



Fysik A, htx

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	5
2.1. Faglige mål	5
2.2. Kernestof	7
2.3. Supplerende stof	10
2.4. Omfang	11
3. Tilrettelæggelse	11
3.1. Didaktiske principper	11
3.2. Arbejdsformer	13
3.3. It	16
3.4. Samspil med andre fag	17
4. Evaluering	18
4.1. Løbende evaluering	18
4.1.1. Formativ evaluering	18
4.1.2. Summativ evaluering	18
4.2. Prøveformer	19
4.2.1. Den skriftlige prøve	20
4.2.2. Den mundtlige prøve	20
4.2.3. Eksempel på eksperimentel delopgave	21
4.3. Bedømmelseskriterier	23
Appx. Nyttige links	26

Appx Synoptisk overblik.....27

1. Identitet og formål

1.1. Identitet

Fagets identitet er beskrevet ens i alle læreplaner for fysik i htx:

”Det naturvidenskabelige fag fysik omhandler menneskers forsøg på at udvikle generelle beskrivelser, tolkninger, forklaringer og modeller af fænomener og processer i natur og teknik. Faget er virkelighedsnært, praktisk og løsningsorienteret. Gennem et samspil mellem eksperimenter og teorier udvikles en teoretisk begrundet, naturvidenskabelig indsigt, som stimulerer nysgerrighed og kreativitet. Samtidigt giver den baggrund for at undersøge, forstå og diskutere naturvidenskabeligt og teknologisk baserede argumenter samt bidrage til løsninger vedrørende spørgsmål af 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 gymnasiet 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 samtidig får de mulighed for at se, hvordan fysikken er opstået, udviklet og kan anvendes.

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

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

I fysik beskæftiger man sig med såvel det nære og dagligdags som det, der er fjernt fra umiddelbar 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 ele-

vernes nysgerrighed og for at fremme deres interesse, kreativitet og engagement. Hertil kommer, at man gennem arbejdet med faget også kan 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). Dette formål har i sit udgangspunkt et dobbelt fokus, idet det studieforberegende og det almendannende 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 på A-niveau giver eleverne fortrolighed med at anvende naturvidenskabelige begreber og metoder til løsning af praktiske og teoretiske problemstillinger og åbner dermed for en naturvidenskabelig tolkning af verden. Dette bidrager til elevernes almendannelse, giver eleverne studiekompetence inden for det naturvidenskabelige, teknologiske og tekniske område og kvalificerer deres studievalg.

Gennem undervisningen i faget får eleverne viden og kundskaber inden for fysik og en baggrund for at arbejde med naturvidenskabelige metoder, eksperimentelle og teoretiske emner samt modeller og praktiske problemstillinger i værksteder og laboratorier. Faget sætter eleverne i stand til at kombinere teori og eksperimenter og opstille, anvende og vurdere modeller blandt andet inden for det naturvidenskabelige, teknologiske og tekniske område.

Faget bidrager til elevernes forståelse af naturvidenskabeligt baserede spørgsmål af almen menneskelig, teknologisk og samfundsmæssig karakter, herunder bæredygtighed.” [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, teoretiske modeller og tekniske anvendelser er karakteristisk for fysik. Det er derfor en væsentlig del af formålet, at eleverne selv udfører eksperimentelt arbejde samt projektarbejde og arbejder med udvikling og anvendelse af modeller for fysiske systemer og fænomener samt løsninger på fysiske problemer i et teknisk perspektiv. Problemløsning og formidling af resultater og undersøgelser indgår som et betydningsfuldt led i arbejdet med at tilegne sig faget.

Fysik 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 faglige 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:

- *have kendskab til modelbegrebet, kunne gøre rede for anvendelse af fysiske begreber og modeller indenfor det tekniske og teknologiske område, samt kunne opstille og anvende modeller til beskrivelse heraf*
- *kende, kunne anvende og analysere fysiske størrelser og enheder” [LPA 2.1]*

Fysikkens beskrivelse af verden sker ved udstrakt brug af modeller. Eleverne får indsigt i og kan anvende og opstille fysiske modeller, der omhandler virkelighedsnære problemstillinger. De får indsigt i, at disse modeller er menneskeskabte, og kan forholde sig til og diskutere disses forudsætninger, begrænsninger og rækkevidde.

Eleverne skal kunne anvende fysiske størrelser og enheder korrekt i beregninger. At kunne analysere fysiske enheder, forstås fx således, at eleverne også kan håndtere enheder som $\text{kg}\cdot(\text{m/s})^2$ og forstå, at det er det samme som J.

- *”kunne analysere en problemstilling og være i stand til at udvælge, tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter og analysere og formidle resultaterne*
- *kunne planlægge og udføre et større eksperimentelt arbejde, hvori analyse af problemstillingen, opstilling af løsningsmodeller, målinger, resultatbehandling og vurdering indgår*
- *kunne behandle eksperimentelle data med anvendelse af it-værktøjer og digitale ressourcer med henblik på at afdække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser” [LPA 2.1]*

Arbejdet med de eksperimentelle kompetencer indebærer bl.a. at eleverne får indsigt i god laboratorieskik og behersker en palette af grundlæggende måleteknikker. De lærer og forstår betydningen af variabelkontrol og reproducerbarhed af målinger og kan vurdere måleusikkerhed samt identificere og vurdere betydningen af relevante fejlkilder. Behandlingen af de eksperimentelle data indbefatter bl.a. hensigtsmæssig grafisk repræsentation og udledning af matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser fx ved brug af regression. Undervisningen planlægges, så eleverne gradvist bliver i stand til – med udgangspunkt i en analyse af en problemstilling – at kunne planlægge og udføre et større eksperimentelt arbejde.

Elevernes arbejde i laboratoriet forudsætter, at de har et grundlæggende kendskab til sikkerhedsforhold ved eksperimentelt arbejde og udviser god laboratoriepraksis.

- *”kunne redegøre for fysiske begreber og fænomener samt demonstrere kendskab til fysikken i et globalt og teknologisk perspektiv” [LPA 2.1]*

I forhold til B-niveauet afspejler progressionen i det faglige niveau sig ved, at der på B-niveauet forventes, at eleven kan redegøre for grundlæggende begreber og fænomener. Der

er således på A-niveauet tale om mere komplekse begreber og fænomener, hvilket også kommer til udtryk i fagets kernestof.

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

Også her er der en progression i forhold til B-niveauet, der bl.a. afspejler sig i den skriftlige prøve i faget. Det vil derfor være naturligt løbende i løbet af undervisningen at arbejde med løsning af opgaver og anvendelsesorienterede problemer.

- *”kunne sætte sig ind i nye fysiske områder og anvende naturvidenskabelige arbejdsmetoder”* [LPA 2.1]

Fysik A er studieforberedende på gymnasiets højeste niveau, og det er derfor et mål, at undervisningen sætter eleverne i stand til at sætte sig ind i nye stofområder, fx i forbindelse med studieområdeprojektet. Det kan således være god idé, at eleverne i løbet af undervisningen selvstændigt arbejder fx med læsning af faglige tekster om større eller mindre fagområder.

