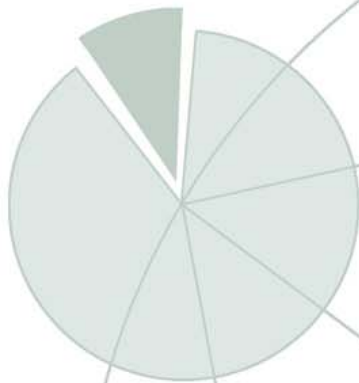




Kammeratlæring på førsteårskursus i mekanik



Anja C. Andersen
Mette Machholm
Lisbeth Fogh Olsen
September 2003

Kammeratlæring på førsteårskursus i mekanik

af

Anja C. Andersen¹
Mette Machholm^{1,2}
Lisbeth Fogh Olsen³



¹Nordita, Blegdamsvej 17, 2100 København Ø; ²Ørsted Laboratoriet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø; ³Astronomisk Observatorium, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø

Center for Naturfagernes Didaktik, Københavns Universitet

INDHOLD

Forord	5
1 Indledning	7
2 Kammeratlæring	9
2.1 Tidligere forsøg med kammeratlæring	10
2.1.1 Aktiverende kontra traditionel undervisning	10
2.1.2 Brug og videreudvikling af kammeratlæring gennem ti år	13
2.2 Er kammeratlæring lige gavnligt for begge køn?	16
3. Førsteårsmekanik (Fysik 11)	17
3.1 Undersøgelserne	18
3.2 Anvendelsen af kammeratlæring på fysik 11	18
4 De studerendes konceptuelle forståelse	20
4.1 De studerendes besvarelse af begrebstestene	20
4.2 De studerendes baggrund	21
4.3 Sammenhængen mellem adgangsgivende fysikkarakter og besvarelser	22
4.4 De studerendes tidsforbrug	24
4.4.1 Studenternes forventede og reelle tidsforbrug på Fysik 11	25
4.4.2 Tidsforbrug i relation til adgangsgivende fysikkarakter	29
4.4.3 Tidsforbrug i relation til antallet af rigtige besvarelser i begrebstestene	29
5 Instruktoreernes erfaringer	31
5.1 Opgaverne	33
5.2 Koordinering af kurset	33
6 Interview med forelæseren	35
7 Eksamen	36
8 Afrunding	36
Litteratur	40
Bilag A: Spørgeskema 1 til Fysik 11	41
Bilag B: Spørgeskema 2 til Fysik 11	44
Bilag C: Spørgeskema 3 til Fysik 11	47
Bilag D: Data fra spørgeskemaerne 1-3	50
Bilag E: Spørgeskema til instruktorerne	66

FORORD

Som led i det universitetspædagogiske kursus for adjunkter ved det naturvidenskabelige fakultet på Københavns Universitet og Danmarks Farmaceutiske Universitet indførte vi i efteråret 2002 et såkaldt universitetspædagogisk projekt. Alene eller i grupper skulle adjunkterne undersøge en pædagogisk problemstilling, som havde relevans for deres egen undervisning. Nogle reflekterede over deres egen undervisning, fx ved at afprøve og undersøge specifikke indsatsområder og initiativer, foretage forstudier med henblik på udvikling af nye hjælpemidler i undervisningen (software), udtænke nye (tværfaglige) kurser, eller ved at udarbejde nye evalueringsformer. Andre undersøgte en større gruppe specialestuderendes kriterier for at vælge speciale ved nogle konkrete (bio- og geo-) institutter, motivationen for valg af specialeemne, -institut, -vejleder mm. Atter andre har set på mandlige og kvindelige studerendes interesse for og brug af avanceret teknisk udstyr i laboratorieundervisningen (fysikfag og biofag) og på de studerendes oplevelse af egne og andres styrker og svagheder i tilknytning hertil og til gruppearbejde. Undersøgelserne har peget på interessante kursus-, fag- og kønsspecifikke problemer, som har skærpet adjunkternes opmærksomheden om, hvad der fagligt, håndværksmæssigt og socialt foregår i tilknytning til egen undervisning og dermed skabt forudsætninger for at forbedre denne gennem afprøvning af nye situationer for læring.

Det foreliggende projekt handler om et forsøg med ”peer instruction” (*kammeratlæring*), som i 2002 kørte ved fysikstudiets 1.årsforelæsninger i mekanik (Fysik 11). Forfatterne ser nærmere på denne undervisningsform og relaterer den til de studerendes adgangsgivende karakterer fra gymnasiet, de studerendes tidsforbrug til forberedelse og deres eksamenskarakterer.

Der må naturligvis gerne komme pædagogisk forskning ud af de universitetspædagogiske projekter, men det er ikke målet. Det primære sigte er at stimulere til eftertænkning, lyst til at eksperimentere med egen undervisning og at udveksle indhøstede erfaringer med andre kolleger, og det er på den baggrund, vi har anmodet Anja C. Andersen, Mette Machholm og Lisbeth Fogh Olsen om at udgive deres universitetspædagogiske projekt fra 2002/03 i Didaktikcentrets skriftserie. Der fremlægges ikke færdige forskningsresultater, men vi håber på, at andre kolleger ved fakultetet vil tage tråden op, så flere kan få glæde af erfaringerne fra de mange små og større forsøg, der hele tiden foregår på fakultetet med henblik på at udvikle undervisningen ved det naturvidenskabelige fakultet. Tak til Anja, Mette og Lisbeth for dette startskud. Der vil efterhånden komme andre tilsvarende projektrapporter i Didaktikcentrets skriftserie.

Didaktikcentret, juni 2003

Kjeld Bagger Laursen

Per Geckler

Denne opgave er udarbejdet som en del af vores universitetspædagogiske projekt 2002 ved Det Naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. På opfordring er opgaven blevet uddybet og gennemskrevet, så den kunne publiceres i Didaktikcentrets skriftserie. Under udarbejdelsen af dette projekt har vi haft stort udbytte af at vekselvirke med Peter Ditlevsen, Per Geckler – begge KU - og Erik Both fra DTU. Vi vil også gerne takke Eric Mazur (Harvard) og Dick Hake (Indiana University) for tilladelse til at reproducere nogle af deres figurer.

Anja C. Andersen

Mette Machholm

Lisbeth Fogh Olsen

1. INDLEDNING

En af de store udfordringer inden for universitetsundervisning i de indledende kurser er, hvordan man kan sikre, at de studerende rent faktisk forstår det, der bliver undervist i, og ikke blot memorerer tingene. Fysik er i den lidt specielle situation, at mange storslåede ideer er blevet kogt ned til enkelte love og ligninger, hvilket paradoksalt nok får det hele til at se meget enklere ud, end det i virkeligheden er.

Før de studerende når til universitetet, vil en del af dem have erfaret, at en studieteknik, der går ud på at lære de relevante love og ligninger udenad, i langt de fleste tilfælde vil føre til en ”god” karakter i et fag som fysik i folkeskolen og gymnasiet. Den store udfordring for førsteårskurser i fysik ved universitetet ligger derfor i at få sikret, at de studerende får lært det nødvendige og forstår tingene i dybden, så den opnåede viden kan anvendes i andre situationer. Dybdeforståelse er vigtig både for at bestå eksamen i førsteårsfysik og for kernefagligheden; en fysiker skal kunne forholde sig til nye problemstillinger kendetegnet ved flere ubekendte, der ikke blot løses ved hjælp af ligninger.

Igennem de senere år er universitetsstuderende blevet mere og mere pressede med hensyn til gennemførelsestiden, specielt i forbindelse med strammere krav for SU-udbetaling. Dette er medvirkende til, at der er mindre og mindre tid til fordybelse i de enkelte fag. Derfor bliver studiemetoderne fra gymnasiet nemt fortsat, således at man læser for at bestå eksamen og regner opgaverne, fordi de skal afleveres til læreren. Idet de studerende i højere grad arbejder for at tilfredsstille kravene fra lærerne, benytter de sig af en overfladisk studieform i stedet for at arbejde efter en dybdestrategi med at forstå den fysik, som ligger bag de forskellige teoretiske opgaver. Set fra et uddannelsesmæssigt synspunkt er den store udfordring for læreren, hvordan man opnår, at de studerende forstår fysikbaggrunden, så denne forståelse kan bruges på andre problemstillinger end de til eksamensformål indlærte.

Det er usandsynligt, at tidspresset på de studerende vil mindskes i de kommende år, og det er derfor vigtigt, at man i undervisningen udvikler nye metoder, som fokuserer på forståelse af den bagvedliggende fysik som supplement til opøvelse af tekniske færdigheder til brug for eksamenssituationen. Der er i denne forbindelse bred enighed om, at man skal vende passiv indlæring til aktiv læring, hvor de studerende tænker og reflekterer over stoffet og deltager aktivt i undervisningen.

En måde at aktivere de studerende på er ved brug af undervisningsformen kammeratlæring (peer instruction). Ideen bag kammeratlæring er, at de studerende i højere grad skal aktiveres til at lære af hinanden. Grundtanken er, at en viden, som to studerende kommer frem til i en fælles dialog, vil være bedre forstået end en tilsvarende viden opnået via dialog med en lærer, idet læreren har helt andre forudsætninger end den studerende og derfor i mange tilfælde vil tale henover hovedet på den studerende. Ideen i kammeratlæring er, at læreren flere gange i løbet af en forelæsning fremlægger en problemstilling for de studerende. Denne skal de umiddelbart tage stilling til ved at stemme om 3-5 mulige svar. Efter første afstemning vil der blive givet tid til, at de studerende skal overbevise deres sidemand om, hvad det rigtige svar er. Denne dialog mellem de studerende skulle gerne give dem erfaring i at bruge fysiksproget aktivt, formulere deres forståelse, og kunne forholde sig til andres fysikforklaringer og tage aktiv stilling til fysikindholdet i form af tilslutning til (og evt. videreudbygning af) hypotesen eller i en række modargumenter om, hvorfor det ikke kan være sådan. Efter denne diskussion, der forventes at vare nogle minutter, vil

der blive afholdt en ny afstemning, som forhåbentlig vil resultere i, at flere studerende er nået frem til den rette fysiksammenhæng.

På det indledende førsteårskursus i mekanik (Fysik 11) har forelæseren i efteråret 2002 for første gang forsøgt sig med kammeratlæring i undervisningen. Via flere spørgeskemaundersøgelser har vi forsøgt at kortlægge, hvorvidt det er muligt at se en effekt af denne undervisningsform på de studerendes konceptuelle forståelse. Baggrund, undersøgelsen og dens resultater er beskrevet i det følgende.

Rapporten er opdelt på følgende måde: Efter ovenstående *indledning* (kapitel 1) gennemgås kort i *kapitel 2* de seneste ti års forsøg med aktiverende undervisningsformer med hovedvægten lagt på kammeratlæring (peer instruction), således som Mazur m.fl. har udviklet systemet på Harvard. I *kapitel 3* præsenteres kort det behandlede kursus i begyndermekanik (Fysik 11), som vi har undersøgt, samt vores metodiske tilgang. *Kapitlerne 4-7* præsenterer og diskuterer de data, vi har indsamlet. I *kapitel 8* afrunder vi med vores vigtigste konklusioner og anbefalinger.

2. KAMMERATLÆRING

I den traditionelle universitetsundervisning består et kursus af forelæsninger af mere teoretisk karakter samt regne- og/eller laboratorieøvelser af mere praktisk karakter. I de fleste tilfælde er forelæsninger nærmest et teaterstykke opført af læreren foran tavlen, hvor de studerende blot lader sig "underholde" uden at have mulighed for at deltage med andet end deres tilstedeværelse. Dette har ført til det såkaldte publikumssyndrom (f.eks. Herskin 1997), som betegner situationen, hvor de studerende deltager som et passivt publikum. Det virker som om, at mange kommer til forelæsningerne blot fordi det gør man nu engang. En sådan passiv indgangsvinkel til læring kan mindske de studerendes udbytte af undervisningen. De traditionelle undervisningsformer forudsætter, at de studerende studerer ved at arbejde aktivt med stoffet hjemme. Dette er desværre ikke altid tilfældet, og derfor udvikles nye undervisningsformer, som i højere grad kan bidrage til, at de studerende går fra at være elever til at blive studerende.

Der er flere niveauer i denne omstillingsproces. Det første handler om at få de studerende til at forberede sig aktivt og kritisk, dvs. engagere sig i deres egen læringsproces. Det andet handler om at engagere de studerende i undervisningssituationerne, at få dem til at tænke over lærernes budskaber og i bedste fald få dem til at undres, så de selv søger mere viden om emnet. Holdene på universiteterne er normalt så store, at der ikke er tid til, at læreren tager sig af hver enkelt studerende i undervisningen. Det er derfor nødvendigt, at de nye metoder kan bruges til at engagere nogle hundrede studerende samtidigt.

Et område, hvor man prøver at sætte ind, er såkaldt dialogbaseret undervisning, dvs. man skal igennem undervisningen i højere grad samtale med de studerende. Formålet med samtalerne er at få de studerende til at deltage aktivt i undervisningen i stedet for blot at udfylde rollen som publikum til forelæserens optræden. Den simpleste form af dialogbaseret undervisning er, at læreren stiller et spørgsmål til klassen og efter nogle få markeringer kommer der et svar på spørgsmålet. Risikoen ved denne form for vekselvirkning er, at læreren ofte ikke har tålmodighed til at vente til tilstrækkeligt mange har fået tænkt spørgsmålet igennem. Det er derfor kun ganske få af de hurtigsttænkende på holdet, som får glæde af denne type spørgsmål og svar. Det kan endda være, at de langsommere studerende desillusioneres ved altid at føle sig bagefter. Derved får dialogen slet ikke den samlende og vejledende funktion, som den var tiltænkt. En udvikling af teknikken er at stille spørgsmålet, hvorefter det diskuteres i små grupper, og man kan så derefter tage en klasse-diskussion om problemstillingen. Denne undervisningsform tilstræber således, at alle får lejlighed til at tænke over problemstillingen, også hvis det kun er enkelte studerende, som deltager i den store afsluttende diskussion. En vanskelighed er naturligvis, at det er svært at styre en sådan større diskussion.

En tredje type af dialogbaseret fysikundervisning er udviklet af Eric Mazur og andre som et sæt redskaber (kammeratlæring) læreren kan bruge til at komme i dialog med de studerende (se f.eks. Mazur 1997). Styrken ved metoden er blandt andet, at den giver mulighed for, at alle studerende aktiveres samtidigt i forelæsningssituationen, selv på store hold.

Kammeratlæring er dialogbaseret undervisning, der tager udgangspunkt i fagets begreber. Den koncentrerer sig om at få de studerende til aktivt at tænke over og beskrive de fysikbegreber, der behandles i forelæsningen. Kammeratlæring går kort fortalt ud på, at læreren gennemgår teorien bag et bestemt fysisk begreb, hvorefter hun/han præsenterer en "multiple choice test", som bruger det netop behandlede begreb. Efter første svarrunde er der en summepause, hvor de

studerende i små grupper skal diskutere svarmulighederne og prøve at overbevise hinanden om det rette synspunkt (korrekte svar). Derefter er der endnu en "afstemning" om det rigtige svar. Afhængigt af de studerendes svar (og dermed forståelse) kan forelæseren derefter vælge at uddybe problemstillingen eller gå videre til næste begreb.

Fordelen ved denne fremgangsmåde er, at forelæseren umiddelbart får en tilbagemelding på, hvor godt de studerende har forstået det umiddelbart gennemgåede. Derudover, og måske som det vigtigste, får alle de studerende lejlighed til at overveje deres svar på spørgsmålet og gennem beskrivelser og argumenter at forklare deres medstuderende, hvorfor det er det korrekte svar. Situationen, når to studerende overbeviser hinanden, er en ganske anden, end når læreren forklarer noget til en studerende. De to studerende er mere ligeværdige. Det faglige forhold er mere jævnbyrdigt og således bliver det til en egentlig diskussion frem for, at det blot bliver den "klogere" lærer, som forklarer en problemstilling. Desuden vil en studerendes forklaring i højere grad tage udgangspunkt i det aktuelle videns- og modenhedsniveau for de studerende, hvor en lærer altid har en anden forståelse for sammenhænge og traditionstænkning indenfor fagområdet. Dette vil til tider gøre, at læreren i højere grad taler hen over hovedet på den studerende, end rent faktisk får forklaret problemstillingen.

Idet denne undervisningsform i høj grad fokuserer på begreberne i faget, kunne man forestille sig, at de studerende vil få sværere ved at regne opgaver, da den tekniske færdighed bliver stillet i baggrunden. Tidligere undersøgelser har dog vist, at dette ikke er tilfældet (f.eks. Crouch & Mazur 2001). Hvis en studerende forstår fysikbegreberne, vil hun også kunne regne opgaverne, mens det omvendte (desværre) ikke nødvendigvis er tilfældet (Rump & Jakobsen 1998).

2.1 Tidligere forsøg med kammeratlrøring

Kammeratlrøring er mest udbredt i USA. I dette afsnit vil vi beskrive nogle af de undersøgelser, som illustrerer at undervisning, der aktiverer de studerende, ikke fører til dårligere undervisning for de studerende.

Først vil vi beskrive en undersøgelse, som koncentrerede sig om at studere alle former for aktivering (interactive engagement) af de studerende (Hake 1998). Undersøgelsen omfatter 6542 studerende fra forskellige uddannelser. Bagefter vil vi beskrive, hvordan Crouch & Mazur (2001) igennem 10 år har udviklet deres undervisning ved brug af kammeratlrøring, forbedrede undervisningsmaterialer, samt bedre uddannelse af alle lærere på kurset. Konklusionerne fra begge undersøgelser er, at en mere engagerende undervisning giver bedre resultater. En undervisning som fokuserer på de studerendes begrebsmæssige forståelse forbedrer både deres begrebsmæssige forståelse af fysik og deres regnetekniske færdigheder i at håndtere fysikopgaver.

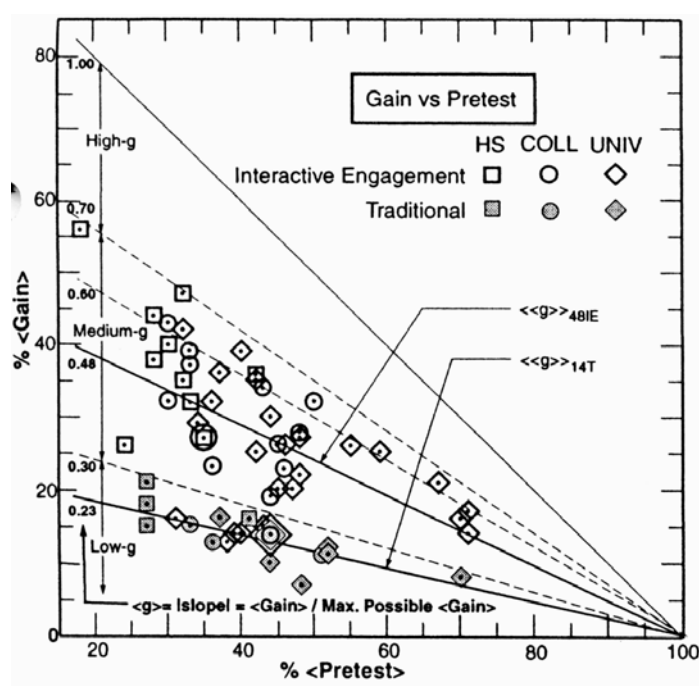
2.1.1 Aktiverende kontra traditionel undervisning

Hake (1998) har undersøgt resultater af kurser på high schools, colleges og universiteter i hele verden, dog mest i USA. Denne forfatter har gennem foredrag og direkte henvendelser opfordret alle fysiklærere i indledende mekanik kurser til at bruge den samme test (den såkaldte Force Concept Inventory test). De studerende skal udfylde den før undervisningen starter og derefter, når undervisningen er afsluttet. For at måle de studerendes indlæring bruger man en normaliseret forbedringsfaktor (forståelsesfaktor) $\langle g \rangle$, som beregnes ud fra følgende formel:

$$\langle g \rangle = \frac{\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle}{100 - \% \langle S_i \rangle} \quad (1)$$

hvor $\% \langle S_f \rangle$ og $\% \langle S_i \rangle$ er de opnåede resultater opgivet som den gennemsnitlige procent korrekt besvarede spørgsmål for klasserne. Indekserne f og i stå for final og initial. Dette mål kan naturligvis bruges på alle test, og kun udformningen af spørgsmålene bestemmer, hvorvidt man måler deres fysikforståelse.

