

Olav Joen Bogetvedt

Skriftlig eksamen i fysikk 2 under LK20

En undersøkelse av kompetanser og ferdigheter som testes på eksamen, og deres relasjon til læreplanverket

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag

Veileder: Trine Høyberg Andersen

Medveileder: Astrid Johansen

Juni 2024

Olav Joen Bogetvedt

Skriftlig eksamen i fysikk 2 under LK20

En undersøkelse av kompetanser og ferdigheter som testes på eksamen, og deres relasjon til læreplanverket

Masteroppgave i Lektorutdanning i realfag
Veileder: Trine Høyberg Andersen
Medveileder: Astrid Johansen
Juni 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for naturvitenskap
Institutt for fysikk



Kunnskap for en bedre verden

Sammendrag

Prosjektet ser på skriftlig eksamen i fysikk 2 og hvordan elevene må arbeide for å løse oppgavene som gis. I 2020 startet overgangen til Kunnskapsløftet 2020, den nye læreplanen, og i 2023 ble første skriftlige eksamen avholdt i fysikk 2 under denne. Gjennom en analyse av oppgavene vil måten elevene må arbeide på bli presentert, basert på en blanding av verbdefinisjoner gitt av Utdanningsdirektoratet og egendefinerte begreper. Om arbeidet elevene utfører kan kobles opp mot alle sidene ved kompetansemålene vil også bli presentert, sammen med eksempler fra analyseprosessen som bidrar til å belyse resultatene.

I resultatene vil jeg presentere hvordan overgangen mellom læreplanene har resultert i en endring i hvordan elevene må arbeide, men at det største enkeltskiftet som kan sees i analysen kommer fra eksamensrammene, ikke nye og endrede kompetansemål i Læreplanen for Kunnskapsløftet 2020. Andre forandringer i hvordan elevene skal arbeide kan derimot begrunnes med endringene i den nye læreplanen. Det har blitt introdusert nye kompetanseområder og måter elevene skal vise ferdighetene sine på, som alle reflekterer det nye innholdet i Læreplanen for Kunnskapsløftet 2020. Kompetansemålene som opptrer på eksamen, blir ikke alle testet i sin helhet. Der noen deler av kompetansemålene testes i dybden, blir andre testet av ingen, en, eller to deloppgaver. Det er lagt ujevn vekt på kompetansemålene, der noen trekkes fram og prioriteres mer enn andre. Hvilke deler av kompetansemålene som testes ser variasjon mellom eksamenene.

Abstract

The project is evaluating the written exam in "fysikk 2" (Physics 2) and how the pupils must work to solve the given problems. In 2020, the transition to Kunnskapsløftet 2020, the new curriculum, began. In 2023, the first written exam based on this curriculum was held for Physics 2. Through an analysis of the exams' tasks, the way the students must work to solve them will be presented, based on definitions given by Utdanningsdirektoratet and myself. I will also investigate the connection between the work done by the students and the curriculum's "kompetansemål" (competence targets) and shed light on the analysis process through examples.

In the results, I will present how the modification of the curriculum has resulted in a change in how pupils must work with tasks on the exam, but that the largest single change is caused by changes to the framework of the exam, not the tasks themselves or the new competence targets in Kunnskapsløftet 2020. Other changes in the way the pupils are required to work may, on the other hand, be a result of the changes seen in the curriculum. New areas of competence have been introduced, along with new ways for the pupils to show that competence. These all reflect the new content in the curriculum for Kunnskapsløftet 2020. The competence targets that appear on the exam, are not all tested in their entirety. Where some are tested extensively, others are barely present. Competence targets are not weighted equally, and some are given more attention than others. The parts of the competence targets that are tested vary somewhat between exams.

Forord

Arbeidet jeg har utført som en del av masteroppgaven har gitt meg et helt nytt perspektiv på hvordan læreplaner planlegges og utformes, og hvor mye arbeid som legges i det av et utall bidragsyttere over mange år. Det har vært en ny opplevelse å skrive en så lang tekst, der de ulike delene sakte men sikkert går fra å være separate til å danne en større sammenheng.

Å gjennomføre denne masteroppgaven hadde ikke vært mulig uten veilederne mine, Trine H. Andersen og Astrid Johansen. Tusen takk for all tiden dere har satt av til å gi meg detaljerte tilbakemeldinger, og støtten jeg har fått i arbeidsprosessen.

Jeg vil også takke familiemedlemmer og venner, som har oppmuntret meg underveis i hele studieløpet.

“It would seem like you have no useful skill or talent whatsoever. Have you thought of going into teaching?”

- Terry Pratchett

Innhold

Figurer	xi
Tabeller	xi
Forkortelser/symboler	xii
1 Innledning	1
1.1 Bakgrunn	1
1.2 Innfallsvinkel til forskningsspørsmålene	1
1.3 Veien til målet	3
2 Teori	4
2.1 Læreplan og fagfornyelse	4
2.2 Vurdering i norsk skole	9
2.3 Skriftlig eksamen i fysikk 2.....	10
2.3.1 Rammer og veiledning.....	11
2.3.2 Eksamens innvirkning på faget	13
2.4 Taksonomiske rammeverk.....	14
3 Metode	17
3.1 Forskningsdesign	17
3.2 Datamateriale.....	18
3.3 Innholdsanalyse	19
3.3.1 Delaktiviteter	20
3.3.2 Dekomponerte kompetansemål	21
3.3.3 Antall sammenhenger.....	22
3.3.4 Formeltilgjengelighet.....	22
3.4 Kvalitet.....	23
4 Analyse	24
4.1 Analyseprosessen.....	24
4.2 Delaktiviteter.....	25
4.2.1 Definisjon av delaktiviteter.....	25
4.3 Dekomponering av kompetansemål	33
4.4 Kategorisering av ulike oppgaver	35
4.4.1 Utfordringene med å regne	35
4.4.2 Et dypdykk i oppgave 5 fra del 2 H23	37
4.4.3 Oppgaver utenfor kompetansemålene	41
5 Resultater	43
5.1 Kompetansemål som testes på eksamen	43
5.2 Delaktiviteter.....	44

5.3	Elevenes tilgang til formler	47
5.4	Kompleksitet i eksamensoppgavene	49
6	Diskusjon.....	50
6.1	Delaktiviteter	50
6.2	Hva sier resultatene?.....	50
6.3	Vanskelighetsgrad	51
6.4	Antall sammenhenger som måleverdi	51
6.5	Spor etter Overordnet del – hva er nytt i LK20?	52
6.6	Rammer for eksamen	52
6.7	Hva testes <i>ikke</i> på eksamen?.....	53
6.8	Eksamen, fagtradisjoner og undervisning	56
6.9	Oppsummering og videre arbeid	57
7	Konklusjon	59
	Referanser.....	61
	Vedlegg.....	64

Figurer

Figur 1: Tillatte hjelpemidler på skriftlig eksamen i fysikk, 2023. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023d).	12
Figur 2: Rammeverket som brukes til å analysere hver deloppgave.	18
Figur 3: Deloppgave 1r, V19. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2019a).	26
Figur 4: Deloppgave 2d, V18. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2018a).....	27
Figur 5: Deler av oppgave 3, V18. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2018a) der noen deloppgaver og noe oppgavetekst har blitt kuttet.	29
Figur 6: Deloppgave 1g, V23. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).....	30
Figur 7: Deloppgave 1t, V23. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).	31
Figur 8: Deler av oppgave 7, V23. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).	32
Figur 9: Skjerm bilde av oppgave 6, V23 (Utdanningsdirektoratet, 2023a).	34
Figur 10: Skjerm bilde av deloppgave 1e, V23 (Utdanningsdirektoratet, 2023a)	36
Figur 11: Oppgave 5, H23.	38
Figur 12: Deloppgave 1c fra V23. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).	41
Figur 13: Oversikt over hvor mange deloppgaver som ble knyttet til et gitt delkompetansemål under LK20.	43
Figur 14: Oversikt over andelen deloppgaver assosiert med en spesifikk delaktivitet i hvert av eksamenssettene fra LK20.	44
Figur 15: Oversikt over andelen delaktiviteter i eksamenssettene fra LK06.	45
Figur 16: Andelen deloppgaver i de ulike eksamenssettene som krever en spesifikk delaktivitet.	46
Figur 17: Snittandelen delaktiviteter registrert i V17, V18, og V19 fra LK06, samt V23 og H23 fra LK20.	47
Figur 18: Fullstendig oversikt over formeltilgjengeligheten på eksamen, gitt ved andel deloppgaver.....	48
Figur 19: Andelen deloppgaver der formelvedlegget eller oppgaveteksten inneholder nødvendige formler, samt andelen deloppgaver som kategoriseres under <i>vite</i>	48
Figur 20: Fordeling av andelen sammenhenger knyttet til deloppgavene i alle eksamenene.	49
Figur 21: Oppgave 1n fra eksempelsett til eksamen i fysikk 2. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023f).	55
Figur 22: Deloppgave 2d fra H23. Skjerm bilde tatt fra Utdanningsdirektoratet (2023b). 56	

Tabeller

Tabell 1: Rammeverket Anderson og Krathwohl (2001) utarbeidet basert på Blooms taksonomi. Min oversettelse.....	15
Tabell 2: Innholdsdimensjonen i rammeverket til Jones et al. (2015). Min oversettelse. 16	
Tabell 3: Den kognitive dimensjonen i rammeverket til Jones et al. (2015). Min oversettelse.	16
Tabell 4: Sammenligning av antallet oppgaver kategorisert under <i>modellere</i> og delkompetansemål 4c for V23 og H23.	45
Tabell 5: Gjennomsnittlig antall sammenhenger for de ulike eksamenene.	49

Forkortelser/symboler

BFG	Beskrive, Forklare, Gjøre rede for
KUF-komiteen	Kirke-, utdannings- og forskningskomiteen
LK06	Læreplanen for Kunnskapsløftet 2006
LK20	Læreplanen for Kunnskapsløftet 2020
V17 – V23	Skriftlig eksamen i fysikk 2 for våren 2017, 2018, 2019, og 2023
H23	Skriftlig eksamen i fysikk 2 for høsten 2023

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

I 2020 startet overgangen til læreplanen for Kunnskapsløftet 2020 (LK20). Da hadde arbeidet fram mot innføringen pågått i syv år, med bidrag fra en rekke grupper og aktører. Den nye læreplanen fikk en annen struktur og innhold enn tidligere, men det var fortsatt kompetansemålene som skulle ligge til grunn for vurderingen av elevenes kompetanse (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3). Kirke-, utdannings- og forskningskomiteen (KUF-komiteen) (Innst. 19 S (2016–2017)) mente at det burde bli uttrykt tydeligere hva elevene skulle ha kompetanse i, og antallet kompetansemål måtte reduseres (s. 7), sammen med fagenes omfang (s. 1). Målet om å redusere antallet kompetansemål ble oppnådd i fysikk 2, og er nesten halvert fra 22 under Læreplanen for Kunnskapsløftet 2006 (LK06), til 12 i LK20. Måten kompetansemålene blir ordlagt på har også blitt endret, men det betyr ikke nødvendigvis at fagenes omfang faktisk har blitt mindre. Min masteroppgave tar for seg hvordan disse endringene har påvirket skriftlig eksamen i fysikk 2.

1.2 Innfallsvinkel til forskningsspørsmålene

Kompetansemålene i fysikk 2 under LK06 gikk i stor grad ut på at elevene skulle «beskrive» (9/22)¹, «gjøre rede for» (8/22), eller «bruke» (6/22), men en rekke av kompetansemålene i LK06 var todelt og spesifiserte mer enn en type arbeid (verb) knyttet til hvert kompetansemål. Kompetansemålene under LK20 har også flere verb per kompetansemål, men de som opptrer oftest har sett noen endringer, da de nå utgjør «gjøre rede for» (5/12), «beskrive» (4/12), og nykommeren «utforske» (4/12). Ellers i kompetansemålene har det blitt introdusert verb som «planlegge» og «presentere», mens «regne ut» og «foreslå» har forsvunnet. Verbene «beregne», «vurdere», og «analysere» kan finnes i begge læreplanenes kompetansemål. Alle disse verbene beskriver hvordan elevene skal vise sin kompetanse i det faglige temaet kompetansemålet omhandler.

Forrige semester skrev jeg en semesteroppgave i emnet *Forskningsmetoder i matematikk- og realfagsdidaktikk*, hvor jeg utførte to enkeltintervjuer med fysikklærere. Disse handlet om deres tanker og meninger, både positive og negative, rundt skriftlig eksamen i fysikk. Om ett av kompetansemålene til LK20, som sier at elevene skal kunne «utforske, beskrive og modellere bevegelse i to dimensjoner» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6), sa den ene læreren følgende om oppgaver som gis på eksamen:

Jeg kan gå inn på bevegelse i 2 dimensjoner og kan gå inn og se på bevegelser [i] gravitasjonsfelt, så en kan jobbe med de temaene, men kan man jobbe med utforskning, beskrive, og modellere? Elevene skal jo kunne alle 3. Så du kan jobbe med bevegelse i to dimensjoner på eksamen, men kanskje ikke på de tre måtene som kompetansemålet vil at du skal. (Lærer 2, 2023)

Læreren er, med andre ord, ikke sikker på om eksamen, slik den er i dag, legger opp til at elevene får vurdert sin kompetanse på alle de måtene læreplanen spesifiserer. Alle

¹ Hvor mange av kompetansemålene et gitt verb finnes i.

kompetansemålene i LK20 inneholder mer enn ett verb som beskriver hvordan elevene skal arbeide (Utdanningsdirektoratet, 2021c), så denne usikkerheten kan utvides til hele læreplanen. For å kunne vurdere elevenes kompetanse må det legges opp til varierte oppgaver for å dekke bredden i hvordan elevene skal arbeide med det enkelte kompetansemålet, ut fra verbene som brukes. Praktiseres dette under den skriftlige eksamensvurderingen i fysikk 2? Hvilke endringer finnes der, som en konsekvens av LK20?

Problemstillingen jeg legger opp til å besvare i denne masteroppgaven tar utgangspunkt i denne usikkerheten jeg ble oppmerksom på i semesteroppgaven. Jeg vil undersøke hvordan elevene må arbeide på skriftlig eksamen, i forhold til hvilket arbeid det legges opp til i kompetansemålene.

Problemstillingen er: ***Hvordan gjenspeiles den nye læreplanens kompetansemål i skriftlig eksamen i fysikk 2?***

Dette er en aktuell problemstilling ved overgang til ny læreplan. Koblingen mellom kompetansen elevene skal være i besittelse av, og den de faktisk har, kan svekkes dersom måten elevene skal vise kompetansen sin på endres, men det ikke følges opp i hvordan de testes og vurderes.

Som følge av problemstillingen har jeg formulert det første forskningsspørsmålet: ***Hva slags arbeid må elevene utføre under skriftlig eksamen i fysikk 2?***

Med dette ønsker jeg å undersøke hvordan elevene må arbeide for å løse den enkelte oppgaven på eksamen, og se om dette arbeidet er i samsvar med verbene i kompetansemålene.

Om man i isolasjon ser på hvordan elevene må arbeide for å løse eksamensoppgaver, vil det ikke være noen garanti for at dette er i samsvar med kompetansemålene. Et kompetansemål kan deles opp i *hva* slags fagstoff som skal testes, og *hvordan* elevene skal vise kompetansen sin innen dette fagstoffet. Der verbet gir innsikt i *hvordan*, vil resten av kompetansemålet beskrive *hva*. Ta kompetansemålet som ble sitert over. Der vil *hvordan* bli gitt av verbene «utforske», «beskrive», og «modellere», mens *hva* er «bevegelse i to dimensjoner». En oppgave må omhandle riktig tema, men også legge opp til at eleven skal vise kompetansen sin innen temaet på en spesifikk måte.

