

Fysik C - Stx

Undervisningsvejledning

Juli 2008

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	10
3. UNDERVISNINGENS TILRETTELÆGGELSE	12
3.1 Didaktiske principper	12
3.1.1 Elevforudsætninger	12
3.1.2 Planlægning og progression	14
3.1.4 Perspektivering	18
3.1.5 Undervisningsmateriale	20
3.2 Arbejdsformer	20
3.2.1 Eksempler på arbejdsformer i fysik	21
3.2.2 Eksperimentelt arbejde	22
3.2.3 Mundtlig formidling	25
3.2.4 Skriftligt arbejde	27
3.2.5 Om at arbejde med tekster i fysik	28
3.3 It	28
3.3.1 Dataopsamling og databehandling	29
3.3.2 Simuleringer	29
3.3.3 Informationssøgning	30
3.3.4 It-baserede kommunikationsfora	30
3.4 Samspil med andre fag	31
3.4.1 Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb	31
3.4.2 Samspillet i almen studieforberedelse	32
3.4.3 Samspil med matematik	32
3.4.4 Samspil i øvrigt	33

3.5 Fysik C i det 2-årige studenterkursusforløb	33
3.6 Særlige forhold for Fysik C som valgfag i hf	34
4. EVALUERING	35
4.1 Den løbende evaluering	35
4.1.1 Formativ evaluering	35
4.1.2 Summativ evaluering	36
4.2 Den afsluttende prøve	36
4.3 Bedømmelseskriterier	40
5. EKSEMPLER PÅ UNDERVISNINGSFORLØB I FYSIK C	42
5.1 Energiforbrug i hjemmet	42
5.2 Fysikken bag musikinstrumenter	44
5.3 Verdensbilleder før og nu	46
5.4 Samarbejde mellem fysik og matematik	48
5.5 Datering	50

Fysik C - Stx

Undervisningsvejledning

Juli 2008

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. Eventuelle ændringer i vejledningen vil blive foretaget pr. 1. juli.

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.” [LPC 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 dannelsen 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 ufatteligt stort. Det giver gode muligheder for at udfordre elevernes nysgerrighed og fremme deres interesse, kreativitet og engagement.

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 studieforbereende og det almindelige 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.

Fysik er som det eneste naturvidenskabelige fag obligatorisk i det almene gymnasium. Det betyder, at faget skal rumme et relevant tilbud til alle elever, uanset om de har valgt det som studieretningsfag, valgfag eller følger det som obligatorisk fag på C niveau. Faget skal bidrage såvel til studieforbereelse som til almindelse, men vægten er lagt på fagets mere almindelige sider.

I henhold til læreplanen er fagets formål:

”Faget fysik giver på C-niveau eleverne en grundlæggende indsigt i naturvidenskabelige arbejdsmetoder og tænkemåder med vægt på almindelsen. Eleverne skal opleve, hvordan fysiske modeller kan fungere som middel til at give kvalitative og kvantitative forklaringer af fænomener, så de derigennem får kendskab til eksempler på naturvidenskabelige tolkninger af verden omkring os. Det eksperimentelle arbejde giver eleverne fortrolighed med samspillet mellem teori og eksperiment, så de kender betydningen af naturvidenskabens eksperimentelle grundlag. Eleverne skal arbejde med tekster med teknisk-naturvidenskabeligt indhold, så de kan reflektere over indhold og argumentation, samtidigt med at de møder perspektiveringer af faget. De faglige problemstillinger skal også åbne for, at eleverne får indblik i fysiske og teknologiske aspekter af målsætningen om en bæredygtig udvikling.” [LPC 1.2]

Dette formål afspejler, at hovedsigtet er at kvalificere eleverne til at forstå de metoder og tænkemåder, der er baggrunden for den teknisk-naturvidenskabelige tilgang til verden. Herved lægges vægten på, at den grundlæggende fysikundervisning bidrager væsentligt til, at eleverne bliver i stand til at fungere som borgere i dagens og fremtidens samfund.

En sådan naturfaglig oplysthed kræver, at eleverne har konkrete erfaringer med naturfaglige problemer og deres behandling. Undervisningen skal derfor inddrage såvel fagets eksperimentelle side som den teoretiske brug af modeller. De skal desuden kunne læse og skrive forskellige teksttyper med naturfagligt indhold. Oplevelsen af fagets relevans skal fremmes gennem perspektivering af de faglige indsigter i såvel historisk-filosofiske som aktuelle samfundsmæssige sammenhænge.

Formålets fokusering på fagets almindelige 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 fysik findes i [Undervisningsvejledningen til Fysik A](#), afsnit 1.3.

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 forsøger 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

Faget fysik er obligatorisk på mindst C-niveau i det almene gymnasium. Læreplanen for Fysik C er derfor udformet, så det gennem mål, indhold og tilrettelæggelse sikres, at faget har et klart alment dannende sigte. Det sker blandt andet ved, at undervisningen på elementær vis præsenterer væsentlige sider af det naturvidenskabelige verdensbillede og samtidigt kan spille sammen med det naturvidenskabelige grundforløb, de øvrige naturfag samt de humanistiske, samfundsfaglige og kunstneriske fag. Læreplanen fastlægger rammer, som gør det muligt at tilpasse undervisningen til det aktuelle holds elever og øvrige fag.

2.1 Faglige mål

De faglige mål beskriver nogle grundlæggende naturfaglige kompetencer inden for fysik med vægt på, at eleverne skal kunne se faget i en større sammenhæng. Disse mål udgør grundlaget for den afsluttende evaluering og karakteriserer tilsammen en præstation på det højeste niveau i karakter-skalaen. Målene er pejlemærker for de enkelte undervisningsforløb, som tilsammen med den nødvendige progression skal sætte eleven 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 anvende enkle modeller, som kvalitativt eller kvantitativt kan forklare forskellige fysiske fænomener” [LPC 2.1]

Fysik er et middel til at forstå verden gennem begreber og modeller. Fysikkens teoretiske grundlag i form af lovmæssigheder og lignende sammenhænge bringes i undervisningen i spil gennem anvendelsen af modeller som et middel til at beskrive, tolke og forklare fysiske fænomener og processer. Modellerne kan være såvel kvalitative som kvantitative.

Eleverne skal gennem undervisningen gradvis udvikle et kendskab til en række modeller, som kan danne grundlag for deres brug af fysik på forskellige problemstillinger. I kernestoffet indgår grundlæggende fysiske love og sammenhænge, men nye kan også inddrages gennem det supplerende stof.

De kvalitative modeller kan bruges til at beskrive og forstå sammenhænge for derigennem at udbygge elevernes mulighed for at forstå og anvende naturfaglig argumentation. Gennem et bevidst arbejde med denne slags modeller kan man styrke elevernes muligheder for at visualisere og verbalisere fysik.

Brugen af kvantitative modeller omfatter såvel simple beregninger med indsættelse af tal og enhed i en formel som belysning og anvendelse af sammenhænge mellem fysiske størrelser. De kvantitative modeller må derfor bygge på elevernes matematiske forudsætninger. Hovedvægten ligger på lineære modeller, så eleverne opnår fortrolighed med anvendelse og tolkning af såvel proportionaliteter som lineære sammenhænge. Vægten kan lægges på anvendelsen af modellerne som et middel til at sammenfatte information og som basis for at give forudsigelser. Løsning af simple numeriske opgaver indgår naturligt som et led i arbejdet med at opnå fortrolighed med modellerne.

Indsigt i anvendelsen af fysiske modeller indebærer, at der i undervisningen indgår eksempler på modeller, hvor det er muligt for eleverne at gennemskue og diskutere forudsætninger, begrænsninger og rækkevidde.

I forbindelse med anvendelsen af modeller indgår et bevidst arbejde med forskellige repræsentationsformer for fysiske data og begreber. Hovedvægten vil i Fysik C naturligt ligge på brugen af tabeller, grafer og formler. Omsætning mellem de forskellige repræsentationsformer er et led i dette arbejde, og ikke mindst sproglige formuleringer bør benyttes til at mindske kravene til abstraktion.

”Eleverne skal gennem eksempler kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling” [LPC 2.1]

Dette mål er centralt i forbindelse med Fysik C som et overvejende alment dannende fag, fordi det kræver, at eleverne kan se naturfagene og specielt fysik i en bredere sammenhæng. Perspektivering i denne forstand indebærer derfor, at der i undervisningen inddrages forhold uden for fysikkens egen verden. Det kan være erfaringer, viden og meninger fra andre fag eller fra fx samfundsdebatten. Det kan ske internt i fysikundervisningen eller i samspil med andre fag.

”Eleverne skal kunne beskrive og udføre enkle kvalitative og kvantitative fysiske eksperimenter, herunder opstille og falsificere enkle hypoteser” [LPC 2.1]

Eksperimenter er en integreret del af fysikundervisningen. I Fysik C lægges vægten på, at eleverne skal kunne udføre og beskrive eksperimenter, men der er ikke et krav om, at eleverne selvstændigt skal kunne tilrettelægge en eksperimentel undersøgelse. Enkle eksperimenter betyder i denne sammenhæng simple og overskuelige eksperimentelle opstillinger, hvor der i reglen kun optræder én uafhængig variabel.

Fremhævelsen af eksperimenter, der specielt egner sig til opstilling og falsifikation af hypoteser, er tæt forbundet med kravet til elevernes eksperimentelle kompetence i det naturvidenskabelige grundforløb. Men samtidigt er det her muligt at arbejde med naturvidenskabelig metode gennem opstilling af enkle, kvalitative hypoteser og en systematisk afprøvning af dem.

Elevernes arbejde i laboratoriet forudsætter, at eleverne har et grundlæggende kendskab til sikkerhedsforhold og risikomomenter ved eksperimentelt arbejde og i øvrigt udviser god laboratoriepraksis. Samtidigt indgår det, at de kan anvende almindeligt forekommende måleudstyr, herunder it-baserede systemer til dataopsamling og –behandling. Eleverne skal gøres bevidste om betydningen af fejlkilder og kende til vurdering af usikkerhed på målinger og resultater, fx på basis af betydende cifre.

”Eleverne skal kunne præsentere eksperimentelle data hensigtsmæssigt og behandle dem med henblik på at afdække enkle matematiske sammenhænge” [LPC 2.1]

Eksperimentelle data kan typisk præsenteres i form af tabeller. De kan derefter behandles ved hjælp af grafer og matematiske formler. Eleverne skal arbejde med de forskellige repræsentationsformer og kunne skifte mellem dem. I databehandlingen indgår naturligt brug af it-hjælpemidler som regneark og lommeregner til bestemmelse af fx bedste rette linje som tilpasning til eksperimentelle data.

Ved behandlingen af data og belysningen af en sammenhæng indgår naturligt en diskussion af resultaternes pålidelighed. Det kan være naturligt at inddrage de mest betydningsfulde fejlkilder, men der er ikke noget krav om en systematisk behandling af usikkerhed ved målinger og resultater.

Gennem fremhævelsen af at kunne afdække matematiske sammenhænge peges der på forbindelsen til modellering, så der kan skabes et meningsfuldt arbejde, hvor elevernes egne data kan indgå i

arbejdet med modeller. Derigennem bliver der mulighed for på elementær vis at belyse samspillet mellem eksperiment og teori og diskutere fx forskellen på teoretiske og empiriske sammenhænge.

