



Fysik A, stx

Vejledning

Undervisningsministeriet
Styrelsen for Undervisning og Kvalitet
Gymnasiekontoret, marts 2018

Vejledningen præciserer, kommenterer, uddyber og giver anbefalinger vedrørende udvalgte dele af læreplanens tekst, men indfører ikke nye bindende krav.

Citater fra læreplanen er anført i kursiv.

Indholdsfortegnelse

1. Identitet og formål	3
1.1. Identitet	3
1.2. Formål	4
2. Faglige mål og fagligt indhold	4
2.1. Faglige mål	4
2.2. Kernestof	8
2.3. Supplerende stof	11
2.4. Omfang	12
3. Undervisningens tilrettelæggelse	12
3.1. Didaktiske principper.....	12
3.1.1. Elevforudsætninger.....	12
3.1.2. Planlægning og progression.....	13
3.1.3. Perspektivering.....	13
3.1.4. Koordination med matematik.....	13
3.2. Arbejdsformer	14
3.2.1. Eksperimentelt arbejde.....	14
3.2.2. Mundtlig fremstilling.....	15
3.2.3. Skriftligt arbejde	16
3.2.4. Innovation	16
3.2.5. Karrierelæring	17
3.3. It	17
3.4. Samspil med andre fag.....	18
3.5. Fra naturvidenskabeligt grundforløb til fysik	18

3.6. Fra Fysik B til Fysik A	19
4. Evaluering.....	19
4.1. Den løbende evaluering.....	19
4.1.1. Formativ evaluering	20
4.1.2. Summativ evaluering.....	20
4.2. Prøveformer	21
4.2.1. Den skriftlige prøve.....	21
4.2.2. Den mundtlige prøve.....	21
4.3. Bedømmelseskriterier.....	23
Appx Nyttige links	27
Appx Synoptisk oversigt.....	28

1. Identitet og formål

1.1. Identitet

Fagets identitet er beskrevet ens i læreplanerne for fysik i stx:

”Det naturvidenskabelige fag fysik omhandler menneskers forsøg på at udvikle generelle beskrivelser, tolkninger, forklaringer og modeller af fænomener og processer i natur og teknik. Gennem et samspil mellem eksperimenter og teorier udvikles en teoretisk begrundet, naturvidenskabelig indsigt, som stimulerer nysgerrighed og kreativitet. Samtidigt giver den baggrund for at forstå og diskutere naturvidenskabeligt og teknologisk baserede argumenter vedrørende spørgsmål af faglig, almen menneskelig eller samfundsmæssig interesse.” [LPA 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 gymnasiet 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 livet uden for skolen, såvel som mod skolens andre fag og aktiviteter.

Denne tilgang betyder, at arbejdsmetoder og tankegange fra videnskabsfaget ikke umiddelbart kan overføres til undervisningen. Undervisningen i begreber og teorier må formidles i en sammenhæng, som eleverne oplever som relevant, og som giver dem mulighed for at reflektere over den opnåede viden og erkendelse, og som samtidig viser dem, hvordan videnskabsfaget fysik er opstået, udviklet og kan anvendes.

Fysik giver mulighed for at opnå relevante svar på en række forskellige spørgsmål gennem anvendelse af mange forskellige metoder til at undersøge og løse problemer. Det kontrollerede, naturvidenskabelige eksperiment spiller i den forbindelse en særlig rolle. Planlægning og gennemførelse af eksperimenter, kendskab til dannelse af hypoteser, opstilling af modeller, og kendskab til, hvordan de kan styrkes, modificeres eller forkastes gennem blandt andet eksperimentel afprøvning, er et vigtigt grundlag for fagets tankegange og arbejdsmetoder. Også andre metoder som fx logisk deduktion eller tankeeksperimenter kan medvirke til at udvikle et fagligt begrebsapparat og en fysisk teori.

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

I fysik beskæftiger man sig med såvel det nære og dagligdags som det, der er fjernt fra umiddelbar sansning ved at være småt og usynligt eller ufatteligt 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 naturvidenskab, teknik og sundhed og de tilhørende uddannelser.

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

”Faget fysik giver på A-niveau eleverne fortrolighed med væsentlige naturvidenskabelige metoder og synsvinkler, der sammen med viden og kundskaber vedrørende fysiske fænomener og begreber åbner for en naturvidenskabelig tolkning af verden. Dette bidrager til elevernes almindelige dannelse, danner et fagligt grundlag for studier inden for naturvidenskab, teknik og sundhed og andre fagområder, der støtter sig på modellering, samt kvalificerer deres studievalg.

Eleverne møder gennem undervisningen eksempler på aktuelle teknisk-naturvidenskabelige problemer inden for videnskab, samfundsudvikling og teknologi, hvor fysik spiller en væsentlig rolle i løsningen. Gennem arbejdet med eksperimenter og teoretiske modeller opnår de kompetence i opstilling og anvendelse af fysiske modeller som middel til kvalitativ og kvantitativ forklaring af fænomener og processer.

De faglige problemstillinger åbner for, at eleverne møder perspektivering af faget, herunder fysiske og teknologiske aspekter af bæredygtighed, og får indsigt i faglig formidling.” [LPA 1.2]

Sigtet med undervisningen er altså dels, at eleverne bliver i stand til at forstå og bruge den viden, de metoder og de tænkemåder, der er karakteristiske for den teknisk-naturvidenskabelige tilgang til verden, således at de bliver i stand til at fungere og handle som vidende borgere i dagens og fremtidens samfund; dels at give eleverne et oplyst grundlag for deres studievalg og forberede dem til 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.

Læreplanen indeholder også en særlig forpligtelse til at inddrage bæredygtig udvikling i fysikundervisningen. Selve begrebet bæredygtig udvikling er udtryk for en politisk sammentænkning af miljø- og udviklingssynsvinkler. Det blev i den såkaldte Brundtland-rapport formuleret som: *En bæredygtig udvikling er en udvikling, som opfylder nuværende generationers behov uden at bringe fremtidige generationers mulighed for at opfylde deres behov i fare.* (Brundtland-kommissionen: *Vor fælles fremtid*, UN 1987).

2. Faglige mål og fagligt indhold

2.1. Faglige mål

Læreplanen udgør en ramme, inden for hvilken lærer og elever kan følge deres interesser og tilpasse undervisningens indhold og tilgange til eleverne og deres studieretning. De fag-

lige mål beskriver centrale studieforberevende og almindennende kompetencer for fysik og 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 slutmål.

”Eleverne skal kende, kunne opstille og kunne anvende et bredt udvalg af modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener og sammenhænge samt kunne diskutere modelleres gyldighedsområde” [LPA 2.1]

Fysik er et middel til at forstå verden gennem begreber og modeller, og eleverne skal gennem undervisningen opbygge kendskab til et så bredt udvalg af kvalitative og kvantitative modeller fra kernestoffet, at de har et godt grundlag for selvstændigt at kombinere dem ved problemløsning og analyse af forskellige faglige problemstillinger. Heri ligger også et bidrag til udvikling af elevernes innovative kompetencer. I forbindelse med anvendelsen af modeller indgår et bevidst arbejde med forskellige repræsentationsformer for fysiske data og begreber, så eleverne kan skifte mellem dem. Eleverne skal gøres bevidste om, at enhver teori og model bygger på en række forudsætninger, som bestemmer modellens gyldighedsområde.

De kvalitative modeller kan bruges til at beskrive og forstå 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. Modellerne kan ofte 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 simuleringssprogrammer og virtuelle eksperimenter. I konkrete udregninger lægges der vægt på brugen af enheder og på afrunding til et passende antal betydende cifre.

”Eleverne skal kunne analysere et fysikfagligt problem ud fra forskellige repræsentationer af data og formulere en løsning af det gennem brug af en relevant model” [LPA 2.1]

I forbindelse med eksperimentelt arbejde eller ved problemløsning kan beskrivelsen af den fysiske situation antage flere forskellige former, som eksempelvis et kredsløbsdiagram eller et sæt måledata til karakterisering af et elektrisk kredsløb. Eleven skal kunne skifte mellem sådanne forskellige repræsentationsformer og bruge dem, evt. sammen med kendte modeller, i en analyse af det fysiske system, fx med henblik på at bestemme værdien af en fysisk størrelse eller opstille en ny model for systemet. Eleverne skal arbejde med at validere sådanne modeller ud fra generelle fysiske principper og de foreliggende data.

Modelleringskompetencen indgår specielt i forbindelse med den afsluttende skriftlige prøve i faget, hvor analyse og løsning af fysikfaglige problemer forekommer i hovedparten af opgaverne. Det er naturligt at anvende CAS-værktøjer i problemløsningen.

