

Fysik B - 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

1.1 Fagets identitet	3
1.2 Fagets formål	4
2. FAGLIGE MÅL OG FAGLIGT INDHOLD	6
2.1. Faglige mål	6
2.2. Kernestof	9
2.3. Supplerende stof	12
3. UNDERVISNINGENS TILRETTELÆGGELSE	14
3.1. Didaktiske principper	14
3.1.1. Elevforudsætninger	14
3.1.2. Planlægning og progression	14
3.1.3. Undervisningsforløbene	15
3.1.4. Perspektivering	16
3.1.5. Aktualisering gennem udadrettet virksomhed	17
3.1.6. Koordination med matematik	17
3.1.7. Undervisningsmaterialer	18
3.2. Arbejdsformer	19
3.2.1. Eksperimentelt arbejde	19
3.2.2. Mundtlig formidling	22
3.2.3. Skriftlig formidling	23
3.3. It	25
3.3.1. Dataopsamling og databehandling	25
3.3.2. Simuleringer	26
3.3.3. Informationssøgning	26

3.3.4. It-baserede kommunikationsfora	26
3.4. Samspil med andre fag	27
3.4.1. Samspillet med det naturvidenskabelige grundforløb	27
3.4.2. Samspillet i almen studieforbereelse	27
3.4.3. Samspillet i studieretningsforløbet	28
3.4.4. Samspilsmuligheder for Fysik B som valgfag	29
3.5. Fra Fysik C til Fysik B	30
4. EVALUERING	32
4.1. Den løbende evaluering	32
4.1.1. Formativ evaluering	32
4.1.2. Summativ evaluering	33
4.2. Den afsluttende prøve	34
APPENDIX: SYNOPTISKE OVERSIGTER	39

1. Identitet og formål

1.1 Fagets identitet

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

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

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

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

Fysik giver mulighed for at opnå relevante svar på en række forskellige spørgsmål gennem anvendelse af mange forskellige metoder til at undersøge og løse problemer. Det kontrollerede, naturvidenskabelige eksperiment spiller i den forbindelse en særlig rolle. Planlægning og gennemførelse af eksperimenter, kendskab til dannelsen 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. Faget rører ved såvel grundlæggende erkendelsesmæssige problemstillinger som de udfordringer, den teknologiske udvikling stiller teknikere og samfundet over for. Det historiske indgår på linje med det aktuelle og det fremtidige. Alle disse forhold giver gode muligheder for at udfordre elevernes nysgerrighed og for at fremme deres interesse, kreativitet og engagement. Hertil kommer, at der gennem arbejdet med faget også er mulighed for at vise eleverne, hvilke muligheder der er for en fremtidig beskæftigelse inden for det teknisk-naturvidenskabelige område og de tilhørende uddannelser.

1.2 Fagets formål

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

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

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

Formålet afspejler, at det er et væsentligt sigte med undervisningen i faget, at eleverne bliver i stand til at forstå og bruge den viden, de metoder og tænkemåder, der er karakteristiske for den teknisk-naturvidenskabelige tilgang til verden. Dette sigte er dobbelt. Det skal dels sikre, at fysikundervisningen bidrager til, at eleverne bliver i stand til at fungere som borgere i dagens og fremtidens samfund, dels forberede eleverne på den omfattende række af studier, hvor matematisk-naturvidenskabelige metoder finder anvendelse.

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

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

Læreplanen indeholder i det overordnede formål og i det supplerende stof også en særlig forpligtelse til at inddrage bæredygtig udvikling i fysikundervisningen. Selve begrebet bæredygtig udvik-

ling 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

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

2.1. Faglige mål

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

”Elevenerne skal demonstrere viden om fagets identitet og metoder” [LPB 2.1]

Fagets identitet er beskrevet i pkt. 1.1. Elevenerne 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 en klar 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 videnskabsteori.

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 klar forståelse for dette samspil i flere faglige sammenhænge og former 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 kan eleverne stifte bekendtskab med eksperimentets varierende rolle i fysik og dets karakteristiske træk. Det kan være:

- Måling af karakteristikken for en metaltråd for induktivt at undersøge, om der er tale om en proportionalitet mellem strømstyrke og spændingsfald.
- 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.
- Eksperimentet som en reflekteret manipulation og konstruktion af virkeligheden, for eksempel måling af spektret fra Solen for at bestemme grundstofsammensætningen
- 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. Og eleverne kan i forbindelse med egen planlægning af eksperimenter forstå værdien af at have en fysisk model for det undersøgte fænomen

- Variabelkontrol og overvejelser om måleusikkerhed er andre væsentlige aspekter af eksperimentelt arbejde, der kan trænes i arbejdet med åbne problemstillinger.
Eksempel: Undersøgelse af luftmodstand i faldforsøg med papirkageforme.
- Reproducerbarhed som en historisk set væsentlig side af eksperimenter i fysik, mens dette krav er vanskeligt at fastholde i studiet af astronomiske begivenheder.