”Eleverne skal kunne arbejde med tekster fra medierne, herunder identificere de naturvidenskabelige elementer i tekstens argumenter” [LPC 2.1]

Dette mål tager udgangspunkt i en bred opfattelse af tekstbegrebet, som inkluderer verbale, tekst- og billedmæssige fremstillinger. Det væsentlige er, at eleverne er i stand til at arbejde med tekster på en sådan måde, at faglig argumentation og personlige meninger adskilles. De skal således kunne identificere, hvornår en ekspert udtaler sig og citeres som ekspert, og hvornår en ekspert eller formidlende journalister giver udtryk for personlige meninger. Det forventes ikke, at eleverne selv skal kunne vurdere kvaliteten af den faglige argumentation.

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

Formidling af faglig indsigt er et væsentligt aspekt af undervisningen i fysik. I denne forbindelse omfatter formidlingen såvel mundtlig som skriftlig fremstilling med brug af forskellige typer hjælpemidler. Dette arbejde skal styrke elevernes faglige udtryksfærdighed og evne til at kommunikere forståeligt om emner med et fysikfagligt indhold.

I Fysik C-undervisningen skal der overvejende arbejdes med elementære problemstillinger, og fokuseringen på en valgt målgruppe understreger det væsentlige i, at formidlingen skal ske på modtægernes præmisser. Valget af målgruppe afhænger af den undervisningsmæssige sammenhæng, men kan i vid udstrækning overlades til eleverne.

2.2 Kernestof

Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede

- *grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder Det kosmologiske Princip og Universets udvidelse*
- *Jorden som planet i Solsystemet som grundlag for forklaring af umiddelbart observerbare naturfænomener*
- *atomer som grundlag for forklaring af makroskopiske egenskaber ved stof. [LPC 2.2]*

Sigtet med dette område er at give eleverne et bredt, kvalitativt og nutidigt grundlag for at forstå verden omkring sig. 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 et overblik over typiske afstande. Det kosmologiske Princip, dvs. at Universet over kosmologiske afstande ser ens ud fra alle iagttagelsespunkter, inddrages i beskrivelsen, og dets filosofiske og historiske aspekter kan naturligt inddrages i en perspektivering af emnet. Hovedtrækkene i Universets udviklingshistorie kan behandles ved en række kommenterede illustrationer (en elektronisk præsentation, transparenter, ”tegnserieagtige-striber” eller lignende) med nedslag på karakteristiske tidspunkter. Afgrænsede epoker eller udvalgte fænomener kan gøres til genstand for en nærmere faglig omtale (stoffets rekombination, dannelsen af de første stjerner, observation af exoplaneter m.m.). Der er ikke krav om en egentlig

behandling af de observationsmæssige argumenter for Universets udvidelse, men eksistensen af disse naturvidenskabelige argumenter bør understreges.

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 hverdagsituationer (temperatur, tryk, varmetransport, fordampning).

Energi

- *beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning*
- *eksempler på energiformer og en kvantitativ behandling af omsætningen mellem mindst to energiformer [LPC 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.

Med udgangspunkt i et kvalitativt kendskab til energiformer som kinetisk, potentiel, termisk, elektrisk og kemisk energi kan man beskrive og diskutere arten af energiomsætningerne i kendte situationer. Mindst to udvalgte energiformer og omsætningen mellem dem skal gøres til genstand for en kvantitativ behandling, som er understøttet af eksperimentelt arbejde.

Lyd og lys

- *grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens og udbredelsesfart*
- *eksperimentel bestemmelse af bølgelængde*
- *fysiske egenskaber ved lyd og lys samt deres forbindelse til sanseindtryk. [LPC 2.2]*

Udgangspunktet for den kvantitative beskrivelse af bølger er grundbegreberne bølgelængde, frekvens og udbredelsesfart samt sammenhængen mellem dem. Eleverne skal arbejde med eksperimentel bestemmelse af bølgelængde for såvel lyd som lys, men der er ikke krav om nogen bestemt, systematisk begrundelse for teorien bag de valgte målemetoder. Forbindelsen mellem fysiske egenskaber og sanseindtryk kan belyses med udgangspunkt i eksempler som fx toner og farver.

2.3 Supplerende stof

”Eleverne vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Det supplerende stof, der udfylder ca. 40 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.” [LPC 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 valget af supplerende stof kan der tages særligt hensyn til mulighederne for fagligt samspil med såvel matematik og de øvrige naturfag som med de øvrige fag i et flerfagligt samarbejde eller i almen studieforbereelse, jf. afsnit 3.4.

Undervisningen i Fysik C 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

Da fysik er et obligatorisk fag i det almene gymnasium, skal undervisningen i fysik i almindelighed og Fysik C i særdeleshed kunne appellere til alle elever.

3.1 Didaktiske principper

De overordnede principper for tilrettelæggelsen af undervisningen fremgår af læreplanens afsnit 3.1. I overensstemmelse med formålet lægges der særlig vægt på Fysik C-undervisningens mere alment dannende sider:

”Ved tilrettelæggelsen af undervisningen og ved udvælgelsen af stoffet og undervisningsmaterialet skal der lægges vægt på, at eleverne får mulighed for at opleve faget som spændende, relevant og vedkommende. Hovedvægten skal lægges på brug af fysik som et middel til at skabe naturfaglig indsigt, og fagets mere formelle og matematiske sider nedtones, så undervisningen passer til elevernes forudsætninger.” [LPC 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 naturfagernes arbejds- og tænkemåder.

3.1.1 Elevforudsætninger

Undervisningen skal tage udgangspunkt i elevernes faglige niveau fra grundskolen, hvis Fysik C-forløbet er placeret i 1.g. Er forløbet placeret i 2.g eller 3.g, må elevernes viden og kompetencer fra det naturvidenskabelige grundforløb og de øvrige naturfag også indgå i valget af udgangspunkt.

I grundskolen undervises eleverne i 7.-9. klasse i faget fysik-kemi, og optagelse i det almene gymnasium er betinget af, at eleven har aflagt folkeskolens mundtlige afgangsprøve i fysik/kemi. Kravene til undervisningen er beskrevet i UVMs publikation *Fælles Mål – faghæfte 16: Fysik/kemi*, der er tilgængelig på ministeriets netsted.

Slutmålene er beskrevet gennem en række kompetencer, der blandt andet omfatter, at eleven

- kan bruge begreber og modeller til at beskrive og forklare fænomener og hændelser
- kender forskellige tiders forestillinger om universets opbygning og udvikling
- kender til væsentlige træk ved den teknologiske udvikling

og med sigte på anvendelse af fysik og kemi i hverdag og samfund, at de kan

- gøre rede for, diskutere og tage stilling til samfundets ressource- og energiforsyning
- beskrive og forklare eksempler på energiomsætninger

samt har en generel eksperimentel kompetence, der omfatter planlægning, gennemførelse og vurdering af eksperimenter. Man skal i den forbindelse være opmærksom på, at slutmålene er formuleret som pejlemærker og ikke ubetinget er et mål, som hver enkelt elev skal nå.

Disse slutmål er i ovennævnte skrift underbygget og præciseret gennem trinmål, der er fastlagt for 8. klassetrin og 9. klassetrin. Der fremgår heraf, at alle elever efter 9. klasse bør kende til følgende emnekredse af betydning for undervisningen i fysik i det almene gymnasium:

- grundtræk i stofs opbygning gennem atomer og molekyler
- aspekter af nutidens forestillinger om Universets opbygning og udvikling
- hovedtræk ved samfundets energiforsyning
- eksempler på energiomsætninger i forbindelse med energiforsyning

Tegnet med en bred pensel har eleverne fra grundskolens 9. klasse en forholdsvis bred erfaringsbasis med kendskab til en lang række fysiske fænomener, som overvejende er behandlet kvalitativt og tematisk. De er nysgerrige og har erfaring med et 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.

Eleverne og kravene til tænkning ved gymnasiestarten

Mange menneskers måde at tænke på gennemgår en kvalitativ forandring, når de er et sted mellem 12 og 18 år - nærmest som om den skifter til et højere gear. Med en terminologi, der skyldes den schweiziske forsker Jean Piaget, siger man, at man op til dette tidspunkt bruger en *konkretoperationel* måde at tænke på, mens man efter 'gearskiftet' er i stand til at bruge *formeloperationel* tænkning.

Konkretoperationel tænkning bliver somme tider misforstået derhen, at det udelukkende drejer sig om konkret 'hands-on' arbejde. Men konkrete operationer er tankeprocesser, som et barn/en ung kan bruge på sine erfaringer. Erfaringerne kan stamme fra praktisk aktivitet, men kan også stamme fra noget, barnet har læst, eller noget, det har fået at vide af andre. Det hører til de vigtige træk ved konkrete operationer, at de kun involverer to variable ad gangen, hvoraf en er uafhængig, og at de ganske vist sætter barnet i stand til at beskrive situationer, men ikke til at forklare dem. Derimod kan man med formelle operationer håndtere problemer med mange variable, og de sætter folk i stand til at udtænke og afprøve forklaringer. Gennem ungdommen udvikler mange mennesker evnen til at tænke i formeloperationelle baner. Det er ikke helt klart, hvad mekanismen i denne udvikling er. Piaget beskrev den som en vekselvirkning mellem individet og omgivelserne, hvorunder nye stimuli bliver assimileret af (indpasset i) individets eksisterende kognitive strukturer, hvis det er muligt, eller de kognitive strukturer tilpasser sig de nye stimuli (akkommoderer), når disse ikke uden videre kan assimileres. Hvad enten man accepterer denne teori eller ej, så afhænger den kognitive udvikling givetvis af genetisk udrustning, af biologisk modning og af de fysiske og sociale omgivelser fra det øjeblik, man er undfanget. Til omgivelserne hører også skole og undervisning! Det ville være halsløs gerning at prøve at sætte procenter på, hvor meget disse faktorer hver især har at sige for et individs kognitive udvikling, men det forekommer rimeligt at antage, at skoleundervisning betyder en del.

Nogle af de vigtigste tænke- eller ræsonnementsmønstre, som er karakteristiske for formelle operationer er:

- variabelkontrol og udelukkelse af irrelevante variable
- forhold og proportionalitet
- ligevægt (mental håndtering af mange variable)
- kompensation (fx omvendt proportionalitet)
- sandsynlighed
- korrelation
- brugen af abstrakte modeller til at forklare og forudsige (herunder hypotetisk/deduktiv tænkning).