Det andre forskningsspørsmålet formuleres for å undersøke dette: ***I hvilken grad testes kompetansemålene som opptrer på skriftlig eksamen i fysikk 2?***

Der kompetansemålene inneholder flere verb som beskriver hvordan elevene skal vise kompetansen sin, ønsker jeg å se om alle verbene i kompetansemålene blir brukt som en del av elevenes oppgaveløsning under eksamen, eller om det kun er deler av dem som inngår.

Disse to forskningsspørsmålene skal brukes til å belyse den overordnede problemstillingen jeg forholder meg til, der jeg vil undersøke eksamensoppgaver for å se hva slags arbeid de legger opp til, og hva slags kompetanse de tester. Enkeltoppgavene er selvsagt ikke i stand til å teste mer enn fragmenter av læreplanen, så fokuset mitt ligger på hvordan eksamensoppgavene innen hver eksamen samlet bidrar til en helhetlig vurdering av kompetansemålene under den nye læreplanen.

1.3 Veien til målet

Kapittel 2 presenterer bakgrunnen for prosjektet, der jeg legger stort fokus på utviklingen av og intensjonene for læreplanen for Kunnskapsløftet 2020, og dens endelige innhold. I tillegg ser jeg nærmere på hvordan skriftlig eksamen blir utført, særlig for fysikk 2. Til slutt vil forskjellige taksonomiske rammeverk for kategorisering av oppgaver få sine karakteristikk presentert.

I kapittel 3 brukes teorien fra kapittel 2 til å begrunne analysemetoden min. Datamaterialet presenteres, samt hva slags data jeg ønsket å hente ut fra det. Jeg argumenterer for hvorfor jeg valgte å ikke bruke de eksisterende rammeverkene i denne prosessen, og vurderer ulike hensyn som måtte tas med den valgte framgangsmåten.

Kapittel 4 går i detalj på hvordan analysen av datamaterialet ble utført, og tankegangen som lå til grunn for resultatene, slik at prosessen blir mer transparent. Dette kapittelet skal underbygge resultatene ved hjelp av faktiske eksempler fra prosessen.

Neste er kapittel 5, der resultatene har blitt organisert og presentert. Resultatene som relaterer til forskningsspørsmålene presenteres først, før jeg ser på andre resultater som også kan være av interesse.

Kapittel 6 inneholder diskusjonen. Her vil resultatene bli sett i lys av teorien, og jeg vil diskutere hva som blir og ikke blir testet på eksamen. Jeg vil gi visse anmerkninger angående rammeverket. I tillegg vil noen ulike sider ved eksamen og spørsmålene som stilles der bli undersøkt nærmere.

Kapittel 7 inneholder konklusjonen.

2 Teori

I dette kapitlet vil de faktorene som ligger til grunn for undersøkelsen av eksamen i fysikk introduseres. Det vil bli gitt innsikt i hva som ligger til grunn for introduksjonen av ny læreplan i 2020, og hva som forventes av elevene i denne. Hvordan eksamen planlegges, gjennomføres, og vurderes vil bli beskrevet, før diverse taksonomiske rammeverk for vurdering av oppgaver og oppgavesett presenteres.

2.1 Læreplan og fagfornyelse

Er læreplanen lagt opp for å sikre at elevene lærer nyttig kompetanse som kan hjelpe dem gjennom livet, både nå og i fremtiden? I 2013 satte regjeringen ned et utvalg ledet av Sten Ludvigsen (Ludvigsen-utvalget) som skulle gi svar på dette, og mer (NOU 2015:8). To år senere var rapporten ferdigstilt. Utvalget anbefalte en «fagfornyelse» som la vekt på følgende faktorer i utviklingen av nytt læreplanverk:

- elevenes forutsetninger for læring,
- pedagogisk, didaktisk og fagdidaktisk forskning,
- hva som er relevante fagområder og kompetanser for fremtiden,
- horisontal og vertikal sammenheng i læreplanverket, og
- bredden i skolens formålsparagraf.

(NOU 2015:8, s. 12)

Ludvigsen-utvalget brukte opprinnelig et bredt kompetansebegrep i arbeidet sitt. Kompetanse, ifølge utvalget, dekket ikke bare kunnskapene og ferdighetene elevene skulle ha innen fagene, men også kompetansen de trenger til å fungere som deltakere i et større samfunn, der samhandling mellom mennesker er viktig (NOU 2015:8). Utvalget skrev i rapporten sin at: «kompetansebegrepet omfatter faglige kunnskaper og ferdigheter, sosial og emosjonell læring og utvikling, holdninger, verdier og etiske vurderinger» (NOU 2015:8, s. 15). Ludvigsen-utvalget anbefalte en oppdeling av kompetanse der de fire områdene «fagspesifikk kompetanse», «å kunne lære», «å kunne kommunisere, samhandle og delta», og «å kunne utforske og skape» (NOU 2015:8, s. 8) skulle bli framhevet.

Et sentralt tema i rapporten under disse områdene er dybdelæring, et begrep hvis ervervelse forutsetter en tydelig progresjon og tilstrekkelig tid til læring. Dybdelæring er noe skolene skal arbeide mot for at elevene skal kunne oppnå tilstrekkelig kompetanse i fagene, da «kompetanseoppnåelse forutsetter dybdelæring» (NOU 2015:8, s. 10). Å vite hvilke situasjoner kunnskap og kompetanse en er i besittelse av kan brukes i, blir av Ludvigsen-utvalget sett på som en del av å ha oppnådd dybdelæring (NOU 2015:8, s. 41). Fokus på dybdelæring legger til rette for en framtidsrettet plan som tar høyde for kompetansen elevene skal bruke senere i livet, deriblant ny teknologi. I møte med utvikling som fører til ukjente situasjoner, vil det å legge til rette for kunnskaper og ferdigheter som gjør befolkningen bedre rustet til å håndtere utfordringer og oppgaver utenom normen være nyttig for både samfunn og enkeltperson.

Utvalget anbefalte derfor at nye læreplaner i fag ble mindre omfattende. Metakognitive evner («å lære å lære»), kritisk tenking, og digitale ferdigheter understrekes også som sentrale elementer for læring og viktige kompetanser elevene bør utvikle (NOU 2015:8). Utvalget skrev også om digitale ferdigheter at: «Utvalget mener det er viktigere å vurdere hvordan teknologisk og digital utvikling påvirker kompetansen i hvert enkelt fag, fremfor å legge vekt på at digitale ferdigheter har fellestrekk på tvers av fag» (NOU 2015:8, s. 36). Digitale ferdigheter i norsk og fysikk kan begge innebære å bruke Internett til å søke opp informasjon om et emne relevant for faget, men det å bruke eksempelvis koding til å løse ulike problemer er mer relevant for matematiske fag enn språkfagene. Innføres anbefalingen fra rapporten åpner det da opp for spesialisert bruk av digitale ressurser som en del av kompetansemålene.

I 2016 kom Kunnskapsdepartementet med Meld. St. 28 (2015–2016) (melding til Stortinget). Denne fulgte opp Ludvigsen-utvalgets rapport, og ga startskuddet til arbeidet med fagfornyelsen, det nye læreplanverket. I meldingen til Stortinget landet Kunnskapsdepartementet på en smalere kompetansedefinisjon enn det som ble anbefalt i Ludvigsen-utvalgets rapport. Kunnskapsdepartementet gir følgende definisjon:

Kompetanse er å kunne tilegne seg og anvende kunnskaper og ferdigheter til å mestre utfordringer og løse oppgaver i kjente og ukjente sammenhenger og situasjoner. Kompetanse innebærer forståelse og evne til refleksjon og kritisk tenkning. (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 11)

Selv om definisjonen for kompetanse ikke var den samme, fulgte Kunnskapsdepartementet opp mange av anbefalingene fra utvalget. I Meld. St. 28 (2015–2016) står det at fagenes omfang var for store og at det var vanskelig for lærerne å legge opp til dybdelæring i skolen under LK06. Det skulle derfor i utarbeidelsen av ny læreplan legges til rette for dybdelæring ved å fokusere fagenes innhold (s. 9). Med dybdelæring menes det i den ferdige læreplanen at elevene i fagene skal kunne «anvende kunnskaper og ferdigheter på ulike måter, slik at elevene over tid kan mestre ulike typer faglige utfordringer individuelt og i samspill med andre» (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 17), en definisjon som har store likheter med begrepets beskrivelse i Meld. St. 28 (2015–2016). Definisjonen av dybdelæring krever tid til arbeid med hvert emne, så Kunnskapsdepartementet anbefalte i Meld. St. 28 (2015–2016) en reduksjon i antallet kompetansemål (s. 36), hvis utforming skulle baseres på kjerneelementene knyttet til hvert fag. Kjerneelementene sin rolle i fysikkfaget og skolen for øvrig vil tas opp igjen senere i denne seksjonen.

Kritisk tenkning, et annet begrep som ble vektlagt av Ludvigsen-utvalget, inngår i kompetansedefinisjonen, men også andre steder i Meld. St. 28 (2015–2016), som i den grunnleggende ferdigheten å lese (s. 31), og i relasjon til formålsparagrafens ønskede mål for elevenes læring (s. 38). Kritisk tenkning er et mål i seg selv under det å ha kompetanse i å utforske og skape (s. 41). Begrepene som Ludvigsen-utvalget anså som sentrale ble bygd inn i de ulike hjørnesteinene som skulle bli lagt til grunn for det kommende arbeidet med nye læreplaner.

Det siste skrittet før fornyelsen kunne starte var Innst. 19 S (2016–2017) (Innstilling fra kirke-, utdannings- og forskningskomiteen), KUF-komiteen sine kommentarer til og endringer for Meld. St. 28 (2015–2016), og dokumentet som ble stemt på og vedtatt i Stortinget. Veien til LK20 hadde vært lang. Allerede i 2013, da arbeidet til Ludvigsen-utvalget startet, støttet KUF-komiteen Kunnskapsdepartementet i at det trengtes en ny generell del til læreplanverket fordi den generelle delen av læreplanen var utdatert en verden i utvikling (Innst. 19 S (2016–2017)). Komiteen skrev at:

den generelle delen av dagens læreplanverk er utarbeidet i en annen tid enn resten av læreplanverket, og [komiteen] støtter derfor at denne erstattes med en oppdatert versjon som er bedre tilpasset en ny tid og fremtidens kunnskapsvirkelighet. Innst. 19 S (2016–2017) (s. 8)

De overordnede rettleidingene for undervisningen skulle fornyes, og de fagspesifikke læreplanene fulgte etter. Ludvigsen-utvalgets rapport anbefalte økt sammenheng, både innad i og mellom fagene (NOU 2015:8), et ønske som ble videreført i Innst. 19 S (2016–2017) og retningslinjene for utarbeidelsen av de nye læreplanene. Det skulle være kommunisert tydeligere hva som ligger i kompetansemålene. Om dette skriver KUF-komiteen at:

Komiteens medlemmer [...] mener at ambisjonen med ny læreplan for skolen bør være at det til sammen blir færre og tydeligere mål, og en mye klarere sammenheng mellom de overordnede målene for skolen og de daglige arbeidsmålene for kunnskaper, ferdigheter og kompetanse i fagene. (Innst. 19 S (2016–2017), s. 7)

Disse målene for Overordnet del, og for læreplanene for øvrig, var ledende for endringene som kan sees i LK20.

Hva er nytt i LK20?

Den første delen av det nye læreplanverket som ble ferdigstilt var *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen* (Kunnskapsdepartementet, 2017). Den overordnede delen gjelder for hele grunnopplæringen, og det videre arbeidet med fagfornyelsen baserte seg på denne. Dette resulterte i nye læreplaner i fagene i den norske skolen, *Læreplaner for Kunnskapsløftet 2020*, også kalt LK20. Det nye læreplanverket ble tatt i bruk fra 2020, men innført suksessivt i videregående skole (Utdanningsdirektoratet, 2023e). For fysikk ble LK20 innført fra høsten 2021 (Utdanningsdirektoratet, 2021c), men da kun for elever i vg2 som skulle ta fysikk 1. Fysikk 2 under LK20 var det undervisning i først skoleåret etter, 2022-2023. Den første ordinære skriftlige eksamen i fysikk 2 under LK20 ble avholdt våren 2023.

Den Overordnede delen er oppdelt i *Opplæringens verdigrunnlag*, *Prinsipper for læring, utvikling og danning*, og *Prinsipper for skolens praksis*. Verdigrunnlaget i skolen skal være knyttet til formålsparagrafen i opplæringsloven (1998, § 1-1). I Innst. 19 S (2016–2017) var KUF-komiteen fornøyd med hvordan Meld. St. 28 (2015–2016) la opp for økt sammenheng mellom formålsparagrafen, Overordnet del (da Generell del), og resten av læreplanene (s. 8). Karseth et al. (2020) skriver i en rapport for Utdanningsdirektoratet at Overordnet del inkluderer, men også utvider, verdiene fra formålsparagrafen (s. 145). Det er opp til læreplanen i det enkelte faget å gjøre disse verdiene fagspesifikke.

Overordnet del plasserer kritisk tenkning og etisk bevissthet som en egen kategori under opplæringens verdigrunnlag (Kunnskapsdepartementet, 2017). Der blir kritisk tenkning beskrevet som en del av læringen, men også noe som kreves for at læring skal finne sted (s. 7). Begrepet defineres, sammen med vitenskapelig tenkning, som «å bruke fornuften på en undersøkende og systematisk måte i møte med konkrete praktiske utfordringer, fenomener, ytringer og kunnskapsformer» (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 6).

Kunnskapsdepartementet (2017) skriver i Overordnet del at «Skolen skal gi rom for dybdelæring slik at elevene utvikler forståelse av sentrale elementer og sammenhenger innenfor et fag, og slik at de lærer å bruke faglige kunnskaper og ferdigheter i kjente og ukjente sammenhenger» (s. 11). Dybdelæring er noe skolene skal arbeide mot for at elevene skal kunne oppnå tilstrekkelig og bred kompetanse i fagene. Utforskning, sammen med eksperimentering og det å stille spørsmål, blir knyttet til dybdelæring i Overordnet

del (Kunnskapsdepartementet, 2017). Skolen skal arbeide for å gi elevene mulighet til å arbeide med utforskning på varierte måter, og skal ikke begrense seg til å kun lære elevene fagkompetanse. Respekt for naturen, etisk bevissthet og resten av verdigrunnlagene som kan finnes i læreplanens Overordnede del skal ligge til grunn for all undervisning som utføres i den norske skolen (Kunnskapsdepartementet, 2017). Det at skolen skal være en institusjon som bidrar til dannelse av befolkningen er ikke nytt, men den Overordnede delen setter ord på og understreker dette.

I læreplanen i fysikk sitt avsnitt om «Fagets relevans og sentrale verdier» ser man en tydelig oppfølging av overordnede verdier og prinsipper:

Fysikk skal bidra til at elevene utvikler en vitenskapelig og kritisk tenkemåte, og til at de får mulighet til å reflektere over hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles. I fysikk skal vitenskapelige påstander kunne utfordres både teoretisk og eksperimentelt, og nye innsikter og metoder skal bidra til at vitenskapen utvikler seg. Faget skal gi elevene rom til undring, og fagets utforskende og eksperimentelle natur skal legge til rette for at elevene får utfolde nysgjerrighet, skaperglede og engasjement. Fysikkfaget skal bidra til at elevene anerkjenner verdien av samarbeid og idéutveksling for å utvikle kunnskap og forståelse. (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 2)

Elevene skal tenke kritisk, ha varierte arbeidsmåter, reflektere, arbeide med utforskning, og eksperimentere. I tillegg er samfunnsperspektivet trukket inn ved samarbeid og idéutveksling. Alt dette kan relateres til Overordnet del og intensjonene med Fagfornyelsen, som tidligere beskrevet.

