

Undervisere på Fysik 1  
Studienævnet for fysik

## Fysik 1 Design- og følgeprojekt, Blok 1, 2004

### Indhold:

<b>Baggrund</b>	<b>2</b>
<b>Fakta om Fysik 1</b>	<b>3</b>
<b>Designet af kurset.</b>	<b>5</b>
Internationale studier af fysikstuderendes indlæring	5
Overvejelser om fysik på KU	8
Diskussion som baggrund for design af Fysik 1	9
Fredagsopgaver	9
Tirsdagsopgaver	10
Illustrationsforsøg	10
Mål - og kompetencer	11
Evalueringsopgaver (Hjemmeopgaver og Illustrationsforsøg)	13
Inddragelse af de øvrige kursislærere	13
De nanoteknologistuderende	14
<b>Forløbet af kurset</b>	<b>14</b>
Forelæsningerne	14
Tirsdagsregneøvelser	15
Illustrationsforsøg	16
Fredagsregneøvelserne	18
Hjemmeopgaver	20
Studerendes forberedelse	20
<b>Dataindsamlinger om studerendes læring</b>	<b>22</b>
Spørgeskema om studerendes forventninger og opfattelse af fysik	23
Test af begrebslig forståelse – FCI	23
<b>Indtryk af forløbet efter kurset</b>	<b>25</b>
<b>Generelle anbefalinger</b>	<b>28</b>
<b>Bilag</b>	<b>31</b>
”Drejbog for løsning af fysikproblemer”	31

MAJ 2005

CAMILLA RUMP & SEBASTIAN HORST

**CND**

UNIVERSITETSPARKEN 5

2100 KØBENHAVN Ø

TLF 35 32 04 73

cr@cnd.ku.dk

www.cnd.ku.dk

## Baggrund

Kurset *Fysik 1* er det nye indledende kursus i fysik på Det naturvidenskabelige fakultet ved KU. Kurset er det første fysikkursus studerende på fysik møder og indgår også med en mindre del for studerende på nanoteknologiuddannelsen.

Kurset er blevet til i et samarbejde mellem den kursusansvarlige Peter Ditlevsen og CND, indledt på gensidigt initiativ. Baggrunden for samarbejdet var nogle erkendte udviklingspotentialer begrundet i studerendes vanskeligheder ved at løse visse typer eksamensopgaver, og overgangen til blokstrukturen sås som en kærkommen mulighed for at udvikle nye arbejdsformer til at afhjælpe disse vanskeligheder. Mere herom nedenfor.

Formålet med projektet var, jf. projektbeskrivelsen:

At designe og gennemføre et fysikkursus, der fokuserer på at studerende kan udvikle en forståelse af hvordan Newtons mekanik kan bruges til at løse fysiske problemstillinger.

Der sigtes på tæt og direkte sammenhæng mellem for-/efterlæsninger, problemløsningshold og illustrationsforsøg.

Dette notat er den skriftlige tilbagemelding på CND's deltagelse i design- og følgeprojektet på Fysik 1. Fra CND's side har Camilla Rump og Sebastian Horst i forskellig grad deltaget i designdiskussioner og erfaringsopsamling fra kurset. Notatet er i første række tænkt som inspiration til den fortsatte udvikling af Fysik 1, men mange af overvejelserne og diskussionerne kan dog være relevante for planlæggere og undervisere på andre uddannelser.

Notatet bygger på følgende:

I designfasen:

- Samtaler med den kursusansvarlige om udvikling af struktur og undervisningselementer i kurset (maj-juni 2004).

I løbet af og lige efter kurset:

- Løbende kommunikation med den kursusansvarlige.
- Deltagelse i ugentlige lærermøder gennem kurset.
- Punktvis observation af undervisning (ca. 30 timer fordelt september-november 2004) herunder uformelle samtaler med undervisere.
- Fokusgruppeinterview med 6 studerende i uge 40
- Interviews med studerende fra fysikstudiet i to omgange: uge 39 (4. kursusuge) (8 samtaler) og i uge 46 (efter kurset) (5 samtaler). Citaterne i notatet stammer fra disse.
- Spørgeskema om studerendes forventninger til studiet og opfattelser af faget og hvordan det læres uddelt to gange: I uge 37 (2. kursusuge) og uge 45 (9. og sidste kursusuge). Mere om dette på side 23

- Test af begrebslig forståelse ved brug af ”Force Concept Inventory” (FCI) i starten og slutningen af kurset: I uge 37 (2. kursusuge) og uge 45 (9. og sidste kursusuge). Mere om dette på side 23
- Studienævnets spørgeskemaevaluering til slut i kurset der blev besvaret af ca. 90 studerende.
- Kursets materialer: hjemmeside, ugesedler, opgaver, lærebøger mm. (Se <http://isis.ku.dk/kurser/index.aspx?kursusid=20899&xslt=default>)

## Fakta om Fysik 1

Kurset er på 7½ ECTS og udgør halvdelen af blok 1 for studerende på fysikstudiet. Derudover udgør dele af kurset 2½ ECTS-point i mekanik for studerende på nanoteknologistudiet. 132 studerende var fra starten tilmeldt kurset. Hertil kommer 56 nanostuderende.

Nedenfor er vist ugeskemaet for Fysik 1 for fysikstuderende. De studerende var inddelt i 5 hold med hver 25-30 deltagere. De studerende regnede opgaver parallelt på de 5 hold tirsdag og fredag morgen, og udførte illustrationsforsøg på hold som angivet i skemaet. De enkelte undervisningslementer, ”rugbrødsopgaver”, ”Context rich problems”, forelæsninger, illustrationsforsøg og hjemmeopgaver bliver beskrevet nærmere nedenfor.

	Mandag	Tirsdag	Onsdag	Torsdag	Fredag
8 - 10		Rugbrøds-Opgaver	Illustrations forsøg Hold 1	Illustrations forsøg Hold 5	”Context rich problems”
		1   2   3   4   5			4   5   3   2   1
10 - 12		Forelæsning	Illustrations forsøg Hold 3	Frokost møde	Forelæsning
13-17	kl. 13 Opgave aflevering	Illustrations-Forsøg Hold 2	Illustrations Forsøg Hold 4	Afl.opgaver er rettet	

Kurset er gennemført med løbende evaluering med bestået/ikke bestået. For at bestå kurset krævedes godkendelse af:

- 7 hjemmeopgaver ud af 8 mulige – den sidste SKAL afleveres<sup>1</sup> og
- 7 illustrationsforsøg ud af 8 mulige.

Godkendelse af illustrationsforsøg beroede på godkendelse af et forsøgsnotat på ca. 1 side omfattende en kortfattet redegørelse for forsøgets gennemførelse og resultater (nærmere beskrivelse følger). Hjemmeopgaverne bestod hver uge af to opgaver, typisk de to sidste i slutningen af lærebogens kapitel om ugens emne. De studerende på nanoteknologi skulle ikke have illustrationsforsøg og deltog kun i 6 af de 9 ugers undervisning, så de skulle have godkendt 4 ud af 5 mulige hjemmeopgavesæt.

Som sagt var 132 studerende tilmeldt fysik 1 fra starten. Heraf var 109 studerende nystartede og stadig indskrevne 1. oktober. For nanostuderende var tallet 56 nystartede indskrevne 1. oktober. 94 (86%) har højt niveau i fysik af de fysikstuderende; det tilsvarende tal for nanoteknologistuderende er 24 (43%). Kønsfordelingen i % for fysik er K/M 22/78, for nanoteknologi K/M 20/80. Af de 109 fysikstuderende bestod 94 Fysik 1, svarende til 86%. Af de 56 nanoteknologistuderende bestod 53 dvs. 95%.

Det er ikke umiddelbart muligt at sammenligne disse gennemførelsesprocenter med tidligere år, da det tidligere mekanikkursus, Fysik 11, først blev afsluttet i januar med en skriftlig eksamen. I den nye struktur følger et  $7\frac{1}{2}$  points kursus, Fysik 2, dækkende pensummæssigt  $2\frac{1}{2}$  point mekanik og 5 point relativitetsteori i blok 2. Dette kursus afsluttes med skriftlig eksamen med ca.  $\frac{1}{3}$  mekanik og  $\frac{2}{3}$  relativitetsteori. Denne eksamen er afholdt 26. januar. 119 studerende var meldt til eksamen, 29 kvinder (24%) og 90 mænd (76%); heraf udeblev  $28^2$  (24%), heraf 5 kvinder (18%) og 23 mænd (82%), dvs. 91 gik op. Af de 119 bestod 41, svarende til en beståelsesprocent på 34% (beståelsesprocent for kvinder: 24%, for mænd: 38%). Gennemsnitskarakter for holdet: 4,9, for kvinder: 3,8, for mænd 5,3. Ingen kvinder har fået karakteren 9 eller derover. 12 mænd har fået karakteren 9 eller derover. Der er ingen forskel på, hvordan de studerende har klaret sig i mekanikdelen i forhold til relativitetsteoridelen.

Tidligere år har beståelsesprocenten på Fysik 11 (Mekanik) ligget på ca. 65% af de studerende, der mødte op til eksamen. Sidste år var beståelsesprocenten på Fysik 11 57% ud af det samlede antal (102) eksaminander; heraf udeblev 15; regnes disse ikke med var beståelsesprocenten 68%. På Fysik 12 (Varmelære og Relativitetsteori) var den tilsvarende beståelsesprocent 62% ud af det samlede antal (102) og 78% ud af de, der gik til eksamen (82). Sidste år bestod 51 studerende begge kurser, svarende til 51% af det samlede antal eksaminan-

---

<sup>1</sup> Så man ikke bare holder fri i sidste uge, eller tager en "ferieuge" undervejs – der kunne jo blive stillet opgaver "bagud" i forløbet.

<sup>2</sup> Af disse 28 udeblev 21 også fra deres anden eksamen, nemlig i matematikkurset Lineær Algebra, og det er derfor ikke usandsynligt at mange af dem har forladt studiet, i hvert fald midlertidigt.

der. Der er her ikke taget hensyn til eksaminandernes startår eller øvrige indskrivningsforhold.

Eftersom der er sket større ændringer med studiet fra 2003 til 2004, skal man være varsom med at konkludere noget som helst ud fra en sammenligning af beståelsesprocenter fra de to år.

## Designet af kurset

Designprocessen blev påbegyndt i april måned 2004. Udgangspunktet var fra starten erkendte vanskeligheder for en gruppe studerende, der synes at have svært ved at bringe den newtonske fysik i anvendelse på mere "atypiske" problemstillinger. Disse vanskeligheder viser sig ved eksamen hvor opgaver der kræver reduktion af en bare lidt kompleks situation volder store kvaler.