Ræsonnementsmønstrene inddeles lidt teknisk i en række niveauer, nemlig

- 2A: tidligt konkret
- 2B: sent konkret
- 2B* (eller 2B/3A): overgangsniveau til

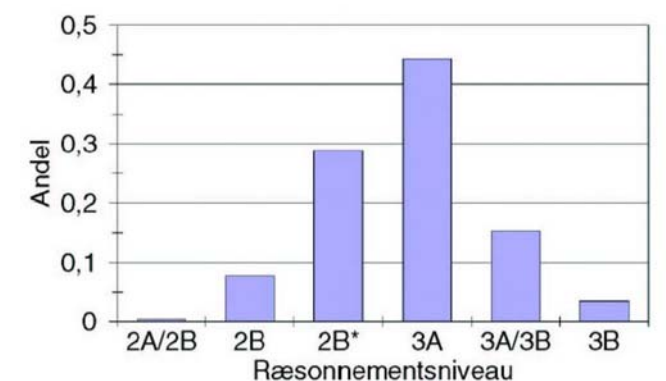
- 3A: tidligt formel
- 3B: sent formel

Som eksempler på, hvad der karakteriserer disse niveauer, kan nævnes: En elev på niveau 2A kan håndtere variabelkontrol på niveauet fair/unfair, og fx indse at det ikke er et fair kapløb, hvis den ene løber starter tættere på målet end den anden. En elev på 2B vil typisk kunne variere forskellige uafhængige variable, men det sker helt usystematisk. En elev på 3A indser behovet for kontrol, og kan kontrollere opgivne variable, men kun for en elev på 3B er fuld og systematisk variabelkontrol mulig - herunder også erkendelsen af, at i visse situationer er kontrol ikke mulig (fx i nogle biologiske problemstillinger).

Hvad angår forhold og proportionalitet, kan en elev på 2A klare at fordoble og halvere, mens en elev på 2B bliver i stand til at skalere op og ned samt fordele forholdsvist efter små, hele tal. På 3A er en elev i stand til at sammenligne simple forhold og er i stand til at håndtere fx $R = U/I$ som en regneforskrift, men først på 3B indser man, at $U = R \cdot I$, $R = U/I$ og $I = U/R$ er tre sider af samme sag og ikke tre forskellige formler. For slet ikke at tale om, at det kan være et eksemplar af typerne $y = a \cdot x$ (proportionalitet) og $y/x = a$ (omvendt proportionalitet).

Sammenholdes disse to eksempler med fysikundervisningen i gymnasiet - også i starten af 1.g - er det klart, at meget ofte eleverne skal være på niveau 3B: sent formel tænkning for at få det tiltænkte udbytte.

Det er ret klart, at i hvert fald mange elever i folkeskolen ikke tænker formelt. En test af mere end 1000 danske gymnasieelever i starten af 1.g på den tidligere ”matematiske linje” gav det resultat, som er vist på figuren neden for.



Som det ses, kan der næppe være tvivl om, at dele af undervisningen i fysik (og i matematik) umiddelbart skyder hen over hovedet på størsteparten af eleverne, hvis man ikke passer på, ikke mindst med fagets mere formelle sider. Det er baggrunden for, at der i læreplanen for Fysik C lægges vægt på at udvikle elevernes fysikbegreber og nedtone brugen af formel matematisk argumentation gennem udledning af formler o.lign.

3.1.2 Planlægning og progression

Undervisningen planlægges af læreren og eleverne i fællesskab under hensyntagen til den overordnede studieplan for undervisningen i den pågældende klasse. Ved starten af undervisningen skal eleverne have forelagt en overordnet plan for fysikundervisningen eller medvirke ved udarbejdelsen af en sådan. I planen afsættes tid til de forskellige forløb, herunder eksperimentelt og skriftligt ar-

bejde, ekskursioner, samarbejdet med andre fag (fx matematik), evaluering af undervisningen m.m. Planen bør ikke laves for stram, så der 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 der er en klar progression hen mod de faglige mål for undervisningen. Progression er både et udtryk for, at den faglige sværhedsgrad stiger gennem forløbet, og at eleverne undervejs tilegner sig flere og flere metoder, der gør dem i stand til at behandle mere komplekse problemstillinger. Eksempelvis kan anvendelse af formler og begreber fra fysikken samt anvendelse af en række matematiske metoder volde vanskeligheder for en del elever i klassen. 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 elevens 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 eleveksperimenter. 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. Senere kan man vælge mere komplicerede tilgange, så eleverne gennem det samlede Fysik C-forløb oplever, hvordan fagets kvantitative side kan give et væsentligt bidrag til at skabe naturvidenskabelig indsigt.

Eksempel: Introduktionseksperimenter

Eleverne opvarmer lidt vand med et stearinlys og, tegner en graf over sammenhængen mellem tid og vandets temperatur. Derefter udregner de modtagen energi, brugt energi, nyttevirkning og effekten ud fra de nødvendige formler, der simpelthen præsenteres. Eksperimentet kan benyttes som en simpel introduktion til et forløb, hvor eleverne arbejder i grupper, der i eventuelt mere frit udformede eksperimenter undersøger en lang række andre energikilder til opvarmning af vand fx sprit, petroleum, madolie og lightergas. Dermed er der også lejlighed til at perspektivere til næringsmidlernes og andre energikilders energiindhold og energifordeling. 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 C-forløbet er placeret i 1.g, 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 Fysik C-forløb, 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 koordi-

nering sker naturligt gennem en beslutning om, hvilke delmål alle klasser arbejder med, snarere end gennem et valg af et bestemt fælles stof.

Undervisningen i Fysik C skal give eleverne en grundlæggende forståelse af de vigtigste fysiske størrelser og simple relationer imellem disse. Eleverne skal opleve at denne forståelse bidrager til at kvalificere deres forståelse af dem selv og deres omverden. For mange elever vil en abstrakt anvendelse af matematik ikke bidrage til denne forståelse, og den mere formelle brug af matematisk formalisme ved udledninger o.lign. bør derfor nedtones. En sproglig udfoldelse kan støtte begrebsdannelsen og øge følelsen af fortrolighed med stoffet. Nye begreber kan ofte med fordel introduceres kvalitativt. Generelt set har mange elever et større udbytte af en verbal formulering af relationer mellem fysiske størrelser end matematiske formler. Eksempelvis kan begrebet effekt med fordel præsenteres som "den energimængde, der omsættes pr. tidsenhed" frem for med den tilsvarende formel. Tilsvarende kan elever fint beregne, hvor langt en cyklist kører på 4 timer, når farten er 22 km pr. time - uden nødvendigvis at kunne udtrykke det først gennem den tilsvarende formel. Når elevernes arbejde med kvantitative problemstillinger er rent formelbaseret, kan det omvendt nemt udvikle sig til ren "formelsafari", uden reel forståelse for de fysiske sammenhænge. I samarbejde med faget matematik kan et bevidst arbejde med begreberne proportionalitet og lineær sammenhæng give eleverne eksempler på, hvordan abstrakte matematiske begreber kan give overblik over sammenhængen mellem to størrelser.

Tidligt i Fysik C-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 arbejde med en logbog over det eksperimentelle arbejde.

Alle elever skal som hovedregel have et naturvidenskabeligt fag på B-niveau. Det må derfor indgå i planlægningen af det samlede Fysik C-forløb, at eleverne introduceres til de muligheder og udfordringer, som indgår i faget på det højere niveau.

3.1.3 Undervisningsforløbene

Undervisningsforløbene skal tilrettelægges i samarbejde med eleverne, så de har indflydelse på valg af arbejdsformer og tema såvel 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 samt evalueringen af såvel elevernes udbytte som undervisningen.

Ved udvælgelsen af målene for det enkelte forløb er det vigtigt at huske på, at målene i læreplanens afsnit 2.1 er de slutmål, som gælder ved afslutningen af det samlede Fysik C-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 i første halvdel af et Fysik C-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, bearbejde og formidle den 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. En plan for et undervisningsforløb omfatter ikke blot en plan for, hvilket kernestof der skal gennemgås. Planen omfatter også progression, hvilke af fagets perspektiver der indgår, valg af arbejdsformer, samt hvilket eksperimentelt og skriftligt arbejde der indgår i forløbet. I fysik er der store variationsmuligheder ved tilrettelæggelsen af de enkelte undervisningsforløb. De mange muligheder bør udnyttes til at skabe variation i undervisningen og til at give eleverne indflydelse på planlægningen, så deres interesser og behov tilgodeses.

Tilrettelæggelsen af det enkelte forløb bestemmes også af, hvor Fysik C-undervisningen er placeret i elevernes samlede uddannelsesforløb. Et forløb om eksempelvis fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede vil normalt se ret forskelligt ud alt efter, om det er placeret relativt tidligt i Fysik C i 1.g eller i et Fysik C-forløb i 2. eller 3.g, hvor eleverne arbejder i studieretninger og har stiftet bekendtskab med andre naturfag, set eksempler på naturvidenskabelige arbejdsmetoder og har erfaring med forskellige arbejdsformer fra de øvrige fag. Undervisningen i de tidlige forløb vil typisk være mere klassebaseret evt. med korte indslag af gruppearbejde og indøvelse af projektarbejdsformen, og det eksperimentelle arbejde vil overvejende tage udgangspunkt i mere lukkede eksperimenter. I 2. eller 3.g vil fokus i højere grad være på de almindelige aspekter af faget, fx perspektivering, arbejdet med tekster fra medier, formidling og samspillet med de øvrige fag i specielt almen studieforbereelse. Det kan også være en mulighed at forfølge mere specielle tangenter, fx kan beskrivelsen af et hverdagsfænomen som dag/nat udstrækkes til at omfatte fx Olbers paradoks.

De enkelte undervisningsforløb skal som hovedregel være styret af et perspektiverende tema for derigennem at sikre, at eleverne oplever faget og undervisningen som spændende, relevant og vedkommende. Det perspektiverende tema vælges, så fysikken kan forbindes med forhold uden for faget. Det kan inden for fagets rammer ske gennem inddragelse af fx teknologiske problemstillinger, hverdagsforestillinger eller samfundsforhold. En anden mulighed er at inddrage andre fag i et almindeligt fagsamarbejde eller i form af et forløb under almen studieforbereelse. Perspektivering og de tre særlige typer perspektiverende forløb er omtalt nærmere i afsnit 3.1.4.

Et 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 kan gælde et forløb om energi, hvor det overordnede tema kan være brintsamfundet, der lægger op til at eleverne i mindre grupper arbejder 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 et arbejde med 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. Hvert holds arbejde sammenfattes i en præsentation for resten af klassen.

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

Eksempel: Forløb om lyd og musik

Udgangspunktet er den fysiske beskrivelse af musikinstrumenter og deres virkemåde. Med udgangspunkt i en pc-baseret frekvensanalyse af forskellige instrumenter (incl. menneskestemmer) introduceres begreberne frekvens, tone og klang. I forbindelse med en diskussion af lydbølgernes udbredelse inddrages begreberne bølgelængde og udbredelsesfart. Eleverne arbejder derefter i mindre grupper med hver deres musikinstrument og i forbindelse hermed indgår begreberne resonans og stående bølger, som kan behandles på en uformel, måske eksperimentel, måde. 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 virker fysisk set.

For en klasse, hvor alle elever samtidig har faget musik, kan et forløb som det ovenfor beskrevne være en særligt oplagt tilgang til denne del af kernestoffet. Tilsvarende kan man eksempelvis for en klasse, hvor alle elever har faget billedkunst, tilrettelægge en undervisning i fysik, som har samme type tilgang til lys og synssansen.