I læreplanene er det definert kjerneelementer i det enkelte faget. Tidligere hadde hovedområdene beskrevet de viktigste temaene i fagene, men ble under LK20 erstattet med kjerneelementer. Utdanningsdirektoratet beskriver kjerneelementene som «det viktigste faglige innholdet elevene skal arbeide med i opplæringen» (Utdanningsdirektoratet, 2019d) og utdyper videre at:

Kjerneelementene er det elevene må lære for å kunne mestre og anvende faget.

Kjerneelementene består av sentrale begreper, metoder, tenkemåter, kunnskapsområder og uttrykksformer. Kjerneelementene preger innholdet og progresjonen i læreplanene og skal bidra til at elevene over tid utvikler forståelse av innhold og sammenhenger i faget. (Utdanningsdirektoratet, 2019d)

I læreplanen for fysikk er kjerneelementene «Praksiser og tenkemåter i fysikk», «Energi og energioverføring», «Krefter og felt», og «Materie, tid og rom» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 2). Kunnskapsdepartementet skriver at kjerneelementene er viktige i faget fordi det å arbeide med dem er en hensiktsmessig måte å oppnå kompetansemålene på (Meld. St. 28 (2015–2016), s. 44) og fordi de utgjør de viktigste byggesteinene i faget. Kompetansemålene skal også «forståast i lys av teksten om faget i læreplanen» (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3), deriblant kjerneelementene. I Overordnet del blir ikke kjerneelementene nevnt (Kunnskapsdepartementet, 2017), men i de fagspesifikke læreplanene på Utdanningsdirektoratets nettsider inngår beskrivelse av hvilke kompetansemål som er knyttet til det enkelte kjerneelementet². Til tross for kjerneelementenes viktige posisjon i det enkelte faget, der de utgjør «det viktigste faglige innholdet» (Utdanningsdirektoratet, 2019d), skriver Karseth et al. (2020) likevel at «kjerneelementenes funksjon ikke er tydelig formidlet i læreplanverket, verken i Overordnet del eller i de enkelte læreplanene» (s. 128). Helt i starten av 2.1 ble et sitat fra Ludvigsen-utvalget (NOU 2015:8) nevnt, der utvalget anbefalte «horisontal og vertikal sammenheng i

² se f.eks. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/om-faget/kjerneelementer?context=KV467>

læreplanverket» (s. 12). Kjerneelementene, som ble vedtatt før framstillingen av læreplanene for øvrig startet³, var noe læreplangruppene kunne bruke i arbeidet sitt (Karseth et al., 2020), men det er ikke nødvendigvis klart for sluttbrukerne, landets faglærere, hva de skal brukes til når dette ikke står skrevet i læreplanene.

Grunnleggende ferdigheter var en del av LK06, og Kunnskapsdepartementet anbefalte å videreføre dem i LK20 (Meld. St. 28 (2015–2016), s. 30), noe KUF-komiteen var enig i (Innst. 19 S (2016–2017), s. 10). Under LK06 hadde de grunnleggende ferdighetene av noen blitt tolket som bokstavelig talt grunnleggende, i det at ferdighetene var viktigst blant lavere årstrinn (Hertzberg, 2009, s. 145). Dette var ikke intensjonen bak de grunnleggende ferdighetene (Meld. St. 28 (2015–2016)). I Overordnet del står det at: «Utvikling av de grunnleggende ferdighetene har betydning gjennom hele opplæringsløpet. Det går for eksempel en sammenhengende linje fra den første lese- og skriveopplæringen til det å kunne lese avanserte faglige tekster» (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 12). De grunnleggende ferdighetene inngår i all oppgaveløsning som foregår i fagene, inkludert fysikk. De følger en fra starten av opplæringen og vil øke i kompleksitet etter hvert som fagene gjør det. Jeg vil i kapittel 4.4.1 se nærmere på den grunnleggende ferdigheten å *regne*, men det at de andre ikke nevnes i detalj betyr ikke at å *regne* på noen måte er viktigere enn dem. Høy kompetanse i faget innebærer også at eleven må være dyktig innen alle de grunnleggende ferdighetene.

Færre kompetansemål å gå gjennom, som gir mer tid på hvert, var et mål som skulle sørge for dybdelæring hos elevene etter fagfornyelsen (Karseth et al., 2022). De skulle også kommunisere tydeligere hvilken kompetanse elevene skulle ha (Innst. 19 S (2016–2017)). Det er færre kompetansemål i LK20 enn i LK06, men dette er ikke ekvivalent med mindre omfang i fagene, noe som var et ekspressivt mål med fagfornyelsen i Innst. 19 S (2016–2017). Fordi kompetansemålene er sammensatte mål med flere kompetanseområder og måter å vise ferdigheter på, er ikke antallet kompetansemål det eneste som må tas hensyn til når det kommer til hvor mye fagstoff de omfatter. Et kompetansemål som er veldig presist i sin formulering av kompetansen elevene skal besitte, vil avgrense seg selv. Karseth et al. (2022) konkluderer med at arbeidet som resulterer fra den store stoffmengden har blitt lærernes oppgave å hankses med (s. 150). Lærerne må ikke bare undervise kompetansemålene etter å ha tolket dem, men også sørge for at kompetansemålenes omfang blir avgrenset til noe som er håndterbart for elevene.

Hvilke ord som brukes til å beskrive hvordan elevene skal vise kompetansen sin har til dels endret seg, men noen verb finnes i både LK20 og LK06. De nye verbene kan kobles til kompetansedefinisjonen og ferdighetene som spesifiseres i Overordnet del, deriblant utforsking. Vi ser også dette i fysikk 2 sin forklaring om standpunkt karakter, der

Læreren skal sette karakter i fysikk 2 basert på kompetansen eleven har vist ved å ta i bruk kunnskaper og ferdigheter i faget for å utforske fysiske fenomener, formidle sammenhenger og argumentere for og kritisk vurdere løsninger på ulike faglige problemer, både skriftlig, muntlig og praktisk. (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 7)

Læreplanen uttrykker dermed at elevene skal vurderes på et bredt spekter av arbeidsformer som forekommer i Overordnet del, og at de skal vise kompetansen sin ved å bruke blant annet utforsking og kritisk tenking. Dette utgjør en vertikal sammenheng

³ Dette gjelder kun fellesfagene. I fysikk var læreplangruppens første oppgave å lage kjerneelementer.

mellom de to delene av læreplanverket, der den fagspesifikke læreplanen skal utføre standpunktvurderingen gjennom ferdighetene som presenteres i Overordnet del.

2.2 Vurdering i norsk skole

Nå har standpunkt karakteren allerede blitt nevnt, men det er i hovedsak to typer vurdering i norsk skole: undervisvurdering og sluttvurdering. Der undervisvurderingen brukes som et verktøy til å bidra til den videre utviklingen av elevenes kompetanse, skal sluttvurderingen isteden måle elevenes endelige kompetanse ved avslutningen av opplæringen, i form av en karakter fra 1 til 6 (NOU 2015:8; Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-10 og § 3-14). Undervisvurdering vil ikke bli beskrevet videre i denne masteroppgaven, siden problemstillingen her er knyttet til sluttvurdering. I fysikk 2 har sluttvurderingen to former: standpunktvurdering og eksamensvurdering.

Standpunktvurderingen, den første av disse, skal settes på grunnlag av elevenes helhetlige kompetanse i et fag (Utdanningsdirektoratet, 2021a, § 3-15). Denne formen for sluttvurdering blir beskrevet som en god måte å måle elevenes kompetanse i fagene (NOU 2015:8, s. 80). I Ludvigsen-utvalgets rapport skrives det om standpunktvurderingen at: «Lærerne kan innhente informasjon om elevenes kompetanse over flere uker mot slutten av opplæringsperiode i faget, og bruke informasjon fra ulike kilder og vurderingssituasjoner» (NOU 2015:8, s. 80). I tillegg er det fastsatt at standpunktvurderingen skal settes ut fra hvordan eleven viser kompetansen sin på «Flere og varierte måter» (Utdanningsdirektoratet, 2021a, § 3-15). Det er ikke mulig å gjøre dette ved en eksamensvurdering. Den utgjør et enkelt datapunkt, med fastsatte rammer, som ene og alene bestemmer karakteren. Slik skiller disse formene for sluttvurdering seg fra hverandre, men det er fortsatt likheter basert på hva en sluttvurdering skal inneholde.

På samme måte som standpunktvurderingen, skal eksamen legge til grunn fagets kompetansemål (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3). Angell et al. (2019, s. 384) understreker at forskriften med dette sier at vurderingen skal baseres på alle kompetansemålene, ikke et utvalg av disse. I forskriften til opplæringsloven (2006) skriver Kunnskapsdepartementet, i forbindelse med rammene for eksamen, at: «Eksamen skal vere i samsvar med kompetansemåla i læreplanen, jf. § 3-3. Eksamen skal gi eleven eller privatisten høve til å vise sin kompetanse i så stor del av faget som mogleg ut frå eksamensforma» (§ 3-22). De tar med det forbehold om at eksamen ikke alltid kan baseres på alle kompetansemålene. En sluttvurdering skal gi et samlet bilde av elevenes avsluttende kompetanse i faget, men for eksamen spesielt er det mulig å ekskludere deler av kompetansemålene som skal vurderes, dersom eksamensformen ikke er egnet til å vurdere akkurat den kompetansen. Å la være å vurdere elevenes kompetanse innen visse kompetansemål er ikke mulig for en standpunkt karakter (Utdanningsdirektoratet, 2021a, § 3-15).

Sentralt gitt skriftlig eksamen skal gi elevene like forutsetninger for å løse oppgavene. Utdanningsdirektoratet har ansvaret for å definere rammene for eksamen og å utarbeide eksamensoppgavene (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-23). Blant annet utarbeides det hvert år en eksamensveiledning for hvert enkelt fag som presiserer hvilke hjelpemidler som er tilgjengelige. Eksamensveiledningene til fysikk 2 blir grundigere gjennomgått i 2.3.1. Eksamen kan bestå av separate deler, med ulik tilgang til hjelpemidler. Dette er tilfellet i fysikk 2, der et begrenset utvalg ikke-digitale hjelpemidler er tilgjengelige på del 1, mens del 2 har fri tilgang til ikke-digitale hjelpemidler som ikke tillater kommunikasjon, og en begrenset mengde digitale hjelpemidler. De digitale hjelpemidlene kan bestå av programmer, nettsider, og

dokumenter, men det skal ikke være fri tilgang til Internett, eller andre verktøy som tillater kommunikasjon, under eksamen (Utdanningsdirektoratet, 2023b, 2023a). I 2018 ble det satt nasjonale føringer for hvilke nettsider elevene skal ha tilgang til under eksamen, mens det mellom 2015 og introduksjonen av de nasjonale føringene var skoleeier som tok denne avgjørelsen (Utdanningsdirektoratet, 2024b). Tilgang til sentralt gitt føringer for internettbaserte hjelpemidler er altså relativt nytt, men det sikrer at alle eksaminandene har samme tilgang på hjelpemidler under eksamen⁴. De felles rammene bidrar til en standardisert eksamensgjennomføring, som øker reliabiliteten til eksamensvurderingen gjennom det at elevenes kompetanse vil ha mindre variasjon fordi de vurderes på standard vilkår.

Eksamen skal vurdere elevenes kompetanse, uttrykt ved fagets kompetansemål (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-22). En forutsetning for eksamensoppgavens validitet er at de tester elevenes kompetanse slik den er beskrevet i læreplanen.

Under en sentralt gitt eksamen er oppgavesettene identiske for alle eksaminandene, noe Kunnskapsdepartementet bruker som et argument for at kvaliteten på vurderingen av elevenes kompetanse øker:

Eksamen er en form for kvalitetssikring for elevene fordi de får en eksternt vurdering av sin fagkompetanse. Fag med sentralt gitt eksamen har identiske oppgavesett for alle som kommer opp i faget. Det er med på å gi elevene et mer likeverdig vitnemål fordi eksamenskarakterene settes på det samme vurderingsgrunnlaget. (Meld. St. 28 (2015–2016), s. 62)

En lokalt gitt eksamen er basert på lokale oppgaver og lokal vurderingspraksis, og varierer dermed mellom skoler og fylker. For en sentralt gitt eksamen er oppgaver og rammer felles for alle, og i tillegg tilstreber man en felles vurderingspraksis for sensorene.

Skriftlig eksamen utarbeidet sentralt skal vurderes av to eksterne sensorer. Begge sensorene «skal ha tilfredsstillende kompetanse i faget» (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-28), uten at det spesifiseres hva slags kompetanse som kvalifiserer en person til sensorrollen. Statsforvalteren oppnevner sensorer (Utdanningsdirektoratet, 2024c). Vanligvis tilbys sensorene å gjennomgå en skoleringsprosess før sensur av eksamen. Gjennom sensorskoleringen er målet at sensorene skal få et felles syn på hvordan en eksamensbesvarelse skal vurderes, for «Eksamenskarakteren skal ikke være avhengig av hvilke sensorer som har vurdert besvarelsen» (Utdanningsdirektoratet, 2024c). Sensorskoleringen blir dermed et verktøy for å sikre reliabilitet i eksamensvurderingen. Som en del av sensuren, utføres det en forhåndssensur basert på tilbakemeldingene fra sensorene etter at de har sensurert de omtrent 10% første besvarelsene. I forhåndssensuren pekes det på eventuelle elementer sensorene må være oppmerksomme på i sensureringen, og det presenteres en veiledende karakterskala basert på poengsetting på oppgavene.

2.3 Skriftlig eksamen i fysikk 2

Eksamen skal gi uttrykk for elevens kompetanse etter fullført undervisning i et fag (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3). Hva ligger så i ordet kompetanse slik det brukes i læreplanen? Kunnskapsdepartementet skrev i Meld. St. 28 (2015–2016) at definisjonen som brukes på kompetanse i fag ikke gir et fullstendig bilde av den

⁴ Unntak forekommer, se 2.3.1.

helhetlige kompetansen elevene skal tilegne seg gjennom opplæringen i skolen, men er begrenset til elevenes fagkompetanse. Kompetansedefinisjonen skulle være veiledende for gruppene som utviklet fagenes kompetansemål, og er «avgrenset til mål for den enkelte elevs kompetanse i fag» (s. 28). Jeg ser i denne oppgaven på skriftlig eksamensvurdering, så det er Kunnskapsdepartementet (2017, s. 11) sin definisjon som er gjeldende for kompetansebegrepet, da det er elevenes individuelle fagkompetanse som vurderes på eksamen, ikke den utenomfaglige kompetansen deres.

2.3.1 Rammer og veiledning

Standpunktvurdering og eksamensvurdering er de to mulige sluttvurderingene i fysikk 2 (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 7-8). Begge sluttvurderingene skal baseres på kompetansemålene i læreplanen, som skal forstås i lys av læreplanens avsnitt «Om faget», deriblant kjerneelementene (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3). Elever i fysikk 2 kan trekkes til en av skriftlig eller muntlig-praktisk eksamen, men det er kun førstnevnte som er relevant for denne masteroppgaven. Som i fagene for øvrig vil eksamen i fysikk 2 resultere i en karakter som gir uttrykk for elevenes kompetanse (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-14 og § 3-35).

