment i mekanik, ellära och optik. När vi deltog som observatörer sysslade man med enkel harmonisk rörelse och genomförde mätningar och diskussioner på ett system bestående av fjädrar och massor. Data togs upp på spreadsheet och resultat och teori infördes på ett formulär för varje grupp och lämnades in. Samtliga i gruppen skrev under formuläret, som senare återlämnades med kommentarer av läraren eller assistenten. Studenterna får poäng för sina redovisade resultat och dessa poäng vägs in vid slutbedömningen av varje student.

Hemarbeten i anslutning till studiomötena utförs också av studenterna. Som grund använder man textboken "Principles of Physics" av R.A. Serway. Varje vecka har man små duggor som täcker studioaktiviteterna och hemarbetena. Dessutom ger man 3 större tentamina per termin. Slutligen måste varje student lämna in resultat av ytterligare en studioaktivitet, som kan väljas bland 4 förslag.

Till stöd för de studerande finns ett Learning Center, där man kan fråga speciella assistenter om råd och få hjälp genom viss inlärningsaktivitet.

De fysikstuderande vid RPI är till övervägande delen manliga. Enligt professor Jack M. Wilson, Dean of Undergraduate and Continuing Education vid RPI, har man prövat ett stort antal metoder att ändra på detta utan att lyckas. Enligt professor Wilson har man det intrycket att det är viktigt att skapa en god, social, stödjande struktur som utvecklar personliga kontakter mellan studenterna och alla typer av lärare. Detta är viktigt för alla men mest för kvinnliga studenter.

Kvinnliga fysikstuderande är sällsynta i USA liksom i Sverige. Här är emellertid en grupp vid Dickinson College i färd med att diskutera energins bevarande vid fritt fall.

4. Rutgers University – Math and Science Learning Centers

På Rutgers University i New Jersey, en knapp timmes tågresa från Manhattan, har man stora studerandegrupper. Totala antalet studenter är nu över 33 000. Man redovisar för 1996 totalt 1 544 studenter som nybörjare i fysik men då räknas alla som för första gången läser ämnet. Av dessa är ca 900 blivande ingenjörstudenter medan ca 600 siktar mot biologiska eller medicinska studier. Den tvååriga introduktionskursen i fysik för ingenjörer innehåller fortfarande 50 minuters lektioner med 350 studenter i varje, men man har begränsat antalet lektioner till 2 per vecka. Man gör undervisningsexperiment på dessa lektioner, stora uppställningar som syns tydligt och där resultaten av mätningar återges via dator på stor skärm. Varje stol i den stora föreläsningssalen har telefon så att läraren kan ge en signal till varje student och påkalla dennes uppmärksamhet, t.ex. be om svar på en fråga. Studenten trycker in sitt social security number och läraren vet på en skärm vem som sitter var. Den bästa användningen tycks vara för att kontrollera om ett argument eller en teori gått hem. Läraren kan ge en fråga med valmöjligheter till hela salen och på en skärm visa den procentuella fördelningen av svaren på möjligheterna. Detta blir för läraren en viktig upplysning för fortsättningen av lektionen.

Förutom dessa lektioner har man dels s.k. minilaborationer där studenterna varje vecka gör en blandning av enkla, kvalitativa och kvantitativa experiment under 80 minuter i grupper, dels större laborationer under 3 timmar per vecka med skrivna redogörelser. Vidare har man övningar i problemlösning, där studenterna samarbetar i grupper om 3 till 4 i varje grupp. Man försöker ge exempel ur det verkliga livet och ger ej alla data som behövs. Det finns ju tabeller och litteratur att gå till.

En mycket viktig del av utbildningsresurserna är the Math and Science Learning Centers (från början Physics Learning Center). Där finns i en gammal byggnad från krigets dagar ett stort antal experimentuppställningar, videoinspelade instruktioner, datorer (både Mac och PC), bibliotek och mötesplatser för studentorganisationer. Centret har en föreståndare med ansvar för det hela, men arbetet sköts av studenter. Det är öppet under en stor del av dagen så att studenter kan gå dit och öva och repetera vad de lärt under utbildningens gång. Centret är mycket populärt och spelar en viktig roll. Man skall snart flytta in i mer permanenta lokaler.

