

Fysik B - Stx

Undervisningsvejledning

September 2007

Indholdsfortegnelse

1. IDENTITET OG FORMÅL	3
1.1 Fagets identitet	3
1.2 Fagets formål	4
2. FAGLIGE MÅL OG FAGLIGT INDHOLD	7
2.1 Faglige mål	7
2.2 Kernestof	9
2.3 Supplerende stof	12
3. UNDERVISNINGENS TILRETTELÆGGELSE	13
3.1 Didaktiske principper	13
3.1.1 Elevforudsætninger	13
3.1.2 Planlægning og progression	13
3.1.3 Undervisningsforløbene	15
3.1.4 Perspektivering	16
3.1.5 Aktualisering gennem udadrettet virksomhed	18
3.1.6 Koordination med matematik	20
3.1.7 Undervisningsmaterialer	20
3.2 Arbejdsformer	21
3.2.1 Eksempler på arbejdsformer	21
3.2.2 Eksperimentelt arbejde	23
3.2.3 Mundtlig formidling	26
3.2.4 Skriftlig formidling	27
3.2.5 Om at arbejde med tekster i fysik	29
3.3 It	29
3.3.1 Dataopsamling og databehandling	30
3.3.2 Simuleringer	30
3.3.3 Informationssøgning	30

3.3.4 It-baserede kommunikationsfora	31
3.4 Samspil med andre fag	31
3.4.1 Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb	32
3.4.2 Samspillet i almen studieforberedelse	32
3.4.3 Samspillet i studieretningsforløbet	33
3.4.4 Samspilsmuligheder for Fysik B som valgfag	35
3.5 Fra Fysik C til Fysik B	36
4. EVALUERING	38
4.1 Den løbende evaluering	38
4.1.1 Formativ evaluering	38
4.1.2 Summativ evaluering	39
4.2 Den afsluttende prøve	40
5. EKSEMPLER PÅ UNDERVISNINGSFORLØB I FYSIK B	44
5.1 Fysik i opdrift	44
5.2 Brintsamfundet	46
5.3 Lysfænomener i atmosfæren	47
5.3 Lysfænomener i atmosfæren	48
5.4 Lys og spektre	50
APPENDIX: SYNOPTISKE OVERSIGTER	51

Fysik B - Stx

Undervisningsvejledning

September 2007

Vejledningen indeholder uddybende og forklarende kommentarer til læreplanens enkelte punkter samt en række paradigmatiske eksempler på undervisningsforløb. Vejledningen er et af ministeriets bidrag til faglig og pædagogisk fornyelse. Det er derfor hensigten, at den ændres forholdsvis hyppigt i takt med den faglige og den pædagogiske udvikling. Citater fra læreplanen er anført i kursiv.

1. Identitet og formål

1.1 Fagets identitet

Fagets identitet er beskrevet enslydende i starten af alle tre læreplaner for fysik i det almene gymnasium:

”Det naturvidenskabelige fag fysik omhandler menneskers forsøg på at udvikle generelle beskrivelser, tolkninger og forklaringer af fænomener og processer i natur og teknik. Gennem et samspil mellem eksperimenter og teorier udvikles en teoretisk begrundet, naturfaglig indsigt, som stimulerer nysgerrighed og kreativitet. Samtidigt giver den baggrund for at forstå og diskutere naturvidenskabeligt og teknologisk baserede argumenter vedrørende spørgsmål af almen menneskelig eller samfundsmæssig interesse.” [LPB 1.1]

Undervisningsfaget fysik er nært forbundet med videnskabsfaget fysik. Sidstnævnte bidrager gennem både grundforskning og anvendt forskning til et verdensbillede, der udnytter naturvidenskabelige tankegange og metoder. Dertil kommer, at der ofte er en, direkte eller indirekte, sammenhæng mellem videnskabsfaget fysik og udviklingen af ny teknologi. Mange af disse træk genfindes i undervisningsfaget, men sigtet med faget fysik i det almene gymnasium er et andet end sigtet med videnskabsfaget. Den naturvidenskabelige viden sættes i det almene gymnasium ind i en bredere almindelig ramme, som åbner faget mod såvel livet uden for skolen, som mod skolens andre fag og aktiviteter.

Det anderledes sigte betyder, at arbejdsmetoder og tankegange fra videnskabsfaget ikke umiddelbart kan overføres til undervisningen. De skal samtidigt kombineres med pædagogiske mål, der giver eleverne gode muligheder for at tilegne sig fagstof og arbejdsmetoder. Undervisningen i begreber og teorier kan ikke stå alene, men må formidles i en sammenhæng, som eleverne oplever som relevant. Det giver dem mulighed for at reflektere over den opnåede viden og erkendelse, og samtidig får de mulighed for at se, hvordan fysikken er opstået, udviklet og kan anvendes.

Fysik giver mulighed for at opnå relevante svar på en række forskellige spørgsmål gennem anvendelse af mange forskellige metoder til at undersøge og løse problemer. Det kontrollerede, naturvidenskabelige eksperiment spiller i den forbindelse en særlig rolle. Planlægning og gennemførelse af eksperimenter, kendskab til dannelse af hypoteser, opstilling af modeller, og kendskab til, hvor-

dan de kan styrkes, modificeres eller forkastes gennem blandt andet eksperimentel afprøvning, er et vigtigt grundlag for fagets tankegange og arbejdsmetoder. Også andre metoder som fx logisk deduktion eller tankeeksperimenter kan medvirke til at udvikle et fagligt begrebsapparat og en fysisk teori.

I fysik kan få, veldefinerede begreber og principper ofte beskrive komplekse problemstillinger. Det kan ske i form af fysiske love, der etablerer matematiske sammenhænge mellem fundamentale målbare størrelser, og ved udformning af modeller. Love og modeller vil ofte indgå i teorier, som både giver en forståelsesramme og en forestilling om dele af naturen. Det skal af undervisningen fremgå, at teorier, modeller og love er tankekonstruktioner, der kan medvirke til en systematisering og erkendelse af større vidensområder, men også at de er idealiseringer og forenklinger af virkeligheden. Kendskab til fysikkens formler er derfor ikke et mål i sig selv, men skal ses som et middel til at få en øget forståelse af omverdenen.

I fysik beskæftiger man sig med såvel det nære og dagligdags som det, der er fjernt fra umiddelbar oplevelse ved at være småt og usynligt eller ufattelig stort. Faget rører ved såvel grundlæggende erkendelsesmæssige problemstillinger som de udfordringer, den teknologiske udvikling stiller teknikere og samfundet over for. Det historiske indgår på linje med det aktuelle og det fremtidige. Alle disse forhold giver gode muligheder for at udfordre elevernes nysgerrighed og for at fremme deres interesse, kreativitet og engagement. Hertil kommer, at der gennem arbejdet med faget også er mulighed for at vise eleverne, hvilke muligheder der er for en fremtidig beskæftigelse inden for det teknisk-naturvidenskabelige område og de tilhørende uddannelser.

1.2 Fagets formål

Formelt set er fagets formål, som det er for alle fag, at bidrage til at løse den uddannelsesmæssige opgave, der fremgår af gymnasielovens formål med uddannelsen (kapitel 1). Dette formål har i sit udgangspunkt et dobbelt fokus, idet det studieforberevende og det almindendannende indgår på lige fod. Uddannelsen skal medvirke til, at eleverne udvikler selvstændighed og evne til at ræsonnere, analysere, generalisere og abstrahere. Endvidere skal elevernes innovative og kreative evner styrkes. Eleverne skal møde en progression i arbejdsformer, så de udvikler sig fra elever til studerende.

For Fysik B og Fysik A er der (på nær niveauangivelsen) enslydende formål:

”Faget fysik giver på B-niveau eleverne fortrolighed med væsentlige naturvidenskabelige metoder og synsvinkler, der sammen med kendskab til fysiske fænomener og begreber åbner for en naturvidenskabelig tolkning af verden. Eleverne skal gennem undervisningen møde eksempler på aktuelle teknisk-naturfaglige problemer inden for videnskab, udvikling og produktion, hvor fysik spiller en væsentlig rolle i løsningen. Gennem arbejdet med eksperimenter og teoretiske modeller opnår de kendskab til opstilling og anvendelse af fysiske modeller som middel til kvalitativ og kvantitativ forklaring af fænomener og processer. Eleverne skal arbejde med tekster med teknisk-naturvidenskabeligt indhold og reflektere over indhold og argumentation, samtidigt med at de møder en perspektivering af faget. De faglige problemstillinger skal også åbne for, at eleverne får indblik i fysiske og teknologiske aspekter af bæredygtig udvikling.” [LPB 1.2]

Formålet afspejler, at det er et væsentligt sigte med undervisningen i faget, at eleverne bliver i stand til at forstå og bruge den viden, de metoder og tænkemåder, der er karakteristiske for den teknisk-naturvidenskabelige tilgang til verden. Dette sigte er dobbelt. Det skal dels sikre, at fysikundervisningen bidrager til, at eleverne bliver i stand til at fungere som borgere i dagens og fremtidens sam-

fund, dels forberede eleverne på den omfattende række af studier, hvor matematisk-naturvidenskabelige metoder finder anvendelse.

Samspillet mellem eksperimenter og teoretiske modeller er karakteristisk for fysik. Det er derfor en væsentlig del af formålet, at eleverne selv udfører eksperimentelt arbejde og arbejder med udvikling og anvendelse af modeller for fysiske systemer og fænomener. Problemløsning og formidling af resultater og undersøgelser indgår som et betydningsfuldt led i arbejdet med at tilegne sig faget.

Formålets inddragelse af fagets almendannende sider kan ses som en del af en mere generel international bestræbelse. I forbindelse med OECDs PISA-projekt, som er tilbagevendende, internationale undersøgelser af 16-åriges kompetencer inden for områderne læsning, matematik og naturvidenskab, har man således valgt særligt at fokusere på det naturfagligt dannelsesbegreb (scientific literacy). Man interesserer sig her for: ”Færdighed i at kunne anvende naturvidenskabeligt baseret viden; at kunne genkende naturvidenskabelige spørgsmål og kunne drage slutninger på grundlag af naturvidenskabelige kendsgerninger i bestræbelsen på at forstå og træffe afgørelser om den naturgivne omverden og de påvirkninger af den, som menneskers aktiviteter medfører.” [PISA2003, side 155] Dette dannelsesbegreb understreger, at det interessante ikke nødvendigvis er den bestemte naturvidenskabelige viden, eleverne har tilegnet sig, men nok så meget, at eleverne kan genkende og anvende naturvidenskabeligt baseret viden i deres fremtidige liv. En tilsvarende fokusering på kompetencer snarere end viden er et generelt uddannelsespolitisk træk, som også er fundamentet for gymnasireform 2005. En nærmere omtale af kompetencer i naturfagene og specielt specielt fysik findes i Undervisningsvejledningen til Fysik A, afsnit 1.3.

Perspektivering af faget gennem inddragelse af forhold uden for fysikken skal ses som dels en motivationsfaktor, dels et led i fagets bidrag til den almene dannelse. Det gælder også arbejdet med tekster fra medierne med teknisk-naturfagligt indhold, hvor eleverne skal lære at forholde sig kritisk til indhold og argumentation.

Læreplanen indeholder i det overordnede formål og i det supplerende stof også en særlig forpligtelse til at inddrage bæredygtig udvikling i fysikundervisningen. Selve begrebet bæredygtig udvikling er udtryk for en politisk sammentænkning af miljø- og udviklingssynsvinkler. Det blev i den såkaldte Brundtland-rapport formuleret som: *En bæredygtig udvikling er en udvikling, som opfylder nuværende generationers behov uden at bringe fremtidige generationers mulighed for at opfylde deres behov i fare.* [Vor fælles fremtid]

En bæredygtig udvikling indeholder tre gensidigt afhængige dimensioner: en økonomisk, en social og en miljømæssig. Selv om begrebet bæredygtig udvikling langt fra er entydigt, har det haft stor appel over hele verden. FN har på en konference i Rio 1992 vedtaget *Agenda 21 - en handlingsplan for det 21. århundrede* som en grundlæggende handlingsplan for det 21. århundredes bæredygtige udvikling. Den er fulgt op gennem udformning af nationale strategier, herhjemme *Danmarks Nationale Strategi for Bæredygtig udvikling*, med en særlig nordisk overbygning, som inddrager undervisningssektoren.

FN har gjort uddannelse for bæredygtig udvikling til et centralt middel til at skabe en bæredygtig udvikling for fremtiden. Det indebærer, at uddannelsessystemet skal bidrage til, at de enkelte mennesker og samfundet som helhed udvikler de færdigheder, perspektiver, kundskaber og værdier, der er nødvendige for at leve og arbejde på en bæredygtig måde. Det er en vision om uddannelse, der for-

søger at skabe balance mellem på den ene side behovet for menneskelig og økonomisk trivsel og på den anden side de kulturelle traditioner og respekten for Jordens naturressourcer.

Referencer

[PISA2003] Jan Meiding (red.): *PISA 2003 – Danske unge i en international sammenligning*, Danmarks Pædagogiske Universitets Forlag, København 2004

[Vor fælles fremtid]: Brundtland-kommissionen: *Vor fælles fremtid*, UN 1987 (også kendt som Brundtland rapporten)

2. Faglige mål og fagligt indhold

Undervisningen i Fysik B skal være både alment dannende og studieforbereende. Det alment dannende indebærer, at eleverne skal kunne se faget som både en del af den gymnasiale helhed og som et væsentligt bidrag til at forstå og handle i den verden, de er en del af. Det studieforbereende omfatter såvel generelle matematisk-naturvidenskabelige kompetencer som særlige synsvinkler og indholdselementer, som er karakteristiske for fysik. Læreplanen udgør en ramme, som tillader lærer og elever at følge deres interesser og tilpasse undervisningens indhold og tilgange til eleverne og deres øvrige (studieretnings-)fag.

2.1 Faglige mål

De faglige mål beskriver centrale studieforbereende og almindendannende kompetencer for fysik. Disse mål udgør grundlaget for den afsluttende evaluering. De er derfor pejlemærker for de enkelte undervisningsforløb, som sammen med den nødvendige faglige og pædagogiske progression skal sætte eleverne i stand til at nå disse (slut-)mål. I dette afsnit tolkes og uddybes de enkelte mål, mens konkrete anvisninger på arbejdet hen mod målene findes i næste kapitel om undervisningens tilrettelæggelse.

”Eleverne skal kende og kunne opstille og anvende modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener” [LPB 2.1]

Fysik er et middel til at forstå verden gennem begreber og modeller. Fysikkens grundlæggende lovmæssigheder bringes i undervisningen i spil gennem anvendelsen af modeller, der kan beskrive, tolke og forklare fysiske fænomener og processer. De anvendte modeller kan være såvel kvalitative som kvantitative. Med udgangspunkt i en kvantitativ model bør eleverne kunne give en kvalitativ beskrivelse af det betragtede fænomen.

Eleverne skal kende et udvalg af modeller fra kernestoffet, så de har et grundlag for løse enkle fysikproblemer og analysere faglige problemstillinger. I forbindelse med anvendelsen af modeller indgår et bevidst arbejde med forskellige repræsentationsformer for fysiske data og begreber, så eleverne kan skifte mellem dem. De skal desuden i passende eksempler se, hvordan teorier og modeller bygger på en række forudsætninger, som bestemmer modellens gyldighedsområde.

Kvalitative modeller i form af verbale beskrivelser, analogier og billeder kan bruges til at beskrive og belyse sammenhænge for derigennem at udbygge elevernes mulighed for at forstå og anvende naturfaglig argumentation. De kan også fungere som grundlag for at forklare fysiske fænomener og derigennem styrke elevernes faglige intuition.

De kvantitative modeller omfatter såvel fysikkens grundlæggende lovmæssigheder og empiriske sammenhænge som modeller for konkrete situationer. De konkrete modeller kan udtrykkes gennem matematiske begreber og formler, der kan analyseres og anvendes direkte. Men de kan også udtrykkes gennem it-baserede modeller, der studeres gennem brugen af simuleringer og virtuelle eksperimenter.

De konkrete, kvantitative modeller må bygge på elevernes matematiske forudsætninger og må derfor i beskrivelsesmåde og kompleksitet vælges, så de passer til det enkelte hold. Eleverne skal kunne anvende sædvanlige matematiske modeller som lineær sammenhæng, eksponentiel sammenhæng og potenssammenhæng til at beskrive sammenhængen mellem to størrelser på basis af grafisk af-

bildning eller gennem brug af regression eller lignende. Simple transformationer, som bringer en sammenhæng på lineær form, indgår i arbejdet med modeller.

”Elevenerne skal ud fra grundlæggende begreber og modeller kunne foretage beregninger af fysiske størrelser” [LPB 2.1]

Elevenerne skal kunne anvende den grundlæggende teori og elementære modeller til simple beregninger af fysiske størrelses værdi og ved løsning af enkle problemer. I den forbindelse indgår, at elevenerne kan vurdere, om resultatet af en beregning er af en fornuftig størrelsesorden. I problemløsningen indgår naturligt anvendelse af numeriske metoder som en lommeregners solver-funktion og grafiske værktøjer.

”Elevenerne skal ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt” [LPB 2.1]

Elevenerne skal på basis af given problemstilling med kendte variable kunne tilrettelægge eksperimenter med givet udstyr med inddragelse af variabelkontrol. De skal metodisk kunne indsamle og bearbejde data, herunder afbilde dem hensigtsmæssigt. De skal kunne beskrive tilrettelæggelsen og udførelsen af eksperimenterne samt databehandlingen i en rapport sammen med en diskussion af de opnåede resultater i relation til den oprindelige problemstilling. I diskussionen indgår overvejelser over betydningen af de væsentligste fejlkilder og en vurdering af resultaternes nøjagtighed.

Elevenernes arbejde i laboratoriet forudsætter, at elevenerne har kendskab til sikkerhedsforhold og risikomomenter ved eksperimentelt arbejde og i øvrigt udviser god laboratoriepraksis. Samtidig indgår det, at de selvstændigt kan anvende almindeligt forekommende måleudstyr, herunder it-baserede systemer til dataopsamling og databehandling.

”Elevenerne skal kunne behandle eksperimentelle data med henblik på at diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser” [LPB 2.1]

De eksperimentelle data kan være resultatet af elevenernes egne eksperimentelle arbejde eller stamme fra andre kilder, som det vil være tilfældet i opgaver. De eksperimentelle data kan præsenteres i form af fx tabeller, grafer eller matematiske formler, og elevenerne skal arbejde med de forskellige repræsentationer og kunne skifte mellem dem. I databehandlingen indgår naturligt brug af it-hjælpe midler til tegning af grafer og tilpasning af matematiske modeller.