Gennem sine opfordringer har forfatteren opnået at samle testresultater fra 62 kurser med i alt 6542 studerende. De 14 kurser (2084 studerende) har benyttet traditionel undervisning, mens de resterende 48 kurser har benyttet en eller anden form for aktivering af de studerende (ikke nødvendigvis kammeratlæring).

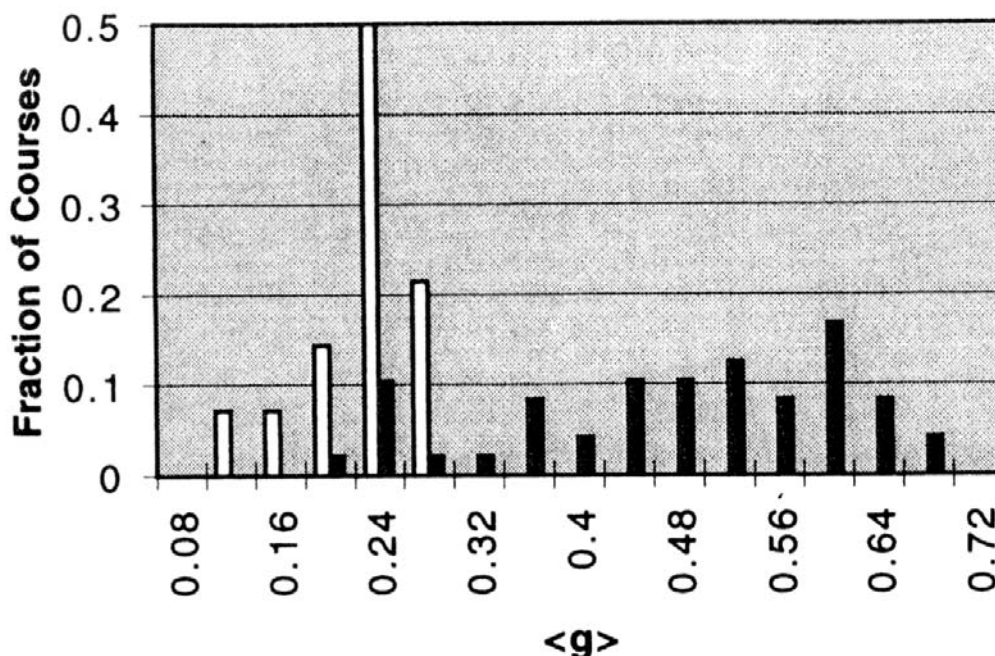


Figur 1: Figuren viser sammenhængen mellem $\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle$ og $\% \langle S_i \rangle$ resultater. De åbne symboler viser de aktiverende kurser og de skraverede de traditionelt underviste kurser. I figuren angives endvidere symboler for de forskellige uddannelsesniveauer. Forbedringer som er mindre end 0.3 betegnes "små", mens forbedringer fra 0.3 til 0.7 anses for "middel" og over 0.7 for "store". Ingen af kurserne viser en stor forbedring. De to fede linier markerer gennemsnitsforbedringsfaktoren for de to typer af kurser. Hældningen af en linie som forbinder et givet punkt med punkt (100,0) er netop forbedringsfaktoren givet i det punkt. Derfor vil den bedste rette linie igennem en gruppe af punkter netop have en hældning, som angiver den gennemsnitlige forbedringsfaktor, $\langle g \rangle$. (Figur 1 i Hake (1998), gengivet med tilladelse).

Det interessante aspekt er naturligvis, om man opnår en bedre indlæring ved at bruge aktiverende undervisningsformer. Figur 1 gengiver figur 1 fra Hake (1998). Den viser den gennemsnitlige procent af rigtige svar for hver klasse mod den gennemsnitlige forbedring pr. klasse. Der er en korrelation mellem forhåndsviden og forbedring. Desuden er det tydeligt, at den traditionelle undervisning (skraverede symboler) ikke opnår samme forbedring som de aktiverende undervisningsformer (åbne symboler). Det bemærkes, at indgangsniveauerne har det samme

spænd for begge typer af kurser, og at det er kurserne med de laveste indgangsniveauer, som opnår den største forbedring.

En anden måde at vise den øgede indlæring på er ved at sammenligne histogrammerne for de forskellige typer af kurser. I Figur 2 vises Hakes resultater.



Figur 2: Histogram over de opnåede forbedringsfaktorer for de 48 kurser med i alt 6542 studerende. Forbedringsfaktoren, $\langle g \rangle$, angiver de studerendes gennemsnitlige forbedring i løbet af kurset normeret til den størst mulige forbedring. De hvide søjler giver de traditionelle kurser og de fyldte de aktiverende kurser (Figur 2 i Hake (1998), gengivet med tilladelse).

Det er tydeligt, at gennemsnittet for de aktiverende kurser er højere end for de traditionelle kurser. I gennemsnit opnår de traditionelle kurser en forbedring på $\langle g \rangle = 0.23 \pm 0.4sd$, mens de aktiverende kurser opnår $\langle g \rangle = 0.48 \pm 0.14sd$ (sd står for standardafvigelse). Der er tydeligvis en signifikant forskel på de to tal, hvor de traditionelle kurser er næsten to standardafvigelser under de aktiverende. Der er dog stadig enkelte aktiverende kurser, som har en meget lille forbedring. Dette skyldes i følge forfatteren, at der på disse kurser har været vanskeligheder med implementeringen af de nye undervisningsformer. Der er naturligvis også altid en effekt af i hvilken grad aktivering indføres. For nogle institutioner er det på alle dele af kurset, mens det andre steder hovedsageligt var i tilknytning til forelæsningsne at aktivering foregik, hvorfor udbyttet ikke blev så stort, som det kunne være. Dette afspejles bl.a. i bredden af fordelingen i Figur 2. Spredningen er også udtryk for en anden effekt, nemlig at højere startniveau giver mindre forbedring. Da der i undersøgelsen er institutioner med stor forskel på indgangsniveauet, fører det til en stor spredning i forbedring og dermed i Figur 2.

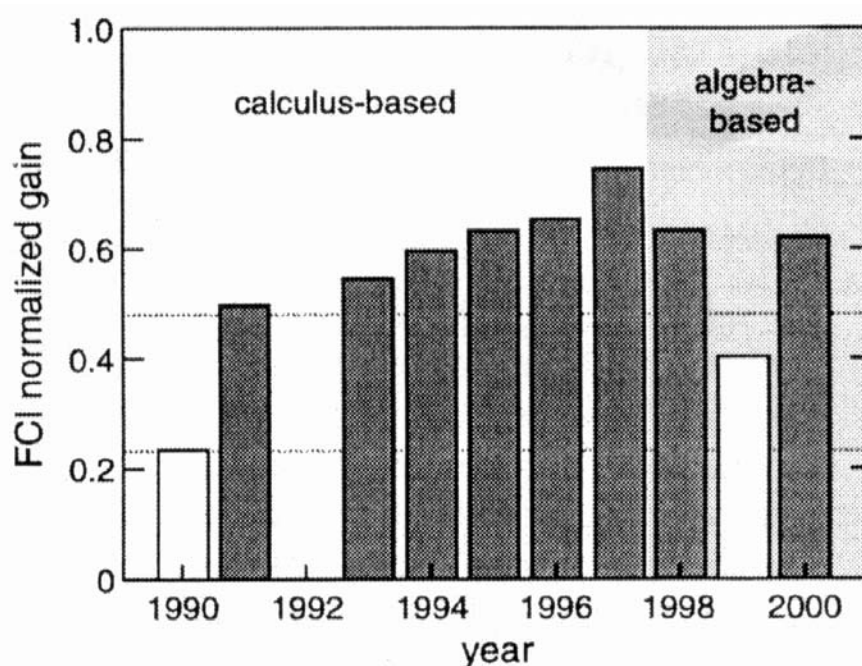
Konklusionen er, at man ved at aktivere de studerende kan lære dem mere. Men det kan naturligvis ikke udelukkes, at det alene er effekten af en konkret "aktivering", der måles. Forhold som lærerengagement eller alene det, at der sker noget andet end det sædvanlige, kan spille ind. Hake's undersøgelse bruger ikke megen plads på specielt at se på effekten af kammeratlæring. I

næste afsnit vil vi derfor beskrive resultater fra et arbejde, der netop koncentrerer sig om denne metode.

2.1.2 Brug og videreudvikling af kammeratlæring gennem ti år

I dette afsnit vil vi diskutere, hvordan bevidsthed om kammeratlæring og alle undervisningens elementer har medført store forbedringer på de indledende mekanikkurser over en ca. 10 års periode (Crouch & Mazur, 2001). Både i artiklen af Crouch og Mazur (2001) og bogen "*Peer Instruction - A Users' Manual*" (Mazur 1997) gøres der meget ud af at understrege, at når man indfører kammeratlæring, er man nødt til at stille nye krav til de studerende. For at få det fulde udbytte af undervisningen bliver de nødt til at forberede sig før forelæsningerne og fx ikke blot kigge pensum igennem, når de kommer hjem efter forelæsningerne. Der ligger derfor et stort arbejde for læreren i at motivere de studerende til at deltage aktivt og seriøst i undervisningen. Når man også vil indføre metoden i regneøvelser og lignende, er man som underviser desuden nødt til at efteruddanne instruktorerne i at bruge metoden. Når alt dette er klaret, hvilket ikke er en lille opgave, har kammeratlæring alle muligheder for at give succes.

I Figur 3 vises, hvordan den opnåede forbedringsfaktor har udviklet sig gennem tiden i Mazurs undervisning.

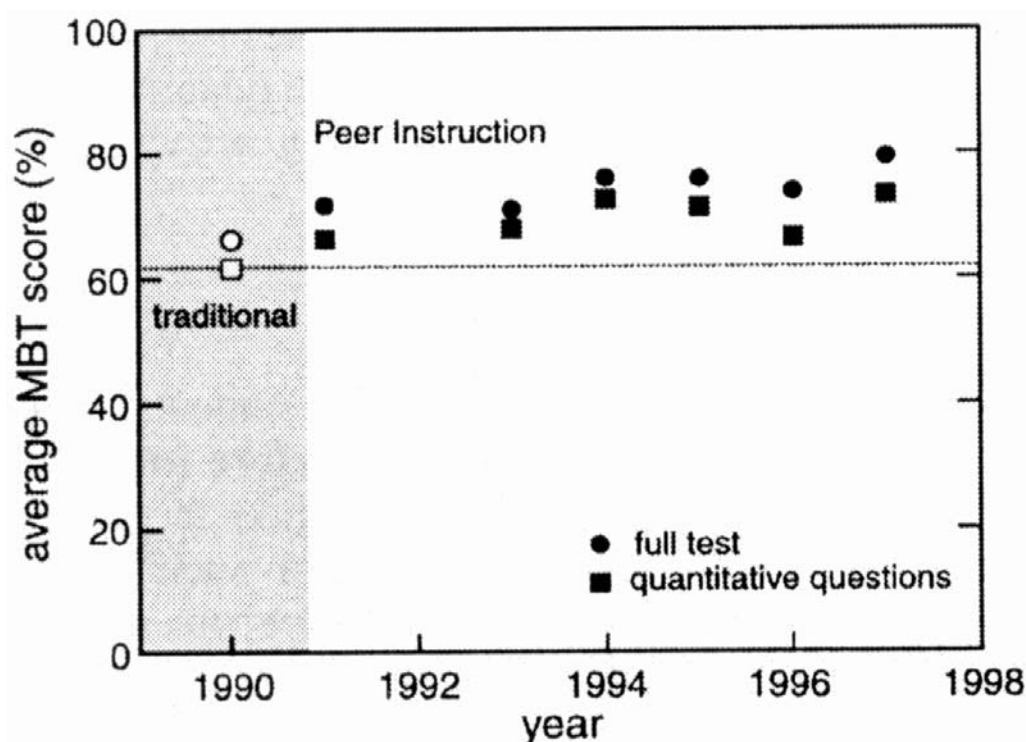


Figur 3: De opnåede forbedringsfaktorer for Mazurs kursus i perioden 1990-2000. De hvide søjler viser kurser, der benyttede de traditionelle metoder, mens de skraverede viser kurser, hvor kammeratlæring blev brugt. Den fortsatte udvikling skyldes formentligt, at undervisningsmateriale og selve undervisningen blev revideret år for år. FCI står for *Force Concept Inventory*, som er den test Mazur udviklede til at teste de studerendes begrebsforståelse. Testen er gengivet i Mazur (1997). (Gengivet med tilladelse efter Figur 2 i Crouch og Mazur, 2001).

Det er tydeligt, at der er et stort spring fra den traditionelle undervisning til det første år med kammeratlæring. Ligeledes ses det, at forbedringsfaktoren fortsat øges, når der arbejdes videre

med implementeringen. Det første år (1990), hvor man stadig brugte den traditionelle undervisningsform, er forbedringsfaktoren meget tæt på gennemsnittet af traditionelle kurser i Hakes undersøgelse (jf. 2.1.1). Derefter vokser forbedringsfaktoren til over gennemsnittet i Hake (1998) og ender endda helt oppe i det ”høje” forbedringsområde. Så i denne implementering må metoden betegnes som særdeles succesfuld. Den her brugte test er *Force Concept Inventory*, som specielt tester de studerendes konceptuelle forståelse, netop det som kammeratlrering fokuserer på. Man kunne nu frygte, at det går ud over de studerendes regnefærdigheder. Dette er studeret ved en anden test, den såkaldte *Mechanics Baseline Test*.

I Figur 4 viser vi, hvordan resultaterne af denne regnefærdighedsprøve har udviklet sig ved overgangen til kammeratlrering.

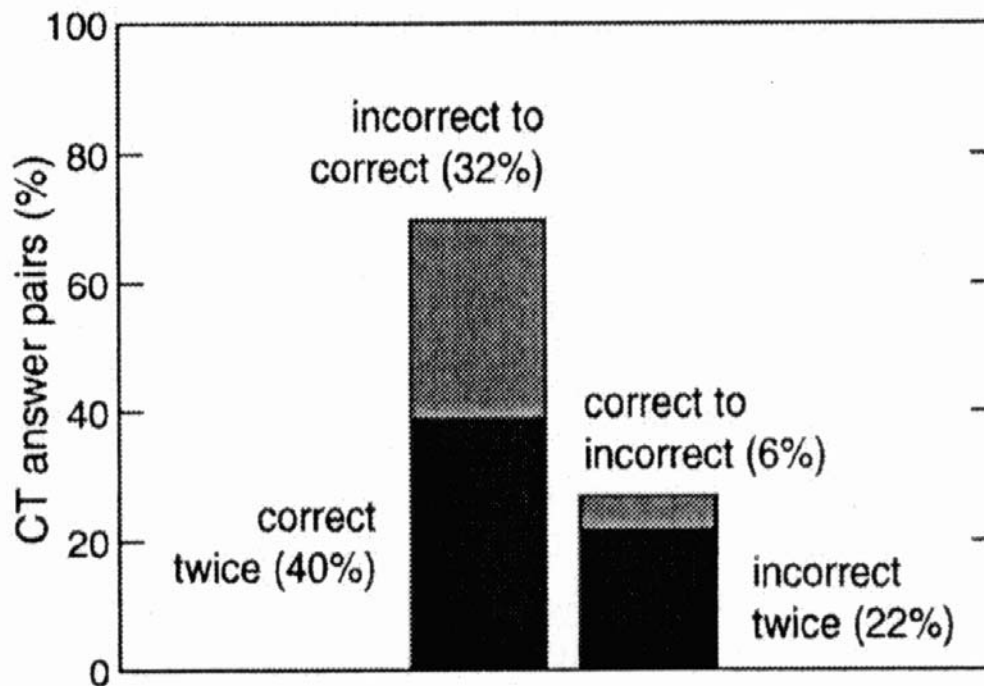


Figur 4: Figuren viser udviklingen i Mazurs studerendes resultater i perioden med kammeratlrering. Det ses, at der er en forbedring over hele perioden, men at det største spring ses fra den traditionelle undervisning til indførelsen af kammeratlrering. MBT (*Mechanics Baseline Test*) er en test udviklet af Mazur til at teste de studerendes regnefærdigheder. Testen er gengivet i Mazur (1997). (Gengivet med tilladelse efter Figur 3 i Crouch og Mazur, 2001).

Også her ses en forbedring fra den traditionelle undervisningsform til kammeratlrering. Man kan ikke direkte sammenligne de tidligere omtalte forbedringsfaktor med dette, men vi ser, at regnefærdighederne (øjensynligt) ikke svækkes ved, at der bruges mere tid på at lære at forstå begreberne, altså den bagvedliggende fysik. Samlet set peger resultaterne på, at kammeratlrering er en succes, og at testene indikerer, at de studerendes fysikkunnen forbedres.

Basis for metoden er som nævnt, at de studerende bruger tid til at diskutere med hinanden undervejs i undervisningen ved først at svare individuelt på de stillede spørgsmål, derefter at

diskutere problemstillingen med hinanden og til sidst give et endeligt svar. Derfor virker kammeratlæring kun, hvis en rimelig brøkdel af de studerende har forstået problemet med det samme. Efter Mazurs erfaringer skal mellem 35% og 70% have forstået det korrekte svar fra starten, hvis de som gruppe skal have tilstrækkeligt ud af diskussionen (Mazur 1997). Hvis færre end 35% har det rigtige svar i starten, er der ganske enkelt ikke nok til at argumentere for dets rigtighed. Hvis flere end 70% har forstået det allerede i første runde, er der ikke ret mange, som kan "omvendes", og derfor bliver diskussionerne også mindre effektfulde. I Figur 5 viser vi en statistik over, hvordan svarerne ændrede sig over alle de små begrebstest gennem et helt semester.



Figur 5: En sammenligning af Mazurs studerendes svar før og efter deres diskussion af et givet spørgsmål. Data er samlet over et helt semesterkursus. Den venstre søjle viser alle dem som endte på et korrekt svar, den højre dem som endte på et forkert svar. De sorte er dem, som svarede det samme to gange (enten korrekt eller forkert) og de grå dem som blev flyttet i deres opfattelse. Det ses, at der er langt flere, som blev overbevist om det rigtige svar end om noget forkert. CT står for "concept test" (begrebstest). (Gengivet med tilladelse efter Figur 4 i Crouch og Mazur, 2001).

Det fremgår af figuren, at der var 46% (40%+6%) af besvarelserne, som var rigtige fra starten, altså indenfor rammerne af Mazurs optimale interval. Efter diskussionen var der 38% (32%+6%), som blev omvendt; desværre for 6% vedkommende til noget forkert. Men hovedresultatet er dog, at efter diskussionen svarede 72% (40%+32%) rigtigt i forhold til de oprindelige 46%. Idet de oveni købet havde været igennem en diskussion og derfor havde argumenteret med hinanden, er der en god chance for, at (mange af) de studerende faktisk også kan huske noget af det i en anden situation.

Konklusionen på dette afsnit må således være, at kammeratlæring betaler sig, men også at det kræver en investering både fra læreren/lærerne og fra de studerende. Desuden er det nødvendigt løbende af videreudvikle de anvendte begrebspørgsmål, så de studerende udfordres af dem, men samtidigt sikre at tilstrækkeligt mange kan gennemskue dem og komme frem til de rigtige

resultater. En vigtig del er naturligvis i starten at vænne de studerende til at tænke fysisk og ikke kun læse og lære formler og andet udenad til brug for eksamensopgaverne.

