

# Eksamen i fysikk 3 Fy – erfaringer og perspektiver

Foredrag ved Fysikermøtet, Trondheim, juni 2001

**Eimund Aamot**

*Levanger videregående skole*

**John Haugan**

*Den Polytekniske Høyskolen, Oslo*

## 1 Innledning

Artikkelen tar for seg bakgrunn og retningslinjer for utarbeiding av eksamensoppgaver i fysikk. Hovedfokus i artikkelen er imidlertid nye oppgaver etter Reform 94, hvordan de ser ut, og vurdering av hvordan de har fungert. I denne analysen legges en undersøkelse gjort av John Haugan til grunn. Mot slutten av artikkelen skisseres mulige framtidige oppgavetyper.

## 2 Bakgrunn og retningslinjer

Begge artikkelforfatterne har vært med i oppgavenemnda fra starten av arbeidet med oppgaver etter Reform 94, og fram til i dag. Nemnda har ellers skiftet medlemmer underveis, og består i dag av 4 personer – 1 kvinne og 3 menn.

En oppgavenemnd arbeider aldri i et "vakuum". For det første har vi formelle retningslinjer å arbeide etter. I tillegg har vi uformelle faktorer å ta hensyn til som f.eks fysikkfagets tradisjon i skolen. Innenfor disse rammene har nemnda likevel stor frihet til selv å stake ut en kurs for eksamensoppgavene. En annen oppgavenemnd ville sannsynligvis gjort andre vurderinger, og dermed fått andre typer oppgaver enn vi har gjort.

De viktigste formelle retningslinjene vi har å holde oss til når vi skal lage oppgaver er:

- Læreplanverket – både generell del og læreplanen i fysikk, som inneholder både felles mål for faget og mer "fagspesifikke" mål.
- Sentrale retningslinjer for lokal og sentralt gitt eksamen gitt av departementet i rundskriv SUE/VG 95-005.

I retningslinjene påpekes spesielt:

"Eksamensoppgavene må , så langt det er mulig i en eksamenssituasjon, være utformet slik at de gir grunnlag for å vurdere eksaminandens kompetanse slik den er beskrevet i læreplanenes mål. Det er viktig at oppgavene favner over *flere mål*. I tillegg skal *felles mål for faget/studietretningsfagene* legges til grunn".

"Eksamensoppgavene skal også gi eksaminandene mulighet til å vise i hvilken grad de kan *anvende* sine faglige kunnskaper og ferdigheter i *virkelighetsnære* situasjoner, problemstillinger og arbeidsoppgaver".

"Eksamensoppgavene må utformes slik at alle eksaminandene kan få mulighet til å *vise hva de kan*. Oppgavene må inneholde elementer med ulik vanskegrad".

"Det må gis *tid* til refleksjon og fordypning".

Departementet presiserer at for å nå disse målsettingene må det i størst mulig grad lages *åpne* oppgaver – det vil si oppgaver der det ikke finnes noe "fasitsvar".

Når vi får kritikk for oppgaver som gis til eksamen opplever vi ofte at kritikken egentlig ikke går på oppgavene som sådan, men bunner i uenighet i retningslinjene vi har fått å arbeide etter, eller sågar uenighet i intensjonen i Reform 94 som helhet. Det er det lite vi kan gjøre med. Vi kan ikke late som om retningslinjene ikke eksisterer – ei heller Reform 94 -og helt på egen hånd velge kurs.

### 3 Oppgavenemndas vurderinger

Likevel har nemnda stor frihet i hvordan vi skal tolke retningslinjene, og hvordan eksamen i "vårt" fag best mulig skal følge intensjonen i retningslinjene, samtidig som den faglige standard og tradisjon blir ivaretatt. Da er det mange momenter vi har måttet ta avgjørelser på.

Etter grundige vurderinger bestemte vi oss for å lage en *revisjon* av måten eksamensoppgavene tidligere var gitt på – ikke en revolusjon. Dette av følgende grunner:

- Eksamensoppgavene laget av tidligere nemnd var kommet Reform 94 noe i forkjøpet og fulgte langt på vei allerede intensjonene i Reform 94.
- Hensynet til elevene.

Vi hadde elevenes rettssikkerhet i tankene. En fullstendig nye eksamenstype ville ikke være til elevenes beste, både fordi lærebøkene ikke la opp til dette, og fordi vi av erfaring vet at undervisningsmetodene gjennom skoleåret ikke ville legge opp til dette. Vi har oppfattet det som et problem at arbeidet med læreplan, lærebøker og sentrale eksamensoppgaver foregår helt uavhengig av hverandre.

Det mest problematiske er kanskje forholdet mellom eksamensoppgaver og lærebøker. Siden det ikke er lagt opp til kommunikasjon mellom forfatterteamene og oppgavenemnda, og siden lærebøkene produseres tidligere enn nyutviklede eksamensoppgaver, vil ikke bøkene fange opp nye og viktige signaler. I prinsippet

skal ikke dette være noe problem siden lærebok og eksamensoppgaver skal bygge på læreplanen, men i praksis *kan* det bli det.

Vi bestemte oss derfor for å ta små skritt med endringer for hver gang Vi mener at vi fortsatt er inne i en endringsprosess. Noen mener sikkert at den går for fort, andre mener den går for sakte.

Vi bestemte oss for å holde en fast ramme på oppgavesettet, slik at den ytre strukturen skulle være gjenkjennbar for elever – dette for å skape trygghet omkring eksamenssituasjonen.

Departementets krav til virkelighetsnære og åpne oppgaver har vi forsøkt å imøtekomme, dog på en edruelig måte. Noen ganger er vi heldige med virkelighetsnærheten. Eksamen i desember 99 handlet om fly som sklei ut på Oslo lufthavn - Gardermoen. På TV kvelden i forveien og i VG samme dag var hovedoppslagene fly som sklei ut nettopp på Gardermoen.

Statistisk materiale fra eksamener tidligere viste at karakternivået i fysikk var ”lavere enn ønskelig”. Dette hadde vi som intensjon å gjøre noe med. Vi håpet å lage oppgaver som var slik at karakternivået naturlig ble liggende der vi ønsket å ha det – uten ”kunstige” tiltak på sensormøtene. De viktigste tiltakene i denne sammenhengen har vært å redusere arbeidsmengden noe, og å gi elevene muligheter til å velge mellom to oppgaver (se nedenfor).

Da vi startet prosessen med eksamensoppgaver stilte vi oss spørsmålet: ”Hva er god kompetanse i fysikk?” Vi listet da opp de kriteriene til vurdering som elevene er gjort kjent med på side 2 i alle eksamenssett hittil. Og så langt har vi ikke sett noen tungtveiende argumenter for å endre disse kriteriene på hva som menes med god kompetanse i fysikk.

Disse kriteriene vektlegger at elevene har:

- *Gjort det klart hvilke antakelser som er gjort*
- *Fått med det vesentligste*
- *Valgt relevante eksempler*
- *Vist evne til å gjøre kvalitative vurderinger*
- *Skrevet opp lover, likninger og formler som de skriver om eller bruker i utregninger*
- *Regnet riktig*
- *Vurdert svarene*
- *Presentert besvarelsen på en oversiktlig og systematisk måte, slik at det går klart fram hva de har tenkt.*

## 4 Hvilke endringer er gjort i forhold til tidligere oppgaver?

De retningslinjene vi har fått å arbeide etter, og de vurderinger vi har gjort har ført til en del endringer i oppgavesettene i forhold til det som den tidligere nemnda laget.