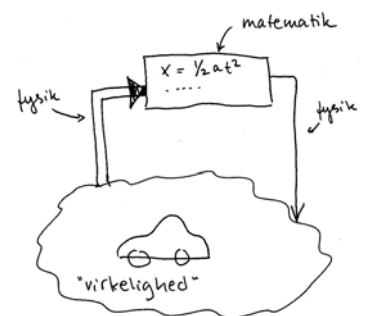
## Internationale studier af fysikstuderendes indlæring

Det er velkendt fra internationale studier, særlig i 80'erne og op gennem starten af 90'erne, at studerende kan have store forståelsesvanskeligheder på trods af at de klarer sig glimrende ved traditionelle eksamener<sup>3</sup>. Undersøgelserne peger på, at newtonsk fysik ikke uden videre lader sig indlære fordi den støder på vores såkaldte hverdagsforestillinger om fysiske sammenhænge. Den er med andre ord, i nogle sammenhænge kontraintuitiv. Nogen sammenligner vores hverdagsforestillinger med Aristoteles' fysik: Ligevægtstilstanden er stilstand. Al bevægelse kræver tilførsel af energi/udførsel af kræfter. Især cykling har her været brugt som eksempel.

At fysik repræsenterer en særlig vanskelighed for studerende skyldes især 3 forhold:

1. Der kan ikke gives algoritmer til løsninger af fysiske problemer – de kræver begrebslig forståelse:

Reduktionen af "virkeligheden" til en fysisk model i form af matematiske udtryk er af ren begrebslig karakter. Ethvert forsøg på at finde algoritmer for dette trin er identisk med en overfladestrategi og manglende indlæring. Dette gælder også for den fysiske tolkning af resultatet, men dette regnes ofte for mindre vanskeligt, da problemet på det tidspunkt som regel er forstået. Ellers må man begynde forfra forfra! Derimod gives masser af teknikker og algoritmer for den matematiske "gennemregning". Den fysiske reduktion og den matematiske gennemregning er således to vidt forskellige kognitive processer, og



<sup>3</sup> Se f.eks. P.C. Peters: Even honors students have conceptual difficulties with physics American Journal of Physics, 1982, 50(6), pp. 501-508. I øvrigt er der i Randall Knight: Five Easy Lessons: Strategies for Successful Physics Teaching, Benjamin Cummings, 2003 en glimrende oversigt over litteraturen i amerikansk forskning i fysikuddannelse på universitetsniveau.

dermed er de tilhørende indlæringsprocesser også vidt forskellige. Dette kunne tale for en vis adskillelse i undervisningen.

2. Der er en "trin-effekt": Nogle har brugt analogien "cykling". Når man lærer at cykle, skal man først øve sig uden overhovedet at kunne! I denne fase kan man ikke sige man cykler. Når man så først kan det, er det stort set noget man mestrer: Så cykler man. Herefter kan man blive gradvis mere sikker, men det første skridt består i at komme op over en barriere. I fysik består barrieren i overhovedet at få greb om newtonsk tankegang (niveauet af barrieren uddybes nedenfor).
3. Selvom dette niveau er nået, er det stadig op af bakke: I reduktionen af de "virkelige" problemer til en fysisk model, interfererer hverdagsforestillingerne stadig med den fysiske forståelse, især når de "virkelige" problemer er åbne, "atypiske" eller med "rig kontekst", dvs. ligger langt fra de problemstillinger man allerede mestrer.

Der er i øvrigt generelt et fokus i den internationale litteratur på at udnytte det læringsmæssige potentiale i gruppearbejdet. Empiri, teori og erfaringer tyder på at:

1. Næsten alle lærer noget af gruppearbejde: De svage lærer af de stærke og de stærke lærer (ofte endnu mere) af at "undervise" de svage.
2. En gruppe kan godt lære mere end den bedste ved. Ellers var videnskab ikke mulig.
3. Gruppearbejdets styrke ligger især i den begrebslige diskussion af konkrete opgaver. Det at skulle argumentere for hvordan man skal forstå tingene bringer ofte én videre i forståelsen.

Erkendelsen af at den begrebslige forståelse på niveauet oppe "på trinnet" er afgørende, har ledt til at Hestenes et. al.<sup>4</sup> har udviklet det såkaldte "Force Concept Inventory", som er en multiple-choice test med 30 spørgsmål udviklet til at måle studerendes begrebslige forståelse af mekanik. Testen bygger på interviews med studerende om deres forståelse af en række fysiske problemstillinger, således at der til hvert spørgsmål er 5 mulige svar, hvoraf de 4 afspejler de svar, studerende med de mest typiske misforståelser vil give. Testen er validitets- og reliabilitetstestet over en 10-årig periode på over 1000 collegestuderende.

Testen er udviklet så den kan gives både ved indgangen og udgangen af et undervisningsforløb. For hver studerende kan således udregnes et "gain": den procentvis opnåede forbedring i forhold til den mulige forbedring<sup>5</sup>. Gain kan således tages som et mål for undervisningens bidrag til studerendes forståelse. Altså et slags måleinstrument for indlæring.

<sup>4</sup>Hestenes et. al.: Force Concept Inventory. The Physics Teacher, 30 (3), 141-151

$$h = \frac{(\text{posttest average}) - (\text{pretest average})}{100 - (\text{pretest average})}$$

<sup>5</sup> Gain  $h$  for hele holdet måles således:

Resultaterne viser bl.a. at konventionel undervisning – forelæsninger med opgavegennemgang – typisk giver de laveste gains (omkring 20%). Hvad som helst andet, der har form af interaktiv undervisning, har givet bedre resultater. Eksempelvis giver det at erstatte opgavegennemgang med grupperegningsovelser med hjælpelærer<sup>6</sup> signifikant bedre gain (35%)<sup>7</sup>. Ligesom Eric Mazurs ”Peer Instruction”<sup>8</sup>. Dette er i overensstemmelse med nyere forskning generelt, der tyder på at mere (interaktiv) undervisning fører til større (generel) indlæring hos studerende. Det er i og for sig ikke i sig selv overraskende, at det at studerende arbejder mere aktivt med stoffet fører til øget indlæring. Det nye er at inddrage dette arbejde i undervisningen under én eller anden form for vejledning i stedet for at henvise det til studerendes hjemmearbejde. Dette synes altså generelt at give større udbytte.

Designerne betegner 60% svarende til 18 rigtige, som ”grænseniveau” (”threshold level”), dvs. det niveau der skal til for overhovedet at løse problemer med newtonsk tankegang. Det er altså grænsen for at ”stå på trinnet” i ovenstående terminologi. 85%, svarende til 25,5 rigtige, betegnes som ”beherskelsesniveauet” (”mastery level”).

I USA er indgangsniveauet til et indledende universitetskursus i fysik typisk væsentlig lavere end de 60%, og et udgangsniveau (resultat efter kurset) omkring 60% er relativt højt, dvs. typisk ligger det lavere. I Danmark ligger *indgangsniveauet* til fysikstudiet ved universiteterne typisk omkring 70%, hvilket svarer til eksempelvis Harvard University. Det svarer til *udgangsniveauet* fra de fleste andre amerikanske universiteter. Det betyder selvfølgelig, at der ved brug af testen i Danmark *kan* opstå en form for ”mætning”. Usikkerheden på målingen bliver større fordi der er færre spørgsmål de studerende kan forbedre sig på. På den anden side har man i årevis brugt testen på Harvard med stor succes til at opnå væsentlige forbedringer i undervisningen.

	Antal studerende	Middelresultat i starttest	Gain i %
DTU, TF E01, 10001	49	20,6±0,9	37±5
AU, 00	65	22,4±0,7	41
AU, 02, nano	24		74
KU, E00, Fysik11	155	21,3±0,5	27
DTU, E02, 10010	109	15,2±0,6	43±4

Ovenstående tabel viser resultater fra Danmark indsamlet i 2002; resultat i starttest angivet som ”antal rigtige” ud af 30 mulige. Resultatet KU Fysik 11 Mekanik 2003 var tilsvarende:

<sup>6</sup>L. C. McDermott et al.: Tutorials in Introductory Physics. Prentice-Hall, Upper Saddle River, NJ, 1998

<sup>7</sup> En nærmere beskrivelse af forskellige malinger med FCI findes f.eks. i E. Redish: Millikan Lecture 1998: Building a Science of Teaching Physics. American Journal of Physics 67(7), 1999.

<sup>8</sup> E. Mazur: Peer Instruction: A User’s Manual. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1997. ”Kammeratlæring” beskrives i en KU-fysiksammenhæng i skriftet: A.C. Andersen, M. Machholm & L.F. Olsen: Kammeratlæring på førsteårskursus i mekanik, CND’s skriftserie nr. 6. <http://www.cnd.ku.dk/side22515.htm>

Middelresultat i starttest: 20,6 (~ 68,7%)

Gain: 34%

## Overvejelser om fysik på KU

Gain-tallene for fysik på KU tyder generelt på, at der er et rum for forbedring. Erfaringer fra DTU, AU og internationalt indikerer, at man kan opnå dette ved mere deltageraktiverende undervisningsformer. F.eks. kunne man søge at aktivere studerende mere ved regneøvelserne.

Resultater fra eksamen tyder på, at en større gruppe studerende har særligt vanskeligt ved at løse opgaver, der i formen og kontekst ligger længere fra kursusopgaverne, end de, der ”ligner mest”. Disse opgaver kræver en dybere begrebslig forståelse.

Lars Ulriksen<sup>9</sup> og Cathrine Hasse<sup>10</sup> har beskrevet et dilemma i den indledende fysikundervisning mellem det, at nysgerrighed og kreativitet generelt opfattes som vigtige egenskaber i fysikken (eller vigtige kompetencer, om man vil), mens disse elementer kun vanskeligt lader sig opdyrke inden for den traditionelle undervisnings rammer.

Cathrine Hasse beskriver derudover hvordan den form for regneøvelser, der foregår ved at studerende ”går til tavlen” i nogle tilfælde forskyder studerendes opmærksomhed fra et fokus på at lære fysik til de sociale spil om ”performance”, der kan komme til at sætte dagsordenen i disse situationer. Herved, og fordi en stor gruppe studerende nogen gange er passive, kan denne undervisningsform invitere til overfladestrategier<sup>11</sup>. Overfladestrategier vides at føre til ringere udbytte i form af forståelse af stoffet, hvilket betyder at stoffet glemmes hurtigere.

Frafaldsprocenterne efter 1. år på KU-fysik ligger godt nok på fakultetets gennemsnit (32% for fysik)<sup>12</sup>, men uanset om frafaldet ligger på fakultetsgennemsnittet, så bør man arbejde på at det i hvert fald ikke er undervisningens indretning der er årsag til frafald.

---

<sup>9</sup> Lars Ulriksen: Hvad skal de studerende lære i fysik? Et lærerperspektiv. I N.O. Andersen og K.B. Laursen (red.): *Studeforløbsundersøgelse i naturvidenskab – en antologi*, CNDs skriftserie nr. 5, Center for Naturfagenes Didaktik, KU, juni 2003.