Gennem fremhævelsen af ”matematiske sammenhænge” som en del af kompetencen peges der på forbindelsen til modellering, så der kan skabes et meningsfuldt arbejde, hvor elevenernes egne data kan indgå i arbejdet med modeller. Derigennem bliver der mulighed for at belyse samspillet mellem eksperiment og teori og diskutere fx forskellen på teoretiske og empiriske sammenhænge.

”Elevenerne skal gennem eksempler og i samspil med andre fag kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling” [LPB 2.1]

Denne kompetence stiller ikke krav om, at elevenerne skal kunne perspektivere enhver faglig problemstilling, men de skal på eksempelbasis kunne inddrage perspektiver i alle faglige hovedområder og derigennem kunne se naturfagene og specielt fysik i en bredere sammenhæng. Perspektivering i denne forstand indebærer, at der i undervisningen inddrages forhold uden for fysikkens egen verden. Det kan være erfaringer, viden og meninger fra andre fag eller fra samfundsdebatten, og det kan ske såvel i fysikundervisningen som i et samspil med andre fag.

”Eleverne skal kunne læse tekster fra mediernes og identificere de naturvidenskabelige elementer og vurdere argumentationens naturvidenskabelige gyldighed” [LPB 2.1]

Dette mål tager udgangspunkt i en bred opfattelse af tekstbegrebet, som inkluderer verbale samt tekst- og billedmæssige fremstillinger. Gennem arbejdet med teksterne skal eleverne lære at identificere de naturvidenskabelige argumenter i teksterne og adskille dem fra personlige meninger og opfattelser. Vurderingen af argumentationens gyldighed kan eksempelvis baseres på undersøgelser af de bagved liggende kilders troværdighed og dens naturfaglige konsistens. Kun i få tilfælde vil eleverne kunne analysere argumentationen til bunds ud fra deres viden fra fysik og de øvrige naturfag.

”Eleverne skal kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe.” [LPB 2.1]

Formidling er et væsentligt aspekt af den gymnasiale undervisning i fysik, og den omfatter såvel skriftlig som mundtlig fremstilling. Eleverne skal beherske et bredt udvalg af genrer inden for formidling, fra interne faglige rapporter vedrørende udført eksperimentelt arbejde over projektrapporter med en bredere læserskare til formidling af faglig indsigt til modtagere uden særlige faglige forudsætninger. Fokuseringen på en valgt målgruppe understreger det væsentlige i, at formidlingen må ske på modtagernes præmisser, og at det må indgå bevidst i tilrettelæggelsen af såvel formidlingens indhold som form.

2.2 Kernestof

”Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede

- *grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie med fokus på Det kosmologiske Princip og Universets udvidelse, herunder spektrallinjers rødforskydning*
- *Jorden som planet i Solsystemet som grundlag for forklaring af umiddelbart observerbare naturfænomener*
- *naturens mindste byggesten, herunder atomer som grundlag for forklaring af makroskopiske egenskaber ved stof og grundstoffernes dannelseshistorie.” [LPB 2.2]*

Sigtet med dette område er at give eleverne et nutidigt, bredt kvalitativt grundlag for at forstå verden omkring sig - fra det allermindste til det allerstørste. Kendskab til det nuværende naturvidenskabelige verdensbillede er et nødvendigt udgangspunkt for meningsfyldt at beskæftige sig med såvel historiske som ikke-naturvidenskabelige verdensopfattelser.

Beskrivelsen af Universet kan bygge på en oversigt i form af et kosmisk zoom over de vigtigste strukturer (planet, stjerne, galakse, galaksehobe), så eleverne får overblik over typiske afstande. Det kosmologiske Princip, dvs. at Universet over kosmologiske afstande ser ens ud fra alle iagttagespunkter, inddrages i beskrivelsen, og dets filosofiske og historiske aspekter berøres. Beskrivelsen af hovedtrækkene i Universets udvikling suppleres med nedslag på udvalgte epoker eller udvalgte fænomener, der gøres til genstand for en nærmere faglig behandling (fx stoffets rekombination, dannelsen af de første stjerner, observation af exoplaneter m.m.).

Eleverne skal kende til spektrallinjers rødforskydning og tolkningen heraf gennem Universets udvidelse og Hubbles lov. Der er ikke krav om en egentlig behandling af andre observationsmæssige argumenter for Universets udvidelse, men eksistensen af sådanne naturvidenskabelige argumenter

bør understreges. Der er ikke krav om, at begrebet skalafaktor og modeller for Universets udvikling inddrages i undervisningen.

Med udgangspunkt i den heliocentriske model for Solsystemet behandles et udvalg af hverdagsfænomener som dag/nat, årstiderne, sol- og måneformørkelser.

Stoffets opbygning ud fra atomer og molekyler benyttes som udgangspunkt for forklaring af simple egenskaber ved stof. Atommodellens anvendelighed til kvalitativt at forklare makroskopiske egenskaber, kan illustreres ved simple hverdagssituationer (temperatur, tryk, varmetransport, fordampning). Grundstoffernes dannelseshistorie omfatter en oversigt over dannelsen af såvel de lette som de tunge grundstoffer. Der er ikke noget krav om en systematisk behandling af de forskellige typer kernereaktioner i denne sammenhæng.

”Energi

- *beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning*
- *kinetisk og potentiel energi i tyngdefeltet nær Jorden*
- *indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer*
- *ækvivalensen mellem masse og energi.” [LPB 2.2]*

I behandlingen af energibegrebet indgår som et væsentligt led, at det repræsenterer et menneskeskabt, abstrakt begreb, som baserer sig på en idé om en bevaret størrelse, der kan omdannes fra en form til en anden.

Energi er det overordnede begreb, som indgår i hvert af kernestoffets områder. Inden for de enkelte hovedområder fremhæves og uddybes elevernes kendskab til energibegrebet, herunder energikilder, omsætning af energi og energiomsætningen. Inden for varmelæren behandles energiforhold ved temperaturændringer og faseændringer på en sådan måde, at det er muligt at udføre beregninger og analysere simple eksperimenter. Der er ikke et krav om behandling af processer med ideale gasser.

Kinetisk energi og potentiel energi i det homogene tyngdefelt kan indføres på eksperimentel basis. Der er ikke krav om en systematisk behandling af mekanisk energi i relation til Newtons love.

Ækvivalensen mellem masse og energi kan behandles på empirisk grundlag gennem inddragelse af massedefekt og bindingsenergi.

”Elektriske kredsløb

- *simple elektriske kredsløb med stationære strømme beskrevet ved hjælp af strømstyrke, spændingsfald, resistans og energiomsætning.” [LPB 2.2]*

Dette område af kernestoffet indeholder i det væsentlige grundbegreberne strømstyrke, spændingsfald og resistans. Undervisningen kan med fordel tilrettelægges så de fundamentale principper og begreber knyttes tæt sammen med eksperimentelt arbejde. Beskrivelse af forskellige komponenters funktions- og anvendelsesmuligheder kan ske på basis af simple karakteristikker. Energiomsætningen i en resistor indgår.

Resistorkoblinger og modeller for spændingskilder skal ikke behandles systematisk. I et tematisk forløb om elforsyning kan behandling af resistorkoblinger og resistivitet være et naturligt led i arbejdet med at forstå fx elledningernes resistans og brugen af højspænding.

Det er naturligt at inddrage samfundets elektriske energiforsyning og energiomsætning, men der er ikke et krav om en behandling af vekselspænding og transformation. Aktuelle anvendelser så som solceller, brændselsceller og superledning er oplagte temaer.

”Bølger

- *grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens*
- *lyd og lys som eksempler på bølger*
- *det elektromagnetiske spektrum.” [LPB 2.2]*

Der er ikke noget krav om en systematisk behandling af bølger ud over grundbegreberne, der naturligt behandles i forskellige tematiske sammenhænge. Under området bølger hører de to centrale emner lys og lyd, der er nært knyttet til menneskets sanser og udveksling af information.

Emnet lyd kan behandles i et tematisk forløb om musik og lyd, gerne i samspil med musikfaget. I den sammenhæng kan det være naturligt at inddrage emnet stående bølger, men det er ikke et krav. Eleverne skal kunne anvende det optiske gitter til bestemmelse af bølgelængder, men der er ikke noget krav om en systematisk behandling af diffraktion. Behandlingen af det elektromagnetiske spektrum skal give eleverne et overblik over de forskellige bølgelængdeområder og de tilsvarende typiske strålingskilder.

”Kvantefysik

- *atomers og atomkerners opbygning*
- *fotoners energi, atomare systemers emission og absorption af stråling, spektre*
- *radioaktivitet, herunder henfaldstyper, aktivitet og henfaldsloven.” [LPB 2.2]*

I behandlingen af atomer og atomkerners opbygning inddrages elektrisk ladning, protonantal, neutronantal og nukleonantal som karakteristiske størrelser. Eleverne skal kende betydningen af den elektromagnetiske og stærke vekselvirknings betydning for atomers og atomkernes opbygning, men der kræves ikke en systematisk behandling af emnet.

Atomers emission og absorption kan behandles med udgangspunkt i Bohrs model for hydrogenatomet og fotonens energi. Eleverne skal kende tolkningen af simple atomare absorptions- og emissionsspektre.

Behandlingen af henfaldsloven skal ses i sammenhæng med behandlingen af eksponentialfunktioner i matematikundervisningen. Eleverne skal kunne anvende de grundlæggende bevarelsesætninger til opstilling af reaktionsskemaer for kernereaktioner, herunder alfa-, beta- og gammahenfald samt elektronindfangningsprocesser. Sikkerhedsforhold ved omgang med ioniserende stråling indgår naturligt i forbindelse med det eksperimentelle arbejde eller et tema om medicinske anvendelser.

I forbindelse med kernefysikken indgår, hvordan man kan beregne reaktioners Q -værdi og kernerens bindingsenergi med henblik på forståelse af energiforhold ved bl.a. fusions- og fissionsprocesser. Det kan ske med udgangspunkt i et tema om stjerners fødsel, liv og død.

”Mekanik

- *kinematisk beskrivelse af bevægelse i én dimension*
- *kraftbegrebet, herunder tyngdekraft, tryk og opdrift*

- *Newtons love anvendt på bevægelser i én dimension.*” [LPB 2.2]

Kinematikken kan behandles ud fra konkrete eksempler på bevægelse, fx elevernes egne sportspræstationer gennem inddragelse af moderne udstyr til dataopsamling eller anvendelse af videoanalyse. Det anbefales, at den teoretiske del af kinematikken knyttes til elevernes kendskab til differential- og integralregning, så de matematiske begreber gives en fysisk tolkning.

Anvendelse af virtuelle eksperimenter og simuleringsprogrammer kan med fordel indgå, så forståelsen af det fysiske system ikke overskygges af matematiske og numeriske problemer.

I forbindelse med behandlingen af Newtons love indgår generelle egenskaber ved kræfter, herunder kræfters sammensætning og projektion på en retning.

Tyngdekraft, tryk og opdrift indgår som eksempler på kræfter. I behandlingen af tryk indgår tryk i væsker og gasser, herunder trykkets variation med dybden i en væske. Der er ikke krav om inddragelse af tilstandsligningen for en ideal gas.

2.3 Supplerende stof

”Eleverne vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Det supplerende stof, der udfylder ca. 25 pct. af uddannelsesstiden, skal vælges, så det tilgodeser såvel fagets overordnede mål som de faglige mål. I det supplerende stof skal indgå aktuelle eller samfundsrelevante problemstillinger, herunder en belysning af fysiske eller teknologiske aspekter af bæredygtig udvikling.” [LPB 2.3]

Det supplerende stof vælges af lærer og elever i fællesskab med sigte på at bidrage til, at eleverne kan nå de faglige mål. Arbejdet med det supplerende stof udgør en væsentlig del af fagets samlede uddannelsesstid, og der er derfor mulighed for såvel at uddybe kernestof som at inddrage helt nye faglige emner.

Aktuelle begivenheder, eksempelvis i form af markante naturfænomener eller forskningsresultater omtalt i medierne, kan ofte med fordel inddrages i undervisningen, også selv om det kræver fravigelse af den lagte plan. Historiske begivenheder eller enkeltpersoners indsats kan i mange sammenhænge give et nyt perspektiv på mere traditionelle undervisningsemner.

Ved valg af supplerende stof kan der tages særligt hensyn til mulighederne for fagligt samspil med såvel matematik, andre studieretningsfag og de øvrige naturfag som med de obligatoriske fag i et flerfagligt samarbejde eller i almen studieforbereelse, jf. [3.4 Samspil med andre fag](#)

Undervisningen i Fysik B skal give eleverne indblik i fysiske og teknologiske aspekter af bæredygtig udvikling. Sådanne aspekter kan indgå i fysikundervisningen i forbindelse med temaer inden for området energi, men emner som klima og vand er også oplagte i denne sammenhæng. Undervisningsforløbene kan være enkeltfaglige, men der er også gode muligheder for samspil med de andre naturfag i fx det naturvidenskabelige grundforløb og mere generelt med fx samfundsfag i almen studieforbereelse.

3. Undervisningens tilrettelæggelse

3.1 Didaktiske principper

”Ved tilrettelæggelsen af undervisningen og udvælgelsen af stoffet skal der lægges vægt på, at eleverne får mulighed for at opleve faget som relevant, vedkommende og spændende.” [LPB 3.1]

Den enkelte klasse har i kraft af det begrænsede omfang af kernestoffet gode muligheder for at vælge temaer og synsvinkler, som kan tilgodese elevernes interesser og fremme deres engagement i det faglige arbejde. Hertil kommer, at faget ikke mindst gennem de mange muligheder for konstruktivt samspil med elevernes andre fag, har gode muligheder for at give eleverne indsigt i naturfagenes arbejds- og tænkemåder.

3.1.1 Elevforudsætninger

Undervisningen skal tage udgangspunkt i elevernes faglige niveau. Hvis Fysik B-forløbet starter allerede i 1.semester, er det således niveauet fra grundskolens 9. klasse, må man tage udgangspunkt i. Starter forløbet senere, må viden og kompetencer fra det naturvidenskabelige grundforløb, de øvrige naturfag og evt. tidligere fysikundervisning indgå i valget af udgangspunkt.

Den typiske elev fra grundskolens 9. klasse et overvejende kvalitativt kendskab til en lang række fysiske fænomener, ofte fast knyttet til et bestemt tematisk undervisningsforløb. Eleverne er nysgerrige og har erfaringer med undersøgende, eksperimentelt arbejde med lille vægt på kvantitative målinger og skriftlig efterbehandling. Numeriske problemer og fagets formelle side indgår kun i meget begrænset omfang i undervisningen. I Undervisningsvejledningen til Fysik C, afsnit 3.1 findes en lidt nærmere karakteristik af undervisningen i grundskolen.

Undersøgelser viser, at en væsentlig andel af eleverne ved starten af gymnasieforløbet har såkaldt konkretoperationelle tankemønstre. Det betyder, at de tankemæssigt har svært ved at tage udgangspunkt i abstrakte formuleringer og håndtere problemer med mere end en uafhængig variabel. De har svært ved at bruge matematiske begreber som ligefrem og omvendt proportionalitet, ligesom de har vanskeligheder med brug af abstrakte modeller til at forklare og forudsige (herunder hypotetisk/deduktiv tænkning). Dette aspekt af elevernes forudsætninger, som er omtalt nærmere i Undervisningsvejledningen til Fysik C, afsnit 3.1, betyder, at der i planlægningen af undervisningen må arbejdes bevidst med, hvordan de nødvendige tankemønstre kan fremmes gennem forløbet.

3.1.2 Planlægning og progression

Undervisningen planlægges af læreren og eleverne i fællesskab under hensyntagen til den generelle studieplan for undervisningen i den pågældende klasse. Ved starten af undervisningen skal eleverne have forelagt en overordnet plan for fysikundervisningen eller medvirke til udarbejdelse af en sådan. Siden følges dette op med års- eller semesterplaner. I planerne afsættes tid til de forskellige forløb, herunder eksperimentelt og skriftligt arbejde, ekskursioner, samarbejdet med andre fag (fx matematik), evaluering af undervisningen m.m. Planerne bør ikke laves så stramme, at der ikke er mulighed for løbende justering og inddragelse af aktuelle begivenheder og ændrede prioriteringer undervejs.

Den overordnede plan kan med fordel udformes, så den medvirker til at sikre, at delmålene for de enkelte forløb vælges, så det er tydeligt, at de opstillede forløbsmål for det enkelte forløb sikrer en klar progression hen mod de faglige slutmål for undervisningen. Progression er både et udtryk for, at den faglige sværhedsgrad stiger gennem forløbet, og at eleverne i stigende grad tilegner sig metoder, der gør dem i stand til at behandle mere komplekse problemstillinger. Eksempelvis kan an-

vendelse af en række matematiske metoder undertiden volde vanskeligheder for nogle elever på et hold. Det kan derfor være en fordel at vente med at fokusere på områder, hvor disse kompetencer er afgørende for forståelsen, indtil eleverne har opnået en vis grundlæggende viden og forståelse. Gennem forløb med differentieret undervisning er det muligt at tilgodese elevers forskellige forudsætninger og evner, så alle får lejlighed til at udbygge deres viden og indsigt. Samtidigt skal det overvejes, hvordan undervisningen i fysik kan bidrage til udviklingen af elevernes personlige kompetencer, herunder evnen til at samarbejde med andre og til at søge og behandle informationer i overensstemmelse med studieplanen.

Flere undersøgelser har peget på, at eleverne ved starten af gymnasieforløbet ikke har en klar forestilling om, hvad faget fysik omfatter. Det anbefales derfor, at det første undervisningsforløb er en introduktion til faget, som gennem eksempler belyser fagets genstandsområde og brugen af fysisk teori, gerne i et samspil med elev eksperimenter. De fleste elever vil opleve den kvantitative tilgang til fysikfaget som en stor forandring, og man må derfor ved introduktionen til faget vælge simple eksempler på kvantitative metoder som for eksempel grafisk afbildning og aflæsning.

Eksempel: Introduktionseksperimenter

Eleverne opvarmer lidt vand ved hjælp af et stearinlys og tegner en graf over sammenhængen mellem tid og vandets temperatur. Derefter udregner de modtagen energi, brugt energi, nyttevirkning og effekt ud fra de nødvendige formler, der simpelthen præsenteres. Eksperimentet kan benyttes som en simpel introduktion til et forløb, hvor eleverne arbejder i grupper. I mere frit udformede eksperimenter kan man undersøge opvarmning af vand med en lang række andre energikilder fx sprit, petroleum, madolie og lightergas. Dermed er der også lejlighed til at perspektivere til næringsmidlers og andre energikilders energiindhold. Det kan også være forskellige elektriske opvarmningsformer med særlig henblik på at bestemme nyttevirkningen. Med de samme formler kan en lang række andre fænomener undersøges eksperimentelt. Eksempelvis kan kroppens energiafgivelse til koldt vand vurderes ud fra et forsøg med en hånd i koldt vand.

