

Det eksperimentelle arbejde i fysik

DORTHE AGERKVIST, Herlev Gymnasium og HF, DANNI PEDERSEN, Odense Katedralskole,
TINA BOVÉ RIISGAARD, Silkeborg Gymnasium og MARTIN SCHMIDT, Egedal Gymnasium og HF

En gruppe med tilknytning til fagkonsulenten har med fokus på det eksperimentelle arbejde analyseret fysikfagets mål, kernestof og arbejdsformer med henblik på at give anbefalinger til, hvordan der kan skabes progression og bedre støtte til elevernes faglige udvikling inden for det eksperimentelle arbejde. Følgende er et uddrag af arbejdsgruppens endelige rapport.

Fagets identitet og metoder – eksperimentets rolle

Den eksperimentelle dimension udgør en central side af fysikfagets identitet og metode og er højt prioriteret i læreplanerne. Udover at bidrage til opfyldelse af faglige mål for elevernes eksperimen-

telle kompetencer skal de eksperimenter, som eleverne gennemfører, derfor bidrage til at give eleverne et realistisk billede af fysikfagets identitet og metode. Ikke mindst læreplanernes mål om tilrettelæggelse af eksperimenter (B-niveau) og undersøgelse af åbne eksperimentelle problemstillinger (A-niveau) giver mulighed for, at elevernes eksperimentelle arbejde understøtter deres forståelse af eksperimentets rolle i fysik.

Inddragelse af autentiske undersøgelser i undervisningen bidrager også til en bedre forståelse for fagets identitet og metoder. Følgende er et eksempel på, hvordan den almindelige gymnasiefysik bruges i en autentisk undersøgelse.

Hvor meget flydende vand er der i tøsne?

Eleverne skal gennemføre et kalorimetereksperiment, som kan afgøre, hvor meget vand tøsneen indeholder. Man har tøsne med massen $m_{\text{tøsne}}$, hvoraf $m_{\text{vand i sne}}$ er det flydende vand i tøsneen. Resten regnes for at være is. Mængden af vand i tøsneen findes så ved hjælp af følgende udtryk

$$\begin{aligned} -\Delta E_{\text{vand i bæger}} &= -m_{\text{vand i bæger}} \cdot c_{\text{vand}} \cdot \Delta T \\ &= c_{\text{vand}} \cdot m_{\text{tøsne}} \cdot T_{\text{slut}} + \\ &\quad (m_{\text{tøsne}} - m_{\text{vand i sne}}) \cdot L \end{aligned}$$

Kvalitative forsøg giver god mulighed for simpelt at vise fysikfagets styrke til forklaring af overraskende observationer og til at falsificere forkerte forklaringer. Fx kan man bede eleverne om at forud-

sige, hvad der sker med vægtens visning, når man stikker en finger i et glas med vand, der står på en vægt. Viser den mere – det samme – mindre? Dette er et klassisk eksempel på en *Predict–Observe–Explain* aktivitet.

Åbne problemstillinger

Et af de faglige mål i læreplanen for fysik A er, at eleverne skal kunne håndtere åbne eksperimentelle problemstillinger. Da eleverne til eksamen bedømmes på i hvor høj grad deres præstation lever op til de faglige mål, skal elevernes altså bedømmes på, hvordan de håndterer en åben problemstilling. Der er mange overvejelser knyttet til dette, fx hvad der kendetegner en åben problemstilling, og hvordan man lærer eleverne at arbejde med åbne problemstillinger.

I en åben problemstilling vil der typisk være forskellige valg for eleverne. Der skal altså være noget, som de selv kan tage stilling til. Der vil også typisk være flere forskellige veje igennem eksperimentet og dermed muligheder at vælge imellem. I næste afsnit er angivet 5 forskellige trin i at tilrettelægge et eksperiment. Alle trin kan i princippet være åbne, enten enkeltvis eller flere ad gangen.

