

## **Eksperimentel eksamen i fysik på Stx**

Nærværende skrift er nogle læreres fortolkning af den eksperimentelle eksamen i fysik på Stx. Der kan være rigtig mange andre tolkninger, som er mindst lige så gode! Ønsket fra vores side har været at lave noget, som fagkolleger kan bruge, når de skal være del af en eksperimentel eksamen.

I forbindelse med reformen i 2005 fik fysik på A og B niveau eksperimentel eksamen som en del af den afsluttende eksamen. Denne eksamensform er rigtig god til at vise, at eleverne kan noget fysik. For at eleverne kan komme til det, skal læreren være godt forberedt, og skal tingene være helt perfekte, så vil en struktureret undervisning i de eksperimentelle kompetencer være meget nyttig at indøve i den daglige undervisning.

Som censorer har mange af os været med til en eksperimentel eksamen. Det er ofte interessant at se, hvad andre kolleger har lavet af eksperimentelt arbejde, men alligevel rejser der sig en del spørgsmål i forbindelse med afviklingen af det eksperimentelle arbejde f.eks.

- Hvor mange eksperimenter må være reproduktion af allerede udførte eksperimenter (måske endda med kagebogsvejledning)?
- Hvor meget er eksperimenterne twistede, og er det for meget/for lidt?
- Hvad er åbne problemstillinger og hvor mange af dem skal der være?

Det er flere spørgsmål, som man ikke umiddelbart kan finde svar på, og der er ikke meget hjælp at hente ved at læse læreplanen.

Skriftet her er derfor ment både som en hjælp til de lærere, som skal holde eksperimentel eksamen, men også til de lærere, som skal ud som mundtlige censorer på fysik B og fysik A.

Til slut en tak til Fagkonsulent Martin Schmidt, som har hjulpet med at afklare spørgsmål og til Lars Brian Krogh, som har givet ideer og sparring gennem udarbejdelsen.

Rapporten er afleveret i 2006.

God læselyst  
Tina Bové Riisgaard  
Jens Lindballe  
Frank Borum

## Indhold

Eksperimentel eksamen i fysik på Stx. ....	1
Fysik B - den eksperimentelle delprøve .....	3
Fysik A - den eksperimentelle delprøve.....	5
Twist af kendte eksperimenter .....	8
De eksperimentelle opgaver .....	11
Vurdering ved den eksperimentelle delprøve: .....	17
Træning af de eksperimentelle kompetencer i den daglige undervisning .....	19

## Fysik B - den eksperimentelle delprøve

I læreplanen for fysik B på STX står der følgende om den mundtlige eksamen - specielt den eksperimentelle delprøve.

Første del af prøven er eksperimentel, hvor eksaminanderne arbejder i laboratoriet i ca. 90 minutter i grupper på højst tre eksaminander med en kendt eksperimentel problemstilling. Eksaminanderne må ikke genbruge data fra tidligere udførte eksperimenter. Eksaminator og censor samtaler med den enkelte eksaminand om det konkrete eksperiment, den tilhørende teori og den efterfølgende databehandling.<sup>1</sup>

Eleverne arbejder altså med en for dem *kendt eksperimentel problemstilling!* I modsætning til en ny eksperimentel problemstilling. Det må således være noget eleverne har prøvet kræfter med tidligere eller noget der er meget nært beslægtet hertil. Ellers er det jo ikke længere en kendt problemstilling. Det kan, efter vores tolkning, godt være en kendt problemstilling, hvis et tidligere udført eksperiment twistes ved f.eks. at bede dem om at undersøge det samme med noget andet kendt udstyr.

En kendt problemstilling må derfor betyde, at eleverne skal gentage et tidligere udført eksperiment, eller at variationen er så lille, at den er svær at få øje på. F.eks. ved at lade eleverne bestemme varmekapaciteten for aluminium i stedet for messing, eller ved at bede om dem bestemme halveringstiden i kødpølse i stedet for i Pb.

I ovenstående fra læreplanen står der yderligere følgende begrænsning: *Eksaminanderne må ikke genbruge data fra tidligere udførte eksperimenter.* Det betyder, eftersom alle hjælpemidler generelt er tilladte, at eleverne må medbringe bøger, afleveringer, noter og ikke mindst deres egne rapporter til eksamen. De må også godt kigge i rapporten undervejs, også i afsnittet omhandlende databehandlingen. De må dog ikke genbruge data! Vores opgave ved eksamen er så at finde ud af, hvor meget eleverne har forstået, og i hvilken grad de lever op til de faglige mål.

Om bedømmelsen af den eksperimentelle delprøve står der i læreplanen følgende:

---

<sup>1</sup> Citat fra §4.2 Prøveform fra Læreplanen på STX for fysik B.

Bedømmelsen er en vurdering af, i hvilket omfang eksaminandens præstation lever op til de faglige mål, som de er angivet i pkt. 2.1.

Ved den eksperimentelle del lægges der vægt på, at eksaminanden

- kan udføre eksperimentelt arbejde og behandle de indsamlede data.<sup>2</sup>

Specielt ved den eksperimentelle prøve lægges vægt på om *eksaminanden kan udføre eksperimentelt arbejde og behandle de indsamlede data*. Dvs. egentligt eksperimentelt arbejde med udstyr skal laves. En computerøvelse, hvor eleverne ikke laver egentligt eksperimentelt arbejde er ikke ok. På A-niveau er denne sætning erstattet med: *kan tilrettelægge og udføre eksperimentelt arbejde samt behandle og analysere de indsamlede data*. På B-niveau lægges der ikke vægt på at eleverne kan tilrettelægge eksperimentelt arbejde, hvilket hænger fint sammen med, at eleverne i stort omfang skal reproducere tidligere udført eksperimentelt arbejde.

Yderligere bruges der på B-niveau den lidt bløde formulering: *behandle*, hvor der på A-niveau står: *behandle og analysere*. Det betyder, at der under den eksperimentelle delprøve på B-niveau, skal være afsat tid til at efterbehandle de indsamlede eksperimentelle data. Det egentlige eksperimentelle arbejde må således ikke forventes at vare 90min.