Hvis Fysik B-forløbet starter som studieretningsfag allerede i grundforløbet, skal undervisningen sammen med det naturvidenskabelige grundforløb sikre en introduktion til faget, der støtter elevernes valg af studieretning ved afslutningen på grundforløbet. Når skolen har flere parallelle fysikforløb i grundforløbet, må der i grundforløbet ske en koordinering mellem de forskellige klassers undervisning, som gør det praktisk muligt for eleverne at vælge en anden studieretning end den, de valgte i forhåndstilkendegivelsen. Denne koordinering sker primært gennem en beslutning om, hvilke delmål alle klasser arbejder med, snarere end gennem et valg af et bestemt fælles stof. Da de faglige mål og kernestoffet for Fysik B omfatter alle mål og alt kernestof for Fysik C-undervisningen, kan denne koordinering ske, uden at det lægger særlige bånd på Fysik B-undervisningen.

I starten af gymnasieforløbet vil en udstrakt brug af formel matematik ikke bidrage til, at mange elever ikke få udviklet deres forståelse for fysikkens begreber. Man kan i stedet med fordel udvikle begrebsdannelsen gennem sproglige beskrivelser og derigennem støtte tilegnelsen af de matematiske beskrivelser, så de indser nytten af den udstrakte brug af matematik i fysik.

Undervisningen i Fysik B skal understøtte elevernes udvikling fra elev til student. Tidligt i forløbet må læreren i overensstemmelse med de lokale aftaler orientere eleverne om den fagspecifikke studieteknik og hjælpe dem til at tilegne sig en god notatteknik og gode lektielæsningsvaner. I forbindelse med laboratoriearbejde kan man med fordel starte med at skrive logbog over det eksperimen-

telle arbejde. Undervejs i forløbet må der arbejdes mere med udviklingen af studiemetoder, herunder individuelt arbejde med stoffet, så eleverne sættes i stand til selv at tilegne sig stof og formidle det.

3.1.3 Undervisningsforløbene

”Undervisningen skal tilrettelægges, så der veksles mellem systematisk og tematisk tilrettede forløb og projekter samtidigt med, at der sikres progression i kravene til elevernes selvstændighed og en perspektivering gennem inddragelse af forhold uden for fysikken.” [LPB 3.1]

Undervisningsforløbene skal tilrettelægges i samarbejde med eleverne, så de har indflydelse på såvel valg af arbejdsformer og tema som supplerende stof og perspektivering. I forbindelse med det enkelte undervisningsforløb gøres eleverne opmærksom på, hvilke faglige mål der er i fokus, samt hvordan disse mål tænkes nået. Målene hører med i lærerens beskrivelse af undervisningsforløbet på linje med tidsforbruget, det berørte kernestof, litteratur, eksperimentelt arbejde, de valgte arbejdsformer, herunder skriftligt arbejde, samt evalueringen af såvel elevernes udbytte som undervisningen.

Ved udvælgelsen af målene for det enkelte forløb må man tage i betragtning, at målene i læreplans afsnit 2.1 er de slutmål, som gælder ved afslutningen af det samlede Fysik B-forløb. I de enkelte undervisningsforløb må man fokusere på et mindre antal mål, der i indhold og ambitionsniveau peger frem mod slutmålene, jf. eksemplet nedenfor og forløbseksemplerne i kapitel 5.

Eksempel: Mål for et undervisningsforløb

For et undervisningsforløb om energi tidligt i et Fysik B-forløb kan målene være:

Det er sigtet, at eleverne efter forløbet kan

- bruge en grundlæggende fysikmodel til at forstå fænomener og sammenhænge i naturen
- indsamle information om et fysikemne samt bearbejde og formidle denne information til klassekammerater
- anvende simple matematiske modeller (lineære sammenhænge)
- udføre simpelt laboratoriearbejde og udforme en rapport med vægt på databehandling, diskussion og konklusion

Af hensyn til overskueligheden bør de enkelte undervisningsforløb ikke være for lange. I fysik er der store variationsmuligheder ved tilrettelæggelsen af de enkelte undervisningsforløb. Dette bør udnyttes til at skabe variation i undervisningen og til at give eleverne indflydelse.

I Fysik B-undervisningen indgår såvel systematisk som tematisk tilrettede undervisningsforløb. I starten af Fysik B-forløbet bør de systematiske forløb indskrænkes til kortvarige introduktioner til tematiske forløb om nye emner eller som opsamling og afrunding efter et tematisk forløb. Mod slutningen af Fysik B-forløbet kan de systematiske forløb bruges som oplæg til elevernes selvstændige arbejde med et emne, eksempelvis i et projektforsløb.

Et undervisningsforløb, der er styret af et perspektiverende tema, giver gode muligheder for, at eleverne oplever faget og undervisningen som spændende, relevant og vedkommende. Det kan inden for fagets rammer ske gennem inddragelse af fx historiske aspekter, teknologiske problemstillinger, hverdagsforestillinger eller samfundsforhold. En anden mulighed er at inddrage andre fag i et al-

mindeligt fagsamarbejde eller i form af et forløb under almen studieforbereelse. De tre særlige typer perspektiverende forløb er omtalt nærmere i afsnit 3.1.4.

Et tematisk undervisningsforløb kan tilrettelægges, så kernestof indledningsvis behandles i et kort, kursuslignende forløb, der lægger op til, at eleverne i mindre grupper arbejder med temaet enten med fælles eller med selvvalgte problemstillinger. Dette kunne være et forløb om energi, hvor det overordnede tema kan være brintsamfundet. Efter et indledende kursusforløb arbejder eleverne i mindre grupper med en selvvalgt komponent i brintsamfundet - brændselscellen, vindkraft, solceller mv.

Eksempel: Energi som tema

Området kan behandles med udgangspunkt i *Danmarks energistrømme*, der hvert år udsendes i en aktuell udgave af Energistyrelsen. Diagrammet danner udgangspunkt for at arbejde med de grundlæggende størrelser energi, effekt og nyttevirkning samt simple beregninger knyttet hertil. Efter en diskussion af begreber som energikilde, -modtager og brændværdi vælger eleverne gruppevis en del af energisystemet, som de arbejder nærmere med. Under arbejdet med de udvalgte energiformer udfører eleverne simple eksperimenter til belysning af relevante energiomsætninger, som beskrives i rapportform. Hver holds arbejde sammenfattes i en præsentation for resten af klassen.

Et undervisningsforløb kan også tilrettelægges med udgangspunkt i et tema, hvor kernestoffet inddrages undervejs, når den faglige behandling af temaet naturligt lægger op til det.

Eksempel: Forløb om lyd og musik

Udgangspunktet er i fysikkens beskrivelse af musikinstrumenter og deres virkemåde. Med udgangspunkt i en pc-baseret frekvensanalyse af forskellige instrumenter og menneskestemmer introduceres begreberne frekvens, tone og klang. I forbindelse med en diskussion af lydbølgernes udbredelse inddrages begreberne bølgelængde og udbredelseshastighed. Eleverne arbejder derefter i mindre grupper med hver deres musikinstrument. I forbindelse hermed indgår begreberne resonans og stående bølger. Disse kan behandles med en kvalitativ, eksperimentel tilgang. Endelig inddrages forbindelsen mellem lyd og høresansen, og i den forbindelse omtales mulige høreskader og måder til at undgå dem. Forløbet afsluttes med, at hver gruppe kort præsenterer sit instrument med en forklaring af, hvordan det fysisk set virker.

Det er ikke et krav, at det enkelte forløb skal holde sig inden for et enkelt af de faglige områder, som indgår i kernestoffet. Man kan således udmærket tilrettelægge et forløb, som inddrager dele af området energi og stoffets atomare opbygning for herigennem at belyse eksempelvis forbindelsen mellem temperatur og mikroskopisk bevægelse.

3.1.4 Perspektivering

Perspektiveringen i fysikundervisningen skal medvirke til, at eleverne oplever faget som relevant og vedkommende. Dette opnås blandt andet ved at sætte faget i forbindelse med andre fag og forhold uden for skolen. Mange fænomener kan beskrives og forklares ved fysiske metoder og teorier. Det kan være vejret, sanserne og bevægelse af forskellige genstande på Jorden. Spørgsmål som, hvorfor en ting har en farve, eller hvordan et apparat fungerer, kan danne udgangspunkt for særlige undervisningsforløb og understøtte elevernes nysgerrighed efter at forstå omverdenen, og samtidig være

eksempler på, hvordan fysik kan bidrage til forståelse af fænomenerne. Eleverne bør have væsentlig indflydelse på valget af emner. Perspektiverne kan behandles både i forbindelse med teoretisk og eksperimentelt stof, og et forløb kan inddrage flere forskellige perspektiver. I arbejdet med perspektiverne kan man også inddrage supplerende stof. Eleverne kan efter interesser danne grupper, der arbejder med forskellige emner, hvilket kan øge engagement og fordybelse. Studiebesøg, ekskursioner og praktisk arbejde uden for skolen er en naturlig del af fysikundervisningen på alle niveauer. Sådanne aktiviteter er særligt egnede i forbindelse med undervisningen i perspektiverne og ved det eksperimentelle arbejde.

Det oven for nævnte krav om perspektivering gennem inddragelse af forhold uden for fysikken er i læreplanen suppleret med et krav om tilrettelæggelse af særlige perspektiverende forløb:

”Der skal tilrettelægges forløb, som tilgodeser følgende perspektiver:

- *fysik belyst gennem samspillet med historie, religion eller filosofi*
- *fysik set i relation til teknologi- og samfundsudvikling og den tilhørende samfundsdebat*
- *fysik i tilknytning til et paradigmeskift i den menneskelige erkendelse.”* [LPB 3.1]

Det første perspektiv kan tilgodeses gennem forløb, som viser, at fysikkens beskrivelse af omverdenen ikke er statisk, men et resultat af en historisk proces, hvor begreber og teorier har udviklet sig. Eksempler herpå kan hentes fra bestemte historiske epoker, som fx den klassiske oldtid eller perioden efter renæssancen. Man kan også tilrettelægge undervisningsforløb, hvor den moderne beskrivelse af Universets udvikling kontrasteres med religiøse skabelsesmyter.

Så vidt muligt sker dette i et samarbejde med det eller de relevante fag, hvor faget historie altid vil være en mulighed, mens samarbejdet med et fag som religion afhænger af fagenes placering i det treårige forløb.

Eksempel: Galilei i et samspil mellem fysik og historie

Galilei er især kendt for sit arbejde med legemers bevægelse (penduler og faldloven) og sit forsvær for det kopernikanske verdensbillede. Desuden forbindes Galilei med udviklingen af kikkerten.

Forløbet tager udgangspunkt i Galileis arbejde med beskrivelsen af bevægelser især det frie fald. Der læses uddrag af Galileis egne værker. Herefter diskuteres, hvordan en beskrivelse af den reelle verden gennem en idealiseret verden, er en frugtbar metode til at opnå naturvidenskabelig viden. Endelig arbejdes med et udvalg af Galileis mange undersøgelser af pendulbevægelsen. Der laves elev eksperimenter med en faldrende, det frie fald og det matematiske pendul. Forløbet afrundes med udvalgte dele af Galileis livshistorie.

Forløbet kan udvikles med henblik på almen studieforberedelse og være grundlag for en studiereise til Firenze.

Det andet perspektiv *”fysik set i relation til teknologi- og samfundsudvikling og den tilhørende samfundsdebat”* kan tilgodeses gennem inddragelse af historiske eller aktuelle problemstillinger, fx den industrielle revolution, indførelsen af elektricitet til boligformål eller den fremtidige energiforsyning.

Eksempel: Kommunikation - i samarbejde med historie og samfundsfag

Kommunikationsteknologiens betydning for samfundsudviklingen belyses gennem historiske eksempler. I den forbindelse behandles elektrisk kommunikation, herunder telegrafene, trådløs kommunikation inkl. mobiltelefoni, radio og TV samt optisk kommunikation i lysledere. Også kommunikationsteknologiens og internettets betydning i det moderne samfund og for elevernes egen hverdag bliver taget op.

Der er gode muligheder for at lave eksperimentelt arbejde indenfor både elektrisk - og optisk kommunikation.

Ekskursioner kan komme på tale til Post og Tele Museum, Danmarks Tekniske Museum, El-museet ved Tange eller NKTs udstilling i Brøndby.

Ud over almindelige lærebøger kan man bruge materiale fra Keld Nielsen m.fl.: *Skruen uden ende*. Nyt Teknisk Forlag 2001

Endelig kan det tredje perspektiv ”fysik i tilknytning til et paradigmeskift i den menneskelige erkendelse” naturligt inddrages i fx et forløb om historiske verdensbilleder, hvor skiftet fra geocentrisk til heliocentrisk verdensbillede spiller en væsentlig rolle.

Eksempel: Hvor kommer grundstofferne fra? - i samarbejde med kemi

Emnet kan indledes med en kort historisk gennemgang af forsøgene på at forklare fænomener ud fra en opdeling af alt stof i smådele: "De fire elementer", Mendelejevs periodesystem og andre atomistiske opfattelser af stof (Demokritos, Epikur, Lukretius). Periodesystemets "sejrsang" igennem 1900-tallet, og endelig i 1980'erne skanningstunnelmikroskopet, som gør det muligt at "se" enkelte atomer. Uddybende behandling af periodesystemet med inddragelse af historien om hafnium. Grundstoffernes dannelseshistorie behandles med udgangspunkt i de lette grundstoffers oprindelse i Big Bang, dannelsen af de øvrige lette grundstoffer i stjernerne, tunge grundstoffers oprindelse i supernovaeksplosioner og menneskeskabte grundstoffer.

Ud over almindelige lærebøger kan man inddrage:

Preben Hartmann-Petersen: *Mendeleev og det periodiske system*. Polyteknisk Forlag 2000.

Helge Kragh: *Atomteoriens historie - belyst ved kildekrifter*, Gyldendal 1973

3.1.5 Aktualisering gennem udadrettet virksomhed

”Der skal så vidt praktisk muligt tilrettelægges mindst ét forløb, hvor holdet arbejder med aktuelle problemstillinger, som har udgangspunkt i en konkret virksomhed eller forskningsinstitution.”

[LPB 3.1]

Samarbejde med virksomheder er en god mulighed for perspektivering af det faglige stof. I tilgift opnår eleverne viden om, hvad jobbet fysiker eller ingeniør i en virksomhed går ud på. Endvidere kan der senere i undervisningen i mange situationer trækkes på en opnået fælles erfaring om, hvad fysik "bruges til i praksis".

Landet over har en række virksomheder udviklet specielle tilbud til besøgende elever. Gennem Dansk Industris skolekontaktordning kan man ofte få hjælp til at finde mulige samarbejdspartnere i lokalområdet. Generelt er virksomheder imødekommende over for henvendelser om besøg, men det

er vigtigt at være opmærksom på, at et besøg skal forberedes grundigt af begge parter, så man undgår spild af tid og har sikret sig, at programmet passer med elevernes niveau og forberedelse.

Eksempel: Samarbejde med en virksomhed, der leverer optiske komponenter

Det indledende arbejde på skolen består i at søge på internettet for at finde materiale om virksomhedens hovedprodukt, undersøge alternative produkter eller produktionsmetoder. Man kan eventuelt i samarbejde med samfundsfag undersøge markedsudvikling og økonomi. I fysik undervises i de grundlæggende aspekter af optik.

Ved besøget præsenteres virksomheden, eleverne vises rundt og får lejlighed til at tale med medarbejdere. Holdet låner produkter og komponenter med hjem til skolen, hvor de kan undersøges. Eleverne vælger i grupper et emne inden for optik med tilknytning til det lånte materiale. I forbindelse med arbejdet på skolen er medarbejdere konsulenter, som svarer på elevernes spørgsmål via elektronisk post. Ved afslutningen af forløbet præsenterer de forskellige elevgrupper deres arbejde for klassen og repræsentanter for firmaet.

Forløbet dækker kernestoffet om lys og inddrager som supplerende stof lyskilder, optiske fibre o.lign. Det skriftlige arbejde omfatter såvel rapportering af skriftligt arbejde som en elektronisk præsentation.

Virksomhederne har tit svært ved at afsætte ressourcer til gentagne besøg, længerevarende besøg eller mange elevers praktiske arbejde. Normalt må læreren sørge for undervisningsmateriale og strukturering af samarbejdet. For at få mest muligt ud af de ressourcer, virksomheden kan afsætte, kan arbejdet med teori, undersøgelse af virksomhedens baggrund m.v. ske på skolen. Ofte giver et sådant besøg anledning til at etablere et varigt samarbejde mellem virksomheden og skolen, og virksomhedens investering i udarbejdelse af fx foredrag, rundvisningsplan el. lign kan så udnyttes ved senere lignende besøg.

De fleste videregående uddannelsesinstitutioner inden for ingeniørvidenskab og naturvidenskab har etableret et katalog over muligheder for studiebesøg. Sådanne studiebesøg er specielt velegnede til det mere avancerede eksperimentelle arbejde og kan derved give eleverne en fornemmelse for forskningsarbejdet. Disse besøg kan samtidigt bidrage til studievejledningen af eleverne. Flere af tilbuddene er ret populære, og det er klogt at arrangere et sådant besøg i god tid.

Samarbejdet med en virksomhed eller uddannelsesinstitution kræver ikke, at man besøger virksomheden eller institutionen. Ofte kan man i stedet få besøg på skolen af en ingeniør, en ældre studerende eller en forsker, der kan fortælle om arbejdspladsen og sit eget specielle område som oplæg til elevernes eget arbejde inden for samme område.

Der er mange andre muligheder for fysikundervisning uden for skolen. På Dansk Naturvidenskabsformidlings hjemmeside er der adgang til en database, der viser mange muligheder og eksempler på allerede gennemførte forløb.

Ønsker man at arbejde med historiske eller formidlingsmæssige sider af undervisningen eller blot give eleverne en god oplevelse med naturvidenskab, er de mange museer, planetarier og sciencecentre en god mulighed. Flere af stederne er der også mulighed for at udføre eksperimentelt arbejde både kvalitativt og kvantitativt. Hertil kommer række offentlige og halvoffentlige institutioner, hvor man kan møde ”anvendt fysik”. Det er i første række hospitaler, kraftværker og elforsynings-

selskaber, hvor specielt den medicinske fysik har stor appel til eleverne. Sådanne ekskursioner kræver også en grundig forberedelse for at sikre et godt fagligt udbytte.