Eleverne skal have kendskab til det nære samspil mellem udviklingen af det eksperimentelle udstyr og fremskridt inden for fysikken. Laseren er et godt eksempel på dette, idet atomfysikken var en forudsætning for dens opdagelse og udvikling, mens laseren selv har givet helt nye muligheder i eksperimentalfysikken. Det astronomiske teleskop, acceleratoren og CCD-chippen er andre eksempler på dette samspil.

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

- Balmers formel for spektrallinjer i hydrogen var i en årrække en rent fænomenologisk model uden en generel begrundelse eller forklaring
- Bohrs atommodel er et eksempel på en mere generel model, som ud fra generelle hypoteser begrundede Balmers formel og derudover leverer forudsigelser, der kan efterprøves eksperimentelt – er falsificerbar

- Bohrs atommodel er samtidig et eksempel på, at en teori efter nogen tid ses som midlertidig, og afløses eller suppleres af en teori med større gyldighedsområde, her kvantemekanikken
- Newtons love er måske fysiks bedste eksempel på en generel teori med stor forudsigelseskraft, og som er blevet bestyrket ved at have modstået utallige eksperimentelle afprøvninger. Eleverne kan her møde deduktivt begrundede modeller for bevægelse ud fra Newtons love.
- Modeller vurderes i fysik også ud fra deres æstetiske kvaliteter, hvor simpelhed spiller en væsentlig rolle

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

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

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

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

2.2. Kernestof

”Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede

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

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

Beskrivelsen af universet kan bygge på en oversigt i form af et kosmisk zoom over de vigtigste strukturer (planet, stjerne, galakse, galaksehobe), så eleverne får overblik over typiske afstande. Det kosmologiske Princip, dvs. at universet over kosmologiske afstande ser ens ud fra alle iagttagespunkter, inddrages i beskrivelsen, og dets filosofiske og historiske aspekter berøres. Beskrivelsen af hovedtrækkene i universets udvikling suppleres med nedslag på udvalgte epoker eller udvalgte

te fænomener, der gøres til genstand for en nærmere faglig behandling (fx stoffets rekombination, dannelsen af de første stjerner, observation af exoplaneter m.m.).

Eleverne skal kende til spektrallinjers rødforskydning og tolkningen heraf gennem universets udvidelse og Hubbles lov. Der er ikke krav om en egentlig behandling af andre observationsmæssige argumenter for universets udvidelse, men eksistensen af sådanne naturvidenskabelige argumenter bør understreges. Der er ikke krav om, at begrebet skalafaktor og modeller for universets udvikling inddrages i undervisningen.

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

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

”Energi

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

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

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

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

Ækvivalensen mellem masse og energi kan behandles på empirisk grundlag gennem inddragelse af massedefekt og bindingsenergi. Q -værdier ved kernereaktioner kan bestemmes ud fra masserne af de indgående partikler.

”Elektriske kredsløb

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

Dette område af kernestoffet indeholder i det væsentlige grundbegreberne strømstyrke, spændingsfald og resistans. Undervisningen kan med fordel tilrettelægges så de fundamentale principper og

begreber knyttes tæt sammen med eksperimentelt arbejde. Beskrivelse af forskellige komponenters funktions- og anvendelsesmuligheder kan ske på basis af simple karakteristikker. Energiomsætningen i en resistor indgår.

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

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

”Bølger

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

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

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

”Kvantefysik

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

I behandlingen af atomer og atomkerners opbygning inddrages karakteristiske størrelser som elektrisk ladning, protonantal, neutronantal og nukleonantal. Det er naturligt at inddrage den elektromagnetiske og stærke vekselvirknings betydning for atomers og atomkerners opbygning, men der kræves ikke en systematisk behandling af emnet.