2.2 Er kammeratlæring lige gavnligt for begge køn?

En helt ny undersøgelse af Erik Both tyder på, at de studerendes køn spiller en rolle for deres præstationer (5/3-2003). Erik Both har forelæst i mekanik 10010 ved DTU i efteråret 2002. Som led i evalueringen af sin undervisning har han her benyttet en *Force Concept Inventory* test, som er udviklet af Hestenes m.fl. (1992). Resultaterne af forståelsestesten viser, at forbedringsfaktoren i kurset har været høj, men at der er en markant kønsforskel i indlæringen i kurset. Rent konkret ser det ud som om, at kvinderne består eksamen uden at have opnået en høj faglig forståelse. Dette kan antyde, at kammeratlæring ikke nødvendigvis har den samme positive effekt hos kvindelige studerende, som den har hos de mandlige studerende, men det bør naturligvis undersøges nærmere. Erik Both er også nået frem til, at studerende med fysik A-baggrund fra gymnasiet har en højere forståelsestilvækst end fysik B-studerende. Stort set samtlige af de kvindelige studerende havde en fysik B-baggrund, men dette alene kan ikke forklare den observerede kønsforskel, idet det kun er kvinderne, der går tilbage fra start- til sluttesten. Dette tyder på, at man i fremtiden også bør inddrage kønsmæssige overvejelser, når man skal benytte og evaluere kammeratlæring. Det kan fx ikke udelukkes, at der er flere mandlige end kvindelige studerende, der finder konkurrencemomentet i metoden stimulerende.

3. FØRSTEÅRSMEKANIK (FYSIK 11)

Fysik 11¹ indeholder klassisk mekanik og har stort set haft sin nuværende form siden den store studiereform på fysik i 1973. Der har i de forløbne 30 år kun været mindre justeringer af pensum. Der har været en udskiftning af lærebøger og forelæsere, men i store træk har kurset beholdt sin oprindelige form. For de fleste af de anbefalede studieforløb, der indeholder fysik ligger kurset på første semester i det første år. Undtaget er Geologi-Geofysik, hvor det ligger på 3. semester, dvs. i starten af det andet år.). Kursets omfang svarer til 10 ECTS-point².

Formålet med kurset er at give de studerende en introduktion til en række grundlæggende begreber og metoder inden for den mekaniske fysik. Derudover er det formålet at træne de studerende i at anvende begreberne og metoderne på konkrete problemer, samt at vise nogle af den klassiske mekaniks begrænsninger. Kurset indeholder ifølge *Lektionsplanen for efteråret 2002*:

- Fysikkens historiske udvikling frem til Newton.
- Den naturvidenskabelige metode.
- Newtons love.
- Integration af bevægelsesligningen.
- Tung og træg masse.
- Galilei-transformationen.
- Relativ bevægelse, fiktive kræfter.
- Det newtonske verdensbillede.
- Bevarelsessætninger.
- Rotation om fast akse.
- Stive legemers mekanik, inertitensoren, Eulers ligninger.
- Bevægelse i centralfelt.
- Solsystemets mekanik.
- Harmonisk oscillator.

De forventede faglige forudsætninger er, at den studerende har en adgangsgivende eksamen med matematik og fysik på A-niveau og kemi på C-niveau, eller matematik og kemi på A niveau og fysik på B-niveau. Derudover forudsættes det, at den studerende enten har haft et af de 1. års universitets-matematik kurser (Matematik 1GA eller A), der udbydes eller følger et af dem sideløbende med Fysik 11.

Undervisningen foregår som nævnt i efterårssemesteret og består pt. af 3 lektioners forelæsning i instituttets største auditorium (Auditorium 1 på HCØ) og 3 lektioners regneøvelser (klassetimer), hvor der regnes opgaver i mindre hold bestående af typisk 20 studerende. Derudover er ”frie øvelser” en obligatorisk del for de studerende som følger undervisningen i Fysik 11. Studerende,

¹ Studienævnet for fysik har vedtaget, at nanofysik studiet skal indeholde mindre mekanik, end det almindelige fysikstudium. Dette er løst ved at oprette Fysik 11n, som en delmængde af Fysik 11.

² Ti ECTS-point svarer til 4 punkter, mens Fysik 11n svarer til 7,5 ECTS-point, dvs. 3 punkter.

der læser nanoteknologi (Fysik 11n), skal dog ikke have frie øvelser. "Frie øvelser" er indledende laboratorieøvelser med et fastlagt indhold, hvor opstillingerne er klargjort på forhånd. Det "frie" består i, at der i kursets slutning skal formuleres et projekt, der efterfølgende skal gennemføres under Fysik 12.

Der begyndte omkring 161 studerende på Fysik 11 efteråret 2002. Af disse besvarede 141 det første, 117 det andet og 72 det tredje spørgeskema. Der var 134 studerende, som gik til eksamen.

3.1 Undersøgelserne

I vores undersøgelse af effekten af kammeratlæring under forelæsningerne i mekanik har vi uddelt tre spørgeskemaer til de studerende (Bilag A-C); et i starten (september), et i midten (oktober) og et i slutningen af semesteret (december). De blev uddelt i slutningen af den første time til dobbeltforelæsningen om tirsdagen, hvor forelæseren afgav 5 min. af sin forelæsning til os, og de blev samlet ind ved døren til auditoriet, da de studerende forlod lokalet. På den måde sikrede vi os en høj svarprocent.

Derudover udarbejdede vi et spørgeskema, der blev uddelt til de 6 instruktorer, som underviser til klassetimerne i Fysik 11 (Bilag E). Sidst men ikke mindst foretog vi et længere interview af forelæseren for at få belyst hans motivation for at forsøge sig med kammeratlæring i Fysik 11.

Disse undersøgelser er beskrevet i de efterfølgende afsnit.

3.2 Anvendelsen af kammeratlæring på fysik 11

En typisk forelæsning vil have et fysisk begreb på dagsorden, fx. en bevarelsessætning, en kraft, eller lignende. For at teste om de studerende rent faktisk har forstået konsekvensen af begrebet eller kraften indlægger forelæseren 1-3 spørgsmålsforløb i løbet af dobbeltlektionen. På overheaden præsenteres et spørgsmål, som tester den konceptuelle forståelse af det gennemgåede fysikbegreb. Spørgsmålet vil være efterfulgt af 3-8 mulige svar. De studerende får så typisk et par minutter til at læse, forstå og tænke over spørgsmålet. Derefter afholdes en afstemning, hvor de studerende holder deres afstemningskort op. Kortene kan downloades fra kursushjemmesiden og indeholder tallene 1-8 i A6 format. Forelæseren giver yderligere et par minutter, hvor de studerende skal diskutere med hinanden, hvad de har stemt og hvorfor. Ved en efterfølgende afstemning er der typisk flyttet flere stemmer over mod det rigtige svar. Hvor mange af de studerende, som svarer rigtigt, har betydning for, hvor længe forelæseren derpå bruger til at gennemgå spørgsmålet og forklare, hvad det rigtige svar er.

Der er flere fordele ved dette spørgsmålsforløb. Dels får de studerende testet, om de har forstået dagens begreb, dels trænes de i at anvende deres forståelse af begrebet i en diskussion med en fagligt ligestillet partner (kammerat). Samtidigt får forelæseren en øjeblikkelig tilbagemelding på forståelsesniveauet og kan således i løbet af forelæsningen omprioritere, hvor hun/han skal lægge vægten i undervisningen.

Anvendelse af kammeratlæring kræver mod af forelæseren. Denne skal kunne affinde sig med at "holde mund" i et par minutter, så de studerende får den nødvendige tid til at tænke. Hvor lang tid, de skal have til at tænke og diskutere, er en balancekunst: Skal en forelæser indrette sig efter de hurtige eller efter dem, der har brug for lidt længere tid til at læse og forstå? Derefter skal forelæseren lade være med at vise sin eventuelle frustration, hvis det viser sig, at kun en mindre del af de studerende rent faktisk er kommet frem til rette svar. Så følger endnu en pause, hvor forelæseren skal "falde i et med væggen", mens de studerende diskuterer med hinanden. Efter sidste afstemning er det endeligt vigtigt, at forelæseren tør gentage sig selv og bruge tid på at

forklare, hvad det rette svar er og hvorfor. Her må der nødvendigvis tages udgangspunkt i de "langsommere" studerende, og det kan nemt blive langtrukket for de "hurtigere" studerende. Det kræver stort mod som underviser at turde kede sine studerende. Det vil derfor ikke være lige nemt for alle forelæsere at anvende kammeratlæring.

4. DE STUDERENDES KONCEPTUELLE FORSTÅELSE

For at kunne teste udviklingen i de studerendes fysikforståelse uddelte vi som nævnt tre spørgeskemaer til de studerende. Det første i den første forelæsning i begyndelsen af september (10/9), det andet ca. midt i semestret (29/10) og det sidste i den sidste uge af semestret (17/12).

Alle spørgeskemaerne havde indledningsvis nogle spørgsmål om, hvor meget tid de studerende forventede at bruge henholdsvis rent faktisk brugte på kurset. Derefter var der fem begrebstest, som dem der er brugt i de tidligere beskrevne undersøgelser. Vi koordinerede testene med forelæseren for at sikre, at de studerende ikke på forhånd havde arbejdet med de samme spørgsmål. De tre spørgeskemaer er vedlagt som Bilag A, B og C. Vi modtog i alt henholdsvis 141, 117 og 72 besvarede spørgeskemaer de tre gange. Ved hjælp af et kodeord, som de studerende skulle angive på spørgeskemaet, har vi kunnet korrelere svarene på de tre spørgeskemaer. Diskussionen af resultaterne følger nedenfor. Bilag D viser de statistiske data.

4.1 De studerendes besvarelse af begrebstestene

Generelt kunne flertallet af de studerende besvare de udvalgte begrebstest, forstået på den måde at et flertal af de studerende besvarede dem korrekt. I det første spørgeskema (september) koncentreredes spørgsmålene om kræfter (især tyngdekraften, Newtons love) og sammenhængen mellem hastighed og acceleration. I det andet spørgeskema (oktober) var emnerne kræfter og Newtons love. Efter at have set svarerne i spørgeskema 2 hævdede vi sværhedsgraden på det sidste spørgeskema (december), som stadig handlede om kræfter, samt angulært og inerti moment.

I Tabel 1 angiver vi brøkdelen af studerende, som svarede korrekt på de fem begrebstest for hvert spørgeskema. Begrebstestene er nummereret 1 til 5 i den rækkefølge, de står i spørgeskemaerne.

Begrebstest	Skema 1, sept. (% af 141)	Skema 2, okt. (% af 117)	Skema 3, dec. (% af 72)
1	97.2	92.3	61.1
2	68.8	83.8	51.4
3	63.1	88.9	45.8
4	62.4	79.5	81.9
5	68.8	77.8	61.1

Tabel 1: Procentdelen af korrekte besvarelser på de fem begrebstest spørgsmål for skema 1-3. Udleveringsdatoerne for spørgeskemaerne 1, 2 og 3 er henholdsvis 10/9, 29/10 og 17/12 2002.

Fra tabellen kan man for det første se, at det er de fleste studerende, som besvarer spørgsmålene rigtigt. Med henvisning til Mazurs tommelfingerregel (se afsnit 2.1.2) om forståelsen af

spørgsmålene til brug i undervisningen kan man sige, at for de første to spørgeskemaer er spørgsmålene for nemme, da der for hver test er næsten 70%, som giver det rigtige svar. Dette er selvfølgelig ikke helt så relevant her, idet vi blot ønsker at teste de studerendes forståelse. Som nævnt ovenfor gav disse svarprocenter anledning til, at vi gjorde det sidste spørgeskema vanskeligere, idet det ellers ville være svært at se en forbedring til det sidste skema (dette er nærmere kommenteret nedenfor).

De udvalgte spørgsmål til det sidste skema ville være velegnede til brug i undervisningen, idet mange forstår dem, men der er stadig mulighed for diskussion. Det er således spørgsmål, som i gennemsnit udfordrer de studerende. De tre første spørgsmål i det sidste spørgeskema omhandler stadig kræfter, men pakket ind på en ny måde. Man kan se, at der her er en nedgang i de korrekte svarprocenter. Det efterlader os med det problem, at det bliver vanskeligt at afgøre i hvor høj grad de studerende virkelig har forstået begreberne, eller om de blot har lært de mere klassiske problemstillinger, som blev brugt i de første to spørgeskemaer.

For at få et kvantitativt mål for de studerendes forståelse har vi udregnet forbedringsfaktoren. Man kan diskutere, om dette er rimeligt ud fra kun 5 spørgsmål i hvert skema, men da emneområde og sværhedsgrad er sammenlignelige med de normalt anvendte begrebstest (*Force Concept Inventory*, Mazur 1997), mener vi, at "målet" er rimeligt, om end ikke helt sammenligneligt med Mazurs mere omfattende arbejde. Hvis vi senere skal lave en lignende undersøgelse vil vi naturligvis bruge hele *Force Concept Inventory*. Ud fra statistikken i Bilag D finder vi, at den gennemsnitlige korrekte besvarelsesprocent (S i afsnit 2.1.1) ligger på henholdsvis 68.7%, 84.9% og 60.3%. Dette giver anledning til en forbedringsfaktor $<g> 0.52$ fra begyndelsen af september til slutningen af oktober, altså lidt over gennemsnittet for de aktiverende kurser diskuteret i 2.1.1.

At forbedringsfaktoren for december er negativ skyldes mest sandsynligt, at sværhedsgraden var øget (og at vi således ændrede på to faktorer samtidigt). At decemberdata antyder, at der er problemer med mange af de studerendes konceptuelle forståelse, skal dog også forstås på baggrund af, at sværhedsgraden er større (målt på færre opgaver) end i Mazurs *Force Concept Inventory*. De 30 opgaver i sidstnævnte giver, som sagt, et mere nuanceret billede af de studerendes kunnen, men med en sværhedsgrad, der svarer til vores to første tests.

Når vi ser tilbage på undersøgelsen, var det *ikke* smart at ændre sværhedsgrad i det sidste spørgeskema, men de to første skemaer antyder, at de studerendes resultater forbedres. Niveauet ligger meget tæt på det, som opnåedes af Eric Mazur, da han første gang implementerede kammeratlæring på sit kursus (se Figur 3). Desværre har vi ikke tilsvarende målinger for Fysik 11 for et år med traditionel undervisning, men kan måske forvente, at det havde været sammenligneligt med andre "traditionelle" kurser, som altså ligger lavere end den her ved kammeratlæring opnåede forbedringsfaktor. Med disse forbehold bør det måske tilføjes, at der også er rum for yderligere forbedringer, dels ved en øget indsats mht. hvilke begrebstest der kan udfordre de studerende, dels ved også at indføre kammeratlæring på regneøvelserne.

4.2 De studerendes baggrund

Det er naturligvis ikke alene det, der sker under forelæsningerne, som fører til, at eller om de studerende lærer fysik. Det afhænger dels af deres indgangsniveau (her målt ved deres fysikkarakter i den adgangsgivende eksamen), deres indsats på kurset (ved regneøvelser og hjemmearbejde) og mange andre faktorer, hvoraf nogle er af social karakter. I det følgende ser vi sammenhænge mellem procentvis korrekte besvarelser og de studerendes adgangsgivende fysikkarakterer, henholdsvis deres tidsforbrug (forventet og reelt).

4.3 Sammenhængen mellem adgangsgivende fysikkarakter og besvarelser

I Figur 6 og Tabel 2 viser vi sammenhængen mellem antallet af rigtige besvarelser og de studerendes adgangsgivende fysikkarakter.

For det første kan man umiddelbart se, at de studerende på Fysik 11 generelt har adgangsgivende fysikkarakterer på over 8, og at der kun er seks studerende med fysikkarakterer på under 8. I det følgende kategoriserer vi studerende med *mindst fire rigtige svar* (på de fem testopgaver) som havende en ”god fysikforståelse”.

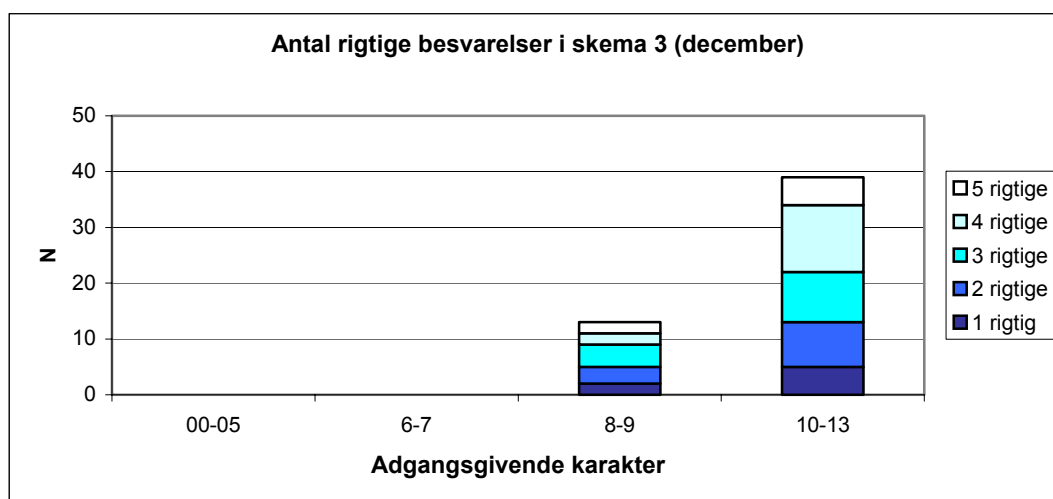
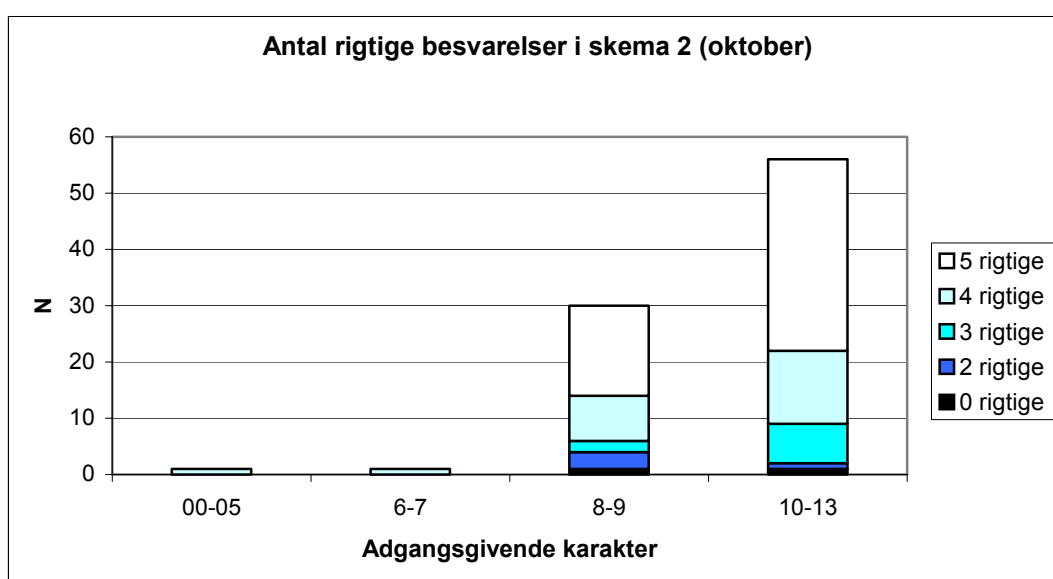
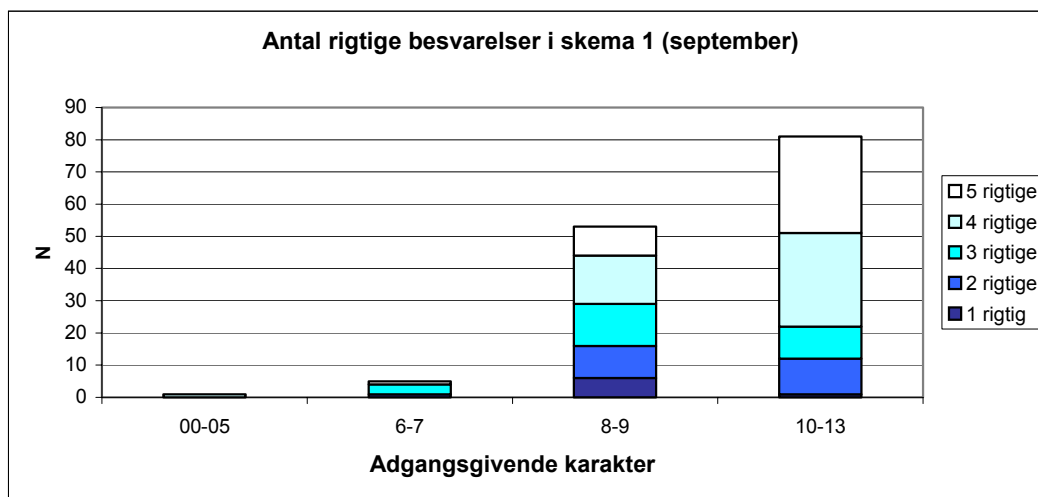
Ved studiestart finder vi, at 73% af de studerende med fysikkarakterer i intervallet 10-13 har en god fysisk forståelse, mens det samme gælder for 45% af de studerende med fysikkarakterer 8-9. Det indikerer ikke, at den adgangsgivende fysikkarakter betyder noget væsentligt for deres fysikforståelse sådan som vi her ”måler” den, jf. Tabel 2.