Bland så många studenter finns naturligtvis en hel del som har svårigheter att följa undervisningen i den takt som gäller. Man har därför inrättat ett

s.k. Gatewayprogram med samma kurser som i den normala utbildningen men utsträckta längre i tiden (kallas därför Extended General Physics). Inom Gatewayprogrammen har man lagt ett workshoptsystem för att ge en intensiv träning. Över 10 % av studenterna deltar i detta program, som nu går under 2 terminer och som alltså är en alternativ väg för studenter vilka sedan vill fortsätta t.ex. inom engineering. Studenter som skall börja på Rutgers genomgår i maj före kursstarten ett test. De som inte klarar detta test tillräckligt bra eller visar sig ha svårigheter på standardkurserna rekommenderas att välja Gatewaykurserna. Man kan också efter personliga intervjuer rekommendera studenter att välja denna studieväg.

Förutom att erbjuda hjälp åt studenter med svårigheter att hinna med de ordinarie kurserna tar man också hand om de mer begåvade genom särskilda s.k. honor courses. Till dessa kurser överförs de bästa studenterna automatiskt.

Man har i allmänhet liknande svårigheter som vid andra universitet, när det gäller att rekrytera kvinnliga studenter till fysik- och ingenjörskurserna. De flesta som fortsätter till högre kurser i fysik och som i allmänhet kommer just från ingenjörsutbildningen är män. Professor Joe H. Pifer, som är Undergraduate Director, säger att i medeltal endast 11 % är kvinnor. Dock är innevarande år ett lysande undantag med 20 % kvinnor. Man har gjort stora ansträngningar att värva mer kvinnor till fysikstudier enligt professor Pifer men misslyckats. Av fysikprofessorerna är fem kvinnor, vilket är mycket i jämförelse med andra universitet, men det har ändå inte hjälpt vid rekryteringen av kvinnliga studenter. Dock tycks kursen Extended General Physics vara mycket populär bland kvinnliga studenter som gärna söker sig dit. Av kursens f.n. 120 studenter utgör nu 70 % kvinnor och av dessa har några mycket goda resultat. De har ändå sökt sig till denna kurs eftersom den anses mer studentvänliga och den utmärks av lägre studietakt men också av mer kooperativ inläring (workshop physics inslag). När det gäller den s.k. General Physics Course för blivande biologer och medicinare är antalet kvinnor betydligt större och närmar sig där hälften.

Som ett egendomligt faktum nämner professor Pifer att Rutgers University har det största helt kvinnliga collegat i USA, Douglass College, där man sponsrar en mängd sociala aktiviteter liksom stödfunktioner med bibliotek, datorrum m.m. Här har man varit mycket framgångsrik när det gäller att locka kvinnor till biologiska studier, men inte alls till fysik eller ingenjörstudier.

5. Ohio State University – Experiment problems

Fysikinstitutionen vid Ohio State University (OSU) i Columbus är en av de största fysikinstitutionerna i USA. Den besöktes under två dagar av en av oss (G.G.). Som vanligt i USA var den helt övervägande delen av studenterna sådana som avsåg att senare bli ingenjörer, läkare osv. Vid OSU fanns tankar som var något annorlunda än vid de andra institutioner vi studerade. Man menade att en viktig lärdom från fysikstudierna var en förmåga att behandla en komplicerad problemställning genom uppdelning i delproblem och idealiseringar, samt träning i att analysera ett förlopp kvantitativt. Detta har man glädje av både vid rent tekniska problem och i många andra sammanhang.

Synen på fysikämnet kom tydligt fram i hur man presenterade klassisk mekanik i en inledande kurs. Utöver självklara och traditionella inslag om Newtons lagar etc. hade man ett slags laborationer som lämnade stort utrymme för studenternas kreativitet. Följande exempel är typiskt.