<sup>10</sup> Cathrine Hasse: *Kultur i bevægelse – fra deltagerobservation til kulturanalyse – i det fysiske rum*, Samfundslitteratur, Frederiksberg, 2002.

<sup>11</sup> Dybde- og overfladeoverstrategier og sammenhængen mellem disse og indlæring hhv. undervisning er nærmere beskrevet i f.eks. M. Prosser og K. Trigwell: *Understanding Teaching and Learning. The Experience in Higher Education*, Society for Research into Higher Education and Open University Press, Buckingham, 1999.

<sup>12</sup> Tabel 2.3 s. 48 i N.O.Andersen og K.B.Laursen: *Studieforløbsundersøgelser i naturvidenskab – en antologi*, CNDs skriftserie nr. 5, juni 2003.



## Diskussion som baggrund for design af Fysik 1

I de diskussioner som vi har haft med den kursusansvarlige på Fysik 1, var der med hensyn til frafald især enighed om, at selvom der nok er nogle studerende, der ganske enkelt ikke har de faglige forudsætninger for at klare et fysikstudium, er det vigtigt, at det er ”rigtige” der sorteres fra. Hvis studerende falder fra af andre årsager end de rent faglige, er der med andre ord et potentiale for forbedring her.

Der var generelt enighed om, at baggrundsmaterialet stort set pegede i samme retning: Hvis man ændrede undervisningen i retning af mere deltageraktiverende former, var der chance for at

1. Få mere engagerede studerende
2. At flere studerende anlagde en dybdestrategi og hermed fik en dybere forståelse af stoffet og dermed et varigt udbytte af kurset
3. At disse ting tilsammen ville betyde en bedre begrebslig forståelse og dermed
4. Højere resultater i FCI
5. Flere studerende, der kunne klare de begrebsligt mere udfordrende opgaver.
6. Flere studerende der ville kunne bestå eksamen
7. Mindre frafald.

Det ville jo være smukt og dejligt, men så enkelt er det jo desværre sjældent i virkeligheden. Senere diskuterer vi hvordan det faktisk gik i forhold til disse intentioner.

Det afgørende for studerendes indlæring er hvilke opgaver de arbejder med og hvordan. Mindre afgørende er altså f.eks. lærebog og forelæsninger, som dog selvfølgelig spiller en rolle – men altså primært i forhold til hvordan de understøtter de studerendes problemløsning. I erkendelse heraf var indholdet i de studerendes aktiviteter i undervisningen i centrum af vores overvejelser.

## Fredagsopgaver

Der var enighed om, at de studerende så vidt muligt skulle engageres i spændende, udfordrende faglige opgaver. De internationale studier indikerer, at gruppediskussioner mellem studerende især giver læringsmæssigt udbytte, når løsningen af de givne problemer ikke ”ligger lige for”, forstået på den måde, at problemet ikke umiddelbart foreligger som et ”fysikbogsproblem”, men som et åbent, ”kontekstrigt problem”<sup>13</sup>. Dette skyldes at den sidste type problemer kræver en større grad af fysisk fortolkning og præcision af de fysiske begreber, hvilket giver de studerende mulighed for at udvikle deres viden i fællesskab (og hermed lære på det individuelle niveau).

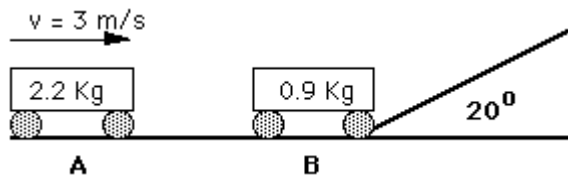
---

<sup>13</sup> Om ”context rich problems”:

<http://groups.physics.umn.edu/physed/Research/CRP/crintro.html>

På University of Minnesotas hjemmeside gives følgende eksempel på en kontekstrig opgave i forhold til en "traditionel":

**Traditionel:** "Cart A, which is moving with a constant velocity of 3 m/s, has an inelastic collision with cart B, which is initially at rest as shown in Figure 8.3. After the collision, the carts move together up an inclined plane. Neglecting friction, determine the vertical height  $h$  of the carts before they reverse direction."



**Kontekstrig:** "You are helping your friend prepare for her next skate board exhibition. For her program, she plans to take a running start and then jump onto her heavy duty 15-lb stationary skateboard. She and the skateboard will glide in a straight line along a short, level section of track, then up a sloped concrete wall. She wants to reach a height of at least 10 feet above where she started before she turns to come back down the slope. She has measured her maximum running speed to safely jump on the skateboard at 7 feet/second. She knows you have taken physics, so she wants you to determine if she can carry out her program as planned. She tells you that she weighs 100 lbs."

Disse overvejelser førte til de såkaldte "fredagsopgaver". Kontekstrige problemer er naturligvis også afgørende at træne på, hvis studerende skal kunne løse den type opgaver generelt (de "svære" eksamensopgaver).

## Tirsdagsopgaver

I et forsøg på at adskille træningen af "gennemregningen" fra den fysiske reduktion (som blev trænet i fredagsopgaverne), i hvert fald delvis, i undervisningen blev det besluttet at tirsdagsopgaverne skulle være lærebogsproblemerne, der kunne antages at have mindre fokus på den fysiske reduktion, eller i hvert fald byde på enklere reduktioner, og mere på træning af gennemregning. Jo mere "automatisk" gennemregningsprocessen foregår, jo større kognitivt overskud til at lave den fysiske reduktion.

## Illustrationsforsøg

Der blev diskuteret frem og tilbage om brugen af demonstrationsforsøg ved forelæsningserne. Internationale studier tyder på, at studerende i visse tilfælde snarere bliver bekræftet i forkerte forestillinger end lærer nyt af disse. Derimod var der enighed om at betydningen af at lave forsøg, der "vækker undren" og udfordrer til eftertanke, kan have stor positiv betydning. Til gengæld opstod ideen om at "tage demonstrationsforsøgene ud af auditoriet og ned i laboratoriet".

et” – og lade de studerende selv udføre dem. Denne ide blev hen ad vejen udmøntet i de såkaldte ”illustrationsforsøg”.

En vigtig del af en fysikers kompetence er at kunne opnå viden om sammenhænge ved at lave forsøg (altså en del af den eksperimentelle kompetence, men den indeholder også mange andre ting). I den forbindelse forventes fysikeren også at kunne lave sit eget måleinstrument, hvis et sådant ikke findes. Et eksempel på et spørgsmål kursusefteren selv har været nødt til at svare på ved et lille simpelt forsøg, var spørgsmålet om størrelsen af trykket i en ballon.

Dette fordrer både viden og kreativitet, og der er en stigende erkendelse i international litteratur om, at denne mere kreative og innovative side af fysikken bør indgå i den indledende undervisning på lige fod med andre kompetencer<sup>14</sup>.

Et andet formål med illustrationsforsøgene var at styrke de studerendes begrebslige forståelse ved at de fik lejlighed til at få ”hands-on-erfaringer” med de fysiske størrelser – kraft, hastighed, impuls, etc., samt at få lejlighed til at ”se” sammenhængen mellem de fysiske modeller og virkeligheden. Dette forventede vi ville styrke deres begrebslige forståelse.

For at opnå dette var det altså afgørende, at studerende selv designede deres egne ”forsøg”. Ideen var at udlevere en kasse med diverse remedier, f.eks. fjedre, lodder, racerbaner, biler, slisker etc. og så stille små enkle åbne opgaver, f.eks. ”lav et ur, der kan måle 2 minutter”. Altså ingen kokebog, men nogle konceptuelt udfordrende spørgsmål til sidst.

Pointen var også, at øvelserne skulle stimulere de studerendes kreativitet og nysgerrighed, så fokus snarere skulle være på om de fik lavet noget ”god og spændende fysik”, end om de fik afleveret et skriftligt materiale. Det blev derfor besluttet at afleveringskravet var et én-sides notat, der skulle godkendes af læreren på stedet, og som i virkeligheden mest skulle være til dokumentation for den studerende selv – til senere brug. Altså begyndelsen til en slags logbog. Det kunne så være en pointe, at de senere skulle bruge resultaterne fra ét forsøg til et andet.

## Mål - og kompetencer

Bag designprocessen lå denne målsætning for kurset:

### Generelt:

Studerende skal have en dyb begrebslig forståelse af newtons mekanik og kunne benytte denne ved opgaveløsning af mekaniske problemstillinger.

---

<sup>14</sup> Eksempelvis har MIT fornyligt taget tiltag i den retning: John Belcher: Studio Physics at MIT. <http://web.mit.edu/jbelcher/www/PhysicsNewsLetter.pdf>. En empirisk undersøgelse af effekten findes i Y.J.Dori & J. Belcher: How does Technology-Enabled Active Learning Affect Undergraduate Students' Understanding of Electromagnetism Concepts. The Journal of the Learning Sciences 14(2), 2004, In press. [http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/resources/TEAL\\_JLS\\_10\\_2004.pdf](http://web.mit.edu/8.02t/www/802TEAL3D/visualizations/resources/TEAL_JLS_10_2004.pdf)

Studerende skal selv kunne undersøge simple mekaniske problemstillinger eksperimentelt.

**(Mere) specifikt:**

Studerende skal kunne løse mekanikproblemer – også selvom de er ”ureducerede” i en rig kontekst, jævnfør eksemplet på kontekstrige problemer ovenfor på s. 10. De skal altså kunne løse de svære eksamensopgaver.

Studerende skal kunne designe og gennemføre små simple ”demonstrationsforsøg”, der illustrerer en central lovmæssighed i ugens pensum. De skal både gennemregne problemstillingen og se at (om) ”det passer”.

Man bemærker, at disse målsætninger er ikke helt i overensstemmelse med den officielle beskrivelse af kurset, jf. sis.ku.dk:

”Formål:

Ved forelæsninger, demonstrationsforsøg, regneøvelser og laboratorieøvelser fås fortrolighed med centrale begreber som vektorbeskrivelse, harmoniske svingninger, massemidtpunktssætningen, rotation og impulsmoment-sætningen.

Kompetencebeskrivelse:

Kendskab til IT og laboratoriesikkerhed. Ved laboratoriearbejdet og i forelæsninger opnås forståelse for fysiske eksperimenter, måleteknikker, databehandling og statistik.

Indhold:

I Fysik 1 beskrives den klassiske mekanik og tyngdeloven, Newtons bevægelseslove behandles og anvendes. Elementære begreber som masse, kraft, energi, impuls, inerti- og impulsmoment vil blive introduceret. Der vil blive lagt vægt på løsning af problemer til forståelse af hverdagsfænomener. Sideløbende diskuteres fysikkens historiske udvikling og den naturvidenskabelige metode.”