### 4.1 Organisatorisk

Oppgavesettene består av 5 oppgaver som før. Men oppgave 1 og 2 er nå tilsammen i arbeidsomfang som *en* tidligere oppgave. Det betyr at arbeidsmengden er redusert. Dette gir elevene bedre tid til refleksjon og vurdering.

I oppgave 4 får elevene velge om de vil besvare Alternativ A eller alternativ B. Dette har vi gjort for å sørge for å høyne reliabiliteten. De to alternativene er noen ganger veldig forskjellig i form - en kan være rent esssaypreget, mens en er en mer typisk regneoppgave. Noen ganger er alternativene mer lik i struktur. De synspunktene vi har fått tilbake på om alternativene bør være lik i utforming eller ikke, spriker veldig.

Oppgave 1 og 2 er ment som oppgaver for "å komme i gang" – og inngangsterskelen er ment å være lav.

Oppgave 3 er laget i hovedsak som en tradisjonell "regneoppgave", men avviker i større eller mindre grad fra dette noen ganger. Oppgavene 4 og 5 er oppgavene der det virkelighetsnære og åpne i størst grad kommer til syne.

### 4.2 Innholdsmessig

I tråd med retningslinjene og våre egne vurderinger er det vel på følgende punkter at endringene i forhold til tidligere oppgaver er størst:

#### **Elevene velger data**

Elevene må selv velge størrelser ut fra en stor datamengde, der ikke alle de oppgitte dataene er nødvendig, eller elevene må selv anslå verdier på de størrelsene de trenger for å gjøre beregninger.

#### **Eksempel: Oppgave 3 høsten 1999.**

*Denne oppgaven handler om krefter og bevegelse.*

Et *Boeing 737-600* - fly er på vei inn til Oslo Lufthavn Gardermoen med konstant fart. Ombord i flyet er det en brosjyre fra SAS der vi finner disse opplysningene om flytypen:

Antall fly i flåten	14	Lengde	31,2 m
Antall seter utland	91 - 103	Vingespenn	34,3 m
Antall seter innland	116	Marsjfart	800 km/h
Maksimal "take-off"-vekt	57,6 tonn	Brennstofforbruk	0,045 l per sete per km
Maksimal nyttelast	13,0 tonn	Motor	CFM56-7B

I tillegg får vi opplyst at farten er ca. 300 km/h når flyet letter og at landingsfarten er ca. 200 km/h.

I denne oppgaven skal du selv velge rimelige verdier på de størrelsene du trenger for å gjøre eventuelle beregninger. Du kan for eksempel bruke opplysningene i tabellen på forrige side til dette.

Vi går også ut fra at den samlede "løftekraften"  $L$  på flyet alltid står vinkelrett på vingene.

- a) Hvilke andre krefter enn løftekraften virker på flyet når det holder konstant høyde og konstant fart? Tegn kreftene. Beregn den samlede løftekraften  $L$ .

En av passasjerene ønsker å bestemme en verdi for tyngdeakselerasjonen i flyet når det er 10 km over bakken.

- b) Foreslå hvordan han kan gjøre det eksperimentelt. Hvilket utstyr trenger han?  
 Bruk Newtons gravitasjonslov til å regne ut tyngdeakselerasjonen i denne høyden.

Flyet må gjøre en sving i lufta. Svingen er en del av en horisontal sirkel med radius  $r \approx 15$  km. Anta at banefarten  $v$  er konstant i svingen.

- c) Vis at vinkelen  $\theta$  mellom vingene og horisontalplanet når flyet svinger er gitt ved uttrykket

$$\tan \theta = \frac{v^2}{gr}$$

Bestem en verdi for  $\theta$ .



Vinteren 1998/99 havnet to fly utenfor rullebanen på Gardermoen fordi det var glatt. Det ene sklei ut da det svingte ut fra rullebanen etter landing. Anta at farten da var 20 km/h og svingradien 100 m.

- d) Beregn den maksimale verdien til friksjonstallet ved glidning. Tegn banen til flyet etter at det begynte å skli.

### Eksempel: Oppgave 2 våren 2001.

*Denne oppgaven dreier seg om stråling fra mennesker.*

I denne oppgaven må du selv anslå verdiene på de størrelsene du trenger, gjøre rede for de forutsetningene du gjør, og vurdere svarene.

Når mange personer er samlet i et rom, stiger ofte temperaturen. Mye av temperaturøkningen skyldes stråling fra dem som er i rommet.

- a) Bruk Wiens forskyvningslov og regn ut den bølgelengden der utstrålingstettheten fra et menneske er størst.
- b) Beregn hvor stor den utstrålte effekten fra et menneske er.

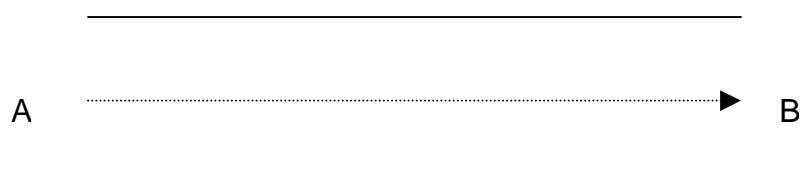
### Dagligdagse situasjoner

Det er blitt oppgaver som i større grad enn tidligere knytter fysikkinnholdet til "hverdagssituasjoner". Ofte kunne oppgavene vært "skrellet" for denne "støyen" som settingen ofte er, men vi tror at elevene oppfatter oppgaven som mer "relevant" når settingene er der. Men det vil alltid være en diskusjon om i hvor stor grad vi bare skal fokusere på den "rene fysikken" og i hvor stor grad vi skal fokusere på anvendelsene og slik sett på den situasjonen oppgaven knyttes til. I oppgave 1 våren 2001 regnes det på likevekt mellom tyngde og elektrisk kraft. I innledningsteksten sier vi at dette utnyttes i blekkskrivere. Ville oppgaven blitt bedre eller dårligere hvis denne innledningskommentaren ikke hadde vært der?

### Eksempel: Oppgave 1 våren 2001.

*Denne oppgaven dreier seg om krefter og felt.*

Den elektriske feltstyrken mellom to horisontale, ladde metallplater er  $E = 1,4 \cdot 10^6$  V/m. Avstanden mellom platene er  $d = 10$  mm.



- a) Beregn spenningen mellom metallplatene.

I en blekkskriver for utskrift fra PC-er blir de horisontale metallplatene brukt til å styre banen til ladde blekkdråper som kommer inn mellom dem, parallelt med platene.

- b) Hvor stor masse må en blekkdråpe med ladning  $q = -1,0 \cdot 10^{-13} \text{ C}$  ha for å kunne bevege seg parallelt med platene langs linja AB?

### Åpne oppgaver

Det er blitt noen mer åpne oppgaver, der det ikke er noen direkte fasit. Det er her i stor grad opp til elevene å velge hva de vil skrive om, eller gjøre bergninger på. Også her vil det alltid være en balansegang mellom det å la elevene få mulighet til å vise hva de kan og det å lage oppgaver som "automatisk" fører til bare "svada" fra elevene.