Man vill studera principen för en fallskärms rörelse och ger en kort verklighetsanknuten bakgrundsinformation. Laborationsgruppen skall sedan arbeta med ett modellsystem som kan väntas innehålla många väsentliga aspekter hos riktiga fallskärms rörelse. Man hade då tillgång till filter för kaffebryggare med platt undersida och höga utåtgående väggar, som hos en skål. Det föreslogs att man skulle släppa denna "fallskärm" i ett trapphus i fysikbyggnaden och bl.a. studera hur fallhastigheten varierade med den tid fallet varat. Filtret kan belastas på olika sätt och det gäller att få ett stadigt fall. Luftmotståndet och begreppet gränsfart förväntas man gradvis komma underfund med på egen hand. Resultaten redovisas i en rapport. Bland alla de detaljer man så småningom bör upptäcka är att gränsfarten kan bestämmas genom att man släpper filtret från allt högre våningsplan och mäter t.ex. tiden för fallet mellan de två nedersta våningsplanen.

Det finns många andra experiment och varje laborationsgrupp väljer att göra vissa av dem. De är alla formulerade med anknytning till någon verklig situation, t.ex. av industriell betydelse och sedan belyses det väsentliga i den situationen genom ett lagom idealiserat experiment.

En drivande kraft i dessa aktiviteter vid OSU var professor Alan Van Heuvelen. Han var tidigare verksam vid Arizona State University och hade där starkt influerats av professor David Hestenes, Arizona State University Tempe, en centralfigur i den fysikpedagogiska utvecklingen i USA i dag.

Det måste betonas att vid en så stor institution som här finns det fysiklärare som valt en annan undervisningsstrategi – ibland av mer traditionellt slag. En allmänt problem var att få studenterna att arbeta mer och kontinuerligt under kursens gång. Några förespråkade ökad schemalagd undervisning genom föreläsningar, andra trodde mer på fler räkneövningar medan vissa föreslog färre timmar med salsundervisning och istället ökade möjligheter att individuellt kunna konsultera lärarna. Till exempel skulle man kunna tänka sig att alla fysiklärarna samtidigt var tillgängliga under en timme, för att svara på frågor och hjälpa dem som kört fast. Vilken lösning man än valde måste den rymmas inom den ekonomiska ram man hade för lärarinsatsen. Problemen känns onekligen igen.

University of Washington. Assisterer samlade till en Assistent Tutorial. Man går här igenom ett pretest som studenterna har haft och diskuterar vilka erfarenheter man kan dra av svaren när det gäller hur undervisningen bör bedrivas.

6. The University of Washington – Tutorials

The Physics Education Group, under ledning av professor Lillian McDermott på fysikinstitutionen vid University of Washington i Seattle, arbetar med ett program innehållande forskning, utveckling av kursavsnitt och instruktioner. Man producerar två slags instruktionsmaterial baserade på forskning. Det ena är Tutorials in Introductory Physics, det andra Physics by Inquiry. Tutorials är ett supplement till både lektioner och lärobok och har i viss mån karaktären av problemlösning, men med detaljfrågor om varje moment i det problem man diskuterar. Tutorials ersätter räkneövningar ledda av undervisningsassistenter. Avsikten är att engagera studenterna intellektuellt för att få en funktionell och begreppsmässig förståelse för fysik. Dessutom ger man i vanlig stil lektioner och laborationer. På University of Washington har man ca 1 000 nybörjarstudenter, vilket kräver en viss planering om man vill aktivera varje student. När det gäller tutorials gör man praktiskt så att deltagarna delas in i klasser på ca 25 elever. Varje klass samlas under 50 minuter en gång i veckan till en tutorial. I varje klass samarbetar sedan studenterna i grupper om 3 eller 4. Man kan dela in tutorials i följande komponenter:

- Ett 10 minuters "pretest" ges till studenterna i början av en veckas lektioner. Där ställs kvalitativa frågor, som kommer att ha beröring med veckans tutorial. Pretestformulären samlas in.
- Assistenterna och de involverade lärarna samlas till en assistenttutorial. Då går alla igenom pretestet, först själva utan facit och sedan tittar man på studenternas papper och deras svar diskuteras. Slutligen studerar man veckans tutorial.
- Studenterna ges en 50 minuters tutorial. Assistenterna, som ju har diskuterat igenom frågorna, deltar som rådgivare och för att stimulera diskussionerna som bör äga rum i studentgrupperna. I varje klass deltar 2 assistenter. Formulären lämnas in av deltagarna.
- Dessutom ger man ett kort hemarbete i samma stil, där man kräver motiveringar för förda resonemang. Detta är en del av hemarbetet och innehåller problemlösning ur läroboken.
- På varje tentamen ges en fråga baserad på material ur tutorials.

Några av assistenterna är forskarstuderande inom Physics Education Group och är alltså didaktiskt intresserade av hur studenterna har svarat och hur man eventuellt skall modifiera undervisningen i vissa moment för att göra det lättare för studenterna att lära sig och förstå.

University of Washington. Professor Lillian McDermott och professor Stamatis Vokos vid the Physics Education Group samt Göran Grimvall.

I arbetet med att ta fram nya tutorials har man också börjat blicka mot andra årets fysikkurser och man prövar nu tutorials i kvantmekanik. Dessutom har man formulerat en datorbaserad tutorial om fotoeffekt.

Vi hade tillfälle att deltaga i både en assistenttutorial och en tutorial för studenter under vårt besök i Seattle.

Physics by Inquiry, som är det andra instruktionsmaterialet, är ett program för blivande och aktiva lärare i skolor före collegenivån inom fysikområdet.

I inledningen nämnde vi att Lillian McDermott och hennes grupp spelat en stor roll för mycket av förnyelsearbetet inom grundutbildningen i fysik i USA. Så har t.ex. professor E.F. Redish vid Institute of Physics, University of Maryland, tillbragt ett år hos Lillian McDermott och därifrån fått idéer att komplettera sin traditionella undervisning med tutorials. Tillsammans med ett par assistenter, som är doktorander i ett samverkansprojekt med Seattlegruppen, prövar E. F. Redish att införa laboratoriemoment i tutorials. Det bör också påpekas att Arnold Arons, som omtalades i inledningen, är professor emeritus i Seattle och har varit Lillian McDermotts företrädare. Där finns alltså fina traditioner att bygga vidare på.

Professor Lillian McDermott har inte undersökt om införandet av tutorials i grundutbildningen har haft någon positiv inverkan på rekryteringen av kvinnor till fysikutbildningen. Hon är dock medveten om svårigheten att öka antalet kvinnliga studenter liksom studenter från olika minoritetsgrupper.

7. San Diego State University – The CPU Project

Vid San Diego State University, beläget en halvtimmes bilresa öster om det mer kända universitetet i La Jolla, gör man en stor datorbaserad satsning på utbildning i fysik, främst för blivande lärare och för användning i high schools. CPU står för Constructing Physics Understanding in a Computer-Supported Learning Environment. Institutionen är drivande och sammanhållande i ett mycket stort nationellt projekt och med internationella förgreningar. Syftet är att:

- Skapa en ny inlärningssituation genom att förena forskningsresultat i pedagogik med den senaste datorutvecklingen.
- Använda denna inlärningssituation för att öka studenternas förståelse för fysik.

Den datorinriktade delen av kursutvecklingen är mycket krävande och för detta anlitar man bl.a. kvalificerade fysiker i Ryssland. Det ger en välkommen inkomstkälla för ryssarna samtidigt som det blir avsevärt billigare än att få samma arbete utfört i USA. Gruppen i San Diego har avtal med ett antal grupper i USA som lär sig utbildningsprogrammet i detalj, prövar ut det lokalt och sedan förbinder sig att där ordna utbildning för att nå nya grupper av lärare. Det gäller då inte enstaka utbildningsdagar utan veckolånga kurser.