Især kompetencebeskrivelsen har en anden form i SIS-versionen. Dette skyldes nok en vis generel usikkerhed om, hvad man egentlig skal forstå ved ”kompetence”. Jf. diskussionen i Didaktips 1: Kompetencebeskrivelse i universitetets virkelighed<sup>15</sup> kan man i hvert fald skelne mellem:

- *specifikke faglige kompetencer*, som er knyttet til et bestemt indhold, fx det at være i stand til at producere en begrundet afgørelse af, om en foreliggende reel funktion er kontinuert, eller gennem titrering at bestemme koncentrationen af en forelagt syreopløsning
- *generelle faglige kompetencer*, som i princippet er uafhængig af et specifikt indhold – fx det at være i stand til at bruge korrekte fysikfaglige ræsonnementer, eller til at kommunikere i biologisk fagsprog. De generelle

<sup>15</sup> <http://www.cnd.ku.dk/side20364.htm>

faglige kompetencer kan ses som *abstraktioner* af en klasse af specifikke faglige kompetencer.

Hertil kommer nogle endnu mere overordnede kompetencer for hele uddannelsen som sådan. De kompetencemål, der er angivet i SIS, må vel nærmest forstås som dette kursus' bidrag til uddannelsens overordnede generelle kompetencemål. De kompetencemål, der blev udkrystalliseret i løbet af designprocessen, kan derimod ses som specifikke faglige kompetencer, knyttet til dette kursus. Disse kan med fordel gøres endnu mere detaljerede og derefter bruges konstruktivt i overvejelser om sekvenseringen af kursets indhold, som beskrevet i Didaktips 1.

### **Evaluering (Hjemmeopgaver og Illustrationsforsøg)**

Evalueringen af kurset var på forhånd delvist fastlagt af studienævnet, idet det var besluttet, at der skulle være løbende evaluering.

Formålet med løbende evaluering er at belønne studerendes arbejde med stoffet gennem kurset for derigennem at opnå en højere indlæring. Det var derfor nærliggende at belønne studerende for at lave hjemmeopgaver og gennemføre illustrationsforsøg. For at undgå at sende signal om at det var "godt nok" at aflevere en del af opgaverne, blev ovenstående model besluttet (se s. 4). Ulemper ved denne evalueringsform er, at de studerende ikke nødvendigvis får en fornemmelse af deres niveau ved en fremtidig skriftlig eksamen. Skulle de have det, skulle en del af hjemmeopgaverne have været kontekstrige problemer. Men disse er mere tidskrævende at rette, og dermed dyrere, end opgaver der ligger mere i forlængelse af lærebogsopgaverne.

### **Inddragelse af de øvrige kursuslærere**

De øvrige kursuslærere (for regneøvelser og illustrationsforsøg), blev inddraget relativt sent i designprocessen.

For at opnå en vis konsensus i læregruppen om form og funktion af de nye elementer, "fredagsopgaver" og "illustrationsforsøg", blev der lavet en workshop for alle undervisere på Fysik1.

Først fremlagde kursuslederen udgangspunktet for ændringerne i kurset, nemlig at studerende har svært ved at løse de "kontekstrige" eksamensopgaver, til diskussion. Der var enighed om, at det, de studerende skulle kunne efter kurset, var at løse disse sværere opgaver, og at kurset derfor skulle lære dem "selv at dirke døre op".

Dernæst blev det diskuteret, hvordan man bedst understøtter de studerendes læreproces i undervisning, og kursuslederen gav et eksempel på "Inquiry Teaching", også kaldet "dialogundervisning". Kort fortalt går det ud på at stille åbne spørgsmål i systematisk rækkefølge, frem for at give forklaringer.

CND havde udarbejdet en ”Drejebog for løsning af fysikproblemer” (se Bilag) i et forsøg på at give de studerende en rettesnor for frugtbart at arbejde med fysiske problemstillinger.

Til sidst blev det diskuteret, hvordan formen skulle være for illustrationsforsøgene. Dette blev gjort ved et rollespil hvor første øvelse blev gennemført.

Det blev vedtaget at holde ugentlige lærermøder om torsdagen i frokostpausen for at udveksle information om erfaringer med hjemmeopgaver, illustrationsforsøg etc.

## De nanoteknologistuderende

De nanoteknologistuderende (herefter kaldet ”nanoerne”) skulle som anført kun have 2½ ECTS-point mekanik og deltog derfor ikke i illustrationsforsøgene og skulle aflevere færre hjemmeopgaver. Desuden have de kun én regneøvelse pr. uge for sig selv, men af 3 timers varighed, mens fysikernes var to timer pr. gang. De havde altså forelæsningerne fælles med fysikerne.

## Forløbet af kurset

Da kurset var nyt, både i forhold til lærebog, undervisningselementer (fredagsopgaver og illustrationsforsøg) og evalueringsform (hjemmeopgaver), var der nogle indkøringsvanskeligheder af mere praktisk art.

Lærerne skulle også vænne sig til den mere intensive undervisningsbelastning p.g.a. det kortere forløb (blokstruktur ift. semesterstruktur). Bl.a. er der i blokstrukturen regneøvelser og illustrationsforsøg i første uge. Af hensyn til et ønske fra studienævnet om mulighed for de studerende for at blive introduceret til IT-systemet fra starten, blev det besluttet at erstatte illustrationsforsøgene i første uge af en større computerøvelse omhandlende en simpel mekanisk problemstilling. Dette blev dog erstattet af et mere elementært IT-introduktionskursus i log-in, e-mail, editering etc. Dette blev gennemført med lærerassistance fra IT-afdelingen.

I det følgende gennemgås de enkelte undervisningselementer hver for sig. I materialet refereres til datamaterialet fra den omfattende kursusevaluering, der blev gennemført af CND i sidste undervisningsuge, herefter kaldet *evalueringen*. En sammentælling af datamaterialet er vedhæftet. Derudover refereres til studienævnens faste kursusevaluering, herefter kaldet *studienævnets evaluering*.

## Forelæsningerne

Forelæsningerne var en blanding af teorigennemgang, små og større demonstrationsforsøg med henblik på at få de studerende til at undre sig og dermed ræsonnere over fysiske fænomener samt mindre sessioner med ”peer instruction”(se fodnote 8). ”Peer Instruction” går ud på at forelæsningen opdeles i

mindre dele af 15 minutters varighed, og hver del består af 10 minutters forelæsning efterfulgt af en begrebslig multiple-choice test stillet til de studerende. De studerende ”stemmer” herefter ved brug af et udleveret ark på ét af de 4 svar. Hvis langt de fleste studerende har det rigtige svar, fortsættes undervisningen – evt. bedes en studerende give en begrundelse for svaret. I modsat fald bliver et par studerende bedt om at komme med begrundelse for de forskellige svar, hvorefter de bliver bedt om at ”summe” om opgaven med deres side-mand. Herefter gentages ”afstemningen”. Herefter vil hovedparten af de studerende som regel have det rigtige svar.

De studerende er i begge evalueringer godt tilfredse med forelæsningsne og af evalueringen fremgår det, at de især finder dem inspirerende, at de giver et godt overblik, og at de giver en god fremstilling af hvordan fysikken bruger matematikken. En del studerende fremhæver brugen af demonstrationsforsøg og peer-instruction-spørgsmålene.

Nanoerne er markant mindre tilfredse end fysikerne. De finder i mindre grad forelæsningsne inspirerende og synes ikke i lige så høj grad, de giver et godt overblik. I praksis blev forelæsningsne ifølge den kursusansvarlige nok også primært forberedt med fysikerne i tankerne.

## Tirsdagsregneøvelser

Formen på tirsdagsregnetimerne varierer en del fra lærer til lærer. Nogle lærere bruger udelukkende tavlegennemgang, fortrinsvis ved at studerende skiftes til at gennemregne forberedte opgaver ved tavlen, mens andre lærere bruger en blanding af gruppregning til start og tavlegennemgang til slut. Der har også været kombinationer hvor studerende først gruppevis forberedte en opgave til gennemgang for de andre grupper.

Der var en del usikkerhed hos studerende og til dels også hos lærere omkring hvor meget forberedelse der skulle kræves til opgaveregningerne – skulle man have lavet det hele? Skulle undervisningen lægges an på dette? Eller skulle man regne på stedet? I praksis have kun en mindre del af de studerende forberedt sig på alt.

Der er delte meninger om behovet for tavlegennemgang, både hos lærere og studerende. En del studerende føler de får stort udbytte af tavlegennemgang og nogle studerende fremhæver ved interviews især betydningen af at se læreren gennemgå en ”smart” måde at regne en opgave på. Nogle studerende klager over manglende tid til at gennemgå alle opgaver. En studerende siger ved interviewet at vedkommende konsekvent ikke møder op om tirsdagen, hvis vedkommende har kunnet regne alle opgaverne hjemmefra. Hos lærerne fremhæves især værdien af den fælles diskussion af opgaverne. Nogle lærere prioriterer at gennemgå færre udvalgte opgaver, der vurderes at volde de studerende særlige vanskeligheder, mens andre lærere fremhæver vigtigheden af at så vidt muligt at gennemgå alle opgaver.

I litteraturen er der ikke noget, der tyder på, at det er afgørende for studerendes indlæring, at de får gennemgået opgaverne, når de selv har arbejdet med dem forinden.

Idealet for den ”klassiske” tavlegang hvor alle studerende møder velforberejdede op, og holdet derefter bruger tiden på at diskutere opgaverne i fællesskab, viser sig at være ganske vanskeligt at opnå i praksis. Vanskelighederne består især i:

- Uforberedte studerende og deraf følgende vanskeligheder med at få studerende til at ”gå til tavlen”,
- at de studerende er passive og ikke deltager i diskussionen af opgaverne og
- at der går for meget tid med gennemgå ”det lette” på bekostning af ”det svære”.

Hvis disse vanskeligheder bliver for fremtrædende kan det med fordel overvejes at udnytte det læringspotentiale, der ligger i gruppearbejdet (yderligere). Man kan også overveje at differentiere undervisningstilbuddene efter studerendes grad af forberedelse. I den forbindelse kan det bemærkes, at der sjældent er en direkte sammenhæng mellem graden af forberedelse og fagligt niveau.

De studerende er generelt godt tilfredse med deres udbytte af tirsdagsregneøvelserne. De føler generelt at det bidrager til deres forståelse af teorien at regne opgaverne. De benytter sig langt overvejende af bogstavregning, frem for at indsætte tallene. De er delte i spørgsmålet om det at de har fået gennemgået en opgave også betyder at de selv kan regne den.

Her optræder en kønsforskel idet kun en fjerdedel af kvinderne oplever de kan det, mens halvdelen oplever de ikke kan. Omvendt mener 2/3 af kvinderne at de har behov for at gå gennemgået en opgave selvom de har regnet den i en gruppe.