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 med 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 både på Jorden og i Solsystemet. 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 ovenfor 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.” [LPC 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: Samarbejde fysik-historie om dampmaskiner

Et forløb om energi kan baseres på historien om dampmaskinens udvikling set i relation til den industrielle revolution i England. I undervisningsmaterialet i fysik indgår ud over almindeligt lærebogsstof om fysik også afsnit fra Keld Nielsen m.fl.: *Skruen uden ende*, Nyt Teknisk Forlag og fra Henry Nielsen: *Den industrielle revolution*, forlaget HOW. Den grundlæggende fysik gennemgås i kursusform, mens der i historie tilsvarende arbejdes med grundlaget for den industrielle revolution. Derefter arbejder eleverne gruppevis arbejder med forskellige projekter i tilknytning til de to nævnte bøger.

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: Brintsamfundet

Emnet energi kan tilrettelægges med udgangspunkt i temaet Brintsamfundet, som har såvel en teknologidimension som en samfundsfaglig dimension. I fysik behandles grundlaget for brug af brint som energibærer gennem eksperimentelt og teoretisk arbejde med brændselsceller og problemerne med opbevaring af brint. I samfundsfag belyses Kyotoaftalen og handlen med CO₂-kvoter. Sammen arbejder de to fag med en diskussion af ressourceproblematik og bæredygtig udvikling som begreb og som målsætning.

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: Energi som stof eller egenskab ved stof

Emnet energi kan behandles med udgangspunkt i den historiske debat om varme som stof eller en egenskab ved stof, eksempelvis ud fra afsnit fra Einstein og Infeld: *Det moderne verdensbillede*, Gyldendal 1970 (med kommentarer til sprogbrogen). Undervejs i behandlingen af stoffet udfører eleverne mindre eksperimenter til belysning af de faglige begreber.

3.1.5 Undervisningsmateriale

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.” [LPC 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 i fysik

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 *begrebekort*, 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 arbejdsopgaver 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.

Projektarbejde kan også indgå i Fysik C-undervisningen, hvor eleverne normalt i grupper udforsker og bearbejder et problem, som de selv er med til at formulere. Udgangspunktet er en konkret, gerne eksperimentelt orienteret problemstilling, hvis løsning kræver faglig indsigt ud over det deskriptive og reproducerende. Projektarbejdet afsluttes normalt med et produkt fx i form af en mundtlig eller skriftlig fremstilling.

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. Det eksperimentelle arbejde skal rumme eksempler på kvalitative og kvantitative eksperimenter, der giver eleverne mulighed for at arbejde med opstilling og falsifikation af enkle hypoteser.” [LPC 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/eftervise 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 skærpelse af iagttagelsesevnen.

Eleverne skal opnå fortrolighed med at anvende sædvanligt måleudstyr som fx 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, fx optøning af en stor klump is over fx 24 timer, analyse af lyden fra et musikinstrument eller videoanalyse af en bevægelse.

Eksperimenternes kvantitative natur skal fremhæves, hvilket kan ske i de eksperimenter, eleverne selv udfører og skriver rapport om. De første elev eksperimenter skal dog være simple i kravene til talbehandlingen med begrænset brug af matematisk formalisme. Senere i forløbet kan eleverne håndtere større datamængder og præsentere data på en hensigtsmæssig måde. Data kan præsenteres i tabeller eller grafer, og eleverne skal ud fra grafen kunne genkende en lineær matematisk model og beregne de karakteristiske størrelser i modellen.

Tiden til elevernes eksperimentelle arbejde omfatter laboratoriearbejde, længerevarende eksperimentelle forløb og de små eksperimenter, eleverne udfører som led i den daglige undervisning. For at begrænse mængden af skriftligt arbejde er det nødvendigt, at dele af det eksperimentelle arbejde tilrettelægges, uden at efterbehandlingen kræver, at der skrives en egentlig rapport, som rettes af læreren. I starten af forløbet er det naturligt at planlægge med korte eksperimentelle indslag og først senere tage fat på mere komplekse eksperimenter, der tager længere tid. For bedst muligt at integrere det eksperimentelle arbejde i den øvrige undervisning bør eksperimenterne være lige-front eller parallelt forløbende variationer inden for samme tema. Blandt andet af hensyn til den nødvendige aktivitet i timerne og variation i arbejdsformerne kan det anbefales at indlægge korte elevforsøg i de enkelte timer. Den nødvendige efterbehandling kan foregå direkte i timen og/eller indgå som hjemmearbejde, inden man mødes igen.

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. Et fælleseksperiment bliver derved i mindre grad et traditionelt demonstrationseksperiment, men det kan i mange tilfælde lige så godt udføres af eleverne selv. Mange eksperimenter med det formål at falsificere en påstand kan fint afvikles som fælleseksperiment.

Eksempel: Påstande, der kan undersøges (og falsificeres) eksperimentelt

- Vands temperatur stiger altid, når det tilføres energi
- Vanddamps farve er hvid
- Kun dyre solbriller stopper Solens uv-stråling

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.

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 eleveksperimenter hører et oplæg, der, afhængigt af eksperimentets karakter, enten kan være skriftligt eller mundtligt, og hvis formål blandet andet er at fremme elevernes refleksion over arbejdet. Oplæg i form af skriftlige vejledninger kan 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 eksperiment, 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 graftegning og brug af regression. Brugen af it i fysik er nærmere omtalt i afsnit 3.3 It .

Af hensyn til fagets almindelige 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 C-forløbet kan hovedvægten således lægges på journaler, hvor databehandling og formulering af konklusioner er de centrale elementer. Ved fælleksperimenter 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 i afsnit 3.2.4 Skriftligt arbejde.

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 <http://www.risikomomenter.dk/> samlet eller henvist til de vigtigste sikkerhedsforskrifter m.m. Ansvar 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.”
[LPC 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 hverdagsprog og fagsprog for at kunne "oversætte" mellem hverdagsprog 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. Det er i Fysik C vigtigere, at eleverne forstår de faglige begreber og kan anvende dem i opbygningen af en forståelse af fysiske fænomener, end at de bliver fastlåst i en stiv beherskelse af bestemte sproglige formuleringer og formler.

Eksempel: Om at "bruge strøm"

I forbindelse med en behandling af energiomsætningen i hjemmet vil mange elever tale om at "bruge strøm", hvor der fagligt set snarere er tale om en omsætning af elektrisk energi. I stedet for straks at afvise og korrigere denne sprogbrug kan man med fordel gå ind på elevernes sprogbrug og diskutere, hvad en sådan formulering indebærer. Det fører naturligt til introduktion af begrebet strømstyrke og måling af den med et amperemeter. Herigennem åbnes for en eksperimentel undersøgelse, der kan vise, at strøm er en bevaret størrelse, og at dagligsprogets formulering har et andet indhold, end man umiddelbart skulle tro.

Af hensyn til forberedelsen af den mundtlige prøve skal eleverne som led i undervisningen arbejde med mundtlige oplæg over et afgrænset stofområde. Det kan ske som afslutning på et undervisningsforløb, hvor en eller flere elever får ansvar for at levere en opsummering af hovedpunkter eller eksperimenter fra forløbet. Det mundtlige oplæg bør støttes af en præsentation, der kan være elektronisk eller baseret på transparenter eller plancher.

Det anbefales, at undervisningen indeholder vejledning i udarbejdelse af præsentationer, så eleverne er bekendt med vigtigheden af, at en præsentation er overskuelig og velstruktureret. Samtidigt skal der være "en rød tråd", der sikrer, at emnet gennemgås i den rigtige orden - fra den indledende beskrivelse af emnet til perspektivering.

Arbejdet med at fremstille præsentationer og fremlægge dem kan foregå i mindre grupper. Ved at bruge matrixgrupper kan flere elever fremlægge samtidigt, hvilket gør hele processen effektiv og levende for alle, og det skriftlige produkt kan benyttes i den daglige evaluering af den enkelte elev. I den sammenhæng kan man lade elever arbejde med ikke-kendte emner og ligefrem undervise hinanden. I Fysik C-undervisningen kan det være hensigtsmæssigt, at grupperne har gennemgået deres oplæg for læreren, før de underviser andre elever.

Man kan også vælge at lade eleverne præsentere et allerede gennemgået emne for hinanden i grupper på 2-3 personer. Tavlen erstattes af A3 papir, og selv om præsentationerne, der kommer ud af dette gruppearbejde, måske ikke så flotte som dem, der kan komme ud af et længerevarende arbej-

de, kan de også indgå i den løbende evaluering. Dette tjener samtidig som en god måde at afrunde et emne på.

3.2.4 Skriftligt arbejde

”Det skriftlige arbejde omfatter:

- *rapportering og efterbehandling af eksperimentelt arbejde*
- *formidling af naturfaglig indsigt i form af tekster, præsentationer og lignende*
- *skriftlige oplæg om et fagligt emne som baggrund for mundtlige fremlæggelse*
- *simple numeriske problemer med vægt på træning af de behandlede begreber og faglige metoder.*

Det skriftlige arbejde skal tilrettelægges, så det bidrager til at udvikle elevernes evne til faglig formidling, og så der er en klar progression i kravene til elevernes selvstændige behandling af stoffet.”
[LPC 3.2]

Omfanget og karakteren af det skriftlige hjemmearbejde, som skal rettes og kommenteres af læreren, fastlægges af rektor. I dette skriftlige arbejde indgår rapportering og efterbehandling af eksperimentelt arbejde. Læreren skal rette og kommentere elevernes besvarelser, så arbejdet 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 eleven (eleverne).

En del af efterbehandlingen af elevernes eksperimentelle arbejde skal udformes som rapporter, der kan skrives individuelt eller i grupper. Ved rapporteringen af det eksperimentelle arbejde lægges hovedvægten på behandling og diskussion af de indsamlede data og de konklusioner, som kan drages ud fra dem. Kravene til udformningen af rapporterne skal afstemmes med de øvrige naturfag og udformes med vægt på progressionen i det skriftlige arbejde, så kravene til elevernes selvstændighed øges.

Egentlige, formelle usikkerhedsberegninger eller statistiske beregninger af spredningen kan man ikke forlange i Fysik C-undervisningen, og størrelsen af usikkerheder må derfor vurderes skøns-mæssigt. Eleverne kan i forbindelse med simple eksperimenter tage del i en vurdering af måleusikkerheden og angive størrelser med en rimelig præcision i form af antallet af betydende cifre.

Ud over overnævnte 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 til eksamen.

Til støtte for arbejdet med de mundtlige oplæg kan eleverne udforme mindre, skriftlige oplæg, der kan fungere som en synopsis for den mundtlige fremlæggelse. Herved vænnes eleverne til at fokusere opmærksomheden på de væsentligste punkter i det aktuelle emne.

Simple numeriske opgaver spiller en vigtig rolle ved elevernes arbejde med stoffet, idet de i regelen vil understøtte forståelsen, samtidigt med at de træner brugen af formler og enheder. Eleverne skal vænnes til, at udregninger kræver forklaringer og begrundelser. De bør kunne vurdere, om et resul-

tat har en rimelig størrelsesorden og angive et resultat med en fornuftig nøjagtighed, eksempelvis ud fra antallet af betydende cifre i de opgivne data.

Skriftlige opgaver behøver ikke at være ”talopgaver”, men kan også være opgaver, hvor eleverne med deres egne ord skal forklare/beskrive et fænomen, som kræver brug af fysisk tankegang. Også her skal læreren være opmærksom på progressionen i kravene til de forventede svar fx ved at starte med opgaver, hvor svaret i første omgang mere eller mindre er formuleret i rent hverdagsprog. På dette niveau må et krav om korrekt fagsprog ikke blokere for elevernes lyst til at ytre sig. I den nævnte type opgaver er der ofte speciel god lejlighed til at belyse samspillet mellem hverdagsprog og fagsprog, samt til at bevidstgøre eleverne om deres egne hverdagsforestillinger om fysiske fænomener.