Som altid, er det de faglige mål, der skal vurderes.

Eleverne skal:

- kende og kunne opstille og anvende modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener og sammenhænge
- ud fra grundlæggende begreber og modeller kunne foretage beregninger af fysiske størrelser
- ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt
- kunne behandle eksperimentelle data med henblik på at diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser
- demonstrere viden om fagets identitet og metoder
- gennem eksempler og i samspil med andre fag kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling
- kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe.<sup>3</sup>

Af ovenstående er det kun de to sidste pinde, der ikke direkte har berøring med det eksperimentelle arbejde.

---

<sup>2</sup> Citat fra §4.3 Bedømmelseskriterier fra Læreplanen på STX for fysik B.

<sup>3</sup> Citat fra §2.1 Faglige mål fra Læreplanen på STX for fysik B.

Et af de centrale faglige mål ved den eksperimentelle delprøve er pind nr. tre: *ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt.*

Tager man fat i det sidste *givet udstyr*, så betyder det her, at eleverne skal have udpeget hvilket udstyr de faktisk skal bruge for at svare på en opgave til den eksperimentelle delprøve. Ofte vil det betyde, at den metode eleverne skal bruge, er givet dem på forhånd.

I de faglige mål, er det nævnt, at eleverne skal *tilrettelægge eksperimenter*. Umiddelbart virker dette som en modsætning til det tidligere skrevne om at elever på B-niveau i stort omfang skal reproducere tidligere udført eksperimentelt arbejde. I eksamenssammenhæng skal eleverne være bevidste om tilrettelæggelsen af et eksperiment, således at det eksperimentelle arbejde bliver en reflekteret reproduktion. Det kan f.eks. undersøges ved at spørge eleverne om, hvorfor de valgte metoder, der af læreren kan være beskrevet i en øvelsesvejledning, er valgt.

## Fysik A - den eksperimentelle delprøve

I læreplanen for fysik A på STX står der følgende om den mundtlige eksamen - specielt den eksperimentelle delprøve.

Den første del af prøven er eksperimentel, hvor eksaminanderne arbejder i laboratoriet i ca. 120 minutter i grupper på højst tre eksaminander med en eksperimentel problemstilling. Eksaminanderne må ikke genbruge data fra tidligere udførte eksperimenter. Eksaminator og censor samtaler med den enkelte eksaminand om det konkrete eksperiment, den tilhørende teori og den efterfølgende databehandling.<sup>4</sup>

Den eneste forskel fra B-niveau er, at der nu står *eksperimentel problemstilling*. Ordet *kendt*, som er at finde på B-niveau, er nu væk. Dvs. den eksperimentelle problemstilling er ikke nødvendigvis kendt for eleverne. Der står heller ikke, at den skal være ukendt, men når nedenstående bedømmelseskriterier tages i betragtning, må man forvente, at der i flere af de eksperimentelle problemstillinger er ukendte elementer.

Også på A-niveau står der *Eksaminanderne må ikke genbruge data fra tidligere udførte eksperimenter*. Hvilket som på B-niveau betyder, at eleverne gerne må medringe bøger, afleveringer, noter og egne rapporter. De må gerne kigge i rapporten undervejs, også afsnittet omhandlende databehandlingen. De må dog ikke genbruge data! Vi skal så ved eksamen finde ud af, hvor meget de egentlig forstår, hvis de har søgt hjælp i f.eks. en rapport eller bog.

Om bedømmelsen af den eksperimentelle delprøve står der i læreplanen:

---

<sup>4</sup> Citat fra §4.2 Prøveform fra Læreplanen på STX for fysik A.

Bedømmelsen er en vurdering af, i hvilket omfang eksaminandens præstation lever op til de faglige mål, som de er angivet i pkt. 2.1.(...)

Ved den eksperimentelle del lægges der vægt på, at eksaminanden:

- kan tilrettelægge og udføre eksperimentelt arbejde samt behandle og analysere de indsamlede data.<sup>5</sup>

Der skal også på A-niveau foretages egentligt eksperimentelt arbejde med rigtigt grej ingen pc-eksperimenter/simuleringer. Der skal i de 120 min være afsat tid til, at eleverne både kan tilrettelægge, udføre og foretage efterbehandling af det eksperimentelle arbejde. Når der specielt lægges vægt på *tilrettelægge* betyder det også, at de eksperimentelle opgaver skal være formuleret således, at eleverne har mulighed for faktisk at tilrettelægge eksperimentelt arbejde. Det kan ske ved at twisten, for eleverne, allerede kendt problemstilling. Ved at lade eleverne reproducere tidligere udført eksperimentelt arbejde, får eleverne ikke mulighed for at vise, at de er i stand til at tilrettelægge. Derfor må det anbefales, at alle eksperimentelle opgaver på A-niveau indeholder ukendte elementer, der giver eleverne mulighed for at demonstrere denne kompetence. Problemet med dette er, at det kan være svært ikke kun at reproducere store øvelser f.eks. cirkelbevægelse, røntgenøvelsen osv. Men måske kan en eller flere af dem udelades til eksamen!

På A-niveau står der yderligere ordet *analysere*. Det betyder f.eks. at der må stilles højere matematiske krav til analysearbejdet i efterbehandlingen af eksperimenterne eller til fortolkningen af målingerne end på B-niveau.

Det gælder selvfølgelig også på A-niveau, at det er de faglige mål, der skal vurderes. Her siger lærerplanen:

---

<sup>5</sup> Citat fra §4.3 Bedømmelseskriterier fra Læreplanen på STX for fysik A.

Eleverne skal:

- kende, kunne opstille og kunne anvende et bredt udvalg af modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener og sammenhænge samt kunne diskutere modellens gyldighedsområde
- kunne analysere et fysikfagligt problem ud fra forskellige repræsentationer af data og formulere en løsning af det gennem brug af en relevant model
- kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter til undersøgelse af en åben problemstilling
- kunne behandle eksperimentelle data med henblik på at diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser
- demonstrere viden om fagets identitet og metoder
- gennem eksempler og i samspil med andre fag kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling
- kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe.<sup>6</sup>

Også her er det kun de to sidste pinde, der ikke direkte kommer i spil ved den eksperimentelle delprøve.