”Eleverne skal kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter til undersøgelse af en åben problemstilling og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt” [LPA 2.1]

Det er et slutmål for fysikundervisningen på A-niveau, at eleverne kan arbejde med åbne problemstillinger. Specielt skal eleverne kunne identificere relevante variable og tilrettelægge eksperimenter, som er egnede til at belyse sammenhænge mellem dem under behø-

rig variabelkontrol. De skal metodisk kunne indsamle og bearbejde data, herunder afbilde dem hensigtsmæssigt.

Det er væsentligt, at eleverne lærer at præsentere en diskussion af deres overvejelser om eksperimenternes tilrettelæggelse og udførelse, af analysen af de opnåede resultater og af den konklusion, der kan udledes heraf. I diskussionen indgår overvejelser over betydningen af de væsentligste fejlkilder og en vurdering af resultaternes nøjagtighed. Det er ikke hensigtsmæssigt at kræve en egentlig rapport efter hvert forsøg, men eleverne bør lære rapportgenren at kende, således at de kan bringe dele af den i spil i forbindelse med studieretningsprojektet.

Det er en forudsætning, at eleverne har kendskab til sikkerhedsforhold og risikomomenter ved eksperimentelt arbejde og udviser god laboratoriepraksis. Samtidig indgår det, at de selvstændigt kan anvende almindeligt forekommende måleudstyr, herunder it-baserede systemer til dataopsamling og databehandling.

”Eleverne skal kunne behandle eksperimentelle data ved hjælp af blandt andet it-værktøjer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser” [LPA 2.1]

De eksperimentelle data kan være resultatet af elevernes 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 eleverne skal arbejde med de forskellige repræsentationer og kunne skifte mellem dem. I databehandlingen indgår naturligt brug af it-hjælpemidler fx til graftegning 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 elevernes 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.

I diskussionen af de fundne sammenhænge indgår overvejelser om usikkerhed på de målte og beregnede størrelser. Det kan fx være gennem max-min-metoden, men der er ikke krav om en systematisk behandling af usikkerhedsberegning som sådan.

”Eleverne skal i simple tilfælde kunne simulere eller styre fysiske systemers opførsel ved hjælp af it-værktøjer” [LPA 2.1]

Computersimulering af simple og komplekse fysiske systemers opførsel kan dels udgøre et værdifuldt supplement til elevernes sædvanlige eksperimenter, dels give eleverne mulighed for at undersøge og styre systemer, der normalt er uden for eksperimentel rækkevidde, som fx planetbevægelser. Sådanne simuleringer kan udføres med applets, men eleverne kan evt. også selv foretage enkel programmering i simuleringsprogrammer, eller de kan opbygge mere eller mindre komplekse modeller i regneark. Systemer, der beskrives ved differentially ligninger, er egnede til undersøgelse ved numerisk integration i regneark. Arbejdet med simulering bidrager tillige til at opbygge elevernes kompetence i ”computational thinking” generelt.

Som eksempler på konkrete fysiske systemer, der kan styres af eleverne, kan nævnes simple tænd/sluk-mekanismer betinget af input fra en sensor eller evt. styringen af mere kom-

plekse robotsystemer. Styring kan relevant indgå i arbejdet med elektriske sensorer, hvor interaktionen mellem det, der styres, og omgivelserne, er det centrale.

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

Det er ikke tanken, 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” [LPA 2.1]

Formidling er et væsentligt aspekt af undervisningen i fysik, og den omfatter såvel skriftlig som mundtlig fremstilling. Eleverne skal beherske et bredt udvalg af genrer inden for skriftlig formidling, fra rapporter og anden dokumentation af 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 modtagerens præmisser, og at det må indgå bevidst i tilrettelæggelsen af såvel formidlingens indhold som form.

”Eleverne skal

- *demonstrere viden om fagets identitet og metoder*
- *kunne undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes” [LPA 2.1]*

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

Eleverne skal kunne bringe deres forståelse af fysikfagets identitet og metoder i spil i forbindelse med studieretningsprojektet og skal her kunne se forskelle fra og ligheder med andre fag.

Elevernes evne til at undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes, opbygges navnlig gennem arbejde med åbne problemstillinger på det eksperimentelle område.

”Eleverne skal kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag.” [LPA 2.1]

Her tænkes på såvel naturvidenskabsfag og matematik som de øvrige fag i gymnasiets fagrække.

2.2. Kernestof

Kernestoffet udgør grundlaget for den skriftlige prøve i Fysik A. Kernestoffet er nærmere beskrevet i læreplanen og uddybes nedenfor.

”Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede

- *grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder Universets udvidelse og 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.”* [LPA 2.2]

Kendskab til det nuværende naturvidenskabelige verdensbillede – fra det allermindste til det allerstørste – 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, så eleverne får overblik over typiske afstande. Beskrivelsen af hovedtrækkene i Universets udvikling suppleres med nedslag på udvalgte epoker eller udvalgte fænomener, der gøres til genstand for en nærmere faglig behandling.

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, eller planeternes retrograde bevægelse og tilsyneladende størrelsesvariation.

Stoffets opbygning ud fra atomer og molekyler benyttes som udgangspunkt for forklaring af simple egenskaber ved stof som fx temperatur, tryk, varmetransport og faseskift. 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

- *arbejde, energi og energiomsætning samt effekt og nyttevirkning*
- *indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer*
- *ækvivalensen mellem masse og energi, herunder Q -værdi ved kernereaktioner”* [LPA 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 energisætningen. Inden for varmelæren behandles energiforhold ved temperaturændringer og faseændringer på en sådan måde, at det er muligt at udføre beregninger og analysere simple eksperimenter.

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, herunder eksempler på kredsløb med elektriske sensorer”* [LPA 2.2]

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. I et tematisk forløb om fx 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. Aktuelle anvendelser såsom solceller, brændselsceller og superledning er oplagte temaer.

Sensorer til måling af fx temperatur (termoelementer) eller lys (NTC- og PTC-modstande) indgår ofte i elektriske kredsløb med spændingsdelere. Disse vil være oplagte at undersøge såvel teoretisk som eksperimentelt. På samme måde kan arbejdet med fx en Hall-sonde, der omsætter en komponent af magnetfeltet til en spænding, eller andre typer af elektriske sensorer fremme elevernes læring både teoretisk og eksperimentelt. Der er ikke krav om længerevarende forløb om elektriske sensorer, men fx termoelementer vil kunne indgå naturligt i et tematisk forløb om temperaturbestemmelse, hvor eleverne arbejder med temperaturudvidelse (sædvanligt termometer), gaslovene (gastermometer), elektrisk ledningsevne (termoelement) og sortlegemestråling (strålingstermometer).

Arbejdet med sensorer kan, hvis man ønsker det, fx indgå en større helhed i et innovativt eller længerevarende eksperimentelt projekt om fx sensorer og styring, men det kan lige så vel ske alene som et element i arbejdet med kernestoffet om elektriske kredsløb.

”Bølger

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

Der er ikke noget krav om en systematisk behandling af bølger ud over grundbegreberne. Under området bølger hører de to centrale emner lyd og lys, der er nært knyttet til menneskets sanser og udveksling af information, og som naturligt behandles i forskellige tematiske sammenhænge. I et tematisk forløb om musik og lyd, gerne i samspil med musikfaget, kan det være naturligt at inddrage emnet stående bølger, men det er ikke et krav.

Til behandlingen af det elektromagnetiske spektrum hører, at eleverne får et overblik over de forskellige bølgelængdeområder og de tilsvarende typiske strålingskilder. Eleverne kan anvende det optiske gitter til bestemmelse af bølgelængder, men der er ikke noget krav om en systematisk behandling af diffraktion.

”Elektriske og magnetiske felter

- *elektrisk felt og kraften på en elektrisk ladning, herunder feltet omkring en kuglesymmetrisk ladning og homogent elektrisk felt*

- *eksempler på magnetiske felter, herunder homogent magnetisk felt og kraften på en strømførende leder*
- *ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter*
- *induktion, herunder Faradays induktionslov* [LPA 2.2]

De elektriske og magnetiske felter og de tilhørende bevægelsesformer for ladede partikler kan introduceres hver for sig. Induktion kan behandles med udgangspunkt i simple eksperimenter. Sammenhænge og fænomener kan demonstreres eksperimentelt eller ved brug af computeranimationer. Det vil være naturligt at undersøge Jordens magnetfelt og i øvrigt inddrage anvendelser af elektromagnetiske felter.