Skriftlige opgaver kan også behandle information fra mange andre kilder end den traditionelle lærebog: brochurer, artikler, cd-rommer, internettet eller eksperimentelt arbejde. Aktuelle emner kan gøres til genstand for en skriftlig opgave i form af et skriftligt referat eller resumé af fx et foredrag eller en fjernsynsudsendelse.

I det skriftlige arbejde kan også indgå formidlingsopgaver, som kan bidrage til en øget forståelse af stoffet og lægge op til en mere personlig tilgang til et fagligt område. Eleverne kan fx udarbejde en avis-, fagblad-, brevkasse- eller leksikonartikel, eller de kan lave elektroniske præsentationer, plakater, pjecer eller hjemmesider, som kan vises på skolen ved forskellige arrangementer. Det kan være oplagt at samarbejde med andre fag om elevernes skriftlige formidling, fx med fagene dansk eller engelsk.

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 undervisningens rammer. Ofte kan man i stedet lade eleverne undersøge, hvordan det naturvidenskabelige indhold bruges og måske misbruges af forfatteren.

Der skal i hele Fysik C-forløbet arbejdes bevidst med, hvordan eleverne skal læse og forstå tekster af forskellig slags, og eleverne må derfor udstyres med arbejds spørgsmål, 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, lige som indsamling af og bearbejdning af faglig information fra internettet indgår i undervisningen.” [LPC 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. Eleverne har fra grundskolen meget forskellige erfaringer med anvendelse af it, herunder brugen af dedikerede it-værktøjer i naturvidenskab. Da fysik på C-niveau ofte, sammen med det naturvidenskabelige grundforløb, vil være den første naturvidenskabelige undervisning, eleverne møder ved starten af gymnasieforløbet, stiller det særlige krav til valget af it-værktøjer i fysikundervisningen: Der skal tages hensyn til den ekstra kompleksitet i undervisningen, der optræder ved brugen af en ny lommeregner, et nyt regneark, et program til simulering eller ved dataopsamling med pc. Ofte ser man, at drenge og piger reagerer meget forskelligt på brugen af lommeregner og it.

I matematikundervisningen indgår brug af lommeregner og it som hjælpemidler til at udføre beregninger, håndtere statistisk datamateriale og måske til tegning af grafer. 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 C, at eleverne har en grafisk lommeregner, men undervisningen må aktivt støtte udviklingen af elevernes fortrolighed med den type lommeregner eller it-hjælpemiddel, 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 lommeregnere 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 en lærebogs tekst, 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 C

- en brændselscelle i et forløb om brintsamfundet
- stående bølger i et forløb om musikinstrumenter
- optisk gitter i et forløb om lys
- planeten Merkurs bane på himlen i et forløb om verdensbilleder

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 arbejdet 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. Plattformen 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 elektro-

niske 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

I henhold til læreplanen gælder:

”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. Der skal lægges vægt på en faglig koordinering med klassens øvrige naturvidenskabelige fag og med matematik, så undervisningen i fysik er tilpasset elevernes matematiske kompetencer.” [LPC 3.4]

Samspillet med andre fag vil således kunne 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.

Fysik C-undervisningen vil i det treårige forløb typisk være placeret i 1.g eller 2.g. Placeringen vil både påvirke mulighederne for samarbejde med andre fag og den rolle, fysik har i almen studieforberedelse. Det kræver en særlig opmærksomhed, at fysik med en placering i 1.g vil være det eneste naturvidenskabelige fag i 1.semester ved siden af det naturvidenskabelige grundforløb.

3.4.1 Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb

Det naturvidenskabelige grundforløb skal koordineres med det naturvidenskabelige fag, som læses parallelt med det. Dette fag vil ofte være Fysik C. 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 C. Desuden kan undervisningen i det naturvidenskabelige grundforløb være påbegyndt, før undervisningen indledes i Fysik C, idet der dog som minimum skal placeres 25 af fagets undervisningstimer i løbet af grundforløbet, hvis Fysik C er placeret i 1.g.

Tilrettelæggelsen af Fysik C 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 C 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 C 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 C 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 C, 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

Fysik C indgår som andre fag 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 C er med sit almendannende sigte velegnet til at indgå i almen studieforbereelse.

Kernestoffet i Fysik C har mange berøringsflader til identitet og formål for almen studieforbereelse, fx giver *fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede* oplagte muligheder, men faget kan også indgå gennem andet kernestof og det supplerende stof. Indgår Fysik C i almen studieforbereelse 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 C-undervisningen. Tilsvarende overvejelser vil gælde for de benyttede arbejdsformer. Fagets rolle og vægt skal fremgå af afgrænsningen af de valgte problemstillinger, men ikke mere end, at den enkelte elev bringes i en situation, hvor der skal foretages valg, afgrænsninger og præciseringer i arbejdet.

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

3.4.3 Samspil med matematik

Et samarbejde med faget matematik vil være en stor støtte for eleverne i begge fag. Der skal ske en koordinering imellem de to fag, så metoder og begreber så vidt muligt håndteres på samme vis og samtidigt. Dette kan gælde arbejdet med regningsarterne, håndtering af grafer mv. Også brugen af it-værktøjer og lommeregner kan med stor fordel koordineres med faget matematik. Det vil være naturligt, at der tilrettelægges fælles forløb i de to fag, hvor eleverne både oplever fordelene ved brugen af matematik i faget fysik og samtidig ser, hvordan den matematiske forståelse understøttes af en anvendelse i fysik. Navnlig vil det være naturligt, at brugen af regneark koordineres med faget matematik, så fordelene ved brugen af dette it-værktøj fremstår tydeligt for eleverne. På enkelte

hold kan man ikke forvente, at alle elever råder over en grafisk lommeregner, og mere avanceret talbehandling kan derfor kun foregå ved brug af generelle it-værktøjer som fx regneark.

Hvis fysik C-forløbet er placeret i 2.g, kan man ikke regne med, at eleverne samtidig har matematik. Der kan alligevel ske en koordinering mellem de to fag, idet lærerne på forhånd aftaler, hvordan samarbejdet skal foregå. Man kan lave aftaler om terminologi, og om hvilke matematiske metoder eleverne kender fra 1.g, ligesom brugen af IT-værktøjer koordineres. På enkelte hold vil eleverne i 2.g følge matematik på B-niveau. En koordinering med matematik på dette niveau vil naturligt påvirke tilrettelæggelsen af fysik på C-niveau.

3.4.4 Samspil i øvrigt

Fysik er et fag, der kan indgå i flerfagligt samarbejde med en lang række fag. Samarbejdet kan finde sted uden, at det behøver at foregå i regi af almen studieforbereelse, og vil ofte kunne være medvirkende til at styrke perspektivering af faget, jf. krav om tilrettelæggelse af forløb, som tilgodeser de tre særlige perspektiver, jf. [3.1.4 Perspektivering](#).

Med en placering i 1.g kan Fysik C fx indgå i samarbejde med de obligatoriske fag: dansk, historie, engelsk, matematik C, samfundsfag C, idræt samt med det af skolen valgte kreative fag. Desuden vil der i forårssemestret være mulighed for at indgå i samarbejde med studieretningsfag. I planlægningen af undervisningen i studieretningsforløbet skal man være opmærksom på, hvilket andet naturvidenskabeligt fag eleverne har samtidigt med fysik på C-niveau.

Der er mangfoldige eksempler på samarbejde mellem fag: Dansk og fysik kan samarbejde om fx formidling. Dansk, engelsk, historie og fysik kan lave et samarbejde om tekstlæsning. Historie og fysik vil kunne samarbejde om fx den industrielle revolution, renæssancen. Samfundsfag og fysik kan behandle samfundets energiforsyning. Billedkunst og fysik kan indgå i et samarbejde om farver, lys og materialelære. Musik og fysik kan behandle lyd, og endelig kan man forestille sig idræt og fysik samarbejde om krop og energi eller foretage målinger i forbindelse med idrætsudøvelse.

Er Fysik C placeret i 2.g eller i 3.g, vil de naturlige samarbejdspartnere kunne være: dansk, historie, engelsk, idræt, religion, oldtidskundskab samt studieretningsfagene. Man kan forestille sig samarbejde mellem fysik og religion om skabelsesberetninger eller tro og viden, og fysik og oldtidskundskab kan samarbejde om oldtidens verdensbillede og natursyn sammenholdt med nutidens. Det naturvidenskabelige grundforløb er afviklet, men det vil være hensigtsmæssigt at afklare, hvad det naturvidenskabelige grundforløb har indeholdt. Det kan med fordel gøres med nogle indledende, korte elevforedrag om de tematiske forløb fra grundforløbet eller det skriftlige produkt, der blev benyttet ved evalueringen af det naturvidenskabelige grundforløb.

I undervisningsvejledningerne for det naturvidenskabelige grundforløb og for almen studieforbereelse vil det være muligt at finde eksempler på tværfagligt arbejde, hvor også fysik indgår.

3.5 Fysik C i det 2-årige studenterkursusforløb

På studenterkursus er der ofte ved starten af forløbet en større spredning i elevernes forudsætninger og baggrund, end der normalt ses i det almene gymnasium. Under det indledende arbejde må der gøres en særlig indsats for at tilgodese elever, der har været væk fra uddannelsessystemet i en længere periode, men også elever, der for nylig har fulgt fysik på et tilsvarende niveau og derved har erhvervet sig kompetencer svarende til dele af målene for Fysik C.

Det naturvidenskabelige grundforløb findes ikke på studenterkursus, men det er her et særligt ansvarsområde for Matematik C og Fysik C at varetage generelle naturvidenskabelige kompetencer specielt med henblik på empiri, repræsentationsformer, modellering, formidling og perspektivering. Det er naturligt ved tilrettelæggelsen af sådanne undervisningsforløb at sikre sig, at den anvendte terminologi og de anvendte metoder helt eller delvist kan overføres til de øvrige naturvidenskabelige fag. Det kan fx være hensigtsmæssigt at drøfte disse forløb med holdets lærer i et evt. andet naturvidenskabeligt fag.

3.6 Særlige forhold for Fysik C som valgfag i hf

I det 2-årige hf vil Fysik C enten være placeret som valgfag i 1. hf med henblik på at give mulighed for at vælge Fysik B som valgfag i 2. hf eller være placeret som valgfag i 2. hf.

Er Fysik C valgt i 1. hf, vil det som regel indgå i en fagpakke. Herved kan faget nemt indgå i et samarbejde med de øvrige naturvidenskabelige fag og Matematik C.

Er Fysik C valgt som valgfag i 2. hf, vil eleverne ofte komme fra forskellige klasser, og det kan være svært at samarbejde med andre fag. Det vil være oplagt at koordinere arbejdet med den undervisning, der er foregået i 1. hf i den naturvidenskabelige faggruppe og i Matematik C.

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.” [LPC 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 faglige begreber 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 egen læring.

Lærerens 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](#).