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

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

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

”Mekanik

- *kinematisk beskrivelse af bevægelse i én dimension*
- *kraftbegrebet, herunder tyngdekraft, tryk og opdrift*
- *Newtons love anvendt på bevægelser i én dimension.*” [LPB 2.2]

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

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

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

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

2.3. Supplerende stof

”Eleverne vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Det supplerende stof, der udfylder ca. 25 pct. af uddannelsesstiden, skal vælges, så det tilgodeser såvel fagets overordnede mål som de faglige mål. 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.” [LPB 2.3.]

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

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

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

Undervisningen i Fysik B skal give eleverne indblik i fysiske og teknologiske aspekter af bæredygtig udvikling. Sådanne aspekter kan indgå i fysikundervisningen i forbindelse med temaer inden for

området energi, men emner som klima og vand er også oplagte i denne sammenhæng. Undervisningsforløbene kan være enkeltfaglige, men der er også gode muligheder for samspil med de andre naturfag i fx det naturvidenskabelige grundforløb og mere generelt med fx samfundsfag i almen studieforberedelse.

3. Undervisningens tilrettelæggelse

3.1. Didaktiske principper

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

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

3.1.1. Elevforudsætninger

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

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

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

3.1.2. Planlægning og progression

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

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

vendelse af en række matematiske metoder undertiden volde vanskeligheder for nogle elever på et hold. Det kan derfor være en fordel at vente med at fokusere på områder, hvor disse kompetencer er afgørende for forståelsen, indtil eleverne har opnået en vis grundlæggende viden og forståelse. Gennem forløb med differentieret undervisning er det muligt at tilgodese elevers forskellige forudsætninger og evner, så alle får lejlighed til at udbygge deres viden og indsigt.

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.

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

3.1.3. Undervisningsforløbene

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

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

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

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

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

Et undervisningsforløb, der er styret af et perspektiverende tema, giver gode muligheder for, at eleverne oplever faget og undervisningen som spændende, relevant og vedkommende. Det kan inden

for fagets rammer ske gennem inddragelse af fx historiske aspekter, teknologiske problemstillinger, hverdagsforestillinger eller samfundsforhold. En anden mulighed er at inddrage andre fag i et almindeligt fagsamarbejde eller i form af et forløb under almen studieforberedelse. De tre særlige typer perspektiverende forløb er omtalt nærmere i afsnit 3.1.4.

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

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

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

3.1.4. Perspektivering

Perspektiveringen i fysikundervisningen skal medvirke til, at eleverne oplever faget som relevant og vedkommende. Dette opnås blandt andet ved at sætte faget i forbindelse med andre fag og forhold uden for skolen. Mange fænomener kan beskrives og forklares ved fysiske metoder og teorier. Det kan være vejret, sanserne og bevægelse af forskellige genstande på Jorden. Spørgsmål som, hvorfor en ting har en farve, eller hvordan et apparat fungerer, kan danne udgangspunkt for særlige undervisningsforløb og understøtte elevernes nysgerrighed efter at forstå omverdenen, og samtidig være eksempler på, hvordan fysik kan bidrage til forståelse af fænomenerne. Eleverne bør have væsentlig indflydelse på valget af emner. Perspektiverne kan behandles både i forbindelse med teoretisk og eksperimentelt stof, og et forløb kan inddrage flere forskellige perspektiver. I arbejdet med perspektiverne kan man også inddrage supplerende stof. Eleverne kan efter interesser danne grupper, der arbejder med forskellige emner, hvilket kan øge engagement og fordybelse. Studiebesøg, ekskursioner og praktisk arbejde uden for skolen er en naturlig del af fysikundervisningen på alle niveauer. Sådanne aktiviteter er særligt egnede i forbindelse med undervisningen i perspektiverne og ved det eksperimentelle arbejde.

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

”Der skal tilrettelægges forløb, som tilgodeser følgende perspektiver:

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

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

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

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. Aktualisering gennem udadrettet virksomhed

”Der skal så vidt praktisk muligt tilrettelægges mindst ét forløb, hvor holdet arbejder med aktuelle problemstillinger, som har udgangspunkt i en konkret virksomhed eller forskningsinstitution.”
[LPB 3.1]

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

Landet over har en række virksomheder udviklet specielle tilbud til besøgende elever. Gennem Dansk Industris skolekontaktordning kan man ofte få hjælp til at finde mulige samarbejdspartnere i lokalområdet. Generelt er virksomheder imødekommende over for henvendelser om besøg, men det er vigtigt at være opmærksom på, at et besøg skal forberedes grundigt af begge parter, så man undgår spild af tid og har sikret sig, at programmet passer med elevernes niveau og forberedelse.