”Kvantefysik

- *atomers og atomkerners opbygning*
- *fotoners energi og bevægelsesmængde, partikel-bølge-dualitet, atomare systemers emission og absorption af stråling, spektre*
- *radioaktivitet, herunder henfaldstyper, aktivitet og henfaldsloven* [LPA 2.2]

I behandlingen af atomer og atomkerners opbygning inddrages karakteristiske størrelser som elektrisk ladning, protonantal, neutronantal og nukleonantal. Det er naturligt at omtale den elektromagnetiske og stærke vekselvirknings betydning for atomers og atomkerners opbygning, men der kræves ikke en systematisk behandling af emnet. Fotonens energi og bevægelsesmængde kan behandles fænomenologisk, fx på basis af den fotoelektriske effekt og stødprocesser med fotoner. Atomers emission og absorption af fotoner kan behandles med udgangspunkt i Bohrs model for hydrogenatomet. Eleverne skal kende tolkningen af simple atomare absorptions- og emissionsspektre.

Eleverne skal kunne argumentere ud fra de grundlæggende bevarelsesætninger ved opstilling af reaktionsskemaer for kernereaktioner, herunder alfa-, beta- og gammahenfald samt elektronindfangningsprocesser. I forbindelse med kernefysikken indgår, hvordan man kan beregne reaktioners Q-værdi og kernerens bindingsenergi. Det kan ske med udgangspunkt i et tema om stjerners fødsel, liv og død.

Behandlingen af henfaldsloven skal ses i sammenhæng med behandlingen af eksponentialfunktioner i matematikundervisningen.

Sikkerhedsforhold ved omgang med ioniserende stråling indgår naturligt i forbindelse med det eksperimentelle arbejde eller et tema om medicinske anvendelser.

”Mekanik

- *bevægelser i én og to dimensioner, herunder skråt kast og jævn cirkelbevægelse*
- *bevarelsesætningen for bevægelsesmængde, herunder elastiske og uelastiske stød i én dimension*
- *kraftbegrebet og Newtons love, herunder tryk, opdrift, gnidning og luftmodstand*
- *gravitationsloven og bevægelse om et centrallegeme*
- *kraft- og energiforhold ved harmonisk svingning*
- *mekanisk energi i et homogent tyngdefelt og for gravitationsfeltet om et centrallegeme* [LPA 2.2]

Kinematikken kan indledningsvis behandles ud fra konkrete eksempler på bevægelse, fx gennem dataindsamling eller videoanalyse af elevernes egne sportspræstationer. Det anbefales, at den teoretiske del af kinematikken knyttes til elevernes kendskab til differentialregning, så de matematiske begreber gives en fysisk tolkning. I behandlingen af Newtons

love indgår sammenhængen mellem tilvæksten i bevægelsesmængde og kraften samt generelle egenskaber ved kræfter i en og to dimensioner, herunder kræfters sammensætning og opløsning. Der er ikke noget krav om behandling af bevægelsesmængdebevarelse ved stød i to dimensioner.

Tyngdekraft, tryk, opdrift og gnidningskræfter indgår som eksempler på kræfter. I behandlingen af tryk indgår tryk i væsker og gasser, herunder trykkets variation med dybden i en væske. Gnidning omfatter statisk og dynamisk gnidning mellem tørre flader samt luftmodstand proportional med fartkvadratet.

Det er naturligt at inddrage planetbevægelser i Solsystemet og satellitbevægelser i forbindelse med behandlingen af gravitationsfelter, både gennem simulering på computer og – i tilfældet cirkulær bevægelse – analytisk.

Der er ikke noget krav om, at udtrykkene for de forskellige mekaniske energiformer udledes stringent, men arbejde som årsag til energitilvækst indgår. Hovedvægten lægges på en forståelse af muligheden for at benytte bevarelse af mekanisk energi som middel til at analysere forskellige fysiske situationer.

”Fysik i det 21. århundrede

– et emne, der udmeldes hvert år før 3.g-skolestart.” [LPA 2.2]

Emnet er et vindue mod den aktuelle fysik, som typisk kan forventes at have et omfang svarende til ca. 15 timers undervisning. I udmeldingen af emnet indgår dels en beskrivelse af indholdet på niveau med beskrivelsen af de øvrige områder ovenfor, dels vejledende eksempler på opgaver til den afsluttende skriftlige prøve med afsæt inden for emnet.

2.3. Supplerende stof

”Eleverne vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Det supplerende stof, der udfylder ca. 20 pct. af undervisningstiden, uddyber arbejdet med kernestoffet, indeholder nye emner, områder eller metoder og perspektiverer undervisningen.

Det supplerende stof skal inddrage

- aktuelle faglige, teknologiske, samfundsrelevante eller globale problemstillinger, herunder en belysning af fysiske aspekter af bæredygtig udvikling*
- stof, der kan uddybe behandlingen af den moderne fysik.*

Der skal indgå læsning af tekster på engelsk samt, når det er muligt, på andre fremmedsprog. Det supplerende stof vælges i samarbejde med eleverne.” [LPA 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 undervisningstid, og der er derfor mulighed for såvel at uddybe kernestof som at inddrage helt nye faglige områder.

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 give et nyt perspektiv på mere traditionelle undervisningsemner.

Kernestoffet omfatter en række emner inden for den moderne fysik, men det kræves at nogle af disse uddybes yderligere i valget af supplerende stof.

Ved valget af supplerende stof kan der tages særligt hensyn til mulighederne for fagligt samspil med såvel matematik, andre studieretningsfag og de øvrige naturvidenskabelige fag som med de obligatoriske fag i et flerfagligt samarbejde.

Undervisningen i Fysik A skal give eleverne indblik i fysiske aspekter af bæredygtig udvikling. Sådanne aspekter kan findes i temaer inden for området energi, men emner som klima og vand er også oplagte. Undervisningsforløbene kan være enkeltfaglige, men der er også gode muligheder for samspil med andre fag og i forbindelse med studieretningsforløbet og de forberedende forløb hertil.

Der skal inddrages undervisningsmaterialer på engelsk. Det kan fx være i form af læsning af engelsksprogede artikler, websider eller videoer. Fremmedsproget materiale, som har indgået i fysikundervisningen, kan også benyttes til den mundtlige prøve.

2.4. Omfang

”Det forventede omfang af fagligt stof er normalt svarende til 350-500 sider.” [LPA 2.4]

Undervisningen i fysik bygger på en bred vifte af faglige materialer, fx traditionelle lærebøger, i-bøger, artikler fra tidsskrifter og websider, vejledninger til eksperimentelt arbejde, instruktion i behandling af empiribaseret materiale, videoer med eksperimenter eller visualiseringer. Listen er ikke udtømmende, men er kun udtryk for nogle af de mere oplagte eksempler på undervisningsmateriale. Omfanget opgøres efter et rimelighedsskøn i forbindelse med de enkelte materialer.

Omfanget af fagligt stof anføres i beskrivelsen af den gennemførte undervisning (undervisningsbeskrivelsen), der færdigredigeres ved afslutningen af undervisningen i det enkelte fag. Omfanget angives normalt med en sådan detaljeringsgrad, så det af undervisningsbeskrivelsen fremgår, hvorledes det faglige stof har været vægtet i undervisningsforløbet. Dette kan fx ske ved at angive et skønsmæssigt sidetal eller en procentvis fordeling af stoffet.

3. Undervisningens tilrettelæggelse

3.1. Didaktiske principper

3.1.1. Elevforudsætninger

”Undervisningen tager udgangspunkt i et fagligt niveau svarende til elevernes niveau fra grundskolen.” [LPA 3.1]

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

I grundskolen undervises eleverne i 7.-9. klasse i faget fysik-kemi, og optagelse i det almene gymnasium er betinget af, at eleven har aflagt folkeskolens mundtlige fællesprøve i fysik/kemi, biologi og geografi. Kravene til undervisningen er beskrevet i UVMs publikation *Fagformål for faget fysik/kemi* fra 2016, der er tilgængelig på ministeriets netsted. I Undervisningsvejledningen til Fysik C, afsnit 3.1.1 findes en lidt nærmere karakteristik af undervisningen i grundskolen.

3.1.2. Planlægning og progression

”Undervisningen tilrettelægges, så formålet med undervisningen er tydeligt for eleverne, og så eleverne motiveres til at arbejde med faget samtidig med, at deres nysgerrighed og kreativitet stimuleres. Det eksperimentelle og teoretiske arbejde integreres, så eleverne lærer at kombinere egne eksperimenter og teori, og så de inspireres til selv at foreslå relevante undersøgelser og problemløsninger. Der sikres progression i kravene til elevernes selvstændighed og i den faglige fordybelse. Det eksperimentelle arbejdes centrale betydning for udviklingen af naturvidenskabelig erkendelse betones.” [LPA 3.1]

Undervisningen planlægges af læreren og eleverne i fællesskab under hensyntagen til den overordnede studieplan for undervisningen i den pågældende klasse. Planen bør ikke laves så stram, at der ikke er mulighed for løbende justering, inddragelse af aktuelle begivenheder og ændrede prioriteringer undervejs.

