

Fysik C - Stx
Vejledning / Råd og vink
Ministeriet for Børn og Undervisning
Kontor for Gymnasiale Uddannelser 2013

Alle bestemmelser, der er bindende for undervisningen og prøverne i de gymnasiale uddannelser, findes i uddannelseslovene og de tilhørende bekendtgørelser, herunder læreplanerne. Denne Vejledning/Råd og vink indeholder forklarende kommentarer til nogle af disse bestemmelser, men indfører ikke nye bindende krav. Desuden gives eksempler på god praksis samt anbefalinger og inspiration, og den udgør dermed et af ministeriets bidrag til faglig og pædagogisk fornyelse. Citater fra læreplanen er anført i kursiv.

Indholdsfortegnelse

1. IDENTITET OG FORMÅL	3
1.1. Fagets identitet	3
1.2. Fagets formål	4
2. FAGLIGE MÅL OG FAGLIGT INDHOLD	5
2.1. Faglige mål	5
2.2. Kernestof	8
2.3. Supplerende stof	9
3. UNDERVISNINGENS TILRETTELÆGGELSE	11
3.1. Didaktiske principper	11
3.1.1. Elevforudsætninger	11
3.1.2. Planlægning og progression	12
3.1.4. Perspektivering	14
3.1.5. Undervisningsmateriale	15
3.2. Arbejdsformer	16
3.2.1. Eksperimentelt arbejde	16
3.2.2. Mundtlig formidling	19
3.2.3. Skriftlig formidling	20
3.3. It	22
3.3.1. Dataopsamling og databehandling	22
3.3.2. Simuleringer	23
3.3.3. Informationssøgning	23
3.3.4. It-baserede kommunikationsfora	23

3.4. Samspil med andre fag	23
3.4.1. Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb	24
3.4.2. Samspillet i almen studieforbereelse	24
3.4.3. Samspil med matematik	24
3.4.4. Samspil i øvrigt	25
3.5. Fysik C i det 2-årige studenterkursusforløb	25
3.6. Særlige forhold for Fysik C som valgfag i hf	26
4. EVALUERING	27
4.1. Den løbende evaluering	27
4.1.1. Formativ evaluering	27
4.1.2. Summativ evaluering	28
4.2. Den afsluttende prøve	28
4.3. Bedømmelseskriterier	32

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

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

I fysik beskæftiger man sig med såvel det nære og dagligdags som det, der er fjernt fra umiddelbar oplevelse ved at være småt og usynligt eller ufattelig stort. 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 studieforberevende og det almindeligdannende 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 studieforberejdelse som til almindeligdannelse, men vægten er lagt på fagets mere almindeligdannende 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 almindeligdannelsen. 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 perspektivering 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 perspektiveringen af de faglige indsigter i såvel historisk-filosofiske som aktuelle samfundsmæssige sammenhænge.

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.* (Brundtland-kommissionen: *Vor fælles fremtid*, UN 1987).

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.

”Elevenerne 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.

”Elevenerne 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.

”Elevenerne 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-hjælpe midler 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 demonstrere viden om fagets identitet og metoder

Fagets identitet er beskrevet i pkt. 1.1. Eleverne kan demonstrere deres viden om fysiks identitet og metoder, ved at de med afsæt i konkrete problemstillinger forklarer, hvordan fysik i samspillet mellem teorier og eksperimenter, dels giver svar på væsentlige generelle naturvidenskabelige spørgsmål, dels bidrager til løsning af konkrete problemer med naturvidenskabeligt indhold. Der skal være progression i arbejdet med fagets identitet og metoder, og det anbefales at lade fagets identitet og metoder indgå som en integreret del af de enkeltfaglige og flerfaglige forløb, suppleret med korte indslag af mere generel karakter til frembringelse af en forståelsesramme for arbejdet med fagets metoder. Det er ikke tanken, at der skal tilrettelægges længere generelle forløb om fysiks videnskabssteori.

Eleverne skal kunne bringe fysikfagets identitet og metoder i spil i forbindelse med almen studieforberedelse og skal her kunne se forskelle og ligheder til andre fag.

Fysiks metoder består i et snævert og varieret samspil mellem teorier eller modeller og eksperimenter. Elevernes viden om fagets metoder omfatter en forståelse for dette samspil eksemplificeret i det følgende.

Eksperimenter

Eksperimentets rolle i fysik kan forstås med udgangspunkt i elevernes egne eksperimenter, men kan også behandles ved inddragelse af nutidige og historiske eksperimenter fra forskningsverdenen.