3.1.6 Koordination med matematik

”Ved tilrettelæggelsen skal der lægges vægt på koordinationen med matematik, så undervisningen i fysik bygger på realistiske forudsætninger om elevernes matematiske kompetencer. Formel matematisk argumentation har mindre betydning end anvendelsen af matematik i studiet af fysiske systemer med inddragelse af elevernes it-baserede matematiske værktøjer, it-baserede simulationer mv.” [LPB 3.1]

I Fysik B-undervisningen kan man formelt ikke forudsætte kompetencer i matematik ud over Matematik C. Men i den enkelte klasse og på det enkelte hold kan elevernes faktiske matematiske kompetencer være på et betydeligt højere niveau.

I en studieretning vil Fysik B normalt være kombineret med matematik på mindst B-niveau. Alle eleverne vil her gennem undervisningen i matematik få kompetencer inden for modellering og kendskab til fx differential- og integralregning, som kan udnyttes i fysikundervisningen.

Behandlingen af mekanikken kan i så fald med fordel ske samtidigt med eller efter, at eleverne introduceres til differential- og integralregning i matematik. På den måde kan fysikundervisningen vise matematikkens anvendelighed i en mere konkret sammenhæng, samtidigt med at den åbner for at forstå de matematiske begreber på en anden måde. Tilsvarende fordele opnås ved at koordinere introduktionen af eksponentialfunktioner med modellering af radioaktivt henfald.

Når Fysik B er et valgfag, kan der være betydelig forskel på elevernes matematiske kompetencer. I så fald må læreren ved starten af undervisningen og i en løbende dialog med eleverne sørge for at have et overblik over elevernes viden og kompetencer i matematik, så undervisningen kan afstemmes efter deres forudsætninger, gerne gennem en differentieret tilrettelæggelse.

Det er naturligt, fysikundervisningen bidrager til matematikundervisningen med konkrete eksempler, data og lignende, som kan inddrages i behandlingen af de forskellige emner. Det gælder fx statistiske data til brug i forbindelse med statistik og sandsynlighedsregning eller data og modeller i forbindelse med modellering.

3.1.7 Undervisningsmaterialer

De valgte undervisningsmaterialer skal være varieret sammensat og tilpasset elevernes niveau. En traditionel lærebog kan være et udmærket grundlag for undervisningen, fordi den sikrer en grundlæggende terminologi og en klar linje i forløbene. Men det er afgørende, at det er fagets mål og ikke lærebogen, der er styrende for undervisningens indhold og tilrettelæggelse. Hertil kommer, at en lærebog som regel ikke kan stå alene. Den må suppleres med perspektiverende og aktualiserende materialer, hentet fra fx andre bøger, temahæfter, populærvidenskabelige artikler, materialer fra medierne eller fra cd-rommer og internettet, gerne gennem elevernes selvstændige fordybelse i stoffet.

Generelt set bør der i undervisningsmaterialet til alle forløb indgå eksempler på perspektiverende bilag, der kan indgå som en del af den mundtlige prøve. Eleverne skal undervises i, på hvilken måde bilaget kan bidrage til en perspektivering af det givne emne.

Eleverne skal forberedes til et samfund, hvor store informationsmængder er til rådighed, og de skal derfor kunne søge, sortere og bearbejde informationer og fremstille resultatet på en overskuelig mundtlig eller skriftlig form. Mange elever fristes imidlertid til at anvende materiale fra internettet ukritisk og ubearbejdet i forbindelse med løsning af opgaver. Det er i den situation nødvendigt, at eleverne i fysik og gerne sammen med andre fag undervises i, hvordan materialet kan bearbejdes, og hvordan man kan forholde sig reflekteret til indholdet.

Visse undervisningsmaterialer udnytter cd-rom og internettet med adgang til databaser og tilhørende analyseprogrammer. Det giver mulighed for at lave animationer og interaktive, virtuelle eksperimenter, som kan vise fysiske fænomener på en måde, der letter tilegnelsen, eller hvor man kan demonstrere fænomener, der ellers ikke kan laves eksperimenter med på skolen.

Faglige netsteder kan være et godt udgangspunkt for planlægningen af undervisningen, idet man her kan finde inspiration til fx eksperimenter og projekter. Desuden er der henvisninger til relevante forskningsinstitutioner mv. Når eleverne skal foretage ekstern informationssøgning tilrådes det, at læreren i starten organiserer søgningen, så den bliver struktureret i forhold til den givne problemstilling.

3.2 Arbejdsformer

”Undervisningen skal tilrettelægges, så der er variation og progression i de benyttede arbejdsformer under hensyntagen til de mål, der ønskes nået med det enkelte forløb. Valget af arbejdsformer skal give eleverne mod til at udvikle og realisere egne ideer og til at indgå i samarbejde med andre.” [LPB 3.2]

Valget af arbejdsformer skal koordineres med klassens øvrige undervisning, jf. den overordnede studieplan for klassen. En vigtig ledetråd er, at arbejdsformerne skal give eleverne lyst til at udvikle og realisere egne ideer og til at indgå i samarbejde med andre. Der skal derfor også i fysik lægges stor vægt på at vælge arbejdsformer, der giver plads til såvel elevernes individuelle arbejde som samarbejde i mindre grupper. Hertil kommer, at alene variationen i de benyttede arbejdsformer kan virke motiverende på eleverne og derigennem stimulere deres aktive medvirken. Lærer og elever må i øvrigt løbende drøfte, hvilke arbejdsformer der skal anvendes, så eleverne får det optimale udbytte af undervisningen.

Der skal være en tydelig progression i valgene af arbejdsformer, så de medvirker til udviklingen fra elev til student. Dette gælder såvel omfanget af det selvstændige arbejde som graden af selvstændighed. Ved starten af undervisningen kan man ikke forvente, at eleverne kan håndtere store stofmængder på en gang, og man må derfor give dem tid til at arbejde selvstændigt med nye begreber og problemstillinger. Mange elever er i starten usikre på deres faglige niveau i fysik, og valget af arbejdsformer kan bidrage til, at der skabes en tryk atmosfære omkring undervisningen. Hen gennem forløbet må der ske en forskydning i arbejdsformerne, så eleverne får et øget medansvar for arbejdet med faget.

3.2.1 Eksempler på arbejdsformer

Nedenfor er en række eksempler på arbejdsformer, som hyppigt anvendes i fysikundervisningen. Rækkefølgen er ikke udtryk for nogen form for prioritering.

Foredragsformen er nyttig ved præsentation af et fagligt emne eller som oplæg til et gruppearbejde eller et projekt. Foredrag bør normalt være korte og fokuseret på få problemstillinger. En interessant populærvidenskabelig artikel, et aktuelt emne som fx baggrunden for årets Nobelpris, en satellitopsendelse eller en ny fysikopdagelse kan eksempelvis danne baggrund for et elevforedrag i klassen. Sådanne indslag kan også bidrage til at perspektivere undervisningen og styrke interessen for fysik.

Klassesamtalen er især anvendelig, når der er behov for et fælles teoretisk eller metodisk grundlag for hele klassen. Dialogen i klassen har form af spørgsmål og svar mellem lærer og elever eller blandt eleverne indbyrdes. Dette giver eleverne lejlighed til at formulere og besvare fagligt relevante spørgsmål. Samtalen skal medvirke til at strukturere og perspektivere elevernes faglige viden inden for et område. Eksempelvis kan et fælleseksperiment være et godt udgangspunkt for en faglig dialog om observation, databehandling og fortolkning af de registrerede fænomener. Klassesamtalen kan også anvendes ved en opsummering af faglige begreber og sammenhænge ved afslutningen af et forløb. Undervejs i klassesamtalen kan man med fordel lade eleverne arbejde i mindre grupper med spørgsmål om emnet, så de engageres i behandlingen af stoffet. Herved sikres, at også de svage elever får mulighed for at formulere svar og deltage i samtalen.

En såkaldt *POE-sekvens* bestående af forudsig (predict) – iagttag (observe) – forklar (explain) kan tvinge eleverne til at tænke over udfaldet af et eksperiment, før det udføres, og ved at sammenholde forudsigelserne med iagttagelserne give eleverne lejlighed til at tænke over deres egen forståelse af stoffet.

Eksempel: Predict – Observe – Explain

En tømt øldåse med lidt vand i bunden opvarmes over en gasflamme. Inden dåsen tages fra ilden og med en tang holdes med åbningen nedad i et kar med vand, udfordres eleverne til at forudsige, hvad der vil ske. Efter eksperimentet skal de så forklare, hvad der fysisk set får dåsen til at krølle sammen.

Skrivning indgår naturligt som et aktivt led i elevernes arbejde med stoffet, såvel i timerne som i hjemmearbejdet med forberedelse og efterbehandlingen af undervisningen. *Fokuseringsopgaver* kan virke som appetitvækkere og til at afgrænse et problem. Opgaven kan for eksempel være at give et kort referat af timens vigtigste pointer eller at strukturere en tekst ved at lave overskrifter til delafsnit. Man kan også benytte *associeringsskrivning* og brainstorm, hvor eleverne besvarer spørgsmål som fx: Hvad ved jeg om emnet? eller Hvad vil jeg gerne have at vide? Et *begrebkort*, der er et diagram over de vigtigste begreber i et stof, kan også være et godt arbejdsredskab. Nedskrivning af svar på faglige spørgsmål i timen og efterfølgende diskussion med en klassekammerat kan give alle elever mulighed for at deltage i en efterfølgende klassesamtale om svaret.

I fysik arbejder eleverne ofte i par eller i små grupper. Det sker fx ved det eksperimentelle arbejde og ved opgaveregning i timerne. Fysikopgaver og mere åbne arbejds spørgsmål til et teoretisk eller eksperimentelt arbejde kan give eleverne mulighed for selvstændigt at arbejde med stoffet. *Gruppearbejde* giver flere frihedsgrader end klassesamtalen, og elevgrupperne kan have forskellige arbejdsopgaver, som er tilpasset gruppernes forskellige forudsætninger. Ved længerevarende gruppearbejder kan en systematisk, elektronisk tilbagemelding fra grupperne til læreren efter hver lektion give læreren mulighed for at følge med i hver gruppes arbejde, hjælpe med relevant materiale og sikre fremdrift mod gruppearbejdets mål.

Ved en *projektorganiseret undervisning* udforsker og bearbejder eleverne selvstændigt eller gruppevis et problem, som de selv er med til at formulere. Projektarbejdet er en målrettet proces, der både er en undersøgelses- og læreproces. Udgangspunktet er en konkret problemstilling, hvis løsning kræver faglig indsigt ud over det deskriptive og reproducerende. Projektarbejdet afsluttes normalt med et produkt i form af en mundtlig eller skriftlig fremstilling. Det anbefales at starte træningen i projektarbejdsformen med korte forløb, hvor graden af lærerstyring efterhånden nedtones. Man kan fx starte med små informationssøgnings- og formidlingsprojekter i introduktionsperioden og senere fx eksperimentelt arbejde med frihedsgrader, hvad angår formål, anvendelse af udstyr, målemetoder og databehandling. Læreren fungerer som igangsætter, inspirator, grænsedrager, vejleder og konsulent. Eleverne medvirker ved at definere og afgrænse problemstillingen, vælge teorier og metoder, styre arbejdsprocessen og vælge præsentationsform. Projektorganiseret undervisning er især velegnet ved en del af det eksperimentelle arbejde og ved arbejde med tematisk tilrettede forløb.

Der er gode muligheder for internationalt samarbejde. Dette kan eksempelvis realiseres ved, at elevgrupper i forskellige lande kommunikerer via internettet og elektronisk post.

3.2.2 Eksperimentelt arbejde

”Elevernes eksperimentelle arbejde indgår som en integreret del af undervisningen og skal sikre dem fortrolighed med eksperimentelle metoder og brugen af eksperimentelt udstyr, herunder moderne it-baseret udstyr til dataopsamling og databehandling.” [LPB 3.2]

Eksperimenter er ofte et godt hjælpemiddel til at behandle fagets begreber og sammenhænge. Nye emner kan introduceres gennem eksperimenter og medvirke til, at eleverne får et fælles grundlag. Det eksperimentelle arbejde stiller ikke blot krav om reproduktion, men udfordrer også elevernes selvstændighed og kreativitet, ligesom undren over et hændelsesforløb kan være et godt motivationsmiddel. Eksperimenter kan give eleverne et førstehåndskendskab til fysiske fænomener og dermed erfaringer, de ellers kun vanskeligt får fra observationer i hverdagen. Eksperimentelt arbejde giver også gode muligheder for at benytte undervisningsdifferentiering.

Det eksperimentelle arbejde kan bidrage væsentligt til at nå undervisningens mål. Den eksperimentelle kompetence, herunder evnen til at iagttage systematisk og udføre eksperimenter systematisk og planlagt, trænes naturligt gennem det eksperimentelle arbejde. Det lægger også op til at præsentere og analysere data og formidle iagttagelser og resultater. Hertil kommer, at det eksperimentelle arbejde kan støtte udviklingen af andre kompetencer gennem at

- give erfaringsbaggrund for et begreb eller en lovmæssighed
- illustrere/understøtte en teori eller inddrage teorien i behandlingen af resultaterne
- give et grundlag for modellering ved at underbygge dannelsen af kvalitative modeller eller producere talmæssige resultater til videre databehandling
- støtte perspektivering, fx gennem undersøgelse af et naturfænomen eller hverdagsteknologi.

Endelig bidrager det eksperimentelle arbejde til at udvikle personlige kompetencer hos eleverne, herunder deres kreativitet og selvstændighed, evne til samarbejde i en konkret situation samt skærpe af iagttagelsesevnen.

Eleverne skal opnå fortrolighed med at anvende sædvanligt måleudstyr som multimeter, termoføler, energimåler. Edb-udstyr til dataopsamling introduceres bedst i forbindelse med eksperimenter, der er enten meget langvarige eller meget kortvarige, er af kompleks natur, eller som resulterer i mange måleresultater.

”Eksperimenterne skal udvælges, så der er progression i kravene til elevernes selvstændighed fra simple registreringer af eksperimentelle data over arbejde med mere komplekse sammenhænge til selvstændige eksperimentelle undersøgelser.” [LPB 3.2]

De første elev eksperimenter må være simple i kravene til talbehandlingen med begrænset brug af matematisk formalisme. Senere i forløbet skal eleverne kunne håndtere større datamængder og præsentere data på en hensigtsmæssig måde i form af fx grafer.

Et naturligt led i arbejdet med at udvikle den eksperimentelle kompetence er at diskutere med eleverne, hvordan man fastlægger relevante variable og tilrettelægger eksperimenter under hensyntagen til den nødvendige variabelkontrol. I starten kan det ske ved at arbejde med enkle eksperimenter, hvor problemformuleringen umiddelbart kan føre til en identifikation af én relevant, uafhængig variabel

”Der skal tilrettelægges mindst et længerevarende forløb, hvor eleverne i mindre grupper arbejder med en selvvalgt eksperimentel problemstilling.” [LPB 3.2].

Den eksperimentelle problemstilling kan være valgt inden for et fælles tema for hele holdet eller være valgt frit under hensyntagen til de praktiske muligheder. Normalt bistår læreren den enkelte gruppe med at udforme en fagligt relevant problemformulering. Omfanget af et af disse forløb svarer typisk til 8-10 timers arbejde i laboratoriet, hvortil kommer tid til den nødvendige forberedelse og efterbehandling. Resultaterne af arbejdet samles normalt i en gruppe rapport.

”Omfanget af elevernes arbejde udgør mindst 20 pct. af uddannelses tiden.” [LPB 3.2]

Tiden til elevernes eksperimentelle arbejde omfatter laboratoriearbejde, de længerevarende eksperimentelle forløb og de små eksperimenter, eleverne selv udfører som led i den daglige undervisning.

Om tilrettelæggelsen af det eksperimentelle arbejde

I undervisningen indgår mange forskellige typer af eksperimenter: kvalitative og kvantitative eksperimenter, fælleseksperimenter samt eksperimentelle undersøgelser og projekter.

Et fælleseksperiment giver gode muligheder for at skærpe elevernes iagttagelsesevne. De kan provokeres til at undre sig og til at ræsonnere, når resultaterne sammenholdes med forventningerne. Sådanne eksperimenter kan stadig være elevernes og altså i mindre grad være et traditionelt demonstrationseksperiment, men kan i mange tilfælde lige så godt udføres af eleverne.

Både åbne og lukkede problemstillinger kan være udgangspunkt for eksperimentelle forløb, ligesom antallet af frihedsgrader kan varieres. Lukkede problemstillinger med få frihedsgrader egner sig især til undersøgelse af grundlæggende fænomener eller sammenhænge, mens åbne problemstillinger med flere frihedsgrader kan være velegnede til at udvikle elevernes eksperimentelle kompetence, selvstændighed og samarbejdsevne. Det er vigtigt, at delmålene med et eksperimentelt forløb ikke indbyrdes modarbejder hinanden. Eksempelvis harmonerer en åben problemstilling (som principielt fordrer et ukendt resultat), dårligt med et ønske om, at formidling af kernestof skal være i fokus. Det er vigtigt, at oplægget til et eksperimentelt forløb ikke blot tydeliggør de rent faglige mål, men i lige så høj grad kompetenceaspekterne mere bredt. Når eleverne skal trænes i selvstændigt at planlægge og gennemføre eksperimenter, kan det ske ved at lade dem selv definere, hvad de vil undersøge, og selv lade dem vælge passende udstyr og målemetode. Antallet af friheds-

grader i eksperimenterne og detaljeringsgraden i oplægget giver mulighed for at skabe progression i det eksperimentelle arbejde.

For at understrege, at fysik beskæftiger sig med verden udenfor skolen, kan det i mange situationer være en god idé at henlægge undervisningen til andre steder end fysiklokalet. Egentlige ekskursioner kan fint indgå i mange forløb, og bedst når der indgår aktiviteter, der kræver elevernes aktive medvirken. Men også aktiviteter på sportspladsen eller fx måling på solindstrålingen kan være en positiv variation af arbejdsformerne.