Igen er nanoerne mindre tilfredse. Men der er ikke umiddelbart noget i materialet, der kan pege på hvorfor. Som angivet på s. 14, havde nanoerne deres egne øvelseshold 1 gang à 3 timer pr. uge, hvor der blev benyttet overvejende gruppearbejde, som regel efterfulgt af tavlegennemgang i den sidste time. En spekulativ forklaring kunne være, at nanoernes motivation i kurset har været lavere, idet det måske ikke har været klart hvad mekanikken egentlig skulle bruges til for de nanostuderende. At benytte mekanikopgaver i en nanokontekst specielt udvalgt for de nanostuderende kunne tænkes at afhjælpe dette problem for de nanostuderende.

## Illustrationsforsøg

En af de ovenfor omtalte indkørselsvanskeligheder i kurset var problemer med at nå at få materialet til illustrationsforsøgene skaffet hjem i ordentlig tid. Derfor blev kasserne med materialer fyldt løbende hen igennem kurset. I fremtiden



vil de studerende opleve at alle materialer, er der fra starten. Om det betyder noget for deres lyst til at eksperimentere i øvelserne vil vise sig.

Illustrationsforsøgene skulle ”køres ind” – både lærere og studerende skulle vænne sig til formen. Eftersom lærerne valgte forskellige former som udgangspunkt, kom illustrationsforsøgene i praksis også til at køre forskelligt mht. graden af diskussion, lærerstyring over for åben eksperimenteren, gruppedannelser (faste eller nye hver gang) samt fokus på forsøgsnotatet. Nogle lærere godkendte notatet på stedet og lagde i stedet vægt på at gå rundt i grupperne og spørge grundigt til de studerendes forståelse, mens andre lærere valgte at tage de studerendes notater med hjem, rette dem, og godkende dem til næste gang. Disse lærere rapporterede om en del misforståelser i notaterne.

De studerendes arbejde i grupperne om illustrationsforsøgene er ikke altid lige effektivt. Eksempelvis kunne en del studerende sandsynligvis øge deres faglige udbytte ved at de gjorde sig dybere overvejelser om indholdet og planlagde deres eksperiment bedre. Dette kunne eksempelvis understøttes ved at øvelsesoplægget indeholdt en form for procesvejledning og præciserede det læringsmæssige formål med øvelsen. En del studerende var usikre på formålet med øvelserne. Var det at skrive et godt notat? Var det at få nogle præcise resultater? Var det bare at gennemføre øvelsen? Var det at forstå den bagvedliggende teori? Meget få studerende havde forstået at en del af hensigten med øvelserne var at invitere til at de studerende selv skulle eksperimentere med mulighederne. Dog erklærer de studerende sig i evalueringen overvejende enige at det er vigtigere at lære fysik og nå at eksperimentere end at skrive et godt notat – mændene dog i højere grad end kvinderne.

Enkelte af illustrationsforsøgene måtte meget hurtigt justeres kraftigt i forhold til oplægget fordi materialet ikke virkede som forudset, eller fordi det viste sig, at de studerende var nødt til at bruge noget teori, der lå uden for pensum. Det tog de studerende lidt blandet imod.

Adspurgt synes de studerende først og fremmest at illustrationsforsøgene var ”sjove”. De bruger ikke dette ord om andre af undervisningens elementer. De er også godt tilfredse med deres udbytte af dem. De mener langt overvejende at forsøgene hjælper dem til at få en bedre forståelse af sammenhængen mellem teori og virkelighed. De er delt i spørgsmålet om der er tid nok sat af til øvelserne. Kun en lille gruppe studerende mener, de får større udbytte af at regne opgaver end illustrationsforsøgene. Dobbelt så stor en del af kvinderne som mændene oplever de har svært ved at få ideer til at opstille forsøget.

De studerende arbejde meget engageret og koncentreret ved forsøgene. De virkede meget optagede at forstå sammenhængende og havde mange diskussioner om begreberne bag og hvordan teorien skulle forstås i sammenhængen. Mange studerende arbejde i fulde tre timer uden pause, og nogle blev så optagede at de fortsatte ud over den afsatte tid. Det er desværre ikke ofte, man møder et sådant engagement og en sådan fordybelse i universitetsundervisning.

Følgende citat fra en studerende understøtter dette:

*”Jeg har læst fysik før (er begyndt forfra efter tre år) og er meget imponeret over illustrationsforsøgene denne gang i forhold til Fysik 11 frie øvelser. Det er virkelig godt at man bare får et oplæg til hvad der skal laves og så står der ellers en kasse med forskellige ting man kan bruge. Det er lidt ligesom lab i fys21. Der kunne vi også eksperimentere en del. Det synes jeg er vigtigt – og godt! At gøre. Det bliver sjovt, inspirerende og meget ”lettere” at forstå fysik, når man får lov til at gøre tingene selv, tænke selv i stedet for at følge en ”køgebog” (som det f.eks. er tilfældet i fys22). Well done, fellas ☺.”*

En del af formålet med illustrationsforsøgene var at bidrage til studerendes eksperimentelle kompetence. I det efterfølgende kursus Fysik 2 har de studerende gennemført 5 klassiske laboratorieforsøg, som også har været kørt tidligere år i forbindelse med Fysik 11 i samme form. Lærerne på disse laboratorieforsøg melder generelt at de studerende eksperimenterer på eget initiativ i langt højere grad og virker som om de har langt bedre greb om, hvad der foregår. På tidligere år kunne man godt opleve en form for pligtskyldig rituel gennemgang af køgebogen, men dette opleves i langt mindre grad nu.

Med hensyn til målet om at øge studerendes begrebslige forståelse henvises til diskussionen af FCI-resultaterne nedenfor.

Illustrationsforsøgene var et helt nyt element i undervisningen, og må samlet set siges at være en succes. Men øvelserne skal justeres lidt i næste runde. De to øvelser, der ikke virkede som forudset, skal laves om. Derudover vil det, ifølge lærerne på Fysik 2, formentlig være hensigtsmæssigt at skabe større sammenhæng mellem de efterfølgende laboratorieøvelser i Fysik 2 og illustrationsforsøgene. Dette bør dog så vidt muligt ske under skyldig hensyntagen til sammenhængen med de øvrige undervisningselementer i Fysik 1 også. Der er en oplagt fordel ved bevare den stærke sammenhæng mellem forelæsningsernes indhold, opgaver i regneøvelserne og så illustrationsforsøgene.

## **Fredagsregneøvelserne**

Med reference til formålet med fredagsopgaverne som angivet ovenfor, nemlig at studerende skulle arbejde med mere kontekstrige problemer, blev dette i praksis kun delvist udmøntet. Dette skyldtes, at hvis de studerende skulle regne noget igennem til illustrationsforsøgene, skulle dette foregå om fredagen, og disse to mål var ikke altid forenelige.

Der var blandt nogle lærere og de fleste studerende fra starten en del usikkerhed omkring hvordan formen skulle være om fredagen: Hvordan laver man gruppegning?

I praksis blev det, ligesom med tirsdagsregneøvelserne, grebet ret forskelligt an. Nogle kørte formen med gruppegning efterfulgt af gennemgang i andre grupper, nogle kørte fælles tavleregning med læreren som kridtfører. Nogle havde gruppegning med efterfølgende tavlegennemgang.

Fredagsøvelserne er det undervisningselement, de studerende er mindst tilfredse med deres udbytte af, men de er trods alt overvejende tilfredse. Den mindre tilfredshed skyldes næsten udelukkende, at kvinderne er markant mindre tilfredse. Generelt synes de studerende, opgaverne er svære, og især kvinderne (70% mod mændenes 40%). I øvrigt kan de studerende godt lide, at opgaverne stiller krav til at de tænker sig om, kvinderne i mindre grad end mændene. En stor gruppe studerende føler, deres udbytte bliver begrænset af, at de mister overblikket undervejs. De studerende tilslutter sig overvejende, at fredagsøvelserne udvider deres forståelse af samspillet mellem fysikken og matematikken.

De studerende mener generelt, de kan få udbytte af *åbne opgaver*<sup>16</sup>, og ideen i de kontekstrige opgaver, der blev benyttet om fredagen var at gøre dem åbne. Generelt kan opgaver være åbne i deres *formulering* eller åbne i deres *løsning*. Åbne fysikopgaver er typisk *åbne i formuleringen*, men *lukkede i løsningen*. Det betyder, at der i opgavens formulering er flere mulige veje at gå, det vil sige, formuleringen ikke peger på hvilken vej man skal gå for at nå til løsningen. Men der er kun én rigtig løsning, hvilket betyder at de er lukkede i løsningen. Udfordringen ligger således i at få reduceret problemet til ét der leder til den rigtige løsning<sup>17</sup>.

Især det sidste, at studerende generelt mener, de kan få udbytte af åbne opgaver, peger på, at ideen bag fredagsøvelserne holder, men niveauet skal nok justeres lidt.

Generelt ligger fredagsøvelserne på et niveau, der stiller så høje krav til reduktionskompetencen, at de er nødt til at blive formuleret mere lukket, end hvis de havde haft lidt lavere niveau. Man kan overveje at sænke kravene til reduktionen lidt og til gengæld overlade en større grad af reduktionen til de studerende, ved at gøre spørgsmålene mere åbne. Derved bliver studerendes reduktionskompetence i højere grad trænet, paradoksalt nok. Det kan også tænkes at hjælpe kvinderne. Fra FCI ved vi, at kvinderne har et lavere indgangsniveau, og derfor er det ikke overraskende, at de finder opgaverne sværere. Men det kan også have en ret negativ indflydelse på deres indlæring. I fredagsøvelserne kunne man se, at nogle af kvinderne overhovedet ikke nåede tilnærmelsesvis at regne opgaverne selv, og dernæst oplevede at nogle mænd kunne gennemgå nærmest perfekt ved tavlen. Ikke alene har deres udbytte af dette formentlig været begrænset – de kan også have siddet tilbage med en følelse at, at de ikke havde/har en chance for at lære faget.

Man bør formentlig tilstræbe at formulere opgaverne progressivt, så de er åbne men på lavere niveau i starten, men med nogle svære dele siden hen, der ud-

<sup>16</sup> I evalueringen valgte vi at benytte vendingen *åbne opgaver* i stedet for *kontekstrige opgaver*, selvom der typisk ikke er forskel på disse, fordi vi mente vendingen *åbne opgaver* var mere umiddelbar forståelig end vendingen *kontekstrige opgaver*.