Vi fick tillfälle att närmare studera utbildningsprogrammet i grundläggande optik. Det karakteriserades av bl.a. följande:

- De studerande, som ofta har mycket ringa förkunskaper i fysik, undersöker enkla fenomen dels genom datorsimuleringar, dels genom att i direkt anslutning till simuleringen göra det "verkliga" experimentet.
- Frågeställningen är från början öppen och studenterna skall gradvis formulera hypoteser om fenomenen. Hypoteserna testas och ändras eller förkastas och ersätts med nya hypoteser.
- Olika parallellt arbetande grupper kommer slutligen fram till sina slutformuleringar av hypoteserna och de olika grupperna jämför sina resultat.
- Hela klassen försöker sammanjämka sina resultat till en gemensam beskrivning. Fram till detta stadium får den närvarande läraren inte kommentera om hypoteserna är rätt eller fel. Om resultaten inte är "rätt"

kan läraren till slut t.ex. säga att ”enligt gängse teorier i fysiken skulle man kunna resonera så här” och avvakta om studenterna då ändrar sig och prövar nya hypoteser.

- Det finns ingen lärobok, men studenterna för noggranna anteckningar om sitt arbete.

En typisk modul i optik tar upp brytning av ljus i linser. De studerande leds in mot begreppet strålgång och brytning i gränssytor. Genom datorsimuleringar kan de testa sina förutsägelser om strålgången i ett stort antal fall. Det kan t.ex. gälla hur bilden på en skärm ser ut när man har ett objekt som består av en vertikal rad av små ljuspunkter på ett visst avstånd från en lens. Samma experiment som simulerades på datorn kan man sedan göra med verklig utrustning på laborationsplatsen.

I en undervisning av denna typ används den mesta tiden till att ta upp de mest grundläggande principerna. Man går grundligt igenom dem, i starkt renodlade situationer. Ett mycket viktigt mål är att belysa hur man i naturvetenskap skaffar sig kunskap – genom att formulera och sedan verifiera eller förkasta hypoteser.

Ett annat projekt vid samma institution fokuserar på att studenterna skall skriva essäer om givna fenomen de studerar. Det är ett exempel på ”learning by writing”, en aktuell strömning i USA. Man blir på detta sätt tvungen att formulera sig på ett logiskt sätt och tänka igenom problemställningen. Den rent språkliga framställningen – meningsbyggnad, stavning och grammatik – är minst lika bristfällig hos amerikanska studenter som hos oss, men den aspekten bedömdes inte alls.

8. Några exempel på andra projekt för utveckling av grundutbildningen i fysik vid universitet i USA

Förutom de ovan nämnda exemplen förekommer försök med förnyelse av fysikutbildningen på flera andra universitet. Detta rapporteras givetvis både i litteraturen och på konferenser. Sålunda redovisades ett antal viktiga förnyelsearbeten på ICUPE-konferensen sommaren 1996 både i form av föreläsningar och som övningar för konferensdeltagarna. Nedan redogör vi kortfattat för tre av dessa projekt.