For skema 2 (oktober) finder vi, at der specielt for de studerende med fysikkarakterer på 8-9 er blevet flere studerende med en god fysikforståelse: De har stort set samme brøkdel (79%) som dem med de højere adgangsgivende fysikkarakterer (84%), jf. Tabel 2. På dette tidspunkt midt i semestret er det altså ikke til at se, hvilken fysikkarakter de studerende havde i deres adgangsgivende eksamen. For de studerende med lav fysikkarakter ser forbedringen ud til at være endnu bedre, men det kan meget vel skyldes, at vi har at gøre med et meget lille antal. I det første skema er der 6 studerende med fysikkarakterer 00-7 og i det andet er der kun 2.

Adgangsgivende karakter	Skema 1, sept. (% af n)	Skema 2, okt. (% af n)	Skema 3, dec. (% af n)
10-13	73 (n=81)	84 (n=56)	44 (n=39)
8-9	45 (n=54)	79 (n=30)	30 (n=13)
00-7	(33) (n=6)	(100) (n=2)	

Tabel 2: Procentdelen af besvarelser med 4 eller 5 rigtige som funktion af den adgangsgivende fysikkarakter. Der var henholdsvis 141, 117 og 72 besvarelser af skema 1, 2 og 3

Med disse resultater ser det således ud til, at der ikke er nogen grund til at ændre adgangskrav, idet vi alligevel kun modtager studerende med mindst 8 i fysik i den adgangsgivende eksamen, og efter det første halve semester er der ikke forskel mellem de studerende i de to underkategorier 8-9 og 10-13.



Figur 6: Sammenhængen mellem de studerendes adgangsgivende fysikkarakter og antallet af rigtige besvarelser for de tre spørgeskemaer. Skema 1 (N=141), Skema 2 (N=117), Skema 3 (N=72)

4.4 De studerendes tidsforbrug

Det er forventeligt, at de studerendes tidsforbrug på forberedelse hjemme også kan påvirke deres fysikforståelse. Der er ikke nødvendigvis en simpel sammenhæng, hvor mere forberedelse giver bedre forståelse, men, alt andet lige, må man forvente, at det at arbejde koncentreret med stoffet over længere tid også resulterer i bedre læring.

Hvor meget tid en studerende kan afse til forberedelse af Fysik 11 afhænger af flere parametre, herunder bl.a. interesse, tidsforbrug på resten af studiet, erhvervsarbejde og familie. Det noteres, at 90% af de studerende forventer i september at bruge færre end 10 timer på erhvervsarbejde hver uge, og at dette tal faktisk også holder stik, når vi sammenligner med deres oplysninger om det reelle forbrug midt i semestret (oktober). Det ser altså ud til, at disse nystartede studerende faktisk betragter det at studere som et fuldtidsarbejde.

Hvad angår den øvrige del af studiet (dvs. andre fag), forventer de studerende også en stor arbejdsindsats. Det ses af Figur 7, at i september forventer de fleste studerende at bruge mellem 10 og 40 timer på andre kurser. Det svarer meget godt til det reelle forbrug midt i semestret, men man ser også, at der finder en stigning sted hen mod slutningen af semestret. Alt i alt virker de studerendes fornemmelse for deres forventede og reelle tidsforbrug realistiske, om end under 20 timer på andre fag kan virke lidt i underkanten.

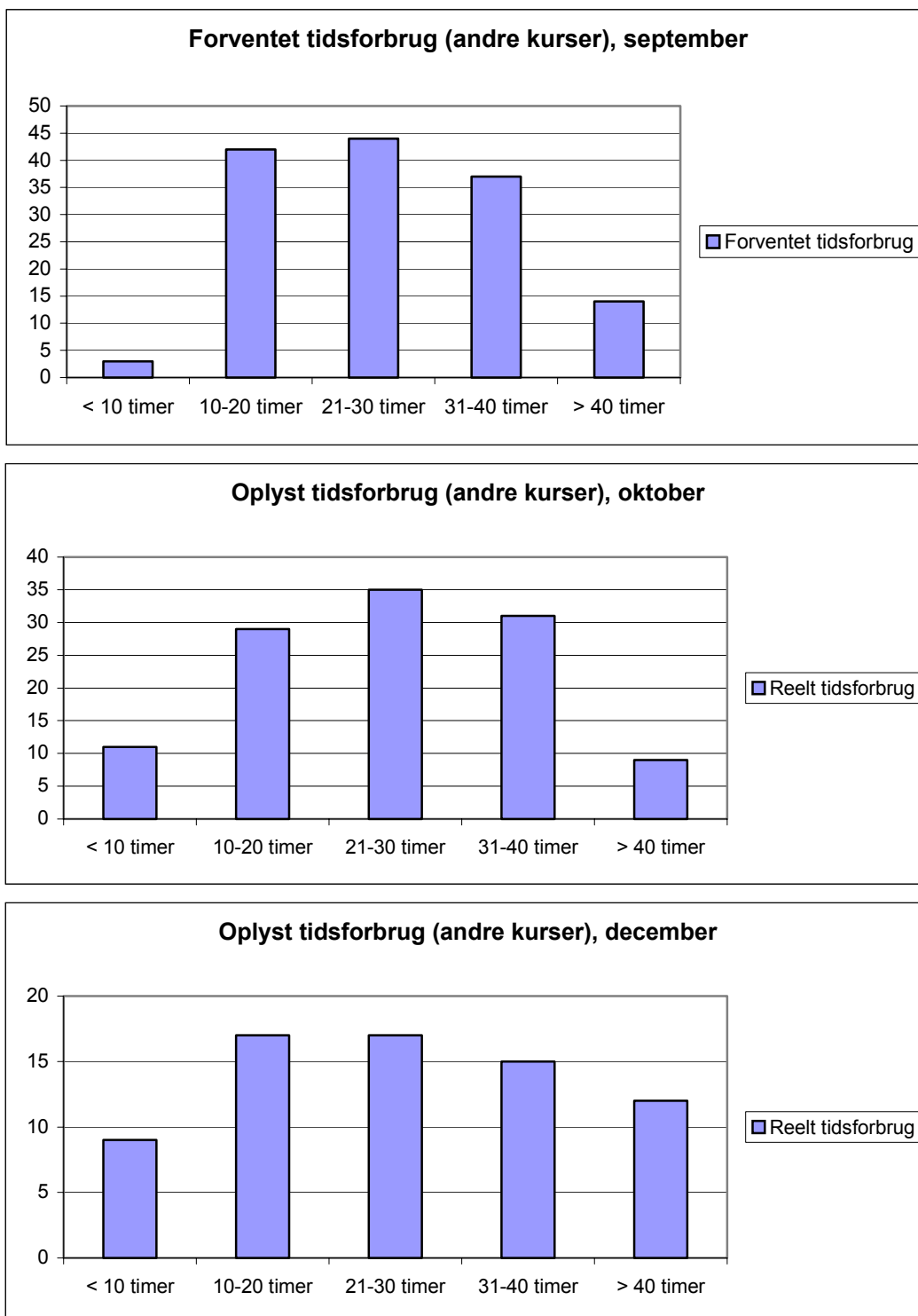
4.4.1 Studenternes forventede og reelle tidsforbrug på Fysik 11

For at få en fornemmelse af, hvordan de studerende forventer at bruge deres hjemmearbejdstid på Fysik 11, har vi opdelt tidsforbruget i tre kategorier: Hvor meget tid de forventer at bruge på forberedelse før forelæsningerne, hvor meget de forventer at bruge til læsning efter forelæsning ("efterberedelse"), og hvor meget tid de forventer at bruge på at forberede sig til regneøvelserne.

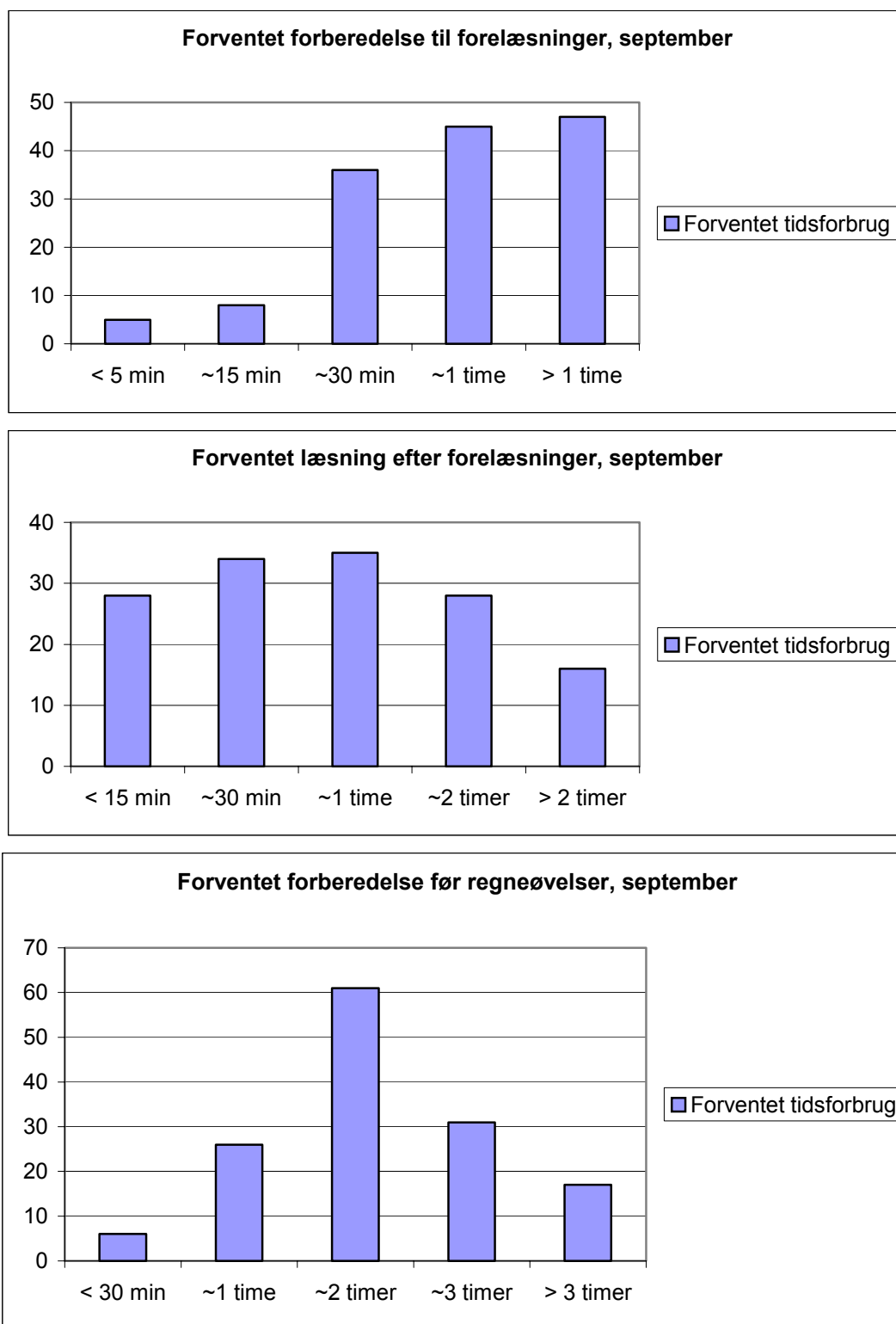
I Figur 8 viser vi fordelingen af det forventede tidsforbrug. Det noteres, at langt de fleste studerende (91%) forventer at forberede sig før forelæsningerne ved at læse i bogen. Til gengæld er der en tendens til, at de ikke forventer at bruge megen tid på at læse pensum efter forelæsningerne. Der er dog stadig 56%, som forventer at bruge mindst 1 time på dette.

For regneøvelsernes vedkommende forventer 77% at bruge mindst 2 timer pr. uge til forberedelse, hvilket virker realistisk, hvis det tages i betragtning, at et kursus til 10 ECTS-point "forudsætter", at en gennemsnitsstuderende bruger mindst 7 timer pr. uge³ til forberedelse. Det bemærkes her, at næsten halvdelen (43%) kun forventer at bruge i alt ca. 2 timer pr. uge til forberedelser.

³ En studerende forventes i gennemsnit at have en arbejdsuge på 45 timer for 30 ECTS, dvs. ca. 15 timer til Fysik 11 på 10 ECTS. Heraf bruges der ca. 2 timer til "Frie øvelser" pr. uge og 6 timer til konfrontation (forelæsning og regneøvelser) i Fysik 11. Herefter er der 7 timer tilbage til forberedelse.



Figur 7: Det forventede (september) og ”reelle” (oplyste) tidsforbrug på andre kurser. Øverst angives fordelingen af det forventede tidsforbrug (skema 1, N=141), i midten det ”reelle” tidsforbrug (skema 2, N=117) og nederst det ”reelle” tidsforbrug (skema 3, N=72). X-aksen angiver tidsforbrug i timer pr. uge og Y-aksen antal studerende.



Figur 8: De studerendes forventede tidsforbrug til de tre forskellige kategorier af forberedelse: Før forelæsningen (øverst), efter forelæsningen (midt) og før regneøvelser (nederst). X-aksen angiver tidsintervallet i minutter eller timer pr. uge og Y-aksen angiver antallet af studerende. Der er i alt inkluderet 141 besvarelser.

Én ting er, hvad de studerende forventer at bruge af tid på forberedelse, en anden ting kunne være, hvad der reelt bliver tid til, når alle kurser er i gang og skal passes.

I Tabel 3 viser vi, hvordan tidsforbruget ændrer sig i forhold til forventningerne hen over semestret. Det er vel ikke så mærkeligt, at de fleste har svært ved at vurdere deres tidsforbrug ved semesterstart, hvilket afspejler sig i, at ca. to-tredjedele af de studerende bruger mere eller mindre tid end de havde forventet, når man sammenligner begyndelsen af september (forventet) med slutningen af oktober (oplyst, ”reelt” tidsforbrug). At de fleste oveni købet bruger mindre tid end forventet, er vel blot tegn på, at man ikke altid kan nå alt det, man tror, man kan.

I tiden fra slutningen af oktober til midten af december er det måske mere overraskende, at der fortsat sker nogle (tilsvarende) ændringer i tidsforbruget. Man kunne – måske lidt naivt - forvente, at de studerende efter et halvt semester har fået en arbejdsrutine og fundet ud af, hvor meget tid de kan/skal bruge på hvert fag. Men det noteres, at lidt over halvdelen af de studerende ændrer deres tidsmæssige ”indsats”, selvom det går både op og ned; dog mest ned. Specielt er der mange, som forbereder sig mindre til forelæsningsne. Det kan måske skyldes, at forelæseren sjældent aktivt bruger de studerendes forberedelse i undervisningen, og at de studerende derfor fravælger at forberede sig. Men der er naturligvis mange andre forklaringsmuligheder, herunder ikke mindst, at sådanne tal på ”forventet” og ”reelt” forbrugt tid er behæftet med en meget stor usikkerhed.

Tidsforbrug	Ændring fra		
	sept. til okt. (%, n=88)	sept. til dec. (%, n=52)	okt. til dec. (%, n=52)
	<i>Forberedelse før forelæsning</i>		
Op	25	13	15
Som ventet / sidst	36	27	35
Ned	39	60	50
	<i>Læsning efter forelæsning</i>		
Op	22	17	27
Som ventet / sidst	40	37	38
Ned	38	46	35
	<i>Forberedelse før regneøvelser</i>		
Op	23	31	19
Som ventet / sidst	27	15	44
Ned	50	54	37

Tabel 3: Ændringer i oplyst tidsforbrug i forhold til forventede tidsforbrug i september (kolonne 1 og 2) samt ændringer i det oplyste tidsforbrug fra oktober til december (kolonne 3). Der angives hvor mange studerende (i procent) der oplyser at de bruger henholdsvis mere tid (op), den samme tid (som ventet/ sidst) eller mindre tid (ned) end de oprindeligt havde forventet (kolonne 1 og 2) eller tidligere oplyst (kolonne 3). Det matchede antal skemaer (n) fra september til oktober er 88 (N=141), fra september til december 52 (N=141), og fra oktober til december 52 (N=117).

Det reelle tidsforbrug skal naturligvis også ses i lyset af, om de studerende mener, at de bruger tilstrækkelig tid på kurset. Det er slående, at ca. 60% både midt i semestret og ved dets afslutning mener, at de bruger for lidt tid på kurset. Sammenholdt med, at omtrent halvdelen af de studerendes tidsforbrug efter oplysningerne *falder* gennem hele semestret, er det måske et tegn på, at de studerende føler et stort tidspres mht. at nå den forventede forberedelse og gennemførelse af de forskellige kurser, de deltager i. Det noteres samtidigt, at til trods for, at halvdelen af de studerende antyder, at de nedsætter deres forberedelsestid til forelæsningsne i sidste del af semestret, så øges antallet af studerende, der mener, at de bruger for lidt tid. Dette kan tyde på, at de studerende er klare over behovet for konkret stillingtagen til, hvor der bedst kan skæres i tidsforbruget, hvis man skal "overleve". Men andre fortolkninger er også mulige.