Et af de centrale faglige mål ved den eksperimentelle delprøve er pind nr. tre: *kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter til undersøgelse af en åben problemstilling*. I modsætning til B-niveau skal udstyret ikke på forhånd været givet. Det forventes, at eleverne med det kendskab de har til forskelligt udstyr kan vælge det udstyr, der skal bruges for at løse den opgave de har trukket.

Som en udvidelse i forhold til B-niveau står der, at eleverne skal kunne undersøge en *åben problemstilling*. En åben problemstilling betyder i denne sammenhæng, at det eksperimentelle, der arbejdes med er ukendt for eleverne. Det bør aldrig være så åbent at end ikke læreren, der har stillet opgaven, kender svaret. Læreren skal sikre sig, at den stillede opgave kan planlægges, udføres og efterbehandles på de 120min der er sat af.

Det er selvfølgelig ikke alle eksamensopgaver, der kan teste alle de faglige mål, men når der både i bedømmelseskriterierne og i de faglige mål er nævnt ordet *tilrettelægge*, og der i de faglige mål står *åben problemstilling*, må det anbefales at alle spørgsmål på A-niveau indeholder elementer som eleverne ikke tidligere har mødt.

---

<sup>6</sup> Citat fra §2.1 Faglige mål fra Læreplanen på STX for fysik A.

## Twist af kendte eksperimenter

Det følgende vil give en oversigt over forskellige måder at lave ændringer til de eksperimentelle øvelser eleverne har arbejdet med før eksamen, så de opgaver eleverne stilles overfor til den eksperimentelle del af den mundlige eksamen, gør det muligt at evaluere elevernes evne til:

På B-niveau: ” *ud fra en given problemstilling kunne **tilrettelægge**, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt*<sup>7</sup>”

På A-niveau:” *kunne **tilrettelægge**, beskrive og udføre fysiske eksperimenter til undersøgelse af en **åben** problemstilling*<sup>8</sup>”

I et forsøg på at kategorisere de ændringer man kan lave til allerede gennemførte øvelser, kan man lave en opdeling i følgende 3 twist-typer.

1. **Materiale-twist**
2. **Parameter-twist**
3. **Teori-twist**

### 1. Materiale-twist.

Et nyt materiale inddrages i en undersøgelse, hvor målemetode og måleudstyr er brugt i en tidligere gennemført øvelse. Denne type twist er særligt interessant, når en fysisk egenskab ved et materiale eller en genstand ønskes undersøgt til eksamen. Ved at erstatte et tidligere undersøgt materiale med et nyt, kan man relativt let lave en ændring af en tidligere udført øvelse. Navnet på det nye materiale eller den nye genstand kan i nogle situationer være hemmeligholdt for eleverne, så undersøgelsen kan resultere i en identifikation af materialet eller genstanden.

Med denne twist-type vil der opstå både praktisk eksperimentelle og teoretiske udfordringer for eleverne. Størrelsen af udfordringerne vil afhænge noget af, i hvor høj grad undersøgelsen af det nye materiale eller den nye genstand ligner det tidligere undersøgte i forhold til den bagvedliggende teori og den praktiske håndtering i undersøgelsen.

Hvad angår den praktiske håndtering, så vil en absorptionsøvelse med gammastråling, hvor bly erstattes med aluminium ikke være lige så udfordrende, som en absorptionsøvelse med gammastråling, hvor bly erstattes med vand. Den praktiske håndtering af måleudstyret i forhold til vand stiller større krav til elevernes evne til at tilrettelægge forsøget, end den mere simple udskiftning af bly med aluminium. Et nyt materiale eller en ny genstand, som skaber særlige praktiske udfordringer, bør derfor præsenteres for eleverne på B-niveau f.eks. vha. en delvis samlet opstilling eller hints til håndteringen af det ukendte materiale vha. det udstyr der stilles frem. Samtidig skal hjælpen selvfølgelig heller ikke være sådan, at eleverne fratages deres mulighed for at demonstrere, hvorledes de evner at tilrettelægge undersøgelsen. Men elever bør

---

<sup>7</sup> Punkt 2.1 Bilag 24 i STX bekendtgørelsen.

<sup>8</sup> Punkt 2.1 Bilag 23 i STX bekendtgørelsen.



ikke stilles overfor urimeligt store krav i forbindelse med at skulle gætte, hvorledes der måles på det ukendte materiale eller genstand. A-niveau-elever skal ikke hjælpes i samme grad, da det netop skal vurderes, hvordan de håndterer en åben problemstilling.

Omkring de teoretiske udfordringer ved udskiftning af materialer eller genstande i et forsøg, så er det vigtigt at overveje om udskiftningen af materialet eller genstanden ændrer den bagvedliggende teori, der kan forklare forsøgets resultater. Hvis resultaterne ikke kan forklares ud fra kendt teori, bør det ikke indgå i evalueringen af elevens præstation, at koblingen til teorien mangler. For at hjælpe eleven, kan det eksplicit nævnes i spørgsmålet, hvilke forventninger der er til behandlingen af undersøgelsen af det nye materiale eller den nye genstand. Et eksempel kunne være, at eleverne skal måle en karakteristik for en ukendt elektrisk komponent. Hvis eleverne ikke har kendskab til nogen teoretisk model de kan sammenligne den målte karakteristik med, bør det selvfølgelig ikke kræves af eleverne.

## 2. Parameter-twist.

Man kan dele parameter-twist op i to typer.

**Parameter-twist type 1.** Karakterisering af forsøg i forhold til en bestemt parameter, som allerede har været inddraget i en undersøgelse.