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 under det samlede forløb. 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 den afsluttende standpunktskarakter. Den 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. Det tilrådes, at eleverne i god tid inden karaktergivning orienteres om det grundlag, den afsluttende karakter gives på. Elevernes mundtlige fremlæggelser og skriftlige produkter indgår på naturlig vis heri sammen med aktiviteten i undervisningen i almindelighed.

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 prøveformen fastlagt i læreplanen.

Eksaminanderne skal i god tid før undervisningens afslutning orienteres om forløbet af den mundtlige prøve. 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 udtryk, der anvendes i dem for at beskrive den ønskede fremstilling. 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.

Der er to forskellige prøveformer. Skolen vælger prøveformen for det enkelte hold.

Prøveform a

” Der afholdes en mundtlig prøve på grundlag af en bredt formuleret opgave inden for de områder, klassen har arbejdet med. Opgaverne skal tilsammen dække alle områder i holdets undervisningsbeskrivelse. Opgaverne uden bilag skal være kendt af eksaminanderne senest 5 hverdage før prøven. Opgaverne med tilhørende bilag fremsendes i god tid inden prøven til censor og godkendes af denne før prøvens afholdelse. ” [LPC 4.2]

Der er ikke nogen bestemt skabelon for udformningen af opgaverne til prøven. Emnet for eksaminandens indledende præsentation, jf. nedenfor, skal være så bredt formuleret, at eksaminanden har mulighed for selv at udvælge relevant stof. Emnet kan være en del af eller identisk med opgavens overordnede emne.

I forløbseksemplerne i denne vejlednings kapitel 5 er der givet forskellige eksempler på opgaver. Det er god praksis, at opgaven indeholder en overskrift, der fastlægger emnet for den faglige samtale. Opgaven indeholder normalt en uddybende undertekst om præsentationen eller den faglige samtale, evt. i stikordsform. En sådan undertekst eller stikord er vejledende for eksaminanden og begrænser ikke eksaminators mulighed for at inddrage andre faglige forhold, der er relevante for emnet. Opgaverne skal så vidt muligt indeholde henvisninger til de udførte eksperimenter, så fagets eksperimentelle dimension kan inddrages i prøven. Det kan ofte med fordel ske i forbindelse med præsentationen.

Det er god praksis, at listen over opgaverne til prøven og de tilhørende bilag fremsendes til censor mindst fem hverdage før prøvens afholdelse. Censor forventes derefter snarest muligt at kontakte eksaminator og meddele sin godkendelse af opgaverne eller fremsætte sine forslag til ændringer.

Der skal udarbejdes så mange opgaver, at den sidste eksaminand har fire forskellige at vælge mellem. Det kan betyde, at der bliver mange ensartede overskrifter for opgaverne, men den fornødne variation kan opnås gennem variation i stikord og ikke mindst gennem brug af forskellige bilag.

Når opgaverne (uden bilag) skal være kendt af eleverne før prøven, så indebærer det, at eleverne har haft mulighed for at spørge læreren for derigennem at sikre, at de har forstået opgaverne.

”Opgaven udleveres ved lodtrækning dagen før prøven. Der gives mindst 24 timers forberedelsestid til udarbejdelse af et oplæg til en mundtlig præsentation af emnet for opgaven. ” [LPC 4.2]

Trækningen af opgaverne kan gennemføres af skolens administration, da opgaverne er kendt af eleverne i god tid inden prøven.

” Eksaminationstiden er 24 minutter pr. eksaminand. Prøven er todelt.

Første del af prøven består af eksaminandens præsentation suppleret med uddybende spørgsmål fra eksaminator. Anden del former sig som en samtale mellem eksaminand og eksaminator om opgaven som helhed og med inddragelse af et bilag, der er velegnet som grundlag for perspektivering af emnet.

Eksaminationstiden fordeles mellem de to dele, så første del udgør ca. 1/3 af eksaminationstiden

” [LPC 4.2]

Til den indledende præsentation kan eksaminanden efter eget valg benytte tavlen, inddrage illustrationer og transparenter eller en elektronisk præsentation. Da tekniske vanskeligheder med projektor o.lign. ikke berettiger til en øget varighed af præsentationen, skal eksaminanden være forberedt på at klare sig uden tekniske hjælpemidler. Under præsentationen kan eksaminanden støtte sig til noter og lignende, men egentlig oplæsning af et manuskript eller lignende tæller ikke positivt ved bedømmelsen.

Præsentationen kan med fordel baseres på billeder, figurer, tabeller og grafer, som eksaminanden benytter i forbindelse med en fagligt sammenhængende redegørelse og argumentation. Herved kan eksaminanden i højere grad sikre, at præsentationen er fagligt relevant og ikke blot en række løse og usammenhængende påstande.

Nogle elever vil foretrække at fremlægge præsentationen uforstyrret i 5-6 minutter, mens andre vil være trygge ved en fremlæggelse, der er afbrudt af dialog med eksaminator. Der bør tages hensyn til elevernes individuelle ønske i denne sammenhæng. Eksaminator og censor må på forhånd aftale, hvordan det sikres, at præsentationen ikke overskrider tidsrammen, og hvordan den om nødvendigt afbrydes. De uddybende spørgsmål stilles naturligt mod slutningen af præsentationen som overgang til samtaledelen.

Den indledende præsentation må forventes at omfatte relevante aspekter af det brede emne, eksaminanden har trukket. Det kan ikke være en udtømmende præsentation, men må nødvendigvis være eksaminandens eget udvalg. En mulighed er, at præsentationen omfatter emnet i sin bredde med nedslag på centrale aspekter. En anden er, at eksaminanden vælger et relevant delemne og behandler det. De aspekter, som eventuelt er nævnt i underteksten eller som stikord i forbindelse med den faglige samtale, indgår naturligt i eksaminandens præsentation. I den efterfølgende faglige samtale kan der så ske en faglig præcisering og uddybning af disse aspekter og væsentlige faglige begreber, som indgår i emnet. Samtalen kan således komplettere eksaminandens valg af tilgang, så emnet belyses i sin bredde og dybde, og perspektiveringen tilgodeses.

Den faglige samtale tjener til at belyse hele det faglige område, som opgaven omfatter. Spørgsmålene skal, så vidt muligt, stilles på en sådan måde, at flertallet af faglige mål bringes i spil. I enkelte tilfælde kan det være relevant at inddrage simple, numeriske beregninger i den faglige samtale. Der er intet til hinder for, at samtalen inddrager andre relevante områder af det behandlede stof, end det som angives i opgavens overskrift.

Der er ikke noget krav om, at det eksperimentelle udstyr skal inddrages i eksaminationen, men det kan med fordel være stillet frem i lokalet, så eksaminanden kan henvise til konkret udstyr, hvis det

ønskes. Eksperimenterne og den tilhørende databehandling kan inddrages i den faglige samtale på baggrund af eksaminandens rapporter og lignende skriftlige produkter, som må medbringes i prøvelokalet.

Under den faglige samtale udleveres det bilag, som danner udgangspunkt for den perspektiverende del. Eksaminator skal sikre, at bilaget inddrages i samtalen, så perspektivering får betydning. Bilaget kan eksempelvis vise et billede eller en billedmosaik, en tabel, en graf eller en kort tekst fra medierne, men det er vigtigt, at bilagets omfang er så begrænset, at det kan overskues i prøvesituationen. Det anbefales, at bilagets indhold ikke vælges fra de normalt anvendte læremidler, men fra andre kilder, så der er mindre sandsynlighed for, at det samme materiale indgår i eksaminandens egen præsentation af emnet.

Prøveform b

Mundtlig prøve på grundlag af en bredt formuleret opgave inden for de områder, klassen har arbejdet med, og som indeholder et bilag, der kan være grundlag for perspektivering af opgavens emne. Opgaven skal som hovedregel indeholde både teoretiske og eksperimentelle elementer.

Der er ikke nogen bestemt skabelon for udformningen af opgaverne til prøven. I forløbseksemplerne i denne vejlednings kapitel 5 er der givet forskellige eksempler på opgaver. Det er god praksis, at opgaven indeholder en overskrift, der fastlægger emnet for den faglige samtale. Opgaven indeholder normalt en uddybende undertekst, evt. i stikordsform. En sådan undertekst eller stikord begrænser ikke eksaminators mulighed for at inddrage andre faglige forhold, der er relevante for emnet. Opgaverne skal så vidt muligt indeholde henvisninger til de udførte eksperimenter, så fagets eksperimentelle dimension kan inddrages i prøven.

Der skal udarbejdes så mange opgaver, at den sidste eksaminand har fire forskellige at vælge mellem. Det kan betyde, at der bliver mange ensartede overskrifter for opgaverne, men den fornødne variation kan opnås gennem variation i stikord og ikke mindst gennem brug af forskellige bilag.

Bilaget kan eksempelvis vise et billede eller en billedmosaik, en tabel, en graf eller en kort tekst fra medierne. Det er vigtigt, at bilagets omfang er så begrænset, at kun en mindre del af forberedelsestiden bruges på at overskue det.

Eksaminationstiden er 24 minutter pr. eksaminand. Der gives 24 minutters forberedelsestid, hvor eksaminanden så vidt praktisk muligt har adgang til relevant apparatur. Det perspektiverende bilag udleveres sammen med opgaven.

I forberedelsestiden har eleven adgang til alle hjælpemidler efter eget valg, bortset fra kommunikation med omgivelserne. Normalt har eleverne også adgang til det relevante eksperimentelle udstyr.

Prøven former sig som en faglig samtale mellem eksaminand og eksaminator om opgaven som helhed og med inddragelse af det perspektiverende bilag. Under prøven skal relevant apparatur som hovedregel være til rådighed.

Den faglige samtale tjener til at belyse hele det faglige område, som opgaven omfatter. Spørgsmålene skal, så vidt muligt, stilles på en sådan måde, at flertallet af faglige mål bringes i spil. I enkelte tilfælde kan det være relevant at inddrage simple, numeriske beregninger i den faglige samtale. Der

er intet til hinder for, at samtalen inddrager andre relevante områder af det behandlede stof, end det som angives i opgavens overskrift.

Normalt inddrages det relevante eksperimentelle udstyr inddrages i eksaminationen. Eksperimenterne og den tilhørende databehandling kan desuden inddrages i den faglige samtale på baggrund af eksaminandens rapporter og lignende skriftlige produkter, som må medbringes i prøvelokalet.

Opgavetitlerne, men ikke den uddybende undertekst og bilag, skal være kendt af eksaminanderne senest 5 hverdage før prøven. Opgaverne skal tilsammen dække holdets undervisningsbeskrivelse. En liste over opgaverne med tilhørende bilag fremsendes i god tid inden prøven til censor og godkendes af denne før prøvens afholdelse.

Det er god praksis, at listen over opgaverne til prøven og de tilhørende bilag fremsendes til censor mindst fem hverdage før prøvens afholdelse. Censor forventes derefter snarest muligt at kontakte eksaminator og meddele sin godkendelse af opgaverne eller fremsætte sine forslag til ændringer.