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

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

3.1.6. Koordination med matematik

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

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

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

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

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

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

3.1.7. Undervisningsmaterialer

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

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

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 og vurdere gyldigheden af de naturvidenskabelige argumenter.”
[LPB 3.1]

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

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

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

3.2. Arbejdsformer

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

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

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

3.2.1. Eksperimentelt arbejde

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Den eksperimentelle problemstilling kan være valgt inden for et fælles tema for hele holdet eller være valgt frit under hensyntagen til de praktiske muligheder. Normalt bistår læreren den enkelte gruppe med at udforme en fagligt relevant problemformulering. Omfanget af et af disse forløb sva-

rer typisk til 8-10 timers arbejde i laboratoriet, hvortil kommer tid til den nødvendige forberedelse og efterbehandling. Resultaterne af arbejdet samles normalt i en gruppe rapport.

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

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

Om tilrettelæggelsen af det eksperimentelle arbejde

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

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

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

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

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

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 B-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 under *Rapportering* i afsnit 3.2.4.

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

Ved eksperimentelt arbejde er eleverne omfattet af arbejdsmiljølovens såkaldt udvidede anvendelsesområde, og de nærmere regler er fastlagt af Arbejdstilsynet i *At-meddelelse nr. 4.01.9, 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 www.risikomomenter.dk samlet eller henvist til de vigtigste sikkerhedsforskrifter m.m. Ansvaret for, at reglerne overholdes, er fordelt på arbejdsgiveren, den lokale sikkerhedsgruppe og på de enkelte lærere, som det fremgår af det nævnte netsted.

3.2.2. Mundtlig formidling

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

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

- samtale, diskussion

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

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

Det indgår i fysikundervisningen, at eleverne skal arbejde med at udvikle deres mundtlige udtryksfærdighed. Fysik betjener sig af et særligt fagsprog, hvor begreber med udgangspunkt i hverdagsagtige begreber tillægges en særlig og mere præcis faglig betydning. Eleverne skal derfor gennem undervisningen bevidstgøres om forskellen på hverdagsprog og fagsprog for at kunne ”oversætte” mellem hverdagsprog og fagsprog. Det er væsentligt, at elevernes tilvænning til fagets terminologi og præcisionskrav sker gradvist for at bevare elevernes lyst til at formulere sig mundtligt.

3.2.3. Skriftlig formidling

”Det skriftlige arbejde omfatter:

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

Målet med det skriftlige arbejde er at sikre elevernes fordybelse i faget med vægt på problemløsning, det eksperimentelle arbejde og formidlingen af faglig indsigt. Arbejdet med problemløsning skal tilrettelægges med en voksende progression. Eleverne skal præsenteres for de krav til løsning af skriftlige opgaver, som er gældende ved den skriftlige prøve i fysik på A-niveau.” [LPB 3.2]

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

Læreren skal rette og kommentere elevernes besvarelser, så det medvirker til at forbedre deres forståelse af stoffet og kvaliteten af senere besvarelser. Ved kommenteringen er det væsentligt, at positive sider af besvarelsen også fremhæves, så elevernes selvtillid og interesse styrkes. Væsentlige fejl og mangler bør bemærkes og kommenteres konstruktivt, 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.

Rapportering af eksperimentelt arbejde

En rapport er en skriftlig efterbehandling af udført eksperimentelt arbejde, og der er et væsentligt formidlingsmæssigt formål med den i relation til de overordnede mål. Der skal være progression i kravene til elevernes sproglige formuleringsevne og den fysikfaglige korrekthed. Det anbefales, at

kravene til udformningen af i hvert fald de første rapporter er afstemt med lærerne i de øvrige naturfag på skolen.

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

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

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

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

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

Skriftlige opgaver

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

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

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

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

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

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

Andet skriftligt arbejde

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

3.3. It

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

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

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

3.3.1. Dataopsamling og databehandling

Meget moderne fysikudstyr har mulighed for tilkobling af en pc med et tilhørende program til dataopsamling. Visse 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 sær-

ligt lange eller særligt korte tidsrum. Også for den it-baserede databehandling er det af betydning, at det giver en synlig lettelse i elevernes arbejdsbyrde, eller at resultatet af arbejdet får et kvalitativt løft.