**Parameter-twist type 2.** En ikke tidligere undersøgt parameter inddrages i undersøgelsen.

Parameter-twist af type 1 forudsætter ikke nogen ændring af teori bag forsøget. Forsøget ændres ved, at eleverne skal lave karakteriseringsundersøgelse af forsøget. F.eks. ved at undersøge om nogle af de antagelser, der gøres i forsøget er opfyldt. Dette kunne være en undersøgelse af om det magnetfelt, der benyttes i et forsøg til bestemmelse af  $e/m$  er homogent. En anden karakteriseringsundersøgelse kunne være at måle og vurdere, hvilken præcision én eller flere fysiske størrelser i et forsøg bestemmes med.

Parameter-twist af type 2 handler om at udvide en tidligere gennemført øvelse med en ikke tidligere undersøgt parameter. Selvom en parameter ikke tidligere har været undersøgt af eleverne i forbindelse med det forsøg, der udføres til eksamen, må det forventes, at eleverne har lavet lignende undersøgelser eller brugt den type måleudstyr, der kræves til den pågældende undersøgelse. Denne twist-type giver god mulighed for at teste elevernes evne til at tilrettelægge og udføre forsøg med flere variable, men denne twist-type giver på samme måde som et materiale-twist både praktisk eksperimentelle og teoretiske udfordringer for eleverne. De praktiske udfordringer kan særlig være knyttet til at skulle foretage målinger, som måske er udført før, men i en anden sammenhæng, og her kan nogle af de samme forholdsregler, som ved et materiale-twist, benyttes. Dvs. udstyr og materialer stilles frem og eventuelle komplicerede opstillinger er delvist samlet på forhånd til elever på B-niveau, mens elever på A-niveau forventes at kunne klare udfordringer mere selvstændigt.

Når en ny parameter inddrages i en undersøgelse, er det næsten altid noget, der betyder at den bagvedliggende teori, der kan forklare parameterens betydning for undersøgelsens resultat, skal ændres lidt eller udvides. Tag f.eks. en kendt undersøgelse af sammenhængen mellem svingningstiden for det matematiske pendul og pendulsnorens længde samt pendulmassen. Udvides denne undersøgelse med noget ukendt ved at lade eleverne måle sammenhængen mellem svingningstiden og amplituden af penduludsvingene, stilles eleverne i en lidt vanskelig situation, hvor de kan være i tvivl om det forventes, at de kan begrunde de nye målinger i forhold til noget allerede gennemgået teori, eller om resultaterne kan stå for sig selv. Det er derfor nødvendigt at forklare eleverne helt eksplicit, om der forventes en undersøgelse, der tager sit udgangspunkt en hypotetisk-deduktiv tilgang, eller en undersøgelse der tager udgangspunkt i en induktiv tilgang. Dvs. forventes det at undersøgelsen af den nye parameter skal sammenholdes med en allerede kendt og udledt teori, eller er en induktiv undersøgelse, hvor denne sammenligning ikke udføres nok? En induktiv tilgang til en undersøgelse kan selvfølgelig godt betyde, at eleverne skal fremsætte mulige hypoteser om, hvorledes resultatet af undersøgelsen kan beskrives vha. forskellige matematiske modeller, eller at resultatet kan bruges til at fremsætte hypoteser om hvilke fysiske størrelser, der har indvirkning på det, der undersøges, og hvilke der ikke har. Under alle omstændigheder er det vigtigt at gøre det klart for eleverne, om der ønskes det ene eller det andet som resultat af deres eksperimentelle arbejde.

### 3. Teori-twist.

En ny formel eller teori undersøges i forbindelse med en øvelse, hvor målemetoden er velkendt. Et eksempel kunne f.eks. være en undersøgelse af Hook's lov, som eleverne har lavet som kendt øvelse, og så en undersøgelse af hvorledes Hook's lov ser ud, når en elastik udsættes for en stor deformation. Her kan man i eksamensspørgsmålet udstyre eleverne med en formel, som skal undersøges så eleverne kan sammenholde deres målinger med en på forhånd given teori. Det nævnte eksempel kunne med rette også kaldes et materiale- eller parameter-twist, og derfor vil man skulle overveje mange af de samme problemstillinger, som findes med de to foregående twist-typer. En anden variation af teori-twistet kunne være at lade eleverne udføre en velkendt øvelse, men kræve at eleverne med deres målinger er i stand til at undersøge teori, som ikke tidligere har været undersøgt i forbindelse med den pågældende øvelse. F.eks. kan målinger af et matematik penduls lodrette og vandrette bevægelse udført vha. videoanalyse, også bruges til at undersøge mekanisk energibevarelse, selvom det ikke var en del af den oprindelige øvelse, men noget eleverne har gjort i forbindelse med undersøgelse af det skrå kast.

En fælles overvejelse i forbindelse med de tre twist-typer er, om den udvidelse man laver af en allerede gennemført øvelse er realistisk at nå på den tid, der er sat af til den eksperimentelle eksamen. Der er kun 90 minutter på B-niveau og 120 minutter på A-niveau.

## De eksperimentelle opgaver

Der findes ikke bare én måde at formulere de eksperimentelle opgaver på. Her må det accepteres, at vi alle har hver vores stil. Eleverne er selvfølgelig gennem undervisningen bekendte med denne individuelle lærerstil, og har set eksempler på eksperimentelle opgaveformuleringer. Som ved alle eksaminer bør eksaminator sikre sig, at eleverne har forstået den opgave de har trukket, så de går i gang med at planlægge efter den intention, der er i opgaven. På B-niveau skal eleverne have udleveret det udstyr de skal bruge, hvor det på A-niveau kan være et af de faglige mål man ønsker at teste med opgaven.

På B-niveau anbefales det, at opgaven altid starter med noget kendt - noget eleverne tidligere har lavet. Dernæst kan det tidligere udførte eksperiment udvides med et lille twist. På A-niveau anbefales det, at stort set alle opgaver indeholder ukendte elementer. Elever på A-niveau kan i situationen hjælpes ved, at opgaven starter med et tidligere udført eksperiment, eller ved at udstyret er givet.

På både A og B-niveau skal de faglige mål være dækket gennem alle opgaverne. De enkelte opgaver skal ikke indeholde alle faglige mål, hvilket på både B og A-niveau betyder, at det ukendte element i enkelte spørgsmål kan være udeladt. Det kan f.eks. være, at det ikke er muligt at twist en af de store klassiske øvelser (e/m, cirkelbevægelse osv.) med noget ukendt.