I læreplanen i fysikk 2 er ikke eksamensordningen utdypende beskrevet. Den presiserer kun at elevene kan trekkes til skriftlig eller muntlig eksamen, at skriftlig eksamen blir gitt sentralt, og at skriftlig eksamen ikke skal ha en forberedelsesdel (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 7-8). Når det gjelder den praktiske gjennomføringen, har Utdanningsdirektoratet avgjort, med hjemmel i forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-25), at eksamen skal vare i fem timer. Eksamen har to deler, og den første av disse skal leveres etter to timer Utdanningsdirektoratet (2023d, s. 3; 2024a, s. 3). Elevene kan fritt arbeide med oppgavene på begge delene inntil de leverer del 1, men de må forholde seg til hjelpemidlene som er tilgjengelig på del 1 selv om de arbeider med del 2. Første del av eksamen består av 20 flervalgsoppgaver med fire alternativer og en større, åpen oppgave med et antall deloppgaver. Elevene får ikke trukket poeng dersom de svarer feil eller lar være å besvare flervalgsoppgavene. Del 2 av eksamen består av en rekke åpne oppgaver.

For at elever og lærere skal vite hva som kreves og forventes, samt hvordan eksamen er lagt opp, er det nødvendig å sette seg inn i eksamensveiledningen som Utdanningsdirektoratet utgir før hver ordinære, sentralt gitte skriftlige eksamen (Utdanningsdirektoratet, 2024a, 2023d). Dette dokumentet vil inneholde både praktisk informasjon om inndeling og tidsbruk, hjelpemidler, og vedlegg som er tilgjengelige, men også annen tilleggsinformasjon, som hvilke kompetansemål som ikke vurderes på eksamen. I tillegg lages det eksamensrapporter i etterkant som presenterer statistikk og resultater fra eksamen. Her diskuteres innholdet i utvalgte oppgaver, vurderingskriteriene som ble brukt, en gjennomgang av svarene som ble gitt, eksempler på elevsvar på utvalgte karakternivåer, og tips til eksamensforberedelser for lærer og elev (Utdanningsdirektoratet, 2023c). Sammen med tidligere gitte eksamensoppgaver, er eksamensveiledningen og eksamensrapportene elevenes og lærernes informasjonskilde om eksamen. Her får de konkrete eksempler på hvordan eksamensnemnden tolker kompetansemålene i læreplanen. Dette er dermed ressurser som kan brukes som verktøy til å forstå hvordan eksamen er lagt opp, hva slags oppgaver som blir gitt, vanskelighetsgrad, og på hvilket grunnlag sensuren utføres.

Det har i tillegg blitt publisert ett eksempelsett (Utdanningsdirektoratet, 2023f) som viser hvordan en eksamen kan se ut før innføringen av LK20. Det inkluderte løsningsforslag

der hver oppgave blir knyttet til et utvalg kompetansemål av Utdanningsdirektoratet. Eksempelsettet gir detaljerte eksempler på hva som kan forventes av elevene som har gjennomgått undervisning i fysikk 2 og kan brukes som en rettepinn for elever og lærere til hva som forventes på eksamen, og i faget for øvrig.

Skriftlig eksamen i fysikk tester ikke alle kompetansemålene. I den felles eksamensveiledningen for eksamen vår 2023 og høst 2023 står det at «Eksamen skal være i samsvar med kompetansemålene i læreplanen.» (Utdanningsdirektoratet, 2023d, s. 2). Dette er i overensstemmelse med forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3), som ble introdusert i kapittel 2.2. Like etter følges sitatet opp med dette avsnittet:

Følgende kompetansemål blir ikke testet på en skriftlig eksamen:

- utforske og analysere en selvvalgt teoretisk eller praktisk problemstilling i fysikk, og presentere viktige prinsipper, sammenhenger og konsekvenser
- presentere sentrale elementer i ny viten i fysikk som er et resultat av internasjonalt forskningssamarbeid, og vurdere hvordan slikt samarbeid bidrar i kunnskapsutviklingen (Utdanningsdirektoratet, 2023d, s. 2).

I 2.2 ble det også fastslått at det er mulig for Utdanningsdirektoratet å ekskludere enkelte kompetansemål, men det medfører konsekvenser. Når kompetansemål ekskluderes fra eksamensvurderingen, vil ikke eksamen kunne gi en fullstendig oversikt over elevens kompetanse i faget. Basert på forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3 og § 3-22), må det da ligge til grunn en intern vurdering for ekskluderingen av de to kompetansemålene basert på hvor egnet skriftlig eksamen er til å teste kompetansen som kompetansemålene sier at elevene skal ha. Avgjørelsen begrunnes ikke i eksamensveiledningen.

Hjelpemidlene elevene har til rådighet er ulike på del 1 og del 2 av eksamen. Se Figur 1, fra *Eksamensveiledning – for sentralt gitt skriftlig eksamen* (Utdanningsdirektoratet, 2023d) for detaljer. For en oversikt over de nettbaserte ressursene refererer Utdanningsdirektoratet (2023d, 2024a) til Novari IKS (tidligere Vigo IKS), som har publisert en liste over nettsidene elevene skal ha tilgang til (se Novari IKS (2024a)). Under hele eksamen har elevene tilgang til formelvedlegget i eksamen, som ble betydelig utvidet etter innfasingen av LK20. Deler av KUF-komiteen skrev i Innst. 19 S (2016–2017) at: «Det må legges til rette for utforskertrangen alle barn er utstyrt med. En skole som handler for mye om pugging og testing, står i veien for dette målet» (s. 6). Endringen som har blitt gjort fører til et redusert press på elevene om å lære formlene utenat, men de må fortsatt være i stand til å ta dem i bruk.

Tillatte hjelpemidler under eksamen	Del 1: skrivesaker, passer, linjal og vinkelmåler Del 2: Alle hjelpemidler er tillatt, bortsett fra åpent internett og andre verktøy som kan brukes til kommunikasjon. Ved bruk av nettbaserte hjelpemidler under eksamen har du ikke lov til å kommunisere med andre. Samskriving, chat og andre måter å utveksle informasjon med andre er ikke tillatt. Du kan ikke bruke automatisk tekstgenerator som chatbot eller tilsvarende teknologi.
--	--

Figur 1: Tillatte hjelpemidler på skriftlig eksamen i fysikk, 2023. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023d).

Følgende er et sitat fra eksamensveiledningen for 2023:

Skoler og andre som arrangerer eksamen, **kan velge** å la kandidatene benytte nettbaserte hjelpemidler som læringsressurser, oppslagsverk og ordbøker, men dette gjelder bare dersom aktuelle IP-adresser isoleres.

Oversikt over hvilke nettbaserte hjelpemidler du **skal** ha tilgang til under eksamen, finner du her[[hyperlenke til Utdanningsdirektoratet \(2024b\)](#)]. (Utdanningsdirektoratet, 2023d, s. 6, min utheving)

I dette sitatet står det at elevene «skal ha tilgang» til nettbaserte hjelpemidler, men samtidig er det også opp til skolene å «velge» om slikt kan benyttes. De nasjonale føringene skal følges, og Utdanningsdirektoratet spesifiserer i eksamensinformasjonen for skriftlig eksamen i fysikk 2 på nettsidene sine at «Du har tilgang til et begrenset utvalg nettbaserte hjelpemidler, men ikke internett for øvrig» (Utdanningsdirektoratet). Med dette legges det opp til at skoleeier kan tillate elevene å bruke andre digitale ressurser enn de som finnes på listen til Novari IKS (2024a), dersom de kan isolere IP-adressene og verifisere at ressursene ikke bryter noen andre regler. Det kan altså være ulik tilgang til hjelpemidler under eksamen. Av de tillatte ressursene som er høyst relevant for fysikkfaget inkluderer Novari IKS (2024a) blant annet Store Norske Leksikon (snl.no) og W3schools (w3schools.com).

Med ankomsten av kunstig intelligens blant den allmenne befolkningen de siste årene, og mulighetene dette innebærer for oppgaveløsning, må det holdes oversikt over hvilke nettbaserte ressurser som tillates og forbyes, da det ikke er lov til å benytte kunstig intelligens på eksamen (Utdanningsdirektoratet, 2023d, s. 7). Det er spesielt viktig å vite hva den enkelte ressursen tilbyr, ettersom noen nettbaserte ressurser kan lastes ned, for deretter å bruke modeller for kunstig intelligens uten internettilgang (Novari IKS, 2024b).

2.3.2 Eksamens innvirkning på faget

Hva definerer det faglige nivået i fysikk 2? Kompetansemålene inneholder ingen beskrivelse på hvor vanskelige oppgaver elevene skal være i stand til å løse, og ikke læreplanen for øvrig heller. Lærerne kan velge å støtte seg på eget profesjonelt skjønn til å vurdere passende vanskelighetsgrad i faget. De kan også se til fagets lærebøker, men tar med det forbehold om at lærebokforfatterne har vurdert nivået riktig. Et tredje alternativ er eksamen, eksamensrapporter, eksamensveiledninger, og eksempeloppgaver. Eksamensgruppen, nedsatt av Kunnskapsdepartementet for å gjennomgå systemet for eksamen, påpeker i sin rapport at sluttvurderingssystemet i norsk skole «i stor grad er basert på faglærers vurdering» (Blömeke et al., 2019, s. 12). Videre mener eksamensgruppen at «det bør uttrykkes tydelig at denne eksterne kvalitetsfunksjonen er et eget formål med eksamen» (s. 12).

Det har blitt skrevet av Kunnskapsdepartementet at «Eksamensresultatene kan i tillegg bidra til at lærerne og skolen kan kontrollere og utvikle sitt eget arbeid med vurdering» (Meld. St. 28 (2015–2016), s. 62), og dermed kan eksamensresultatene, sammen med eksamensoppgavene, innta en veiledende rolle for hvor vanskelige oppgaver det kan forventes at elevene bør være i stand til å løse. Det er ikke Kunnskapsdepartementet sitt ønske at eksamen og standpunktvurdering skal avvike for mye fra hverandre over tid (Meld. St. 28 (2015–2016), s. 63), men dette er ikke en vurdering som kan gjøres basert på enkelteleven, men må grunnes i en rekke kull som går til eksamen. Dersom det forekommer slike avvik i karakterene på standpunkt i forhold til eksamen over et lengre tidsrom, skriver Kunnskapsdepartementet at det «bør være et varsel til skoleeier og skoleleder om at det er nødvendig å endre eksisterende vurderingspraksis» (Meld. St. 28

(2015–2016), s. 63). Med dette kommuniseres det en forventning om at skolene vil ta i bruk en nivåmessig vurderingspraksis som retter seg etter sentralt gitt eksamen.

Det at skriftlig eksamen i fysikk 2 er sentralt gitt betyr blant annet at den skal vurderes av to eksterne sensorer, jmført forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-28). Gjennom deltakelse på sensorskoleringen, arrangert av Utdanningsdirektoratet, kan sensorene oppnå en felles vurderingspraksis. Vurderingspraksisen sensorene tilegner seg vil være veiledende for vurderingspraksisen til landets skoler og lærere, som kan føle et press til å justere egen vurderingspraksis, dersom standpunkt karakterene over tid avviker mye fra eksamens karakterene (Meld. St. 28 (2015–2016)). Denne relasjonen betyr at eksamen som sluttvurdering kan ha innvirkning på vurderingspraksisen for standpunkt karakteren over tid.

I en annen rapport, laget på vegne av Utdanningsdirektoratet, har Eggen et al. (2015) utført en spørreundersøkelse blant fysikklærere. Av de 117 respondentene svarte i underkant av 70% at de var svært enige eller noe enige i at eksamen var styrende for faginnholdet i Fysikk 2, ikke læreplanen. Et enda større flertall var enige i at eksamen styrte fagets vurderingsformer og arbeidsformer. Faginnhold og vurderingspraksis er ikke det samme, men vurderingsformene og arbeidsformene i faget kan påvirke hvordan nivået på besvarelsene vurderes. Undersøkelsen til Eggen et al. (2015) viser at lærerne mener at eksamen påvirker hva slags faginnhold som undervises, og hvordan det undervises. Samtidig er det Kunnskapsdepartementets intensjon at eksamen skal påvirke hvordan nivået på kompetansen elevene oppnår gjennom undervisningen vurderes (Meld. St. 28 (2015–2016)). Om en gitt lærer er en del av både Eggen et al. (2015) sine 70%, og føyer seg etter Kunnskapsdepartementets intensjoner i Meld. St. 28 (2015–2016), vil eksamen være styrende for både innholdet i og vanskelighetsgraden på undervisningen som gis. Da eksamen ikke vurderer elevenes kompetanse innen alle kompetansemålene, kan dens styrende effekt på undervisningen føre til mangler i undervisningen dersom læreren ikke tar høyde for dette. Det må bemerkes at situasjonen ikke nødvendigvis er den samme etter innførelsen av LK20 som før, så det er mulig at lærerne ville ha svart på en annen måte om Eggen et al. (2015) sin undersøkelse ble utført på nytt.

2.4 Taksonomiske rammeverk

For å kunne si noe om hvor vanskelige eksamensoppgavene er, og arbeidet som inngår i løsningen av disse, kan det brukes taksonomier. Dette er verktøy som på definerte vilkår fordeler oppgaver og prosesser inn i (hierarkiske) kategorier.

Blooms taksonomi (Bloom et al., 1956) er en hierarkisk, mye brukt taksonomi som fordeler såkalte «*educational objectives*», prosesser for læring, inn i kategoriene *knowledge, comprehension, application, analysis, synthesis*, og *evaluation* (stigende hierarkisk rangering). Den hierarkiske strukturen i Bloom et al. (1956) sine kategorier, som beskrevet av Gogus (2014), kommer til uttrykk gjennom hvordan elevene må tenke for å gjennomføre en læringsprosess innen de ulike kategoriene. Jo høyere rangert en læringsprosess er i taksonomien, jo mer komplisert må elevenes kognitive bearbeiding av den være (Gogus, 2014, s. 469). Dette innebærer at det er mer krevende å gjennomgå en læringsprosess som er rangert hierarkisk høyere. Altså vil vanskelighetsgraden stige med den hierarkiske inndelingen.

Gogus (2014) forklarer videre at de tre høyest rangerte kategoriene, *analysis, synthesis,*

og *evaluation*, anvender elevenes evner til kritisk tenkning. Å utvikle elevenes evne til kritisk tenkning var ett av målene med LK20, der det ble inkludert i Overordnet del som en del av undervisningens verdigrunnlag (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 6). Dette ble skrevet 60 år etter at Bloom et al. (1956) brukte begrepet. Disse to forekomstene av kritisk tenkning blir ikke sett på som ekvivalente.

Taksonomien til Bloom kan brukes til å kategorisere oppgaver (læringsprosesser) for å si noe om hva slags kognitive prosesser som kreves av elevene, som igjen reflekterer oppgavens vanskelighetsgrad. Det blir av Gogus (2014) inkludert rundt 80 eksempler på verb som kan kategoriseres innen Bloom et al. (1956) sin taksonomi.

Det er flere tilgjengelige rammeverk som kan brukes til å analysere eksamensoppgaver i fysikk utenom Bloom et al. (1956). Anderson og Krathwohl (2001) har for eksempel laget et rammeverk basert på en videreføring av Bloom et al. (1956) sin taksonomi som kategoriserer oppgaver innen en kunnskapsdimensjon (Knowledge dimension), og en kognitiv prosessdimensjon (Cognitive process dimension). De to dimensjonene deles så inn i kategorier som vist i Tabell 1, hvor kategoriene nedover og mot høyre tilsvarer en høyere hierarkisk inndeling enn de oppe til venstre.

Tabell 1: Rammeverket Anderson og Krathwohl (2001) utarbeidet basert på Blooms taksonomi. Min oversettelse.

Kognitiv prosessdimensjon	Kunnskapsdimensjon			
	Fakta	Konsept	Prosedyre	Metakognitiv
Huske				
Forstå				
Anvende				
Analysere				
Evaluerer				
Skape				

Det taksonomiske rammeverket åpner for å knytte ulike kognitive prosesser til den typen kunnskap som behandles i oppgaven. Ved å undersøke en mengde oppgaver er det mulig å finne ut hva oppgavene krever og se hvordan de distribueres over kategoriene i rammeverket. Anderson og Krathwohl (2001) sitt rammeverk ble ikke laget for fysikk, men som et generelt rammeverk som kan brukes innen en rekke fag.