- *”kunne anvende fagets sprog og terminologi mundtligt og skriftligt til dokumentation og formidling til en valgt målgruppe.*
- *kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder”* [LPA 2.1]

Eleverne bliver fortrolige med fagets terminologi og lærer at anvende denne korrekt og med præcision i en faglig sammenhæng, såvel mundtligt som skriftligt. I undervisningen tydeliggøres det, hvor fagsproget adskiller sig fra det daglige sprog, så eleverne bliver bevidste om forskellene og bliver i stand til at veksle mellem fag- og dagligsprog. Fx har ordet ’tryk’ en helt specifik betydning i en faglig kontekst, som adskiller sig fra en dagligdags betydning af ordet.

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.

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.

- *”undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, herunder innovative løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes*
- *kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag.”* [LPA 2.1]

Fysikfaget står ikke alene i sin beskrivelse af verden, og via arbejdet med problemstillinger, der ligger uden for selve faget, vises det, at fagets begreber og metoder kan anvendes på løsning af flerfaglige problemstillinger. Fx kan man i kortere eller længere forløb samarbejde med teknologifaget om løsning af større eller mindre problemstillinger. Her kan det også være oplagt at forlægge dele af den eksperimentelle undervisning fra fysiklaboratoriet til skolens øvrige værksteder, ligesom besøg på eller af lokale virksomheder kan give frugtbart input til fagets rolle i innovative processer.

2.2. Kernestof

Læreplanens beskrivelse af kernestoffet giver den enkelte lærer en vis frihed til at udvælge og vægte kernestoffet, således at de faglige mål i faget opnås ved arbejdet med kernestoffet.

”Den tekniske fysiks grundlag

– *SI-enhedssystemet, fysiske størrelser og enheder”* [LPA 2.2]

Dette område danner grundlaget for, at eleverne kan beskæftige sig med fysiske begreber og størrelser samt foretage beregninger på fysiske størrelser. Eleven lærer at forstå og håndtere forskellen på en fysisk størrelse, dens symbol og den tilhørende enhed. Det forventes, at eleverne opnår fortrolighed med anvendelse af enheder og præfiks i beregninger og som middel til at kontrollere formler, udledninger og beregninger.

”Energi

– *energi og energiomsætning samt effekt og nyttevirkning*
– *indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer*
– *termisk ligevægt og kalorimetri”* [LPA 2.2]

Energibegrebet står meget centralt i fysikken. Forskellige energiformer og omsætning mellem disse, energibevarelse samt nyttevirkning er vigtige begreber. Betydningen af disse kan og bør belyses ved inddragelse af tekniske og praktiske forhold i hverdagen. F.eks. kan nyttevirkingen ved opvarmning af vand med forskellige metoder undersøges, eller man kan arbejde med energiforholdene ved opvarmning af boliger.

Eleven opnår fortrolighed med temperaturbegrebet, herunder kelvin- og celsiuskalaerne, og dets sammenhæng med bevægelser på mikroskopisk niveau og kan skelne mellem begreberne varme og temperatur. I forbindelse med arbejdet med kalorimetri vil det være tilstrækkeligt, at eleverne kan opstille og anvende kalorimeterligningen for et isoleret system bestående af to materialer, og med anvendelse af begreberne varmekapacitet, specifik varmekapacitet, smelte- og fordampningsvarme.

På B-niveauet forventes det, at eleverne kan beskrive energi, energiomsætning og nyttevirkning. På A-niveauet forventes en højere grad af kvantificering end på B-niveauet, hvilket blandt andet kommer til udtryk gennem arbejdet med termodynamikken, hvor der fx kan arbejdes med Carnots virkningsgrad.

”Elektriske kredsløb

– *simple jævnstrømskredsløb*
– *beregninger på elektriske jævnstrømskredsløb med flere komponenter*
– *beregninger på ledningsmodstand, herunder kendskab til vekselstrøm og elforsyningsnettet*
– *modeller for spændingskilder”* [LPA 2.2]

Eleven opnår en forståelse af centrale begreber som elektrisk ladning, spændingsforskel, strømstyrke, resistans og resistivitet samt deres indbyrdes sammenhænge. Det er fx således naturligt, at eleverne bliver fortrolige bl.a. med Ohms lov og Joules lov. I forhold til B-niveauet er der her tale om, at eleven skal kunne analysere mere komplicerede kredsløb, med flere end to forbrugende komponenter. Der er ikke et krav om, at eleven skal kunne formulere og anvende maske- og knudepunkt-ligninger. Det er tilstrækkeligt, at eleven kan inddele et givet kredsløb i underkredsløb bestående af parallel- og serieforbindelser.

Ud over forståelsen af en spændingskilde som en ideel spændingskilde serieforbundet med en indre modstand, kan man med fordel arbejde med forskellige typer af spændingskilder.

Det kan fx ske ved, at forskellige batteritypers fordele og ulemper i konkrete anvendelser undersøges eksperimentelt ved at bestemme samlet energiindhold, polspænding, korslutningsstrøm og afladningskurve.

Eleven skal have en forståelse for betydningen af ledningsmodstanden og transmissionstab i elforsyningsnettet, herunder fordelene ved anvendelse af vekselspænding, og at det muliggør op- og nedtransformation. Det vil være tilstrækkeligt, at eleverne får en kvalitativ forståelse for trefaset vekselspænding og kender og kan anvende begreberne momentan-, maksimum- og effektivværdier af strøm og spænding. Derved kan simple vekselstrømskredsløb med rent ohmske belastninger behandles på samme måde som jævnstrømskredsløb. Det er ikke hensigten, at eleven skal forstå begreber som induktion og impedans, der således ligger uden for kernestoffet.

”Bølger

- *grundlæggende egenskaber ved bølger: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens*
- *lys som bølger, herunder det optiske gitter og brydningsfænomener*
- *det elektromagnetiske spektrum” [LPA 2.2]*

Kernestoffets krav begrænser sig til grundlæggende begreber om og egenskaber ved bølger, samt til disses anvendelse til forståelse af lys og beskrivelse af optiske fænomener. Der er således ikke et krav om gennemgang af fx lydbølger og mekaniske bølger, men disse kan med stor fordel anvendes som analogier, der er lettere tilgængelige for måling og sansning end elektromagnetiske bølger. Under behandlingen af det elektromagnetiske spektrum bør det sikres, at eleverne får et overblik over de forskellige frekvens- og bølgelængdeområder samt de dertil hørende typiske strålingskilder. Det er fx interessant, at mikrobølgestråling både kan stamme fra mikrobølgeovne, trådløs kommunikation og fra universets baggrundsstråling.

Der arbejdes med lysets brydning, og eleverne bliver fortrolige med begrebet brydningsindeks og med Snells lov, refleksionsloven samt total refleksion. Det forventes ikke, at eleverne arbejder systematisk med afbildende optiske systemer. Lysets bølgenatur kan ikke iagttages under normale forhold, men kan belyses og undersøges både kvalitativt og kvantitativt fx ved brug af optiske gitre og dobbeltspalter.