1. Vid Harvard University har Eric Mazur varit professor i fysik i drygt 10 år. Han har bedrivit forskning i optik, men också varit mycket intresserad av undervisning på grundnivå. Under intryck av Hestenes undersökningar av studenternas problem när det gäller att komma till insikt om fysikaliska samband, började han utarbeta metoder för att i anslutning till lektionsundervisning kunna stärka den begreppsmässiga förståelsen. Han har då kommit fram till att det är viktigt att lägga in begreppstest (concept test) som del av en lektion och han har som en väsentlig ingrediens i detta infört det han kallar peer instruction. Detta innebär att varje student skall försöka övertyga sin bänkgårn om det riktiga i sin argumentation för att förklara begreppstestet. Läraren är med och lyssnar till diskussionerna och hjälper till om det behövs. Metoden är formulerad i boken "Peer Instruction, A User's Manual" som är en handbok för tillämpning i lektionsarbete.
2. David Sokoloff vid University of Oregon och Ronald Thornton vid Tufts University har tillsammans med Priscilla Laws från Dickinson College arbetat med aktiv inläring på lektioner med användning av interaktiva demonstrationer. Dessa lektioner börjar också med ett skriftligt test. Studenterna skall i ett enkelt formulär, i diagramform och med motivering, förutsäga vad som kommer att bli utfallet av experimentet. Detta papper samlas in efter ca 10 minuter. Därefter utförs experimentet som en mycket tydlig demonstration med stor datorskärm eller projektorutrustning och resultatet införs på ett likartat formulär, som studenterna nu får behålla. Fel i förutsägelse räknas ej till nackdel men man hoppas att tvånget att lämna in skall tvinga studenterna till aktivitet, och aktivitet ger poäng.
3. Ett likartat sätt att införa aktivering under stora demonstrationslektioner inom kurser i elektricitet och magnetism prövas på Carnegie Mellon University av Ruth Chabay och Bruce Sherwood. Här kompletterar man med experiment som kan utföras i bänkarna. Små utrustningsset delas ut

och varje student får tillsammans med närmaste bänkgörande utföra experiment enligt formulär som skall fyllas i under lärarens och assistenters överinseende. Vid Carnegie Mellon har också Fredrick Reif gjort uppskattade och väl kända insatser när det gäller att förmedla förståelse för grundläggande mekanik.

Litteratur

- A. Arons, *A Guide to Introductory Physics Teaching*, Wiley, New York (1990)
- R. Chabay, B. Sherwood, *Electric & Magnetic Interactions*, Wiley, New York (1995)
- R. Czujko, *The International Conference on Undergraduate Physics Education*, The University of Maryland, July 31–August 3, 1996, Proceedings, in press
- F. Goldberg, S. Bendall, *Am. J. Phys.* **63**, 978 (1995)
- A. Halloun, D. Hestenes, *Am. J. Phys.* **53**, 1043 (1985)
- D. Hestenes, M. Wells, *The Physics Teacher* **30**, 159 (1992)
- J. R. Franz, *Department Chairs Conference*, American Center for Physics, May 5–7, 1995, Proceedings, p. 69
- P. W. Laws, *Physics Today*, Dec 1991, 24
- P. W. Laws, *Am. J. Phys.* **65**(1), 14 (1997)
- P. W. Laws, *Workshop Physics Activity Guide*, Wiley, New York (1997)
- L. C. McDermott, *Physics Today*, July 1984, 24
- L. C. McDermott, *Physics by Inquiry*, Wiley, New York (1996)
- E. Mazur, *Peer Instruction, A User's Manual*, Prentice Hall, New Jersey (1997)
- P. Mulvey, E. Dodge, S. Nicholson, *Enrollments and Degrees Report*, AIP Report R-151.33, April 1997, American Institute of Physics, One Physics Ellipse, College Park, MD 20740-3843, USA
- E. F. Redish, J. M. Saul, R. N. Steinberg, *Am. J. Phys.* **65**, 45 (1997)
- F. Reif, *Understanding Basic Mechanics, Text and Workbook*, Wiley, New York (1995)
- E. Seymour, *Am. J. Phys.* **63**, 199 (1995)
- E. Seymour, N. M. Hewitt, *Talking About Leaving: Factors Contributing to High Attrition Rates among Science, Mathematics and Engineering Undergraduate Majors*, Westview Press, Boulder, Colorado (1995)

S. Tobias, They're Not Dumb, They're Different, Stalking the Second Tier,
Research Corporation, Tucson, Arizona (1990)

J. M. Wilson, The Physics Teacher **23**, Dec 1994, 518

Adresser

Professor Priscilla Laws, Department of Physics,
Dickinson College, Carlisle, PA 17013, USA
Epost: lawsp@dickinson.edu
Internet: <http://www.dickinson.edu>

Professor emeritus Clifford Swartz
Department of Physics
State University of New York at Stony Brook
Stony Brook, New York 11794-3800, USA