Gennem forløbet vil eleverne stifte bekendtskab med eksperimentets varierende rolle i fysik og dets karakteristiske træk. Det kan være:

- Måling af sammenhængen mellem masse og rumfang for en væske for induktivt at undersøge, om der er tale om en proportionalitet.
 - Test af hypotesen, at en genstand falder som beskrevet i Galileis faldlov
 - Observation, der typisk ses i astronomien som hos Tycho Brahe, der med simpelt udstyr registrerede stjerners positioner på himlen.
 - At tilrettelæggelsen og fortolkningen af eksperimenter ofte er afhængig af den model eller teori, der er knyttet til eksperimentet.
- Ved undersøgelser af atomare spektre kan eleverne indse, at deres fortolkning af eksperimentet på baggrund af Bohrs atommodel er helt forskellig fra den hos 1800-tallets fysikere.
- Reproducerbarhed som en historisk set væsentlig side af eksperimenter i fysik, mens dette krav er vanskeligt at fastholde i studiet af astronomiske begivenheder.

Teorier

I arbejdet med fysiske teorier skal eleverne forstå, at teorier er tankekonstruktioner bestående af modeller af virkeligheden, der kan begrundes induktivt eller deduktivt, og som generelt tillægges en høj grad af objektivitet. Modeller i fysik består ofte i matematiske relationer mellem fundamentale målbare størrelser.

Teorier og modeller i fysik kan have forskellige karakteristiske træk

- Modellen, at der for vand er proportionalitet mellem temperaturstigningen og den tilførte energi, kan efterprøves eksperimentelt – er falsificerbar.
Modellen kan generaliseres til andre stoffer end vand og er endvidere karakteriseret ved at have et klart gyldighedsområde
- Teorien om energiens bevarelse er omvendt en teori med en høj generalisationsgrad
- Deduktivt begrundede resultater kan demonstreres på basis af simple eksempler

”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 modtagernes 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, transparente, ”tegneserieagtige-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 hverdagssituationer (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*
- *det elektromagnetiske spektrum og fotoner*
- *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. 30 pct. af uddannelsesstiden, skal vælges, så det tilgodeser såvel fagets overordnede mål som de faglige mål. Eleverne skal have en væsentlig indflydelse på valg af supplerende stof. 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. Undervis-

ningsforløbene 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 studieforberedelse.

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 at vise fysik som et kvantitativt naturvidenskabeligt fag. Det er ikke hensigten, at formel matematisk argumentation skal spille en væsentlig rolle i arbejdet med de fysiske problemstillinger.” [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 2009 – Fysik/kemi, Faghæfte 16*, der er tilgængelig på ministeriets netsted.

Slutmålene efter 9. klassetrin 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
 - give eksempler på forskellige tiders forestillinger om universets opbygning og udvikling
 - give eksempler på 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:

- gøre rede for, at den atomare beskrivelse af grundstoffer... er menneskets forsøg på at beskrive fænomener og sammenhænge i naturen grundtræk i stofs opbygning gennem atomer og molekyler
- kende nogle af nutidens forestillinger om universets opbygning og udvikling
- beskrive hovedtræk ved samfundets energiforsyning
- gøre rede for 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.

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 arbejde, 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.

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.

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 og lignende bør derfor nedtones. En sproglig udfoldelse kan støtte be-

grebsdannelsen 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.

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.

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 perspektiveringen, 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 studieforberedelse. 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.

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

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.

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.

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.

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.

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.

”Eleverne skal undervejs i undervisningen møde tekster fra medierne med henblik på at identificere de naturvidenskabelige elementer i tekstens argumenter.” [LPC 3.1]

Arbejdet med medietekster tager udgangspunkt i en bred opfattelse af tekstbegrebet, som inkluderer verbale, tekst- og billedmæssige fremstillinger. Det væsentlige er, at eleverne bliver 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.

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

Der skal 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 niveauintdeling 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.

3.2. 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. 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.

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 databehandlingen 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.

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 elev eksperimenter 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.

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 og lignende.

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 fælleseksperimenter 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 3.2.3. **Skriftlig**.

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, Elevers praktiske øvelser på de gymnasiale uddannelser*. 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, Sikkerhedsstyrelsen, 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.

3.2.2. Mundtlig formidling

”Mundtlig fremstilling og skriftlighed 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.

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

3.2.3. Skriftlig formidling

”Den skriftlige dimension 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.*

Den skriftlige dimension i faget skal medvirke til at sikre elevernes fordybelse i faget med vægt på det eksperimentelle arbejde og formidling af faglig indsigt.