Til elevforsøg hører et oplæg, der, afhængigt af forsøgets karakter, enten kan være skriftligt eller mundtligt, og hvis formål blandet andet er at fremme elevernes refleksion over arbejdet. Oplægget kan også have karakter af et ”prelab”, hvor eleverne arbejder med nogle af problemstillingerne i forsøget. Oplæg i form af skriftlige vejledninger kan også indeholde spørgsmål, der skal tages stilling til, eller udpegning af valg, der skal træffes af eleverne undervejs i arbejdet. Et virtuelt eksperiment, jf. afsnit 3.3.2, kan også være en del af oplægget til et forsøg, men de kan ikke i sig selv regnes for en del af det egentlige eksperimentelle arbejde.

Brugen af it kan af nogle elever opleves som en ekstra komplikation i det eksperimentelle arbejde. Det bør derfor tilstræbes, at eleverne oplever, hvordan anvendelse af grafisk lommeregner, regneark eller andre it-værktøjer kan være en lettelse i håndteringen af større datamængder gennem fx graf-tegning og brug af regression. Brugen af it i fysik er nærmere omtalt i afsnit 3.3 It.

Af hensyn til fagets almendannende sigte og den motiverende effekt kan det anbefales at udføre eksperimenter med ting fra elevernes hverdag. Det kan være briller, cykellygter, mobiltelefoner, musikinstrumenter, hårtørrere, solcellelamper, gadelygter, mikrobølgeovne samt krop og sanser. Af samme grund kan de undersøgte fænomener med fordel også vælges fra den umiddelbare natur, såsom solnedgange, regnbuen, haloen omkring Solen og Månen, stjernernes tindren, stjernernes farver, strandens varme sand, mosekonens bryg o.lign.

Efterbehandlingen kan have mange former og vil ofte munde ud i et skriftligt produkt, som dog ikke behøver at være en egentlig fysikrapport. I starten af Fysik B-forløbet kan hovedvægten således lægges på journaler, hvor databehandling og formulering af konklusioner er de centrale elementer. Ved fælles eksperimenter kan målingerne foretages og registreres af holdet, og resultaterne efterbehandles umiddelbart i timen eller som en del af elevernes hjemmearbejde til næste time. For kvalitative eksperimenter kan man bede eleverne om at nedskrive deres iagttagelser og give forklaringer. Som en del af konklusionen kan iagttagelsen sammenholdes med forventninger og teori. En del af efterbehandlingen af elevernes eksperimentelt arbejde skal udformes som rapporter, der kan skrives individuelt eller i grupper. Denne del af det skriftlige arbejde er omtalt under *Rapportering* i afsnit 3.2.4.

Eleverne skal opnå gode laboratorievaner og kunne færdes med omtanke og sikkerhedsmæssigt forsvarligt under det eksperimentelle arbejde. Uanset om et eksperiment primært udføres af eleverne eller læreren, skal relevante risiko- og sikkerhedsforhold inddrages i undervisningen. Dette gælder også forsøg, der udføres i samarbejde med personalet på en virksomhed eller en uddannelsesinstitution. Læreren vil altid have ansvaret for, at sikkerhedsforholdene er i orden og skal have afprøvet eksperimentelt udstyr og laboratorierutiner på forhånd. I forbindelse med eksperimenter med lys og lyd er det naturligt at inddrage sikkerhedsforhold for øjne og ører og omtale de oplagte farer i forbindelse med fx høj lydintensitet.

Ved eksperimentelt arbejde er eleverne omfattet af arbejdsmiljølovens såkaldt udvidede anvendelsesområde, og de nærmere regler er fastlagt af Arbejdstilsynet i *At-meddelelse nr. 4.01.9*. Her fastslås det: ”Ved planlægningen af undervisningen skal skolen sørge for, at eleverne kan udføre arbejdet med de praktiske øvelser sikkerheds- og sundhedsmæssigt fuldt forsvarligt i forhold til elevernes alder, indsigt, arbejdsevne og øvrige forudsætninger.” Derfor indgår det i fastlæggelsen af de nødvendige sikkerhedsforanstaltninger at sikre, at eleverne har opnået den fornødne rutine i god laboratoriepraksis, og at arbejdet foregår under tilstrækkelig instruktion.

Der henvises i øvrigt til sikkerheds- og sundhedsforskrifter fra Arbejdstilsynet, Elektricitetsrådet, Miljøstyrelsen og Sundhedsstyrelsen (Statens Institut for Strålehygiejne). Branchearbejdsmiljørådet – Undervisning og forskning har på netstedet www.risikomomenter.dk samlet eller henvist til de vigtigste sikkerhedsforskrifter m.m. Ansvaret for, at reglerne overholdes, er fordelt på arbejdsgiveren, den lokale sikkerhedsgruppe og på de enkelte lærere, som det fremgår af det nævnte netsted.

3.2.3 Mundtlig formidling

”Mundtlig fremstilling og skriftligt arbejde indgår som en væsentlig del af arbejdet med faget.”
[LPB 3.2]

I fysikundervisningen indgår arbejdet med at fremme elevernes mundtlige og skriftlige udtryksfærdighed i relation til såvel behandlingen af det faglige stof som ved behandlingen af emnernes perspektiver. Mundtlig formidling kan indgå på mange måder. Ofte sker det i fysikundervisningen i form af

- samtale, diskussion
- elevoplæg, foredrag
- forklaring af et fagligt emne
- referat, resumé

Samtalen kan omfatte lærer-elev-, lærer-klasse- og elev-elev-samtale. Ved klassesamtalen kan det være en fordel at lade eleverne stille spørgsmål og formulere forståelsesproblemer til dagens emne. Sådanne spørgsmål vil typisk være formuleret i hverdagsprog. Denne kendsgerning sammen med elevernes faglige problemer kan ofte være et relevant udgangspunkt for en drøftelse i klassen.

Elevernes mundtlige arbejde med stoffet kan fremmes ved at danne par eller mindre grupper, som drøfter et fagligt emne med tilknyttede opgaver. Eleverne kan eksempelvis få til opgave at fremlægge en del af lektien, en opgave, et eksperimentelt arbejde eller et andet stofområde for klassen. Ligeledes kan elevgrupper, der har gennemført forskellige eksperimentelle forløb, efterfølgende fremlægge og diskutere deres arbejde i klassen. Resultatet af et projektarbejde kan også bruges som baggrund for en mundtlig fremlæggelse i klassen. Et gruppearbejde kan også afsluttes ved, at der dannes nye matrixgrupper, der består af én repræsentant fra hver af de oprindelige grupper. I matrixgrupperne fortæller hver elev om resultaterne af det første gruppearbejde og svarer på spørgsmål herom. Derved kommer langt flere - også svage eller generte - elever til at formidle deres faglige viden.

Det indgår i fysikundervisningen, at eleverne skal arbejde med at udvikle deres mundtlige udtryksfærdighed. Fysik betjener sig af et særligt fagsprog, hvor begreber med udgangspunkt i hverdagsagtige begreber tillægges en særlig og mere præcis faglig betydning. Eleverne skal derfor gennem

undervisningen bevidstgøres om forskellen på hverdagssprog og fagsprog for at kunne "oversætte" mellem hverdagssprog og fagsprog. Det er væsentligt, at elevernes tilvænning til fagets terminologi og præcisionskrav sker gradvist for at bevare elevernes lyst til at formulere sig mundtligt.

3.2.4 Skriftlig formidling

" Det skriftlige arbejde omfatter:

- *rapportering og efterbehandling af eksperimentelt arbejde*
- *formidling af fysikfaglig indsigt i form af tekster, præsentationer o.lign.*
- *løsning af fysikfaglige problemer, herunder træning i anvendelse af begreber, metoder og modeller*
- *projektrapporter.*

Det skriftlige arbejde i faget skal tilrettelægges med klare mål for arbejdet og vægt på progressionen i kravene til elevernes selvstændige indsats. Arbejdet med problemløsning skal tilrettelægges med en voksende progression. Eleverne skal præsenteres for de krav til løsning af skriftlige opgaver, som er gældende ved den skriftlige prøve i fysik." [LPB 3.2]

Omfanget og karakteren af det skriftlige hjemmearbejde, som skal rettes og kommenteres af læreren, fastlægges af rektor. I dette skriftlige arbejde indgår såvel skriftlige opgaver som rapportering og efterbehandling af eksperimentelt arbejde.

Læreren skal rette og kommentere elevernes besvarelser, så det medvirker til at forbedre deres forståelse af stoffet og kvaliteten af senere besvarelser. Ved kommenteringen er det væsentligt, at positive sider af besvarelsen også fremhæves, så elevernes selvtillid og interesse styrkes. Væsentlige fejl og mangler bør bemærkes og kommenteres konstruktivt, men der er sjældent behov for og grund til at rette enhver forekommende fejl eller uhensigtsmæssig detalje. Tilbagemeldingen kan være udelukkende skriftlig, men især i starten kan man med fordel kombinere den med en kort samtale med den enkelte elev.

Rapportering af eksperimentelt arbejde

En rapport er en skriftlig efterbehandling af udført eksperimentelt arbejde, og der er et væsentligt formidlingsmæssigt formål med den i relation til de overordnede mål. Der skal være progression i kravene til elevernes sproglige formuleringsevne og den fysikfaglige korrekthed. Det anbefales, at kravene til udformningen af i hvert fald de første rapporter er afstemt med lærerne i de øvrige naturfag på skolen, så elevernes erfaringer kan overføres mellem fagene.

I starten kan hovedvægten i rapporteringen lægges på behandling og diskussion af de indsamlede data og de konklusioner, som kan drages ud fra dem. Mod slutningen af det samlede forløb forventes eleverne at kunne udforme en rapport selvstændigt, herunder opstille en problemformulering, beskrive de udførte eksperimenter og behandlingen af de indsamlede data samt opstille en relevant konklusion. Eleverne skal kunne sammenligne data og beregnede størrelser med værdier fra modelberegninger eller relevante datasamlinger og i den forbindelse vurdere graden af overensstemmelse.

Eleverne skal vænnes til at beskrive væsentlige fejlkilder, der påvirker måleresultaterne, herunder kende forskellen på egentlige fejlkilder og almindelige menneskelige fejl i udførelsen af et eksperiment. Ved afslutningen af Fysik B-forløbet må det forventes, at eleverne omtaler fejlkilder som en naturlig del af vurdering og konklusion i forbindelse med det eksperimentelle arbejde.

Vurdering af måleusikkerhed indgår i alt eksperimentelt arbejde. I starten kan denne vurdering baseres på en simpel vurdering af usikkerheden på de mest betydningsfulde målte størrelser og en efterfølgende vurdering af usikkerheden på resultaterne på basis af betydende cifre. Senere i forløbet diskuteres usikkerhed mere systematisk, gerne sammen med matematiks behandling af statistik. Hensigten er, at eleverne bliver i stand til selv at foretage en mere kvalificeret vurdering af usikkerhed.

Centralt i enhver efterbehandling er en konklusion i relation til problemformuleringen. Eleverne skal gennem forløbet vænnes til, at der fordres præcision og stringens i konklusionsfasen, uanset om denne formuleres kvalitativt i ord eller kvantitativt i grafer, formler m.v. I konklusionen foretages en kobling til teorier, modeller, andre iagttagelser og erfaringer, men altså ikke nødvendigvis med brug af matematik. I konklusionen indgår også naturligt overvejelser, der perspektiverer det eksperimentelle arbejde ved at sætte det ind i en større sammenhæng.

Tekstbehandlingsprogrammer, regneark og grafiske lommeregnerne er naturlige hjælpemidler ved udarbejdelsen af rapporter. Det kan være en fordel, hvis eleverne har lejlighed til at hente materiale som noter, øvelsesvejledning, tabeller, grafer, foto af forsøgsopstillingen mv. fra en database eller andre eksterne kilder. Sådanne materialer kan indgå i elevernes rapporter, når det blot fremgår af sammenhængen, hvor materialerne stammer fra.

I forbindelse med grupperapporter bør/skal eleverne vejledes om, hvordan de kan samarbejde om rapportens målformulering, dens enkelte dele og om at fremstille et produkt, der fremtræder homogent og med en indre sammenhæng. Ved dette samarbejde er brugen af processkrivning meget velegnet.

Skriftlige opgaver

Skriftlige opgaver spiller en vigtig rolle for elevernes selvstændige arbejde med stoffet. De er ofte velegnede til at øge den individuelle forståelse af fagstof og metoder, ligesom de naturligt kan indgå i evalueringer af samme.

Skriftlige opgaver spænder lige fra traditionelle ”numeriske problemstillinger”, over kortere ”forklar-opgaver” til længere ”essay-opgaver”. Skriftlige opgaver kan behandle information fra mange forskellige kilder, som fx brochurer, artikler, cd-rommer, internettet eller eksperimentelt arbejde. Skriftlige opgaver kan også have karakter af formidlingsopgaver. Sådanne opgaver kan bidrage til såvel en øget forståelse af stoffet som en naturlig perspektivering af det. Eleverne kan eksempelvis udarbejde avis- eller leksikonartikler, eller de kan lave plakater eller videoproduktioner, som kan vises på skolen ved forskellige arrangementer.

Kompleksiteten af problemstillingerne må afpasses elevernes øjeblikkelige forudsætninger og de forskellige elevtyper med øje for, at der er en passende progression i kravene hen gennem forløbet. I de traditionelle numeriske opgaver kan det ske ved at starte med ”brug denne formel”, over ”brug disse formler/begreber” til ”analysér og kombinér selv”. Samtidigt kan mere åbent formulerede opgaver give muligheder for større inddragelse af individuel fantasi, kreativitet og personlig vinkel.

Ved besvarelsen af skriftlige opgaver bør eleverne fra starten vænnes til, at forklaringer i form af tekst, figurer og grafiske afbildninger er helt centrale elementer i en opgavebesvarelse, og at ”tankegangen skal klart fremgå” er et væsentligt kriterium ved vurderingen af en skriftlig opgavebesvarelse.

Beregninger bør være gennemført med korrekt brug af enheder, og eleverne bør trænes i at vurdere, om et resultat har en rimelig størrelsesorden, samt at angive resultatet med en rimelig nøjagtighed.

Arbejdet med de skriftlige opgaver på Fysik B må tilrettelægges med en sådan progression, at eleverne gennem det samlede forløb får et realistisk indtryk af, hvilke krav der er til besvarelsen af opgaverne i den afsluttende skriftlige prøve i Fysik A. Hvis Fysik B er studieretningsfag, må arbejdet med de skriftlige opgaver koordineres med såvel et eventuelt Fysik-valghold som på andre parallelle Fysik B-hold.

Andet skriftligt arbejde

Ud over ovennævnte skriftlige hjemmearbejde er der andet skriftligt arbejde, som bliver til i undervisningen eller som erstatning for forberedelsen. Denne type skriftligt arbejde skal ikke rettes af læreren, men kan godt indgå i undervisningsbeskrivelsen for det enkelte hold og dermed inddrages i den mundtlige prøve.

3.2.5 Om at arbejde med tekster i fysik

I medierne er fysikfagligt indhold ofte blandet sammen med stof af mere diskuterende, måske endda propagandistisk art. Det væsentlige er, at eleverne får indsigt i, hvordan man kan afgøre, hvornår argumentationen er naturvidenskabeligt baseret, og hvornår der er tale om meninger. Det kan være særdeles vanskeligt at vurdere kvaliteten af de rent naturvidenskabelige argumenter, idet det ofte kræver dybtgående specialviden, som lærer og elever næppe har eller kan få inden for undervisningsrammer. Ofte kan man i stedet lade eleverne undersøge, hvordan det naturvidenskabelige indhold bruges og måske misbruges af forfatteren.

Der skal, især i starten af Fysik B-forløbet, arbejdes bevidst med, hvordan eleverne skal læse og forstå tekster af forskellig slags, og eleverne må derfor udstyres med arbejdsspørgsmål, der leder dem igennem teksten. Ofte kan der skabes progression i arbejdet ved en niveauinddeling af spørgsmålene på referat-, analyse- og vurderingsniveau. Denne type af tekster vil ofte invitere til diskussion og dermed bidrage til, at fysik ikke kun opleves som et fag med færdige løsninger og meninger.

3.3 It

”Ved tilrettelæggelsen af undervisningen skal der lægges vægt på at inddrage moderne it-hjælpemidler, såvel i forbindelse med det eksperimentelle arbejde som ved elevernes arbejde med det faglige stof og formidlingen af det. Eleverne skal prøve at benytte it-baserede hjælpemidler til dataopsamling og databehandling, ligesom indsamling af og bearbejdning af faglig information fra internettet indgår i undervisningen.” [LPB 3.3]

Faget fysik skal i lighed med de øvrige fag bidrage til at udvikle elevernes it-kompetencer i overensstemmelse med studieplanen for den enkelte klasse.

I matematikundervisningen indgår brug af lommeregner og it som hjælpemidler til blandt andet at udføre beregninger, håndtere statistisk datamateriale, tegne grafer, og løse ligninger. Dette bygges der videre på i fysikundervisningen, såvel i forbindelse med opgaveregning som i arbejdet med eksperimentelle data. Det er ikke et krav i forbindelse med undervisningen i Fysik B, at eleverne har en grafisk lommeregner, men undervisningen må aktivt støtte udviklingen af elevernes fortrolighed med de typer af regnetekniske hjælpemidler, de faktisk har.

3.3.1 Dataopsamling og databehandling

Meget moderne fysikudstyr har mulighed for tilkobling af en pc med et tilhørende program til dataopsamling. Visse lommeregnerne kan også benyttes til dataopsamling ved at koble dem sammen med en særlig enhed og relevante følere. Mange elever vil kunne se fordelene ved at bruge sådant udstyr til it-baseret dataopsamling, især når der skal laves mange målinger, eller der skal måles over særligt lange eller særligt korte tidsrum. Også for den it-baserede databehandling er det af betydning, at det giver en synlig lettelse i elevernes arbejdsbyrde, eller at resultatet af arbejdet får et kvalitativt løft.

Eleverne skal kunne anvende programmer til præsentation af data i form af grafer og tabeller, som kan indgå i rapporter eller præsentationer, lige som brug af regression til bestemmelse af sammenhænge mellem variable indgår.

3.3.2 Simuleringer

En simulering af et fysisk fænomen eller et fysisk system kan ofte være en stor hjælp til at forklare en kompliceret sammenhæng som supplement til teksten, og grafikken i en simulering kan tilføre de livløse billeder i en lærebog ny dynamik. Sådanne grafikorienterede simuleringer findes i stort tal på internettet og på cd-rom.

Eleverne kan gennem arbejdet med en interaktiv simulering få en forståelse af væsentlige dynamiske sammenhænge, selv om de ikke er i stand til at arbejde direkte med de bagved liggende matematiske modeller. Men det er vigtigt, at disse it-værktøjer præsenteres for eleverne som et "interaktivt læremiddel" og ikke som et egentligt eksperiment. Mange af disse interaktive simuleringer egner sig fortrinligt til, at eleverne arbejder med dem i mindre grupper og diskuterer sig frem til løsninger på problemerne.