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

3.3.2. Simuleringer

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

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

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

3.3.3. Informationssøgning

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

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

3.4. Samspil med andre fag

”Fysik B 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.” [LPB 3.4]

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

- i samarbejde eller koordineret med det naturvidenskabelige grundforløb
- et led i almen studieforberedelse
- en koordinering af undervisningen i fagene, eller
- et samarbejde mellem fag uden for disse rammer

Et eksempel af sidstnævnte type er flerfagligt samarbejde, som ofte er en mulighed i forbindelse med 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 kan være Fysik B, hvis eleverne har valgt det som studieretningsfag. Tilrettelæggelsen af Fysik B-undervisningen skal ske under hensyntagen til arbejdet i det naturvidenskabelige grundforløb. Tilsvarende bør valget af arbejdsformer og progressionen i undervisningen koordineres med indsatsen i det naturvidenskabelige grundforløb. Det er vigtigt, at eleverne oplever overensstemmelse i brugen af fagsprog, den overordnede tilgang til eksperimenter, kravene til rapportering og formidling i øvrigt.

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

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

3.4.2. Samspillet i almen studieforberedelse

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

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

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

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

3.4.3. Samspillet i studieretningsforløbet

”Når fysik B indgår i en studieretning, skal dele af kernestof og supplerende stof vælges og behandles, så det bidrager til styrkelse af det faglige samspil i studieretningen. Der skal tilrettelægges forløb sammen med studieretningsfagene, som viser styrken i fagenes samspil og perspektiverer fysikken. Indgår faget i en studieretning sammen med matematik, skal der specielt tilrettelægges forløb, hvor de to fag arbejder sammen om behandlingen af modeller for konkrete fysiske systemer med vægt på en diskussion af modellernes forudsætninger og pålideligheden af de resultater, som opnås gennem anvendelse af modellerne.” [LPB 3.4]

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

Matematik

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

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

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

Samarbejdet med matematik må ikke føre til at fysik bliver til "matematik med anvendelser", ligesom man må respektere, at matematik ikke blot skal være redskabsfag for fysik. Man skal holde sig

for øje, at matematikken ikke må være en unødigt komplikation, men skal bidrage til at give sammenhæng og overblik over de fysiske størrelser og relationer.

Kemi

Hvis Fysik B indgår i en studieretning sammen med kemi er der en lang række emner, der lægger op til samarbejde mellem fagene:

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

Biologi

Emner med samarbejdsmuligheder:

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

Naturgeografi

Emner med samarbejdsmuligheder:

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

Studieretningsopgaven

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

Studieretningsprojektet

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

Når fysik indgår i et studieretningsprojekt, anbefales det, at opgaveformuleringen indeholder eksperimentelle elementer, eksempelvis eksperimentelt arbejde eller krav om analyse af eksperimentelle data. Netop det eksperimentelle islæt giver fine muligheder for, at eleven kan vise selvstændighed i besvarelsen, dels i udførelsen af eksperimenterne og dels i efterbehandlingen med diskussion af fejlkilder og vurdering af usikkerheder.

3.4.4. Samspilsmuligheder for Fysik B som valgfag

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

Hvis Fysik B er et valgfag, vil det som regel bygge oven på et studieretningsforløb med Fysik C. De særlige forhold vedrørende fysikindholdet er omtalt i næste afsnit. For så vidt angår samspillet med elevernes øvrige fag vil det ofte ske ved at inddrage elevernes viden og metodekendskab i fysikundervisningen. Det kan naturligt ske ved at lade elever holde foredrag, som belyser de behandlede fysikemner ud fra andre faglige synsvinkler. En fysikelev med filosofi kan diskutere determinisme og fri vilje i forbindelse med behandlingen af Newtons love. En anden fysikelev med kemi kan gennemgå hovedtræk af den moderne kemis beskrivelse af atomers opbygning og kemisk binding som afslutning på et forløb om Bohrs atommodel i fysik.

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

3.5. Fra Fysik C til Fysik B

Elever, der følger et sådant løfte-forløb fra C- til B-niveau, skal til mundtlig prøve efter reglerne i læreplanen for Fysik B. De skal således nå læreplanens mål som en overbygning på C-niveauet, og prøven på B-niveau omfatter også det læste stof fra C-niveauet.

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

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

I en situation, hvor eleverne samtidig følger undervisning i fysik på C- og B-niveau, må der ske en koordinering, som omfatter den rækkefølge, som emnerne behandles i, så undervisningen på begge niveauer bliver fagligt sammenhængende.