”Atomfysik

- *atomers og atomkerners opbygning*
- *fotoners energi, atomare systemers emission og absorption af stråling*
- *spektre, herunder hydrogenatomets spektrum” [LPA 2.2]*

Eleverne skal have indsigt i, at atomer og atomkerner er sammensat af elementarpartiklerne protoner, neutroner og elektroner. Atomers opbygning kan belyses i form af Bohrs atommodel med henblik på en forståelse af betydningen af de kvantificerede energiniveauer, herunder sammenhæng mellem energi og frekvens og bølgelængde for fotoner.

Eleverne stifter bekendtskab med energiniveauerne i hydrogen, men der forventes ikke nødvendigvis kendskab til Rydberg-formlen. Eleverne bør have en forståelse af betydningen af forskellige typer spektre. Det kan fx ske ved at sammenligne emissionspektret fra forskellige lyskilder som glødelamper, lasere, LED-pærer samt evt. forskellige gasser. Dette kan ske kvalitativt og visuelt ved at betragte lyskilder igennem optiske gitre, eller det kan gøres til genstand for systematiske eksperimentelle undersøgelser. Der er her oplagte mu-

ligheder for samarbejde med fx kemifaget om anvendelsen af forskellige former for spektroskopi i forskning og tekniske sammenhænge.

”Mekanik

- *kinematisk beskrivelse af bevægelse i én og to dimensioner, herunder skråt kast og jævn cirkelbevægelse*
- *kraftbegrebet og Newtons love, herunder tyngdekraft, normalkraft, snorkraft, tryk, opdrift, gnidningskraft, fjederkraft og luftmodstand*
- *gravitationsloven og bevægelse om et centrallegeme*
- *en krafts arbejde og tilhørende energiforhold*
- *systemer med energibevarelse, herunder mekanisk energi i et homogent tyngdefelt og for gravitationsfeltet om et centrallegeme*
- *stive legemers rotation i to dimensioner, herunder kraftmoment, inertimoment, Steiners sætning og tilhørende energiforhold” [LPA 2.2]*

Mekanikken og bevægelses-, kraft- og energibegreberne udgør fundamentet for vor forståelse af store dele af fysikken. Det er derfor særligt vigtigt, at eleverne opnår fortrolighed med disse begreber. Fx er forståelse af hastighedsbegrebet en forudsætning for forståelse af bølgebegreberne, og forståelse af kraft og arbejde kan danne en baggrund for at forstå energibegrebet som udgangspunkt for arbejdet med varmelæren. Man kan derfor vælge, at grundlæggende elementer og begreber af mekanikken og kinematikken introduceres i forløb tidligt i undervisningen, der så senere følges op af forløb, der udbygger og vedligeholder elevernes forståelse af disse elementer og begreber.

Samtidig tilbyder mekanikken et konkret, intuitivt og fundamentalt udgangspunkt for elevernes selvstændige eksperimentelle arbejde og danner således sammen med det øvrige kernestof et godt fundament for elevernes selvstændige projekter.

Den kinematiske beskrivelse af bevægelser i én og to dimensioner indbefatter bevægelse med konstant hastighed og konstant acceleration som vigtige og centrale begreber, mens bevægelse med ikke-konstant acceleration ikke er en del af kernestoffet. Der arbejdes med bevægelser i to dimensioner, herunder det skrå kast og jævn cirkelbevægelse. Ved arbejdet med kinematik og dynamik for bevægelser i to dimensioner er det naturligt at anvende en vektoriel repræsentation af position, hastighed, acceleration og kræfter.

Der arbejdes med stive legemers rotation i to dimensioner. Begreber som kraftmoment, inertimoment samt deres sammenhæng med rotationsenergien står her centralt. Det er ikke et krav, at eleverne stifter bekendtskab med impulsmoment og de tilhørende bevarelsesætninger.

Eleverne bliver fortrolige med gravitationsloven og dens betydning for bevægelse omkring centrallegemer. Det vil her være naturligt, at eleverne, ud over at stifte bekendtskab med de forskellige keglesnitsbaner og deres sammenhæng med den mekaniske energi, også arbejder og bliver fortrolige med Keplers love.

”Termodynamik

- *idealgasloven og gassers densitet*
- *gassers arbejde, termodynamikkens første og anden hovedsætning*
- *termodynamiske kredsprocesser, herunder virkningsgrad og effektfaktor” [LPA 2.2]*

Eleverne bliver fortrolige med idealgasloven og med de indgående størrelser. Det kræver en særlig opmærksomhed, at idealgasloven er en sammenhæng mellem fire fysiske størrel-

ser, og således udfordrer og udvider elevernes forståelse af proportionalitet. Man kan derfor med fordel vælge enten at behandle Boyle-Mariottes lov og Gay-Lussacs lov som specialtilfælde af idealgasloven eller som selvstændige eksperimentelle erfaringer og lovmæssigheder, der kan generaliseres i idealgasligningen. Det vigtige perspektiv er her ikke den korrekte videnskabshistoriske sammenhæng, men elevernes forståelse og begrebsdannelse.

Gassers densitet kan fx behandles ved at inddrage opdrift på balloner, og dennes afhængighed af tryk og temperatur.

Via arbejdet med gassers arbejde og de termodynamiske kredsløbsprocesser er der righoldige muligheder for at perspektivere emnet til maskiners og motorers virkemåde, herunder virkningsgrad og effektfaktor for termodynamiske maskiner. Det vil her være naturligt, at eleverne stifter bekendtskab med Carnot-cyklen og den termodynamiske virkningsgrad.

”Elektriske felter

- *elektrisk felt og kraften på en elektrisk ladning, herunder feltet omkring en punktladning og homogent elektrisk felt*
- *kapacitorers energiforhold samt op- og afladningsforløb af en kapacitor.”* [LPA 2.2]

Det elektriske felt kan fx introduceres med udgangspunkt i kapacitoren som en vigtig elektrisk komponent med mange tekniske anvendelser, og herved kan det homogene elektriske felt naturligt introduceres. Det elektriske felt udvides til at omfatte feltet omkring en punktladning, og det vil her være naturligt at inddrage Coulombs lov som et eksempel på kraften på en elektrisk ladning.

2.3. Supplerende stof

”Eleven vil ikke kunne opfylde de faglige mål alene ved hjælp af kernestoffet. Det supplerende stof, der udfylder ca. 20 pct. af undervisningstiden, vælges, så det tilgodeser de faglige mål.

En del af det supplerende stof udgøres af fire separate forløb à 10-20 timer. Mindst ét forløb udgøres af et selvstændigt projekt, jf. pkt. 4.2. Mindst ét forløb udgøres af et valgemne, der vælges i samarbejde mellem elever og lærer fra en centralt fastlagt liste, der offentliggøres inden starten af elevens 3. år.

Det supplerende stof skal inddrage aktuelle faglige, teknologiske, samfundsrelevante eller globale problemstillinger, herunder en belysning af fysiske aspekter af bæredygtig udvikling.

Forløb i kernestof eller supplerende stof kan indgå i forløb i studieområdet, hvor fysik i samspil med andre fag blandt andet bidrager til at opøve elevens innovative kompetencer.

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]

Arbejdet med det supplerende stof udgør en væsentlig del af fagets samlede uddannelsesetid, og der er derfor mulighed for såvel at uddybe kernestof som at inddrage helt nye faglige emner. De fire forløb á 10-20 timer kræver særlig opmærksomhed. Mindst et forløb udgøres af et selvstændigt valgemne fra en centralt fastlagt liste, der offentliggøres inden starten af 3. skoleår.