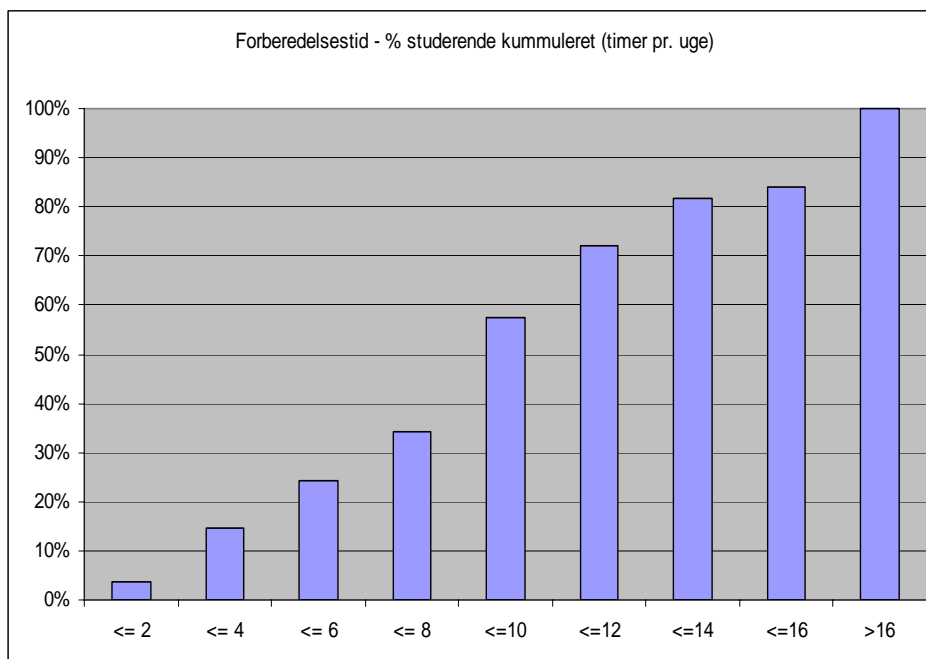
<sup>17</sup> Et eksempel på en klasse af problemer der omvendt *lukkede i deres formulering* men *åbne i deres løsning* er ”designproblemer”, f.eks. ”dimensioner en vippe til et badebassin”. Der er det klart nok hvad opgaven går ud på, men der er mange mulige løsninger. Her består opgaven overvejende i at reducere *løsningsrummet* ved at fastlægge kravene til løsningen.

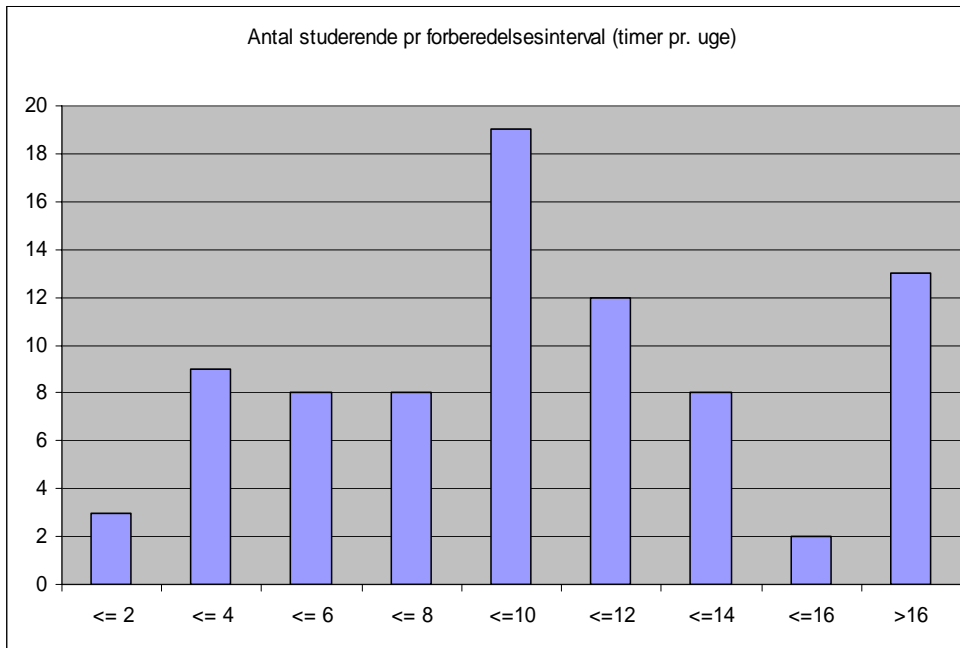
fordrer selv de bedste studerende. Åbne opgaver med stor grad af modellingskrav, men mindre grad af beregningskrav (eller det kan være en del af hjemmeopgaven bagefter) vil give mulighed for at få det fulde udbytte af gruppearbejdsformen.

## Hjemmeopgaver

De studerende er godt tilfredse med deres udbytte af hjemmeopgaverne, her er kvinderne det i højere grad end mændene. De synes at det er en god måde at gå til eksamen på, og at opgaverne tester deres forståelse. En lille gruppe studerende mener godt man kan løse opgaverne uden at have forstået stoffet, hvilket kan skyldes, at de jo i princippet kan skrives af. Lærerne for de fysikstuderende mener ikke det er særlig udbredt, mens nanolærerne mener at have set nogen eksempler på det. Overvejende synes de studerende sværhedsgraden var tilpas – her fandt kvinderne og nanoerne dem sværere end de mandlige fysikere. Hovedparten af kvinderne og knap halvdelen af mændene regnede opgaverne sammen med andre, i det mindste nogen gange.

## Studerendes forberedelse

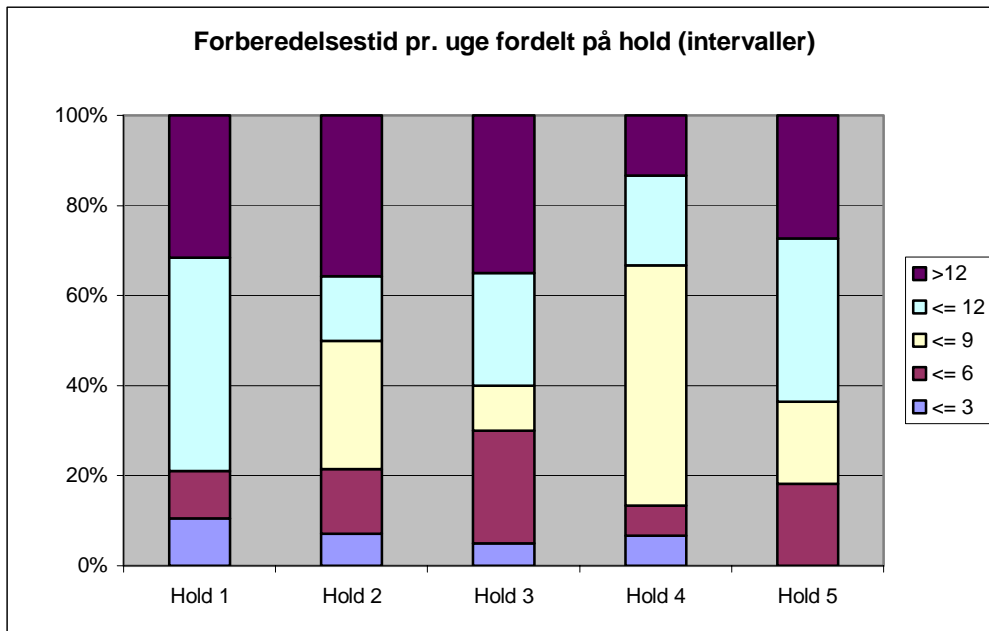




<b>Samlet gennemsnitlig forberedelsestid pr. uge</b>	<b>25% fraktil</b>	<b>50% fraktil</b>	<b>75% fraktil</b>
<b>10,9</b>	<b>6,6</b>	<b>9,6</b>	<b>12,5</b>

Hvis man forbereder sig 9,5 timer pr. uge til fysik, og har 11 konfrontationstimer, bruger man i alt 20,5 timer pr. uge på fysik, som udgør halvdelen af de studerendes skema. Tallene ligger på nogenlunde samme niveau for MatIntro. Det svarer altså til en arbejdsuge på 40 timer, hvilket selvfølgelig er lidt mindre, end man kunne ønske sig, men væsentlig mere, end tilsvarende andre undersøgelser af studerendes tidsforbrug (Chalmers, DTU) viser. Her arbejder de studerende almindeligvis 30 timer/uge, og en arbejdsuge på over 45 timer opleves almindeligvis som alt for hård – med mindre den overvejende går med projektarbejde. I lyset heraf, må de studerendes tidsforbrug siges at være tilfredsstillende.

Der er stor spredning på de enkelte hold:



I store træk fordeler forberedelsestiden sig på 4 timer til forelæsning, 3 timer til tirsdagsregneøvelser og 4 timer til hjemmeopgaver. Da studerende formentlig beregner tiden til forberedelse til forelæsninger som ”samlet tid til læsning”, kan man gætte på, at en del af denne tid også skyldes at de studerende skal lave hjemmeopgaver – og har brug for at læse i den forbindelse. Det er derfor muligt af flere årsager, at den relativt gode forberedelse skyldes at hjemmeopgaverne er obligatoriske.

En del studerende beskriver, at de laver deres hjemmeopgaver søndag, fordi de skal afleveres mandag kl. 12, og de har derefter matematikundervisning resten af eftermiddagen til kl. 17. Derfor har de reelt kun nogle timer mandag aften til forberedelse.

Der blev ikke lagt op til, at de studerende skulle forberede sig hverken til illustrationsforsøg eller fredagsregneøvelser (bortset fra at have læst opgaveteksterne). Nogle studerende efterspørger en mulighed herfor. Det bør nok overvejes.

## Dataindsamlinger om studerendes læring

Som et led dels i et forskningsprojekt, dels som en løbende evaluering af undervisningen i 1. års-fysik i Danmark, blev de studerende bedt om at svare på to forskellige spørgeskemaer, begge både i starten og i slutningen af kurset.

## Spørgeskema om studerendes forventninger og opfattelse af fysik

Dette skema var et led i et forskningsprojekt, der søger at undersøge hvordan faget ”tegner sig” gennem bl.a. undervisningen for de studerende, når de starter på deres uddannelse.

Flere observationer danner udgangspunkt for projektet. Nogle fysikere siger om deres uddannelse: På første år lærte vi 400 år gammel fysik, på andet år 300 år gammel fysik, på tredje år 200 år gammel, osv. og først til sidst i studiet nåede vi frem til den ”rigtige” fysik. Som tidligere nævnt er der en vis diskrepans mellem de beskrivelser, lærerne giver af hvad en fysiker skal kunne, intuition, kreativitet, fysisk tankegang, og så den form undervisningen traditionelt har på 1. år. Man kan derfor spørge sig: Hvad er det egentlig for et fag, de studerende møder ved begyndelsen af deres studium? Er det ”fysikkens sande ansigt”?