Andre rammeverk kan derimot være spesielt rettet mot fysikkfaget, som Jones et al. (2015) sitt *TIMSS Advanced 2015 Physics Framework*. Dette rammeverket har også to dimensjoner; en innholdsdimensjon og en kognitiv dimensjon. Disse er videre oppdelt som vist i de påfølgende tabellene, Tabell 2 og Tabell 3.

Tabell 2: Innholdsdimensjonen i rammeverket til Jones et al. (2015). Min oversettelse.

Innholdsdimensjon	
Mekanikk og termodynamikk	A%
Elektrisitet og magnetisme	B%
Atom- og kjernefysikk	C%

Tabell 3: Den kognitive dimensjonen i rammeverket til Jones et al. (2015). Min oversettelse.

Kognitiv dimensjon	
Vite	X%
Anvende	Y%
Resonnere	Z%

Annet enn forskjellene mellom dimensjonene i seg selv, skiller disse to rammeverkene seg fra hverandre i det at Anderson og Krathwohl (2001) ser på dimensjonene i samsvar med hverandre, mens Jones et al. (2015) har dem separert. Videre vil Jones et al. (2015) sitt rammeverk vise fordelingen over hele oppgavesettet gjennom å prosentfordele oppgavene i et oppgavesett utover kategoriene. En mulig fordeling av innsamlede data presenteres av Jones et al. (2015) i et eksempel (s. 18). Begge dimensjonene summeres der hver for seg opp til 100%. I rammeverket for øvrig nevnes ikke muligheten for at oppgaver kan omfatte flere av kategoriene innen en dimensjon, eller kategoriseringsutfordringer som kan følge dersom de gjør det.

Teodorescu et al. (2013) utviklet en taksonomi kalt TIPP (Taxonomy of Introductory Physics Problems), med mål om å kategorisere problemløsende (problem solving) oppgaver, som definert av Lovett (2002). Taksonomien er laget for å brukes på fysikkoppgaver, men er rettet mot oppgaver uten en opplagt løsningsmetode, der elevene må benytte en problemløsningsstrategi. Det samme er tilfellet for Flaten og Mangersnes (2019), som i sin masteroppgave utarbeidet sitt eget taksonomiske rammeverk for kategorisering av problemløsende oppgaver.

3 Metode

Opggaven har som mål å undersøke hvordan elevene må arbeide for å løse oppgavene under skriftlig eksamen i fysikk 2, og se hvilke av fagets kompetansemål arbeidet kan knyttes til.

Jeg vil bruke metoden til å forklare hvordan jeg besvarer forskningsspørsmålene mine. Først blir utformingen av det overordnede forskningsdesignet presentert, før jeg forklarer valg av datamateriale. Etter det blir detaljene i analysen gjennomgått. Avsluttende ser jeg kort på hensyn jeg har tatt for å sikre kvaliteten på oppgaven.

3.1 Forskningsdesign

Målet for prosjektet har vært å finne ut i hvor stor grad eksamensoppgavene samsvarer med elevenes avsluttende kompetanse i faget, basert på kompetansemålene fra læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 4), jamført forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3). Kompetansemålene angir både faglig tema og verb som beskriver hva elevene skal kunne gjøre innen dette temaet. For å undersøke samsvaret med tanke på verb og arbeidsformer, har jeg utført en innholdsanalyse (se 3.3) basert på delvis induktiv metode (Robson & McCartan, 2016), der aktivitetene elevene må gjøre for å løse eksamensoppgavene blir identifisert. Undersøkelsen har hatt et fleksibelt design (Robson & McCartan, 2016), der rammeverket jeg brukte til å utføre dataanalysen ble utviklet løpende i prosjektet. En slik framgangsmåte er i overensstemmelse med Merriam (2002), som skriver at analysen bør utføres etter hvert som man samler data (s. 14). I mitt tilfelle vil dette være når jeg først analyserer eksamensoppgavene, siden disse eksisterer separat fra masteroppgaven min. Etablerte rammeverk jeg vurderte å bruke i undersøkelsen (Anderson & Krathwohl, 2001; Teodorescu et al., 2013; Jones et al., 2015; Bloom et al., 1956) hadde alle aspekter som ikke var passende for oppgavetyperne, eller hva som undersøkes. Mer om dette kan finnes i 3.3.1. Bakgrunnen for undersøkelsen er den nye læreplanen og endringene i kompetansemålene som kom med LK20.

Som verktøy for analysen har jeg definert *delaktiviteter* som sier noe om hva elevene i praksis må gjøre for å løse en oppgave (se 3.3.1) og *delkompetansemål* som spesifiserer hvilke forventninger kompetansemålene angir (se 3.3.2), og kan knyttes til enkeltoppgaven. Vet man hvilke deler av kompetansemålene som vurderes på eksamen, kan eventuelle hull i kompetansevurderingen bli oppdaget. Utdanningsdirektoratet har publisert ett sett med eksempeloppgaver til eksamen i fysikk 2 under LK20 (Utdanningsdirektoratet, 2023f). Her inngår både løsningsforslag og kompetansemål som Utdanningsdirektoratet kobler til oppgavene, men siden det kun blir henvist til hele kompetansemål, blir sammenkoblingen etter min mening for grovmasket. Jeg har derfor ikke basert meg på informasjon fra dette eksempelet til hverken å utarbeide måten oppgavene analyseres på, eller til å utføre analysen.

Delkompetansemål og delaktiviteter er hovedfokuset i prosjektet, men jeg har tatt for meg to til: sammenhenger og formeltilgjengelighet. Disse besvarer ingen

forskningsspørsmål, men de kan brukes til å se de andre måleverdiene i kontekst av eksamensrammene og oppgavens bredde.

Rammeverket som ble utviklet for å undersøke datamaterialet har visse likheter med «Grounded theory», som beskrevet av Robson og McCartan (2016, s. 161), i det at det ble dannet kategorier fortløpende i de innledende fasene av undersøkelsen, mens datamaterialet ble studert. At kodene dannes fra datamaterialet på denne måten er svært likt hvordan Robson og McCartan (2016) beskriver åpen koding, men her slutter også likhetene med «Grounded theory». Ifølge Robson og McCartan (2016) er målet med «Grounded theory» å skape teori fra data man har samlet under studien (s. 80), noe jeg ikke har gjort. Datamaterialet har heller ikke blitt generert som en del av studien, men eksisterer separat fra den. Ei heller har prosjektet blitt utført under et samfunnsfaglig eller sosiokulturelt domene; det er fysikkoppgaver som analyseres.

Rammeverket mitt analyserer hver deloppgave for de fire målepunktene delaktiviteter, delkompetansemål, antall sammenhenger, og formeltilgjengelighet. I tillegg gir jeg som en del av analysen en kortfattet beskrivelse/begrunnelse av oppgaven for å bygge opp under delaktivitetene, samt en mulighet til å kommentere kompetansemålene eksternt fra denne. Figur 2 viser hvordan jeg stilte opp rammeverket i arbeidet med analysen.

Oppgave	Krav til eleven	Tilknyttet kompetansemål	Begrunnelse	Kommentar til kompetansemålsrelasjon	Antall sammenhenger	Formel i vedlegg?

Figur 2: Rammeverket som brukes til å analysere hver deloppgave.

Kategoriseringen av delaktivitetene som finnes i en oppgave er binær (enten eller). Kategoriseringen har blitt utført kvalitativt, da det som ligger til grunn er min egen tolkning av hvordan elevene må arbeide med oppgaven, og hvordan jeg kobler dette til delaktivitetene. Jeg grupperer resultatene og presenterer i kapittel 5 andelen eller antallet oppgaver som har blitt kvalitativt binærfordelt innen en kategori. Resultatene presenteres derfor uten analyse utover det rammeverket etablerer, før de blir tolket i lys av teorien. Resultatene fra innholdsanalysen i 3.3 har blitt brukt til å besvare begge forskningsspørsmålene.

3.2 Datamateriale

Datamaterialet som brukes til å besvare forskningsspørsmålene er todelt. Den første delen består av skriftlige eksamener i REA3039 Fysikk 2 i LK20 fra vår og høst 2023. I tillegg inngår skriftlige eksamener i REA3005 Fysikk 2 i LK06 fra vår 2017, 2018, og 2019. Disse eksamenene vil bli omtalt som henholdsvis V23, H23, V17, V18, og V19 fra nå av. Til de fleste av disse eksamenene har Utdanningsdirektoratet publisert tilhørende eksamensrapporter og eksamensveiledninger.⁵ Dette er brukt som utfyllende informasjon om de aktuelle eksamensoppgavene, og gir innsikt i noen av sensorenes vurderingskriterier.

⁵ H23 har ikke eksamensrapport, og til V17 har jeg brukt hverken rapport eller veiledning.

Jeg har kun tatt utgangspunkt i ordinære eksamener som har blitt gjennomført i skolen. Eksamener fra LK06 som ble avlyst, eller kun gjennomført av privatister, har ikke blitt brukt i datamaterialet. Ordinær skriftlig eksamen i videregående skole ble avlyst fra 2020 til og med 2022 på grunn av koronapandemien.

Hvorfor eksamensoppgaver fra både LK06 og LK20?

Eksamen fra LK06 er basert på en utgått læreplan som ikke lenger er relevant for elever i dagens videregående skole. Denne læreplanen inneholder andre kompetansemål og har ikke den samme overordnede delen som LK20 har. Siden forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3) sier at kompetansemålene, slik de er uttrykt i læreplanen, skal ligge til grunn for eksamensoppgavene, bør man kunne forvente at eksamensoppgaver tilhørende LK20 gjenspeiler noen av endringene mellom LK20 og LK06. Gjennom sammenligning av oppgavesett mellom læreplanene, bør det kunne avdekkes om slike endringer har funnet sted. Kirke-, utdannings- og forskningskomiteen ba om tydeligere kompetansemål fra LK20 (Innst. 19 S (2016–2017)), en presisering av hvordan elevene skal arbeide med de faglige temaene. Presiseringen kan tolkes ut fra verbene i kompetansemålene, hvor måten disse ordlegger seg vil kommunisere hva slags kompetanse som forventes av elevene. Om jeg ikke kan påvise relevante forskjeller mellom hvordan elevene må arbeide på eksamen under to ulike læreplaner, kan det stilles spørsmål til om endringene i læreplanen gjenspeiles i eksamen. I tillegg vil det å teste analysen på flere eksamensoppgaver gi rom for å teste og forbedre prosessen, da den økte mengden oppgaver bedrer sjansen for å oppdage eventuelle mangler i analysen.

3.3 Innholdsanalyse

Jeg har utført en form for innholdsanalyse av eksamensoppgavene. Analysen min skiller seg fra en standard innholdsanalyse (content analysis), som beskrevet av Robson og McCartan (2016), fordi jeg ikke har utført en kvantitativ analyse, men en kvalitativ analyse etterfulgt av en enkel gruppering av resultatene. Robson og McCartan (2016) utdyper at innholdsanalyser kan ha en kvalitativ tilnæringsmetode, og at kvalitative analyseverktøy også kan brukes til å hente data ut av dokumenter (s. 351). Tilnæringsmetoden min kan dermed beskrives som en innholdsanalyse, med visse begrensninger til hvordan dataene mine må behandles.

Eksamensoppgavene ble analysert og deres respektive delaktiviteter identifisert induktivt, som beskrevet i 3.1 og vist i kapittel 4. Den innledende analysen ble gjort på eksamenssettet fra H23 og deretter V23, før rammeverket som ble utviklet som en del av denne prosessen, beskrevet i de kommende avsnittene og vist i Figur 2, ble brukt til å analysere eksamenene under LK06. Deretter ble analysen av H23 og V23 gjentatt. Rammeverket analyserer hver oppgave individuelt, men i resultatene har informasjonen jeg hentet ut blitt samlet for hver eksamen. De rå analysedataene kan finnes i Vedlegg 2 til Vedlegg 6.

Jamført forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-29) kan det legges spesielt til rette for elever med særskilte behov under eksamen. Eksamensrammene for noen av elevene skiller seg altså fra den resterende populasjonen. Dette har ikke blitt tatt hensyn til under analysen, eller i prosjektet for øvrig. Elevenes tilgang til hjelpemidler utover formelvedlegget, skrivesaker og kalkulator har heller ikke blitt tatt hensyn til, da dette ble vurdert som for omfattende å inkludere. Innholdsanalysen gjøres på bakgrunn av det

jeg anser som en hensiktsmessig og naturlig måte å løse eksamensoppgavene på for de fleste elevene.

3.3.1 Delaktiviteter

Valg av rammeverk må tas med hensyn til hva som skal måles. I mitt tilfelle har dette vært hvordan elevene må arbeide for å løse oppgavene under eksamen, samt hva oppgavene handler om i relasjon til kompetansemålene. Hvordan elevene må arbeide for å løse oppgavene har fellestrekk med den kognitive dimensjonen til både Anderson og Krathwohl (2001), og Jones et al. (2015), men de bruker begge relativt brede kategorier. Det samme kan sies om Bloom et al. (1956). Jeg ville tilnærme meg oppgavene med en mer detaljert inndeling som åpnet for muligheten til å spesifisere med stor nøyaktighet hvordan elevene måtte arbeide, uten at en annen dimensjon var nødt til å involveres. Jones et al. (2015) passer bedre til å se fordelingen over en større mengde oppgavesett enn å tilegne den enkelte oppgaven detaljerte egenskaper. Det at en oppgave ikke kan plasseres innen flere kategorier i Jones et al. (2015) sitt rammeverk, vil også kreve at alle oppgavene er entydige, eller at det foretas en vurdering av hvilken kategori enkeltoppgaven har størst tilknytning til. Dette var noe jeg ønsket å unngå; rammeverket trengte rom for mer enn én kategori per oppgave. Det samme problemet presenterte seg selv i taksonomien til Bloom et al. (1956), samt den videreutviklede versjonen til Anderson og Krathwohl (2001). Disse taksonomiene er hierarkiske, men jeg ønsket å tildele den enkelte oppgaven mer enn én kategori. Da blir det vanskelig å si hvor oppgaven passer inn i et rammeverk som ikke har flat struktur.

I en test der oppgaver fra fysikkeksamen ble forsøkt kategorisert i henhold til Anderson og Krathwohl (2001) sitt rammeverk, var jeg ikke i stand til å kategorisere fysikkoppgavene som ble gitt på eksamen entydig, og kunne derfor ikke bruke rammeverket i sin eksisterende form. Jeg er ikke den eneste som finner de eksisterende rammeverkene upassende til bruk på fysikkoppgaver. Flaten og Mangersnes (2019) skriver i sin masteroppgave, der de utvikler en taksonomi for vurdering av problemløsende oppgaver i fysikk, om taksonomien til Anderson og Krathwohl (2001), at:

Det er vår oppfatning at taksonomien til L. W. Anderson og Krathwohl (2001) i sin opprinnelige form ikke er ideell for bruk i forbindelse med programfaget fysikk ved at den ikke legger til rette for entydig kategorisering av oppgaver av denne typen. (s. 21)

På grunn av problemene med entydig kategorisering og et ønske om å ikke tilegne kategoriene noen hierarkisk inndeling, valgte jeg å ikke benytte en taksonomi med den hierarkiske strukturen som finnes i både Bloom et al. (1956), og Anderson og Krathwohl (2001).

Fordi fokuset i rammeverkene til både Teodorescu et al. (2013) og Flaten og Mangersnes (2019) er klart spesifisert til å være problemløsende oppgaver, har jeg ikke vurdert disse som alternativer til å kategorisere mangfoldet av eksamensoppgaver. Selv om en del av eksamensoppgavene kan ha fellestrekk med problemløsende oppgaver, er det høyst usannsynlig at alle er det for en gitt eksamen.