En interaktiv simulering kan også bruges som grundlag for præsentation og diskussion af et nyt fænomen for en hel fysikklasse som et godt alternativ til livløse overheadtransparenter.

Eksempel: Simuleringer til Fysik B

- en brændselscelle i et forløb om brintsamfundet
- temperaturforholdene i en solfanger i et forløb om vedvarende energikilder
- stående bølger i et forløb om musikinstrumenter

Det er naturligt, at eleverne som led i Fysik B-undervisningen selv opbygger og anvender simple simuleringer (numerisk løsning) i forbindelse med behandlingen af modeller for fysiske systemer, fx radioaktive henfaldskæder og bevægelse med luftmodstand. En sådan simulering kan opbygges i et regneark eller et andet velegnet it-værktøj på basis af simpel skridtvis integration.

3.3.3 Informationssøgning

Eleverne skal også i fysik kunne anvende internettet til at søge oplysninger af faglig art. Informationssøgning indgår naturligt i undervisningen i forbindelse med perspektiveringen af faget og flerfaglige undervisningsforløb, lige som den kan være et led i arbejdet med formidlingsopgaver. Ved at lade en søgning på internettet tage udgangspunkt i hjemmesider af særlig høj kvalitet kan læreren være med til at kvalificere og strukturere elevernes søgning på internettet. Kvaliteten af materialet på forskellige netsteder kan være meget svingende, og det bør være en fast rutine i arbej-

det med internettet, at der arbejdes bevidst med en kritisk stillingtagen til materialet baseret på blandt andet kendskab til kilden.

Eleverne bør i forbindelse med undervisningen stifte bekendtskab med relevante professionelle netsteder, såvel danske som udenlandske.

Internettet kan også bruges til indsamling af online data fra fx satellitter, meteorologiske målestationer og vindmøller. Sådanne data kan danne basis for opgaver og perspektiverende foredrag i klassen.

3.3.4 It-baserede kommunikationsfora

Eleverne skal kunne anvende it-baserede kommunikationsfora. I forbindelse med fysikundervisningen kan skolens fælles it-plattform bruges til at distribuere undervisningsmateriale, herunder opgaver og oplæg til eksperimenter eller gruppearbejde. Platformen kan også benyttes til at gennemføre test og evalueringer.

I forbindelse med et længerevarende gruppearbejde kan it-plattformen bruges til at sikre fremdrift i gruppearbejdet, idet hver gruppe har sin fælles materialesamling med oplæg og udarbejdede dele til et afsluttende fælles produkt. Gennem elektronisk kommunikation med vejlederen kan der oprettholdes en aktuel status over arbejdet og gives mulighed for at finde relevant materiale til eleverne til næste lektion.

Skolens fælles it-plattform kan også benyttes som udgangspunkt for såkaldt ”virtuel undervisning” i fysik, som ikke forudsætter samtidig tilstedeværelse af lærer og elever. En sådan tilrettelæggelse af undervisningen forudsætter udviklingen af egnet it-baseret undervisningsmateriale, typisk med en høj grad af interaktion mellem elev og materiale sammen med tilbagemeldinger til læreren i form af skriftlige produkter af forskellig art.

Klasserumsaktiviteter, der sikrer en aktiv læring og en løbende tilbagemelding til eleverne om udbyttet af undervisningen, kan hjælpes på vej af en overordnet struktur på tilrettelæggelsen og afviklingen af undervisningen. Just-in-Time-Teaching baseret på skolens fælles it-plattform er et eksempel, der kombinerer tilpassede lærerforedrag med problemløsninger i grupper og webaktiviteter både før og i den enkelte lektion. Læreren tilrettelægger en lektion på grundlag af elevernes elektroniske afleveringer af nogle få ud- og valgte opgaver, der samtidigt forbereder eleverne til lektionen og er et værktøj for læreren til at diagnosticere elevernes viden og indsigt. Ved afslutningen af et emne arbejdes med mere komplicerede og omfattende opgaver, der eventuelt kan indgå i det normale skriftlige arbejde. Et væsentligt element i JiTT-forløb er den udstrakte brug af applets med henblik på at forbedre begrebsindlæringen og problemløsningskompetencen.

3.4 Samspil med andre fag

”Fysik er omfattet af det generelle krav om samspil mellem fagene og indgår i almen studieforberedelse og det naturvidenskabelige grundforløb ifølge de bestemmelser, som gælder for disse forløb.” [LPB 3.4]

Samspillet med andre fag kan ske på flere måder. Det kan være

- i samarbejde eller koordineret med det naturvidenskabelige grundforløb
- et led i almen studieforberedelse

- en koordinering af undervisningen i fagene, eller
- et samarbejde mellem fag uden for disse rammer

Et eksempel af sidstnævnte type er flerfagligt samarbejde, som ofte er en mulighed i forbindelse med perspektivering af fysikundervisningens temaer.

3.4.1 Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb

Det naturvidenskabelige grundforløb skal koordineres med det naturvidenskabelige fag, som læses parallelt med det. Dette fag kan være Fysik B, hvis eleverne har valgt det som studieretningsfag. I det naturvidenskabelige grundforløb er alle fire naturvidenskabelige fag repræsenteret, men i forbindelse med koordineringen skal man være opmærksom på, at læreren i fysikdelen ikke nødvendigvis også er læreren med ansvar for Fysik B-undervisningen. Desuden kan undervisningen i det naturvidenskabelige grundforløb være påbegyndt, før undervisningen indledes i Fysik B, idet studieretningsforløbet først starter i 2. semester.

Tilrettelæggelsen af Fysik B-undervisningen skal ske under hensyntagen til arbejdet i det naturvidenskabelige grundforløb. Tilsvarende bør valget af arbejdsformer og progressionen i undervisningen koordineres med indsatsen i det naturvidenskabelige grundforløb. Det er vigtigt, at eleverne oplever overensstemmelse i brugen af fagsprog, den overordnede tilgang til eksperimenter, kravene til rapportering og formidling i øvrigt.

Undervisningen i Fysik B er ikke en del af undervisningen i det naturvidenskabelige grundforløb og omvendt, men det forhindrer ikke, at der arbejdes med fælles temaer, eller at dele af et tema fra det naturvidenskabelige grundforløb tages op i Fysik B og vice versa. Herved kan der opnås både en perspektivering og en synergieffekt. Det kan fx være forløb om energi, farver eller Jorden, der gives en mere udførlig behandling i fysik. Man kan også forestille sig, at der i det naturvidenskabelige grundforløb arbejdes med et tema, der ikke umiddelbart involverer fysik, men alligevel har en berøringsflade med fysik. Her kan man eksempelvis indlægge et perspektiverende foredrag eller et særligt udvalgt eksperiment.

Eksempel: Supplerende fysikforløb

I det naturvidenskabelige grundforløb arbejdes med temaet fødevarer i et samarbejde mellem biologi, kemi og naturgeografi. I Fysik B kan man så behandle industrielle fysiske teknikker, der kan bruges til forarbejdning og kvalitetskontrol af fødevarer, brug af fryseteknikker eller lignende.

Der kan også samarbejdes med undervisningen i det naturvidenskabelige grundforløb om formidling af naturfaglige emner. Eksempelvis kan eksperimenter med fysikindhold udført i det naturvidenskabelige grundforløb indgå som del af et eksperimentelt forløb i Fysik B, og dele af den oprindelige rapport kan genafleveres som led i den nye rapportering.

I øvrigt henvises der til læreplan og undervisningsvejledning for det naturvidenskabelige grundforløb.

3.4.2 Samspillet i almen studieforbereelse

I almen studieforbereelse arbejdes der med betydningsfulde natur- og kulturfænomener, almenmenneskelige spørgsmål, vigtige problemstillinger og centrale forestillinger fra fortid og nutid med anvendelse af teorier og metoder fra de tre faglige hovedområder: naturvidenskab, humaniora og

samfundsvidenskab. Fysik B er med sin almindelige dimension velegnet til at indgå i almen studieforberedelse.

Kernestoffet i Fysik B har mange berøringsflader til identitet og formål for almen studieforberedelse, fx giver *fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede* oplagte muligheder, men faget kan også indgå gennem andet kernestof og det supplerende stof. Indgår Fysik B i almen studieforberedelse skal man tage hensyn til fagets mål og den faglige progression. Det er vigtigt, at de faglige problemstillinger, der tages op, ikke er så komplicerede, at det ikke er muligt at tilpasse dem til niveauet i Fysik B-undervisningen. Tilsvarende overvejelser vil gælde for de benyttede arbejdsformer. Fagets rolle og vægt skal fremgå af afgrænsningen af de valgte problemstillinger, men samtidigt inddrage den enkelte elev i valg, afgrænsninger og præciseringer.

I øvrigt henvises til læreplanen for almen studieforberedelse samt til undervisningsvejledningen for almen studieforberedelse, specielt med henblik på eksempler på forløb og temaer.

3.4.3 Samspillet i studieretningsforløbet

”Når faget indgår i en studieretning, skal der tilrettelægges forløb sammen med studieretningsfagene, som viser styrken i fagenes samspil og perspektiverer fysikken. Indgår faget i en studieretning sammen med matematik, skal der specielt tilrettelægges forløb, hvor de to fag arbejder sammen om behandlingen af modeller for konkrete fysiske systemer med vægt på en diskussion af modellernes forudsætninger og pålideligheden af de resultater, som opnås gennem anvendelse af modellerne.” [LPA 3.4]

Fysik har som studieretningsfag særdeles gode samspilsmuligheder med såvel de andre studieretningsfag som fællesfagene, herunder de naturfag, der ikke er studieretningsfag. Samspillet med fællesfagene kan organiseres i forløb inden for almen studieforberedelse eller som almindeligt flerfagligt samarbejde om et emne. I forbindelse med såvel inden- som udenlandske ekskursioner kan fysik naturligt indgå som deltagende fag sammen med de andre studieretningsfag, sprogfag og de andre fællesfag. Nedenfor er for en række af fagene givet eksempler på samspilsmuligheder.

Matematik

I studieretningsforløbet vil Fysik B ofte indgå sammen med Matematik A. De to fag har meget store faglige berøringsflader, og de to involverede lærere kan endda aftale at overtage hinandens fagområder for derigennem at give eleverne nye betragtningsmåder på de fælles emner:

- fælles indføring af hastighed og acceleration i differential- og integralregningen
- statistisk analyse af datamateriale fra fysik til undersøgelse af usikkerheden på en måling, middelværdi og spredning i forbindelse med radioaktivt henfald.
- i begge fag er modellering et vigtigt fagligt mål, og i fysik indgår mange problemstillinger, som også kan behandles i matematik: Radioaktive henfald, Newtons anden lov, Newtons afkølingslov, frit fald med luftmodstand.

Ud over de enmæssige samarbejder vil det være naturligt at koordinere arbejdet med grafregner og andre it-værktøjer.

Samarbejdet med matematik må ikke føre til at fysik bliver til "matematik med anvendelser", ligesom man må respektere, at matematik ikke blot skal være redskabsfag for fysik. Man skal holde sig for øje, at matematikken ikke må være en unødigt komplikation, men skal bidrage til at give sammenhæng og overblik over de fysiske størrelser og relationer.

De to fag rummer vide muligheder for synergi-effekter ved et intensivt fagsamarbejde i studieretningen, samtidig med at fagenes særkende udmærket kan og skal accentueres overfor eleverne.

Kemi

Hvis Fysik B indgår i en studieretning sammen med kemi er der en lang række emner, der lægger op til samarbejde mellem fagene. Ud over en fælles indsats for udvikling af den eksperimentelle kompetence og den faglige formidling kan nævnes:

- den moderne beskrivelse af atomers og molekylers opbygning
- eksperimentel og teoretisk behandling af gassers egenskaber
- elektronoverførselsprocesser (redoxreaktioner, elektrokemi, batterier)
- pH-målinger som måling af en spændingsforskel
- stoffernes fysiske egenskaber fx densitet, overgangsvarmer
- nanoteknologi
- spektroskopi og spektrofotometri.

Biologi

Ud over en fælles indsats for udvikling af den eksperimentelle kompetence og den faglige formidling kan som eksempler på emner, der giver oplagte samarbejds muligheder mellem biologi og Fysik B, nævnes:

- menneskets energiomsætning
- betingelser for liv i Universet
- ioniserende strålings virkning på celler

Naturgeografi

Undervisningen i naturgeografi har meget store berøringsflader med fysik, idet næsten alle områder i naturgeografis kernestof åbner for samarbejde. Det kan fra fysiks synsvinkel eksempelvis være

- Jorden som dynamisk system (jordskælv, datering)
- vejr og klima (meteorologi, atmosfærens energiforhold, drivhuseffekt)
- energi (energistrømme, energiressourcer, energiteknologi)
- ”remote sensing” (spektralanalyse, satellitter)

Astronomi

Hvis Fysik B og Astronomi C indgår sammen i en studieretning, kan Astronomi C-faget med fordel placeres i 3.g, hvad der giver gode muligheder for samarbejde mellem alle tre studieretningsfag og med fællesfagene. I det flerfaglige samarbejde kan man desuden bygge på elevernes viden fra religion og oldtidskundskab, som også kan inddrages gennem projekter i forbindelse med almen studieforberedelse. Samspillet mellem studieretningsfagene kan eksempelvis ske gennem emner som:

- hvordan har Universet udviklet sig fra Big Bang til i dag?
- bevægelser i Solsystemet (som supplerende stof)

der på væsentlig vis inddrager matematiske modeller i behandlingen af væsentlige astronomiske og fysiske problemstillinger. Et emne som

- var månelandingen fup?

ligger i forlængelse af det ovenfor nævnte og åbner samtidigt for, at historie og dansk kan inddrages.

Fællesfag

Mange af problemstillingerne fra almen studieforberedelse kan også gøres til genstand for almindeligt flerfagligt samarbejde med fysik. Eksempelvis er spørgsmålet om liv andre steder i Universet et spændende emne, som ud over fysik og astronomi kan inddrage såvel alle de tre andre naturfag som religion og filosofi. Samspillet mellem tro og viden, fx astrologi kontra fysik og astronomi, kan diskuteres ud fra forskellige synsvinkler. Fysik og samfundsfag kan sammen behandle energiresourcer, energipolitik og specielt betydningen af vedvarende energikilder for samfundets energiforsyning, evt. sammen med naturgeografi. I samarbejde med historie kan man arbejde med forskellige betydningsfulde epoker som fx den industrielle revolution. Ud over et samarbejde om mundtlig og skriftlig formidling kan samarbejdet med dansk inddrage arbejde med tekster, dramaer eller film med naturvidenskabeligt indhold, som belyser fx etiske problemstillinger med udgangspunkt i fysik og teknologi eller som modstiller en naturvidenskabelig og en æstetisk-eksistentiel tilgang til verden. På samme måde kan fysikundervisningen være med til at belyse erkendelsesmæssige gennembrud, der har haft væsentlig betydning for litteraturen. Arbejde med fremmedsprogede tekster, såvel faglige som populærvidenskabelige og aktuelle tekster, og udvikling af studierelevante læsestrategier kan ske i samarbejde med engelsk og elevernes 2. fremmedsprog, hvis det er fælles for alle elever på holdet.

Studieretningsopgaven

I 2.g skrives en opgave inden for to-tre studieretningsfag som forberedelse til arbejdet med studieretningsprojektet. De nærmere rammer for opgaven fastsættes af rektor.

Når fysik er blandt de fag, opgaven skrives i, anbefales det, at opgaven indeholder eksperimentelle elementer, eksempelvis eksperimentelt arbejde eller krav om analyse af data.

På emu.dk findes en samling af eksempler på opgaveformuleringer til studieretningsopgaven, som kan være til inspiration.

Studieretningsprojektet

Studieretningsprojektet i 3.g er en af de afsluttende prøver. Rammerne for studieretningsprojektet fremgår af stx-bekendtgørelsen bilag 7 og den tilhørende vejledning. I studieretningsprojektet indgår faget på elevens højeste niveau, uanset om eleven har faget som studieretningsfag eller valgfag.

Fysik kan indgå som fag i studieretningsprojekter som hovedfag eller som inddraget fag. Når fysik indgår i et studieretningsprojekt, anbefales det, at opgaveformuleringen indeholder eksperimentelle elementer, eksempelvis eksperimentelt arbejde eller krav om analyse af eksperimentelle data.

Eksempler på opgaveformuleringer med fysik findes på emu.dk.

3.4.4 Samspilsmuligheder for Fysik B som valgfag

”Når faget er et valgfag, skal der ved tilrettelæggelsen af undervisningen lægges særlig vægt på at inddrage elevernes andre fag, så de bidrager til perspektivering af emnerne og belysning af fagets almendannende sider.” [LPB 3.4]

Hvis Fysik B er et valgfag, vil det som regel bygge oven på et studieretningsforløb med Fysik C. De særlige forhold vedrørende fysikindholdet er omtalt i næste afsnit. For så vidt angår samspillet med elevernes øvrige fag vil det ofte ske ved at inddrage elevernes viden og metodekendskab i fysikundervisningen. Det kan naturligt ske ved at lade elever holde foredrag, som belyser de behandlede

fysikemner ud fra andre faglige synsvinkler. En fysikelev med filosofi kan diskutere determinisme og fri vilje i forbindelse med behandlingen af Newtons love. En anden fysikelev med kemi kan gennemgå hovedtræk af den moderne kemis beskrivelse af atomers opbygning og kemisk binding som afslutning på et forløb om Bohrs atommodel i fysik.

Valgfaget Fysik B kan inddrages i almen studieforbereelse, hvis skolen tilrettelægger perioder, hvor valgfagene er initiativtagere til forløbene.

3.5 Fra Fysik C til Fysik B

Løftet fra Fysik C til Fysik B er et forløb på 125 timers uddannelsestid, der kan tilrettelægges som valgfag eller som suppleringskursus. Elever, der følger et sådant forløb, skal til mundtlig prøve efter reglerne i læreplanen for Fysik B. De skal således nå læreplanens mål som en overbygning på C-niveauet, og prøven på B-niveau omfatter også det læste stof fra C-niveauet.

I læreplanen for Fysik B er målene de samme som eller en naturlig skærpelse af målene for C-niveauet. Kernestoffet for Fysik B omfatter alt kernestoffet fra Fysik C med klare udvidelser inden for en lang række områder. I [APPENDIX](#) til denne vejledning findes synoptiske oversigter over mål og kernestof, der kan bruges til at danne sig et overblik over sammenhængen, mens den præcise beskrivelse af forskellene må afledes af selve teksten i læreplanerne og de to tilhørende vejledninger.