I et forsøg på at udvikle et måleinstrument, der kan fortælle noget om de studerendes opfattelse af faget ved studiets start, har vi brugt et spørgeskema udviklet på University of Maryland til afdækning af de studerendes forventninger til faget. Skemaet gives først og sidst for at se hvordan undervisningen påvirker de studerendes forestillinger. Resultater fra USA peger på, at studerendes opfattelser efter et kursus i fysik enten er uændret eller snarere fjerner sig fra de professionelle fysikers opfattelse. På KU efter Fysik 1 var der ingen målbar ændring, men det er hensigten, at skemaet skal gives igen ved slutningen af første år. For en nærmere beskrivelse af resultaterne henvises i øvrigt til rapporten af Anne Marie Nielsen om skemaets egnethed som måleinstrument, se <http://www.cnd.ku.dk/side22304.htm>.

### Test af begrebslig forståelse – FCI

FCI er beskrevet ovenfor (s. 6 ff). Resultaterne for hold og køn fordeler sig som følger (alle tal i de tre FCI-kolonner er angivet i %, tal i parentes angiver standardafvigelsen):

	FCI start	FCI Slut	Gain
F Middel Hold 1 (n=7)	65,7	75,2	27,8
M Middel Hold 1 (n=8)	69,6	80,0	34,2
<b>Hold 1 Middel (n=15)</b>	<b>67,8(5,7)</b>	<b>77,8(4,4)</b>	<b>31,0</b>
F Middel Hold 2 (n=3)	45,6	64,4	34,7
M Middel Hold 2 (n=11)	66,7	79,4	38,2
<b>Hold 2 Middel (n=14)</b>	<b>62,1(6,1)</b>	<b>76,2(5,3)</b>	<b>37,1</b>
F Middel Hold 3 (n=4)	45,8	55,0	16,9
M Middel Hold 3 (n=8)	85,0	92,1	47,2
<b>Hold 3 Middel (n=12)</b>	<b>71,9(6,5)</b>	<b>79,7(6,6)</b>	<b>27,7</b>
F Middel Hold 4 (n=3)	58,9	66,7	18,9
M Middel Hold 4 (n=8)	78,8	83,3	21,6

<b>Hold 4 Middel (n=11)</b>	<b>73,3(4,3)</b>	<b>78,8(4,9)</b>	<b>20,5</b>
F Middel Hold 5 (n=3)	56,7	67,8	25,6
M Middel Hold 5 (n=10)	75,3	84,0	35,1
<b>Hold 5 Middel (n=13)</b>	<b>71,0(4,7)</b>	<b>80,3(4,9)</b>	<b>31,9</b>
<b>Hovedgennemsnit F (n=20)</b>	<b>56,3(5,4)</b>	<b>67,2(5,1)</b>	<b>24,8</b>
<b>Hovedgennemsnit M (n=46)</b>	<b>74,3(5,0)</b>	<b>83,6(4,6)</b>	<b>36,3</b>
<b>Samlet hovedgennemsnit (n=65)</b>	<b>68,8(5,7)</b>	<b>78,6(5,3)</b>	<b>31,4</b>
<b>20 mænd med lavest FCI start</b>	<b>58,3(3,1)</b>	<b>72,5(4,8)</b>	<b>34</b>

Det ses at

- Gain for 2004 er sammenligneligt med tallet fra 2003 – men gain for 2003 er målt efter 10 ECTS fysik, mens gain for 2004 er målt efter 7½ ECTS fysik (og testspørgsmålene er de samme).
- Der er en signifikant og markant kønsforskel samlet set, både på indgangsniveau og gain. Sammenlignes med de 20 mænd med lavest indgangsniveau ses at forskellen i gain ikke kan tilskrives forskel i indgangsniveau, men køn. Denne forskel afspejler sig i eksamensresultaterne for Fysik 2, hvor der også er en markant kønsforskel, idet lavt indgangsniveau og lavt gain betyder lavt resultat i FCI slut, og lavt resultat i FCI slut afspejler en lav forståelse som igen afspejles i dårligt eksamensresultat.

Det gælder generelt i Danmark, at de steder, man har brugt FCI finder man en signifikant og markant kønsforskel på indgangsniveau. Mht. til gain er forskelligt: I Århus finder man ingen kønsforskel i gain, mens DTU tidligere har haft kønsforskel, men haft held med tiltag til udliggning af forskellen.

Der er store udsving i gain fra hold til hold, fra 20,5% på hold 4 til 37,1 på hold 2. I Århus er erfaringen dog den, at dette næppe kan tilskrives lærerne: Den samme lærer opnår vidt forskellige gains fra år til år. Desuden har den samme lærer i visse tilfælde undervist to forskellige hold, som opnåede vidt forskellige gains. Gain er en ”makroskopisk størrelse”.

Muligvis kan det skyldes forskel i undervisningsformer, men kan kun konstateres ved at man systematisk sammenligner undervisningsformer på forskellige hold over en årrække, for at datamaterialet kan blive stort nok. I data fra evalueringen, kan der være noget, der tyder på, at forberedelsestiden kan spille en rolle – hold 4 har gennemgående ret lav forberedelsestid, bortset fra én enkelt studerende, der har en usædvanligt høj. Imidlertid er materialet meget spinkelt, og desuden er der færre deltagere i FCI end i evalueringen, så igen må der målinger over flere år til at konstatere dette. En langsigtet systematisk undersøgelse af undervisningsform og forberedelse var måske værd at overveje – også i



lyset af de genkommende diskussioner af gruppearbejde kontra tavlegennemgang.

## Indtryk af forløbet efter kurset

Og hvad står så tilbage som det samlede indtryk af forløbet efter kurset?

De to nye elementer i undervisningen, illustrationsforsøg og fredagsopgaver har haft fødselsvanskeligheder, men på trods af disse bidraget til undervisningen efter hensigten på flere punkter. Potentialet i disse elementer er endnu ikke foldet helt ud, men den grundlæggende ide bagved må siges at holde.

Illustrationsforsøgene blev blandt andet indført med dette udgangspunkt:

” En vigtig del af en fysikers kompetence er at kunne opnå viden om sammenhænge ved at lave forsøg (altså en del af den eksperimentelle kompetence, men den indeholder også mange andre ting). I den forbindelse forventes fysikeren også at kunne lave sit eget måleinstrument, hvis et sådant ikke findes.”

Observationer af studerendes arbejde både i selve illustrationsforsøgene og i laboratorieforsøgene viser at de studerendes eksperimentelle grundlag er blevet afgørende styrket. Imidlertid indgår disse kompetencer ikke på helt lige fod i bedømmelsen med den teoretiske opgaveløsningskompetence, idet der først gives karakter for det eksperimentelle arbejde i forbindelse med ”de fri øvelser”, som nu indgår som et projekt i Fysik 3 (karakteren for projektet vægtes med  $\frac{1}{3}$  i den samlede karakter for Fysik 3).

De studerende er generelt glade for illustrationsforsøgene. Der er en gruppe studerende, der siger at ”nok er mere teoretisk anlagt”, som ikke er helt så begejstrede, omvendt er der en anden gruppe studerende, for hvem det teoretiske ikke er helt så tiltalende, som er vildt begejstrede. I lyset heraf kan man sige at undervisningen nu henvender sig til en bredere del af de studerende.

Fredagsøvelserne vandt aldrig helt den samme tilslutning blandt de studerende, af flere årsager: De var temmelig svære, og de kom til at skulle tjene to formål; dels at være ”context rich problems”, dels at være forberedelse til illustrationsforsøgene i den efterfølgende uge. Fredagsøvelserne vil i lyset heraf vinde ved at blive mere ”context rich” og mindre svære (eller i hvert fald med en klar progression).

For fuldt at udnytte potentialet i de to nye elementer fremover, opridser vi nogle praktiske erfaringer, som der bør tages højde for i det videre forløb.

For det første er det ikke så let at introducere nye undervisningselementer, så som illustrationsforsøg, uden at undervisergruppen gør en indsats for at få fælles fodslag om hvad formålet er, og hvordan tingene skal foregå i praksis.

For det andet kan der være et misforhold mellem at man som studerende kan have lyst til at bruge en del tid på illustrationsforsøg, og så hvad man rent faktisk bliver evalueret på: Set fra den studerendes side kunne det ikke betale sig at bruge meget tid på illustrationsforsøg, men derimod skulle man hellere kon-

centrere sig om opgaveregningen. Her sender eksamen efter Fysik 2 også et signal i den retning, om end det var vores indtryk, at den måske snarere stod for svagt end for stærkt i de studerendes bevidsthed! Men man kan overveje at tillægge arbejdet i illustrationsforsøgene større vægt i evalueringen.

For det tredje er det vores indtryk at der er stor forskel på udbyttet som studerende af illustrationsforsøgene afhængigt af hvilken strategi man anlægger: om man vitterlig kaster sig ind i den eksperimenterende del med engagement og prøver sig frem og diskuterer med sin gruppe, eller om man blot ”forsøger at finde løsningen” for at læreren kan godkende ens arbejde. Underviserne har her en rolle spille. F.eks. kan underviserne sammen lægge en strategi for at tilskynde til det første snarere end det andet. Denne strategi kan bygge erfaringer fra denne kørsel.

Hvis man sammenligner med vores målsætning for designet på s. 9, lever realiteterne ikke helt op til ambitionerne. Det er vores indtryk fra illustrationsforsøgene, at der var mange, meget engagerede studerende. Efter Fysik 1 har frafaldet været ret lavt, men det har det også været på 1. semester tidligere (10%). Til gengæld har progressionen efter blok 1 været relativt god, idet 83% af de nyindskrevne bachelorstuderende ved de fysiske fag, der stadig var indskrevne 1. oktober, havde bestået begge deres eksamener efter blok 1 og dermed optjent 15 ECTS<sup>18</sup>. Her mangler dog et egentlig sammenligningsgrundlag i fht. tidligere år, men for årgangen der startede i september 2001, var der 18% af de studerende på Matematik-Fysik-Kemi-fagene, der havde optjent 0 ECTS efter det første år, og 26% der kun havde optjent 15 ECTS efter det første år.

Til gengæld forholder det sig anderledes med både FCI-resultaterne og eksamen efter blok 2.

FCI-resultaterne blev hverken værre eller bedre end de foregående år. At det kun var 7½ ECTS er ikke tilstrækkeligt til at forklare dette, når man betænker at man på DTU kan opnå væsentlig større gains over bare 5 ECTS. I lyset af at undervisningsformer som ”Workshop Physics” der også omfatter undervisningselementer med enkle laboratorieforsøg, giver større gains (60%), er det overraskende at illustrationsforsøgene ikke påvirker gainet. Dog tyder resultater på, at hvis man ikke integrerer Workshop Physics med de andre undervisningsformer, opnår man heller ikke høje gains. Så forklaringen skal nok findes i, at de studerende ikke i tilstrækkelig grad får forbundet resultaterne i illustrationsforsøgene med teoriforståelsen. Heri ligger et potentiale for forbedring.