Jeg valgte isteden å konstruere et rammeverk som kunne kategorisere oppgavene basert på hva jeg ønsket å finne ut. Dette rammeverket ble bygget for å kunne besvare det første forskningsspørsmålet, «**Hva slags arbeid må elevene utføre under skriftlig eksamen i fysikk 2?**» Bloom et al. (1956) sine kategorier, den kognitive prosessdimensjonen til Anderson og Krathwohl (2001), og den kognitive dimensjonen til Jones et al. (2015), svarer i stor grad til dette målet, men jeg har valgt å inkludere flere mindre kategorier enn det de har gjort. Den finere inndelingen ligner på underkategoriene som Gogus (2014) presenterer for Bloom et al. (1956), og

underkategoriene innen den kognitive prosessdimensjonen til Anderson og Krathwohl (2001), men de inngår ikke i mer omfattende paraply-kategorier, og det brukes andre verb. Det er mulig å kalle rammeverket inspirert av denne inndelingen.

Kategoriseringen jeg har utført omfatter delaktivitetene elevene arbeider med for å løse den enkelte oppgaven. En delaktivitet er en spesifisert, klart definert måte å arbeide på for å løse en oppgave. Definisjonene av verbene som er inkludert i delaktivitetene finnes i seksjon 4.2.1. For å finne de relevante delaktivitetene ble det brukt en induktiv metode gjennom åpen koding (Robson & McCartan, 2016) til å danne kategorier som eksamensoppgavene ble tildelt under analysen. Deler av denne analyseprosessen blir beskrevet i detalj i kapittel 4.

Eksamen skal vurdere kompetansemålene (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3). Disse spesifiserer faglig tema og verb som beskriver hva elevene skal gjøre. Delaktivitetene elevene arbeider med under eksamen vil kunne gi innsikt i om oppgavene er laget på en måte som er koblet til handlingen eller ferdigheten kompetansemålet spesifiserer. Fra resultatene av innholdsanalysen er det mulig å se fordelingen av delaktiviteter i ulike eksamener, og hvordan de varierer mellom dem.

Hvordan en oppgave ble kategorisert avgjorde jeg ved å løse oppgaven med en sannsynlig løsningsmetode som mange elever burde være i stand til å benytte. Arbeidet som ble utført i den valgte løsningsmetoden definerte oppgavens delaktiviteter. Om det var to likestilte løsningsmetoder, kunne begge metodenes delaktiviteter inkluderes under kategoriseringen. For et overveldende flertall av oppgavene har det kun blitt vurdert én løsningsmetode.

3.3.2 Dekomponerte kompetansemål

For å kunne besvare det andre forskningsspørsmålet, «***I hvilken grad testes kompetansemålene som opptrer på skriftlig eksamen i fysikk 2?***», ønsket jeg å se hvilke deler av kompetansemålene som ble testet på eksamen. Siden kompetansemålene er brede og sammensatte, har de blitt dekomponert slik at de bare inneholder en delaktivitet og/eller ett faglig emne hver. Hvert delkompetansemål har blitt nummerert. En oversikt med nummererte kompetansemål og delkompetansemål kan finnes i Vedlegg 1.

For eksempel sier kompetansemål 7, «gjøre rede for energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt og bruke dette til å beregne bevegelse i slike felt» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6). Dette er delt opp i delkompetansemålene 7a, «gjøre rede for energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt», og 7b, «bruke energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt til å beregne bevegelse i slike felt». For dette eksempelet spesielt kan det se ut som om jeg øyeblikkelig motsier meg selv, da jeg nettopp hevdet at delkompetansemålene kun skulle inneholde én delaktivitet, samtidig som 7b inneholder både *bruke* og *beregne*. I dette tilfellet er det å *bruke* energibevaring ikke mulig å koble fra konteksten energibevaringen skal brukes i, og det samme kan sies for *beregningen*. Et delkompetansemål som simpelthen sa at elevene skulle kunne «bruke energibevaring» er langt mer åpent enn den sammenhengende opprinnelige kompetansemålet ble skapt i. For størstedelen av kompetansemålene er ikke dette tilfellet og de kan separeres uten problemer. Kompetansemål 6, «beskrive elektriske og magnetiske felt og gjøre rede for krefter på objekter med masse og ladning i slike felt» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6) deles opp i 6a, «beskrive elektriske og magnetiske felt», og 6b, «gjøre rede for krefter på objekter med masse og ladning i elektriske og magnetiske felt».

For å kunne vurdere om en oppgave kan knyttes til og vurdere et delkompetansemål må det tas hensyn til to faktorer: både om det er samsvar i faglig tema, og om det er samsvar mellom verbbruken i kompetansemålet og delaktiviteten eleven må utføre i arbeidet med en eksamensoppgave. De ulike delaktivitetene skiller mellom hvordan elevene må arbeide, og hver deloppgave blir gjennom analysen tildelt delaktiviteter basert på hvordan jeg anser det som sannsynlig at elevene vil arbeide. Et delkompetansemål kan så knyttes til oppgaven, og det blir vurdert om det er overensstemmelse mellom hvordan elevene arbeider for å løse oppgaven (delaktivitetene), og delkompetansemålet. En tematisk relasjon mellom oppgaven og delkompetansemålet er ikke nok; oppgaven må ha noe samsvar med delaktiviteten i delkompetansemålet for at de skal kunne knyttes sammen. Alle deloppgavene som har blitt tildelt et delkompetansemål som nevner et spesifikt verb, vil ikke nødvendigvis bli kategorisert under samme delaktivitet som verbet. Det finnes eksempler på hvordan dette har blitt gjort i kapittel 4.

3.3.3 Antall sammenhenger

Jeg har målt en form for kompleksitet i eksamensoppgavene, i form av hvor mye bredde de dekker innen faget, kalt *sammenhenger*. Antall sammenhenger en oppgave har vil avhenge av hvor mange fysiske tema en oppgave omfatter. To tema resulterer, slik jeg har talt dem, i to sammenhenger. Det er ikke antall linjer mellom de ulike temaene oppgaven omhandler, men temaene i seg selv, som utgjør sammenhengene. Temaene omfatter større emner innen fysikken, som eksempelvis Newtons' lover, gravitasjon og tyngdefelt, elektrisitet og magnetisme, eller relativitetsteori. Velkjente metoder for oppgaveløsning blir også sett på som sammenhenger, så antallet sammenhenger vil i noen grad avhenge av løsningsmetoden som brukes. Jeg vurderte å inkludere matematiske tema i tillegg til de fysiske, da noen oppgaver inkluderer geometriske problemer som må løses før elevene kan ta fatt på de fysiske (se 4.4.2 for et eksempel). Men, jeg valgte å ikke gjøre dette, da eksamen skal vurdere elevenes kompetanse i fysikk 2, ikke matematikk, jamført forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3). Fordi kompetansemål 4 og 5 omhandler bevegelse i flere dimensjoner, ser jeg likevel på utregning av vinkler som en sammenheng, da dette er en viktig ferdighet for å løse oppgaver relatert disse kompetansemålene. Dette argumentet omfatter også dekomponering av strekning, fart og akselerasjon. Det er de fysiske sammenhengene som måles, så det er mulig at en oppgave blir kategorisert til å ha 0 sammenhenger dersom det ikke kreves noen form for fysisk kunnskap eller innsikt for å løse den.

3.3.4 Formeltilgjengelighet

På grunn av endringer i eksamensrammene valgte jeg å inkludere *formeltilgjengelighet*, et mål på om formlene som kreves for å løse oppgavene finnes i formelvedlegget, som en del av undersøkelsen. I overgangen fra LK06 til LK20 ble vedlegget «*Formler og lover som forutsettes kjent ved Del 1 av eksamen i Fysikk 2*» (Utdanningsdirektoratet, 2018c, 2019c) fjernet fra eksamensveiledningene. Dermed måtte ikke elevene lenger huske disse formlene, siden eksamenssettene etter LK20 fikk formlene oppgitt som vedlegg til eksamen. Under LK20 har altså formelvedlegget blitt betraktelig utvidet; langt flere formler er tilgjengelige, eller kan utledes via en omskriving av de som er det.

Formeltilgjengeligheten deles inn i fire kategorier: *Ikke tilgjengelig*, *delvis tilgjengelig*, *tilgjengelig*, og *ikke relevant*. Tilgjengeligheten avgjøres av om formelen er oppgitt i det inkluderte formelvedlegget, eller i oppgaveteksten. Fordi en del av oppgavene utelukkende baserer seg på konseptuell kunnskap eller metodeforklaring, vil det ikke

være nødvendig for elevene å ta i bruk formlene, så *ikke relevant* ble derfor inkludert som en kategori. Oppgaver der formlene er *delvis tilgjengelig* vil i stor grad innebære kombinerings av flere formler, der bare en av dem er i formelvedlegget eller oppgaveteksten.

Formeltilgjengelighet avhenger av løsningsmetode. Det er mulig at en alternativ løsningsmetode kunne inkludert andre formler, som igjen ville ført til en annen kategorisering.

3.4 Kvalitet

Det er ønskelig at en undersøkelse har høy reliabilitet og validitet. Dette vil henholdsvis være et mål på om en undersøkelse kan gjentas med tilsvarende resultater, og om den faktisk måler det som hevdes.

I denne oppgaven vil validitet handle om bruken og definisjonene mine av delaktiviteter kan brukes til å måle hvordan elevene arbeider på eksamen, og om kompetansemålene kan knyttes til oppgavene på den måten jeg beskriver i analysen. Jeg kan ikke se bort fra at mine meninger og antakelser har påvirket hvordan jeg har bearbeidet med datamaterialet. Måten delaktivitetene har blitt definert på, støttet på definisjonene til Utdanningsdirektoratet, bidrar til økt validitet, da jeg ikke kun baserer meg på egne meninger i arbeidet.

På grunn av den kvalitative naturen til analysen av datamaterialet, kan det stilles spørsmål rundt/til reliabiliteten i undersøkelsen. Det er ikke sikkert at enhver person tolker definisjonene på samme måte som jeg har gjort, eller kanskje tanke deres rundt hva en oppgave krever av elevarbeid er annerledes? Dette er faktorer som vil redusere reliabiliteten, noe jeg ønsker å begrense ved å inkludere detaljerte beskrivelser av tankegangen min i kapittel 4. Inklusjonen av et større analysekapittel vil gjøre framgangsmåten min mer transparent, noe som øker reliabiliteten.

En stabil, systematisk gjennomføring, der metoden forblir uendret over tid, vil virke styrkende på reliabiliteten. Selv om jeg ikke har inkludert en fullstendig, detaljert beskrivelse av hele analysen, er ikke dette fraværende. Fordi jeg innså at prosessen hadde endret seg over tid, noe som er naturlig ettersom delaktivitetene ble valgt ut som en del av analysen, valgte jeg å gjennomgå V23 og H23 to ganger. Der H23 så større endringer, noe som er naturlig da den opprinnelig ble analysert først, ble det gjort få endringer i V23. Det er med det grunn til å tro at metoden har blitt konsekvent gjennomført, som igjen øker reliabiliteten.

4 Analyse

I dette kapitlet vil analyseprosessen bli beskrevet i detalj, og det vil bli gitt eksempler på hvordan oppgavene har blitt kategorisert. Formålet med den detaljerte gjennomgangen er å belyse hvilke kriterier som ble lagt til grunn, og vise noen av bearbeidelsene som har blitt gjort for å produsere resultatene som presenteres i kapittel 5.

4.1 Analyseprosessen

Spørsmålet som stod i sentrum før den første analysegjennomgangen var «**Hva slags arbeid må elevene utføre under skriftlig eksamen i fysikk 2?**» Arbeidet som foregikk var åpen koding (Robson & McCartan, 2016) og kategorisering av H23, der delaktivitetene ble induktivt bestemt i oppgavene. Etter at første runde med koding av H23, var det klart at prosessen hadde utviklet seg over tid. Hvordan de første oppgavene hadde blitt kategorisert var ikke i samsvar med de siste på del 2. Hvilke oppgaver som ble vurdert til å passe innen en delaktivitet var ikke statisk, for det hadde nå blitt introdusert flere delaktiviteter som kunne ha vært relevant for de tidligere oppgavene. Prosessen var ikke entydig.

Relevante delaktiviteter ble også identifisert i læreplanens kompetansemål og inkludert som egne delaktiviteter, til tross for at de ikke hadde blitt identifisert gjennom samme induktive metode som de resterende delaktivitetene. Kompetansemål 1, som det ble hentet flere delaktiviteter fra, sier at elevene skal kunne «planlegge, gjennomføre og videreutvikle forsøk, og analysere data og beregne usikkerhet for å vurdere gyldigheten av funn» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6). Fra dette kompetansemålet ble *planlegge*, *gjennomføre*, og *videreutvikle* utpekt som delaktiviteter. *Analysere* (senere fjernet/delt opp) og *beregne* hadde allerede blitt valgt fra den induktive metoden, så de kom ikke fra læreplanen. *Gjennomføre* ble senere fjernet, da eksempler på denne delaktiviteten uteble fra analysen av eksamen. Jeg vurderte det som usannsynlig at delaktiviteten kom til å bli brukt på en måte som kunne kobles til kompetansemål, da det eneste kompetansemålet *gjennomføre* er relevant for er kompetansemål 1, og det å *gjennomføre* et forsøk under skriftlig eksamen kan innebære utfordringer.

Prosessen måtte gjentas mer systematisk slik at alle oppgavene ble vurdert på de samme premisene, med den fullstendige listen av ferdig definerte delaktiviteter tilgjengelig. Denne gangen ble også V23 inkludert, og delkompetansemål ble knyttet til de ulike oppgavene i tillegg til delaktiviteter. Analysen av V23 og H23 ble gjentatt en gang til, men det ble ikke funnet mange avvik i den siste gjennomgangen. Resultatene presenterer fordelingen av delkompetansemålene og delaktivitetene fra den endelige gjennomgangen i 5.1 og 5.2. V17, V18 og V19 ble analysert én gang hver, like før den siste gjennomgangen av V23 og H23.

Opgavene som gjennomgås her har blitt beskrevet i større detalj enn de resterende i undersøkelsen, men det betyr likevel ikke at beskrivelsene jeg gir er fullstendige og utforsker alle tilnæringsmetoder til og aspekter av oppgavene.

4.2 Delaktiviteter

Delaktiviteter er definerte verb eller fraser som beskriver en spesifikk måte å vise kompetanse på i fysikkfaget. Jeg har brukt en blanding av mine egne og Utdanningsdirektoratet sine definisjoner i utformingen av delaktivitetene.

4.2.1 Definisjon av delaktiviteter

Skal oppgavene kunne deles inn i delaktiviteter, handlingene elevene må utføre for å gjennomføre oppgavene, må definisjonene basere seg på de som allerede er gitt til læreplanen. Utdanningsdirektoratet definerer på sine nettsider (Utdanningsdirektoratet, 2021b) en rekke av verbene som utgjør delaktiviteter, om enn ikke alle. Jeg har under opplistingen av delaktivitetene valgt å bruke blokk sitater på definisjonene gitt av Utdanningsdirektoratet, selv om de fleste sitatene er kortere enn anbefalt for denne siteringsmetoden. Grunnen til at jeg likevel bruker blokk sitater er for å skape en klar distinksjon mellom definisjonene til Utdanningsdirektoratet, og mine egne avgjørelser og tolkninger i forhold til disse.