Ved tilrettelæggelsen af forløb, der løfter fra Fysik C til Fysik B, er det vigtigt at være opmærksom på, at eleverne som fælles udgangspunkt har kernestoffet på C-niveau, og at dette kernestof kan være perspektiveret på forskellig vis på de forskellige Fysik C-hold.

I en situation, hvor eleverne samtidig følger undervisning i fysik på C- og B-niveau, må der ske en koordinering, som omfatter den rækkefølge, som emnerne behandles i, så undervisningen på begge niveauer bliver fagligt sammenhængende. Det er eksempelvis ikke hensigtsmæssigt, at behandlingen af lyd og lys på C-niveauet udskydes til slutningen af skoleåret, hvis de elever, som samtidigt følger Fysik B, arbejder med samme emne på et højere niveau i starten af forløbet.

Tilsvarende må arbejdet med de faglige mål, jf. [2.1 Faglige mål](#), koordineres, så der er en fornuftig progression frem mod opnåelsen af målene for Fysik B. I den forbindelse er det vigtigt at være opmærksom på, at målene for B-niveauet, der er udgangspunktet for de afsluttende prøver, gælder for behandlingen af alt stoffet, herunder også det stof eleven har arbejdet med på C-niveau. I denne situation kan det ofte forekomme, at eleverne har læst og går til prøve i forskellige emner.

Planlægningen af det eksperimentelle arbejde kræver særlig opmærksomhed. Eleverne ved afslutningen af Fysik B-forløbet skal til en prøve, som indeholder en eksperimentel del, som man ikke kan regne med er forberedt i det eksperimentelle arbejde i Fysik C-undervisningen. Det kan derfor være hensigtsmæssigt at efterbehandle noget af det stof, eleverne har arbejdet med tidligere, i form af enkeltstående eksperimenter eller eksperimentelle forløb, gerne med fokus på udvikling af elevernes selvstændige tilrettelæggelse af dele af eksperimenterne.

For valghold, der løfter fra fysik C-niveau til B-niveau, udformes en undervisningsbeskrivelse, der beskriver løftet. Denne beskrivelse udgør *sammen* med den undervisningsbeskrivelse, den enkelte elev eller kursist medbringer fra den forudgående undervisning, grundlaget for den afsluttende prø-

ve på B-niveau. Læreren kan undtagelsesvis tilbyde en samlet beskrivelse for hele forløbet frem til B-niveauet, men i så fald kan den enkelte elev eller kursist vælge at bruge sin egen undervisningsbeskrivelse for den forudgående undervisning frem til C-niveauet.

Grundlaget for den afsluttende prøve er den samlede undervisningsbeskrivelse frem til det afsluttende niveau. Det betyder, at der på B-niveauet eksamineres efter B-niveauets faglige mål, der er opnåede på baggrund af kernestof fra både C og B niveauer. Ofte vil indholdet i undervisningen på valgholdet være egnet til, at opgaverne til prøven tager udgangspunkt i det faglige indhold fra valgholdet, men metoder og problemstillinger fra den forudgående undervisning skal indgå på en sådan måde, at de væsentlige aspekter af undervisningen på det forudgående niveau naturligt indgår i prøven.

4. Evaluering

4.1 Den løbende evaluering

”Elevernes udbytte af undervisningen skal evalueres jævnlige, så der er grundlag for en fremadrettet vejledning af den enkelte elev i arbejdet med at nå de faglige mål og for justering af undervisningen.” [LPB 4.1]

Evaluering er en proces med sigte på såvel den enkelte elev som undervisningen som helhed. I den løbende evaluering er der en række elementer, der skal evalueres med henblik på rådgivningen om det fortsatte arbejde: elevernes opfyldelse af målene, deres præstationer både mundtligt og skriftligt, det faglige standpunkt i almindelighed og arbejdsindsatsen.

Evalueringen kan hensigtsmæssigt deles op i formativ og summativ evaluering. Den formative evaluering finder sted undervejs i og som en integreret del af undervisningen, mens den summative evaluering har sin plads ved afslutningen af forskellige aktiviteter.

4.1.1 Formativ evaluering

Det er nødvendigt, at både læreren og eleverne selv løbende vurderer elevernes læring, så der kan tilrettelægges passende aktiviteter med henblik på at leve op til undervisningens mål. Denne proces kan opfattes som opbygget af følgende elementer:

- indsamling af viden om elevernes kunnen, begrebsopfattelse og holdninger set i relation til fagets mål
- fortolkning af den indhentede viden
- beslutning angående de næste skridt hen mod opfyldelse af målene
- ideer til at hjælpe eleverne med at tage de næste skridt

Metoder til kortlægning af elevernes læring er velkendte. Det kan være

- at lytte til elevernes beskrivelse af deres arbejde og deres argumentation
- åbne spørgsmål til eleverne, hvorved de udfordres i deres ideer og argumenter
- små opgaver, som er rettede mod bestemte færdigheder eller anvendelser af bestemte faglige begreber
- opgaver, hvor eleverne kan kommunikere deres tankegange ved hjælp af skrivning, begrebskort, rollespil eller tegninger
- elevs fremlæggelser for resten af holdet.

Det er centralt for processen, at den involverer elevernes egne refleksioner over deres egen læring.

Lærers valg af redskab (observation, journal, logbog, portfolio, samtale – individuel eller klassebaseret etc.) sker med henblik på at kunne give den enkelte elev tilbagemelding om fremskridt og udviklingsmuligheder. Det er ikke tanken, at den løbende evaluering skal have præg af karaktergivning eller rangordning af eleverne. Den skal primært give eleverne viden om undervisningsaktivitetens mål, deres nuværende position i forhold hertil, og hjælpe dem med strategier og færdigheder, der kan føre til opnåelse af disse mål. Valget af redskab er betinget af, hvilke faglige mål der skal evalueres. Ønskes en vurdering af elevernes paratviden, kan en hurtig flervalgsprøve være et fornuftigt valg, men ønskes en vurdering af elevernes evne til at stille spørgsmål og forholde sig til argumenter, formulere problemer eller tilrette undersøgelser, vil det være mere oplagt at vælge fx projektarbejde eller portfolio. De sidstnævnte former kræver en naturlig integrering i den løbende undervisning, idet de er mere tidskrævende.

For at lette arbejdet med tilbagemeldingen kan det være en mulighed først at sætte eleverne sammen parvis og derefter i større grupper. Udgangspunktet for diskussionerne kan være spørgsmål, som eleverne har fået til opgave at stille til det foreliggende undervisningsmateriale. Det kan også være en hjælp at udarbejde evalueringsskemaer fx opbygget efter SOLO-taksonomien (se Undervisningsvejledningen til Fysik A, afsnit 4.1), og undertiden kan en simpel checkliste være tilstrækkelig. Det opfølgende arbejde kan også systematiseres ved at udnytte ideerne i **Just-in-Time-Teaching**, hvor undervisningen tilrettelægges og tilpasses svar og opgaver, som eleverne på forhånd har afleveret. Denne aflevering vil ofte være elektronisk, og en stor del af lærerens bearbejdning heraf kan også foregå elektronisk, så det er muligt at udpege relevante spørgsmål og problemer til næste lektion.

4.1.2 Summativ evaluering

Den summative evaluering har som formål at give en endelig vurdering af elevernes opnåelse af de kompetencer, som er målet for undervisningen, og en vurdering af selve undervisningen. Denne form for evaluering finder sted ved afslutningen af et forløb eller et emne og ultimativt ved en afsluttende prøve. Den summative evaluering er en evaluering af læringen og har som resultat typisk en karakter.

Evalueringen kan have mange forskellige udgangspunkter som fx test/prøver, essays, projektrapporter, mundtlige fremlæggelser evt. understøttet af præsentationsprogrammer eller synopsisopgaver. Uanset valget er det vigtigt at sikre sig, at der er overensstemmelse mellem selve evalueringsopgaven og de aktuelle læringsmål. Resultatet af evalueringen er for skolen og eleverne en slags statusopgørelse, mens det for læreren også kan tjene som anledning til refleksion over et samlet forløb med henblik på justeringer til senere brug. Den summative evaluering er i princippet ens for alle elever.

Evaluering af undervisningen er et led i den summative evaluering, som har til formål at give elever/kursister og lærer grundlag for justering af den fremtidige undervisning med henblik på at give eleverne et godt udbytte. Denne evaluering kan laves såvel mundtligt som skriftligt med en efterfølgende kort mundtlig opsamling med holdet. Evalueringen omfatter mål, planer, arbejdsformer og evalueringsformer. Resultatet af disse drøftelser skal afspejles i den fremtidige, daglige undervisning. Det tilrådes, at der foretages en skriftlig evaluering 1-2 gange årligt i løbet af undervisningen. Det kan være en god idé at udarbejde en skabelon til brug for den skriftlige evaluering. Det kan ske i samarbejde med klassens øvrige lærere, da en sådan evaluering ikke nødvendigvis er fagspecifik. Der bør udvikles en praksis, hvor fokus ikke blot er på tilfredshed med læreren, men også på værktøjer, der holder undervisningen og læringen op mod mål og forventninger også for den enkelte elev.

En del af den summative evaluering er fastlæggelsen af de afsluttende standpunktskarakterer (skriftligt og mundtligt). De er en vurdering af elevens standpunkt ved undervisningens afslutning og skal som sådan inddrage alle de faglige mål, der er anført i læreplanens afsnit 2.1.

Den skriftlige afsluttende standpunktskarakter gives på baggrund af en vurdering af elevens standpunkt inden for skriftlig formidling i fysik ved undervisningens afslutning. Såvel den skriftlige problemløsning som rapporteringen af eksperimentelt arbejde, herunder projektrapporter, indgår i grundlaget for vurderingen.

Det tilrådes, at eleverne i god tid inden karaktergivningen orienteres om det grundlag, de afsluttende karakterer gives på.

4.2 Den afsluttende prøve

De overordnede rammer for prøverne fremgår af *Bekendtgørelse om prøver og eksamen i folkeskolen og i de almene og studieforberedende ungdoms- og voksenuddannelser (Eksamensbekendtgørelsen)* og på basis heraf er prøveformerne fastlagt i læreplanen.

Eleverne i god tid før undervisningens afslutning orienteres om forløbet af den mundtlige prøves to dele. I orienteringen indgår såvel en beskrivelse af prøvens forløb og forventningerne til eksaminandens egen indsats som en diskussion af, hvordan forberedelses- og eksaminationstiden bedst disponeres og udnyttes. Elevernes skal have kendskab til principperne for udformningen af opgaverne og være bekendt med de formuleringer, der anvendes i dem for at beskrive den ønskede indsats. Det kan eksempelvis ske ved, at eleverne får lejlighed til at arbejde med tænkte opgaver med tilhørende bilag. Det kan være en god træning at gennemføre et eller flere prøveforløb. Eleverne skal desuden orienteres om bedømmelseskriterierne.

Den første, eksperimentelle del af prøven kan forberedes ved eksemplarisk at gennemføre eksperimentelt arbejde under prøvelignende forhold. Brug af hjælpemidler og mål for eksperimentelt arbejde drøftes. Eleverne skal se eksempler på eksperimentelle problemstillinger, som kunne tages op ved den eksperimentelle del af prøven.

Når prøveplanen og dermed listen over eksaminander i den enkelte klasse er kendt, kan man danne de grupper, som skal udføre eksperimentelt arbejde sammen.

Eksaminator udformer i god tid før prøven forslag til de opgaver, der er udgangspunkt for prøven, jf. neden for. Det er god praksis at fremsende forslagene til censor mindst fem hverdage før prøven. Antallet af eksperimentelle opgaver skal, med eventuelle gentagelser, mindst svare til det samlede antal grupper til prøve plus tre af hensyn til lodtrækningen.

”Prøven er todelt og afvikles med indtil 10 eksaminander pr. dag.” [LPB 4.2]

Normalt trækker alle eleverne opgaverne til de to prøvedele samtidigt, idet de to opgaver skal være parrede, jf. nedenfor. Opgaven til den eksperimentelle del udleveres straks, mens den teoretiske opgave med tilhørende, perspektiverende bilag udleveres ved begyndelsen af forberedelsestiden til prøvens anden del.

”Den første del af prøven er eksperimentel, hvor eksaminanderne arbejder i laboratoriet i 1½ time i grupper på højst 3 eksaminander med en kendt eksperimentel problemstilling. Eksaminanderne må under denne del af prøven benytte sig af øvelsesvejledninger, håndbøger og lignende. Eksaminator og censor samtaler med den enkelte eksaminand om det konkrete eksperiment og den tilhørende teori.” [LPB 4.2]

De eksperimentelle problemstillinger ligger inden for de områder, eksaminanderne har arbejdet med i undervisningen, og benytter kendt eksperimentelt udstyr. Eksperimenterne kan være varianter af kendte problemstillinger, eksempelvis gennem bestemmelse af fysiske egenskaber ved andre materialer end i undervisningen. Det nødvendige eksperimentelle udstyr skal som hovedregel være placeret i prøvelokalet før prøvens begyndelse.

Under prøven forventes eksaminanderne at gøre notater om eksperimentets udførelse og den foretagne databehandling, herunder fremstille relevante grafiske afbildninger af indsamlede data. Eksaminanderne må under prøven også benytte lærebøger og de dele af deres egne rapporter, som indeholder faglig teori og beskrivelse af fremgangsmåde ved udførelse af eksperimenterne, men ikke tidligere indsamlede data med tilhørende databehandling og diskussion.

Det kan af hensyn til censor være praktisk, hvis eksaminanderne bærer navneskilte under denne del af prøven.

”Den anden del af prøven er individuel og mundtlig. Eksaminationstiden er 24 minutter. Der gives 24 minutters forberedelsestid. Opgaven skal omhandle et fortrinsvis teoretisk, fagligt emne og indeholde et bilag, der kan være grundlag for perspektivering af emnet. Eksperimentet og den teoretiske delopgave skal være kombineret, så de angår forskellige emner. Eksaminationen former sig som en faglig samtale mellem eksaminand og eksaminator.” [LPB 4.2]

Den anden halvdel af den mundtlige prøve afholdes normalt i umiddelbar forlængelse af den eksperimentelle prøve. Det kan være hensigtsmæssigt, at der er indlagt en mindre pause, som gør det muligt for censor og eksaminator at have en kort samtale om deres observationer i forbindelse med den eksperimentelle del af prøven med henblik på en foreløbig vurdering af den enkelte eksaminands eksperimentelle kompetencer.

Parringen af eksperiment og teoretisk del kan ske ved, at hver eksperimentel opgave bilægges en kuvert, som indeholder tilstrækkeligt mange opgaver til, at der er nok af de fortrinsvis teoretiske opgaver til alle eksaminander, der arbejder sammen om den enkelte eksperimentelle opgave. Eksaminanderne trækker så fra denne kuvert ved starten af den mundtlige del af prøven.

Opgaverne til den mundtlige del skal være bredt formulerede og tilsammen dække holdets undervisningsbeskrivelse. Der er ikke nogen bestemt skabelon for udformningen af opgaverne til den mundtlige del af prøven, men de skal give eksaminanderne mulighed for selv at disponere deres fremlæggelse. I forløbseksemplerne i denne vejlednings kapitel 5 er der givet forskellige eksempler på opgaver. Det er god praksis, at opgaven til den mundtlige del indeholder en overskrift, der fastlægger emnet for den faglige samtale, samt en undertekst, evt. i stikordsform. En sådan undertekst eller stikord er vejledende for eksaminanden.

Eksaminator skal sørge for, at eksaminanden et stykke inde i prøven inddrages i en egentlig faglig samtale, som også inddrager bilaget i perspektiveringen af emnet for prøven.

4.3 Bedømmelseskriterier

”Bedømmelsen er en vurdering af, i hvilket omfang eksaminandens præstation lever op til de faglige mål, som er angivet i 2.1.” [LPB 4.3]

De to dele af den afsluttende mundtlige prøve har hver sine supplerende bedømmelseskriterier i læreplanen.

”Ved den eksperimentelle del lægges der vægt på, at eksaminanden – kan udføre eksperimentelt arbejde og behandle de indsamlede data.” [LPB 4.3]

I vurderingen indgår eksaminandens evne til at inddrage relevant teori i behandlingen og analysen af de eksperimentelle data.

”Ved den mundtlige del lægges der vægt på, at eksaminanden i den faglige samtale har et selvstændigt initiativ og:

- har et sikkert kendskab til fagets begreber, modeller og metoder som grundlag for en faglig analyse og forklaring af den faglige argumentation*
- kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment*
- kan perspektivere faglige indsigter. ” [LPB 4.3]*

Ved bedømmelsen af den mundtlige præstation har helhedsvurderingen større vægt end detaljen. Det er vigtigt at skelne mellem en overfladisk og en mere dybtgående besvarelse af opgaven og skelne mellem sjuskefejl og egentlige forståelsesfejl. Det er derfor vigtigt at hæfte sig ved det positive og ikke udelukkende basere bedømmelsen på antallet af fejl.

”Hver eksaminand gives én individuel karakter ud fra en helhedsvurdering af prøvens eksperimentelle og mundtlige del. ” [LPB 4.3]

Karakteren for præstationen ved den mundtlige prøve er ikke et gennemsnit af delkarakterer for de to delprøver. Ved bedømmelse af eksaminandens samlede præstation må de enkelte kompetencer afvejes i overensstemmelse med bedømmelseskriterierne for at nå frem til helhedsvurderingen.

En præstation, der fuldt ud opfylder de relevante faglige mål, vurderes til karakteren *Fremragende*, jf. bekendtgørelse nr. 448 af 18/05/2006 (Bekendtgørelse om karakterskala og anden bedømmelse).

På næste side er i skemaform vist et eksempel på, hvordan kriterierne for tre af karakterniveauerne i karakterskalaen kan beskrives for Fysik B.