### Opgaveformuleringer

Nedenfor ses en række formuleringer af en eksperimentel opgave, der kan bruges på B-niveau. Eleverne har i undervisningen målt på halveringstykkelser af gammastråling i bly og betastråling i aluminium. I alle nedenstående opgaver skal eleverne stort set udføre de samme eksperimentelle undersøgelser. De er medtaget som ligeværdige eksempler på, hvorledes de eksperimentelle opgaver kan formuleres, og listen er bestemt ikke udtømmende.

#### Version 1

Radioaktivitet og halveringstykkelser.

- I skal måle halveringstykkelser for gammastråling i bly, hvor I anvender skolens gammakilde, samt de udleverede blyplader, præcist som i øvelsen "Halveringstykkelser for gammastråling i bly".
- Videre skal I opstille og udføre forsøg, hvor I bliver i stand til at afgøre om dumpning af radioaktivt affald (naturligvis forsvarligt emballeret) kan deponeres i verdenshavene.

#### Version 2

Bestem halveringstykkelser for gammastrålings absorption i bly og vand.

#### Version 3

Undersøg halveringstykkelser for gammastråling gennem bly.

Tilrettelæg og udfør eksperimenter så det bliver muligt at afgøre, hvilket materiale (bly, aluminium eller vand) der er bedst som beskyttelse ved et radioaktivt udslip.

#### *Version 4*

Med gymnasiets gammakilde skal du undersøge halveringstykkelsen for bly.

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

#### *Version 5*

- Halveringstykkelse for bly.
- Halveringstykkelse for vand.

#### *Version 6*

Du skal tilrettelægge og udføre eksperimenter, der underbygger det faktum, at man på sygehusene får udleveret blykapper for at beskytte sig mod radioaktiv stråling ved røntgenundersøgelser og ikke kapper lavet af et andet materiale som f.eks. vand eller aluminium.

Du skal bestemme halveringstykkelsen for bly.

#### *Version 7*

Svækkelse af stråling!

Gammastråling sendes gennem et lag bly. Undersøg, hvordan strålingens intensitet (tælleantal) afhænger af blytykkelsen.

Gammastråling sendes gennem vand. Undersøg også her hvordan strålingens intensitet afhænger af mængden af vand.

#### *Version 8*

I skal - i lighed med jeres eksperiment med absorption af gammastråling i bly - undersøge, hvordan gammastråling nedbremses i både bly. Der måles på 0,1,2,4,8 .... osv. lag bly. Mål også på mindst 20 mm bly - forklar resultatet og inddrag det i den videre databehandling. Tilsvarende skal i undersøge hvordan gammastråling nedbremses i vand. Mål her på 1, 2, 4... osv. cm vand. I skal selv finde ud af at lave en opstilling til denne del af eksperimentet.

Bestem en matematisk model til beskrivelse af de to datasæt.

#### *Version 9*

Bestem halveringstykkelsen for gammastråling igennem bly.

Undersøg hvilken betydning det vil have for værdien af halveringstykkelsen, hvis bly erstattes med aluminium eller vand.

Lav en grafisk fremstilling af resultaterne for begge forsøg og fortolk resultaterne.

#### *Version 10*

I skal bestemme halveringstykkelsen for et givet materiale (Pb og vand) og undersøge, hvilken betydning det vil have for værdien, at der fast anbringes en tynd Al-plade foran jeres kilde

### Eksempler fra B-niveau

Nedenfor ses en række eksperimentelle opgaveformuleringer. I første søjle ses en beskrivelse af hvad eleverne har lavet i undervisningen, hvor selve eksamens-opgaveformuleringen står i 2. søjle. Flere af de nævnte eksempler på B-niveau kan med små justeringer også anvendes på A-niveau.

Eksperimentelle undersøgelser i undervisningen	Eksamensopgave
<p>Eleverne har målt sammenhængen mellem en strengs grundtonefrekvens, strengens længde, strengspænding og lineære densitet (masse pr længde).</p> <p>Eleverne har i en tidligere øvelse brugt en mikrofon til at bestemme frekvensen af et lydsignal fra forskellige instrumenter.</p>	<p>I skal undersøge stående bølger på en streng. I skal lave forsøg, der viser, hvilke fysiske størrelser der har betydning for strengens resonansfrekvenser.</p> <p>- Som ukendt problemstilling skal I foretage målinger, der kan bruges til at bestemme en spændt guitarstrengs bølgehastighed. (Til denne del af forsøget udleveres et stk. guitar og en mikrofon til Labpro-enheden)</p>
<p>Eleverne har tidligere målt halveringstiden for Pa-234 vha. Pa-generatoren. Eleverne har ikke undersøgt strålingstypen fra Pa-generatoren i forbindelse med øvelsen.</p>	<p>I skal lave undersøgelser af radioaktive kerner henfald vha. et GM-rør og en Protactinium-generator.</p> <p>Yderligere skal I undersøge, hvilke materialer der kan hindre den radioaktive stråling fra Pa-generatoren i at nå GM-røret og deraf vurdere, hvilken stråling Pa-generatoren udsender. (Til denne del af forsøget udleveres små papir-, aluminiums-, og blyskiver som kan placeres ved enden af Pa-generatoren)</p>
<p>Eleverne har i en tidligere øvelse undersøgt de 3 gaslove: Boyle-Mariottes lov (<math>PV=k</math>), Gay-Lussacs 1. lov (<math>P=k \cdot T</math>) Gay-Lussacs 2. lov (<math>V=k \cdot T</math>)</p>	<p>I skal undersøge Idealgasloven. Specielt ved Gay-Lussacs 1. lov skal I foretage to måleserier af sammenhængen mellem gassens tryk og temperatur. En måling hvor I anvender nedkølet vand med lav starttemperatur og en måling, hvor I anvender vand med en højere/"lunken" starttemperatur. Vurder hvilken betydning det har for forsøgsresultater at lave forsøget på de to måder.</p>
<p>Eleverne har i en tidligere øvelse målt karakteristikkene for en ohmsk modstand, en elpære og en diode.</p>	<p>I skal lave undersøgelser af forskellige elektriske komponenters karakteristikk.</p> <p>Undersøg en ukendt sammensat komponents karakteristikk og benyt jeres målinger til at vurdere hvilke komponenter den sammensatte komponent er bygget op af.</p>