### Eksempel: Oppgave 5 vår 1999.

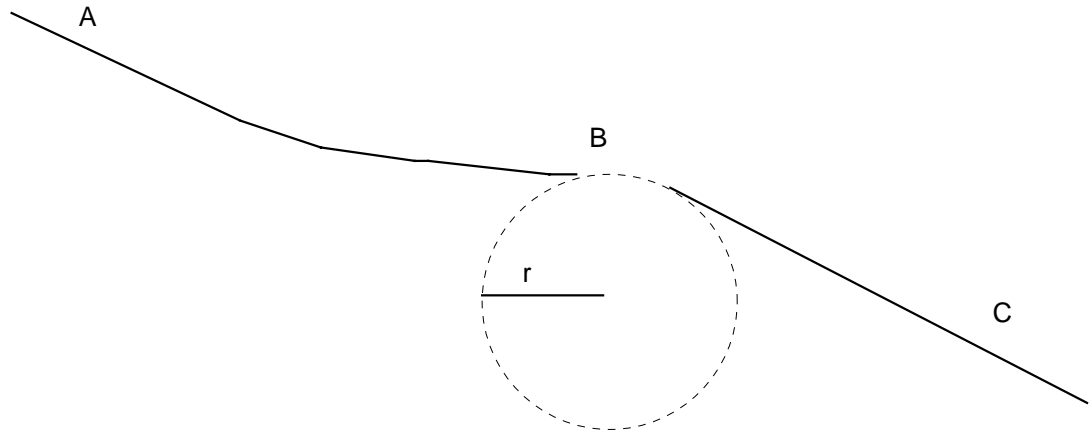
*Denne oppgaven handler blant annet om bevegelse på skråplan og i vertikal sirkel.*

Utførøypa i Kvitfjell som ble brukt under OL i 1994 er 3100 m lang og høydeforskjellen mellom start og mål er 840 m. Konkurransen 13. februar 1994 ble vunnet av Tommy Moe (USA) på tida 1.45.47, med Kjetil Andre Aamodt (NOR) på andreplass, 4/100 s etter.



Utførøypa er svingete, men har også rette partier. I noen av de rette partiene endrer farten til løperne seg, i andre er farten konstant.

Figuren nedenfor viser en skisse av en del av løypa (vertikalt snitt). Mellom A og C er det ingen svinger. Området rundt B er en del av en vertikal sirkel med radius  $r$ , der B er det øverste punktet i sirkelen.



I denne oppgaven skal du selv velge rimelige verdier på de størrelsene du trenger for å gjøre eventuelle beregninger. Du kan for eksempel bruke opplysningene i innledningen til dette.

a) Tegn figur som viser kreftene på løperen i A hvis

- 1) farten er konstant.
- 2) farten endrer seg.

b) Diskuter løperens bevegelse fra B til C.

*(Du kan for eksempel starte diskusjonen med å velge en rimelig verdi for løperens fart ved B, og finne ut hvilken betydning størrelsen av radien  $r$  har for hva som skjer med løperen der.)*

### **Eksempel: Oppgave 5 våren 2001.**

*Denne oppgaven dreier seg om krefter og bevegelse i en berg- og dalbane.*

Etter planen åpnes i mai i år Skandinavias største berg- og dalbane i treverk i fornøylesparken Tusenfryd utenfor Oslo. Bildet viser hvordan banen vil se ut. I vedlegget til oppgavesettet finner du et faktaark om banen.



I denne oppgaven må du selv velge rimelige verdier på de størrelsene du trenger, eller hente opplysninger fra faktaarket.

- Hvor stor må farten på toppen av "Høyeste fall" (se faktaarket) minst være for at en vogn skal oppnå toppfarten som er nevnt i faktaarket, i bunnen av dette fallet?
- Gjør greie for de kreftene som virker på en person i forskjellige deler av banen. (Du bør blant annet tegne figurer og gjøre beregninger.)

På faktaarket står det: "*Antall ganger vektløs (airtime): 12 ganger*".

- Vurder om dette kan være riktig. (Du kan for eksempel starte med å diskutere hva forfatteren av faktaarket kan ha ment med uttrykket *vektløs*, og finne ut i hvilke posisjoner i banen vi kan få "vektløshet".)

VEDLEGG

#### TUSENFRYD ASA: FAKTA-ARK BERG- OG DALBANE I TRE

Lengde (meter):	950 m
Høydeforskjell, høyeste og laveste sporpunkt:	39 m
Høyeste fall:	32 m
Bratteste fall (i forhold til horisontalen):	57° Holmenkollen er 42°. <i>Brattest i Europa</i>
Høyeste konstruksjonshøyde over terreng:	30 m
Toppfart:	93 km/time, rask bane
Kjøretid:	Totalt ca 2 min, topp heis-brems

	ca 1 min.
Antall ganger vektløs (airtime):	12 ganger
Antall bakketopper:	12 stk
Antall svinger:	7 stk
Radier i "horisontale svinger":	Varierer fra 7,6 m til 27,5 m
"Vertikale radier":	Varierer fra 12 m til 120 m
Antall kryssinger:	18 ganger på 9 steder
Gjestekapasitet (usikker, men minst):	<u>ca 1000 stk/time</u> for 2 tog med 4 vogner à 6 gjester, <u>700 stk/time</u> med 1 tog
Byggestart:	Feb./mars 2000
Åpningsdato:	1. mai 2001
Budsjett:	NOK 50 mill
Produsent/totalleverandør:	Vekoma Nederland med underentreprenør Martin & Vleminckx fra Canada
Materiale:	Trykkimpregneret furu fra Canada
Mengde treverk:	Tilsvarende tre til 100 eneboliger
Antall fundamenter:	1500 stk. betongfundamenter
Hvor stor er denne i forhold til andre "woodier":	Litt høyere enn Oakwood (Wales). Parc Astrix (Paris) og Port Aventura (Spania). Samme lengde som de to første, men kortere enn Parc Astrix.

## 5 Mye "tradisjonelt" er beholdt

Selv om noe er nytt i forhold til tidligere, er nok det meste uendret. Vi har fortsatt både oppgaver med beregninger, "fortellende" stoff, vurderinger, resonnementer og utledninger. Noen "fryktet" at utledninger ikke kom til å bli gitt til eksamen mer. Der tok de feil.

### Eksempel: Oppgave 1 vår 2000

*Denne oppgaven handler om pendelbevegelse.*

Et lodd med masse  $m$  som henger i ei snor med lengde  $l$ , kaller vi en *pendel*. Vi går ut fra at loddet har liten utstrekning og at snora har svært liten masse. Vi antar også at friksjonen og luftmotstanden er svært liten.

Vi trekker loddet med stram snor ut til siden, slik at vinkelen mellom snora og vertikallinja er  $\alpha_0$  (se figuren). Så slipper vi loddet slik at pendelen begynner å svinge i et vertikalt plan.

(Figur av pendel)

- a) Tegn kreftene som virker på loddet når snora er vertikal.
- a) Vis at snordraget er bestemt ved uttrykket

$$S = mg(3 - 2\cos\alpha_0)$$

når snora er i vertikal posisjon.