Eksempel på karakterbeskrivelse for mundtlig prøve i fysik B

12	Fremragende	<p>Eksaminanden kan tilrettelægge og udføre eksperimenter til en stort set dækkende undersøgelse af en kendt problemstilling, herunder behandle de indsamlede data med kun uvæsentlige fejl.</p> <p>Eksaminandens fremstilling af emnet er velstruktureret og med kun uvæsentlige mangler. Eksaminanden har i den mundtlige samtale et selvstændigt initiativ og viser et sikkert kendskab til fagets begreber, grundlæggende modeller og metoder, der bruges som grundlag for en faglig analyse og forklaring af den faglige argumentation, så næsten alle væsentlige aspekter inddrages.</p> <p>Eksaminanden kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment og selvstændigt perspektivere faglig indsigt.</p>
7	God	<p>Eksaminanden kan udføre eksperimenter til belysning af en kendt problemstilling, herunder behandle og analysere de indsamlede data med inddragelse af de væsentligste forhold.</p> <p>Eksaminandens fremstilling af emnet indeholder væsentlige aspekter af emner, men er noget ustruktureret og med visse væsentlige faglige mangler. Eksaminanden viser i den mundtlige samtale et godt kendskab til fagets begreber, grundlæggende modeller og metoder, der inddrages i den faglige argumentation på en noget upræcis måde.</p> <p>Eksaminanden kan forbinde teori og eksperiment og gengive perspektiver på de faglige problemstillinger.</p>
2	Tilstrækkelig	<p>Eksaminanden kan udføre simple eksperimenter, herunder behandle de indsamlede data med inddragelse af nogle væsentlige forhold.</p> <p>Eksaminandens fremlægning af emnet er en noget usammenhængende fremstilling af enkeltheder med faglige misforståelser. Eksaminanden bidrager i begrænset omfang til den faglige samtale, men viser et grundlæggende kendskab til fagets elementære begreber, modeller og metoder.</p> <p>Det faglige perspektiveres kun i begrænset omfang.</p>

5. Eksempler på undervisningsforløb i Fysik B

De følgende eksempler på undervisningsforløb kan alle indgå i et Fysik B-forløb. De kan samtidigt fungere som inspiration til forløb, der kan indgå i det treårige Fysik A-forløb, idet mål og kernestof på B-niveau kan ses som en del af mål og kernestof på A-niveau. Man skal dog være opmærksom på, at de viste eksempler på opgaver til den mundtlige prøve er beregnet for B-niveauet og ikke nødvendigvis vil kunne bruges på A-niveau.

5.1 Fysik i opdrift

Omfang 12 timer

Placering I starten af forløbet

Forløbsmål

Forløbet har en introduktion af følgende naturfaglige kompetencer i fokus

- udøvelse af naturfaglig tankegang
- udførelse og analyse af simple eksperimenter
- brug af modeller på naturfagligt grundlag
- anvendelse af forskellige repræsentationsformer

Desuden indgår tekstlæsning, formidling og gruppearbejde.

Indhold

Forløbet er bygget op over følgende elementære faglige begreber:

- Masse og vægt
- Densitet
- Vægttab, tyngdekraft og opdrift

Forløbet involverer brugen af lineære sammenhænge (specielt proportionalitet) og simple formler til beregning af en størrelse ud fra to andre kendte. Desuden indgår eksperimentelt arbejde om densitet, opdrift, evt. bygning af varmluftballon, regneopgaver om alle delemner.

Tilrettelæggelse

Med udgangspunkt i en video om zeppelinere og luftskibe præsenteres forløbet og målene, hvorefter tilrettelæggelsen diskuteres med eleverne. Forløbet kan tilrettelægges med en vekslen mellem lærerstyrede dialoger, gruppearbejde og elev eksperimenter i grupper. Undervejs i forløbet afleverer eleverne to skriftlige arbejder.

Mulige tværfaglige forbindelser

Forløbet åbner for samarbejde med

- Matematik (om beregninger med simple formler, lineære funktioner, grafregner)
- Historie (om Zeppelin og luftskibe som eksempler på teknologi)
- Fremmedsprog
- Dansk (om formidling og tekster om luftskibe)

Eksempel på opgave til den eksperimentelle del af prøven

Tilrettelæg og gennemfør et eksperiment, der belyser, hvad der bestemmer opdriften på en genstand, som nedsænkes i en væske.

Eksempel på opgave til den teoretiske del af prøven**Balloner og luftskibe**

Du skal behandle de to forskellige ballontyper og deres virkemåde. Samspillet mellem teknologiske muligheder og ballonfart inddrages på baggrund af eksempler.

Vedlagte bilag vil blive inddraget i den faglige samtale

Bilag

Opdrift i luft og i væsker

Foto af stearinlys, der flyder i vand

5.2 Brintsamfundet

Omfang 6 timer
Placering Midt i forløbet

Forløbsmål

Forløbet skal øge elevernes evne til at

- perspektivere fysikkens bidrag til forståelse af teknologi- og samfundsudvikling
- arbejde med tekster fra medierne

Indholdsbeskrivelse

Forløbet tilgodeser følgende dele af kernestoffet

- *Energiomsætninger, effekt, nyttevirkning*

Som supplerende stof behandles elektrolyse- og brændselsceller samt samfundsmæssige aspekter af en overgang til et brintsamfund.

Eksperimentelt arbejde

Eksperimenter med modelbrintbil.

Undervisningsmateriale

Sædvanligt lærebogsmateriale, suppleret med

”Drømmen om den rene bil” af Peter Hesseldahl (Samvirke 4/2003)

”Farvel til forurening” af Peter Hesseldahl (Samvirke 5/2003)

”Brint kan give os energi i årtusinder” af Dan Frederiksen (Illustreret Videnskab 15/2004)

”Brændselsceller – renere og mindre sårbar elproduktion”? (Fysik i perspektiv 97-1)

Videofilm fra Viden Om: Evighedsbatterier DR2, 31/10 2000

Turbo på brinten (11:59) <http://www.tv2regionerne.dk/Default.asp?r=6&Id=191418>

Animationer på nettet: <http://www.vvsu.dk/elearning/bc01-01.htm>

Tilrettelæggelse

- Forløbet indledes med læsning af nogle tekster fra medierne (så aktuelle som muligt), hvor emnet introduceres, og hvor begreber som brintsamfund og brændselscelle indkredses. Passende arbejdsspørgsmål til teksterne kunne blandt andet fokusere på at adskille politiske og naturvidenskabelig funderede udtalelser.
- Lærergennemgang af princippet i elektrolyse og i brændselscellers virkemåde med inddragelse af videoklip og animationer.
- Gruppearbejde:
 - 1) ”Beskriv de overordnede energistrømmene i Danmark og i brintsamfundet”.
 - 2) ”Beskriv fordele og ulemper ved brintsamfundet i forhold til vores nuværende energisystem”.
 - 3) ”Opsøg viden om den nyeste teknologiske udvikling på området”.

Skriftligt arbejde

Grupperapport over det eksperimentelle arbejde.

Eksempel på opgave til den eksperimentelle del af prøven

Brændselscellers virkemåde og effektivitet.

Eksempel på opgave til den teoretiske del af prøven**Brintsamfundet**

Du skal inddrage:

- Princippet i elektrolyse og i brændselscellers virkemåde
- Omtale af eksperimenter med modelbrintbil
- Brintsamfundet - hvad er det ?

Bilag*Brintsamfundet*

En skematisk illustration af de karakteristiske energistrømme i brintsamfundet.

5.3 Lysfænomener i atmosfæren

Omfang 15 timer.

Placering Gerne tidligt i Fysik B forløbet, men eleverne bør fra matematik have kendskab til trigonometri inden forløbet.

Forløbsmål

Forløbet skal

- sætte eleverne i stand til at bruge en bølgeskrivelse af lys til at forklar lysfænomener i den nære omverden
- sætte eleverne i stand til at foretage beregninger med udgangspunkt i brydningsloven
- øge elevernes evne til at kunne tilrettelægge, beskrive og udføre eksperimenter
- øge elevernes evne til at behandle eksperimentelle data med henblik på at diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser

Indholdsbeskrivelse

Elementær bølgebeskrivelse af lys med behandling af tilbagekastning, brydning og afbøjning danner grundlaget for arbejde med en række lysfænomener i atmosfæren: dagslys; luftspejlinger; solop- og nedgange; regnbuer; koronaer, glories og haloer; nordlys; lys om natten (Fra Månen, planeter og stjerner, kometer og meteor).
Eksperimentelt arbejde: undersøgelse af brydningsloven og totalrefleksion.

Undervisningsmaterialer

Gængse lærebøger, appletter fra internettet, L. L. Christensen m. fl.: *Lysfænomener i naturen*, Høst & Søn, 1999.

Tilrettelæggelse

- Lærergennemgang af bølgebeskrivelse af lys, herunder tilbagekastning, brydning og afbøjning af lys.
- Elevaktivitet: arbejde med appletter, der understøtter ovenstående.
- Klassegennemgang af luftspejlinger samt solop- og nedgange. Eleverne indsamler relevante billeder og illustrationer fra internettet og laver en collage.
- Elevaktivitet: arbejde med regnbueapplet og tilhørende opgave udarbejdet af læreren.
- Klassegennemgang af koronaer, glories og haloer.
- Elevaktivitet: eksperimentelt arbejde med brydningsloven og total tilbagekastning.
- Klassegennemgang af dagslys med henblik på at forstå, hvorfor himlen er blå.
- Elevforedrag med temaet lys om natten, fx tre foredrag omkring lys fra Månen, planeter og stjerner samt kometer og meteor.
- Klassegennemgang af nordlys.

Evaluerings og skriftligt arbejde

Eleverne laver collage vedrørende luftspejlinger samt solop- og nedgange.

Eleverne afleverer opgavebesvarelsen vedrørende regnbuen.

Eleverne afleverer rapport over det eksperimentelle arbejde.

Eksempel på opgave til den eksperimentelle del af prøven

Der ønskes en undersøgelse af brydningsloven og totalrefleksion, herunder en bestemmelse af brydningsindeks for det udleverede materiale.

Eksempel på opgave til den teoretiske del af prøven**Lys**

Vejledende stikord: lysets udbredelse som bølge, tilbagekastning og brydning.

Bilag:

Solnedgang, regnbue og nordlys

Tre fotografier, der viser henholdsvis en sekvens af en solnedgang, en regnbue med andenordensbuen synlig og nordlys.

5.4 Lys og spektre

Omfang 11 timer.

Placering Fleksibelt, afhænger af holdets planlægning af rækkefølgen af kernestoffet.

Forløbsmål

Forløbet skal

- øge elevernes evne til at opstille og anvende modeller til forklaring af fysiske fænomener
- øge elevernes evne til at foretage beregninger af fysiske størrelser
- øge elevernes evne til at tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter.

Indholdsbeskrivelse

Forløbet er tænkt som et opgraderingsforløb fra Fysik C til Fysik B inden for kernestoffet lys, men inddrager også kernestof vedrørende det naturvidenskabelige verdensbillede og kvantefysikken. Der tages udgangspunkt i elevernes viden og kompetencer fra Fysik C. Lysets partikelmodel opstilles, og forskellige spektre behandles så vidt muligt eksperimentelt. Rødforskydning behandles som udgangspunkt for en beskrivelse af Universets udvidelse. Endelig behandles det elektromagnetiske spektrum.

Undervisningsmaterialer

Gængse lærebøger, Physics Review volumen 14 nr. 3 februar 2005, læreroplæg til gruppearbejde.

Tilrettelæggelse

- Elevaktivitet: små foredrag over arbejdet med lys i elevernes Fysik C forløb.
- Demonstrationsforsøg: fotoelektrisk effekt. Klassegennemgang af lysets partikelmodel.
- Gruppearbejde på grundlag af artikel om fotoelektrisk effekt.
- Elevaktivitet: undersøgelse af forskellige lyskilder og spektre ved hjælp af håndspektrometre.
- Klasseaktivitet: fortolkning af ovenstående undersøgelse på grundlag af Bohrs atommodel.
- Elevaktivitet: undersøgelse af hydrogenspektret.
- Gruppearbejde omkring rødforskydning af spektre fra fjerntliggende galakser med efterfølgende klasseopsamling.
- Elevforedrag om det elektromagnetiske spektrum. Små foredrag om markante dele af spektret.

Evaluering og skriftligt arbejde

Eleverne afleverer opgavesæt med temaet lys og atomer.

Eleverne afleverer rapport over undersøgelsen af hydrogenspektret.

På klassen diskuteres forløbet med henblik på arbejdsformerne og de faglige mål på B-niveau sammenlignet med C-niveau.

Eksempel på opgave til den eksperimentelle del af prøven

Der ønskes en undersøgelse af emissionsspektret for det udleverede stof med henblik på at identificere det. Herunder bestemmes gitterkonstanten for det udleverede gitter.

Eksempel på opgave til den teoretiske del af prøven

Det elektromagnetiske spektrum

Stikord: lysets partikelmodel, lysudsendelse fra atomer specielt hydrogenatomet, typer af spektre, markante dele af det elektromagnetiske spektrum.

APPENDIX: Synoptiske oversigter

På de to følgende sider findes synoptiske oversigter over dels mål dels kernestoffet for de tre fysik-niveauer i det almene gymnasium. Oversigterne kan benyttes som en hjælp til at se progressionen i de faglige krav (mål) på de forskellige niveauer og til at afdække kravene til det faglige indhold (kernestof) ved skift mellem forskellige niveauer.

KERNESTOF	FYSIK C	FYSIK B	FYSIK A
Energi	Beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning Ex på energiformer, kvantitativ omsætning mellem to	Beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning Kinetisk og potentiel energi nær Jorden Indre energi, energiforhold ved temperatur- og faseændringer Ækvivalens masse og energi	Arbejde, energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning Indre energi, energiforhold ved temperatur- og faseændringer Ækvivalens masse og energi
Elektriske kredsløb		Elektriske kredsløb med stationære strømme grundbegreberne strømstyrke, spændingsfald, resistans og energiomsætning	Elektriske kredsløb med stationære strømme grundbegreberne strømstyrke, spændingsfald, resistans og energiomsætning
Bølger	Bølgelængde, frekvens og fart samt måling heraf Samspil bølge og sans	Bølgelængde, frekvens og fart, interferens Elektromagnetisk stråling, herunder lys Lyd Exp. måling af bølgelængde (lyd og lys)	Bølgelængde, frekvens og fart, interferens Elektromagnetisk stråling, herunder lys Lyd Exp. måling af bølgelængde (lyd og lys)
Kvantefysik		Atom, kerne Fotonens energi, emission og absorption, spektre Radioaktivitet, henfaldstyper, aktivitet og henfald	Atom, kerne Fotonens energi, emission og absorption, spektre Radioaktivitet, henfaldstyper, aktivitet og henfald Partikel-bølge-dualitet
Mekanik		Beskrivelse af bevægelse i én dimension Kraftbegreb, tyngdekraft Newtons love anvendt på éndim bevægelse	Beskrivelse og analyse af bevægelser i 1 og 2 dim Bevægelse i homogent kraftfelt Jævn cirkelbevægelse Bevarelse af bevægelsesmængde, stød Kraftbegreb, tyngdekraft, elastisk kraft, opdrift Newtons love Gravitation og satellitbevægelser, Mekanisk energi, herunder potentiel energi nær ved jorden og generelt Gnidning
Fysikkens bidrag til nat verdensbillede	Grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie Jorden som planet Atomer og stof	Grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder rødforskydning af spektallinjer Jorden som planet Naturens mindste byggesten, herunder atomer og stof samt grundstoffers dannelseshistorie	Grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder rødforskydning af spektallinjer Jorden som planet Naturens mindste byggesten, herunder atomer og stof samt grundstoffers dannelseshistorie
Fysik i det 21. årh.			Emnet udmeldes før start af 3.g-forløb

KOMPETENCER	FYSIK C	FYSIK B	FYSIK A
modeller	kende og anvende enkle modeller til kval og kvan forklaring	kende, opstille og anvende modeller til kval og kvan forklaring	kende, opstille og anvende bredt udvalg af modeller til kval og kvan forklaring og diskutere gyldighedsområde
problem		ud fra grundlæggende begreber og modeller beregne fysiske størrelser	analysere et fysikfagligt problem ud fra forsk repræsentationer af data og formulere løsning gennem brug af relevant model
eksperiment	beskrive og udføre enkle kval og kvan falsificere enkel hypotese	tilrettelægge, beskrive og udføre ud fra given proble givet udstyr,	tilrettelægge, udføre og dokumentere eksperiment til undersøgelse af åben problemstilling
databelhandle	præsentere resultater hensigtsmæssigt afdække enkle matematiske sammenhænge	præsentere resultater hensigtsmæssigt diskutere matematiske sammenhænge	diskutere matematiske sammenhænge
skrive tekst	med elementært fysikfagligt indhold til valgt målgruppe	med fysikfagligt indhold til valgt målgruppe	til valgt målgruppe med fysikfagligt indhold
læse medietekst	identificere fysikfaglige elementer i tekstens argumenter	identificere fysikfaglige elementer og vurdere argumentationens naturvidenskabelige gyldighed	identificere fysikfaglige elementer og vurdere argumentationens naturvidenskabelige gyldighed
perspektivere fysikkens bidrag	gennem eksempler til beskrivelse af naturfænomener og teknologi- og samfundsudvikling	gennem eksempler og i samspil med andre fag perspektivere fysikkens bidrag til forståelse af naturfænomener og teknologi- og samfundsudvikling	gennem eksempler og i samspil med andre fag perspektivere fysikkens bidrag til forståelse af nat ner og teknologi- og samfundsudvikling
Eksperimenter	kval og kvan eksperimenter mulighed for opstilling og falsifikation af enkle hypoteser	progression fra simpel registrering (køgebog) over mere komplekse sammenhænge til selvstændigt arbejde et længerevarende eksperimentelt forløb med selvvalgt problemstilling	progression fra simpel registrering (køgebog) over mere komplekse sammenhænge til selvstændige undersøgelser to længerevarende eksperimentelt forløb med selvvalgt problemstilling
Skriftlighed	Rapporter Formidling Skriftlige oplæg Numeriske problemer	Rapporter Formidling Problemløsning Projekt rapporter	Rapporter Formidling Problemløsning, skriftlige opgaver Projekt rapporter
Mundtlighed	oplæg basis for arbejde med mundtlig fremlæggelse i form af elevforedrag o.lign.	oplæg som udgangspunkt for selvstændige elevforedrag om teoretisk emne eller exp arbejde	oplæg som udgangspunkt for selvstændige elevforedrag om teoretisk emne eller exp arbejde
Intern evaluering	Eksperimentelle kompetencer Læsning af medietekst	Læsning af medietekst	Læsning af medietekst
Eksamen	Mundtlig – 24 min Kendte emner, elevoplæg (10 min) faglig samtale med vægt på perspektivering ud fra bilag	Mundtlig – todelt eksperimentel del: 1½ time, kendte problemstilling teoretisk del: 24 min, faglig dialog om emne med perspektiv (bilag)	Mundtlig – todelt eksperimentel del: 2 timer teoretisk del: 24 min, faglig dialog om emne med perspektiv (bilag) Skriftlig – opgavesæt, 5 timer