4.4.2 Tidsforbrug i relation til adgangsgivende fysikkarakter

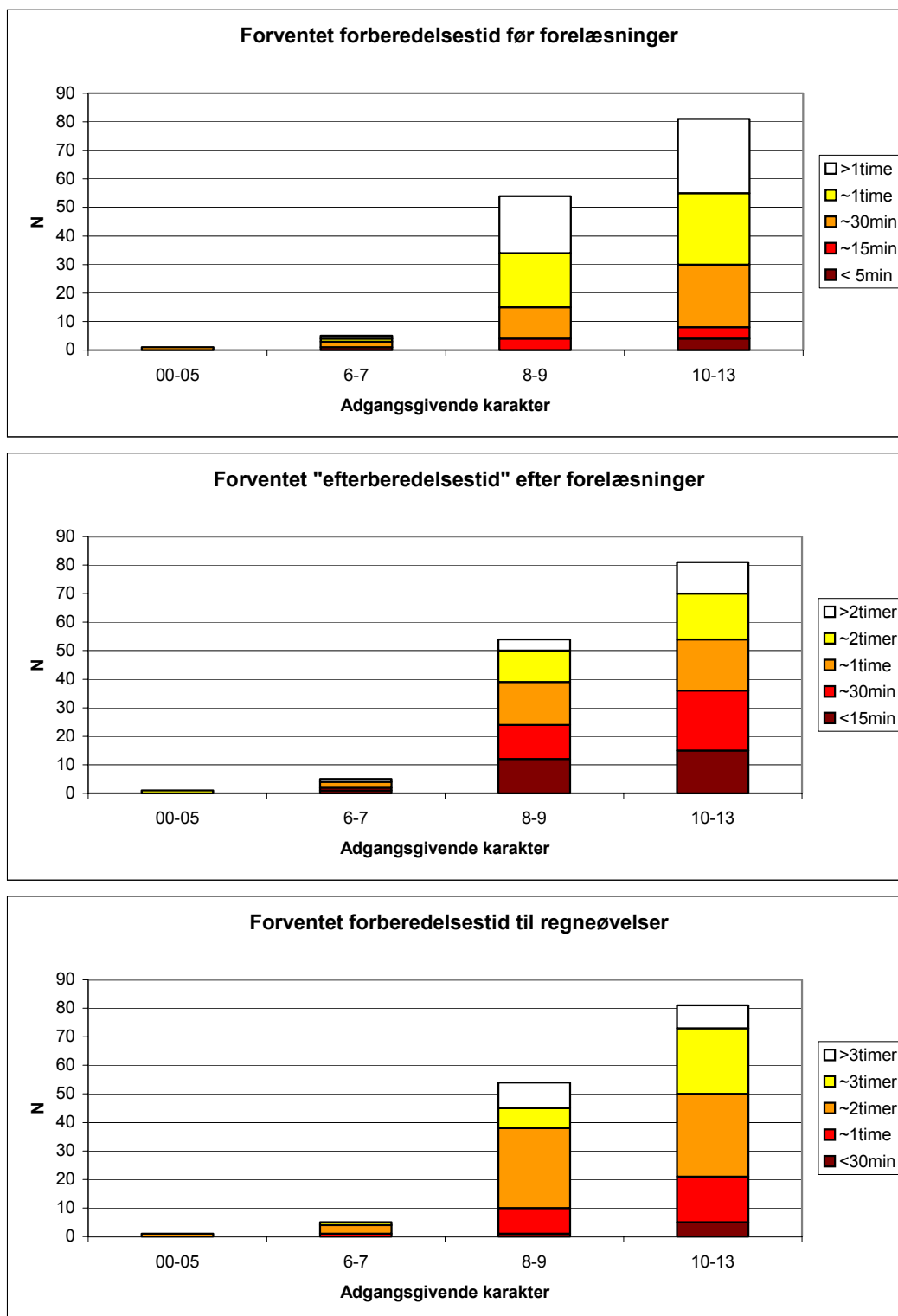
I Figur 9 viser vi fordelingen af de studerendes adgangsgivende fysikkarakter sammenholdt med deres forventede tidsforbrug på studiet ved semesterstart (september). Generelt finder vi ingen forskel mellem det forventede tidsforbrug og de forskellige karakterklasser. I relation til opgaveregning er der måske en svag tendens til, at studerende med fysikkarakteren 8-9 regner med at bruge lidt mindre tid på forberedelse til regneøvelserne end deres medstuderende med højere adgangsgivende fysikkarakterer. Men forskellen er ikke markant.

4.4.3 Tidsforbrug i relation til antallet af rigtige besvarelser i begrebstestene

Ud fra en antagelse om, at når man arbejder med stoffet bliver man også bedre til sit fag, har vi kigget på besvarelsesprocenterne i forhold til, hvor lang tid de studerende oplyser, at de bruger på hjemmearbejde før og efter forelæsninger og før regneøvelser, jf. Tabel 4.

Tidsforbrug før forelæsninger			Tidsforbrug efter forelæsninger			Tidsforbrug før regneøvelser		
Studerende med mindst fire af fem rigtige testspørgsmål, oktober								
Tid, min	(% af n)	n	Tid, min	(% af n)	n	Tid, min	(% af n)	n
<5	82	17	<15	74	39	<30	75	32
~15	69	16	~30	79	29	~60	75	28
~30	85	26	~60	85	27	~120	89	28
~60	81	21	~120	83	12	~180	77	13
>60	81	37	> 120	89	9	>180	88	16
Studerende med mindst fire af fem rigtige testspørgsmål, december								
<5	42	19	<15	31	26	<30	36	25
~15	15	13	~30	50	18	~60	19	16
~30	36	11	~60	31	16	~120	14	7
~60	36	14	~120	40	5	~180	67	9
>60	60	15	> 120	57	7	>180	60	15

Tabel 4: Sammenhæng mellem tidsforbrug til hjemmearbejde og fysikforståelsen angivet som procentdelen med mindst 4 af 5 rigtige begrebsspørgsmål. For hver type af hjemmearbejde er tidskategorierne angivet.



Figur 9: De studerendes forventede tidsforbrug til de tre forskellige kategorier af forberedelse sammenholdt med deres adgangsgivende fysikkarakter. De tre underfigurer angiver tidsforbruget pr. uge før forelæsninger (øverst), efter forelæsninger (midt) og før regneøvelser (nederst). X-aksen angiver den adgangsgivende fysikkarakter og Y-aksen antal studerende. Farvekodningen viser tidsforbruget.

Tabel 4 viser, at studerende med en god fysikforståelse (dvs. mindst 4 rigtige svar) giver meget forskellige oplysninger med hensyn til deres tidsforbrug før og efter forelæsninger og før regneøvelser. Der er på ingen måde en klar og entydig sammenhæng mellem det oplyste tidsforbrug og andelen af studerende med mindst fire rigtige svar på de fem testspørgsmål. I december (skema 3) er der ganske vist en svag tendens til, at andelen af studerende med god fysikforståelse stiger, når det oplyste tidsforbrug til forberedelse er størst. Tendensen er mest udtalt for regneøvelserne. Data for oktober antyder næppe en tendens overhovedet. Vi kan således ikke på det foreliggende grundlag sige, at mere forberedelsestid giver bedre resultater. Dels er de oplyste tider forbundet med stor usikkerhed, dels er der mange andre faktorer i spil, som vi ikke måler på (fx interesse, tidligere erhvervet viden, talent, og koncentration).

5. INSTRUKTORERNES ERFARINGER

Udover forelæsningerne på Fysik 11 bliver de studerende tilbudt at kunne deltage i regneøvelser 3 timer per uge. Regneøvelserne tager udgangspunkt i beregningsopgaver, der er udarbejdet af forelæseren. Der blev i efteråret 2002 udbudt syv regneøvelseshold og undervisningen blev varetaget af seks forskellige instruktorer. For at danne os et billede af, hvordan regneøvelseslærerne tilrettelagde deres undervisning, blev de hver især tilsendt et spørgeskema ved semestrets afslutning (10/1-2003). Samtlige instruktorer har besvaret det udsendte skema (Bilag E). Regneøvelserne er et tilbud, som de studerende tilsyneladende tager imod, idet alle 161 studerende var tilmeldt et regneøvelseshold. Over halvdelen af de studerende kommer stort set hver gang og to tredjedele kommer til mindst to ud af tre øvelsesgange.

Halvdelen af instruktorerne har fungeret som instruktører på Fysik 11 i en årrække (2-5 år). Kun én har ikke selv valgt at blive instruktør på kurset. To af instruktorerne er fastansatte, to er ansat i tidsbegrænsede stillinger, én var Ph.d.-studerende og én har krydset af i ”andet”. Størstedelen af instruktorerne benytter en model for deres regneøvelser, hvor de studerende, ofte i små grupper, selv sidder og regner opgaverne. Læreren står så til rådighed, når der opstår problemer. Hvis læreren fornemmer, at der er et problem af mere generel karakter, resulterer det i en mindre tavleforklaring. I den sidste lektion gennemgås opgaverne på tavlen for hele holdet. Denne undervisningsform er typisk kommet i stand i samråd med de studerende. Begrundelsen for at vælge netop den form er, at *”de studerende selv får mulighed for at regne opgaverne, hvilket giver dem rutine”*, som en instruktør udtrykker det. Dette skal ses i forhold til, at instruktorerne mener, at en stor del af de studerende tilsyneladende møder utilstrækkeligt forberedte til regneøvelserne, jf. Tabel 5.

Instruktør	1	2	3	4	5	6	Middel
Forberedelse jf. instruktors skøn	% (n=25)	% (n = 20)	% (n=37)	% (n=32)	% (n=16)	% (n=21)	% (N=161)
Fuldt forberedte	10	40	33	25	25	5	23
Delvist forberedte	30	50	33	50	45	45	42
Uforberedte	60	10	34	25	30	50	35
I alt	100	100	100	100	100	100	100

Tabel 5: Procentdelen af studerende på de forskellige regneøvelseshold der ifølge instruktørernes vurdering møder fuldt forberedte, delvist forberedte og helt uforberedte til regneøvelser. Den ene instruktør (kolonne 3) havde to hold. Der var således 7 hold i alt. ”Fuldt forberedt”: De studerende havde forsøgt seriøst at regne stort set alle opgaver, uden nødvendigvis at have løst dem. ”Deltvist forberedt”: De studerende havde forsøgt seriøst at regne nogle af opgaverne, uden nødvendigvis at have løst dem.

Her skal det indskydes, at samtlige regneøvelseslærer finder, at der er stor variation i opgavernes sværhedsgrad. Til visse øvelsesgange er opgaverne af en sådan art, at den ”typiske” studerende kan regne mere end 50% af opgaverne selv, mens der er andre gange, hvor den ”typiske” studerende kun selv kan regne ca. 20% af opgaverne.

Der er faktisk en rimelig overensstemmelse mellem den forberedelse, som de studerende opgiver, at de forventer at bruge på at forberede sig til regneøvelserne (se Figur 8) og den forberedelsesgrad, som instruktorerne oplever, at de studerende møder med (se Tabel 5).

Der er stor enighed blandt instruktorerne om, at de studerende, der møder uforberedt, næppe har tilstrækkelige færdigheder (eller evner?) til at regne opgaver på eksamensniveau, og at deres forståelse af fysikproblemstillingerne i Fysik 11 næppe er tilstrækkelige. De fleste af instruktorerne er dog enige om, at selv de uforberedte får noget ud af at komme til regneøvelserne. Samtidig vurderer instruktorerne, at de fuldt forberedte kun har *nogen* udbytte af regneøvelserne. Det er de delvist forberedte, der har det store udbytte af at komme til regneøvelserne, mener instruktorerne. Det kan næppe udelukkes, at instruktorerne vurdering også afspejler, at de – bevidst eller ubevidst - tilpasser deres undervisning til de delvis forberedte. Hertil skal dog føjes, at visse af instruktorerne specifikt fremhæver, at de også forsøger at tage hensyn til de fuldt forberedte. En instruktør besvarer fx spørgsmål 6 (Hvordan er din vurdering af undervisningsformen i forhold til de studerendes indlæring?) således: *”Har forsøgt at optimere regneøvelserne med udgangspunkt i, at en stor del sjældent forbereder sig, men at der også skal være mulighed for at bringe de gode eller ihærdige videre.”*

5.1 Opgaverne

De fleste af instruktorerne mener, at de stillede opgaver er relevante i forhold til forelæsningerne, mens opgaverne er meget relevante i forhold til fysikforståelsen og for at bestå eksamen. Opgaverne vurderes af instruktorerne til at være stereotype og delvis uinspirerende, men de er klart formulerede og indeholder enkle begreber. Derfor vurderes de til at være gode for forståelsen. *”Eksempler og opgaverne er vigtige for at ’tvinge’ de studerende til at tænke selvstændigt i stedet for at lytte/læse passivt”*, som en af instruktorerne formulerer det. Opgaverne opleves af instruktorerne som værende af en passende sværhedsgrad. Flere af instruktorerne nævner, at opgaverne ændrer karakter efter de første ca. fire uger ved at blive endog meget svære - ofte også i forhold til typiske eksamensopgaver. Halvdelen af instruktorerne mener, at Fysik 11 i høj grad benytter sig af typeopgaver. Den anden halvdel mener, at det kun sker i nogen grad. En enkelt instruktør mener, at opgaverne lægger for stor vægt på regneteknik, mens en anden mener, at opgaverne lægger for stor vægt på forståelse. De resterende fire finder, at vægningen mellem forståelse og regneteknik er passende (Tabel 6).

Instruktorerne oplevelse af opgavernes fokus	1	2	3	4	5	6	Middel
Forståelse af fysikbegreber (%)	40	80	70	30	90	50	60
Regnetekniske aspekter af pensum (%)	60	20	30	70	10	50	40

Tabel 6: Instruktorerne vurdering af opgavernes procentvis fordeling mellem fokus på *forståelsen af fysikbegreberne* og på *de regnetekniske aspekter af pensum*.

5.2 Koordinering af kurset

Halvdelen af instruktorerne har kun haft kontakt til Fysik 11 forelæseren én gang i løbet af semesteret angående koordinering af undervisningen. Den anden halvdel har typisk haft kontakt

tre gange. Kun en enkelt af instruktorerne mener, at undervisningskoordineringen er utilstrækkelig.

Det kan egentlig godt overraske os, at flertallet af instruktorerne er tilfredse med undervisningens koordinering, når kontakten med forelæseren er så relativt beskedent. Det skal formentlig ses i lyset af, at formen på Fysik 11 ligger fast og har gjort det i en årrække. De fleste af instruktorerne har enten selv haft det samme kursus i sin tid eller været instruktør på Fysik 11 før. Man kender så at sige spillets regler.

Til spørgsmålet om hvor mange forelæsninger og regneøvelser, der ville være optimalt for de studerendes læring, svarer halvdelen af instruktorerne, at den nuværende fordeling med tre timers forelæsninger og tre timers regneøvelser er det optimale. En enkelt mener, at det ville være mere optimalt for de studerende, hvis der både var flere forelæsninger og flere lektioner med regneøvelser, mens to mener, at det kun er antallet af regneøvelser som burde øges.

På spørgsmålet om hvad instruktoren ville ændre, hvis det var muligt, fik vi følgende svar:

”Obligatorisk aflevering af mindst et sæt opgaver sidst på semesteret - ville styrke vægten af fysik i forhold til matematik og datalogi.”

”Reducere det teoretiske - abstrakte niveau.”

”Bruge mindre tid på de ’lette’ ting i starten, og mere tid på de svære ting i slutningen af kurset.”

”At finde det rette trick til at få studenterne til at indse fra uge 1, at de ikke lærer noget af bare at møde op, men må hjem og regne selv. At give dem lyst til at gå i krig selv.”

Sammenfattende: Alt i alt er der hos instruktorerne generel tilfredshed med form og koordinering, hvilket muligvis skyldes, at sådan har det været længe, og at alle instruktorerne kender kurset enten som studerende eller lærer gennem længere tid. Der er dog enkelte forslag til at ændre vægtningen af pensum, hvilket måske burde overvejes i fremtiden.

6. INTERVIEW MED FORELÆSEREN

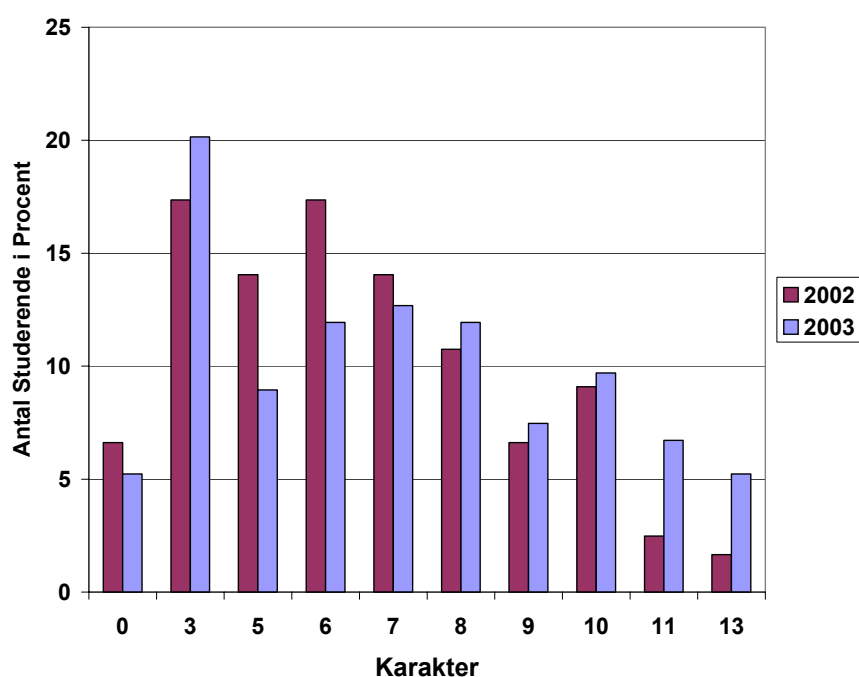
Peter Ditlevsen, der har fungeret som forelæser på Fysik 11 de sidste to år, hørte for første gang om kammeratlæring ved eksamen januar 2002, hvor det var censor Poul V. Thomsen, der introducerede ham til begrebet. Hele ideen fandt han så tiltalende, at han besluttede sig til at prøve det allerede det efterfølgende semester. Det har krævet en del mere forberedelse at gennemføre kammeratlæring, men Peter fremhæver, at det også har været en god faglig udfordring for ham selv at skulle formidle pensum på en ikke matematisk måde. Det har også været en faglig udfordring at skulle sætte sig ind i de konceptuelle dele af pensum. Generelt har der manglet tid til at gøre det så grundigt, som han gerne ville. Peter mener, at mekanik er specielt velegnet til at benytte kammeratlæring som del af undervisningen, noget som også illustreres af, at netop mekanikken var den første del af fysik pensum, som pioneren Eric Mazur kastede sig over. Peter mener også, at kammeratlæring bør kunne benyttes inden for samtlige discipliner af fysikundervisningen, men der er ingen tvivl om, at det ikke er lige enkelt inden for alle discipliner.

Peter mener, at de studerende opfatter kammeratlæring som en seriøs del af undervisningen, men han frygter, at det stik imod hensigten måske fungerer knapt så godt for de fagligt svageste studerende som for de gode. Måske har de svageste studerende brug for noget mere konkret, altså mere traditionel undervisning med formel gennemgang.

Peters store ønske i forhold til næste års undervisning er, at han skal have opbygget en mere aktiv og attraktiv hjemmeside, og undervisningen skal indeholde flere demonstrationsforsøg helst mindst et pr. gang. For at få tid til demonstrationsforsøgene vil Peter plukke ud af stoffet og springe de dele over, som han mener, at de studerende godt kan læse selv. I år har undervisningen været en "væg-til-væg"-dækning af pensum, dvs. at hele pensum har været berørt under forelæsningerne. Som en konsekvens heraf har Peter ikke forventet, at de studerende har læst *inden* forelæsningerne, men til gengæld forventet, at de efterfølgende har læst grundigt på det gennemgåede stof. Dette står i høj grad i kontrast til de studerendes faktiske oplysninger om, hvordan de forventer at forberede sig (september), og det de angiver at gøre. Vi fandt, at de studerende i starten af semesteret forberedte sig til forelæsninger, men siden hen vælger denne del af forberedelsen fra. Det kan ikke udelukkes, at forelæserens forventninger om manglende forberedelse – bevidst eller ubevidst – har sat sig spor i de studerendes måde at handle på. I så fald konstateres det, at forelæserens forventninger om "efterlæsning" ikke i tilsvarende grad har afspejlet sig i de studerendes oplysninger om forventet og reelt tidsforbrug på denne aktivitet. Konkluderende kan vi måske sige, at der ligger potentielle forbedringsmuligheder i, at vi som undervisere melder klart ud, hvordan vi forventer, at de studerende arbejder med stoffet.