Herudover skal mindst et forløb udgøres af et selvstændigt projekt, der danner grundlaget for den mundtlige prøve i faget. For elever, der løfter faget fra B-niveau kan det være hensigtsmæssigt at gennemføre endnu et selvstændigt projekt på 3. år. Det vil således være det-

te projekt, der danner grundlag for den mundtlige prøve, der derved tager udgangspunkt i et projekt, der vil afspejle progressionen i elevens faglige niveau og kompetencer.

De øvrige forløb kan vælges, så de afspejler elevernes faglige interesser. Her er der mulighed for at arbejde med et emne, der har elevernes særlige interesse. For elever der løfter faget til A-niveau, udgøres to af de fire forløb af de to forløb på B-niveauet.

Der vil ofte være mulighed for at inddrage aktuelle begivenheder og nyheder, fx markante naturfænomener eller forskningsresultater omtalt i medierne, i undervisningen. Da det kan tjene til at motivere og demonstrere fagets teknologiske og samfundsmæssige relevans, bør man gøre det i det omfang, det er muligt. Undervisningen i Fysik A skal give eleverne indblik i fysiske aspekter af bæredygtig udvikling. Det kan fx ske i temaer eller forløb om energi og klima. Forløbene kan være enkeltfaglige, men der er også her muligheder for samspil med de øvrige fag, fx i et SO-regi.

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. Tilrettelæggelse

3.1. Didaktiske principper

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

I grundskolen undervises eleverne i 7.-9. klasse i faget fysik-kemi, og optagelse i det tekniske 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 hjemmeside, og som man med fordel kan orientere sig i.

Slutmålene efter 9. klassetrin er beskrevet gennem en række kompetencer, der blandt andet omfatter, at eleven kan designe, gennemføre og evaluere undersøgelser i fysik/kemi, kan anvende og vurdere modeller i fysik/kemi, kan perspektivere fysik/kemi til omverdenen og relatere indholdet i faget til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse, kan kom-

munikere om naturfaglige forhold med fysik/kemi, samt har en generel eksperimentel kompetence, der omfatter planlægning, gennemførelse og vurdering af eksperimenter. Man skal i den forbindelse være opmærksom på, at slutmålene er formuleret som pejlemærker og ikke ubetinget er mål, der nås af alle elever. Selv om formuleringer af disse kompetencemål kan ligne formuleringerne i læreplanen for fysik A, er der i sagens natur en niveau-forskel, man som lærer skal være meget opmærksom på, ligesom man skal være opmærksom på, at elevernes i folkeskolen har arbejdet kvalitativt og tematisk med fysiske fænomener og begreber, og kun med lille vægt på kvantitative målinger og skriftlig efterbehandling. Numeriske problemer og fagets formelle side indgår kun i meget begrænset omfang i undervisningen i folkeskolen.

”Forløbene tilrettelægges som hovedregel med udgangspunkt i elevens erfaringsverden og med inddragelse af emner fra hverdagens teknologi.

Undervisningen gennemføres i en vekslen mellem systematisk undervisning, tematiske forløb og projektarbejde og i en vekslen mellem teoretisk og eksperimentelt arbejde, samtidig med, at der sikres progression i kravene til elevernes selvstændighed og i den faglige perspektivering. Undervisningen skal vise sammenhængen mellem teori og praktiske og teknologiske spørgsmål, så elevens undersøgende holdning understøttes, og eleven sætter sin viden ind i en større sammenhæng.” [LPA 3.1]

Der er mange veje frem til forståelse og udvikling af kompetencer i faget. Enkelte elever foretrækker og fungerer godt med systematisk, teoretisk undervisning og tilhørende opgave-regning og lukkede eksperimenter. Denne type undervisning kan dog ikke stå alene.

For at opnå de faglige mål i faget er det nødvendigt, at eleverne også arbejder tematisk og projektorienteret. Det tematiske arbejde kan forstås som et arbejde eller forløb, der tager sit udgangspunkt uden for faget. Altså med udgangspunkt i fx en teknisk eller teknologisk problemstilling i stedet for en afgrænset delmængde af kernestoffet. Fx kan arbejdet med optiske brydningsfænomener ske ud fra det mål at foretage en måling af sukkerindholdet i en ukendt væske ved hjælp af lys. Dette arbejde vil udover kernestoffet automatisk inddrage en række af de faglige mål i faget, herunder de mål, der knytter sig til det eksperimentelle arbejde og modeller og teknologiske problemstillinger. Det er vigtigt, at der er en progression i brugen af den tematiske arbejdsform, så eleverne opnår fortrolighed med den. Dermed bliver de, efterhånden som deres forståelse for faget og dets metoder udvikles, gradvist også i stand til at anvende projektarbejdsformen, hvor området, der undersøges, og problemformuleringen udvælges af eleverne selv. Det projektor organiserede arbejde peger frem mod elevernes selvstændige projekt.

Det eksperimentelle arbejde har sine egne faglige mål og udvikler elevernes eksperimentelle kompetencer. Eksperimenter kan desuden fx have disse roller:

- De kan give en baggrund for at introducere et begreb eller en lovmæssighed
- De kan illustrere eller eftervise en teori eller en hypotese
- De kan relevant inddrage teori i behandlingen af resultaterne
- De kan give et grundlag for modellering
- De kan støtte perspektiveringen, fx gennem undersøgelse af et naturfænomen eller hverdagsteknologi.

”Det eksperimentelle arbejdes centrale betydning for udviklingen af teknisk og naturvidenskabelig erkendelse betones.” [LPA 3.1]

Eksperimentets rolle i udviklingen af faget kan kun vanskeligt overdrives. Det bør jævnligt understreges for eleverne, at fysiske teorier ikke er ren spekulation, men bygger på et solidt eksperimentelt grundlag, og kan udfordres af nye eksperimentelle resultater.

Eksperimentet er derfor videngenererende og ikke blot reproducerende. Det kan være gavnligt at betone, at eksperimenter i fysik ikke blot tjener til at bestemme værdien af en bestemt størrelse, men kan tjene til at karakterisere fænomener og observationer. Herved kan faget via sin eksperimentelle tilgang også bidrage til løsning af tekniske og teknologiske problemstillinger, hvor der ikke nødvendigvis findes en færdig brugbar eller tilgængelig teoridannelse. Et eksempel kunne være måling af afladningskurver for forskellige typer af elektriske batterier. Selv om der ikke er en teoretisk forudsigtelse af kurvens forløb, kræver målingen og tolkningen af den, at eleven behersker fagets begreber, terminologi og metoder.

”Eleven får mulighed for at perspektivere stof i en samfundsmæssig eller global sammenhæng og forholde sig til den tekniske og teknologiske anvendelse af fysikkens teorier, begreber og metoder.” [LPA 3.1]

Her kan hele kernestoffet bringes i spil i mange anvendelser. El-læren er fx essentiel i forbindelse med automatisering og styring, energibegrebet og mekanikken er begge centrale i forhold til maskiner og motorer. Men faget tilbyder via sine metoder og modeller erkendelser og beskrivelser, der rækker ud over faget. Fx spiller målinger og fysisk modellering en stor rolle i forbindelse med klimadebatten omkring global opvarmning.