## 6 Hvordan oppgavene er blitt til

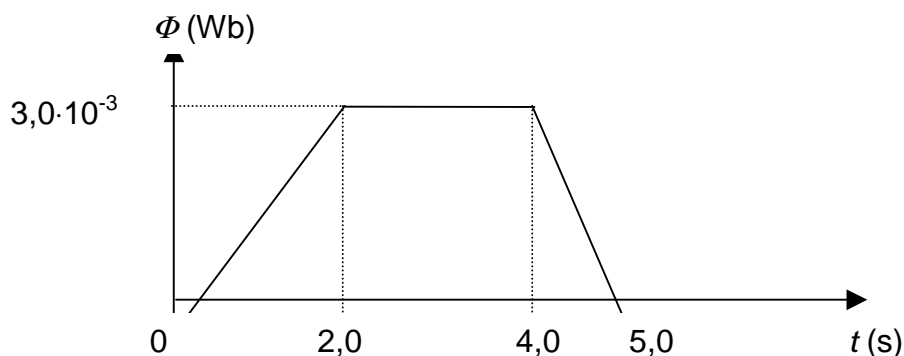
Før første ordinære sett ble laget (eksamen våren 1999) ble det laget to eksempelsett som ble sendt ut på høring. Reaksjonene på de settene ble vurdert nøye av oss, og tatt med i vurderinger om hvordan eksamenssettene skulle se ut.

I arbeidet med oppgavesettet får vi noen ganger inn oppgaveideer som vi lager en oppgave ut fra. Alle som vil er velkomne til å sende forslag til oppgaver inn til nemnda. Av de oppgaveforslagene som vi hittil har fått inn har vi ikke brukt noen i den form de har kommet inn – vi har bearbeidet dem. Noen av forslagsstillerne vil kanskje si at vi har ødelagt hele oppgaven, men vi har vurdert det slik at oppgaven i den form den var foreslått ikke var god nok på dette tidspunkt. Eksempelvis kan vi her nevne oppgave 3 våren 2001 som så slik ut:

*Denne oppgaven dreier seg om elektromagnetisk induksjon.*

- Tegn en figur som viser magnetfeltet rundt en rett, strømførende spole.
- Gi eksempler på hvordan vi kan indukere strøm i en ledningssløyfe.

En sirkelformet leder med resistans  $2,0 \Omega$  er i et magnetfelt. Flukstettheten står vinkelrett på sirkelplanet. Fluksen varierer slik figuren viser:



- Regn ut den induerte spenningen i den sirkelformede lederen i tidsrommet fra  $t = 0$  s til  $t = 2,0$  s.  
Tegn en graf som viser den induerte strømmen i tidsrommet fra  $t = 0$  s til  $t = 5,0$  s.

I rammen nedenfor er det et utdrag fra en brosjyre fra en produsent av kokeplater. Modellen vi ser på, baserer seg på bruk av elektromagnetisk induksjon.

Ved induksjon skapes varmen direkte i kokekarets bunn. I stedet for en varmekilde under keramikkplaten, sørger en induksjonsspole for en raskt pulserende virvelstrøm som varmer opp selve kokekarets bunn. Induksjon gir raskere varme enn gass, og reguleringen skjer like fintfølede. Induksjon krever at du bruker kokekar med magnetiserbar bunn, f. eks av støpejern, emalje eller jernholdig stål. Rustfrie kjeler og kokekar av glasskeramikk kan kun brukes hvis produsenten har angitt det spesielt. Du kan teste om dine egne kokekar er egnet for induksjon ved bruk av en magnet.



Utdrag fra brosjyre for kokeplater, 1999.

I denne oppgaven skal vi ikke se på hvordan oppvarmingen foregår, men ta for oss dette utdraget av teksten:

"... sørger en induksjonsspole for en ... virvelstrøm ...".

Induksjonsspolen det er snakk om, er plassert under keramikkplaten. *Virvelstrøm* er navnet på de strømmene som blir induisert av et ytre magnetfelt i et elektrisk ledende materiale, i dette tilfellet bunnen av kokekaret.

Vi lager denne modellen av det som skjer:

- Virvelstrømmen går i en sirkelformet bane med radius  $r$ .
- Flukstettheten til magnetfeltet fra induksjonsspolen er vinkelrett på baneplanet.
- Magnetfeltet er homogent innenfor den sirkelformede banen.
- Flukstettheten er bestemt ved uttrykket

$$B(t) = B_0 \sin(\omega t)$$

- d) Bestem et uttrykk for den induserte spenningen i den sirkelformede banen som funksjon av tida.
- e) Forklar hvordan strømretningen i den sirkelformede banen varierer med tida.

Det opprinnelige forslaget vi mottok var annerledes. Innledningsvis var det omtrent samme bilde og samme bildetekst som i endelig versjon. Men teksten var helt annerledes, og lød:

*Induksjon:*

*En forhandler av hvitevarer ønsker å fokusere på induksjonsplater. De ønsker en utstilling i butikken der mulige kjøpere kan lese om fenomenet induksjon og se/utøre enkle forsøk som viser teorien. Utstillingen har som mål at kundene skal kjenne prinsippene om hvordan platen virker. Kunden skal også få en forståelse av hvorfor kjelen må være magnetisk og hvorfor dette kan sjekkes med et kompass.*

*Forhandleren har brosjyremateriell for platene. I vedlegget finner du kopi av informasjonen om induksjonsplater fra en plate-topp produsent.*

*Du kan benytte plakater, lage en liten folder (maks 2 A 4 sider) vise demonstrasjoner på video og ha oppstilte demonstrasjoner som publikum kan prøve selv.*

*Oppgaven: Lag det skriftlige materialet til utstillingen. Beskriv de ikke-skriftlige delene av utstillingen slik at innholdet kommer klart fram.*

*I tillegg skal du lage en kort begrunnelse for valgene dine til forhandleren. ( evt hvorfor din utstilling bør velges).*

Med mere trening i den type oppgaver i undervisningen vil en slik oppgave kanskje være aktuell på et senere tidspunkt? Kanskje allerede nå?

Når vi har laget et forslag til oppgavesett ser vi etter om settet gir mulighet til å vise sin kompetanser på alle Blooms taksonomiske nivå – og om fordelingen mellom nivåene er rimelig. Når vi så er fornøyd med settet sendes det til konsulenter. Konsulentene, som i hovedsak er erfarne lærere i fysikk fra videregående skole, gjør en verdifull og god jobb. På bakgrunn av konsulentuttalelsene gjennomgår vi og endrer settet til et endelig sett. Noen ganger har konsulentene hatt så mye å innvende at vi har funnet det rett å sende dem det nye forslaget til en ny uttalelse.

## **7 Hvordan gikk eksamen våren 2000?**

Resultatene fra den første eksamen med ny læreplan våren 1999 viste at gjennomsnittskarakteren ble bedre enn tidligere, og sammenliknet med andre studieretningsfag ligger den nå relativt høyt. Dette var også tilfellet våren 2000, selv om snittet sank fra 3,7 til 3,6. Dette er en ønskelig utvikling, da undersøkelser har vist at de elevene som velger 3FY ofte er de som gjør det godt i andre fag. De bør derfor ikke "straffes" for å velge et krevende fag som 3FY.

For å sikre sensureringen har Eksamenssekretariatet (nå Læringssenteret) arrangert et møte for sensorene rett etter at eksamen har vært avholdt. På disse møtene har oppgavene blitt gjennomgått og ut fra erfaringen fra å ha sensurert noen av oppgavene, har man kommet fram til en felles forståelse av hvordan sensureringen skal gjennomføres. Det har ikke vært behov for å oppfordre til spesielle tiltak for å heve gjennomsnittet ut over de generelle henstillingene om å gjennomføre en positiv vurdering av hva elevene faktisk har svart.