En delaktivitet som brukes til å løse en rekke oppgaver er *bruke*. Utdanningsdirektoratet har definert verbet:

Å bruke vil si at vi gjør oss nytte av noe eller utfører en handling for å oppnå et mål. Å bruke henger nært sammen med å anvende, forstått som å gjøre bruk av, ta i bruk, for eksempel en metode eller et verktøy. Utdanningsdirektoratet (2021b)

Mange av oppgavene innebærer at elevene skal *bruke* en spesifikk formel til å *beregne* en verdi. Derfor har en eksamensoppgave som krever at elevene skal *bruke* blitt definert som å anvende en gitt eller delvis gitt formel eller velkjent metode til å løse en oppgave. Et eksempel på dette vil være å *bruke* «høyrehåndsmetoden» for å løse en oppgave som spør om kraftretningen på en ladet partikkel i et magnetfelt. Utdanningsdirektoratet skriver i sin egen definisjon, som en kan se over, at det å *bruke* er nært knyttet det å anvende. Det finnes ingen distinksjon mellom disse to måtene å arbeide på i denne teksten. Når ulike verb har så lik betydning er det vanskelig å kategorisere konsistent, siden de vil ha stort potensial til å overlappe med hverandre.

For å redusere overlapp mellom delaktiviteter, men fortsatt ha mange nok ulike kategorier til å kunne avgrense den enkelte delaktivitetens omfang, har følgende verb blitt definert som separate delaktiviteter:

Beregne brukes eksklusivt der elevene må sette inn tall og løse for en tallverdi. Oppgaver som innebærer å skrive om en formel, men ikke å løse for tallverdien til en av variablene, kategoriseres ikke som *beregning*. Oppgave 1r fra V19 i Figur 3 er et godt eksempel på en oppgave som krever *beregning*, slik delaktiviteten forstås i denne

teksten. I 4.4.2 er det flere eksempler på deloppgaver som omfatter det å *beregne*, med begrunnelse for hvorfor de ble kategorisert slik.

- r) En ubelastet transformator har 300 vindinger på primærsiden og 900 på sekundærsiden. Spenningen over primærsiden er 12 V og har en frekvens på 30 Hz.

Da er spenningen og frekvensen på sekundærsiden

- A. 4 V og frekvensen er 90 Hz
- B. 4 V og frekvensen er 30 Hz
- C. 36 V og frekvensen er 10 Hz
- D. 36 V og frekvensen er 30 Hz

Figur 3: Deloppgave 1r, V19. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2019a).

Beskrive, Forklare, Gjøre rede for (BFG) er en paraplybetegnelse for flere delaktiviteter. I hovedsak innebærer *BFG* at elevene må skrive et utgreiende tekstsvare som inneholder informasjon som kan belyse en sammenheng eller teori, eller må forklare hva som skjer eller observeres. Utdanningsdirektoratet definerer at:

Å beskrive er å skildre eller gjengi en opplevelse, situasjon, arbeidsprosess eller et faglig emne. Å beskrive noe kan også være å bruke relevante fagbegreper for å systematisere kunnskap om emnet.

Delkompetansemål 4b, «beskrive bevegelse i to dimensjoner» (Vedlegg 1) kan ikke nødvendigvis vurderes med denne definisjonen, da en beskrivelse av en bevegelse tradisjonelt gjøres med likninger eller parameterframstillinger. Verbet i delkompetansemålet vil derfor ikke alltid være i overensstemmelse med delaktivitetene.

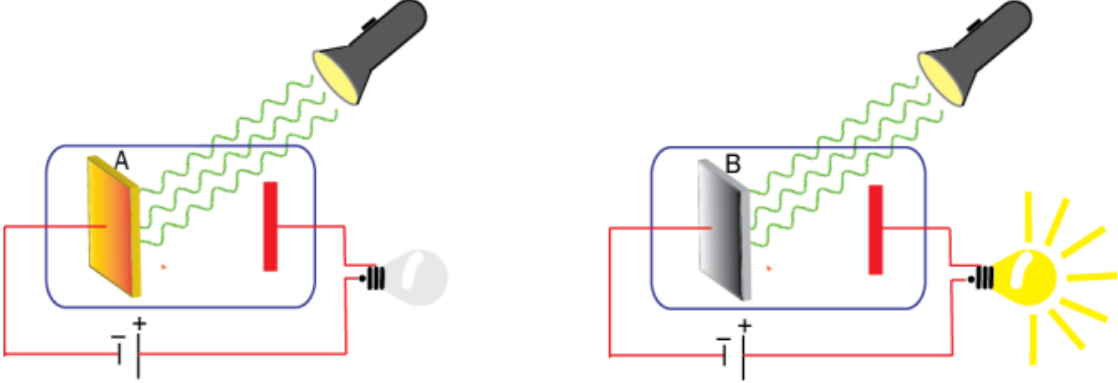
Å *gjøre rede for* krever at elevene ordlegger mer konseptuell kunnskap om fysiske fenomener og hvordan disse henger sammen, mens *beskrive* er mer overfladisk. Der en kan *beskrive* en situasjon vil *gjøre rede for* handle om hvorfor *beskrivelsen* av situasjonen blir som den blir på grunn av fysikken som foregår i bakgrunnen. Å *gjøre rede for* defineres slik av Utdanningsdirektoratet (2021b):

Å *gjøre rede for* noe er å gi en faglig begrunnet forklaring av et saksforhold, en problemstilling eller noe vi skal undersøke eller gjennomføre.

Det er *forklare* som utgjør bindeleddet mellom *beskrive* og *gjøre rede for*. Basert på definisjonen kombineres disse tre arbeidsformene til én kategori, da de omfatter mye av det samme. Dette går dessverre på bekostning av at det ikke lenger er mulig å

differensiere mellom oppgaver som krever at elevene skal forstå og *forklare* de fysiske sammenhengene som er grunnlaget for det som *beskrives*, og de som ikke krever dette.

d) En lommelykt sender samme lys mot to forskjellige metaller, A og B. Metallene er koblet til helt like lyspærer, men bare den ene lyser. Se figuren.



1. Forklar hvorfor lyspæra som er koblet til metall A, ikke lyser, mens lyspæra som er koblet til metall B, lyser.
2. Gjør rede for hvordan resultater fra forsøk med fotoelektrisk effekt representerer et brudd med klassisk fysikk.

Figur 4: Deloppgave 2d, V18. Skjermbilde fra Utdanningsdirektoratet (2018a).

Dersom oppgavens hovedfokus er at elevene skal *forklare* kommer dette klart fram i oppgaveteksten, som vi kan se i Figur 4 (merk at denne oppgaven er fra LK06), men det kreves gjerne at elevene gjør andre ting i tillegg. Eksempler kan være å *relatere* eller *resonnere*. Dersom oppgavens hovedfokus ikke er at elevene skal *forklare*, men det likevel er en forventning om at det inkluderes en *forklaring*, blir det ikke alltid presentert i klartekst som vist her. Ifølge eksamensrapporten som har blitt publisert for LK20 skal alle svar grunngis, selv om det ikke står i oppgaveteksten, med unntak for flervalgsspørsmålene (Utdanningsdirektoratet, 2023c). Utdanningsdirektoratet forventer altså en form for begrunnelse i alle besvarelsene. Slik jeg har valgt å forstå delaktiviteten *forklare* vil ikke et par ord etterfulgt av en matematisk løsning telle som en *forklaring*. Fokuset i en *forklaring* bør ligge i det skrevne ordet, men kan bygge likninger inn i en større kontekst som besvarer oppgaven.

Bruke innebærer å anvende en gitt eller delvis gitt formel eller velkjent metode til å løse en oppgave. Eksempelet i Figur 3 viser en deloppgave der elevene må bruke likningen for en ideell transformator, som er å finne i formelvedlegget, til å *beregne* spenningen over sekundærsiden. Andre eksempler inkluderer oppgaver om elektriske felt og magnetfelt som kan løses ved hjelp av høyrehåndsregelen.

Illustrere innebærer at oppgaven krever at eleven skal tegne eller skissere en figur, diagram, eller graf som presenterer oppgavens fysiske sider eller resultater.

Interpretere betyr at elevene skal lese informasjon ut av en graf eller et diagram, og at dette er nødvendig for å løse oppgaven. Tabeller inngår ikke i definisjonen.

Kodelesing defineres som å kunne forstå en kort kodesnutt, eller kunne forstå meningen i pseudokode. Det innebærer også grunnleggende feilsøking og evnen til å interpretare konteksten i enkle kodesnutter for å finne ut hva som mangler.

Kodeskriving er nært knyttet til kodelesing, men de er ikke det samme. *Kodelesing* kan dekke oppgaver som krever at eleven skal velge et alternativ som fullfører koden og gir det ønskede resultatet. *Kodeskriving* innebærer derimot at eleven må skape den manglende koden selv, uten å kunne velge mellom alternativer. Denne spesifikasjonen ekskluderer alle flervalgsoppgavene som omhandler programmering fra å kunne kategoriseres som *kodeskriving*, slik de har blitt laget for V23 og H23. Oppgavene teller fortsatt for *kodelesing*.

Modellere krever at elevene kan sette opp en modell, enten tegnet eller forestilt, av naturfenomenene som har innvirkning på en gitt oppgave. Modellen brukes som et hjelpeverktøy til å oppnå et svar. Definisjonen til Utdanningsdirektoratet lyder slik:

Å modellere er å lage en forenklet fremstilling av et naturfenomen. I fysikken er modeller ofte abstrakte, og modellering kan innebære å bruke diagrammer, matematiske likninger eller algoritmer. Kvaliteten til modellen vurderes ut fra hvor godt resultatene fra beregninger med modellen passer med observasjoner av virkeligheten. (Utdanningsdirektoratet, 2021b)

Matematiske likninger og algoritmer går stort sett under *utlede* eller *bruke* i delaktivitetene som benyttes her. *Modellere* krever ikke at elevene skal presentere modellen sin, kun at oppgaven kan løses ved hjelp av at elevene setter opp en oversikt over alle de fysiske sammenhengene. Eksempler inkluderer blant annet oppgaver som omhandler summen av krefter i krumlinjet bane, og gravitasjonsfelt. Kvaliteten blir ikke vurdert, noe som skiller seg fra det Utdanningsdirektoratet (2021b) skriver om ordet.

Planlegge blir definert av Utdanningsdirektoratet på dette viset:

Å planlegge er å lage en framdrift for å nå et mål. Planen beskriver hvordan vi har tenkt å gå fram for å oppnå målet, og kan vise sammenhengen mellom aktiviteter, gjennomføring og mål. Utdanningsdirektoratet (2021b)

Planlegge blir i stor grad inkludert på grunn av kompetansemål 1, på samme måte som *gjennomføre*. Det er ikke det at elevene må *planlegge* mye for å *gjennomføre* eksamen, men når læreplanen sier at *planlegging* er noe elevene skal gjøre er det også naturlig å inkludere det som et alternativ når en undersøker hva elevene må gjøre på eksamen. Utdanningsdirektoratets definisjon har blitt valgt som den gjeldende definisjonen i analysen av eksamensoppgavene.

Resonnere og Relatere brukes der elevene må trekke tråder mellom oppgaven og kunnskap de er i besittelse av, eller oppgaven og tidligere deloppgaver, for å kunne besvare oppgaven. Alternativt er det noe elevene gjør når de bruker logiske følger og argumenter til å angripe en problemstilling. Skal elevene relatere er det mulig at de må trekke inn deler av fysikken utenfor hovedområdene oppgaven omfatter. Dette kan bli sett i deloppgave 3d-2 fra eksamen

V18 i Figur 5, der elevene må trekke relativitetsteori og Lorentz-faktoren inn en oppgave der fokuset ligger på klassisk mekanikk, elektrisitet og magnetisme.

Oppgave 3

Forholdet mellom elementærladningen e og elektronmassen m_e , kan beregnes ved å benytte et elektronrør som vist på figuren.

I dette apparatet blir elektroner akselerert fra ro av en spenning U_1 før de kommer inn i et område mellom to ladde, parallelle plater. I dette området er det også et homogent magnetfelt B .

a) Vis at elektronene har farten $v = \sqrt{\frac{2eU_1}{m_e}}$ når de passerer anoden.

Plateavstanden er $d = 5,0$ cm .

d) I et forsøk med et slikt apparat blir elektroner akselerert og fortsetter rett fram i et område slik som beskrevet over.

1. Vis at forholdet $\frac{e}{m_e} = \frac{1}{2U_1} \left(\frac{U_2}{dB} \right)^2$
2. Forklar hvorfor formelen ikke er riktig når U_1 er svært høy.

Figur 5: Deler av oppgave 3, V18. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2018a) der noen deloppgaver og noe oppgavetekst har blitt kuttet.

Utforske er et ord som er vanskeligere å definere enn de fleste. Som delaktivitet har det her blitt lagt fokus på det at elevene skal arbeide med noe som har en ukjent komponent. Gjennom denne arbeidsformen kan eleven kunne avdekke eller oppnå noe de ikke har forsøkt eller klart før oppgaven. Utdanningsdirektoratet definerer ordet slik:

Å utforske handler om å oppleve og eksperimentere og kan ivareta nysgjerrighet og undring. Å utforske kan bety å sanse, søke, oppdage, observere og granske. I noen tilfeller betyr det å teste ut eller evaluere arbeidsmetoder, produkter eller utstyr. I naturfagene er det å stille spørsmål og bruke data for å lage forklaringer grunnleggende for å utforske. Utdanningsdirektoratet (2021b)

Søkelyset settes da på Utdanningsdirektoratets definisjon i lys av naturfagene, der elevene skal stille spørsmål og forklare ting. Det å bruke data innebærer, slik det forstås

her, ikke kun data som i resultater, men også informasjonen som kan hentes ut av oppgavetekstene. Om disse er satt opp på en måte som gjør det mulig for elevene å arbeide på en måte der de kan «føle seg fram» eller eksperimentere for å finne svaret, vil oppgaven bli klassifisert som utforskende. Med dette menes det ikke at de skal forsøke å sette inn verdier i en formel til resultatet passer, men at det er fremgangsmåten i seg selv som skal endres på.

Utlede blir brukt når elevene må kombinere mer enn en formel og skrive om kombinasjonen av disse. Elevene skal manipulere eller konstruere en likning. Om elevene skal beregne er irrelevant for om de må manipulere og konstruere først. Det er ikke satt høye kompleksitetskrav for at oppgaver skal kunne inkluderes i denne kategorien.

I oppgave 1g fra V23 i Figur 6 er det ønskelig at elevene skal bruke likningen for kinetisk energi i loddrett retning og potensiell energi til å finne den maksimale høyden representert av de andre variablene. Elevene må her kombinere to likninger som ikke alltid er ekvivalente for å løse oppgaven. Denne kombinerings av formler og den påfølgende omskrivingen blir kategorisert som å *utlede*.

g) Et prosjektil blir skutt ut fra bakkenivå med en fart v og en vinkel θ i forhold til horisontalplanet. Se bort fra luftmotstand.

Hva er den største høyden prosjektilet får?

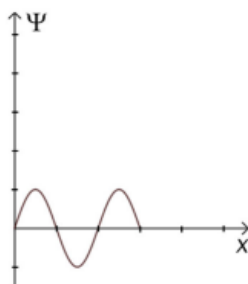
- A. $\frac{v^2 \sin \theta}{2g}$
- B. $\frac{v^2 \cos^2 \theta}{2g}$
- C. $\frac{v^2 \sin^2 \theta}{2g}$
- D. $\frac{v^2 \sin^2 \theta}{g}$

Figur 6: Deloppgave 1g, V23. Skjermbilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).

Videreutvikle krever at elevene skal gjøre mye av det samme som om de *planlegger*. Forskjellen ligger i det at *planlegging* kan gjøres ut fra en idé eller et mål, så krever *videreutvikling* at det allerede er en metode eller prosess som kan endres. Å *videreutvikle* vil derfor innebære at det finnes et mål om å oppnå noe mer enn det den eksisterende prosessen eller planen er i stand til, og vil bestå av arbeidet som utføres for å endre den eksisterende prosessen. Oppgavene elevene skal løse innen programmering kan ligne det å *videreutvikle* et program til å bli noe mer.