I hvert undervisningsforløb skal det tydeliggøres for eleverne, hvad de faglige mål er, hvordan disse tænkes nået, og på hvilken måde de peger frem mod slutmålene. Målene hører med i lærerens beskrivelse af undervisningsforløbet på linje med tidsforbruget, det berørte kernestof, undervisningsmateriale, eksperimentelt arbejde, de valgte arbejdsformer, herunder skriftligt arbejde, samt evalueringen af elevernes udbytte af forløbet.

I udformningen af den overordnede plan skal der indtænkes en klar progression i sværhedsgrad og arbejdsmetoder. Det er muligt at tilgodese elevers forskellige forudsætninger gennem differentieret undervisning.

Såvel systematiske som tematiske forløb kan forløbe på tværs af de faglige områder i læreplanen, og det anbefales at kombinere teoretisk og eksperimentel tilgang i de enkelte temaer. Ved udvælgelsen af læringsmålene for det enkelte forløb fokuseres normalt på et mindre antal mål, der i indhold og ambitionsniveau peger frem mod slutmålene.

3.1.3. Perspektivering

Når fysikundervisningen perspektiverer til forhold uden for skolen og til andre fag i skolen, kan man øge elevernes interesse for faget, samtidigt med at man tilgodeser det almindelige formål for undervisningen i Fysik A. Studiebesøg, ekskursioner og praktisk arbejde uden for skolen er en naturlig del af fysikundervisningen og vil også være med til at perspektivere faget.

Til den mundtlige prøve skal eleverne kunne perspektivere fysikken ud fra et bilag. Det anbefales derfor, at eleverne i undervisningen løbende ser eksempler på sådanne bilag og undervises i, hvordan bilaget kan bringes til at bidrage til en perspektivering af det givne emne. Ved perspektiveringen forventes, at eleverne kan koble bilaget til emnet gennem anvendelsen af relevante fagbegreber, sammenhænge, formler og eksperimenter.

3.1.4. Koordination med matematik

”Ved tilrettelæggelsen lægges vægt på koordinationen med matematik, så undervisningen i fysik bygger på realistiske forudsætninger om elevernes matematiske kompetencer. Det er væsentligt, at matematik anvendes integreret i undervisningen i studiet af fysiske systemer, herunder med inddragelse af it-baserede matematiske værktøjer. Formel matematisk argumentation indgår i enkelte eksempler på udledning af fysiske sammenhænge” [LPA 3.1]

Elever med fysik på A-niveau skal have gennemført eller samtidigt følge matematikundervisning på mindst B-niveau, og ofte vil eleverne have Matematik A i studieretningen. Koordinationen omfatter såvel rækkefølgen, hvori de enkelte emner behandles i fysik og i ma-

tematik, som progressionen i kravene til elevernes kompetencer, herunder beherskelsen af regnetekniske hjælpemidler. På den måde kan fysikundervisningen vise matematikkens anvendelighed i en konkret sammenhæng, samtidigt med at den åbner for at forstå de matematiske begreber på en anden måde. En lang række af de fysiske teorier og metoder, som eleverne møder i Fysik A, egner sig til en formel matematisk behandling, men en sådan behandling kræves kun i enkelte tilfælde inddraget i fysikundervisningen. På det enkelte hold vælges eksempler, der svarer til og gerne udfordrer elevernes matematiske abstraktionsevne.

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 mulighed for at udvikle og realisere egne ideer inden for faget og for at indgå i samarbejde med andre i en faglig sammenhæng.” [LPA 3.2]

Der skal være en tydelig progression i valgene af arbejdsformer, så de medvirker til udviklingen fra elev til studerende. Dette gælder både omfanget af det selvstændige arbejde, graden af selvstændighed i arbejdet, og graden af åbenhed i problemstillingerne. Ved starten af undervisningen må stofmængderne og omfanget af nye begreber og metoder være begrænsede. Det anbefales, at eleverne til en start lærer at navigere i relativt lukkede problemstillinger, som efterhånden kan åbnes mere og mere.

3.2.1. Eksperimentelt arbejde

”Elevernes eksperimentelle arbejde udgør mindst 20 pct. af undervisningstiden. Elevernes eksperimentelle arbejde indgår som en integreret del af undervisningen og skal sikre dem fortrolighed med eksperimentelle metoder og brugen af eksperimentelt udstyr, herunder it-baseret udstyr til dataopsamling og databehandling.” [LPA 3.2]

Eksperimenter er et centralt element i fysikfaget og er et godt middel til behandling af fagets begreber og sammenhænge. Nye emner kan introduceres gennem eksperimenter og medvirke til, at eleverne får et fælles, erfaringsbaseret grundlag. Det eksperimentelle arbejde kan bidrage væsentligt til at nå undervisningens mål, og vil kunne støtte udviklingen af andre kompetencer end den eksperimentelle kompetence.

Eleverne skal gennem undervisningen opnå fortrolighed med at anvende et bredt udsnit af såvel manuelt betjente måleinstrumenter som it-baserede sensorer til måling og dataopsamling samt den efterfølgende it-baserede behandling heraf.

I opgørelsen af de mindst 20 pct. af undervisningstiden, der skal bruges til elevernes eksperimentelle arbejde, indgår kun det faktiske laboratoriearbejde til forsøg.

”Arbejdet med eksperimenter tilrettelægges, så de har et konkret læringsmål, der også styrer valget af dokumentationsform. 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. Heri indgår modellering med brug af matematiske it-værktøjer samt simulering.” [LPA 3.2]

Efterhånden skal eleverne udvikle kompetence til selv at undersøge åbne eksperimentelle problemstillinger, som er et af læreplanens slutmål. Et naturligt led i denne udvikling er det systematiske arbejde med at identificere relevante variable og tilrettelægge eksperimenter under hensyntagen til den nødvendige variabelkontrol. Træningen i selvstændigt at plan-

lægge og gennemføre eksperimenter, kan ske ved efterhånden at lade eleverne selv definere, hvad de vil undersøge, og selv vælge passende udstyr og målemetode.

For at understrege, at fysik beskæftiger sig med verden uden for skolen, kan det i mange situationer være en god idé at henlægge undervisningen til andre steder end fysiklokalet og inddrage genstande og fænomener fra elevernes hverdag og omverden.

Efterbehandlingen kan have mange former og vil ofte munde ud i et skriftligt produkt, som dog ikke behøver at være en egentlig fysikrapport.

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 udarbejdet en publikation ”[Når klokken ringer - branchevejledning om fysisk arbejdsmiljø i grundskolen i det almene gymnasium](#)” med 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.

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

Den eksperimentelle problemstilling kan være valgt inden for et fælles tema for hele holdet eller mere frit under hensyntagen til de praktiske muligheder. Omfanget af et af disse forløb svarer typisk til 6-8 timers arbejde i laboratoriet, hvortil kommer tid til den nødvendige forberedelse og efterbehandling.

3.2.2. Mundtlig fremstilling

”Mundtlig fremstilling og skriftligt arbejde indgår som en væsentlig del af arbejdet med faget.”
”Eleverne skal arbejde med mundtlig fremstilling, hvor de inddrager såvel faglig argumentation som beskrivelse af fysiske fænomener og modeller.” [LPA 3.2]

Fysik betjener sig af et særligt fagsprog, hvor en række begreber, der i deres udgangspunkt er hverdagsagtige, tillægges en særlig og mere præcis faglig betydning, og eleverne skal

gennem undervisningen lære at "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.

Mundtligheden omkring såvel faglig argumentation som beskrivelsen af fysiske fænomener og modeller skærpes og udvikles i undervisningen naturligt gennem samtaler mellem lærer og elev eller elever, men også i samtaler eleverne imellem.

3.2.3. Skriftligt arbejde

"Det skriftlige arbejde skal medvirke til at sikre elevernes fordybelse i faget og omfatter:

- *efterbehandling og dokumentation af eksperimentelt arbejde*
- *løsning af fysikfaglige problemer, herunder træning i anvendelse af forskellige begreber, metoder og modeller*
- *formidling af fysikfaglig indsigt i form af f.eks. tekster, præsentationer, posters og lignende.*

Arbejdet med problemløsning skal tydeliggøre kravene til elevernes beherskelse af de faglige mål i forbindelse med den skriftlige prøve i fysik A. En væsentlig del af fagets fordybelsestid skal benyttes til elevernes selvstændige arbejde med løsning af fysiske problemer. Det skriftlige arbejde planlægges med variation i formen, og så der er progression og sammenhæng med skriftligt arbejde i de øvrige fag. Progressionen omfatter såvel fordybelsesgraden som kravene til elevernes selvstændige indsats." [LPA 3.2]

Der er tre hovedformål med det skriftlige arbejde på fysik A: dels hjælp til den faglige fordybelse, dels forberedelse til den skriftlige prøve, dels styrkelse af de skriftlige kompetencer.