På møtet våren 2000 ble sensorene bedt om å sende inn kopi av noen av sine vurderingsskjemaer slik at det skulle være mulig å se nærmere på hva som har falt vanskelig i oppgavene. Disse dataene har også gitt mulighet for å se nærmere på samsvaret mellom sensorenes poengsetting og karaktersetting.

I tillegg til å levere fra seg vurderingsskjemaene ble det også levert ut et skjema som tok sikte på å se hva elevene skrev om i oppgave 4, alternativ B (4B). Oppgave 4B var en åpen oppgave der elevene ble bedt om redegjøre for en eller flere fysikkteorier som har blitt utviklet på 1900-tallet, og hvilke betydninger en teori har hatt for den teknologiske utviklingen og for samfunnet. Oppgave 4A dreide seg om

avstandsbestemmelse i verdensrommet, og var av mer regneteknisk art med konkrete spørsmål som skulle besvares.

I alt kom det inn resultater fra 602 besvarelser fra 15 sensorer. Dette svarte til ca 20 % av elevene som var oppe til eksamen. Antall besvarelser fra hver sensor varierte fra 20 til 64, med 40 som gjennomsnitt. Den relativt store spredningen kan ha hatt noe betydning for resultatene av denne undersøkelsen, da enkelte sensorers poengfastsetting blir tillagt stor vekt, men det er ingen grunn til å tro at det endrer resultatene i vesentlig grad.

I det følgende skal vi se nærmere på resultatene på de forskjellige oppgavene, og gjøre en sammenlikning mellom de som har besvart oppgave 4A og 4B.

## 7.1 Vanskegradprofil

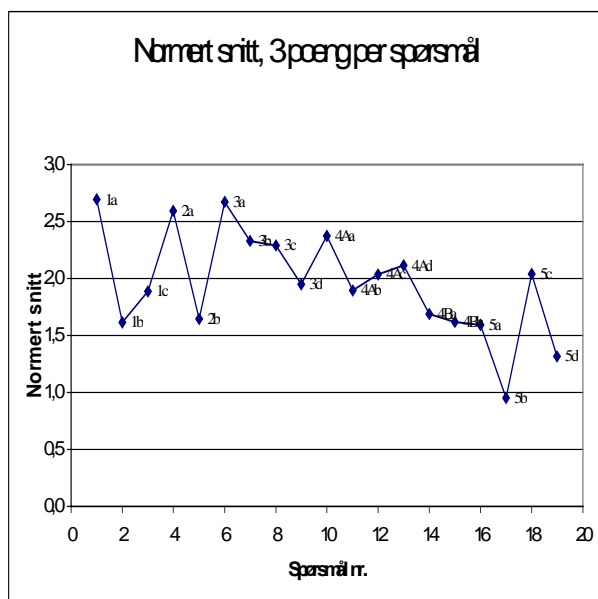
Av de 602 besvarelsene som utgjør datagrunnlaget, er fordelingen av de som har besvart de forskjellige spørsmålene slik:

Opg	1a	1b	1c	2a	2b	3a	3b	3c	3d	4Aa	4Ab	4Ac	4Ad	4Ba	4Bb	5a	5b	5c	5d
Ant	580	501	534	587	564	535	562	539	459	299	264	275	253	278	268	578	386	573	480
%	96	83	89	98	94	89	93	90	76	50	44	46	42	46	45	96	64	95	80

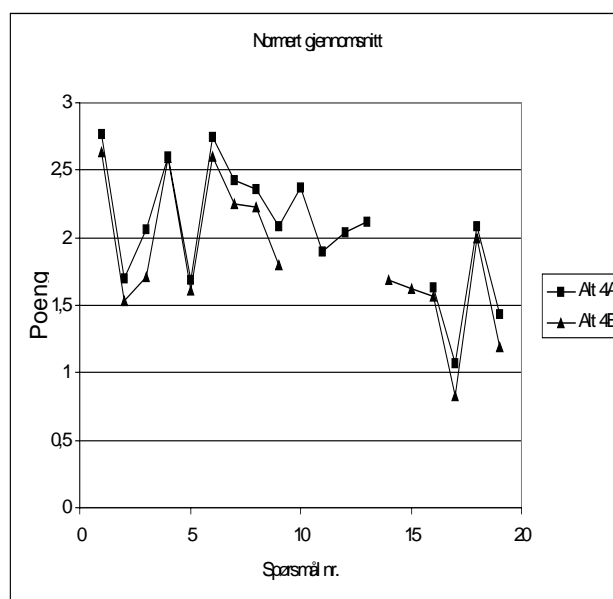
Tabell 1. Svarfrekvens (absolutte tall og prosent) på de forskjellige oppgavene

Tallene for oppgave 4A og 4B er ikke direkte sammenliknbare med de andre, siden ingen skriver begge oppgavene. Det er 51% av elevene som har besvart oppgave 4A, 47% som har skrevet oppgave 4B mens 2% har latt oppgaven være ubesvart. Vi ser at det er spørsmål 3d og 5b som skiller seg ut med lav svarprosent.

Forslaget til poengskala som ble foreslått på sensorsamlingen ga en samlet poengsum på 60, med 15 poeng på oppgave 1 og 2, og 15 poeng på hver av de tre andre oppgavene. I grafene nedenfor har skalaen blitt normert, slik at hvert



Figur 1. Gjennomsnittlig poengsum per spørsmål for alle elevene. Normert til 3 poeng/spørsmål



Figur 2. Gjennomsnittlig poengsum per spørsmål fordelt på de som har besvart spørsmål 4A og 4B. Normert til 3 poeng/spørsmål

delspørsmål gir tre poeng.

Figur 1 viser gjennomsnittlig poeng gitt på hvert delspørsmål for alle elevene. Figur 2 viser det samme, men her er det skilt mellom de som har besvart oppgave 4A og de som har besvart 4B.

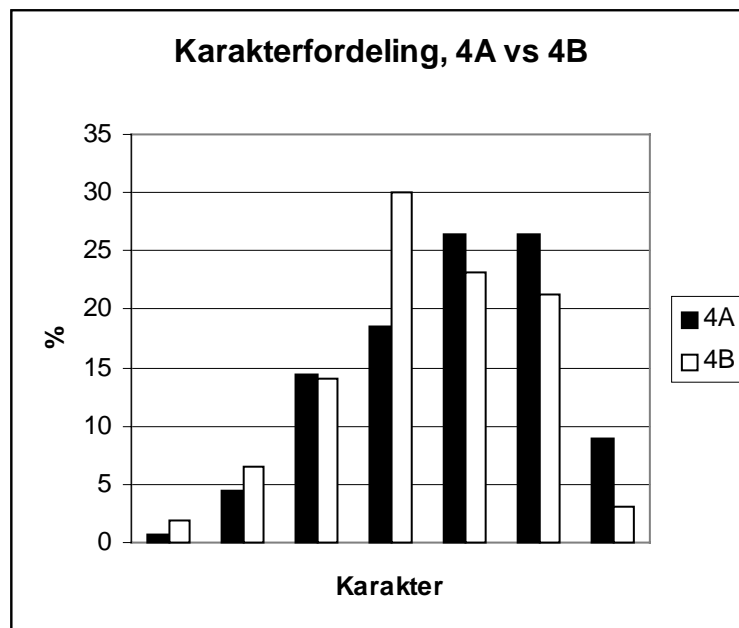
Noen av særtrekkene ved grafene kan oppsummeres slik:

1. Den overordnede trenden er at poeng per delspørsmål avtar etter hvert som vi kommer utover i settet. Dette er trolig i tråd med hva de fleste venter seg, nemlig en økende vanskegrad etter hvert.
2. Kurven viser klare sprang som danner avvik fra trenden i punkt 1. Vi ser at oppgavene 1b, 2b, 5b og 5d skiller seg ut ved å gi lav poengsum. Dette er oppgaver som stiller krav til å formulere seg og gi gode sammenhengende forklaringer, eller til å gjennomføre formelmanipulering (spørsmål 5b). Oppgavenemnda har i kommentarer publisert på fysikklærerforeningens hjemmeside påpekt at det virker som om elevene mangler kompetanse i å gjennomføre resonnementer og å skrive gode drøftinger. Grafene forsterker dette inntrykket, men vi kan heller ikke utelukke forklaringen at sensorene har vanskeligere for å gi full uttelling på beskrivende spørsmål.
3. Elevene som har besvart oppgave 4B har fått lavere poengsum enn de som har besvart 4A, og de som har valgt oppgave 4B skårer gjennomgående dårligere på alle spørsmålene. (Det samme ble registrert i en mindre undersøkelse etter

eksamen våren 1999, selv om forskjellen den gang ikke var så klar.) Gjennomsnittlig poengsum på oppgave 4A er 9,2 (av maksimalt 15) mot 8,1 på oppgave 4B. Datamaterialet gir ikke grunnlag for å forklare denne forskjellen, men noen momenter til videre drøftinger kan være:

- Elever er generelt mindre flinke til å besvare beskrivende oppgaver
- De svakeste elevene foretrekker beskrivende oppgaver framfor regneoppgaver
- Sensorer er strengere i sin bedømming av beskrivende oppgaver enn av regneoppgaver
- Temaet for oppgave 4B er knyttet til de mer generelle delene av læreplanen, og er dårligere bearbeidet i undervisningen. (Sensorene ble spurt om de mente at elevene klarte å vurdere fysikkens betydning for den teknologiske utviklingen. Av 10 sensorer var det 5 som svarte ja til dette. På spørsmålet om sensorene mente elevene klarte å vurdere fysikkens betydning for samfunnet, var det bare 2 som svarte ja.). At dette kan være tilfellet styrkes ved at forskjellen mellom "4A-elevne" og "4B-elevne" er mindre i oppgave 1, 2, 3 og 5 enn i oppgave 4.

Gjennomsnittskarakter for de besvarelsene som inngår i undersøkelsen er 3,6. For de elevene som har besvart oppgave 4A er gjennomsnittet 3,8, og for de som har besvart 4B er det 3,4. Karakterfordelingen er vist i figur 3. Vi merker oss at alle karakterene fra 0 til 6 er brukt for begge gruppene.



Figur 3: Karakterfordeling til elever som har valgt oppgave 4A og oppgave 4B.

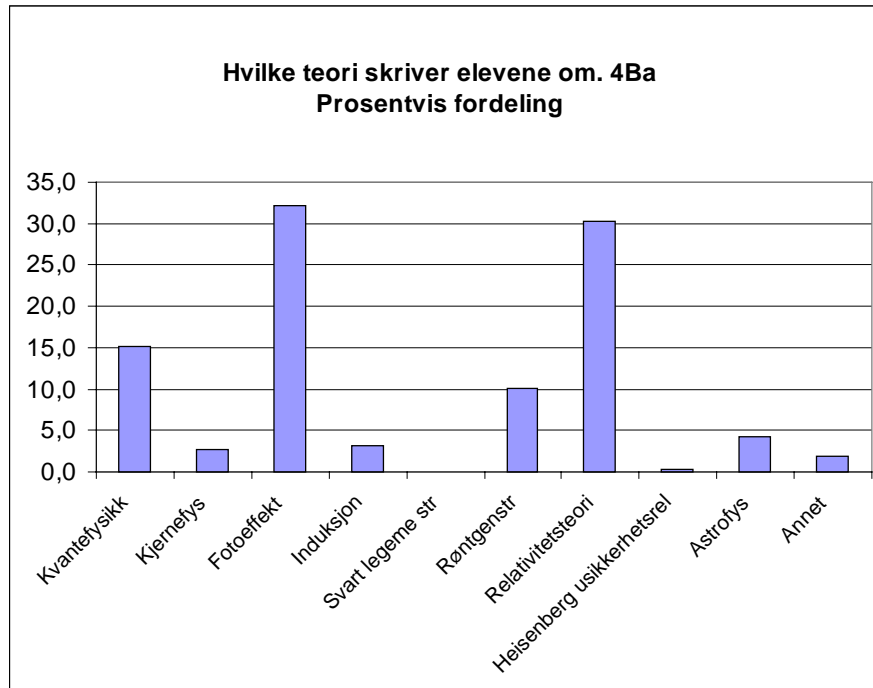
## 7.2 Hva skriver elevene om i oppgave 4B?

Sensorene ble bedt om å registrere hva elevene skrev om i oppgave 4B. Det var utarbeidet ulike kategorier, og registreringen ble gjennomført ved avkrysning. 10 sensorer har levert dette skjemaet. Flere av dem har påpekt at elever har skrevet om flere temaer, slik at tabellen viser antall "forekomster", og samsvarer ikke med antall elever som har skrevet om temaet.

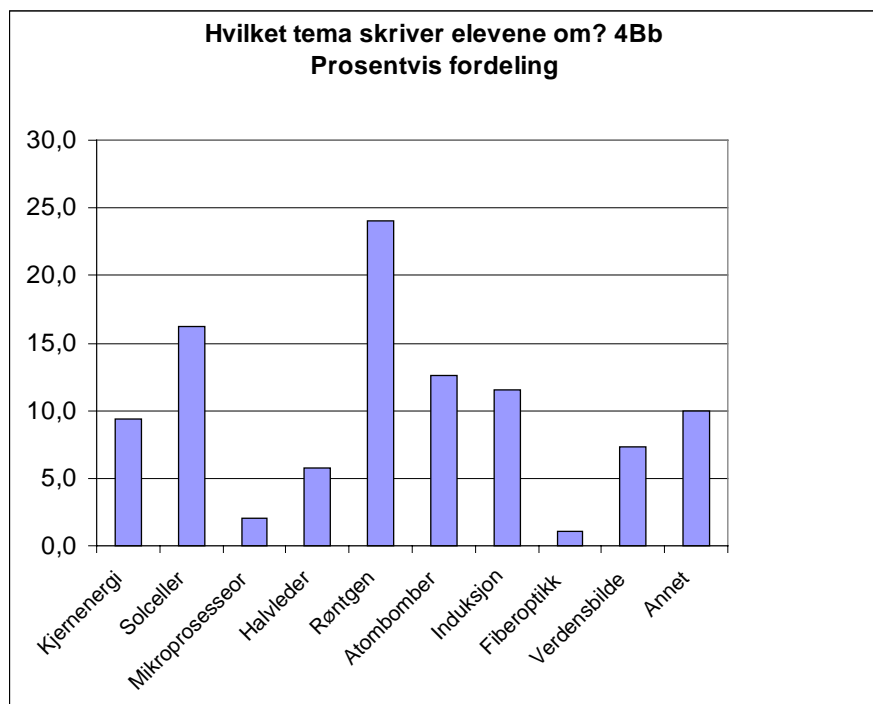
Fordelingene er vist i tabell 2 og figur 4 og 5 nedenfor.