7. EKSAMEN

Den afsluttende eksamen i Fysik 11 blev afholdt den 27. januar 2003. Figur 10 viser de opnåede karakterer for de 134 studerende, der gik til eksamen i år sammenholdt med de 121 tilsvarende opnåede karakterer ved eksamenen sidste år (januar 2002). Tabel 7 viser den tilsvarende procentvise fordeling på karaktergrupper.



Figur 10: De opnået karakterer ved eksamen i Fysik 11 i januar 2003 (mørklilla, med kammeratlæring) og i januar 2002 (blå, uden kammeratlæring).

Karakterer	2003 (% af 134)	2002 (% af 121)
00-5	34	38
6-7	25	31
8-9	19	17
10-13	22	13

Tabel 7: Karakterfordelingen opnået ved eksamen i Fysik 11 januar 2003 (134 studerende) og januar 2002 (121 studerende). Alle tallene er opgivet i procent.

Umiddelbart kan man konstatere, at en mindre brøkdel af de studerende er dumpet i år i forhold til sidste år. Samtidig har de studerende, der er bestået, opnået et mindre karakterløft. Om dette kan tilskrives kammeratlæring er naturligvis vanskeligt at udtale sig om, men det kan ikke udelukkes. For at dokumentere, at det ikke blot er en tilfældig fluktuation, fx som følge af

censorkorps, variation blandt de studerende, lettere eksamensopgaver mm., forudsætter det en anden, mere detaljeret undersøgelse. Det kunne man tage fat på i de kommende par år.

8. AFRUNDING

Vi har ikke med denne undersøgelse vist, at kammeratlrering på Fysik 11 i 2002 har haft en gavnlig effekt på de studerendes forståelse, men vi kan heller ikke udelukke, at det er tilfældet. Noget tyder på det. Det er i sig selv et resultat, som vi i dette afsnit vil tage udgangspunkt i.

Vi kan ikke afgøre, om det vi forsøger at måle med de tre forståelsestest er en effekt af kammeratlrering eller af det faktum, at vi har at gøre med en lærer, der alene på grundlag af sit engagement og lyst til at kaste sig ud i noget nyt (her kammeratlrering), typisk vil have en øget chance for at stimulere de studerende til at arbejde med og engagere sig i stoffet. Desværre har vi heller ingen målinger for Fysik 11, så vi med samme underviser kan sammenligne et år med traditionel undervisning og et år med kammeratlrering. Mange andre forhold end de her nævnte kan naturligvis også have spillet ind på vores undersøgelse, både i ”positiv” og ”negativ” retning.

Set i bagklogskabens klare skær burde vi have udleveret Eric Mazurs (1997) *Force Concept Inventory* test til de studerende først og sidst i semesteret, frem for blot at plukke nogle få spørgsmål fra den, for slet ikke at tale om, at vi midt i ”forsøget” ændrede på to faktorer samtidigt (tidspunktet i kurset og testens sværhedsgrad). Havde vi mere systematisk anvendt Mazurs FCI tests, kunne vi (måske) have tegnet forståelsestilvæksten ind på Figur 3 og sammenlignet med tidligere undersøgelser. Vi anbefaler, at denne test bliver udleveret til de studerende i forbindelse med forelæsningerne i 2003 og fremover, således at værdien af den kammeratlrering, der praktiseres til forelæsningerne (og regneøvelserne ?), kan vurderes bedre.

Når disse forbehold er taget, konstaterer vi også, at den forståelsestilvækst, som dokumenteres for dette kursus fra starten i september til slutningen af oktober er helt på højde med, hvad man har fundet i andre lignende undersøgelser. Vi konstaterer også (med forsigtighed), at karakterfordelingen i 2003 (kammeratlrering) og 2002 (”traditionel undervisning”) for delvist sammenlignelige hold, undervist af den samme lærer, snarere peger på en mindre forbedring end det modsatte.

En af de ting, der har overrasket os, er sammenhængen mellem den studerendes karakter i fysik fra deres adgangsgivende eksamen og deres forståelsestilvækst (forbedringsfaktor). Vores data antyder, at der er en sammenhæng mellem fysikforståelsen og den adgangsgivende fysikkarakter i starten af semesteret, men antyder samtidigt, at der allerede midt i semesteret ikke er nogen målbar forskel mellem de studerende, der ligger i intervallet 10-13, og dem, der ligger med 8 eller 9. Det er et forhold, som det er værd at udforske nærmere.

Ifølge ECTS-normeringen for fysik 11 skulle de studerende bruge mindst 7 timer på forberedelse pr. uge. Den gennemsnitlige studerende bruger mindre, en væsentlig del bruger kun omkring 2 timer. Cirka 60% af de studerende oplyser, at de ikke bruger den ”forventede” tid på forberedelse. Det oplyste tidsforbrug til forberedelse falder tilmed fra midt i semesteret til slutningen i december, hvor 60% fortsat antyder, at de forbereder sig ”for lidt”. På et plan er disse resultater ikke overraskende. De forekommer i mange andre undersøgelser over reelt tidsforbrug sammenlignet med det institutionelt og det personligt forventede forbrug. Men frem for at begræde tingenes tilstand foreslår vi, at man som lærer diskuterer dette med de studerende, fx i tilknytning til, at vi med de nødvendige forbehold trods alt finder, at der (i december, skema

3) er en tendens til at antallet af rigtige besvarelser i begrebstesten er positivt korreleret til et relativt ”højt” tidsforbrug til forberedelse (især af forberedelse til regneøvelser). Måske er dialogen med vores studerende om resultater som disse vigtigere end resultaterne i sig selv.

Instruktorerne vurderer, at 35 % af de studerende er ”uforberedte” og at 42 % er ”delvist forberedte” til regneøvelserne. Instruktorerne tager øjensynligt konsekvensen af dette og indretter undervisningsformen herefter, måske især med henblik på at mellemgruppen (de ”delvist forberedte”) kan/skal få noget ud af øvelserne. Netop dette forhold kunne vi som lærere (instruktører og/eller forelæsere) måske med fordel starte en diskussion af, både indbyrdes og med de studerende.

Ud over de tiltag som forelæseren på Fysik 11, Peter Ditlevsen, allerede har taget mht. kammeratlæring tror vi, at følgende forslag kan være væsentlige at få diskuteret, hvis vi gerne vil forbedre de studerendes forståelse ud over det nuværende niveau, som vi (indrømmet) kun delvist kender:

- Instruktorerne (regneøvelseslærerne) skal melde tilbage til forelæseren om, hvor meget af pensum de studerende øjensynligt har forstået, og hvor der evt. fortsat er problemer med den begrebsmæssige/regnefærdighedsmæssige forståelse. Dette kan måske føre til en omfordeling af den nuværende vægt på forskellige dele af pensum.
- Kammeratlæring indføres – i første omgang som forsøg – også ved regneøvelserne. Dette er forsøgt af Crouch & Mazur (2001) med et (delvist) positivt resultat og kunne måske hjælpe til, at også de svageste studerende kan bibringes en bedre konceptuel forståelse (jf. Peters udtalelser).
- Forelæseren skal aktivt udnytte de studerendes forberedelse til forelæsningerne. Dette kunne måske specielt bruges til at skære i det gennemgåede pensum – bl.a. ved at lave klare aftaler (lærer-studerer-kontrakter) om, hvad der bliver gennemgået, hvad der forudsættes bekendt, og hvad der især kræver ”efterlæsning”. Desuden foreslår Crouch & Mazur (2001) små testspørgsmål, som besvares før forelæsningerne til brug for forelæserens målrettede forberedelse. Heri ligger også en mulighed for – helt eller delvist - at omdanne ”forelæsninger” til ”efterlæsninger”.

Hvis der er en positiv effekt af kammeratlæring ved forelæsninger, og det tyder det trods alt på, og de studerendes forberedelse og aktive arbejde med opgaveregning (fortsat) er mangelfuld, og det tyder det også på, spørger vi: Hvordan kan vi øge de studerendes motivation og ansvar for egen læring? Følgende *ideer* tager især sigte på at videreudvikle regneøvelserne:

1. Tag konsekvensen af de studerendes manglende/delvis forberedelse ved at gøre instruktøren til konsulent i en eller anden form for ”lektiecafé”. Dette kan måske bidrage til, at alle de studerende får regnet i hvert fald nogle opgaver. Men her gives ingen garantier.
2. Indfør en form for kammeratlæring på regneøvelserne. De studerende skal inden øvelserne have overvejet, hvad det er for fysiske begreber, som ligger til grund for opgavernes løsning, fx ved at angive med vektorer på en tegning, hvilke kræfter der er i spil. Som nævnt tidligere, mener vi, at dette måske kan hjælpe de svageste studerende. Desuden tror vi, at alle studerende har udbytte af at se så mange begrebstest som muligt.

Regneøvelserne starter med, at instruktør og studerende diskuterer de fysiske problemstillinger i opgaverne, hvorefter instruktør står til rådighed en kort periode under opstarten af opgaveregningen. Derefter regner de studerende alene i grupper (kammeratlæring). Instruktør kommer midtvejs (eller et par gange) og svarer på spørgsmål. Til sidst i "lektiecaféen" opsummerer instruktøren, hvad man helst skulle have lært af ugens opgaver. På denne måde kan man (måske) lave længere øvelsesgange, således at de studerende arbejder i længere tid med stoffet, uden at der sker en stigning i forbruget af undervisningsressourcer. Det bør fx i denne forbindelse overvejes at opsummeringen først laves et par dage efter øvelsesgangen ("caféen"), så alle studerende har mulighed for at arbejde selvstændigt med det, de ikke nåede til regneøvelserne.

Og når alt dette er anbefalet, står vi tilbage med det helt uforløste spørgsmål om, hvor vidt den undersøgte kammeratlæring (hidtil afprøvet i tilknytning til forelæsningerne) overhovedet er en god ide, når det handler om kvindelige studerende. Her peger Boths tentative undersøgelser på, at vi har rigeligt at foretage os i årene fremover.

God kamp.

LITTERATUR

Crouch C.H. & Mazur E. (2001): Peer-instruction: Ten years of experience and results. *Am. J. Phys.* **69**, pp. 970.

Hake R.R. (1998): Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses, *Am. J. Phys.* **66**, pp. 64-74.

Herskin B. (1997): *Undervisningsteknik for universitetslærere*, Samfundslitteratur.

Hestenes D., Wells M.& Swackhammer G. (1992): Force Concept Inventory. *Phys. Teach.* **30**, pp. 141-158.

Light R.J. (1990): *Explorations with students and faculty about teaching, learning and student life*. The Harvard Assessment Seminars.

Mazur E. (1997): *Peer Instruction*. Prentice Hall

Redish E.F. & Steinberg R.N. (1999): Teaching physics: Figuring out what works. *Physics Today*, January 1999, pp. 24-30.

Rump C. & Jakobsen A. (1998): Forstår ingeniørstuderende når de består?. *Sletten* nr. **8**, pp. 9-12.

Bilag A: Spørgeskema 1 til Fysik 11

Angiv et personligt kodeord, som du kan huske resten af semesteret: _____

1) Hvor meget tid regner du med at bruge til dette kursus på følgende aktiviteter:

a) læse i bogen inden forelæsningerne (f.eks. de af forelæseren angivne sider)?

___ < 5 min ___ ~15 min ___ ~30 min ___ ~1 time ___ > 1 time (pr. uge)

b) læse i bogen, samt i dine egne forelæsningsnoter efter forelæsningerne?

___ < 15 min ___ ~30 min ___ ~1 time ___ ~2 timer ___ > 2 timer (pr. uge)

c) regne opgaver inden du deltager i regneøvelser?

___ < 30 min ___ ~1 time ___ ~2 timer ___ ~3 timer ___ > 3 timer (pr. uge)

2) Hvor meget tid regner du med at bruge pr. uge på andre kurser, som du følger dette semester?
Angiv samlet tidsforbrug (forelæsninger, regneøvelser, praktiske øvelser, forberedelse etc.....)

___ <10 timer ___ 10-20 timer ___ 21-30 timer ___ 31-40 timer ___ > 40 timer

3) Hvor meget tid regner du med at bruge på erhvervsarbejde pr. uge?

___ <5 timer ___ 5-10 timer ___ 11-15 timer ___ 16-25 timer ___ > 25 timer

4) Hvilken karakter fik du i fysik på din adgangsgivende eksamen:

___ 00-05 ___ 6-7 ___ 8-9 ___ 10-13

5) Hvad forventer du at få ud af at komme til forelæsningerne?

6) To metalkugler af samme størrelse, hvor den ene vejer dobbelt så meget som den anden, falder samtidigt fra samme højde. Hvornår rammer de jorden? Faldtiden for de to kugler vil være:

___ 1: faldtiden vil være ca. halv så lang for den tunge som for den lette kugle

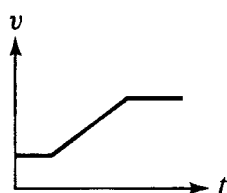
___ 2: faldtiden vil være ca. halvt så lang for den lette som for den tunge kugle

___ 3: faldtiden vil være ca. det samme for begge kugler

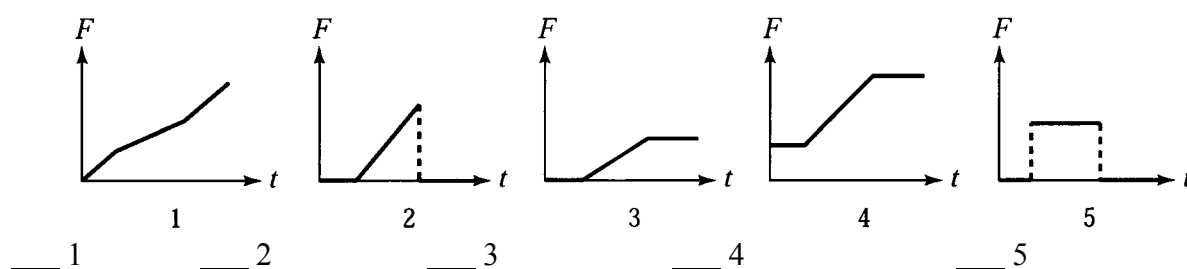
___ 4: faldtiden vil være betragtelig kortere for den tunge kugle, men ikke halvt så lang som for den lette

___ 5: faldtiden vil være betragteligt kortere for den lette kugle, men ikke halvt så lang som for den tunge

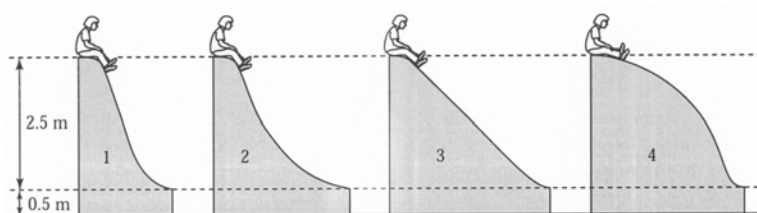
7) En bils fart som funktion af tiden er vist på nedenstående figur.



Hvilken af graferne 1-5 repræsenterer den resulterende kraft på bilen som funktion af tiden?



8) Et barn ønsker at vælge den friktionsløse rutschebane, der giver størst fart for enden af banen.



Hvilken af de viste rutschebaner skal barnet vælge?

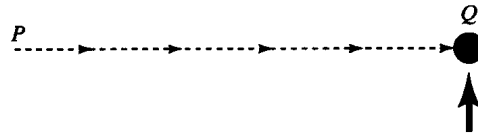
___ 1 ___ 2 ___ 3 ___ 4

___ Barnet vil opnå samme fart på alle banerne

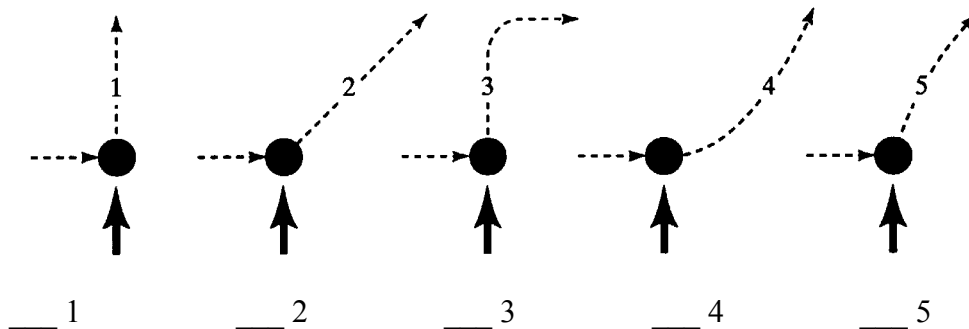
BILAG A

Du skal bruge nedenstående oplysninger til spørgsmål 9 og 10.

Figuren viser en ishockey puck som glider med konstant fart langs en ret linie fra **P** til **Q** på isen. Der ses bort fra friktion og luftmodstand. Billedet viser puckens bane set oppefra. I punktet **Q** slås til pucken i den retning pilen angiver.



9) Hvilken af de 5 baner vil pucken følge efter slaget?



10) Angiv hvilken kraft / kræfter pucken påvirkes af mens den bevæger sig langs den friktionsløse bane du har valgt i spørgsmål 9:

___ 1: nedadrettet tyngdekraft

___ 2: nedadrettet tyngdekraft og en vandret kraft i bevægelsesretningen

___ 3: nedadrettet tyngdekraft, en opad rettet kraft fra overfladen og en vandret kraft i bevægelsesretningen

___ 4: nedadrettet tyngdekraft og en opad rettet kraft fra overfladen

___ 5: ingen kræfter påvirker pucken

Tak for dit svar!

Bilag B: Spørgeskema 2 til Fysik 11

Angiv det personlige kodeord, som du brugte på sidste spørgeskema: _____

1) Hvor meget tid bruger du til dette kursus på følgende aktiviteter:

a) læse i bogen inden forelæsningerne (f.eks. de af forelæseren angivne sider)?

___ < 5 min ___ ~15 min ___ ~30 min ___ ~1 time ___ > 1 time (pr. uge)

b) læse i bogen, samt i dine egne forelæsningsnoter efter forelæsningerne?

___ < 15 min ___ ~30 min ___ ~1 time ___ ~2 timer ___ > 2 timer (pr. uge)

c) regne opgaver inden du deltager i regneøvelser?

___ < 30 min ___ ~1 time ___ ~2 timer ___ ~3 timer ___ > 3 timer (pr. uge)

d) Mener du selv, at det er tilstrækkeligt?

___ fuldt tilstrækkeligt
 ___ rimeligt
 ___ lidt for lidt
 ___ slet ikke nok

2) Hvor meget tid bruger du pr. uge på andre kurser, som du følger dette semester?

Angiv samlet tidsforbrug (forelæsninger, regneøvelser, praktiske øvelser, forberedelse etc.....)

___ <10 timer ___ 10-20 timer ___ 21-30 timer ___ 31-40 timer ___ > 40 timer

3) Hvor meget tid bruger du på erhvervsarbejde pr. uge?

___ < 5 timer ___ 5-10 timer ___ 11-15 timer ___ 16-25 timer ___ > 25 timer

4) Hvad får du ud af at komme til forelæsningerne?

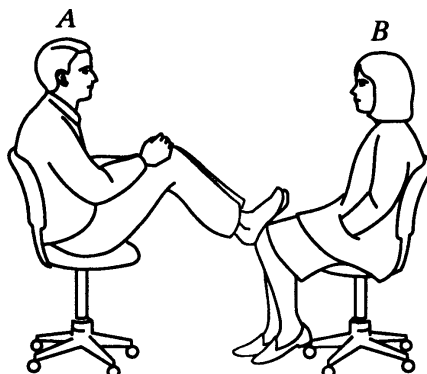
5) Oplever du, at der er sammenhæng mellem forelæsningerne og regneøvelserne?