”Der lægges vægt på anvendelse af matematik i studiet af fysiske systemer, herunder med inddragelse af it-baserede matematiske værktøjer, it-baserede simulationer, digitale ressourcer mv.” [LPA 3.1]

Arbejdet med Fysik A indebærer naturligt en udstrakt anvendelse af matematik, hvilket også afspejles i den skriftlige prøve i faget. Der er derfor et særskilt krav om samarbejde med matematikfaget. Man skal dog som lærer være opmærksom på, at fysik ikke er et matematikfag, men at faget i udstrakt grad betjener sig af matematiske beskrivelser. Eleverne kan derfor have god støtte i brug af CAS-værktøjer til at foretage nødvendige beregninger og omskrivninger samt til løsning af ligninger, ligesom det er naturligt at arbejde med regneark til behandling af eksperimentelle måledata, fx ved tegning af grafer og bestemmelse af modeller og parametre ved brug af regression.

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 til at indgå i samarbejde med andre i en faglig sammenhæng.” [LPA 3.2]

Undervisningen på htx er ofte præget af projekt- og gruppearbejde, og disse arbejdsformer vil også naturligt indgå i fysikundervisningen. Der må tilbydes variation i arbejdsformerne, så der veksles mellem fx individuelt arbejde og par- eller gruppearbejde, ligesom problemstillinger kan veksle mellem lukkede lærerformulerede problemer og projektarbejde, hvor problemstillingen formuleres af eleverne. Denne vekslen og progression i brugen af arbejdsformer er vigtig for at forberede eleverne på arbejdet med det selvstændige projekt.

”I faget lægges vægt på elevens selvstændige eksperimentelle arbejde, der indgår som en integreret del af undervisningen. Arbejdet sikrer elevens fortrolighed med eksperimentelle metoder.”

der og brugen af eksperimentelt udstyr, herunder it-baseret udstyr til dataopsamling, simulering, databehandling, samt digitale ressourcer.” [LPA 3.2]

Det er nødvendigt med en bevidst progression i elevernes selvstændige eksperimentelle arbejde. De vil selvfølgelig ikke fra første dag kunne opfylde alle de eksperimentelle faglige mål, men de kan allerede fra første dag arbejde med åbne problemstillinger uden en entydig løsning. Fx kan man bede eleverne om at estimere antallet af sandkorn i en deciliter strandsand. Det kan give anledning til mange diskussioner om eksperimentelle metoder og usikkerheder.

Sideløbende med de åbne problemstillinger kan eleverne arbejde med mere lukkede eksperimentelle problemstillinger efter vejledning, der fx træner specifikke laboratorie- og tekniske færdigheder. På samme måde er det vigtigt løbende at være opmærksom på, at eleverne via det eksperimentelle arbejde bibringes et arsenal af eksperimentelle erfaringer og metoder, der kan sættes i spil ved den eksperimentelle delprøve i faget.

”Eleven støttes fra starten således, at der efterhånden opnås stigende selvstændighed i formulering, undersøgelse og formidling af fysiske problemstillinger. Undervisningen tilrettelægges med inddragelse af forskellige modeller, beskrivelser og arbejdsformer, der er egnede til løsning af forskellige typer problemstillinger, bl.a. således at elevens innovative kompetencer udvikles.” [LPA 3.2]

Arbejdet med forskellige emneområder og problemstillinger vil naturligt inddrage forskellige typer af matematiske modeller og lægge op til forskellige typer af eksperimentelle undersøgelser. Det er dog vigtigt at have øje for progressionen i graden af kompleksitet af de problemstillinger eleverne præsenteres for. I de tidlige forløb vil det være naturligt kun at sætte få forklaringsmekanismer og modeller i spil, mens man så senere i forløbet med fordel kan øge kompleksiteten, de tekniske krav og graden af selvstændighed.

I forbindelse med det selvstændige eksperimentelle arbejde kan der være både mulighed og behov for differentiering af kravene til forskellige elever og grupper af elever, så kravene matcher elevernes udviklingsmuligheder. Det kræver en særlig opmærksomhed fra læreren i planlægningen af forløbene og i vejledningen af eleverne samt i feedback på processen og dokumentationen.

”I løbet af undervisningen, dog tidligst i løbet af sidste del af andet år, udfører eleverne et selvstændigt projekt, der indgår i eksaminationsgrundlaget for den mundtlige prøve, jf. pkt. 4.2. og tager udgangspunkt i en fysisk, teknisk eller teknologisk problemstilling. Projektet har en varighed af 10-20 timer og udføres i grupper af maksimalt fire elever. Problemstillingen vælges af eleven selv og belyses gennem eksperimentelt arbejde og tilhørende teori. Dersom eleven gennemfører flere selvstændige projekter, skal de omhandle forskellige emner, og kun det sidst gennemførte projekt indgår i eksaminationsgrundlaget.

Det selvstændige projekt formidles via en skriftlig projektrapport.” [LPA 3.2]

Elevernes selvstændige projekter gennemføres i grupper af op til fire elever, under hensyntagen til at de enkelte elever har mulighed for reel indflydelse på indholdet og forløbet. Problemstillingen vælges af eleverne, der under vejledning fra læreren udarbejder en problemformulering. Problemstillingen belyses gennem relevant teori og gennem eksperimenter, der vælges, tilrettelægges og gennemføres af eleverne. For nogle elever kan det være nødvendigt, at læreren deltager aktivt med inspiration og vejledning til valg af emne og eksperimenter. I disse tilfælde er det vigtigt, at læreren ikke overtager eller dikterer projek-

tet og dets indhold. Eleverne skal gerne have og bevare ejerskabet til og ansvaret for projektet.

Arbejdet med projektet og rapporten inddrages i den løbende evaluering. Projektrapporten er en del af eksaminationsgrundlaget og skal dermed være afleveret, for at eleven kan indstilles til prøve, jf. eksamensbekendtgørelsen; men rapporten er ikke en del af bedømmelsesgrundlaget ved den mundtlige prøve.

”Det praktiske arbejde i laboratorier og værksteder udgør mindst 20 pct. af fagets undervisningstid.” [LPA 3.2]

Det praktiske arbejde fortolkes som den tid, eleverne tilbringer med praktisk arbejde i laboratorier og værksteder, herunder eksperimentelt arbejde under det selvstændige projekt, men inkluderer ikke demonstrationsforsøg og tid til planlægning og rapportering.

Man kan med fordel indlægge kortere eleveksperimenter som del af enkeltlektioner, og resultaterne af disse kan så bruges som udgangspunkt for diskussion eller yderligere eksperimentelle undersøgelser.

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 og i det almene gymnasium](#)”* med de vigtigste sikkerhedsforskrifter m.m. Ansvar for, at reglerne overholdes, er fordelt på arbejdsgiveren, den lokale sikkerhedsgruppe og på de enkelte lærere, jf. nettstedet.