4Ba	Kvante- fysikk	Kjerne- fys	Foto- effekt	Induk- sjon	Svart legeme- str	Rønt- genstr	Relativit- etsteori	Heisen- berg usikker hetsrel	Astrofys	Annet
Antall	39	7	83	8	0	26	78	1	11	5
%	15,1	2,7	32,2	3,1	0,0	10,1	30,2	0,4	4,3	1,9
4BB	Kjerne- energi	Sol- celler	Mikro- proses- seor	Halv- leder	Rønt- gen	Atom- bomber	Induk- sjon	Fiber- optikk	Verden- sbilde	Annet
Antall	18	31	4	11	46	24	22	2	14	19
%	9,4	16,2	2,1	5,8	24,1	12,6	11,5	1,0	7,3	9,9

Tabell 2. Antall ganger de forskjellige temaene er nevnt, absolutt og prosentvis.



Figur 4. Hvilke teorier fra 1900-taller elevene skriver om.



Figur 5. Hvilke teori elevene skriver om når de skal vurdere fysikkens betydning for utviklingen av teknologi og samfunn

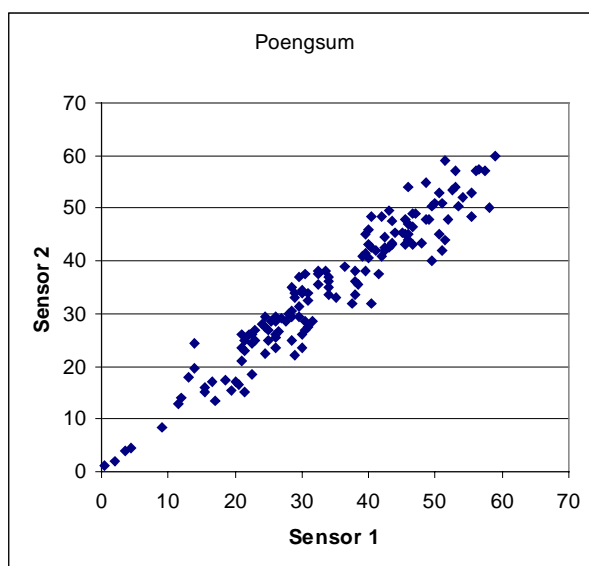
Ikke uventet skriver de fleste om kvantefysikk, fotoelektrisk effekt, røntgenstråling og relativitetsteori når de skal skrive om teorier fra 1900-tallet i spørsmål 4Ba. Dette hører jo tross alt med blant hovedmomentene i læreplanen. Noen har skrevet om

induksjon, selv om denne teorien stammer fra 1800-tallet (de har ikke blitt trukket for dette!). Valg av temaer harmonerer godt med læreplanens innhold.

I spørsmål 4Bb er det røntgenstråling som oftest trekkes fram som eksempler på fysikkens betydning for teknologi og samfunn. I denne sammenhengen er det de medisinske anvendelsene som dominerer, selv om noen også skriver om bruk i materialprøving. Det kan vurderes som nokså nedslående at så få skriver om bruk av mikroprosessorer og halvlederteknologi når vi tross alt befinner oss i informasjonsalderen. Dette er kanskje den anvendelsen av fysikk som har hatt størst innflytelse på både teknologi og samfunnsliv. En kan undre seg om dette overhodet har blitt diskutert i undervisningen, og om den temmelig direkte historiske linjen fra Plancks kvant til hjemme-pc'en er ukjent for elevene.

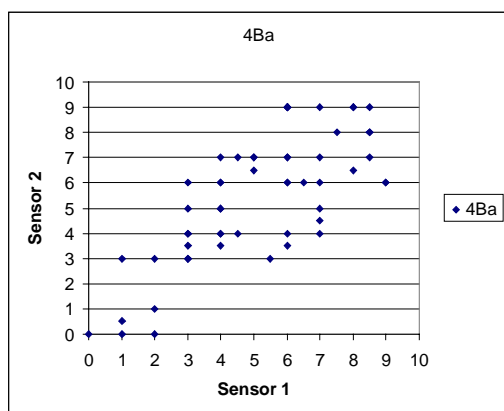
### 7.3 Samsvar mellom sensorenes vurderinger

Datamaterialet har gjort det mulig å undersøke samsvaret mellom poeng- og karaktersetting sensorene for 9 sensorer. Disse har vært fordelt på 5 sensorpar. Det maksimale avviket mellom sensorene er 10,5 poeng for hele settet. Det gjennomsnittlige avviket er 2,9 poeng. Ingen sensorpar har større avvik enn en karakter i sine primære karakterforslag.

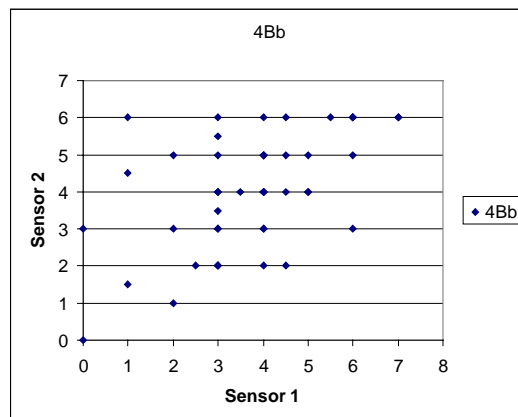


Figur 6: Spredningsdiagram som viser samsvaret mellom sensor 1 og sensor 2 sine poengsummer for hele settet

Når det gjelder vurderingen av de mer tekstbaserte svarene i oppgave 4B, kan samsvaret mellom illustreres slik:



Figur 7. Spredningsdiagram som viser samsvaret mellom sensor 1 og sensor 2 sine poeng på oppgave 4Ba (maksimalt 9 poeng)



Figur 8. Spredningsdiagram som viser samsvaret mellom sensor 1 og sensor 2 sine poeng på oppgave 4Bb (maksimalt 6 poeng)

Figurene viser at det er godt samsvar mellom poengene som er gitt for hele settet, mens samsvaret er noe dårligere for de to beskrivende spørsmålene 4Ba og 4Bb. Dette er ikke spesielt overraskende.

Det er verdt å understreke at det til tross for et nokså stort innslag av beskrivende oppgaver er meget godt samsvar mellom forslag til karakterer.

## 7.4 Oppsummering

Oppgavene som er utarbeidet etter den nye læreplanen i fysikk 3FY har introdusert muligheten for å velge mellom to oppgaver. Våren 2000 var en av oppgavene en beskrivende oppgave, mens den andre var mer regnepreget innenfor et nokså nytt område. Det er omtrent like mange som velger hver av de to oppgavetyper.

Gjennomsnittspoengene for de elevene som har valgt oppgave 4B er lavere per spørsmål og per oppgave enn for dem som har valgt 4A. Forskjellen er størst for den mest typiske regneoppgaven (oppgave 3).

Det er en tendens til at beskrivende oppgaver får lavere gjennomsnittspoeng enn regneoppgaver. Oppgaver med formelmainpulering faller også vanskelig ut.

Det er lite avvik mellom sensorenes karakterforslag. Avvikene i samlet poengsum er også relativt lite, mens avviket på den beskrivende oppgaven i 4B er noe større. Det er grunn til å konkludere med at samsvaret mellom sensorenes vurdering av besvarelser er godt.