<p>Eleverne har i en tidligere øvelse undersøgt mekanisk energibevarelse i det frie fald, og har undersøgt om luftmodstanden på faldende kageforme skal beskrives ved Stokes lov eller <math>v^2</math>-loven.</p>	<p>Undersøg luftmodstanden på faldene genstande vha. videoanalyse. I skal særligt undersøge hvilken fysisk model for luftmodstand, der kan bruges til at beskrive luftmodstanden på faldene kageforme.</p> <p>Som ukendt problemstilling skal I benytte jeres målinger til at undersøge, hvorledes den mekaniske energi for kageformene ændres under faldet.</p>
<p>Eleverne har bestemt nyttevirkningen for forskellige husholdningsapparater, når de opvarmer 1,0 L vand.</p>	<p>Nyttevirkning af husholdningsapparater!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I skal gennemføre målinger, som bestemmer nyttevirkningen af en elkedel og en kaffemaskine, når apparaterne opvarmer 1,0 L vand.</li> <li>- I skal tilrettelægge forsøg, som kan afgøre om den målte nyttevirkningen afhænger af den opvarmede vandmængde, og angive årsager hertil, hvis det er tilfældet.</li> <li>- I skal regne på, hvor meget vand der skal opvarmes, for at et skifte imellem apparaterne kan betale sig (find selv passende priser/værdier)</li> </ul>
<p>Oprindeligt var øvelsens formål at bestemme den specifikke varmekapacitet for vand og aluminium.</p>	<p>Vand!</p> <p>Opstil og udfør forsøg, hvor I måler den specifikke varmekapacitet (varmefylden) for vand, præcist som I gjorde i øvelsen af samme navn.</p> <p>Videre skal I opstille og udføre et forsøg, hvor I måler det udleverede lods specifikke varmekapacitet ud fra kendskabet til vands specifikke varmekapacitet</p>
<p>Eleverne har i undervisningen undersøgt Atwoods faldmaskine, og lavet en grafisk fremstilling af måleresultaterne, som bekræfter eller afkræfter teorien omkring Atwoods faldmaskine</p>	<p>Atwoods faldmaskine!</p> <p>I skal vha. skolens dataopsamlingsudstyr måle på den opstilling, som i daglig tale hedder Atwoods faldmaskine.</p> <p>Videre skal I lave en grafisk fremstilling af jeres måleresultater, som bekræfter eller afkræfter teorien omkring Atwoods faldmaskine.</p> <p>Lav eksperimentelle undersøgelser, der forklarer hvorfor man bruger en kontravægt i en elevator.</p>

### Eksempler fra A-niveau

Eksperimentelle undersøgelser i undervisningen	Eksamensopgave
<p>Eleverne har i en tidligere øvelse undersøgt den jævne cirkelbevægelse ved at måle sammenhæng mellem centripetalkraften (F), cirkelbevægelsen radius (r), massen af den bevægede genstand i cirkelbevægelsen (m) og frekvensen (f) af cirkelbevægelsen:</p> $F = 4 \cdot \pi^2 \cdot m \cdot r \cdot f^2$	<p>I skal undersøge den jævne cirkelbevægelse. Vha. den anvendte opstilling skal I undersøge i hvor høj grad den motor, der benyttes i opstillingen, kører med konstant hastighed. Hvis ikke så vurder på hvilken måde omløbshastigheden ændres under forsøget.</p>
<p>Eleverne har i en tidligere øvelse undersøgt Laplaces lov. Eleverne har også brugt en Hallsonde til bestemmelsen af den magnetiske fluxtæthed af jordens magnetfelt.</p>	<p>I skal undersøge hvilke fysiske størrelser, der har betydning for kraften på en strømførende leder, når den placeres i et homogent magnetfelt. Undersøg hvilken sammenhæng, der er mellem antallet af magneter, der benyttes til at danne det magnetfelt lederen placeres i, og magnetfeltets magnetiske fluxtæthed. (Der udleveres en hallsonde til den ukendte del af forsøget)</p>
<p>Eleverne har lavet e/m-øvelsen og har også i anden forbindelse brugt en Hallsonde til bestemmelsen af den magnetiske fluxtæthed af jordens magnetfelt.</p>	<p>I skal lave målinger af elektronens specifikke ladning, <math>\frac{e}{m}</math>. Tilrettelæg et eksperiment, der undersøger om de to spoler, der benyttes til at danne magnetfeltet rent faktisk danner et homogent magnetfelt.</p>
<p>Eleverne har i en tidligere øvelse undersøgt, hvorledes halveringstiden for afladning af en kapacitor i en RC-kreds afhænger af kapacitansen og modstanden i kredsen.</p>	<p>I skal undersøge udvalgte egenskaber ved pladecapacitoren og særligt afladning af en kapacitor.</p> <p>Undersøg om halveringstiden for afladning af en kapacitor er afhængig af den spænding kapacitoren er opladet til før afladningen starter.</p>
<p>Eleverne har i en tidligere øvelse undersøgt et fjeder-lod-system og bla. målt loddets stedfunktionen og den mekaniske energibevarelse i systemet vha. en ultralydsafstandsmåler. I samme øvelse har eleverne også undersøgt Hooks lov vha. ultralydsafstandsmåleren og en kraftmåler.</p>	<p>I skal lave en eksperimentel undersøgelse af et svingende "fjeder og lod"-system. Jeres målinger skal bruges til at undersøge loddets bevægelse og den mekaniske energi af systemet. Udleveret udstyr: kraftmåler og ultralydsafstandsmåler til Labpro samt lodder og fjedre.</p> <p>vha. det udleverede udstyr, skal I undersøge om det svingende lod overholder Newtons 2. lov (<math>F=m \cdot a</math>).</p>