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

- *journaler og rapporter over gennemført eksperimentelt arbejde*
- *skriftlig problemløsning*
- *skriftlig formidling som f.eks. præsentationer, posters og projektrapporter.*

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 og skal i samarbejde med de øvrige fag sikre udviklingen af elevens skriftlige kompetencer.” [LPA 3.2]

Ved at arbejde med fagets skriftlige dimension udvikler eleverne både deres generelle skrivekompetencer og deres behandling af fagets begreber, sprog og særlige notation. Den skriftlige dimension omfatter såvel faglig formidling som et videns- og forståelsesgenererende element. Der kan således løbende arbejdes med mange typer af skriftlig dokumentation, både hvad angår medie og genre. Eleverne kan ikke forventes at håndtere skriftligheden i faget fra første færd. Ved en omhyggelig planlægning af progressionen i kravene til og typen af elevernes skriftlige produkter, kan man bidrage væsentligt til udviklingen af elevernes skriftlige kompetencer. Tidligt i undervisningen kan man fx vælge at betone dokumentation af eksperimentelle resultater og notering af beregninger med korrekt anvendelse af symboler og enheder. Ved tidligt at fokusere på disse delelementer, kan de senere bruges som elementer i præsentationer og egentlige projektrapporter.

”Eleverne skal arbejde med mundtlig fremstilling, hvor de inddrager såvel faglig argumentation som beskrivelse af fysiske fænomener.” [LPA 3.2]

Ligesom den skriftlige dimension er den mundtlige dimension af faget vigtig, og må løbende udvikles og understøttes. Der kræves af eleverne en omhyggelighed og præcision i omgangen med fagets sprog og terminologi, og det kan understøttes ved, at der i undervisningen arbejdes med forskellige former for mundtlighed. Det kan fx være diskussion af fysisk problemløsning i par, besvarelse af spørgsmål fra læreren i timen, fremlæggelser af faglige emner enkeltvist eller i grupper eller mini-symposier, hvor eleverne præsenterer deres selvstændige projekter. Uanset hvilken form mundtligheden tager, er det er afgørende, at eleverne løbende sikres formativ feedback og hjælp til præcis og korrekt brug af fagets sprog.

”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]

Inddragelsen af virksomheder og institutioner kan tage mange former. På det enkle plan kan eleverne undersøge forskellige virksomheders eller institutioners hjemmesider og den teknologi, der anvendes eller præsenteres, eller man kan besøge lokale virksomheder og samarbejdspartnere. Det er selvfølgelig også muligt at indgå i større samarbejder, hvor fx repræsentanter for en virksomhed deltager aktivt i et forløb eller i evalueringen af dette.

Via denne inddragelse præsenteres eleverne for relevante studie- og erhvervsmuligheder, og deres indsigt i egne kompetencer og interesser styrkes.

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]

It indgår automatisk som et værktøj i den daglige undervisning i forbindelse med matematiske beregninger, fx ved brug af elevernes CAS-værktøj. På samme måde skal eleverne kunne anvende it til præsentation af data i form af grafer og tabeller som en del af doku-

mentationen af det eksperimentelle arbejde. Herunder hører også brugen af regression til bestemmelse af fysiske parametre. Det kunne fx være bestemmelse af accelerationen i et frit fald ud fra en videooptagelse af en faldende bold. Brugen af it-værktøjer til behandling af større datamængder indgår tillige i den skriftlige prøve på A-niveauet.

En anden væsentlig anvendelse af it er forklaring og anskueliggørelse af fysiske fænomener og sammenhænge ved hjælp af fx apps, applets, physlets eller interaktive simuleringer på nettet. Anvendelse af sådanne simuleringer kan dels hjælpe eleven til opnå en forståelse af fysiske sammenhænge, før de kan formuleres matematisk, og dels kan de bruges som en demonstration og udfoldning af en matematisk model. I begge tilfælde må man tydeliggøre for eleverne, at disse værktøjer har karakter af læringsmidler og ikke kan træde i stedet for et eksperiment.

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.

Når fysik A indgår i en studieretning, skal der planlægges et fælles forløb, hvor modeller har en central plads, og hvor den teknisk/teknologiske vinkel belyses.

Der skal lægges vægt på samarbejdet med de tekniske/teknologiske fag, de naturvidenskabelige fag og matematik, så undervisningen i fysik er tilpasset elevernes naturvidenskabelige og matematiske kompetencer.” [LPA 3.4]

I det faglige samspil og ved tilrettelæggelsen af flerfaglige forløb bør de enkelte fags bidrag tydeligt fremgå. Det kræver både, at målene og metoderne i de indgående fag er relevante for samarbejdet, og at de ekspliciteres. For at eleverne kan forstå, at samspillet sker på et fagligt grundlag, skal de kunne se og redegøre for såvel det fysikfaglige indhold i en given problemstilling eller fagligt samspil som for fagets bidrag til løsningen eller forståelsen.

”Undervisningen tilrettelægges, så sammenhængen mellem matematik og fysik fremstår tydeligt, så elevens begrebsdannelse i begge fag understøttes. Specielt arbejdes med opstilling af matematiske modeller og vurdering af disses rækkevidde.” [LPA 3.4]

Det er et særkende ved fysik, at fagets lovmæssigheder formuleres matematisk. Da langt de fleste af lovmæssighederne er lineære sammenhænge, støtter faget automatisk op omkring matematik, og især omkring de lineære sammenhænge; særligt i løbet af grundforløbet. Erfaringen viser, at mange elever, der har eller får vanskeligheder med matematik, netop har problemer med at forstå proportionalitet og forholdsregning bredt forstået. Udover matematisk beskrivelse af sammenhænge anvender fysik en lang række matematiske metoder og værktøjer, som fx graftegning, regression, symbolske omskrivninger af algebraiske udtryk og ligningsløsning. Fysikfaget kan derfor via sin beskrivelse af en lang række fænomener tilbyde en fysisk manifestation af de abstrakte matematiske begreber, og kan således støtte eleverne ved at give eksempler på og mulighed for genkendelighed i anvendelsen af matematikken. Emner, der understøtter elevernes forståelse af linearitet og kan behandles på grundforløbet, kunne fx være bevægelse med konstant hastighed eller opvarmning af

vand i en elkedel med konstant effekt. Omvendt kan matematik tilbyde en systematik i omgangen med de matematiske symboler, der repræsenterer de fysiske størrelser. Det er nødvendigt at være opmærksom på elevernes matematiske forudsætninger.

Samspillet mellem matematik og fysik kan antage mange former. Der kan være tale om egentlige flerfaglige forløb, men også blot en fælles bevidsthed og viden om begreber, sprogbrug og metoder, og hvad der arbejdes med i de to fag på et givet tidspunkt. Det er naturligt løbende at koordinere undervisningen i de to fag både i grundforløbet og studieretningsforløbet.

4. Evaluering

4.1. Løbende evaluering

”Elevernes udbytte af undervisningen skal evalueres jævnligt, særligt mht. arbejdet med teori, eksperimentelt arbejde inkl. databehandling samt problemløsning i fysik. Herved tilvejebringes et 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. Processen involverer også 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 karaktergivning orienteres om det grund-

lag, 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 tidsmæssigt 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 studieforberedende ungdoms- og voksenuddannelser* (Eksamensbekendtgørelsen) og på basis heraf er prøveformerne fastlagt i læreplanen.