Med hensyn til håbet om, at de studerende bedre skulle kunne løse de svære eksamensopgaver, og at flere studerende skulle kunne bestå eksamen efter Fysik 2, må forventningerne siges at være blevet skuffede. Som anført ovenfor var beståelsesprocenten til Fysik 2-eksamen kun 34%, som er usædvanligt lavt. I flere sammenhænge er dette resultat blevet betegnet som ”en katastrofe”. Det er imidlertid ikke givet, at denne betegnelse er noget særligt frugtbar udgangs-

---

<sup>18</sup> Jens Erik Wang: Fakultetets nye studiestruktur: De studerende årgang 2004, deres gymnasiale forudsætninger og vej gennem Blok 1. Findes f.eks. på <http://www.cnd.ku.dk/side43282.htm>

punkt for efterfølgende handling. Hvis det fører til bedre udvikling af Fysik 1 og Fysik 2 på et informeret grundlag er det. Hvis det medfører panikreaktioner og store ubegrundede omkalfatringer er det næppe.

Så en mere empirisk analyse kan måske være på sin plads.

Datamaterialet, der kan danne grundlag for at analysere hvorfor det gik som det gik, er sparsomt, idet det eneste materiale fra Fysik 2, der forefindes udover eksamen, er de studerendes besvarelser på studienævnets evaluering. Man kan så tage udgangspunkt i to forhold:

- FCI-resultaterne fra Fysik 1 i 2004 er ikke forskellige fra FCI-resultaterne fra Fysik 11 i 2003.
- Eksamensresultater er sjældent noget godt mål for studerendes forståelse. Der findes talrige internationale undersøgelser, der tyder på, at en stor gruppe af de studerende, der består eksamen, ikke har den tilsligtede forståelse af stoffet<sup>19</sup>. Det er således ikke givet, at fordi studerende har bestået eksamen de foregående år, har de også forstået stoffet ”godt nok”. Tværtimod var et udgangspunkt for designet af Fysik 1, at en del studerende ikke havde forstået stoffet godt nok til at løse de ”svære” opgaver.

Disse to forhold til sammen peger på, at eksamen i Fysik 2 2005 ganske enkelt har været for svær. En hypotese kunne være, at den har stillet usædvanligt store krav til studerendes dybe forståelse af stoffet.

Der kan også have været et misforhold mellem den type opgaver, der blev stillet til eksamen, og den type opgaver, de studerende har trænet på gennem kurset. Dette peger i øvrigt også på det foregående: Hvis studerende skal regne på opgaver, der ligger langt fra de, de har øvet sig, stiller det større krav til deres dybe forståelse af stoffet.

En overfladisk analyse af opgaverne tyder på det sidste. Flere af opgaver er af typen ”vis at”, og den type opgaver har de studerende haft meget få af i løbet kurserne. I de fleste af opgaverne bliver de studerende bedt om at begrunde deres svar. Dette har de stort set ikke prøvet i forbindelse med opgaveregningen. Det kan i øvrigt som et kuriosum nævnes, at én af de artikler, der viser at selv ellers dygtige studerende, kan have forståelsesvanskeligheder<sup>20</sup>, gør det netop ved at bede de studerende begrunde deres svar, og vanskelighederne afsløres oftest i begrundelserne, idet svaret i mange tilfælde er rigtigt, men begrundelsen afslører misforståelser.

HVIS det er eksamen, der har været for svær, snarere end undervisningen, der har været for dårlig, peger dette ikke på at der som følge af eksamen skal store ændringer i undervisningen til, i retning af at gøre det mere ”ligesom det vi

---

<sup>19</sup> Se f.eks. Jakobsen et. al: Kvalitetsudviklingsprojektet ”Faglig Sammenhæng”. Hovedrapport. CDM’s skriftserie nr. 1, DTU, 1999.

[http://www.ll.dtu.dk/publications/index\\_d.htm](http://www.ll.dtu.dk/publications/index_d.htm) Se også fodnote 3.

<sup>20</sup> Se fodnote 3

havde, for dengang bestod de studerende i det mindste eksamen". Snarere bør man sørge for, at eksamen indeholder opgaver, der ligger tættere op ad de, de studerende har trænet på i løbet af kurserne.

Derimod kan der selvfølgelig være grund til at udvikle undervisningen, så de studerende får en dybere forståelse af stoffet.

Der er altid indkøringsvanskeligheder, når kurser ændres radikalt. Ofte ses positive effekter af ændringer først ved anden gennemkørsel. Der kan derfor være grund til at give det nuværende "en chance til", men selvfølgelig med de justeringer, der er begrundelse for at foretage.

Den markante kønsforskel på FCI springer i øjnene og kalder på et tiltag. På DTU har man set lignende forskelle og haft succes med et tiltag, der gik på at lave et *tilbud* om et rent "kvindehold", med begrundelse i de målte forskelle. Dette tilbud tog halvdelen af kvinderne imod. Efter det, var det samlede gain for kvinderne på niveau med mændenes – der var ingen forskel på de, der havde været på kvindeholdet og de andre. Man kan jo forsøge et lignende tilbud her. Man bør dog overveje, at i lyset af, at stort set alle kvinderne skal tage imod tilbuddet for at fylde et hold her, vil det måske være en bedre ide bare at samle kvinderne på et antal fifty-fifty hold. Dette bør også overvejes i forbindelse med rusture.

Lærergruppemøderne, og det at man har et team af undervisere i det hele taget, udgør et delvist uudnyttet potentiale. Der er ikke megen tradition på universiteterne for at udveksle erfaringer om undervisningen – slet ikke i sammenligning med udvekslingen omkring forskningen. Men når man har en gruppe af undervisere, der mødes regelmæssigt, har man potentielt et forum for erfaringsudveksling. Der blev udvekslet erfaringer omkring opgaverne, men meget sjældent omkring undervisningsformen og den praktiske side af undervisningen i det hele taget. Erfaringer fra andre universiteter tyder på, at det godt kan lade sig gøre at lave en mere systematisk vidensdeling omkring undervisning, men at det kræver særlig indsats, herunder en stram mødestyring med skriftlig opsamling og systematiske progression fra gang til gang. F.eks. kan deltagerne skiftes til at beskrive en erfaring fra undervisningen, de anser for væsentlig.

## Generelle anbefalinger

- Kursets officielle beskrivelse (på SIS) bør præciseres i forhold til hvilke kompetencer man ønsker de studerende udvikler i kurset. Den nuværende sætning under overskriften Kompetencebeskrivelse ("Kendskab til IT og laboratoriesikkerhed. [...]") er ikke specifik for kurset.
- I det hele taget kunne en præcisering af specifikke faglige kompetencemål for kurset være en hjælp til sekvenseringen af stoffet og udarbejdelse af opgaver på forskellige niveauer, som f.eks. beskrevet i Didaktik 1: Kompetencebeskrivelse i Universitetets Virkelighed<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> <http://www.cnd.ku.dk/side20364.htm>

- Der bør i kollegiale fora, studienævn og lignende sammenhænge lægges mere vægt på diskussioner af faglige kompetencer og *hvilke* opgaver, især hvilke typer af opgaver, studerende skal løse i kurset og dermed til eksamen, f.eks. i forbindelse med en udarbejdelse af specifikke kompetencer. Dette frem for den megen fokus på lærebog og pensum, som til syvende og sidst ikke er determinerende for de studerendes faglige niveau.
- Det kan ikke anbefales at afskaffe hjemmeopgaverne, men de kan måske indgå på en anden måde i evalueringen sammen med en skriftlig slutevaluering.
- Den stærke sammenhæng mellem de forskellige elementer i undervisningen (forelæsninger, regneøvelser, illustrationsforsøg) bør bevares.
- Illustrationsforsøgene bør bevares i stort set deres nuværende form og omfang, men justeres i lyset erfaringerne fra 1. kørsel:
  - Illustrationsforsøgene bør gentænkes med henblik på at bevare de virkelig gode, justere de mindre gode og finde erstatning for dem, der ikke rigtig virkede.
  - De efterfølgende laboratorieforsøg i Fysik 2 bør sammentænkes med illustrationsforsøgene – under skyldig hensyntagen til foregående punkt.
  - Der bør være præcise eksplicite læringsmål for illustrationsforsøgene, og konsensus i lærergruppen om disse.
  - De studerende bør have mulighed for at forberede sig til illustrationsforsøgene og bør opmuntres til dette.
  - Man kan overveje at tildele illustrationsforsøgene større vægt i evalueringen.
- Niveaueet i fredagsopgaverne bør justeres, så opgaverne kan blive mere åbne og mindre beregningstunge, ligesom det tilstræbes i ”context rich problems” (se fodnote 13). De studerende bør have mulighed og tilskyndes til at forberede sig til fredagsopgaverne.
- Potentialet i gruppearbejdsformen kan udnyttes bedre i regneøvelserne. Undervisere bør overveje hvorledes undervisningsdifferentiering ud fra graden af forberedelse kan benyttes.
- Hvis der benyttes tavlegennemgang ved regneøvelserne, bør den tid hvor studerende gennemgår (dele af) opgaver som over 75% af holdet har regnet rigtigt hjemmefra, så vidt muligt minimeres.
- Skemaet bør gentænkes, så man i højere grad udnytter at man ved, hvornår de studerende har undervisningsfri perioder. Det vil således være oplagt at bytte rundt på tirsdagsøvelser og fredagsøvelser, så man sikrer at studerende har godt tid til at forberede sig på tirsdagsøvelserne.
- Lærergruppen kan med fordel udnytte det potentiale i at man er en gruppe, der lære af hinandens viden og kompetencer. Man kunne ek-

sempelvis tænke i at udnytte nogle af de metoder, der benyttes til dette i visse større virksomheder<sup>22</sup>.

- Det anbefales kraftigt at indføre tiltag, der kan udligne den markante kønsforskel, der måles ved FCI.

Med venlig hilsen

Camilla Rump & Sebastian Horst  
*Center for Naturfagenes Didaktik*

---

<sup>22</sup> Mere eller mindre inspireret af de såkaldte ”communities of practice”, bl.a. beskrevet af Etienne Wenger – søg f.eks. på ”vidensdeling” og/eller ”communities of practice” på google.

## Bilag

### “Drejebog for løsning af fysikproblemer”

- 1) Lad bogen ligge og start med: Tegn og forstå!
  - a) Hvad sker der?
  - b) Hvad skal man egentlig finde ud af – og hvorfor?
  - c) Hvordan bevæger systemet sig – og hvorfor?
  - d) Hvordan er kræftpåvirkningerne og den resulterende kraft?
  - e) Bliver der udført et arbejde; energiovervejelser?
- 2) Prøv at regne. Tag evt. bogen frem:  
Obs: Forstår du hvad formlerne udtrykker rent fysisk?
- 3) Er resultatet rimeligt – stemmer det med analysen i trin 1?
- 4) Hvis nej – tag trin 1 igen!
- 5) Hvad var pointen i opgaven? Skriv det i hverdagsprog på et par linier!