___ stor sammenhæng ___ nogen sammenhæng ___ ringe sammenhæng

BILAG B

6)

Student A vejer 75 kg og student B vejer 57 kg. De sidder på ens kontorstole overfor hinanden. Student A placerer sine fødder på student B's knæ, som vist. Student A skubber pludseligt med sine fødder, så begge stole bevæger sig.

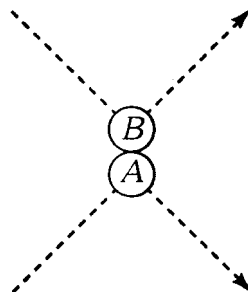


Mens der skubbes og de studerende stadigvæk rører hinanden:

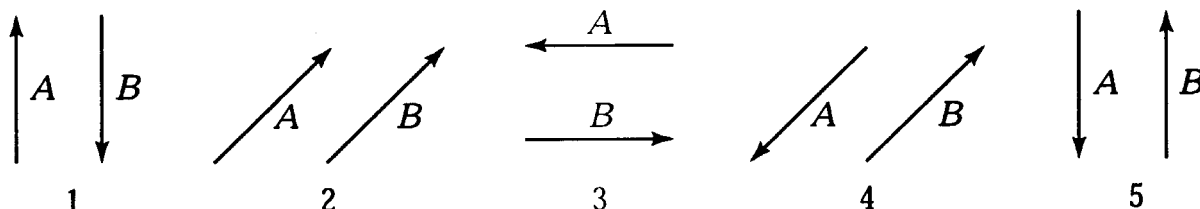
- ☐ påvirker ingen af studenterne hinanden med en kraft
- ☐ påvirker student A student B med en kraft, mens B ikke påvirker A med nogen kraft
- ☐ påvirker de studerende hinanden med en kraft, men B udøver en større kraft
- ☐ påvirker de studerende hinanden med en kraft, men A udøver en større kraft
- ☐ påvirker de studerende hinanden med samme kraft

7)

To stålkugler (A og B) kolliderer. Deres baner er vist på figuren.



Hvilket sæt af pile repræsenterer retningen på impulsændringen for de to kugler?



8)

På trods af meget stærk blæst lykkes det en tennisspiller at ramme en tennisbold med ketsjeren, således at bolden passerer henover nettet og lander på modstanderens banehalvdel.

Overvej følgende kræfter:

- A) en nedadrettet tyngdekraft
- B) en kraft fra slaget
- C) en kraft fra luftmodstanden

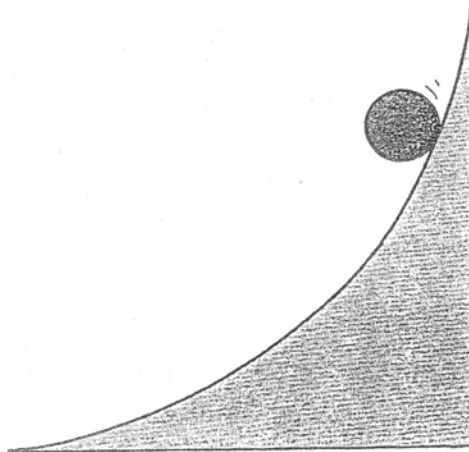
Hvilke(n) af disse kræfter påvirker tennisbolden efter at den ikke mere er i kontakt med ketsjeren, men før bolden rammer jorden?

- ☐ Kun A
- ☐ A og B
- ☐ A og C
- ☐ B og C
- ☐ A, B, og C

9)

Mens bolden ruller ned ad den viste bakke:

- ☐ øges boldens fart, mens accelerationen falder
- ☐ mindskes boldens fart, mens accelerationen stiger
- ☐ stiger både boldens fart og acceleration
- ☐ er både boldens fart og acceleration konstant
- ☐ falder både boldens fart og acceleration



10)

En stor lastbil kolliderer frontalt med en lille kompakt bil. I løbet af kollisionen gælder følgende:

- ☐ lastbilen udøver en større kraft på den lille bil, end den lille bil udøver på lastbilen
- ☐ den lille bil udøver en større kraft på lastbilen, end lastbilen udøver på den lille bil
- ☐ ingen af køretøjerne påvirker hinanden med en kraft, den lille bil bliver bare smadret, fordi den kom i vejen for lastbilen
- ☐ lastbilen udøver en kraft på den lille bil, men den lille bil udøver ingen kraft på lastbilen
- ☐ lastbilen udøver den samme kraft på den lille bil, som den lille bil udøver på lastbilen

Tak for dit svar!

Bilag C: Spørgeskema 3 til Fysik 11

Angiv det personlige kodeord, som du brugte på sidste spørgeskema: _____

1) Hvor meget tid har du i gennemsnit brugt pr. uge de sidste 3 uger på følgende fysik 11 aktiviteter:

a) læse i bogen inden forelæsningsne (f.eks. de af forelæseren angivne sider)?

___ < 5 min ___ ~15 min ___ ~30 min ___ ~1 time ___ > 1 time (pr. uge)

b) læse i bogen, samt i dine egne forelæsningsnoter efter forelæsningsne?

___ < 15 min ___ ~30 min ___ ~1 time ___ ~2 timer ___ > 2 timer (pr. uge)

c) regne opgaver inden du deltager i regneøvelser?

___ < 30 min ___ ~1 time ___ ~2 timer ___ ~3 timer ___ > 3 timer (pr. uge)

d) Hvordan vurderer du det i a-c angivne tidsforbrug i forhold til dine egne mål med fysik 11?

___ fuldt tilstrækkeligt
___ netop tilstrækkeligt
___ næppe tilstrækkeligt
___ slet ikke tilstrækkeligt

Venligst begrund svaret:

2) Hvor meget tid har du i gennemsnit brugt pr. uge de sidste 3 uger på andre kurser, som du følger dette semester? (Angiv samlet tidsforbrug til forelæsninger, regneøvelser, praktiske øvelser, forberedelse etc.....)

_____ timer / uge

3) Hvorfor kommer du til forelæsningsne?

4) Hvor mange af opgaverne til regneøvelserne prøver du at regne inden timerne?

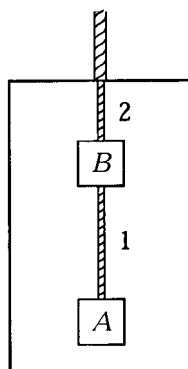
___ < 5% ___ 5-30% ___ 30-70% ___ 70-90% ___ > 90%

5) Hvor mange af opgaverne kan du regne (enten som forberedelse eller som en del af regneøvelserne)?

___ < 5% ___ 5-30% ___ 30-70% ___ 70-90% ___ > 90%

6) Hvad får du ud af at komme til regneøvelserne?

7) Klodserne A og B har begge massen 1 kg og hænger fra loftet i en elevator i reb 1 og 2.



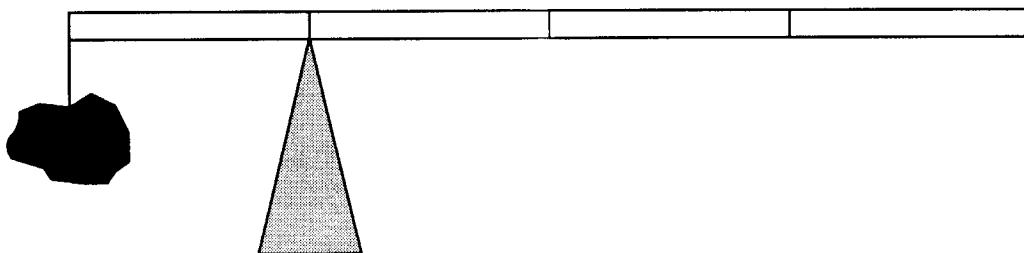
Hvor stor en kraft udøver klods A på reb 1 når elevatoren bevæger sig op med en konstant hastighed på 2 m/s?

___ 2 N ___ 10 N ___ 12 N ___ 20 N ___ 22 N

8) To satellitter A og B med samme masse bevæger sig rundt om Jorden i koncentriske baner. Afstanden fra Jordens center til satellit B er dobbelt så stor som for satellit A. Hvor stor er centripitalkraften på B i forhold til A?

___ $1/8$ ___ $1/4$ ___ $1/2$ ___ $\sqrt{1/2}$ ___ 1

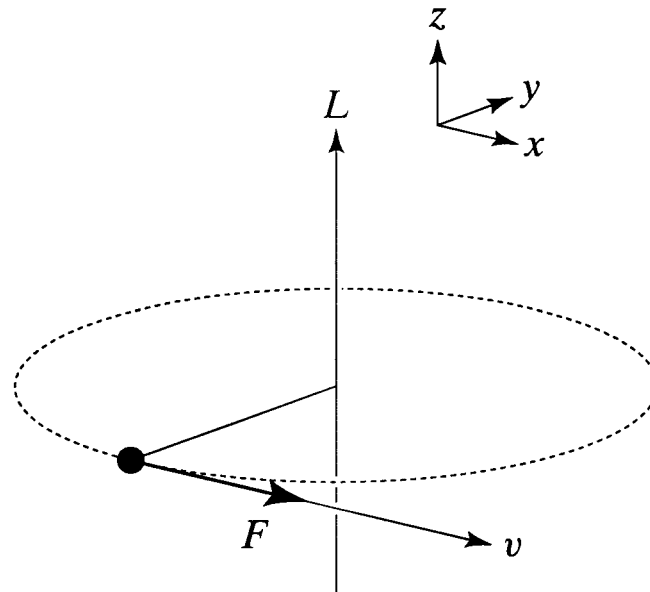
9) En sten på 1 kg hænger fra en masseløs snor for enden af en en-meter lang stang. Hvad skal stangen veje hvis den skal være i balance ved 0.25 m mærket som vist på tegningen?



___ 0.25 kg ___ 0.5 kg ___ 1 kg ___ 2 kg ___ 4 kg
 ___ ikke muligt at bestemme

BILAG C

10) En tennisbold fastgjort til en snor svinges rundt i en cirkel således, at dens rotationsakse er vertikal (se tegning). I punktet indikeret på tegningen modtager bolden et hårdt slag fremad. Dette giver anledning til en ændring i det angulære moment ΔL i



___ x retningen ___ y retningen ___ z retningen

11) To cylindre med samme størrelse og masse ruller ned af en skrænt. Cylinder A har det meste af sin vægt koncentreret langs kanten, mens at cylinder B har det meste af sin vægt koncentreret i centret. Hvilken cylinder når først enden af skrænten?

___ A ___ B ___ De ankommer samtidig

Tak for dit svar!

Bilag D: Data fra spørgeskemaerne 1-3

Dette bilag gengiver de indsamlede data fra spørgeskemaerne 1-3

Skema 1

141 skemaer udfyldt

Oversigt over besvarelsen af faglige spørgsmål i skema 1

Spørgsmål	Svar					Total	Rigtige svar (%)
	1	2	3	4	5		
6	2	0	137	2	0	141	97.2
7	5	10	5	21	97	138	68.8
8	26	1	1	23	89	140	63.1
9	28	88	14	2	9	141	62.4
10	3	3	29	97	9	141	68.8

Noter:

Besvarelsesmulighederne er numreret i den orden de forekommer på skemaet

Det rigtige svar er fremhævet med fed skrift

Antal rigtige besvarelser

	Antal	%
5 rigtige	40	28.4
4 rigtige	45	31.9
3 rigtige	24	17.0
2 rigtige	24	17.0
1 rigtige	8	5.7
0 rigtige	0	0.0
Sum	141	100.0

Skema 2

117 skemaer udfyldt

Oversigt over besvarelsen af faglige spørgsmål i skema 2

Spørgsmål	Svar					Total	Rigtige svar (%)
	1	2	3	4	5		
6	1	1	1	6	108	117	92.3
7	10	0	0	3	98	111	83.8
8	0	2	104	2	7	115	88.9
9	93	2	12	5	3	115	79.5
10	18	1	5	0	91	115	77.8

Noter:

Besvarelsesmulighederne er numreret i den orden de forekommer på skemaet

Det rigtige svar er fremhævet med fed skrift

Antal rigtige besvarelser

	Antal	%
5 rigtige	62	53.0
4 rigtige	32	27.4
3 rigtige	15	12.8
2 rigtige	5	4.3
1 rigtig	1	0.9
0 rigtige	2	1.7
Sum	117	100.0

Skema 3

72 skemaer udflydt

Oversigt over besvarelsen af faglige spørgsmål i skema 3

Spørgsmål	Svar						Total	Rigtige svar (%)
	1	2	3	4	5	6		
7	4	44	22	2	0		72	61.1
8	0	37	26	0	2		65	51.4
9	1	8	20	33	5	2	69	45.8
10	7	3	59				69	81.9
11	14	44	13				71	61.1

Noter:

Besvarelsesmulighederne er numreret i den orden de forekommer på skemaet

Det rigtige svar er fremhævet med fed skrift

Antal rigtige besvarelser

	Antal	%
5 rigtige	7	9.7
4 rigtige	21	29.2
3 rigtige	20	27.8
2 rigtige	14	19.4
1 rigtige	10	13.9
Sum	72	100.0

BILAG D

Sammenhæng mellem antal rigtige besvarelser

Antal rigtige skema 1	5	4	skema 2 3	2	1	0	Sum 0-5 rigtige	mangler skema 2	Sum række
5	23	8	2	0	0	0	33	7	40
4	18	3	3	1	0	0	25	20	45
3	6	2	3	0	0	0	11	13	24
2	3	7	0	2	0	2	14	10	24
1	0	3	1	1	0	0	5	3	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum 0-5 rigtige	50	23	9	4	0	2	88	53	Skema 1 total 141
mangler skema 1	12	9	6	1	1	0	29	15	
Sum Søjle	62	32	15	5	1	2	Skema 2 total 117		

Antal rigtige skema 1	5	4	skema 3 3	2	1	0	Sum 0-5 rigtige	mangler skema 3	Sum række
5	5	7	6	2	1	0	21	19	40
4	0	1	2	4	4	0	11	34	45
3	1	2	3	1	0	0	7	17	24
2	1	3	2	3	2	0	11	13	24
1	0	1	0	1	0	0	2	6	8
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sum 0-5 rigtige	7	14	13	11	7	0	52	89	Skema 1 total 141
mangler skema 1	0	7	7	3	3	0	20	24	
Sum Søjle	7	21	20	14	10	0	Skema 3 total 72		

Antal rigtige skema 2	5	4	skema 3 3	2	1	0	Sum 0-5 rigtige	mangler skema 3	Sum række
5	5	8	9	5	4	0	31	31	62
4	2	5	6	1	1	0	15	17	32
3	0	1	0	1	0	0	2	13	15
2	0	0	0	2	0	0	2	3	5
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	1	1	0	2	0	2
Sum 0-5 rigtige	7	14	15	10	6	0	52	65	Skema 2 total 117
mangler skema 2	0	7	5	4	4	0	20	24	
Sum Søjle	7	21	20	14	10	0	Skema 3 total 72		

Skema 1

Spørgsmål til de studerendes tidsforbrug og fysikbaggrund

1) Hvor meget tid regner du med at bruge til dette kursus på følgende aktiviteter:					
a) læse i bogen inden forelæsningerne (f.eks. de af forelæseren angivne sider)?					
< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time	Sum
5	8	36	45	47	141
b) læse i bogen, samt i dine egne forelæsningsnoter efter forelæsningerne?					
< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer	Sum
28	34	35	28	16	141
c) regne opgaver inden du deltager i regneøvelser?					
< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer	Sum
6	26	61	31	17	141

2) Hvor meget tid regner du med at bruge pr. uge på andre kurser, som du følger dette semester? Angiv samlet tidsforbrug. (forelæsninger, regneøvelser, praktiske øvelser, forberedelse etc.....)					
< 10 timer	10-20 timer	21-30 timer	31-40 timer	> 40 timer	Sum
3	42	44	37	14	140

3) Hvor meget tid regner du med at bruge på erhvervsarbejde pr. uge?					
< 5 timer	5-10 timer	11-15 timer	16-25 timer	> 25 timer	Sum
87	40	9	3	1	140

4) Hvilken karakter fik du i fysik på din adgangsgivende eksamen:				
00-05	6-7	8-9	10-13	Sum
1	5	54	81	141

Sammenhæng mellem svar på spørgsmål i skema 1

Adgangs- givende karakter	Antal rigtige i skema 1					Sum
	1	2	3	4	5	
00-05	0	0	0	1	0	1
6-7	1	3	0	0	1	5
8-9	6	10	14	15	9	54
10-13	1	11	10	29	30	81
Sum	8	24	24	45	40	141

Adgangs- givende karakter	Forventet tidsforbrug 1a					Sum
	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time	
00-05	0	0	1	0	0	1
6-7	1	0	2	1	1	5
8-9	0	4	11	19	20	54
10-13	4	4	22	25	26	81
Sum	5	8	36	45	47	141

Adgangs- givende karakter	Forventet tidsforbrug 1b					Sum
	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer	
00-05	0	0	0	1	0	1
6-7	1	1	2	0	1	5
8-9	12	12	15	11	4	54
10-13	15	21	18	16	11	81
Sum	28	34	35	28	16	141

Adgangs- givende karakter	Forventet tidsforbrug 1c					Sum
	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer	
00-05	0	0	1	0	0	1
6-7	0	1	3	1	0	5
8-9	1	9	28	7	9	54
10-13	5	16	29	23	8	81
Sum	6	26	61	31	17	141

Forventet tidsforbrug 1a						
Antal rigtige	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time	Sum
0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	2	4	8
2	1	1	5	7	10	24
3	0	1	7	10	6	24
4	1	4	11	15	14	45
5	2	2	12	11	13	40
Sum	5	8	36	45	47	141

Forventet tidsforbrug 1b						
Antal rigtige	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer	Sum
0	0	0	0	0	0	0
1	2	1	2	2	1	8
2	5	4	6	5	4	24
3	10	3	6	2	3	24
4	4	11	11	14	5	45
5	7	15	10	5	3	40
Sum	28	34	35	28	16	141

Forventet tidsforbrug 1c						
Antal rigtige	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer	Sum
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	4	1	3	8
2	1	2	11	7	3	24
3	0	10	9	2	3	24
4	1	5	22	12	5	45
5	4	9	15	9	5	42
Sum	6	26	61	31	19	143

Skema 2

Spørgsmål til de studerendes tidsforbrug

1) Hvor meget tid regner du med at bruge til dette kursus på følgende aktiviteter:					
a) læse i bogen inden forelæsningerne (f.eks. de af forelæseren angivne sider)?					
< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time	Sum
17	16	26	21	37	117
b) læse i bogen, samt i dine egne forelæsningsnoter efter forelæsningerne?					
< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer	Sum
39	29	27	12	9	116
c) regne opgaver inden du deltager i regneøvelser?					
< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer	Sum
32	28	28	13	16	117
d) Mener du selv, at det er tilstrækkeligt?					
fuldt tilstrækkeligt	rimeligt	lidt for lidt	slet ikke nok	Sum	
7	38	50	22	117	

2) Hvor meget tid bruger du pr. uge på andre kurser, som du følger dette semester? Angiv samlet tidsforbrug. (forelæsninger, regneøvelser, praktiske øvelser, forberedelse etc.....)					
< 10 timer	10-20 timer	21-30 timer	31-40 timer	> 40 timer	Sum
11	29	35	31	9	115

3) Hvor meget tid bruger du på erhvervsarbejde pr. uge?					
< 5 timer	5-10 timer	11-15 timer	16-25 timer	> 25 timer	Sum
75	29	6	2	2	114

Sammenhæng mellem svar på spørgsmål i skema 1 og 2

Adgangs- givende karakter	Antal rigtige i skema 2						Sum 0-5 rigtige	Mangler skema 2	Sum
	0	1	2	3	4	5			
00-05	0	0	0	0	1	0	1	0	1
6-7	0	0	0	0	1	0	1	4	5
8-9	1	0	3	2	8	16	30	24	54
10-13	1	0	1	7	13	34	56	25	81
Sum 00-13	2	0	4	9	23	50	88	53	Skema 1 total
Mangler skema 1	0	1	1	6	9	12	29	15	
Sum	2	1	5	15	32	62	total 117		