4.3 Bedømmelseskriterier

Bedømmelsen sker med sigte på de faglige (slut-)mål, som fremgår af læreplanens afsnit 2.1. I den forbindelse er det ikke et krav, at hver opgave inddrager alle mål ligeligt. Det fremgår endvidere af læreplanen, at:

”Der lægges vægt på, at eksaminanden i den faglige samtale:

- kan inddrage relevante og væsentlige fysiske elementer*
- har evnen til at inddrage fagets perspektiver*
- viser fortrolighed med faglige begreber, modeller og metoder som redskaber til at følge en faglig argumentation.” [LPC 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.

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).

Nedenfor er i skemaform vist et eksempel på, hvordan kriterierne for tre af karakterniveauerne i karakterskalaen kan beskrives for Fysik C med udgangspunkt i prøveform a.

12	Fremragende	Det mundtlige oplæg er en sikker og velstruktureret fremstilling af væsentlige aspekter af emnet med ingen eller kun uvæsentlige faglige mangler. Eksaminanden viser fortrolighed med faglige begreber, enkle modeller og metoder som redskab til at følge en faglig argumentation og med inddragelse af relevante eksperimenter. Eksaminanden kan i den mundtlige samtale inddrage relevante og væsentlige fysiske forhold på en sikker måde og med kun uvæsentlige faglige mangler. Eksaminanden kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment og perspektivere faglig indsigt.
----	-------------	--

7	God	<p>Det mundtlige oplæg omfatter en række væsentlige aspekter af emnet, men er noget ustruktureret og med visse væsentlige faglige mangler.</p> <p>Eksaminanden viser i den mundtlige samtale et godt kendskab til fagets begreber, enkle 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>Det mundtlige oplæg er en noget usammenhængende fremstilling af enkeltheder med faglige misforståelser.</p> <p>Eksaminanden bidrager i begrænset omfang til den mundtlige samtale, men viser et grundlæggende kendskab til fagets elementære begreber, enkle modeller og metoder.</p> <p>Det faglige perspektiveres kun på stikordsniveau.</p>

Karakterbeskrivelse for prøveform b

12	Fremragende	<p>Eksaminanden viser fortrolighed med faglige begreber, enkle modeller og metoder som redskab til at følge en faglig argumentation og med inddragelse af relevante eksperimenter. Alle væsentlige aspekter af emnet behandles på en sikker måde med ingen eller kun uvæsentlige faglige mangler.</p> <p>Eksaminanden kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment og perspektivere faglig indsigt.</p>
7	God	<p>Eksaminanden viser i den mundtlige samtale et godt kendskab til fagets begreber, enkle modeller og metoder, der inddrages i den faglige argumentation på en noget upræcis måde. Væsentlige aspekter af emnet behandles på en god måde, men med visse faglige mangler.</p> <p>Eksaminanden kan forbinde teori og eksperiment og gengive perspektiver på de faglige problemstillinger.</p>
2	Tilstrækkelig	<p>Det mundtlige oplæg er en noget usammenhængende fremstilling af enkeltheder med faglige misforståelser.</p> <p>Eksaminanden bidrager i begrænset omfang til den mundtlige samtale, men viser et grundlæggende kendskab til fagets elementære begreber, enkle modeller og metoder. Behandlingen af emnet er præget af enkeltstående aspekter og nogle faglige misforståelser.</p> <p>Det faglige perspektiveres kun på stikordsniveau.</p>

5. Eksempler på undervisningsforløb i Fysik C

5.1 Energiforbrug i hjemmet

Omfang: 9 timer

Placering: Først i forløbet

Forløbsmål

Forløbet skal

- øge elevernes kendskab til og styrke deres evne til at anvende enkle modeller til en kvalitativ og kvantitativ beskrivelse af fysiske fænomener
- styrke elevernes eksperimentelle kompetence ved at de selv udfører og beskriver enkle kvantitative fysiske eksperimenter
- bevidstgøre eleverne om, at fysiske begreber og tankegange kan bruges til at analysere hjemmets energiforbrug

Indholdsbeskrivelse

Forløbet tilgodeser følgende dele af kernestoffet

- *beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder enheder, effekt og nyttevirkning*
- *eksempler på såvel en kvalitativ som en kvantitativ behandling af omsætning mellem to energiformer*

Endvidere behandles begreberne brændværdi, specifik varmekapacitet (varmefylde) samt hjemmets store og små el-energislugere.

Eksperimentelt arbejde: Elevforsøg om forskellige måder at opvarme vand.

Undervisningsmateriale

Gængse lærebøger, materialer fra elforsyningen om forskellige apparaters energiforbrug samt mulige besparelser.

Tilrettelæggelse

- Elevaktivitet: Aflæs din el-måler hver morgen og aften i en uge
- Indledende individuel skriv-løs aktivitet: "Hvad ved jeg om energi"?
- Fælles opsamling med opremsning af forskellige former for energi samt eksempler på omsætninger mellem dem. Forskellige energienheder.
- Lærergennemgang af begreberne effekt, nyttevirkning, brændværdi og varmefylde
- Simple numeriske opgaver om de indførte begreber
- Elevaktivitet: Eksperimentel undersøgelse af nyttevirkning ved opvarmning af vand (dyppeko-ger, kogekedel, kaffemaskine, mikroovn, spritbål, stearinlys, ...)
- Elevaktivitet: Gruppearbejde om deltagernes egne el-måler-data. El-forbrug. Diskussion af indbyrdes forskelle.

Skriftligt arbejde

Rapportering af elevernes egne eksperimenter.

Korte resuméer af diskussionen i det afsluttende gruppearbejde.

Eksempel 1 på opgave til mundtlig prøve – prøveform a

Energiomsætninger. Energiforbrug

En mundtlig præsentation af emnet *Energiforbrug i hjemmet*.

Den faglige samtale vil tage udgangspunkt i din indledende præsentation med vægt på faglige begreber som energiformer og energiomsætninger, herunder specifik varmekapacitet (varmefylde) og inddragelse af eksperimenter til at måle nyttevirkningen ved forskellige metoder til opvarmning af vand.

Bilag (udleveres under samtalen)

Energislugere?

Brochure med liste over almindelige husholdningsapparater og deres effektforbrug

Eksempel 2 på opgave til mundtlig prøve – prøveform a

Energi

Du skal indledningsvis præsentere emnet energi med vægt på *energiefterbesparelser i forbindelse med hjemmets energiforbrug*, herunder eksperimentet med kogekedlen.

Stikord til den faglige samtale: Energiomsætning, varmekapacitet, overgangsvarme, nyttevirkning.

Bilag (udleveres under samtalen)

Vand til teen

(Foto af en gryde uden låg indeholdende kogende vand og placeret på en tændt kogeplade.)

Eksempel 3 på opgave til mundtlig prøve – prøveform b

Energi

Med udgangspunkt i eksperimentet med kogekedlen skal du behandle: Energiomsætning, varmekapacitet, overgangsvarme, nyttevirkning.

Bilag

Vand til teen

(Foto af en gryde uden låg indeholdende kogende vand og placeret på en tændt kogeplade.)

5.2 Fysikken bag musikinstrumenter

Omfang: 8 timer

Placering: Midt i skoleåret

Forløbsmål

Forløbet skal styrke elevernes

- anvendelse af enkle modeller til kvalitativ og kvantitativ forklaring af fysiske fænomener
- eksperimentelle kompetence gennem arbejde med elektronisk dataopsamling og –behandling

Forløbet skal desuden udvikle elevernes kendskab til fysikkens beskrivelse af lyd og musik, så de kan se sammenhængen mellem denne beskrivelse og musikkens fagsprog og derigennem få perspektiveret fysikken.

Indholdsbeskrivelse

Forløbet tilgodeser følgende dele af kernestoffet

- *grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens og udbredelsesfart*
- *eksperimentel bestemmelse af bølgelængde (for lydbølger)*
- *fysiske egenskaber ved lyd og lys og deres forbindelse til sanseindtryk (her samspillet mellem frekvens og lydindtryk).*

Endvidere behandles fænomenet stående bølger samt grundlæggende musikfaglige begreber som toner, toneskalaer, overtoner og klangfarve.

Eksperimentelt arbejde: Elevforsøg om lyd, herunder bestemmelse af bølgelængden for lyd. Selvstændig frekvensanalyse af forskellige lydkilder ved hjælp af mikrofon og passende programmel.

Undervisningsmateriale

Det nødvendige materiale findes i de fleste gængse fysiklærebøger, kombineret med lærebøger i musik.

Tilrettelæggelse

- Indledende elevaktivitet, hvor forskellige lydkilder (stemmegaffel, guitarstreng, blokfløjte, stemme ...) frekvensanalyseres ved hjælp af en mikrofon tilsluttet lydkortet i en computer
- Opsamling med præcisering af begreberne frekvens, grundtone, overtoner og klangfarve
- Gruppearbejde om toneskalaer
- Elevaktivitet: Eksperimentel undersøgelse af sammenhængen mellem grundtone og længden af en svingende streng
- Teoretisk/eksperimentel behandling af stående bølger på en streng og i en luftsøjle til forklaring af overtoner
- Elevaktivitet: Eksperimentel bestemmelse af bølgelængden for lydbølger i luft

Forløbet kan naturligt tilrettelægges i samarbejde med musiks behandling af fx instrumenterne i et symfoniorkester.

Skriftligt arbejde

Rapportering af elevernes egne eksperimenter.

Evaluerings

Forløbet evalueres gennem det skriftlige arbejde kombineret med en mundtlig opfølgning og diskussion af forløbets tilrettelæggelse og indhold.

Eksempel 1 på opgave til mundtlig prøve – prøveform a

Fysik og musik

En mundtlig præsentation af emnet *Fysik og musik*, herunder eksperimentet med stående bølger.

Stikord til den faglige samtale: Bølgelængde, frekvens og hastighed for bølger samt måling af af en eller flere af disse størrelser. Beskrivelsen af forskellige fænomener ved henholdsvis fysik- og musikfagsprog kan inddrages.

Bilag (udleveres under samtalen)

Klangfarve

To figurer, der gengiver en frekvensanalyse (lydintensitet som funktion af frekvensen) af den samme tone spillet på to forskellige musikinstrumenter.

Eksempel 2 på opgave til mundtlig prøve – prøveform b

Fysik og musik

Med udgangspunkt i eksperimentet om stående bølger skal du behandle: Bølgelængde, frekvens og hastighed for bølger samt måling af en eller flere af disse størrelser. Beskrivelsen af forskellige fænomener ved henholdsvis fysik- og musikfagsprog kan inddrages.

Bilag

Klangfarve

To figurer, der gengiver en frekvensanalyse (lydintensitet som funktion af frekvensen) af den samme tone spillet på to forskellige musikinstrumenter.

5.3 Verdensbilleder før og nu

Omfang 10 timer

Placering Midt i forløbet

Forløbsmål

Forløbet skal

- bevidstgøre eleverne om, at kendskab til fysiske begreber og tankegange kan bruges til at opnå viden om Universet og menneskets plads i Universet
- øge elevernes evne til at formidle et fysikfagligt stof til en valgt målgruppe
- øge elevernes evne til at anvende enkle modeller til en kvantitativ beskrivelse af fysiske størrelsesforhold

Indholdsbeskrivelse

Forløbet tilgodeser følgende dele af kernestoffet

- Grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet, herunder Det kosmologiske Princip og Universets udvidelse

Endvidere behandles historiske eksempler på verdensbilleder.