<p>Oprindeligt var formålet, at bestemme nyttevirkningen for forskellige husholdningsapparater, når der opvarmes 1,0 L vand.</p>	<p>Nyttevirkning af husholdningsapparater!</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- I skal gennemføre målinger, som bestemmer nyttevirkningen af en elkedel og en kaffemaskine, når apparaterne opvarmer 1,0 L vand.</li> <li>- I skal tilrettelægge forsøg, som kan afgøre, hvad den målte nyttevirkningen kan afhænge af.</li> <li>- I skal regne på, hvor meget vand der skal opvarmes, for at et skifte imellem apparaterne kan betale sig (find selv passende priser/værdier)</li> </ul>
<p>Oprindeligt var formålet at bestemme halveringstykkelser af gammastråling i Pb, samt for beta stråling i Al</p>	<p>Radioaktivitet og halveringstykkelser!</p> <p>I skal måle halveringstykkelser for gammastråling i bly, hvor I anvender skolens gammakilde, samt de udleverede blyplader, præcist som i øvelsen "Halveringstykkelser for gammastråling i bly". Videre skal I opstille og udføre forsøg, hvor I bliver i stand til at afgøre om dumpning af radioaktivt affald (naturligvis forsvarligt emballeret) kan deponeres i verdenshavene.</p>
<p>Oprindeligt var øvelsens eneste formål at bestemme den specifikke varmekapacitet for vand og aluminium</p>	<p>Vand!</p> <p>I skal opstille og udføre forsøg, hvor I måler den specifikke varmekapacitet (varmefylden) for vand, præcist som I gjorde i øvelsen af samme navn. Videre skal I opstille og udføre forsøg, som fortæller så meget som muligt om stoffet vand.</p>
<p>Oprindeligt var øvelsens formål at undersøge røntgenspektret med henblik på at afgøre hvor langt der er mellem gitterplanerne i den undersøgte NaCl-krystal.</p>	<p>Røntgen!</p> <p>I skal bruge skolens røntgenapparat, til at udmåle et røntgenspektrum. Brug det fremkomne spektrum til at fastslå, hvilket stof anodematerialet er lavet af. (En tabel med røntgenlinjer udleveres).</p>
<p>Oprindeligt var formålet at undersøge et batteri med henblik på at bestemme hvilespændingen, kortslutningsstrømmen og den indre resistans.</p>	<p>Karakteristik af batterier!</p> <p>I skal gennemføre en måleserie, som den I lavede i øvelsen "karakteristik af et batteri" for de to udleverede batterier. Videre skal I tilrettelægge forsøg, hvor I måler på de to batterier sat i serie og parallel, og forklare, hvornår det vil være bedst at gøre hvad, når man f.eks. skal have en lommeregner til at virke.</p>



## Vurdering ved den eksperimentelle delprøve:

Inden eksamen snakkes med eleverne om hvilke krav, der er i forbindelse med den eksperimentelle delprøve, og de vejledes i, hvordan de kan honorere disse krav. Således ved eleverne godt, at de efter at have udført et eksperiment skal præsentere data, tegne grafer analysere, sammenligne med teori osv.

Hvis eleverne ved den eksperimentelle delprøve har tid til overs, bør de instrueres i at udfylde tiden. De kan forbedre deres målinger eller eksperiment, vurdere usikkerheder, se på fejlkilder og eventuelt minimere dem eller vise initiativ ved selv at tilrettelægge og udføre eksperimenter, der belyser den eksperimentelle opgave de har trukket.

På næste side ses et forslag til vurderingsskema, som man som censor og eksaminator kan have med rundt, når der undervejs ved den eksperimentelle delprøve snakkes med eksaminanderne. Ikke alle punkter i skemaet er relevante i samtlige eksamensopgaver. Det kan være, at eleven slet ikke har mulighed for at demonstrere enkelte punkter, med den opgave eleven har trukket. F.eks. kan en elev, der ikke har mulighed for at perspektivere sine eksperimentelle undersøgelser til virkeligheden, godt få en topkarakter.

De enkelte punkter bør ikke vægtes ligeligt eller ens i alle grupper, det afhænger af den opgave eleven har trukket. Skemaet er tænkt som en huskeliste, hvor det samtidig for hver elev er muligt at lave forskellige små kommentarer. Det kan være i form af tekst, små symboler med pile, plusser, tal, smileys osv.

I skemaet indgår ikke noget om generel faglig kommunikation. Der opfordres til, at censor og eksaminator i samtalen med eleverne ved alle punkter tager stilling til, om eleven kan indgå i en faglig samtale om den eksperimentelle opgave, og om eleven bruger faglige termer korrekt.

Man kan med fordel i sin undervisning udlevere skemaet til eleverne. Slutmålene ved den eksperimentelle delprøve er her ekspliciteret, og det er med et sådan udgangspunkt lettere for eleverne, at fokusere på at træne forskellige delmål.

Eksamensopgave: \_\_\_\_\_

<b>Fysikalisering: Fra eksamensopgave til en fysisk undersøgelse:</b>	Navn	Navn	Navn	<b>Kommentarer</b>
Tale om opgaven i fysiktermer.				
Kan angive, hvordan man i princippet vil kunne undersøge opgaven.				
<b>Planlægning:</b>				
Strukturere dataindsamlingen (herunder måleserier, variabelkontrol og relevante værdier for de fysiske størrelser der skal måles.)				
Udvælge måleudstyr og metode (Kun A-niveau)				
<b>Dataindsamling:</b>				
Anvende udstyr m.m. hensigtsmæssigt og forsvarligt.				
Løbende vurdere indsamlede data i lyset af spørgsmål og forventninger.				
Indsamle fyldestgørende mængder af data til at belyse opgaven.				
Være opmærksom på evt. fejlkilder.				
Præsentere data overskueligt og med et relevant antal betydende cifre.				
<b>Databehandling:</b>				
Foretage relevante beregninger.				
Analysere sammenhænge (grafisk eller statistisk).				
Konkludere på baggrund af analysen - under hensyntagen til fejlkilder og usikkerheder.				
<b>Generalisering og Perspektivering:</b>				
Forholde sig kritisk og evt. komme med forslag til forbedret undersøgelse.				
Diskutere forsøgsresultater f.eks. med udgangspunkt i teori eller en praktisk anvendelse.				