Der må skelnes mellem åbne problemstillinger i den daglige undervisning og åbne problemstillinger til eksamen. Til eksamen skal man være forsigtig med at åbne forsøgene for meget, idet man jo skal sikre, at alle elever har mulighed for at besvare opgaven. Forsøg i undervisningen kan være åbne både for eleverne og læreren, men dette tilrådes ikke til eksamen.

Her gives nogle få eksempler på åbne problemstillinger til den daglige undervisning.

Undersøg sammenhængen mellem, hvor meget et skib laster, og hvor dybt det stikker i vandet.

Eleverne finder ud af, hvordan de vil måle dette. De behøver ikke kende til begrebet opdrift. For at have ”et skib”, der er let at måle på, kan man fx bruge små rektangulære plastikkasser med lodrette sider.

Undersøg sammenhængen mellem vandmængden i en vinflaske og resonansfrekvenserne for flaskens svingninger.

Bemærk, at det er flaskens vibrationer og ikke luftsøjlen svingninger, der undersøges. Der er altså ikke tale om en Helmholtzresonator. Den empiriske matematiske sammenhæng, som eleverne når frem til, kan bruges til at stemme flasker til bestemte toner. Eleverne bør på forhånd have kendskab til relevant måleudstyr. Det kan ske ved fx at måle frekvens af svingninger i rør.

Undersøg, hvordan man kan afskærme en radioaktiv kilde, så kun 1/10 af strålingen slipper igennem.

Eleverne kan få et udvalg af materialer eller et bestemt materiale udleveret. Alternativt kan de få opgaven at undersøge tykkelsen af en aluminiumsdåse ved hjælp af absorption af radioaktiv stråling fra en given kilde.

Til den eksperimentelle eksamen kan eleverne fx få følgende opgave:

En teori siger, at halveringstykkelsen er større, jo større densiteten for et materiale er. Undersøg denne påstand for gammastråling vha. de udleverede materialer (bly, aluminium, flamingo, sand og vand).

Elevernes håndtering af åbne problemstillinger

Elevernes umiddelbare tilgang til åbne problemstillinger vil ofte være spontan og usystematisk. Det kan derfor være hensigtsmæssigt, at opdele tilrettelæggelse af et forsøg i flere trin. Her er valgt fem trin.

Hvert trin afhænger af de øvrige trin, og derfor optræder de fem trin ikke nødvendigvis i en bestemt rækkefølge, når et eksperiment tilrettelægges. Oftest vil det være sådan, at man under tilrettelæggelsen springer frem og tilbage mellem de enkelte trin, netop fordi de har indflydelse på hinanden. Opdelingen kan derfor synes omsonst, men af hensyn til eleverne, er det hensigtsmæssigt at opdele tilrettelæggelse i trin, for ikke at overvælde eleverne med mange krav på en gang.

De fem trin er her formuleret som spørgsmål.

1. Hvad skal undersøges?
2. Hvilket udstyr skal bruges?
3. Hvordan skal opstillingen være?
4. Hvordan tages målingerne?
5. Hvordan behandles målingerne?

Til spørgsmålet om, hvad der skal undersøges, hører selvfølgelig at afdække hvilke fysiske begreber, der ønskes undersøgt. Dette kan involvere at beslutte,

- om der skal afdækkes en bestemt sammenhæng mellem fysiske størrelser (fx lineær sammenhæng ml. tryk og dybde i væske, proportionalitet mellem opdrift og volumen af fortrængt væskemængde)
- om størrelsen af en (materiale)konstant skal bestemmes (fx c_{messing} , L_{is} , ρ_{sprit} , g , h)
- om størrelsen af en fysisk størrelse skal bestemmes i en bestemt situation (fx solindstråling på et bestemt tidspunkt, hvilestofskifte for en bestemt person, acceleration af en bestemt genstand)

Det kan lyde som et trivielt spørgsmål, som oftest vil være implicit givet, men i mange sammenhænge vil det være vanskeligt for eleverne selv at nå frem til et svar på spørgsmålet om, hvad der skal undersøges. Det er i tråd med, at læringsmålene ved udførelse af et bestemt eksperiment oftest er bestemt af læreren og overdrages til eleverne uden videre omtale eller begrundelse. Denne del af tilrettelæggelsen ligger altså typisk hos læreren. Det er oplagt, at jo flere trin, der er overladt til elevernes valg, des vanskeligere vil opgaven synes. Derfor bør progressionen på den lange bane sigte mod gradvist at åbne flere og flere trin for eleverne. En sådan gradvis overdragelse af beslutningerne til eleverne må starte med trin 5. I næste ryk kan så fx trin 4 og 5 overlades til eleverne.

