

# Variation af forsøg til eksamen i fysik A

KASPER ASTRUP ERIKSEN, Birkerød Gymnasium

Et af de faglige mål for fysik A er, at eleverne skal kunne tilrettelægge fysiske eksperimenter til undersøgelse af en åben problemstilling. For at det er muligt at teste dette faglige mål til eksamen, er det nødvendigt, at nogle af de øvelser, som eleverne kan komme op i til eksamen, er forsøg med ikke kendte elementer. Man kan altså ikke bare lade alle eksamensøvelserne være identiske med øvelser, som eleverne tidligere har lavet. Der skal være variationer iblandt, og det var også, hvad fagkonsulenten understregede på et kursus i dynamiske stjerner i foråret 2010.

Min erfaring fra diskussion med kollegaer er, at der hersker lidt usikkerhed om, hvordan man præcis skal gribe dette krav an. Med denne artikel vil jeg derfor gerne lægge op til en diskussion af, hvordan man kan gribe forsøgsvariation an.

For at stille mine elever nogenlunde ens valgte jeg her i år, at næsten alle mine øvelser skulle være variationer, og det var også tilfældet, da jeg var ude som censor i fysik A sidste år. Nedenfor vil jeg som inspiration omtale, hvordan jeg har varieret en række øvelser til eksamen. Jeg vil dog starte med at omtale et forsøg, fra da jeg var ude som censor sidste sommer. Til sidst er der nogle generelle kommentarer om, hvilke spor kravet om forsøgsvariation har afsat i min undervisning.

## Kapacitansen af en drejekapacitor som funktion af vinklen.

I løbet af undervisningen havde eleverne målt kapacitansen af en pladekapacitor ved at måle sammenhængen imellem ladning og spænding. Til eksamen fik de udleveret en drejekapacitor, som var pillet ud af en gammel radio, og de fik til opgave at måle kapacitansen af drejekapacitoren som funktion af vinklen med det samme udstyr, som de havde brugt til at måle på pladekapacitoren. Denne øvelse fungerede fint og illustrerede på fornem vis i hvilket omfang, eleverne havde styr på variabelkontrol imellem de tre variable ladning, spænding og vinkel. At der så oven i købet var indbygget en lille ekstra opgave, idet

eleverne selv skulle finde ud af, hvordan de målte vinklen, gjorde kun spørgsmålet ekstra godt.

Netop det, at der skulle være mindst 3 variable i spil i forsøgene, er noget jeg har tilstræbt for de fleste af mine eksamensforsøg, for det giver god lejlighed til i praksis at evaluere, i hvilket omfang eleverne behersker variabelkontrol, og det lægger også op til, om eleverne kan lave en avanceret databehandling.

## Gammakilderne fra Risø

I løbet af undervisningen havde mine elever lavet følgende journalforsøg

- enten målt på henfaldet fra det udmalkede Ba-137 i en standard malkeko, eller hvordan aktiviteten af selve malkekoen vokser op igen efter udmalkning.
- Målt afstandsafhængigheden af tælleallet fra en Risø Cs-137 gammakilde og efterfølgende selv sat en model op for afstandsafhængigheden.

Til eksamen fik eleverne så til opgave at tilrettelægge og udføre eksperimenter, der afprøver den teoretiske formel for tælleallet

$$A = \frac{A_0 \cdot e^{-k \cdot t_{\text{kilde}}}}{(l + L_{\text{kilde}} + L_{\text{rør}})^2}$$

De fik udleveret 3 Risø Cs-137 gammakilder fra henholdsvis 1964, 1992 og 1999, som alle oprindeligt havde en aktivitet på 37 kBq. I formlen er  $t_{\text{kilde}}$  alderen af kilden,  $k$  er henfaldskonstanten for Cs-137,  $l$  er afstanden fra kilde til GM-rør,  $L_{\text{kilde}}$  er, hvor langt inde i Risø-kilden det radioaktive materiale er placeret og  $L_{\text{rør}}$  er et cirka mål for, hvor langt inde i GM-røret fotonen i gennemsnit bliver registreret.

Bemærk, at der igen er 3 variable i spil, tælleallet  $A$ , kildens alder,  $t_{\text{kilde}}$ , og afstanden fra kilden  $l$ . Og da kilden skal skiftes ud undervejs, er det relevant at se, om eleverne husker at holde afstanden konstant. Det er også helt bevidst, at fittekonstanten er skrevet i nævneren som  $L_{\text{kilde}} + L_{\text{rør}}$ . Kunne eleverne overskue, at de kun skulle bestemme summen og ikke hver konstant for sig? Kontrollerede de af egen drift, om deres værdi for  $L_{\text{kilde}} + L_{\text{rør}}$  virker rimelig, og slog de op i databogen og sammenlignende deres værdi for henfaldskonstanten med tabelværdien?