## Træning af de eksperimentelle kompetencer i den daglige undervisning

I forbindelse med eksamen i både fysik B og fysik A, bliver en lang række kompetencer vurderet. Eleverne skal således kunne tilrettelægge og udføre eksperimentelt arbejde samt behandle og analysere de indsamlede data. Videre skal de kunne håndtere både twist af tidligere udførte eksperimenter og åbne problemstillinger. Her kan det virke uheldigt, hvis den eksperimentelle undervisning kun består af "køgebogsøvelser", og eleverne først til eksamen opdager, at de skal kunne meget mere, end blot at følge øvelsesvejledningen.

Hvordan kan man tilrettelægge den daglige undervisning, så eleverne bliver bedre i stand til at indfri de krav, som læreplanerne har som mål? For at kunne besvare dette spørgsmål, kan det være en god idé lige at huske på, hvad det er vi forventer af eleverne. De skal besidde følgende kompetencer:

1. Fysikalisering, dvs. kunne omsætte en problemstilling til et fysikforsøg, og beskrive det i fysiktermer.
2. Forsøgsplanlægning
3. Dataindsamling
4. Databehandling
5. Generalisering og perspektivering

Herunder har vi forsøgt at give et par eksempler på, hvordan man måske kan klæde eleverne bedre på til det eksperimentelle arbejde i forbindelse med eksamen.

### *Legetøjpistol (træner nr. 4 og 5)*

Opgaven er at bestemme affyringshastigheden af en legetøjpistol på to måder.

1. Ved at måle hvor lang tid projektilet er om at passere en fotocelle anbragt lige foran munden.
2. Ved at måle, hvor langt pistolen kan fyre projektilet lodret op, og så se på mekanisk energi.

Bestem hastigheden vha. de to metoder og afgør ud fra argumenter (og usikkerheder), hvilken metode der er bedst.

### *Pendulet (træner nr. 1, 2, 3, og 5)*

Opgaven til eleverne lyder på at bestemme de variable, som har betydning for svingningstiden for et pendul, samt at konstruere et pendul, som har en svingningstid på 1,0sekund.

Til at løse opgaven udleveres: Saks, fiskesnøre, forskellige lodder og stopur.

### **Densitet** (træner nr. 1, 2, 3, 4 og 5)

Opgaven lyder på, at bestemme densiteten af danske mønter, samt af sødmælk.

Der udleveres ikke apparatur!

Efter øvelsen fortæller de enkelte grupper, hvad de har gjort, og hvilke resultater de har fået. Videre diskuteres hvilken metode der er bedst, og hvad man må kræve af en god metode til at bestemme densitet for væsker og faste stoffer. Her vil det være naturligt at tale grafisk analyse, antallet af målepunkter og måske systematiske fejl, når grafen ikke går gennem origo.

### **Idealgasloven** (træner nr. 2, 3, 4 og 5)

Opgaverne lyder på, at bestemme sammenhængen mellem  $p$ ,  $V$  og  $T$  for en indespærret gas.

Ideen er, at eleverne skal indse, at kun  $vha.$  variabelkontrol går det godt. Videre vil der være mulighed for at tale fejkilder. Kan man bestemme  $n$  og  $R$ ?

Til at løse opgaven udleveres det nødvendige udstyr.

### **Nyttevirkning** (træner nr. 1, 2, 3, 4 og 5)

Opgaven er at finde nyttevirningen for to husholdningsapparater.

Først overvejer klassen sammen hvilke parametre, der har betydning for nyttevirningen f.eks. vandmængde og den temperatur, som vandet opvarmes til.

Nu formulerer øvelsesgrupperne deres forventninger til sammenhænge.

Herefter skal de tilrettelægge et måleprogram, som kan afdække sammenhængen. Nu bytter grupperne måleprogram. Det nye måleprogram kommenteres i løbet af 10 minutter og sendes retur til den gruppe der lavede det, så de nu har en ekstra mening omkring programmet.

Herefter udføres øvelsen.

Efter øvelsen sammenligner de enkelte grupper deres arbejde, og formulerer, hvad der er den bedste måde at undersøge problemet på, hvor er der mest kvalitet?

### **Hvor varm er en gasflamme?** (træner nr. 2, 3 og 5)

Apparatur som stilles til rådighed er: Joule meter, vand, termometer, vægt, digeltang, gas og Bundsenbrænder.

Alternativt.

En helt åben opgave (uden adgang til de dyre termometre, som kan måle direkte)

Diskutér, hvilken metode der er bedst, fejkildernes betydning og hvad den "rigtige" temperatur er.

### ***Måling af tyngdeaccelerationen (træner nr. 1, 2, 3, 4 og 5)***

Opgaven er at måle tyngdeaccelerationen på tre forskellige måder, og derefter vurdere hvilken af måderne der er bedst. Her kræver vurderingen, at der fremføres både argumenter og usikkerheder. Eventuelt kan eleverne få udleveret en eller flere beskrivelser af, hvordan andre har målt g.

### ***"Kogebog"***

Gennem arbejdet med det eksperimentelle vil det være en god idé sammen med eleverne at udarbejde en slags eksperimentel kogebog.

Hovedoverskrifterne i denne kunne være:

1. Hvad skal man gøre inden man går i gang med forsøget?  
(Hvorfor gør vi det? Hvad skal vi måle? Hvad er vores forventninger til resultatet?  
Detailplanlægning, hvad gør vi?)
2. Hvad skal man gøre under forsøget?
3. Hvordan analyseres de resultater, som forsøgte bragte.
4. Hvad kan man konkludere på baggrund af forsøget?

Det er vigtigt, at denne kogebog udarbejdes sammen med eleverne! De skal være medforfattere, så de kan se, hvorfor de enkelte punkter indføres.