Eksperimentelt arbejde

Elevaktivitet: Kvalitative illustrationer af eksempler på dopplereffekt for lyd

Undervisningsmateriale

Klip fra gængse lærebøger i fysik og naturfag.

Tilrettelæggelse

- Indledende kosmisk zoom over væsentlige strukturer i Universet: Jorden, Solsystemet, nærmeste stjerne, Mælkevejsgalaksen, andre galakser, galaksehobe. Antal stjerner/galakser og relative størrelsesforhold illustreres med passende modeller.
- Simple numeriske opgaver om de indførte modeller (eksponentiel notation, lysår, ...).
- Gruppearbejde: ”Redegør for hovedtrækkene i hver af de to klassiske verdensbilleder: Ptolemæus og Copernikus”
- Opsamling af gruppearbejde ved elevfremlæggelser for hele klassen. Til at perspektivere fysiks rolle som redskab til at øge erkendelsen om naturen indgår som diskussionsemne: ”Hvordan vil du i dag argumentere for/imod de nu forældede verdensbilleder?” I forbindelse med fremlæggelser/diskussion introduceres Det kosmologiske Princip som et eksempel på et moderne dogme.
- Lærergennemgang af, hvad der menes med, at ”Universet udvider sig”, samt af hvordan dette harmonerer med Det kosmologiske Princip.
- En kvalitativ omtale og fortolkning af de observerede rødforskydninger af strålingen fra galakser til at belyse det naturvidenskabelige verdensbilledes forankring i eksperimentelle data.
- Elevaktivitet: Optag med et videokamera forskellige situationer, hvor dopplereffekten for lyd illustreres. Vis filmen for klassen.

Eksempel 1 på opgave til mundtlig prøve – prøveform a

Fysikkens nuværende verdensbillede

Du skal mundtligt præsentere emnet *Universet i dag*.

Stikord til den faglige samtale: Størrelsesforhold i Universet, stjerner, galakser og rødforskydning.

Bilag (udleveres under samtalen)

Mennesket i centrum?

En illustration af det ptolemæiske verdensbillede

Eksempel 2 på opgave til mundtlig prøve – prøveform b

Fysikkens nuværende verdensbillede

Stikord: Størrelsesforhold i Universet, stjerner, galakser og rødforskydning.

Bilag

Mennesket i centrum?

En illustration af det ptolemæiske verdensbillede

5.4 Samarbejde mellem fysik og matematik

Omfang 8 timer i fysik.

Placering Først i Fysik C-forløbet, idet man her skal være opmærksom på, at Fysik C ofte vil starte en smule senere end Matematik C på grund af det naturvidenskabelige grundforløb, hvor eleverne måske også møder tilsvarende undervisningsforløb. Placeringen skal koordineres med Matematik C, hvor eleverne formodentlig ikke som det første møder lineære sammenhænge.

Forløbsmål

Forløbet skal

- sætte eleverne i stand til at anvende en lineær model til at beskrive og forklare nogle fysiske fænomener inden for energiomsætning
- styrke elevernes eksperimentelle kompetence ved, at de udfører enkle kvantitative fysiske eksperimenter inden for energiomsætning
- fremme elevernes evne til at præsentere eksperimentelle data og behandle dem med henblik på at afdække lineære sammenhænge

Eleverne skal altså inden for et afgrænset område være i stand til på grundlag af data at opstille og anvende en lineær model.

Indholdsbeskrivelse

Forløbet tilgodeser kernestof inden for området energi og kan fx placeres umiddelbart efter et undervisningsforløb som beskrevet i 5.1 Energiforbrug i hjemmet, her forventes eleverne at have mødt begreber som effekt, varmfylde og brændværdi.

Eksperimentelle data, der indgår i arbejdet, opsamles så vidt muligt af eleverne selv. Behandlingen af disse data bruges i et matematikforløb om lineære sammenhænge, der her kan gives en mere systematisk gennemgang, som bruges videre i fysik.

Undervisningsmateriale i fysik

Læreren udarbejder oplæg til det eksperimentelle arbejde.

Tilrettelæggelse

- Elevaktivitet: Energiomsætningen i to husholdningsapparater (elkedel og kaffemaskine eller to forskellige elektriske pærer) måles som funktion af tiden. Eleverne giver forslag til hensigtsmæssig grafisk behandling. Forskelle og ligheder i de to grafer diskuteres i klassen.
- Elevaktivitet: Der måles på fx en elkedel med en given vandmængde og to forskellige starttemperaturer. Følgende størrelser måles: energiforbrug, temperatur og tid. Eleverne giver forslag til grafisk behandling af sammenhængen mellem temperatur og tid samt sammenhængen mellem energiomsætning og temperatur. Forskelle og ligheder på graferne diskuteres i klassen.
- Der er nu skabt basis for arbejde i matematik med lineære sammenhænge og en mere systematisk diskussion af hældningskoefficient (betegnelsen koordineres med matematik) og konstantled. I matematik bestemmes forskrifter for ovenstående lineære sammenhænge. Der arbejdes systematisk i matematik mod en generel procedure til bestemmelse af forskrift for lineære sammenhænge og regnes opgaver i forbindelse hermed.
- Elevaktivitet: Der måles igen på en elkedel, men denne gang med to forskellige vandmængder og samme starttemperatur. Følgende størrelser måles: energiomsætning, temperatur og tid. Forskelle og ligheder på graferne diskuteres med den supplerende opgave at overveje, hvordan måleresultaterne kan bruges til at finde varmfylde for vand og varmekapaciteten for elkedlen.

- Lærergennemgang af bestemmelsen af de omtalte varmekapaciteter, evt. tages bestemmelsen op i matematik.
- Der er nu basis for at bruge fx den grafiske lommeregner til at lave lineær regression. Det vil typisk være en del af matematikforløbet at etablere de overordnede rammer herfor, men det er oplagt både i matematik og fysik at vise eksempler med udgangspunkt i de opsamlede måleresultater, specielt med henblik på at gøre eleverne opmærksomme på, at hældningskoefficient og konstantled som regel er fysiske størrelser med en enhed.

Evaluering

Eleverne får udleveret to sæt eksperimentelle data og skal i små matrixgrupper på 2x2 personer lave hensigtsmæssig databehandling og kommentere.

Et datasæt kunne fx vise massen for et tændt stearinlys som funktion af tiden. Dette datasæt kan så bruges af læreren til i en afrunding på klassen at finde stearinlysets effekt, mens det er tændt. Her skal elevernes bearbejdning af måleresultaterne naturligvis indgå.

5.5 Datering

Omfang 11 timer.

Placering Så sent i Fysik C, at eksponentielle udviklinger kan behandles eller er behandlet i Matematik C.

Forløbsmål

Eleverne skal efter forløbet

- kende og kunne anvende henfaldsloven til at forklare brugen af radioaktive henfald til datering
- kunne arbejde med en populærvidenskabelig tekst, herunder identificere de naturvidenskabelige elementer i tekstens argumenter
- kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe

Indholdsbeskrivelse

Forløbet omhandler supplerende stof her med udgangspunkt i datering. Emnet kan med fordel tilrettelægges i et samarbejde med Matematik C, da der indgår eksponentielle modeller i behandlingen af radioaktive henfald.

Undervisningsmateriale

Gængse lærebøger, artikler fra tidsskrifter (fx ”*Kulstof-14 datering med accelerator*”, Naturens Verden 1992, side 371), webbaseret materiale, som kan have udgangspunkt i hjemmesiden for AMS Laboratoriet på Aarhus Universitet. Der findes en mængde materiale på internettet. På dansk vil <http://www.viby-gym.dk/fysik/ams> være et godt udgangspunkt.

Tilrettelæggelse

- Læsning af populærvidenskabelig artikel om datering ved hjælp af C-14 metoden.
- Hvad er C-14? Elevaktivitet omkring den nødvendige kernefysik til forståelse radioaktiv datering. Faglige nøglebegreber som opbygning af en atomkerne, isotop, stabilitet, radioaktive henfald diskuteres i grupper.
- Carbonkredsløbet. En biologilærer gæsteforelæser.
- C-14 metoden. Klassegennemgang af den acceleratorbaserede C-14 metode.
- Matematik om eksponentielle udviklinger. I Matematik C er der parallelt arbejdet med eksponentielle udviklinger: eksempler og opgaveregning med henblik på forståelse af henfaldsloven som en matematisk model., der muliggør bestemmelse af den forløbne tid, når aktiviteter er kendte/målte. Hvis Fysik C er placeret senere end Matematik C, vil det være naturligt at afsætte tid til repetition af de nødvendige matematikbegreber.
- Demonstration af eksperimentel bestemmelse af halveringstid. Forsøget demonstreres kort, og allerede opsamlede måleresultater udleveres med henblik på, at eleverne bestemmer halveringstiden for det pågældende henfald. Sammenhængen til aldersbestemmelse diskuteres.
- Den populærvidenskabelige artikel diskuteres med henblik på at identificere de fysiske fænomener og argumenter og en besvarelse af spørgsmålet: er der noget, vi mangler at behandle for at forstå C-14 metoden?
- Eksempler på C-14 dateringer: forhistorisk og nutidigt. Eleverne løser opgaver med aldersbestemmelse i en række tilfælde: Grauballemanden, Ismanden i Tyrol, Ligklædet fra Torino, Svindel med juice og vin.

- Elevaktivitet: I grupper forberedes præsentation af kostundersøgelser og andre dateringsmetoder (luminiscens, dendrokronologi, arkæomagnetisme, fissionsspor, andre radioaktive metoder).

Skriftligt arbejde

De to præsentationer udarbejdet i forløbet, samt opgaver der regnes undervejs, men ikke nødvendigvis rettes af læreren.

Evaluering

Grupperne fra sidste elevaktivitet udarbejder en præsentation over henfaldsloven specielt med henblik på aldersbestemmelse. Denne præsentation sendes elektronisk til læreren. På klassen drøftes forløbet, og læreren kommenterer eksemplarisk de tilsendte præsentationer.

Eksempel 1 på opgave til mundtlig prøve – prøveform a

Datering

En mundtlig præsentation af emnet *C-14 datering*.

Den faglige samtale vil tage udgangspunkt i dels din indledende præsentation og dels i en omtale af henfaldsloven og dens brug ved andre radioaktive dateringsmetoder. De relevante eksperimenter inddrages undervejs. Andre dateringsmetoder og brug af acceleratormetoden til kostundersøgelse indgår som perspektivering.

Bilag (udleveres under samtalen)

Hvor pålideligt er det?

To illustrationer: En dendrokronologisk kalibreringskurve samt kurven over det naturlige $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold i perioden 1954 – 1994.

Eksempel 2 på opgave til mundtlig prøve – prøveform a

^{14}C -Datering

Stikord: Radioaktive henfaldstyper, henfaldsloven og dens brug ved andre radioaktive dateringsmetoder.

Eksperimentet "Henfaldsloven" eller andre relevante eksperimenter kan inddrages undervejs. Andre dateringsmetoder og brug af acceleratormetoden til kostundersøgelse kan indgå som perspektivering.

Bilag (udleveres under samtalen)

Hvor pålideligt er det?

To illustrationer: En dendrokronologisk kalibreringskurve samt kurven over det naturlige $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold i perioden 1954 – 1994.