Hvis eleverne var blevet færdige før tid, havde de enten fået en fjerde kilde eller en malkeko, som de så kunne bestemme alderen af. Malkekoen er her sværest, da afstanden  $L_{\text{kilde}}$  jo er anderledes, og hvordan håndterer de så det?

### Helmholtz-resonator

Eleverne havde i undervisningen tidligere lavet forsøget

- Undersøg teoriformlen  $f_1 = 1,028 \cdot \frac{h}{L^2} \cdot v_{\text{lyd}}$  for en kasseformet xylofonstav, hvor  $f_1$  er frekvensen af grundtonen,  $h$  er højden af staven,  $L$  er længden af staven, og  $v$  er lydens fart i staven. Eleverne havde en kasse med xylofonstave med forskellig højde, bredde og længde til rådighed, samt lydoptageudstyr.

Egentlig er dette også et udmærket eksamensforsøg, men da eleverne havde lavet det før, valgte jeg at genbruge et forsøg fra, da jeg var ude som censor. Tilrettelæg og udfør et eksperiment, der afprøver formen

$$f_1 = \frac{v_{\text{lyd}}}{2\pi} \sqrt{\frac{A}{4L}} \cdot \frac{1}{\sqrt{V}}$$

for grundtonen af en flaske (Helmholtz-resonator). Her er  $A$  tværsnitsarealet af flaskens hals,  $L$  er længden af flaskens hals, og  $V$  er rumfanget af tomrummet i flasken eksklusiv hals. Udstyret var her et udvalg af flasker, vand, og lydoptageudstyr. Rent databehandlingsteknisk er der her det problem, at nulpunktet for volumen  $V$  ikke umiddelbart er nemt at bestemme, så hvis man ønsker en ret linie, er det bedst at afbilde det målte volumen som funktion af  $\frac{1}{f_1^2}$ . Denne omskrivning kunne eleverne godt selv finde ud af, efter at de var blevet bedt om at overveje problemstillingen med, at nulpunktet var ret unøjagtigt bestemt.

### Daniell-element

Her skulle eleverne måle karakteristikkene af et Daniell-element for forskellige væskehøjder af  $\text{CuSO}_4$ . I undervisningen havde de tidligere målt karakteristikkene af almindelige batterier koblet enten i serie eller parallelt. Jeg havde ikke selv gennemført forsøget for forskellige væskehøjder, så jeg gav dem en (utestet) hypotese, de skulle teste

$$\frac{1}{R_i} = a h + \frac{1}{R_{i,0}}$$

hvor  $h$  er væskehøjden af  $\text{CuSO}_4$  i kobberbehol-

deren fraregnet tykkelsen af lerskålens bund, og  $R_{i,0}$  er den indre resistans associeret med bunden.

At hypotesen er utestet skyldtes i første omgang, at jeg ikke havde ressourcer til selv at afprøve alle mine forsøgsvariationer i detaljer. Efterfølgende ser jeg heller ikke noget problem i, at eleverne ikke ved, om en hypotese er rigtig eller ej. Det kan give anledning til en mere åben diskussion. Og selv, hvis hypotesen er forkert, er det jo også en fin eksperimentel konklusion. Så hvis der bare er et velkendt element i eksamensopgaven, som man ved fungerer, ser jeg ikke nogen grund til, at vi som lærere på forhånd skal have testet alle variationerne 100% af.

### Luftmodstand på faldende balloner

I undervisningen havde eleverne lavet standardforsøget med at bestemme terminalfarten af en faldende kegle eller kageform som funktion af dens masse og derudfra bestemme formfaktoren. De havde ikke varieret på tværsnitsarealet af keglen; kun dens masse. Til eksamen fik de så til opgave at måle på faldende balloner. Man kan købe nogen meget store balloner med en diameter på cirka 1 m i BR. Den ekstra variabel i forhold til undervisningen var her, at det var muligt at variere tværsnitsarealet udover massen. Hvis man har helium til rådighed, er det et sjovt ekstra element at fylde det på ballonerne. Igen et forsøg inspireret af mit censorat. Mine elever startede med den helt store udledning af, at summen af opdriften og tyngdekraften på ballonen er den samme, når man vejer ballonen, og når den falder. Fremover vil jeg derfor eksplicit i opgaven skrive at summen af opdriften og tyngdekraften kan bestemmes ud fra vægten. Mine elever kom fint igennem, men man kan godt forestille sig, at nogle andre elever kunne rode sig ud i problemer her, og det kunne måske afspore øvelsen. Hvis øvelsen så går fint, kan man naturligvis senere spørge til dette bagvedliggende teorielement.

### Halveringstykkelser af saftvand

I løbet af året havde eleverne målt halveringstykkelser af laserlys i saftvand i stedet for at måle halveringstykkelser af radioaktiv stråling. Til eksamen kunne de så undersøge, om halveringstykkelser af saftvand,  $l_{1/2} = \frac{k}{[\text{saftvand}]}$ , hvor  $k$

er en konstant, og koncentrationen af saftevandet, [saftevand], er en ny variabel. Igen en utestet hypotese.