## 8 Veien videre

Fysikk 3FY er et allmenndannende fag. Faget skal, på linje med alle de andre skolefagene, gjøre ungdommene i stand til å fungere i det moderne samfunnet. Ved å lese 3FY skal de bli bedre rustet til å delta i demokratiske prosesser i samfunnet og de skal bli i stand til å treffe kvalifiserte valg på egne og andres vegne. De skal kunne forstå samspillet mellom naturvitenskap, teknologi og samfunn på en bedre måte enn om de ikke hadde lest faget. Målene med faget er altså mange.

I dette perspektivet blir det viktig å være bevisst på at 3FY *ikke* er et rent studieforbereende fag for de som skal arbeide videre med naturvitenskap og teknologi, selv om det også skal gi god ballast for de som søker til slike studier. Det betyr at faget må favne videre i sitt innhold, sin arbeidsmetodikk og sine eksamensoppgaver enn det en tradisjonelt vil finne ved universiteter og vitenskapelige høyskoler, der skolefaget fysikk har sitt arnested.

Læreplanen i faget har ivaretatt dette vide synet, selv om vi finner igjen en tradisjonell, akademisk fagstruktur. Siden eksamensoppgavene skal teste grad av elevenes måloppnåelse, betyr det at også oppgavenemnda må forsøke å utvikle oppgaver som tester den brede fysikkfaglige kompetansen en ønsker at eleven skal ha.

Som vi har sagt, mener oppgavenemnda at vi er inne i en endringsprosess. Denne prosessen må ta tid for at skolesystemet skal kunne tilpasse seg endringene på en forsvarlig måte. Målet med endringen er å konstruere oppgaver som på en best mulig måte gir elevene mulighet til å vise i hvilken grad de har nådd målene slik de er definert i læreplanen. La oss i stikkordsform peke på noen mulige veier å gå.

### 8.1 Vi beholder strukturen!

En mulighet vi har er å beholde den strukturen vi har på oppgavesettet nå. Innenfor denne rammen er det mulig å videreutvikle de oppgavetyperne vi har brukt. Vi kan for eksempel konstruere situasjoner fra dagliglivet der vi "legger på" problemstillinger fra fysikken. Problemstillingene kan ha ulik grad av åpenhet. Vi kan også lage oppgaver som tematisk henger sammen: oppgavesettet har en "rød tråd". Det vil si at elevene får arbeide med et "stort" problem, men får dette delt opp i mindre deler som kan løses mer eller mindre uavhengig av hverandre.

Det er også tenkelig å øke valgfriheten. Antall valgoppgaver kan gjøres større, noe som øker elevenes sjans til å kunne arbeide med noe de kan. Oppgaveformatet for valgoppgavene kan bli mer variert, fra essaypregede vurderingsoppgaver, via regneoppgaver med ulikt krav til matematisk kompetanse, til flervalgsoppgaver der elevene kan krysse av for riktig svar. Oppgavene kan kanskje kategoriseres etter vanskegrad, slik at elevene kan velge et nivå på besvarelsen som passer for dem.

Fordelen med å beholde en struktur på oppgavesettets oppbygning, er at det skaper trygghet hos elever og lærere for hva som måtte komme. Men samtidig er det en fare

for at oppgavene vil bli stereotype og at de premierer dem som er flinke til å løse eksamensoppgaver uten at de kreative og skapende elevene får utfolde seg.

## **8.2 Vi lager forberedelsesdel til eksamen!**

Flere eksamener har nå en forberedelsesdel. Denne kan være inntil 48 timer, men for de sentrale eksamenene i studieretningsfagene er det av praktiske hensyn satt en begrensning slik at total eksamenstid ikke overstiger 5 timer. Hittil har vi ikke tatt i bruk denne muligheten, vesentlig fordi vi ikke har lyktes med å konstruere oppgaver der det er meningsfylt med forberedelsestid. Vi har ikke ønsket å innføre en slik nyordning bare for nyordningens egen skyld!

Men er vi i det kreative hjørnet, er det ikke umulig å tenke seg at forberedelsestiden kan gå med til å gjennomføre et forsøk, systematisere data, eller sette seg inn i noe nytt stoff. Arbeidet elevene gjennomfører vil danne grunnlag for det de skal svare på i oppgavene.

Men regelen om at forberedelsesdelen skal være på eksamensdagen er ingen naturlov, og derfor kan den endres. Hvorfor ikke la forberedelsesdelen gå over en måned eller to, eller kanskje hele vårsemesteret? Da er de praktiske problemene med gjennomføringen av eksamen eliminert, så den siden av saken er ikke noen hindring. Kanskje kunne forskere engasjeres til å skrive populærartikler på 3FY-nivå fra de områdene læreplanen dekker, slik at elevene kunne arbeide med dette i avslutningen av skoleåret? Artiklene kunne danne grunnlag for eksamensoppgavene. På denne måten kunne skolefysikken bringes nærmere forskningsfrontene, slik at oppgavene ble mer dagsaktuelle i forhold til det siste innen forskningen. Blir ikke dette en utvidelse av et allerede omfattede "pensum"? Jo, men bare hvis det kommer i tillegg til lærebokstoffet. Hvorfor ikke varsle i god tid om at "i år kommer det et temahefte om induksjon", sånn at dette blir pensumlitteraturen, og slik at lærerne kan legge opp undervisningen etter dette?

## **8.3 Vi lager bare en oppgave!**

Spør en fysikklærer: Du får 5 timer på deg til å overbevise kollegaene dine om at du kan fysikk på 3FY-nivå. Vær så god, skriv!

Vi er sikre på at alle lærerne ville klart oppgaven, og vi er sikre på at vi ikke ville få to besvarelser som var like. Noen ville kanskje ha tatt for seg ett tema, og utdypet dette, mens andre ville gått i bredden. Noen ville sikkert ha levert en essaypreget besvarelse, andre ville ha lagt vekt på fagets bruk av matematikk. Vi er også sikre på at det ville blitt mye spennende lesning.

Hva med å gi oppgavene til elevene? "Overbevis sensor om at du kan fysikk! Vær så god, skriv!" Vi er sikre på at det hadde blitt mye spennende lesning, og vi er sikre på at vi hadde vært i stand til å skille de beste elevene fra de dårligste. Kan dette være framtidens oppgaveformat?

Men kan ikke en slik oppgave bare bli gitt en gang? Vi er ikke sikre. Hvor mange ganger har ikke oppgaven "En kloss ligger på et skråplan. Regn ut hvor langt den glir på 2 sekunder" blitt gitt? Vi kjenner ikke tallet, men svarer vi "mange ganger" er vi ikke langt unna sannheten. Ingen blir fortørnet av repriser av skråplanoppgaver, så hvorfor skulle vi bli det av "vis-hva-du-kan oppgaver"? For å sikre litt bredde, kunne vi jo ha spedd på med en porsjon flervalgsoppgaver.

o o O o o

Som dette tankespinnnet viser, har vi mange mulige veier å gå. Vi har nok av spennende muligheter for å finne ut hva elevene kan. Men endringene må gjøres gradvis, og på en slik måte at elevene ikke blir skadelidende. Helst bør det gjøres slik at lærerne føler seg som deltagere i prosessen, og at de er *med* i den. I dag har vi ikke svaret på hvordan oppgavene vil se ut om 5 – 10 år, men vi har et ønske om at de har gjennomgått en positiv utvikling i forhold til det de er i dag.