Professor Jack M. Wilson
Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180, USA
Epost: wilsoj@rpi.edu
Internet: <http://www.rpi.edu/dept/phys/physics.html>

Professor Joe Pifer
Department of Physics and Astronomy,
Rutgers University, P. O. 849, Piscataway, NJ 08855-0849, USA
Epost: pifer@physics.rutgers.edu
Internet: <http://www.rutgers.edu>

Professor Alan Van Heuvelen
Department of Physics
The Ohio State University
Columbus, Ohio 43210-1106, USA
Epost: avan@MPS.OHIO-STATE.EDU

Professor Lillian McDermott
Department of Physics,
University of Washington, Seattle, Washington 98195, USA
Epost: lcmcd@phys.washington.edu
Internet: <http://www.phys.washington.edu/groups/peg/>

Professor Fred M. Goldberg,
Center for Research in Mathematics and Science Education
San Diego State University
6475 Alvarado Road, San Diego CA 92120, USA
Epost: fgoldberg@sdsu.edu
Internet: <http://public.sdsu.edu/CPU/>

Dr. Patrick Mulvey
Education and Employment Statistics
American Institute of Physics
One Physics Ellipse, College Park, MD 20740-3843, USA
Epost: pmulvey@aip.acp.org

Resplan

För att få ett direkt intryck av förnyelsen inom grundutbildningen i fysik i USA reste vi runt till ett antal institutioner under två veckor i november 1996. Vi besökte också American Institute of Physics.

En av oss (A.C.) deltog dessutom i The International Conference on Undergraduate Physics Education (ICUPE), 31 juli – 3 augusti 1996. Denna konferens hölls på University of Maryland, College Park, MD, och temat var The Changing Role of the Physics Department in Modern Universities. Under vardera av de tre hela konferensdagarna diskuterades följande problem

New Educational Goals

The Implication of Physics Education Research

The Application of Modern Technologies

Vår gemensamma resa till USA startade från Arlanda lördagen den 9 november till New York City. Söndagen den 10 november åkte sedan A.C. till Dickinson College i Carlisle, PA, för att där under måndagen följa utbildningen inom projektet Workshop Physics. Vård vid besöket var professor Priscilla Laws. Carlisle ligger ca 4 timmars tåg- och taxiresa från Manhattan. G.G. besökte under måndagen Stony Brook på Long Island (vård professor emeritus Clifford Swartz). Tisdagen den 12 november for vi båda med tåg till Troy, NY, Rensselaer Polytechnic Institute. Under ledning av professor Alan Meltzer fick vi ta del av undervisningen i en Studio Physics Class. Vi fick också en överblick av fysikutbildningen genom en kort rundvandring ordnad av institutets Visitors Information Center. Efter besöket på RPI for G.G. till Columbus, Ohio (vård professor Alan van Heuvelen), medan A.C. återvände till Manhattan för att följande dag göra ett besök på Rutgers University, NJ. Detta stora universitet ligger en timmas tågresa från Penn Station. Vård här var professor Joe Pifer, som är Undergraduate Director och alltså har ett övergripande ansvar för den grundläggande fysikutbildningen. Fredagen den 15 november ägnade vi

båda först åt American Institute of Physics i College Park, MD, där vi träffade doktorerna Roman Czujko och Patrick Mulvey på Education and Employment Statistics för en diskussion. Sedan gick vi den korta sträckan till fysikinstitutionen på University of Maryland för att av ett par av assistenterna i fysik få höra hur man där har utformat tutorials inom introduktionskursen i fysik. Deras chef, professor E.F. Redish, var tyvärr bortrest men han hade ordnat ett givande möte med sina ansvariga assistenter. Söndagen den 17 november flög vi till Seattle för att under följande måndag och tisdag besöka University of Washington och the Physics Education Group. Vår värd då var professor Lillian McDermott som leder gruppen och är den drivande kraften sedan länge i den fysikdidaktiska forskningen inom gruppen. Vi deltog i ett antal tutorials både för studenter och för assistenter. Onsdagen den 20 november tog vi oss sedan per flyg till San Diego. Här tillbringade vi följande dag på San Diego State University under värdskap av professor Fred Goldberg. Fredagen den 22 november blev hemresedagen.