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.

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. Eleverne skal have kendskab til principperne for udformningen af opgaverne. Det kan eksempelvis ske ved, at eleverne får lejlighed til at arbejde med tænkte opgaveformuleringer inkl. 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 jf. afsnit 3.3.

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 højst 10 eksaminander arbejder i laboratoriet i ca. 90 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 eksaminanden inden prøven.” [LPA 4.2]

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 trækningmuligheder 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 trækningmuligheder 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 kan være varianter af kendte problemstillinger, eksempelvis gennem bestemmelse af fysiske egenskaber ved andre materialer end i undervisningen. Det er nødvendigt at tage hensyn til den begrænsede tid til eksperimenter ved udformning af problemstillingerne. Det nødvendige eksperimentelle udstyr skal være umiddelbart tilgængeligt ved 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.

I den eksperimentelle delprøve udfolder eksaminanderne deres eksperimentelle kompetencer og kompetence i behandling af forsøgsdata. Undervisningens innovative elementer dokumenteres derimod gennem det afsluttende selvstændige projekt.

Eleverne kan vælge at udføre flere eksperimenter, fx et kvalitativt eller et kvantitativt, men det er først og fremmest meningen, at de forskellige elementer af eksperimentelt arbejde, herunder databehandling, indgår. Der bør tages hensyn til prøvetidens længde i fastsættelsen af de eksperimentelle delopgaver.

4.2.3 Eksempel på eksperimentel delopgave

Et hold har i det supplerende stof arbejdet med elektromagnetisme og eksperimentelt bl.a. undersøgt B-feltet i forskellige spoler med en Hall-sonde. En eksperimentel delopgave lyder:

- **Undersøgelse af magnetfelter** Undersøg spolers magnetfelt. Herunder skal magnetfeltet langs akse for den udleverede flade spole undersøges. Det oplyses, at B-feltets størrelse langs akse forventes at følge $B(x) = \frac{\mu_0 n I}{2} \cdot \frac{R^2}{(R^2 + x^2)^{\frac{3}{2}}}$, hvor n er antallet af vindinger, I er strømstyrken, R er spolens radius og x er afstanden fra spolens midtpunkt til målepunktet.

Eksaminanderne vælger at undersøge det nævnte felt samt feltet i midten af en lang spole.

Det er hensigtsmæssigt, at formuleringen af den eksperimentelle delopgave er så åben, at der overlades en vis valgfrihed til gruppen - også for at håndtere den situation, at eleverne ikke alle har udført præcis de samme eksperimenter.

”Anden del af prøven er individuel og mundtlig. Eksaminationsgrundlaget er elevens selvstændige projekt, jf. pkt. 2.3 og 3.2. samt en teoretisk delopgave, der tildeles ved lodtrækning. Den teoretiske delopgave skal omhandle et fortrinsvis teoretisk, fagligt emne og indeholde et ukendt bilag, der kan være grundlag for perspektivering af emnet.” [LPA 4.2]

Elevens selvstændige projekt er en del af eksaminationsgrundlaget, og det er dermed en betingelse for at gå til prøven, at eleven har udarbejdet et sådant inkl. rapport. Rapporten har forinden været evalueret på lige fod med øvrigt skriftligt arbejde.

”Hver af de teoretiske delopgaver må anvendes op til tre gange på samme hold. Bilag må genbruges i forskellige opgaver efter eksaminators valg. De teoretiske delopgaver 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 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.

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 foregår 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 kendt af eksaminanderne i rimelig tid før prøven, normalt ikke senere end 5 hverdage før prøven.

”Eksaminationstiden er ca. 30 minutter. Der gives ca. 30 minutters forberedelsestid. Eksaminationen former sig som dels eksaminandens fremlæggelse af sit selvstændige projekt efterfulgt af en faglig samtale, dels en faglig samtale om den teoretiske delopgave med bilag.” [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. 30 min til forberedelse.

Normalt afsættes ca. samme tid til det selvstændige projekt og den teoretiske opgave med bilag.

For at sikre, at eksaminanden demonstrerer ejerskab til sit selvstændige projekt, må man fraråde eksaminanderne at lave en fremlæggelse, hvor der alene læses op fra en rapport eller en skærm. Det anbefales, at eksaminanden medbringer grafer eller tegninger fra projektrapporten. Den skriftlige projektrapport indgår ikke i bedømmelsen; det gør alene fremlæggelsen af projektet. Den skriftlige projektrapport er blevet evalueret som et led i den almindelige undervisning.

Eksaminanden besvarer den teoretiske delopgave. 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.

”Opgaverne med bilag og en fortegnelse over elevernes selvstændige projekter sendes til censor forud for prøvens afholdelse.” [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

Rapporterne indgår i eksaminationsgrundlaget og skal dermed være afleveret, for at eleven kan indstilles til eksamen, jf. eksamensbekendtgørelsen. Rapporterne har indgået i elevernes sædvanlige skriftlige arbejde, der har været evalueret af læreren; men de indgår ikke i bedømmelsesgrundlaget, og censor læser dem ikke.

4.3. Bedømmelseskriterier

”Bedømmelsen er en vurdering af, i hvilken grad eksaminandens præstation lever op til 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 anvendelsesorienteret fysikfagligt problem, løse det gennem brug af en relevant model og formidle analysen og løsningen klart og præcist*
- kan anvende it-værktøjer til behandling af måledata og fortolke resultaterne af databehandlingen*
- 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 deres supplerende bedømmelseskriterier i læreplanen.

”Ved den eksperimentelle del lægges der vægt på, at eksaminanden har et selvstændigt initiativ og

- kan tilrettelægge og udføre eksperimentelt arbejde samt behandle og analysere de indsamlede data
- kan redegøre præcist for de anvendte eksperimentelle metoder samt 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

- har et sikkert kendskab til fagets begreber, modeller og metoder som grundlag for en faglig analyse og underbygning af den faglige argumentation
- kan redegøre præcist for de anvendte eksperimentelle metoder i projektet samt reflektere over samspillet mellem teori og eksperiment
- kan perspektivere faglig indsigt.” [LPA 4.3]

Ved bedømmelsen af den mundtlige, teoretiske delopgave har helhedsvurderingen større vægt end detaljen. Det er vigtigt at skelne mellem en overfladisk og en mere dybdegående besvarelse af opgaven og skelne mellem sjuskefejl og egentlige forståelsesfejl. Man må altså hæfte sig ved det positive og ikke alene 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 bedømmelsen af eksaminandens samlede præstation må de enkelte kompetencer afvejes i overensstemmelse med bedømmelseskriterierne for at nå frem til helhedsvurderingen.

Nedenfor er i skemaform vist et eksempel på, hvordan kriterierne for tre af karakterniveauerne i karakterskalaen kan beskrives for fysik A.

Prøve, hvor faget indgår i fagligt samspil

”Ved en prøve, hvor faget indgår i fagligt samspil med andre fag, lægges der vægt på, at eksaminanden kan

- demonstrere viden om fagets identitet og metoder
- behandle problemstillinger i samspil med andre fag.” [LPA 4.3]

Fysik A kan fx indgå i fagligt samspil i studieområdeprojektet, hvor ovenstående bedømmelseskriterier finder anvendelse udover de bedømmelseskriterier, der gælder for studieområdeprojektet.