Hvis faget har fået tillagt elevtid, skal det skriftlige arbejde planlægges, så der er progression og sammenhæng til det skriftlige arbejde i de øvrige fag. Progressionen omfatter såvel fordybelsesgraden som kravene til elevernes selvstændige indsats og skal sammen med sammenhængen til skriftligt arbejde i især matematik og de andre naturvidenskabelige fag bidrage til udviklingen af den enkelte elevs skriftlige kompetencer.” [LPC 3.2]

Den skriftlige dimension i fysik C skal bidrage til at styrke elevernes studieforberevende skrivekompetencer jf. Bilag 4 i stx-bekendtgørelsen. Faglig argumentation, ledsaget af korrekte og relevante illustrationer, er væsentlige elementer i løsningen af numeriske problemer og efterbehandling af eksperimentelt arbejde. Disse skriftlige genrer giver sammen med formidling af faglig indsigt mulighed for at arbejde med enhver af de studieforberevende skrivekompetencer, herunder sproglig korrekthed. Det anbefales, at der i den enkelte besvarelse fokuseres på få af de studieforberevende skrivekompetencer.

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, mens det sjældent er relevant at rette enhver forekommende fejl eller mangel. Tilbagemeldingen kan være udelukkende skriftlig, men kan også være et element i en formativ evaluering.

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

3.3. 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.

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. Skolens fælles it-plattform kan benyttes som udgangspunkt for såkaldt "virtuel undervisning" i fysik, som ikke forudsætter samtidig tilstedeværelse af lærer og elever.

3.4. Samspil med andre fag

I henhold til læreplanen gælder:

"Fysik C er omfattet af det generelle krav om samspil mellem fagene og indgår i almen studieforberedelse i overensstemmelse med de regler, der gælder for dette 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 studieforbereelse
- 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 perspektiveringen af fysikundervisningens temaer.

3.4.1. Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb

Det naturvidenskabelige grundforløb skal koordineres med det naturvidenskabelige fag, som læses parallelt med det. Dette fag vil ofte være Fysik C.

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.

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.

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.

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. Navnlige 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 databehandling kan derfor kun foregå ved brug af generelle it-værktøjer som fx regneark.

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 evaluering af det naturvidenskabelige grundforløb.

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
- elevers 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, og undertiden kan en simpel checkliste være tilstrækkelig.

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 presentationsprogrammer 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 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 ek-

saminandens egen indsats som en diskussion af, hvordan forberedelses- og eksaminationstiden bedst disponeres og udnyttes. Eleverne 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 afholdes en mundtlig prøve på grundlag af en bredt formuleret opgave inden for de områder, klassen har arbejdet med, som indeholder et ukendt bilag, der kan være grundlag for perspektivering af opgavens emne. Opgaverne skal tilsammen dække undervisningsbeskrivelsen bredt. Opgaverne uden bilag skal være kendt af eksaminanderne inden prøven” [LPC 4.2]

Det er en god praksis, at eksaminator kontakter censor allerede ved prøveplanens offentliggørelse for at aftale nærmere om udveksling af opgaver m.v. Normalt senest 5 hverdage før første prøvedag sendes opgaverne med bilag til censor.

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.

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.

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.

Opgaverne uden bilag skal være kendt af eksaminanderne i rimelig tid før prøven, normalt ikke senere end 5 hverdage før prøven. Eksaminator aftaler med eleverne, hvor og hvordan de kan se opgaverne. Når opgaverne uden bilag skal være kendt af eksaminanderne før prøven, så indebærer det, at eleverne har haft mulighed for at spørge læreren for derigennem at sikre, at de har forstået opgaverne. Hvis censor efterfølgende har ændringer til opgaverne, kontaktes eleverne herom.

”Opgaven udleveres ved lodtrækning dagen før prøven. Der gives ca. 24 timers forberedelsestid, dog ikke mindre end 24 timer, til udarbejdelse af et oplæg til en mundtlig præsentation af emnet for opgaven.”

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

Første del af prøven udgør 1/3 af eksaminationstiden og 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, hvor det perspektiverende bilag udleveres og inddrages. Som hovedregel inddrages både teoretiske og eksperimentelle elementer i eksaminationen” [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 og lignende 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 notater 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 eksaminander 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 eksaminandernes individuelle ønske i denne sammenhæng. Eksaminator og censor skal 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 deleme 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 prøve-lokalet.

Under den faglige samtale udleveres det bilag, som danner udgangspunkt for den perspektiverende del. Eksaminator skal sikre, at bilaget inddrages i samtalen, så perspektiveringen 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 er vigtigt, at bilaget ikke har været anvendt i undervisningen, og det anbefales, at bila-

gets 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.

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 12 (*Fremragende*), jf. bekendtgørelse nr. 262 af 20/03/2007 (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.

12	Fremragende	<p>Det mundtlige oplæg er en sikker og velstruktureret fremstilling af væsentlige aspekter af emnet med ingen eller kun uvæsentlige faglige mangler.</p> <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.</p> <p>Eksaminanden kan i den mundtlige samtale inddrage relevante og væsentlige fysiske forhold på en sikker måde og med kun uvæsentlige faglige mangler.</p> <p>Eksaminanden kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment og perspektivere faglig indsigt.</p>
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>