Planeringen för besöken i USA gjordes med hjälp av bl.a. American Institute of Physics (AIP), American Association of Physics Teachers (AAPT) och National Research Council (NRC). Särskilt vill vi nämna doktor Patrick Mulvey vid AIP, som oförtröttligt stött oss bi.

Vi har överallt blivit mottagna på bästa sätt och kunnat ta del av allt som vi önskade. Även efter våra besök har vi haft fruktbara kontakter med de olika institutionerna och med de värdar som hade ansvar för våra besök.

8 april 1997

Arne Claesson
Avdelningen för Teoretisk Fysik
Umeå Universitet
901 87 Umeå
E-post: claesson@tp.umu.se

Göran Grimvall
Institutionen för Teoretisk Fysik
KTH
100 44 Stockholm
E-post: grimvall@theophys.kth.se

English summary

The Swedish National Agency for Higher Education supports projects concerning the pedagogical renewal of Swedish university education. It asked two professors of physics (Arne Claesson, Umeå University; and Göran Grimvall, Royal Institute of Technology, Stockholm) to make a two-week study tour to American universities and report on pedagogical activities in basic physics teaching.

The following places were visited: Dickinson College, State University of New York at Stony Brook, Rensselaer Polytechnic Institute, Rutgers University, Ohio State University at Columbus, University of Maryland, American Institute of Physics, Maryland, University of Washington at Seattle, San Diego State University. One of us (A.C.) participated in the AAPT conference in Maryland, July 31–August 3, 1996. Through membership in the APS and AAPT and research-related travel in the US etceteras, we have acquired additional information.

Many of the activities we studied can be characterised by the words "basic knowledge", "concepts", "physics by inquiry" and "computers".

Concerning "basic knowledge" and "concepts" several recent studies have shown that the students may very well pass a physics course but still have severe misconceptions, for instance regarding simple forces in mechanics or current flow in electricity. This sad state seems to hold also at the most prestigious universities. As a consequence, many physics departments have changed their teaching to include more emphasis on basic concepts. It has also been found important to make, e.g. teaching assistants, aware of the difficulties the students have in this respect. Since the total workload of the students cannot increase, the amount of material covered in standard textbooks has also been criticized. A phrase sometimes used in this connection is "less is more" – it is felt that more and more facts have been put into the introductory physics courses at the expense of understanding.

Physics by inquiry means that the students learn by doing experiments which are not precisely structured in advance but allow for creativity,

formulation of hypotheses and test of such hypotheses. The problems studied may be complex, such as the motion of a dancer, or very idealised such as the image of point light sources formed by a lens. It is often an explicit teaching policy to have very little printed material in the form of textbooks and lecture notes, and instead let the students produce such material for themselves, when they keep accurate notes of their experiments.

The use of computers in the courses follows some different directions. In some cases, there is a simulation package of elementary situations (Atwood's fall machine, light rays in lenses) where the students can vary parameters and study the computer generated result of what happens. In other cases more emphasis is placed on data handling, for instance by having a computer directly coupled to an experiment or having a filmed sequence which can be analysed in a quantitative way, "frame by frame". We did not see any example where homework through the Internet was an essential part of a course.

In spite of the general effort to attract minorities and female students to physics, this was not a strong and explicitly stated motivating factor in the development of new ways to teach physics.

One aspect much discussed in the higher physics education in the US is the need to restructure the physics courses to meet the demands of a job market outside of the traditional research and teaching sector. It is then assumed that a training in physics leads to skills which are of great general use even if the connection to physics is very weak. This seems not to be an essential driving force in the pedagogical projects in the introductory physics courses. Instead they focus on the knowledge of physics per se.

Anyone interested in the experiences covered here may contact the authors,
professor emeritus Arne Claesson, claesson@tp.umu.se
professor Göran Grimvall, grimvall@theophys.kth.se

Appendix