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, htx

		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 såvel projekt som teoretisk delopgave 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 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 projekt såvel som teoretisk delopgave 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, 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 projekt såvel som teoretisk delopgave 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>

Fysik htx	
B	A
<p>2.1. Faglige mål</p> <p>Eleverne skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> –kunne anvende fysiske begreber og modeller i virkelighedsnære problemstillinger, herunder perspektivere fysikken til anvendelser i teknologien eller elevens hverdag 	<p>2.1. Faglige mål</p> <p>Eleverne skal:</p> <ul style="list-style-type: none"> –have kendskab til modelbegrebet, kunne gøre rede for anvendelse af fysiske begreber og modeller indenfor det tekniske og teknologiske område, samt kunne opstille og anvende modeller til beskrivelse heraf
<ul style="list-style-type: none"> –kende til og kunne foretage simple beregninger med fysiske størrelser og enheder 	<ul style="list-style-type: none"> –kende, kunne anvende og analysere fysiske størrelser og enheder
<ul style="list-style-type: none"> –ud fra en problemstilling kunne tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter med givet udstyr og formidle resultaterne 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne analysere en problemstilling og være i stand til at udvælge, tilrettelægge, beskrive og udføre fysiske eksperimenter og analysere og formidle resultaterne
<ul style="list-style-type: none"> –kunne udføre et større eksperimentelt arbejde, hvor analyse af problemstillingen, opstilling af løsningsmodeller, målinger, resultatbehandling og vurdering indgår 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne planlægge og udføre et større eksperimentelt arbejde, hvori analyse af problemstillingen, opstilling af løsningsmodeller, målinger, resultatbehandling og vurdering indgår
<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle eksperimentelle data med anvendelse af it-værktøjer og digitale ressourcer med henblik på at af-dække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser –kunne redegøre for grundlæggende fysiske begreber og fænomener samt demonstrere kendskab til fysikken i et globalt og teknologisk perspektiv 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne behandle eksperimentelle data med anvendelse af it-værktøjer og digitale ressourcer med henblik på at af-dække og diskutere matematiske sammenhænge mellem fysiske størrelser –kunne redegøre for fysiske begreber og fænomener samt demonstrere kendskab til fysikken i et globalt og teknologisk perspektiv
	<ul style="list-style-type: none"> –kunne analysere et anvendelsesorienteret fysikfagligt problem ud fra forskellige repræsentationer af data og formulere en løsning af det gennem brug af en relevant model –kunne sætte sig ind i nye fysiske områder og anvende naturvidenskabelige arbejdsmetoder
<ul style="list-style-type: none"> –kunne anvende fagets sprog og terminologi mundtligt og skriftligt til dokumentation og formidling til en valgt målgruppe. –kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder –undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, herunder innovative løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes –kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag. 	<ul style="list-style-type: none"> –kunne anvende fagets sprog og terminologi mundtligt og skriftligt til dokumentation og formidling til en valgt målgruppe. –kunne demonstrere viden om fagets identitet og metoder –undersøge problemstillinger og udvikle og vurdere løsninger, herunder innovative løsninger, hvor fagets viden og metoder anvendes –kunne behandle problemstillinger i samspil med andre fag.

<p>2.2. Kernestof <i>Den tekniske fysiks grundlag</i> –SI-enhedssystemet, fysiske størrelser og enheder</p>	<p>2.2. Kernestof <i>Den tekniske fysiks grundlag</i> –SI-enhedssystemet, fysiske størrelser og enheder</p>
<p><i>Energi</i> –beskrivelse af energi og energiomsætning, herunder effekt og nyttevirkning –indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer –termisk ligevægt og kalorimetri</p>	<p><i>Energi</i> –energi og energiomsætning samt effekt og nyttevirkning –indre energi og energiforhold ved temperatur- og faseændringer –termisk ligevægt og kalorimetri</p>
<p><i>Elektriske kredsløb</i> –simple jævnstrømskredsløb –beregninger på jævnstrømskredsløb med maksimalt to forbrugende komponenter –modeller for spændingskilder –ledningsmodstand og elforsyningsnettet, herunder kendskab til vekselstrøm</p>	<p><i>Elektriske kredsløb</i> –simple jævnstrømskredsløb –beregninger på elektriske jævnstrømskredsløb med flere komponenter –beregninger på ledningsmodstand, herunder kendskab til vekselstrøm og elforsyningsnettet –modeller for spændingskilder</p>
<p><i>Bølger</i> –grundlæggende egenskaber ved bølger: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens –lys som bølger, herunder det optiske gitter og brydningsfænomener –det elektromagnetiske spektrum</p>	<p><i>Bølger</i> –grundlæggende egenskaber ved bølger: bølgelængde, frekvens, udbredelsesfart og interferens –lys som bølger, herunder det optiske gitter og brydningsfænomener –det elektromagnetiske spektrum</p>
<p><i>Atomfysik</i> –atomers og atomkerners opbygning –fotoners energi, atomare systemers emission og absorption af stråling –spektre, herunder hydrogenatomets spektrum</p>	<p><i>Atomfysik</i> –atomers og atomkerners opbygning –fotoners energi, atomare systemers emission og absorption af stråling –spektre, herunder hydrogenatomets spektrum</p>
<p><i>Mekanik</i> –kinematisk beskrivelse af bevægelser i én dimension samt det skrå kast eller jævn cirkelbevægelse –kraftbegrebet, herunder tyngdekraft, normalkraft, tryk, opdrift, snorkraft, gnidningskraft, luftmodstand samt fjederkraft –Newtons love anvendt på bevægelser i én dimension, herunder kraftanalyse på skråplan –en krafts arbejde, kinetisk energi, potentiel energi i tyngdefeltet nær Jorden samt systemer med energibevarelse</p>	<p><i>Mekanik</i> –kinematisk beskrivelse af bevægelse i én og to dimensioner, herunder skråt kast og jævn cirkelbevægelse –kraftbegrebet og Newtons love, herunder tyngdekraft, normalkraft, snorkraft, tryk, opdrift, gnidningskraft, fjederkraft og luftmodstand –gravitationsloven og bevægelse om et centrallegeme –en krafts arbejde og tilhørende energiforhold –systemer med energibevarelse, herunder mekanisk energi i et homogent tyngdefelt og for gravitationsfeltet om et centrallegeme –stive legemers rotation i to dimensioner, herunder kraftmoment, inertimoment, Steiners sætning og tilhørende energiforhold</p>
<p><i>Termodynamik</i> –idealgasloven og gassers densitet.</p>	<p><i>Termodynamik</i> –idealgasloven og gassers densitet –gassers arbejde, termodynamikkens første og anden hovedsætning –termodynamiske kredspocesser, herunder virkningsgrad og effektfaktor</p>
	<p><i>Elektriske felter</i> –elektrisk felt og kraften på en elektrisk ladning, herunder feltet omkring en punktladning og homogent elektrisk felt –kapacitorers energiforhold samt op- og afladningsforløb af en kapacitor.</p>