En helt idealiseret tilgang, hvor der successivt åbnes mere og mere for elevernes egen tilrettelæggelse, kan næppe planlægges i praksis. Progressionen vil finde sted inden for afgrænsede emneforløb. Hvis fx klassen arbejder med bevægelse, vil eleverne i starten af forløbet typisk have brugt videoanalyse og bevægelsessensorer, så de hen mod slutningen af forløbet

kan træffe valg om, hvad der er bedst at bruge i en given sammenhæng.

Som en del af elevernes forberedelse til en bestemt øvelsesgang kan man bede dem udfylde udvalgte trin i tilrettelæggelsen. Hvis læreren på forhånd modtager disse beskrivelser fra eleverne, kan evt. uhensigtsmæssigheder eller misforståelser let fanges inden eleverne begynder den egentlige udførsel i laboratoriet.

Længerevarende eksperimentelle undersøgelser

I læreplanen for fysik B er der under punktet med arbejdsformer krav om, at der skal tilrettelægges mindst ét længerevarende forløb, hvor eleverne i mindre grupper arbejder med en selvvalgt, eksperimentel problemstilling. I læreplanen for fysik A står der ikke ét men to. I vejledningen er ordet længerevarende præciseret til en varighed på 8–10 timers arbejde i laboratoriet.

Inden opstart på et længerevarende eksperimentelt forløb, må man tage stilling til, hvor mange frihedsgrader eleverne skal have.

- Skal de selv vælge emne eller er der et overordnet emne – fx mekanik eller energi?
- Skal de selv lave problemformuleringen?
- Er de eksperimentelle metoder helt frie eller skal bestemte eksperimentelle metoder indgå – fx kalibrering?
- Skal bestemte fysiske teorier indarbejdes – fx energibevarelse?
- Er det frit, hvad der skal måles, eller er der her bestemte krav – fx, at en nyttevirkning skal måles.

Jo flere frihedsgrader eleverne får, jo mere styring, fx i form af milepæle eller vejledningsmøder, må der være undervejs i forløbet for at sikre fremgang og støtte eleverne i processen.

I et meget frit forløb kan man fx bede eleverne om at aflevere detaljerede besvarelser på følgende spørgsmål.

- Hvad vil I undersøge og hvorfor?
- Hvordan vil I strukturere dataindsamlingen? (herunder overvejelser omkring måleserier, variabelkontrol og relevante værdier for de fysiske størrelser, der skal måles.)

- Hvilke hypoteser har I?
- Har I noget teori, der kan kobles på jeres undersøgelser?

I mindre åbne forløb kan man have valgt et overordnet emne (fx mekanik) og kræve, at bestemte eksperimentelle metoder benyttes (fx videoanalyse). Man kan evt. supplere med en lang liste af underemner (hop, vandrakket, luftmodstand,...), som eleverne kan vælge fra.

Uddybning og flere eksempler

I rapporten udfærdiget af arbejdsgruppen findes mere om fagets identitet og metoder. Der gives flere forslag til længerevarende eksperimentelle forløb, og der er flere eksempler på opgaver til den eksperimentelle eksamen. Desuden uddybes de fem trin i tilrettelæggelse af forsøg, og der er forslag til, hvordan dele af standardøvelser kan åbnes for eleverne. Endelig gives eksempler på metoder til at få ideer til gode problemformuleringer til længerevarende eksperimentelle forløb. Dokumentet kan findes på emu'en – stx/fysik/det eksperimentelle arbejde.