Eleverne forventes ved afslutningen af det samlede Fysik A-forløb at kunne ledsage deres fysikfaglige argumentation af korrekte og relevante illustrationer og at kunne anvende symbolsprog i løsningen af numeriske problemer og i efterbehandlingen og dokumentationen af eksperimentelt arbejde. I arbejdet med udregninger og i brugen af formler skal vigtigheden af brugen af enheder og af passende afrunding betones.

Den skriftlige efterbehandling af elevernes eksperimentelle arbejde kan antage mange former. Valget af skriftligt produkt styres af det læringsmål, der er sat for arbejdet. I starten af Fysik A-forløbet kan hovedvægten således lægges på journaler, hvor de centrale elementer er enten registrering af data i tabeller, databehandling i form af udregninger eller graftegning, eller formulering af konklusioner. Der kan skrives i grupper, men i forbindelse med den skriftlige prøve i Fysik A er det vigtigt, at også individuelt arbejde trænes.

I det skriftlige arbejde kan også indgå formidlingsopgaver, som kan bidrage til en øget forståelse af stoffet og lægge op til en mere personlig tilgang til et fagligt område.

Læreren planlægger, hvorledes eleverne kan modtage fremadrettet feedback, fx kan eleverne parvist eller i grupper rette hinandens opgaver.

3.2.4. Innovation

"Der skal tilrettelægges mindst ét forløb, hvor eleverne undersøger en problemstilling og udvikler og vurderer løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes." [LPA 3.2]

Eleverne arbejder i dette forløb innovativt med en åben problemstilling, som giver mulighed for at udtænke løsningsforslag, der kræver anvendelse af fagets viden og metoder. For-

løbet kan være eksperimentelt, og kan i så fald gøre det ud for et af de to længerevarende forløb nævnt ovenfor i 3.2.1.

En innovativ faglig proces kan fx struktureres i den såkaldte ”dobbeltdiamant” i to dele, hvoraf man til det konkrete forløb i klassen kan vælge at medtage en større eller mindre del. Et innovationsforløb bør styres stramt med klare faser og delmål, og det er vigtigt, at eleverne har eller får redskaber til fx idégenerering og idéudvikling. Forløbet er som udgangspunkt åbent, men der kan indbygges faglige bånd, hvis der er bestemte fagligheder, man ønsker at bringe i spil, lige som en opfølgende faglig opgave kan være med til at sikre en fælles faglighed i hele klassen, selvom de forskellige grupper har fulgt forskellige veje undervejs.

3.2.5. Karrierelæring

”Inddragelse af private eller offentlige virksomheder og institutioner skal bidrage til at tydeliggøre studie- og karrieremuligheder for eleverne og belyse relevante fysiske problemstillinger.” [LPA 3.2]

Eleverne skal ifølge gymnasieloven gennem undervisningen opnå viden om og erfaringer med fagenes anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og at træffe valg om egen fremtid i et studie-/karriereperspektiv og et personligt perspektiv.

I fysik A kan denne opgave løses ved, at eleverne præsenteres for eksempler på, hvorledes fysikfaglige kompetencer kan anvendes i andre sammenhænge og på uddannelser og i professioner, hvor fysik er en nødvendighed eller en støtte. I det faglige samspil med andre fag får eleverne kendskab til, hvilke typer af spørgsmål fysikfaget kan svare på, og en naturlig forlængelse heraf er at tale med eleverne om hvilke erhverv, der bl.a. beskæftiger sig med sådanne spørgsmål. Gennem mødet med fagets muligheder samt elevens egne refleksioner herover, får eleverne en forståelse for egne karriereperspektiver og mulige uddannelsesvalg.

Elevernes karrierelæring kan yderligere styrkes ved, at eleverne i deres fysik A-forløb møder færdiguddannede, er på virksomhedsbesøg, hører eksterne oplægsholdere m.m. hvor fysikfagets genstandsfelt eller kompetencer er centrale.

3.3. It

”It og digitale ressourcer skal indgå i alle aspekter af undervisningen og understøtte elevernes læringsproces gennem f.eks. informationssøgning, modellering, simulering, styring og visualisering. Eleverne skal kunne anvende it-værktøjer og digitale ressourcer til eksperimentelt arbejde og databehandling også med større datamængder.” [LPA 3.3]

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

Eleverne skal i fysik lære med kritisk sans at anvende internettet til at opsøge oplysninger af relevans for perspektiverende undervisningsforløb, såvel som oplysninger af ren fysikfaglig art, herunder faglige begreber og værdier af fysiske parametre.

Større datamængder kan fx stamme fra dataopsamling fra en afstandsmåler eller et accelerometer, en videoanalyse eller online-baserede måledata.

Ved den skriftlige prøve i fysik A kan der optræde opgaver, der kræver anvendelse af IT-værktøjer. Ministeriet udsender vejledende eksamensopgaver.

3.4. Samspil med andre fag

”Dele af kernestoffet og det supplerende stof vælges og behandles, så det kan bidrage til styrkelse af det faglige samspil mellem fagene og i studieretningen. I tilrettelæggelsen af undervisningen inddrages desuden elevernes viden og kompetencer fra andre fag, som eleverne hver især har, så de bidrager til perspektivering af emnerne og belysning af fagets almindelige sider.” [LPA 3.4]

Eleverne skal gennem fysikundervisningen behandle problemstillinger i samarbejde med andre fag (jf. de faglige mål, pkt. 2.1. i læreplanen). Fysik A kan indgå i samarbejde med alle gymnasiets fag. Sådanne samarbejder styrker perspektiveringen og fagets almindelige sider og viser, hvordan fysik bidrager til løsning på problemer med udgangspunkt i andre fag.

Som eksempler på områder, hvor Fysik A kan bidrage væsentligt i et samspil med andre fag, kan nævnes:

- Energiforsyning og bæredygtig udvikling (med samfundsfag eller naturgeografi)
- Lyd (musikinstrumenter i musik, ultralydsdiagnosticering i bioteknologi, arbejdsmiljø og støj i samfundsfag)
- Science fiction (rumrejser og liv uden for Jorden, med engelsk eller dansk)
- Den naturvidenskabelige revolution (med historie)
- Samarbejde med udgangspunkt i www.bighistory.com (et forsøg på at lave lange linjer i samspillet mellem naturvidenskaberne og historie)

”Når fysik A indgår i en studieretning, skal der tilrettelægges forløb sammen med fag i studieretningen, som viser styrken i fagenes samspil og perspektiverer fysikken. Den faglige progression skal koordineres med matematik, så eleverne oplever sammenhæng mellem de to fag. Der skal specielt tilrettelægges forløb, hvor fysik og matematik arbejder sammen om behandlingen af modeller for konkrete fysiske systemer, så begrebsdannelsen i begge fag understøttes.” [LPA 3.4]

Når fysik A indgår i et studieretningsprojekt, anbefales det, at opgaveformuleringen indeholder 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.

3.5 Fra naturvidenskabeligt grundforløb til fysik

Undervisningen i fysik efter naturvidenskabeligt grundforløb må så vidt muligt udnytte de faglige kompetencer, eleverne tager med sig fra naturvidenskabeligt grundforløb. Det er muligt, fordi der er overlap mellem de faglige mål i naturvidenskabeligt grundforløb og i fysik.

Den fokuserede undervisning i naturvidenskabeligt grundforløb med sigte på en formel, afsluttende prøve giver eleverne nogle første, fysikfagligt relevante kompetencer, som de kan videreudvikle i den efterfølgende undervisning og som letter denne.

Eleverne får i naturvidenskabeligt grundforløb fx

- kendskab til en lineær model som beskrivelse af et konkret fænomen i omverden og mundtlig formidling af denne model - en langt mere kompleks kompetence end blot at kende og forstå en lineær sammenhæng af typen $y = 2x + 3$.
- erfaring med at bruge skolens apparatur til datafangst til simple, konkrete forsøg

- nogen fortrolighed med et program til at plotte data eller tegne grafer. En viden om, at der forventes betegnelser og enheder på akser etc.
- en vis, konkret funderet indsigt i fagets metoder: at der er en forventning om systematisk, kvantitativ, struktureret tilgang til naturvidenskab
- erfaring med elementær databehandling fra forsøg
- erfaring med mundtlig formidling af et naturvidenskabeligt stofområde

Eleverne er selvfølgelig langt fra eksperter, men de har en basal viden om, hvilken type spørgsmål, naturvidenskaben kan besvare - og hvilke forventninger der er til, hvordan vi arbejder med at besvare dem.

Fra undervisning og forberedelse til den medtællende prøve i naturvidenskabeligt grundforløb har eleverne en forholdsvis høj grad af bevidsthed om, hvori de særligt naturvidenskabsfaglige kompetencer består, og i undervisningen i fysik siden må man bygge på denne forholdsvis klart formulerede viden.