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

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

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

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

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

4. Evaluering

4.1. Den løbende evaluering

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

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

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

4.1.1. Formativ evaluering

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

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

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

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

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

Læreren 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. Det opfølgende arbejde kan også systematiseres ved at udnytte ideerne i Just-in-Time-Teaching, hvor undervisningen tilrettelægges og tilpasses svar og opgaver, som eleverne på forhånd har afleveret. Denne aflevering vil ofte være elektronisk, og en stor del af lærerens bearbejdning heraf kan også foregå elektronisk, så det er muligt at udpege relevante spørgsmål og problemer til næste lektion.

4.1.2. Summativ evaluering

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

Evalueringen kan have mange forskellige udgangspunkter som fx test/prøver, essays, projektrapporter, mundtlige fremlæggelser evt. understøttet af 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 årligt i løbet af undervisningen. Det kan være en god idé at udarbejde en skabelon til brug for den skriftlige evaluering. Det kan ske i samarbejde med klassens øvrige lærere, da en sådan evaluering ikke nødvendigvis er fagspecifik. Der bør udvikles en praksis, hvor fokus ikke blot er på tilfredshed med læreren, men også på værktøjer, der holder undervisningen og læringen op mod mål og forventninger også for den enkelte elev.

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

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

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

4.2. Den afsluttende prøve

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

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

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

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

Antallet af eksperimentelle opgaver skal, med eventuelle gentagelser, mindst svare til det samlede antal grupper til prøve plus tre af hensyn til lodtrækningen.

”Der afholdes en mundtlig prøve. Prøven er todelt og afvikles med indtil 10 eksaminander pr. dag. Opgaverne skal tilsammen dække undervisningsbeskrivelsen bredt” [LPB 4.2]

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

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 de eksperimentelle opgaver, de teoretiske opgaver med bilag samt parringen mellem teoretiske og eksperimentelle opgaver til censor.

”Den første del af prøven er eksperimentel, hvor eksaminanderne arbejder i laboratoriet i ca. 90 minutter i grupper på højst 3 eksaminander med en kendt eksperimentel problemstilling. Eksaminanderne må ikke genbruge data fra tidligere udførte eksperimenter. Eksaminator og censor samtaler med den enkelte eksaminand om det konkrete eksperiment, den tilhørende teori og den efterfølgende databehandling.” [LPB 4.2]

Opgaverne til den eksperimentelle delprøve er ikke kendt af eksaminanderne inden prøven. De eksperimentelle problemstillinger ligger inden for de områder, eksaminanderne har arbejdet med i

undervisningen, og benytter kendt eksperimentelt udstyr. Eksperimenterne kan være varianter af kendte problemstillinger, eksempelvis gennem bestemmelse af fysiske egenskaber ved andre materialer end i undervisningen. Det nødvendige eksperimentelle udstyr skal som hovedregel være placeret i prøvelokalet før prøvens begyndelse.

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

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

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

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

De teoretiske opgaver uden bilag skal være kendt af eksaminanderne i rimelig tid før prøven, normalt ikke senere end 5 hverdage før prøven. Eksaminator aftaler med eksaminanderne, hvor og hvordan de kan se opgaverne. Hvis censor efterfølgende har ændringer til opgaverne, kontaktes eleverne herom.

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

Opgaverne til den mundtlige del skal være bredt formulerede og tilsammen dække holdets undervisningsbeskrivelse. Der er ikke nogen bestemt skabelon for udformningen af opgaverne til den mundtlige del af prøven, men de skal give eksaminanderne mulighed for selv at disponere deres fremlæggelse. Det er vigtigt, at bilaget er egnet til perspektivering af fysik, og at det ikke har været anvendt i undervisningen. Det er god praksis, at opgaven til den mundtlige del indeholder en overskrift, der fastlægger emnet for den faglige samtale, samt en undertekst, evt. i stikordsform. En sådan undertekst eller stikord er vejledende for eksaminanden.

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

4.3. Bedømmelseskriterier

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

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

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

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

*”Ved den mundtlige del lægges der vægt på, at eksaminanden i den faglige samtale har et selvstændigt initiativ og:
– har et sikkert kendskab til fagets begreber, modeller og metoder som grundlag for en faglig analyse og underbygning af den faglige argumentation
– kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment
– kan perspektivere faglige indsigter.” [LPB 4.3]*

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

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

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

En præstation, der fuldt ud opfylder de relevante faglige mål, vurderes til karakteren 12 (*Fremragende*), jf. bekendtgørelse nr. 262 af 20/03/2007 (Bekendtgørelse om karakterskala og anden bedømmelse).

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

Eksempel på karakterbeskrivelse for mundtlig prøve i fysik B

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

APPENDIX: Synoptiske oversigter

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

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

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