I saftevandsøvelsen måler man den transmitterede lysintensitet som funktion af væskehøjden. Øvelsen kræver, at eleverne er omhyggelige med, at strålegangen er vinkelret på væskeoverfladen og rammer midt i lysmåleren. Det er også en god ide at vælge en anden laserfarve end saftevandets farve.

### Diffraction i et skråtstillet gitter

Eleverne havde tidligere målt på diffractionen i et gitter, der står vinkelret på strålegangen og både bestemt bølgelængden  $\lambda$  og gitterkonstanten  $d$ . Til eksamen fik de så til opgave at undersøge den generaliserede gitterformel

$$\sin(\theta_n - \varphi) = \frac{\lambda}{d} n - \sin(\varphi).$$

hvor den “nye” variabel er vinklen  $\varphi$ , gitteret er drejet med i forhold til vinkelret på strålen. Vinklen  $\varphi$  kan f.eks. bestemmes ud fra den reflekterede stråle. Databehandlingsteknisk kan man i LoggerPro f.eks. fitte ordenen  $n$  som funktion af afbøjningsvinklen  $\theta_n$  og så behandle  $\varphi$  og forholdet  $\frac{d}{\lambda}$  som en fitteparametre. Dette forsøg blev ikke udtrykt.

### Vogn på luftpudebane trukket af et lod

Vognen startes fra hvile. Undersøg formlen

$$v^2 = \frac{2 g m_L s}{m_L + m_V},$$

hvor  $v$  er farten af vognen,  $s$  er den strækning, vognen har bevæget sig,  $g$  er tyngdeaccelerationen,  $m_L$  er massen af loddet, og  $m_V$  er massen af vognen. Sammenhængen imellem  $s$  og  $v$  måles med en smart-pulley. Rent databehandlingsmæssigt er det her noget af det mest avancerede mine elever har set. For hældningen af  $(s, v^2)$ -grafen

$$\frac{2 g m_L}{m_L + m_V},$$

er her ikke i sig selv umiddelbart en fysisk størrelse som f.eks. en resistans, varmekapacitet eller deslignende. Endvidere forventer jeg, de rigtig gode elever herefter vælger at holde den samlede masse konstant ved at flytte lodder, så hældningen afhænger lineært af den eksterne para-

meter, nemlig massen af loddet. Under eksamen må man forvente at skulle tale med eleverne om, hvordan man griber databehandlingen og forsøgsplanlægningen an og måske stille nogle lidt ledende spørgsmål.

### Afsluttende generelle overvejelser

Min erfaring både som censor og eksaminator er, at eleverne generelt godt kan håndtere at lave nye forsøg. At forsøgene er variationer af gamle forsøg gør, at eleverne ikke i særlig stort omfang støtter sig til gamle rapporter og journaler. De finder simpelthen på undervejs og løser den givne opgave. Som det fremgår af eksemplerne ovenfor, er jeg en stor tilhænger af, at man til eksamen indfører nye variable i gammelkendte forsøg. Det giver udfordringer til de dygtige elever, og at de lidt svagere elever har noget velkendt at gå ud fra. Når jeg til eksamen forventer, at eleverne kan udføre og planlægge forsøg med to uafhængige variable (og en afhængig) er det også, fordi vi har gjort det i vores daglige arbejde med øvelserne. Faktisk er det sådan, at mange af mine elever nu typisk bruger to computere per gruppe: en til den elektroniske dataopsamling og en til den efterfølgende databehandling. F.eks. bestemte de i øvelsen med faldende kageforme/kegler/balloner terminalfarten  $v$  ud fra  $(t, s)$ -graferne fra afstandsmåleren. På den anden maskine afbildede de så  $(v^2, F_{\text{tyngde+opdrift}})$ -grafen. Fordelen herved er blandt andet, at hvis der er et enkelt punkt som ligger lidt underligt, kan de på den anden skærm gå tilbage og finde den tilsvarende måleserie. Opnåede ballonen virkelig terminalfarten eller er der andet underligt ved den serie?

For at der til daglig er tid til at have flere variable i spil har øvelserne i 3g typisk været 90 min øvelser. Herudover muliggør brugen af elektronisk dataopsamling også, at man på meget kort tid kan opsamle en hel måleserie. Der er derfor tid til, at eleverne kan opsamle flere måleserier, hvor man varierer en anden parameter.

Alt i alt synes jeg, kravet om nye forsøg i fysik A er godt, og det har i hvert fald i min undervisning sat sig spor i retning af at overlade mere ansvar og opfindsomhed til eleverne, samt øget fokus på databehandling og variabelkontrol.  $\diamond$