3.6. Fra Fysik B til Fysik A

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

Inden for de faglige mål vedrørende modeller og det eksperimentelle arbejde er der på A-niveau en tydelig skærpelse af kravene til eleverne. Der må derfor tilrettelægges forløb, der blandt andet har til formål at opnå netop disse faglige mål på A-niveau. Når eleverne skal arbejde eksperimentelt med en åben problemstilling, kan man vælge problemstillinger, hvor de rent faglige udfordringer ikke er alt for store.

Grundlaget for den afsluttende prøve er den samlede undervisningsbeskrivelse frem til det afsluttende niveau. Det betyder, at der på A-niveauet eksamineres efter A-niveauets faglige mål, der er opnåede på baggrund af kernestof fra begge 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 jævnligt, særligt mht. deres forståelse af teori og eksperiment samt problemløsning. Herved tilvejebringes grundlag for en fremadrettet vejledning af den enkelte elev i arbejdet med at nå de faglige mål og for justering af undervisningen.” [LPA 4.1]

Evaluering er en proces med sigte på såvel den enkelte elev som undervisningen som helhed. I den løbende evaluering af elevens læring 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. Evaluering af undervisningen har til formål at give elever og lærer grundlag for justering af undervisningen med henblik på at give eleverne et godt udbytte. Denne evaluering kan laves såvel mundtligt som skriftligt med en efterfølgende opsamling med holdet.

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 ske ved, at man som lærer starter med, ud fra de faglige mål, at opstille tydelige læringsmål for eleverne. Herefter indsamles viden om elevernes kunnen, begrebsopfattelse og holdninger set i relation til læringsmålene. Dette kan fx ske ved at lytte til elevernes samtaler og argumentationer, når de arbejder, eller ved at eleverne løser små konkrete opgaver, hvor bestemte færdigheder og faglige begreber anvendes. Herefter sikrer læreren, at den enkelte elev gives tilbagemelding om fremskridt samt strategier for det videre arbejde. Det er vigtigt, at processen involverer elevernes egne refleksioner over deres læring. Det kan også være en hjælp at udarbejde evalueringsskemaer fx opbygget efter SOLO-taksonomien.

4.1.2. Summativ evaluering

Den summative evaluering har som formål at give en endelig vurdering af elevernes kompetencer. Denne evaluering finder sted ved afslutningen af et forløb eller et emne og sidst ved en afsluttende prøve. En sådan evaluering kan fx baseres på tests, prøver, essays, mundtlige oplæg m.m. og har som resultat typisk en karakter.

En del af den summative evaluering er fastlæggelsen af de afsluttende standpunktskarakterer (mundtligt og skriftligt). Den er en vurdering af elevens standpunkt ved undervisningens afslutning og skal som sådan inddrage de faglige mål, der er anført i læreplanens afsnit 2.1. Det tilrådes, at eleverne i god tid inden karaktergivningen orienteres om det grundlag, den afsluttende karakter gives på. Elevernes mundtlige fremlæggelser og skriftlige produkter indgår på naturlig vis heri sammen med aktiviteten i undervisningen i almindelighed.

Ifølge gymnasielovens §28 stk. 4 skal eleverne i studieretninger med fysik A til mindst en årsprøve i (blandt andet) fysik med henblik på, at eleverne får træning i de forskellige prøveformer, der indgår i uddannelsen. Der afholdes derfor mindst en skriftlig eller en mundtlig årsprøve ved afslutningen af 1g eller 2g.

En skriftlig årsprøve ligner i form og indhold den afsluttende skriftlige prøve i fysik A.

En mundtlig årsprøve skal som den afsluttende prøve have både eksperimentelle og teoretiske elementer og være egnet til at bedømme hver elev individuelt.

Et eksempel på en prøveform, der opfylder dette, kan være, at eleverne i grupper på første prøvedag af to arbejder eksperimentelt i grupper i laboratoriet med et (fælles) prøvemateriale, fx om et fælles tema som gasfysik, som kan være kendt eller ukendt for eleverne, under vejledning og i samtale med læreren og en intern censor. På anden prøvedag, der kan finde sted i et almindeligt lokale, efterbehandler eleverne forsøgsdata og afleverer en grupperapport eller samtaler individuelt med lærer og censor om eksperimenter og databehandling. Det er vigtigt, at der finder individuel samtale sted under den eksperimentelle delprøve med eleverne om deres eksperimentelle arbejde, således at der tilvejebringes et grundlag for individuel bedømmelse.

Et anden mulig afviklingsform kan være en eksperimentel delprøve som ved den afsluttede A-niveau-prøve efterfulgt af individuel, eventuelt afkortet, teoretisk delprøve. Det er her vigtigt, at det eksperimentelle arbejde har et sådant omfang, at det er realistisk, at dette indgår med vægt i karaktergivningen.

4.2. Prøveformer

”Der afholdes en centralt stillet skriftlig prøve og en mundtlig prøve.” [LPA 4.2]

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 forberedes til den skriftlige prøve gennem de skriftlige opgaver, der stilles i løbet af Fysik A-forløbet. Eleverne skal gøres bekendt med kravene til en korrekt besvarelse og orienteres om, hvordan en besvarelse bedømmes. Den hensigtsmæssige brug af hjælpemidler og tilrettelæggelsen af 5 timers koncentreret opgaveregning i prøvesituationen drøftes med eleverne.

Tilsvarende skal eleverne i god tid før afslutningen af undervisningen 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 opgaveformuleringer 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.

4.2.1. Den skriftlige prøve

”Skriftlig prøve på grundlag af et centralt stillet opgavesæt. Prøvens varighed er fem timer. Det faglige grundlag for opgaverne er det i pkt. 2.2. beskrevne kernestof, men andre emner og problemstillinger kan inddrages, idet grundlaget så beskrives i opgaveteksten.” [LPA 4.2]

It vil indgå som redskab, og opgaverne stilles ud fra den forudsætning, at eleverne har adgang til et it-værktøj og en databog, svarende til *Databog fysik kemi* (F&K Forlaget), 6. udgave (1992) eller senere. Det er ligeledes en forudsætning, at eleverne er i stand til på relevant måde at bearbejde det digitalt udleverede prøvemateriale, eksempelvis ved at indtegne en tangent på en graf eller kræfter på en figur i opgavesættets pdf-fil.

Regler vedrørende eksaminandernes brug af internettet for at tilgå tilladte hjælpemidler ved prøverne fremgår af § 6 i ”Bekendtgørelse om visse regler om prøver og eksamen i de gymnasiale uddannelser”. I [vejledningen](#) til denne bekendtgørelse er der givet eksempler på, hvilke hjælpemidler der må, og hvilke der ikke må tilgås via internettet.

4.2.2. Den mundtlige prøve

”Den mundtlige prøve er todelt. Opgaverne, der indgår som grundlag for prøven, skal tilsammen i al væsentlighed dække de faglige mål, kernestoffet og det supplerende stof.

Den første del af prøven er eksperimentel, hvor op til 10 eksaminander arbejder i laboratoriet i ca. 120 minutter i grupper på normalt to og højst tre med en eksperimentel problemstilling. Eksaminanderne må ikke genbruge data fra tidligere udførte eksperimenter. Eksaminator og censor taler med den enkelte eksaminand om det konkrete eksperiment, den tilhørende teori

og den efterfølgende databehandling. Den enkelte eksperimentelle delopgave må anvendes højst tre gange på samme hold. De eksperimentelle delopgaver må ikke være kendt af eksaminanderne inden prøven.” [LPA 4.2]

Det er en god praksis, at eksaminator kontakter censor allerede ved prøveplanens offentliggørelse for at aftale nærmere om udveksling af opgaver m.v. De eksperimentelle opgaver, de teoretiske opgaver med bilag samt parringen mellem teoretiske og eksperimentelle opgaver sendes til censor mindst 5 hverdage før prøvens afholdelse, med mindre særlige forhold er til hinder herfor. Det kan betyde, at udsendelsen må foretages, før eksamensplanen er offentliggjort. Udsendelsen af opgaver mm må da kun ske i et omfang, der ikke medfører, at andre dele af eksamensplanen kan udledes.

Når prøveplanen og dermed listen over eksaminander i den enkelte klasse er kendt, kan man danne de grupper, som skal udføre eksperimentelt arbejde sammen. Der er normalt maksimalt to elever i hver gruppe, men fx sygdom kan gøre, at en gruppe må udvides med en person til tre. Eksaminanderne har ikke krav på selv at vælge grupper, men kan omvendt ikke tvinges til at være i en bestemt gruppe.