Sammenhæng mellem svar om tidsforbrug i skema 1 og 2

Forventet tidsforbrug skema 1, 1a	Tidsforbrug 1a skema 2					Subtotal	Mangler skema 2	Sum
	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time			
< 5 min	2	0	1	0	0	3	2	5
~15 min	3	0	1	0	0	4	4	8
~30 min	4	5	7	5	6	27	9	36
~1 time	3	3	5	6	9	26	19	45
> 1 time	1	3	5	2	17	28	19	47
Subtotal	13	11	19	13	32	88	53	Skema 1 total
Mangler skema 1	4	5	7	8	5	29	15	
Total	17	16	26	21	37	Skema 2 total		117

Forventet tidsforbrug skema 1, 1b	Tidsforbrug 1b skema 2					Subtotal	Mangler skema 2	Sum
	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer			
< 15 min	13	5	0	1	0	19	9	28
~30 min	7	10	5	1	0	23	11	34
~1 time	3	6	8	3	0	20	15	35
~2 timer	3	3	6	2	4	18	10	28
> 2 timer	0	1	3	1	3	8	8	16
Subtotal	26	25	22	8	7	88	53	Skema 1 total
Mangler skema 1	13	4	5	4	2	28	16	
Total	39	29	27	12	9	Skema 2 total		116

Forventet tidsforbrug skema 1, 1c	Tidsforbrug 1c skema 2					Subtotal	Mangler skema 2	Sum
	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer			
< 30min	4	1	0	0	0	5	1	6
~1 time	9	3	2	2	1	17	9	26
~2 timer	8	11	13	3	4	39	22	61
~3 timer	0	4	6	2	7	19	12	31
> 3 timer	3	1	1	1	2	8	9	17
Subtotal	24	20	22	8	14	88	53	Skema 1 total
Mangler skema 1	8	8	6	5	2	29	15	
Total	32	28	28	13	16	Skema 2 total		117

Sammenhæng mellem antal rigtig og tidsforbrug i skema 2

Tidsforbrug 1a						
Antal rigtige	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time	Sum
0	0	1	0	0	1	2
1	0	0	0	1	0	1
2	0	2	1	1	1	5
3	3	2	3	2	5	15
4	4	4	9	3	12	32
5	10	7	13	14	18	62
Sum	17	16	26	21	37	117

Tidsforbrug 1b						
Antal rigtige	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer	Sum
0	0	2	0	0	0	2
1	1	0	0	0	0	1
2	2	2	1	0	0	5
3	7	2	3	2	1	15
4	9	7	8	5	2	31
5	20	16	15	5	6	62
Sum	39	29	27	12	9	116

Tidsforbrug 1c						
Antal rigtige	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer	Sum
0	1	1	0	0	0	2
1	0	0	1	0	0	1
2	2	2	0	1	0	5
3	5	4	2	2	2	15
4	9	8	8	1	6	32
5	15	13	17	9	8	62
Sum	32	28	28	13	16	117

BILAG D

Sammenhæng mellem svar på spørgsmål i skema 1 og 3

Adgangs- givende karakter	Antal rigtige i skema 3						0-5 rigtige	Mangler skema 3	Sum
	0	1	2	3	4	5			
00-05	0	0	0	0	0	0	0	1	1
6-7	0	0	0	0	0	0	0	5	5
8-9	0	2	3	4	2	2	13	41	54
10-13	0	5	8	9	12	5	39	42	81
Sum 00-13	0	7	11	13	14	7	52	89	Skema 1 total 141
Mangler skema 1	0	3	3	7	7	0	20	23	
Sum	0	10	14	20	21	7	Skema 3 total 72		

Sammenhæng mellem svar om tidsforbrug i skema 1 og 3

Tidsforbrug 1a skema 3						Subtotal	Mangler skema 3	Sum
tidsforbrug skema 1, 1a	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time			
< 5 min	1	0	0	0	0	1	4	5
~15 min	1	0	0	0	0	1	7	8
~30 min	6	3	4	1	2	16	20	36
~1 time	2	2	2	3	4	13	32	45
> 1 time	4	3	2	6	6	21	26	47
Subtotal	14	8	8	10	12	52	89	Skema 1 total
Mangler skema 1	5	5	3	4	3	20	24	
Total	19	13	11	14	15	Skema 3 total		72

Tidsforbrug 1b skema 3						Subtotal	Mangler skema 3	Sum
tidsforbrug skema 1, 1b	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer			
< 15 min	7	2	1	0	1	11	17	28
~30 min	4	8	1	1	0	14	20	34
~1 time	4	2	3	0	2	11	24	35
~2 timer	0	2	6	1	1	10	18	28
> 2 timer	3	1	0	2	0	6	10	16
Subtotal	18	15	11	4	4	52	89	Skema 1 total
Mangler skema 1	8	3	5	1	3	20	24	
Total	26	18	16	5	7	Skema 3 total		72

Tidsforbrug 1c skema 3						Subtotal	Mangler skema 3	Sum
tidsforbrug skema 1, 1c	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer			
< 30min	1	1	0	0	0	2	4	6
~1 time	5	1	1	1	1	9	17	26
~2 timer	9	5	1	5	1	21	40	61
~3 timer	1	2	2	1	6	12	19	31
> 3 timer	1	1	1	1	4	8	9	17
Subtotal	17	10	5	8	12	52	89	Skema 1 total
Mangler skema 1	8	6	2	1	3	20	24	
Total	25	16	7	9	15	Skema 3 total		72

Sammenhæng mellem svar om tidsforbrug i skema 2 og 3

Tidsforbrug 1a skema 3						Subtotal	Mangler skema 3	Sum
Tidsforbrug skema 2, 1a	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time			
< 5 min	6	1	0	0	0	7	10	17
~15 min	3	0	1	1	0	5	11	16
~30 min	1	5	3	2	0	11	15	26
~1 time	2	1	2	1	3	9	12	21
> 1 time	2	3	2	5	8	20	17	37
Subtotal	14	10	8	9	11	52	65	Skema 2 total
Mangler skema 2	5	3	3	5	4	20	48	
Total	19	13	11	14	15	Skema 3 total		72

Tidsforbrug 1b skema 3						Subtotal	Mangler skema 3	Sum
Tidsforbrug skema 2, 1b	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer			
< 15 min	7	7	0	0	0	14	25	39
~30 min	5	6	2	0	2	15	14	29
~1 time	4	2	4	2	1	13	14	27
~2 timer	3	0	2	1	0	6	6	12
> 2 timer	0	0	1	1	1	3	6	9
Subtotal	19	15	9	4	4	51	65	Skema 2 total
Mangler skema 2	7	3	7	1	3	21	48	
Total	26	18	16	5	7	Skema 3 total		72

Tidsforbrug 1c skema 3						Subtotal	Mangler skema 3	Sum
Tidsforbrug skema 2, 1c	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer			
< 30min	8	2	2	0	0	12	20	32
~1 time	4	4	0	0	0	8	20	28
~2 timer	5	2	2	2	3	14	14	28
~3 timer	0	2	1	4	1	8	5	13
> 3 timer	1	1	1	2	5	10	6	16
Subtotal	18	11	6	8	9	52	65	Skema 2 total
Mangler skema 2	7	5	1	1	6	20	48	
Total	25	16	7	9	15	Skema 3 total		72

Sammenhæng mellem svar om tidsforbrug og antal rigtige i skema 3

Antal rigtige	Tidsforbrug 1a					Sum
	< 5 min	~15 min	~30 min	~1 time	> 1 time	
0						0
1	2	2	2	2	2	10
2	6	3	0	4	1	14
3	3	6	5	3	3	20
4	5	2	3	4	7	21
5	3	0	1	1	2	7
Sum	19	13	11	14	15	72

Antal rigtige	Tidsforbrug 1b					Sum
	< 15 min	~30 min	~1 time	~2 timer	> 2 timer	
0	0	0	0	0	0	0
1	5	1	2	2	0	10
2	6	3	4	0	1	14
3	7	5	5	1	2	20
4	6	6	5	1	3	21
5	2	3	0	1	1	7
Sum	26	18	16	5	7	72

Antal rigtige	Tidsforbrug 1c					Sum
	< 30 min	~1 time	~2 timer	~3 timer	> 3 timer	
0	0	0	0	0	0	0
1	3	3	0	1	3	10
2	5	4	3	1	1	14
3	8	6	3	1	2	20
4	6	2	1	5	7	21
5	3	1	0	1	2	7
Sum	25	16	7	9	15	72

Antal rigtige	Tilstrækkeligt tidsforbrug				Sum
	fuldt til-strækkeligt	netop til-strækkeligt	næppe til-strækkeligt	slet ikke til-strækkeligt	
1	0	4	1	5	10
2	0	6	4	4	14
3	1	2	10	7	20
4	4	6	8	3	21
5	1	3	2	1	7
Sum	6	21	25	20	72

**Sammenhæng mellem svar om hvor meget der regnes inden regneøvelser
og antal rigtige i skema 3**

Antal rigtige	Regner opgaver inden					Sum
	< 5%	5-30%	30-70%	70-90%	>90%	
1	1	2	3	2	2	10
2	4	5	3	0	2	14
3	4	5	7	2	2	20
4	4	4	1	0	12	21
5	1	2	0	0	4	7
Sum	14	18	14	4	22	72

Antal rigtige	Hvor mange opgaver kan du regne					Sum
	< 5%	5-30%	30-70%	70-90%	>90%	
1	2	4	3	0	1	10
2	1	7	5	1	0	14
3	0	7	7	5	1	20
4	0	4	5	2	8	19
5	1	1	0	3	1	6
Sum	4	23	20	11	11	69

Bilag E: Spørgeskema til instruktorerne

Spørgeskema angående Fysik 11 regneøvelserne

Kære Fysik 11 instruktør.

Som led i adjunktpædagogikum har vi i det forløbne semester foretaget en spørgeskemaundersøgelse i et forsøg på at kortlægge fysik 11 undervisningen. For at danne os et så godt overblik over undervisningen som overhoved muligt har vi brug for din hjælp. Vi vil derfor bede dig om at udfylde nedenstående skema. Spørgeskemaerne vil blive behandlet i fortrolighed og vil kun blive set os selv. Ingen svar vil blive citeret direkte uden behørig samtykke.

Peter Ditlevsen har i år forsøgt sig med peer-instruction i sine forelæsninger. Hypotesen bag undervisningsformen er, at de studerende opnår en dybere faglig forståelse ved at undervisningen fokuserer på de konceptuelle aspekter af mekanikken.

Vi har uddelt tre spørgeskemaer til forelæsningerne i løbet af semesteret (den 10/9, 29/10 og 17/12). Baseret på disse spørgeskemaer vil vi forsøgt at kortlægge om de studerende rent faktisk også opnår en dybere fysik forståelse af pensum på baggrund af Peters nye undervisningsform. Vores undersøgelser tager udgangspunkt i materiale udarbejdet ved Harvard Universitet af fysikeren Eric Mazur.

Det hele skal munde ud i en godt 30 siders rapport om vores undersøgelse. Vi håber at denne rapport vil kunne bruges som inspiration til fremtidig undervisning ikke blot på fysik 11 men generelt på bacheloruddannelsen. Når rapporten er færdig (forhåbentlig før påske) sender vi den gerne til dig hvis du er interesseret.

Skulle du have flere spørgsmål du gerne vil have afklaret før du udfylder skemaet er du meget velkommen til at kontakte en af os.

Med venlig hilsen,

Mette Machholm, Nordita, tlf: 35 32 52 81, e-mail: mette@machholm.com

Lisbeth Fogh Olsen, Astronomisk Obs., tlf: 35 32 59 35, e-mail: lisbeth@astro.ku.dk

Anja C. Andersen, Nordita, tlf: 35 32 55 01, e-mail: anja@nordita.dk

BILAG E

1) Hvor mange år har du undervist som instruktør i fysik 11? _____

2) Har du selv valgt / ønsket at undervise i fysik 11?
_____ Ja _____ Nej

3) Hvad er din stilling?
_____ fastansat
_____ tidsbegrænset forskerstilling
_____ ph.d.-studerende
_____ andet

Undervisningsform

4) Hvorledes forløber en typisk regneøvelse (f.eks. hvor stor del af tiden bruges på, at du regner opgaver på tavlen, at de studerende regner opgaver selv eller i grupper, at de studerende regner opgaver på tavlen, at du svarer på spørgsmål til pensum, samt andet som typisk foregår til en regneøvelse. Nævn alt hvad du finder typisk for dine øvelsesgange)

5) Hvordan er regneøvelses-undervisningsformen (som angivet i spg. 4) fastlagt?
_____ i samarbejde med de studerende
_____ koordineret af forelæseren
_____ du har selv valgt undervisningsformen

6) Hvordan er din vurdering af undervisningsformen i forhold til de studerendes indlæring?

De studerende og deres indsats

7) Hvor mange studerende startede på dit hold: _____

8) Hvor stor en del af opgaverne kan de studerende i gennemsnit regne enten som del af forberedelsen eller ved selvstændigt arbejde under regneøvelsen?
_____ < 5% _____ 5-30% _____ 30-70% _____ 70-90% _____ > 90%

Når du besvarer spørgsmål 9-13 skal du gå ud fra en typisk øvelsesgang, og din vurdering af de studerendes indsats (ikke hvordan du tror, at de selv ville svare):

9) Hvor mange studerende (antallet nævnt i spg. 7) kommer

- stort set hver gang
 til ca. 2/3 af øvelsesgangene
 til ca. 1/3 af øvelsesgangene
 kommer ikke og er måske faldet fra

10) Hvor stor en andel af de fremmødte studerende møder fuldt forberedte (forsøgt seriøst at regne stort set alle opgaver, men ikke nødvendigvis løst opgaverne): ____ %

11) Hvor stor en andel af de fremmødte studerende møder delvist forberedte (forsøgt seriøst at regne nogle opgaver, men ikke nødvendigvis løst opgaverne): ____ %

12) Hvor stor en andel af de fremmødte studerende møder uforberedte (har ikke forsøgt seriøst at regne opgaverne, men har måske læst opgaveteksten): ____ %

13) Hvordan vurderer du udbyttet af regneøvelserne for de tre ovenstående kategorier af studerende:

De fuldt forberedte: stort noget
 ringe
 De delvist forberedte: stort noget
 ringe
 De uforberedte: stort noget

ringe

14) Hvordan vurderer du de studerendes samlede indsats i fysik 11:

	De fuldt forberedte	De delvist forberedte	De uforberedte
fuldt tilstrækkelig			
netop tilstrækkeligt			
næppe tilstrækkeligt			
slet ikke tilstrækkeligt			

15) Hvordan vurderer du de studerendes forståelse af de fysiske problemstillinger i fysik 11: (f.eks. de konceptuelle spørgsmål som forelæseren bruger som del af forelæsningerne)

	De fuldt forberedte	De delvist forberedte	De uforberedte
fuldt tilstrækkelig			
netop tilstrækkeligt			
næppe tilstrækkeligt			
slet ikke tilstrækkeligt			

16) Hvordan vurderer du de studerendes evne til at regne opgaver på eksamensniveau i fysik 11:

	De fuldt forberedte	De delvist forberedte	De uforberedte
fuldt tilstrækkelig			
netop tilstrækkeligt			
næppe tilstrækkeligt			
slet ikke tilstrækkeligt			

BILAG E

17) Hvorfor tror du de studerende kommer til regneøvelserne?

(ved flere svar angiv procenter)

_____ Regneøvelserne er helt nødvendige for at bestå eksamen

_____ Regneøvelserne er nødvendige for at forstå pensum

_____ Fordi det står på skemaet

_____ For at møde de medstuderende

_____ Andet. Angiv årsag _____

Opgaverne

18) Hvor relevante er opgaverne i forhold til:

	forelæsningerne	fysikforståelsen	at bestå eksamen
meget relevante			
rimeligt relevante			
ikke relevante			

Begrund dit svar:

19) Hvordan er opgavernes sværhedsgrad?

_____ mange opgaver er for svære

_____ de fleste opgaver er af passende sværhedsgrad

_____ mange opgaver er for lette

Begrund dit svar:

20) Benytter fysik 11 sig af typeopgaver?

_____ i høj grad _____ i nogen grad _____ stort set ikke

21) Hvor stor del af opgaverne fokuserer på forståelsen af de fysiske koncepter:

_____ %

22) Hvor stor del af opgaverne fokuserer regnetekniske aspekter af pensum: _____ %

23) Hvad synes du om vægtningen mellem forståelse og regneteknik er:

_____ for stor vægt på regneteknik

_____ for stor vægt på forståelse

_____ passende vægtning mellem forståelse og regneteknik

Koordinering af kurset

24) Hvor mange gange har du haft kontakt til fysik 11 forelæseren før og i løbet af semesteret angående koordinering af undervisningen? Kontakt skal forstås som enten deltagelse i

fællesmøde for alle instruktører + forelæseren, eller direkte kontakt mellem dig og forelæseren (evt. pr. telefon) _____

25) Synes du omfanget af undervisningskoordineringen er:

_____ utilstrækkeligt
_____ tilstrækkeligt
_____ for stort

26) Hvordan oplever du sammenhængen mellem forelæsninger og regneøvelser i fysik 11 kurset:

_____ ringe sammenhæng
_____ nogen sammenhæng
_____ stor sammenhæng

27) I nedenstående spørgsmål skal du se bort fra dit og instituttets ressource forbrug til fysik 11, og svare ud fra hvad du mener ville være optimalt for de studerendes læring.

28) Hvor mange forelæsninger skal der være i fysik 11 pr. uge?

_____ som nu (3) _____ færre _____ flere

29) Hvor mange regneøvelsestimer skal der være i fysik 11 pr. uge?

_____ som nu (3) _____ færre _____ flere

30) Hvad er det optimale forhold mellem forelæsninger og klassesetimer (regneøvelser):

_____ som nu (halvt af hver)
_____ overvægt af forelæsninger
_____ overvægt af klassesetimer

31) Hvis du skulle ændre én ting ved fysik 11, hvad skulle det være?

32) Har du lyst til at være instruktør på fysik 11 til næste år?

_____ Ja _____ Nej

33) Ønsker du en kopi af vores adjunktpædagogikum undersøgelse når den er afsluttet?

_____ Ja _____ Nej

Hvis ja, opgiv venligst dit navn og adresse:

Tak for dine svar!

CNDs skriftserie

- Nr. 1: Kandidater i matematik-, fysik- og kemifagene fra
Københavns Universitet – De gik videre.
Produktion og beskæftigelse 1985-1999.
- Nr. 2: Bachelorer – ej blot til pynt.
- Nr. 3: Studieårgangene 1999-2000 på geografi.
- Nr. 4: Faglige forskelle og tidslige tendenser
Det Naturvidenskabelige Fakultet, 1985-2001
- Nr. 5: Studieforløbsundersøgelser i naturvidenskab - en antologi
- Nr. 6: Kammeratlæring på førsteårskursus i mekanik**

Denne rapport beskriver et forsøg med kammeratlæring (peer instruction), som i 2002 kørte ved fysikstudiets 1. årsforelæsninger i mekanik (Fysik 11). Forfatterne ser nærmere på denne aktiverende undervisningsform og relaterer den til de studerendes adgangsgivende karakterer fra gymnasiet, til de studerendes tidsforbrug på forberedelse og til deres eksamens karakterer.

'Naturvidenskabsdidaktik' er det teoribaserede, disciplinerede arbejde med at vinde indsigt i naturvidenskabelig tænkning, læring og undervisning. Centrets mission er, gennem forskning, undervisning og formidling, at bidrage til denne indsigt og dens udmøntninger i kvalitetsløft på alle tre felter for det naturvidenskabelige fakultets videnskabelige medarbejdere og studerende.



CENTER FOR NATURFAGENES DIDAKTIK
KØBENHAVNS UNIVERSITET