Trækningen kan praktisk ske ved, at en gruppe trækker en kuvert, der indeholder en eksperimentel problemstilling til første delprøve og så mange teoretiske delopgaver til anden delprøve, at der er nok til alle eksaminander, der arbejder med den enkelte, eksperimentelle problemstilling. Det anbefales, at der lægges tre opgaver i hver kuvert, således at der er taget højde for den situation, hvor sygdom gør, at en gruppe må udvides fra to til tre. Eksaminanderne trækker hver især senere deres teoretiske delopgave med bilag fra denne kuvert. Hver eksperimentel problemstilling må gå igen op til 3 gange. Det samme gælder hver af de teoretiske delopgaver med bilag til anden delprøve.

Som det fremgår af eksamensbekendtgørelsens § 12. stk. 4, lægges samtlige trækningsmuligheder frem ved prøvens start. Hvis en eksperimentel delopgave i undtagelsestilfælde af uafviselige, rent praktiske grunde kun kan løses af én gruppe ad gangen, fx pga. dyrt apparatur eller praktiske forhold i eksamenslokalet, må eventuelle gentagelser af den pågældende eksamensopgave fjernes, til apparatet el. lign. igen er ledigt, fx prøvedagen efter. Antallet af trækningsmuligheder skal stadig overstige antallet af eksaminander/grupper med mindst 3 for alle eksaminander/grupper.

Opgaverne til den eksperimentelle delprøve er *ikke* kendt af eleverne inden prøven, men det er hensigtsmæssigt, at eleverne som en del af holdets undervisningsbeskrivelse får en oversigt over elevernes selvstændige eksperimentelle arbejde. De eksperimentelle problemstillinger ligger inden for de områder, eksaminanderne har arbejdet med i undervisningen, og benytter kendt eksperimentelt udstyr. Eksperimenterne er gentagelser eller varianter af problemstillinger, eksaminanderne kender, 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 egne læremidler og de dele af deres egne rapporter, som indeholder faglig teori og beskrivelse af fremgangsmåde ved udførelse af eksperimenterne, men ikke genbruge tidligere indsamlede data.

”Anden del af prøven er individuel og mundtlig. Den teoretiske delopgave skal omhandle et fortrinsvis teoretisk, fagligt emne og indeholde et ukendt bilag, der kan være grundlag for perspektivering af emnet.

Den enkelte teoretiske delopgave må anvendes højst tre gange på samme hold. Bilag må genbruges i forskellige opgaver efter eksaminators valg. De teoretiske opgaver uden bilag skal være kendt af eksaminanderne inden prøven.

Den eksperimentelle og den teoretiske delopgave skal være kombineret, så de angår forskellige emner.” [LPA 4.2]

De teoretiske delopgaver skal være bredt formulerede og tilsammen dække de relevante faglige mål samt kernestoffet og det supplerende stof. 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 god praksis, at de teoretiske delopgaver 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 og begrænser ikke eksaminators mulighed for at inddrage andre faglige forhold, der er relevante for emnet.

Det er centralt, at det ukendte bilag er egnet til perspektivering af fysik, og at det ikke har været anvendt i undervisningen. Bilaget kan fx indeholde et kort udklip fra en artikel fra nettet, et mindre antal billeder, et diagram, en graf eller lignende. Bilaget er en del af den teoretiske delopgave, dvs. eksaminanden har det med i forberedelsestiden. Der bør tages hensyn til forberedelsestidens længde i fastsættelsen af bilagsmaterialets omfang og tekstmængde. Det er ikke hensigten med bilagsmaterialet, at det skal lægge op til egentlig problemløsning eller databehandling som den, der finder sted ved den skriftlige prøve.

Hver teoretisk delopgave med bilag må gå igen op til 3 gange. Det kan betyde, at der bliver mange ensartede overskrifter for opgaverne, men den fornødne variation kan opnås gennem variation i stikord og ikke mindst gennem brug af forskellige bilag.

De teoretiske delopgaver uden det perspektiverende bilag skal være kendte af eksaminanderne i rimelig tid før prøven, normalt ikke senere end 5 hverdage før prøven.

”Eksaminationstiden er ca. 24 minutter. Der gives ca. 24 minutters forberedelsestid. Eksaminationen former sig som en faglig samtale mellem eksaminand og eksaminator.” [LPA 4.2]

Den anden halvdel af den mundtlige prøve afholdes normalt i umiddelbar forlængelse af den eksperimentelle delprøve. 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.

Umiddelbart inden forberedelsen tildeles eksaminanden ved lodtrækning en kendt teoretisk delopgave inklusive ukendt perspektiverende bilag. Herefter har eksaminanden ca. 24 min til at forberede sig på opgaven og det udleverede bilag. Eksaminator skal sørge for, at eksaminanden et stykke inde i prøven inddrages i en faglig samtale, som også inddrager bilaget i perspektiveringen af emnet for prøven.

4.3. Bedømmelseskriterier

”Bedømmelsen er en vurdering af, i hvilken grad eksaminandens præstation opfylder de faglige mål, som de er angivet i pkt. 2.1.” [LPA 4.3]

Den skriftlige prøve

”Ved den skriftlige prøve lægges der vægt på, at eksaminanden:

- behersker et bredt udvalg af faglige begreber og modeller*
- kan analysere et fysikfagligt problem, løse det gennem brug af en relevant model og formidle analyse og løsning klart og præcist*
- kan opstille en model og diskutere dens gyldighedsområde.*

Der gives én karakter ud fra en helhedsvurdering.” [LPA 4.3]

Ved bedømmelsen af den skriftlige prøve lægges der således vægt på, at eksaminanden er i stand til at anvende sin viden til at analysere problemstillinger og formulere løsninger på disse, og at besvarelsen er ledsaget af forklarende tekst, figurer og formler med relevante omskrivninger i et sådant omfang, at tankegangen klart fremgår. Opgaveløsning kræver ofte antagelser, som forenkler en problemstilling. Nogle gange er disse antagelser anført i opgaveteksten, men i andre tilfælde kan det være en del af opgaven at vælge en rimelig model for den givne problemstilling, og der tages i bedømmelsen hensyn til, i hvilket omfang den valgte model diskuteres. Bedømmelsen af en opgavebesvarelse bygger ikke alene på en simpel opgørelse af korrekte og fejlagtige svar på de stillede spørgsmål.

Den mundtlige prøve

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 tilrettelægge og udføre eksperimentelt arbejde samt behandle og analysere de indsamlede data*
- kan reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment.” [LPA 4.3]*

I vurderingen indgår således 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 perspektivere faglig indsigt.” [LPA 4.3]*

Ved bedømmelsen af den mundtlige præstation har helheden 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. Man må altså 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.” [LPA 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.

Oversigt over karakterskalaen

12	Fremragende	Karakteren 12 gives for den fremragende præstation, der demonstrerer udtømmende opfyldelse af fagets mål, med ingen eller få uvæsentlige mangler.
7	God	Karakteren 7 gives for den gode præstation, der demonstrerer opfyldelse af fagets mål, med en del mangler.
02	Tilstrækkelig	Karakteren 02 gives for den tilstrækkelige præstation, der demonstrerer den minimalt acceptable grad af opfyldelse af fagets mål.

Eksempel på karakterbeskrivelser for skriftlig hhv. mundtlig prøve i fysik A, stx

		Skriftlig prøve	Mundtlig prøve
12	Fremragende	<p>Eksaminanden behersker et bredt spektrum af faglige begreber og modeller som udgangspunkt for en analyse og løsning af et komplekst fysikfagligt problem med ingen eller få uvæsentlige fejl.</p> <p>Eksaminanden kan analysere og diskutere data ud fra forskellige repræsentationer og opstille en relevant model til tolkning af sammenhænge med kun uvæsentlige mangler.</p> <p>Analysen og løsningen formidles klart og præcist med inddragelse af modellens gyldighedsområde.</p>	<p>Eksaminanden kan tilrettelægge og udføre eksperimenter til en stort set dækkende undersøgelse af en problemstilling, herunder behandle, analysere og diskutere de indsamlede data med kun uvæsentlige mangler.</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 og omfattende kendskab til fagets begreber, modeller og metoder, der bruges som grundlag for en faglig analyse og forklaring af den faglige argumentation, så stort set 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 benytter et udvalg af væsentlige faglige begreber og modeller som udgangspunkt for en skridtvis løsning af et fysikfagligt problem. Løsningen kan indeholde væsentlige fejl og mangler.</p> <p>Eksaminanden kan behandle data ud fra forskellige repræsentationer og beskrive sammenhængen mellem dem som led i arbejdet med en model.</p> <p>Løsningen formidles forståeligt med inddragelse af relevante faglige begreber.</p>	<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 emnet, men er noget ustruktureret og med visse væsentlige faglige mangler. Eksaminanden viser i den mundtlige samtale et godt kendskab til fagets begreber, modeller og metoder, men de 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>
02	Tilstrækkelig	<p>Eksaminanden kender og kan som hovedregel anvende centrale faglige begreber og modeller, som kan bruges til løsning af simple fysikfaglige problemer.</p> <p>Eksaminanden kan inddrage data i forskellige repræsentationer og bruge dem i konkrete sammenhænge.</p> <p>Løsningen formidles uklart og med mangel på præcision.</p>	<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>

Appx Nyttige links

Regelgrundlag

Undervisningsministeriets hjemmeside: www.uvm.dk

Lov om de gymnasiale uddannelser:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=186027>

Bekendtgørelse om de gymnasiale uddannelser:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=191190>

Læreplaner: <http://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/fag-og-laereplaner>

Eksamensbekendtgørelsen: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=179722>

Karakterbekendtgørelsen: <https://www.retsinformation.dk/forms/r0710.aspx?id=25308>

Prøver og evaluering af prøver

Materialeplatformen, tidligere skriftlige opgaver i fysik:

<http://materialeplatform.emu.dk/eksamensopgaver/gym/index.html>

Evalueringer af de skriftlige prøver i fysik. Find evalueringen af fysik under hvert enkelt år:

<http://www.uvm.dk/gymnasiale-uddannelser/proever-og-eksamen>

EMU

EMU-sider: <http://www.emu.dk/>. For fysik se under hf, htx eller stx. Derefter f.eks. under fagkonsulentens side.

Sikkerhed og arbejdsmiljø

”Elevs praktiske øvelser på de gymnasiale uddannelser” (Arbejdstilsynet):

<https://arbejdstilsynet.dk/da/regler/at-vejledninger/e/4-01-9-elevs-prak-ovels-er-gymnasie>

”Når klokken ringer” (Branchearbejdsmiljørådet, vejledning til grundskolen og det almene gymnasium): <http://www.arbejdsmiljoweb.dk/media/4452591/naar-klokken-ringer-print-.pdf>

”Sikkerhed i laboratoriet” (Center for Undervisningsmidler 2014, Maj-Britt Berndtsson):

https://ucc.dk/sites/default/files/sikkerhed_i_laboratoriet_2014_0_0_0.pdf

”Love og regler om el” (Sikkerhedsstyrelsen): <https://www.sik.dk/Virksomhed/El-for-fagfolk/Love-og-regler-om-el>

Pjece om Arbejdsmiljølovens udvidede område (december 2016), ungdomsuddannelser (Dansk Center for Undervisningsmiljø): <http://dcum.dk/ungdomsuddannelse/love-regler-og-anvisninger/sikkerhed/dcum-vejledning-arbejdsmiljoelovens-udvidede-omraade-ungdomsuddannelser>

Appx Synoptisk oversigt

Fysik stx		
C	B	A
<p>2.1. Faglige mål Eleverne skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> –kende og kunne anvende enkle modeller, som kvalitativt eller kvantitativt kan forklare forskellige fysiske fænomener eller kan føre til løsninger af problemstillinger, hvor faglige begreber og metoder anvendes 	<p>2.1. Faglige mål Eleverne skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> –kende og kunne opstille og anvende modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener og sammenhænge 	<p>2.1. Faglige mål Eleverne skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> –kende, kunne opstille og kunne anvende et bredt udvalg af modeller til en kvalitativ eller kvantitativ forklaring af fysiske fænomener og sammenhænge samt kunne diskutere modelers gyldighedsområde
<ul style="list-style-type: none"> –kunne beskrive og udføre enkle kvalitative og kvantitative fysiske eksperimenter, herunder opstille og teste enkle hypoteser 	<ul style="list-style-type: none"> –ud fra grundlæggende begreber og modeller kunne foretage beregninger af fysiske størrelser 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne analysere et fysikfagligt problem ud fra forskellige repræsentationer af data og formulere en løsning af det gennem brug af en relevant model
	<ul style="list-style-type: none"> –ud fra en given problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter til undersøgelse af en åben problemstilling og præsentere resultaterne hensigtsmæssigt
<ul style="list-style-type: none"> –kunne præsentere eksperimentelle data hensigtsmæssigt og ved hjælp af blandt andet it-værktøjer behandle data med henblik på at afdække enkle matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle eksperimentelle data ved hjælp af blandt andet it-værktøjer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle eksperimentelle data ved hjælp af blandt andet it-værktøjer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser
	<ul style="list-style-type: none"> –kende til simple eksempler på simulering eller styring af fysiske systemers opførsel ved hjælp af it-værktøjer 	<ul style="list-style-type: none"> –i simple tilfælde kunne simulere eller styre fysiske systemers opførsel ved hjælp af it-værktøjer
<ul style="list-style-type: none"> –gennem eksempler kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling 	<ul style="list-style-type: none"> –gennem eksempler kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling 	<ul style="list-style-type: none"> –gennem eksempler kunne perspektivere fysikkens bidrag til såvel forståelse af naturfænomener som teknologi- og samfundsudvikling
<ul style="list-style-type: none"> –kunne formidle et emne med et elementært fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne formidle et emne med et fysikfagligt indhold til en valgt målgruppe
<ul style="list-style-type: none"> –kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder
	<ul style="list-style-type: none"> –kunne undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes
<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag. 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag. 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag.

<p>2.2. Kernestof <i>Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder Universets udvidelse – Jorden som planet i solsystemet som grundlag for forklaring af umiddelbart observerbare naturfænomener – atomer som grundlag for forklaring af makroskopiske egenskaber ved stof 	<p>2.2. Kernestof <i>Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder Universets udvidelse og 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 	<p>2.2. Kernestof <i>Fysikkens bidrag til det naturvidenskabelige verdensbillede</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – grundtræk af den nuværende fysiske beskrivelse af Universet og dets udviklingshistorie, herunder Universets udvidelse og 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
<p><i>Energi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning – eksempler på energiformer og en kvantitativ behandling af omsætningen mellem mindst to energiformer 	<p><i>Energi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 	<p><i>Energi</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – arbejde, energi og energiomsætning samt effekt og nyttevirkning – indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer – ækvivalensen mellem masse og energi, herunder Q-værdi ved kernereaktioner
	<p><i>Elektriske kredsløb</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – simple elektriske kredsløb med stationære strømme beskrevet ved hjælp af strømstyrke, spændingsfald, resistans og energiomsætning, herunder eksempler på kredsløb med elektriske sensorer 	<p><i>Elektriske kredsløb</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – simple elektriske kredsløb med stationære strømme beskrevet ved hjælp af strømstyrke, spændingsfald, resistans og energiomsætning, herunder eksempler på kredsløb med elektriske sensorer
<p><i>Lyd og lys</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens og udbredelsesfart – det elektromagnetiske spektrum, fotoner og atomers absorption og emission af stråling – fysiske egenskaber ved lyd og lys. 	<p><i>Bølger</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens – lyd og lys som eksempler på bølger – det elektromagnetiske spektrum 	<p><i>Bølger</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – grundlæggende egenskaber: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens – lyd og lys som eksempler på bølger – det elektromagnetiske spektrum
		<p><i>Elektriske og magnetiske felter</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – elektrisk felt og kraften på en elektrisk ladning, herunder feltet omkring en kuglesymmetrisk ladning og homogent elektrisk felt – eksempler på magnetiske felter, herunder homogent magnetisk felt og kraften på en strømførende leder – ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter – induktion, herunder Faradays induktionslov

	<p><i>Kvantefysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –atomers og atomkerners opbygning –fotoners energi, atomare systemers emission og absorption af stråling, spektre –radioaktivitet, herunder henfaldstyper, aktivitet og henfaldsloven 	<p><i>Kvantefysik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –atomers og atomkerners opbygning –fotoners energi og bevægelsesmængde, partikel-bølgedualitet, atomare systemers emission og absorption af stråling, spektre –radioaktivitet, herunder henfaldstyper, aktivitet og henfaldsloven
	<p><i>Mekanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –kinematisk beskrivelse af bevægelse i én dimension –kraftbegrebet, herunder tyngdekraft, tryk og opdrift –Newtons love anvendt på bevægelser i én dimension 	<p><i>Mekanik</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –bevægelser i én og to dimensioner, herunder skråt kast og jævn cirkelbevægelse –bevarelsessætningen for bevægelsesmængde, herunder elastiske og uelastiske stød i én dimension –kraftbegrebet og Newtons love, herunder tryk, opdrift, gnidning og luftmodstand –gravitationsloven og bevægelse om et centrallegeme –kraft- og energiforhold ved harmonisk svingning –mekanisk energi i et homogent tyngdefelt og for gravitationsfeltet om et centrallegeme
		<p><i>Fysik i det 21. århundrede</i></p> <ul style="list-style-type: none"> –et emne, der udmeldes hvert år før 3.g-skolestart