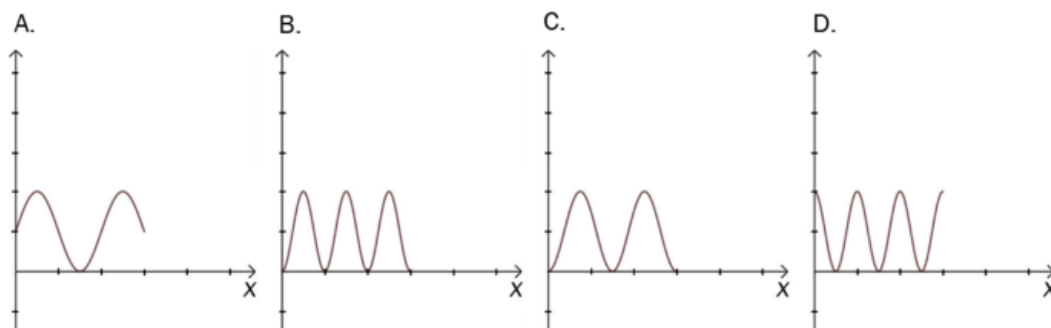
Vite krever at eleven er i besittelse av kunnskap som er essensiell for å løse oppgaven, men ikke kan hentes ut fra oppgaveteksten eller formelvedlegget. Denne kunnskapen trenger ikke å være veletablert kunnskap anerkjent som fakta, men kan også være å ha kjennskap til en metode, formel eller lignende som vil gjøre eleven i stand til å løse oppgaven.

t) Figuren viser bølgefunksjonen til ein partikkel som funksjon av posisjonen.



Verdiane på andreaksen i grafane under viser sannsynstettleiken til kvantepartikkelen sin posisjon.

Kva graf kan beskrive sannsynsfordelinga til kvantepartikkelen sin posisjon?



Figur 7: Deloppgave 1t, V23. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).

Deloppgave 1t, V23 er et godt eksempel på en *vite*-oppgave der elevene er nødt til å kunne noe spesifikt som det ikke er mulig å forvente at elevene skal kunne komme fram til uten forhåndskunnskaper om temaet. I dette tilfellet er det sammenhengen mellom bølgefunksjonen og sannsynlighetstettheten til en partikkel.

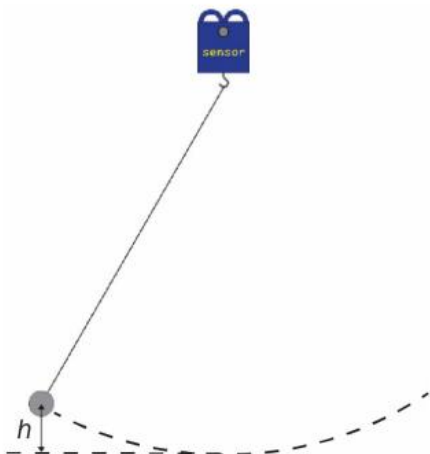
Vurdere og Evaluere brukes blant annet om oppgaver der elevene kan vurdere alternativer opp mot ulike fysiske teorier for å undersøke om det enkelte alternativet er plausibelt. Utdanningsdirektoratet definerer ordet slik:

Å vurdere er å overveie ulike sider ved et saksforhold eller synspunkt. Det kan også omfatte å bedømme kvaliteten ved et produkt eller en prosess. En vurdering resulterer ofte i en beslutning, en bedømmelse eller en konklusjon. Utdanningsdirektoratet (2021b)

*Evaluering*sdelen blir brukt om oppgaver der elevene må bedømme riktigheten, nøyaktigheten, eller egnetheten til tallverdier/størrelser, i kontekst av en modell eller formel som har resultert i disse verdiene.

Oppgave 7

Ei kule med masse $m = 1,00$ kg er festet i ei snor med lengde $L = 2,00$ m. Snora er festet i en kraftmåler som igjen er festet i et stativ. Kula trekkes ut til siden og slippes. Kraftmåleren måler snordraget når kula er på det laveste punktet. Dette gjentas for flere ulike høyder h over det laveste punktet i pendelbevegelsen.



- a) Vis at formelen for snorkraften i det laveste punktet er $S(h) = mg \left(1 + \frac{2h}{L} \right)$ hvis vi ser bort fra luftmotstand.

Nedenfor ser du resultatene av forsøket.

h / m	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
S / N	10,8	11,8	12,8	13,7	14,6	15,4	16,2	17,1	18,0	18,7

- b) Utforsk og vurder om formelen i a gjelder for alle verdier av h i tabellen.

Figur 8: Deler av oppgave 7, V23. Skjermbilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).

Deloppgave 7b fra V23 ber elevene om å *utforske* og *vurdere*, men slik de ulike arbeidsformene defineres her vil denne oppgaven i størst grad innebære å *evaluere*. De to delaktivitetene ligger nært nok hverandre til at de inngår i én kategori, så dette er et eksempel på en deloppgave der elevene skal *evaluere*, men som hadde blitt kategorisert under *vurdere* i tillegg dersom dette alternativet ikke var underlagt samme kategori.

Noen verb som ikke ble inkludert i delaktivitetene er blant annet:

Analysere, som opprinnelig ble inkludert, men overlappet i så og si alle oppgaver med enten *resonnere*, *vurdere/evaluere*, eller *interpretare*. I stedetfor å la *analyse* være en delaktivitet på samme måte som *BFG*, valgte jeg å holde de tidligere nevnte delaktivitetene separert fordi de har mindre til felles enn bestanddelene til *BFG*. Dette

betyr at kompetansemålene som krever at elevene *analyserer* ikke har en direkte kobling til delaktivitetene. Jeg valgte isteden å anse delaktivitetene som overlapper med *analysere* for å være aspekter av denne ferdigheten, da jeg mener den inneholder flere tilnærminger til oppgavene som varierer for mye til å være én avgrenset ting.

Gjennomføre, som ikke er praktisk å utføre på skriftlig eksamen slik den eksisterer i dag, da elevene må kunne følge en metode for å utføre en forhåndsbestemt og planlagt prosess som er lagt opp til å hente inn data eller annen informasjon om et fysisk konsept eller sammenheng. Å følge en metode som resulterer i riktig svar er ikke å *gjennomføre* slik det defineres her. Arbeidet må være relatert til en fysisk undersøkelse eller datainnsamling som har blitt planlagt på forhånd. Grunnen til at *gjennomføre* likevel inkluderes på denne listen er at ett av kompetansemålene spesifiserer at elevene skal *gjennomføre* et forsøk, uten at eksamen ekskluderer kompetansemålet.

Utdanningsdirektoratet bruker en definisjon som innebærer det at «Å gjennomføre er å iverksette, utføre og fullføre, for eksempel en oppgave, en undersøkelse eller et planlagt arbeid» (Utdanningsdirektoratet, 2021b). Å inkludere det å «gjennomføre [...] en oppgave» i definisjonen gjør ordet altfor bredt til at jeg kan bruke det som det er, i konteksten av delaktiviteter. Utelukkes «oppgaver» er definisjonen på linje med *gjennomføre* slik jeg ser på ordet, noe jeg ikke fant under analysen av V23 og H23.

4.3 Dekomponering av kompetansemål

Kompetansemålene ble dekomponert basert på delaktivitetene de inkluderte, slik at det kun fantes én delaktivitet i hver av de ferdig dekomponerte kompetansemålene, kalt delkompetansemål. Kompetansemålene og delkompetansemålene deres har blitt nummerert for lettere identifikasjon (se Vedlegg 1). Et eksempel er kompetansemål 5, som sier at elevene skal «gjøre rede for hvordan krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse, og bruke dette i beregninger» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6). Dette kompetansemålet har jeg delt inn i to deler, 5a: «gjøre rede for hvordan krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse», og 5b: «bruke det at krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse i beregninger». En fullstendig oversikt over oppdelingen av kompetansemålene finnes i Vedlegg 1. Denne oppdelingen av kompetansemål 5 gjør at kompetansemål 5a innebærer å gi en faglig begrunnet *forklaring*, mens 5b handler om å løse *beregningsoppgaver*. For at en oppgave skal kunne knyttes til ett av disse delkompetansemålene må den også handle om krefter og krumlinjet bevegelse. I kapittel 4.4 presenteres eksempler på hvordan oppgaver knyttet til dette kompetansemålet kan være vanskelige å kategorisere.

Delkompetansemål 10a og 10b, som henholdsvis sier at elevene skal «beskrive de sentrale prinsippene i den spesielle og generelle relativitetsteorien» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6), og «gjøre rede for hvordan den spesielle og generelle relativitetsteorien har endret vår forståelse av tid, rom og felt» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6), inneholder verbene *beskrive* og *gjøre rede for*. Denne oppdelingen ga mening tidlig i analyseprosessen da *beskrive* og *gjøre rede for* ble presentert separat i resultatene. I de senere stadiene av analysen ble derimot *beskrive*, *forklare*, og *gjøre rede for* slått sammen og plassert under delaktiviteten *BFG*. Å skille mellom *beskrive* og *gjøre rede for* er i de fleste tilfeller lett, slik disse delaktivitetene har blitt definert, der den første kan være en beskrivelse av en prosess eller hva som kan observeres i en gitt situasjon, mens *gjøre rede for* er en faglig begrunnet utgreiing eller forklaring. Når *forklare* blir inkludert som delaktivitet, blir det derimot vanskeligere å

skille mellom alle tre på en gang. *Forklare* nevnes ikke i kompetansemålene, men det er flere oppgaver som ber om en forklaring (se blant annet 2b2 og 3d fra H23, eller 5a fra H23 i Figur 11). Inkluderingen av *forklare* førte til en overlapp der de to andre delaktivitetene kunne virke som en underkategori av *forklare*. Den lave frekvensen av *beskrive* i forhold til de to andre delaktivitetene og den relative likheten i betydning mellom alle tre, førte til sammenslåingen av de tre delaktivitetene under samlebetegnelsen *BFG*. Dermed er ikke distinksjonen mellom delaktiviteter lenger en god grunn til oppdelingen av kompetansemål 10, da delaktivitetene som inngår befinner seg i samme kategori og ikke kan skilles fra hverandre slik de presenteres i resultatene. I Vedlegg 2 til Vedlegg 6, som inneholder kodingen av eksamenene, blir de originale kategoriene brukt. Grunnen til at det er forskjell mellom dokumentene som inneholder kodingen og resultatene som presenteres, er et ønske om å kunne være sikker på at dersom et kompetansemål kobles til en oppgave, skal det ikke være tvil om hvilken del av kompetansemålet oppgaven er relevant for. Noen kompetansemål inneholder både *beskrive* og *gjøre rede for*. Brukes *BFG* kan det stilles spørsmål om hvorfor kun en del av kompetansemålet er knyttet til oppgaven, når det inneholder begge. Dette er relevant for kompetansemål 5, 6, 10, og 11. Se Vedlegg 1 for delkompetansemål sammen med de originale kompetansemålene.

Ettersom kompetansemålene eksisterer i konteksten av Utdanningsdirektoratets definisjoner, bør også oppgaver knyttes til dem basert på tilsvarende definisjoner. Under prosessen med koding av eksamen ble delaktivitetene fortsatt behandlet som separate. Det er først i samlingsprosessen jeg har gruppert dem. Det finnes, som et eksempel, en deloppgave der begge delkompetansemålene til kompetansemål 10 ble tilegnet én oppgave (V23: 6d), men dette gjelder ikke dette alle (H23: 2b, V23: 6c).

Oppgave 6

Fra overflata av nøytronstjerna J0740+6620 sendes det ut fotoner med frekvens f_e . Radien til stjerna $R = 1,239 \cdot 10^4$ m. Ved overflata av stjerna er gravitasjonsfeltstyrken $1,80 \cdot 10^{12}$ m/s².

- a) Vis at massen til nøytronstjerna $M = 4,14 \cdot 10^{30}$ kg.

Formelen nedenfor viser sammenhengen mellom frekvensen f_e til strålingen som sendes ut fra overflata av stjerna, og frekvensen f_r som kan observeres på stor avstand fra stjerna.

$$f_r = f_e \sqrt{1 - \frac{2\gamma M}{Rc^2}}$$

- b) Vis at forholdet mellom frekvensen til fotonene som observeres utenfor gravitasjonsfeltet til stjerna, og frekvensen til fotonene som sendes ut fra overflata, er 0,71.
- c) En hendelse på overflata varer i ett år. Hvor lenge vil en observatør utenfor gravitasjonsfeltet til stjerna oppleve at den samme hendelsen varer?
- d) Vurder om svarene på b og c er i tråd med generell relativitetsteori.

Figur 9: Skjermbilde av oppgave 6, V23 (Utdanningsdirektoratet, 2023a).

Ser vi nærmere på oppgave 6c og 6d fra V23 i Figur 9, blir det klart hvorfor. Oppgave 6c, som har blitt knyttet til kompetansemål 10b, krever ikke kun korrekt utregning for å gi full uttelling, men en begrunnelse som forklarer hvorfor utregningen er riktig, siden

elevene skal grunngi svarene sine (Utdanningsdirektoratet, 2023d). Eksamensrapporten støtter opp om denne vurderingen (Utdanningsdirektoratet, 2023c). I begrunnelsen kan svaret fra 6b med endring i frekvens knyttes til tidsendringen. Elevene kan dermed argumentere for at gravitasjonsfeltet, som endrer frekvensen ved den oppgitte formelen, også endrer den observerte tiden når en partikkel beveger seg oppover (eller nedover) i feltet. Denne forklaringen er bygget på faglige begrunnelser og innebærer at elevene *gjør rede for*. Det er ikke nødvendig for elevene å *beskrive* de sentrale prinsippene i den generelle relativitetsteorien, kun argumentere for effekten.

Oppgave 6d ber om en sammenligning av resultatene fra 6b og 6c opp mot den generelle relativitetsteorien, noe som krever en *beskrivelse* av hva man skulle forvente ut fra deres forståelse av generell relativitet. Dette knytter oppgaven til 10a, der elevene skal «Beskrive de sentrale prinsippene i den spesielle og generelle relativitetsteorien» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 5). I vurderingen elevene skal gjøre må de også *forklare* hvordan svarene i oppgavene enten samsvarer med, eller går imot generell relativitetsteori. Da må de *gjøre rede for* hva som er annerledes under generell relativitet sammenlignet med klassisk mekanikk, altså en *forklaring* som gir eksempler på hvordan teorien har endret forståelsen av tid, rom, og felt. Derfor er denne oppgaven også underlagt delkompetansemål 10b.

Lignende tilfeller, med mer enn en av *beskrive* og/eller *gjøre rede for* i ett kompetansemål, kan finnes i kompetansemål 8, 9, 10, og 11 fra LK06, som også ble dekomponert basert på definisjonene i seksjon 4.2.1, laget ut fra delaktivitetsdefinisjonene for LK20. Denne delen av analysen for LK06 ble utført, men presenteres ikke i resultatene fordi undersøkelsens bakgrunn er endringer gjort etter innføringen av LK06. En analyse av oppgaver brukt under LK06 vil derfor ikke samsvare med hverken intensjonene eller definisjonene som brukes for de ulike verbene i kompetansemålene.

4.4 Kategorisering av ulike oppgaver

Underveis i analyseprosessen har det vært nødvendig å velge hvordan både læreplanen og delaktivitetene som har blitt identifisert fra eksamenssettene skal tolkes for å kunne utføre en systematisk kategorisering av oppgavene. I dette kapittelet gis det innsikt i hvilke valg og hensyn jeg tok under prosessen, og hvordan oppgavene ble kategorisert som et resultat av disse.

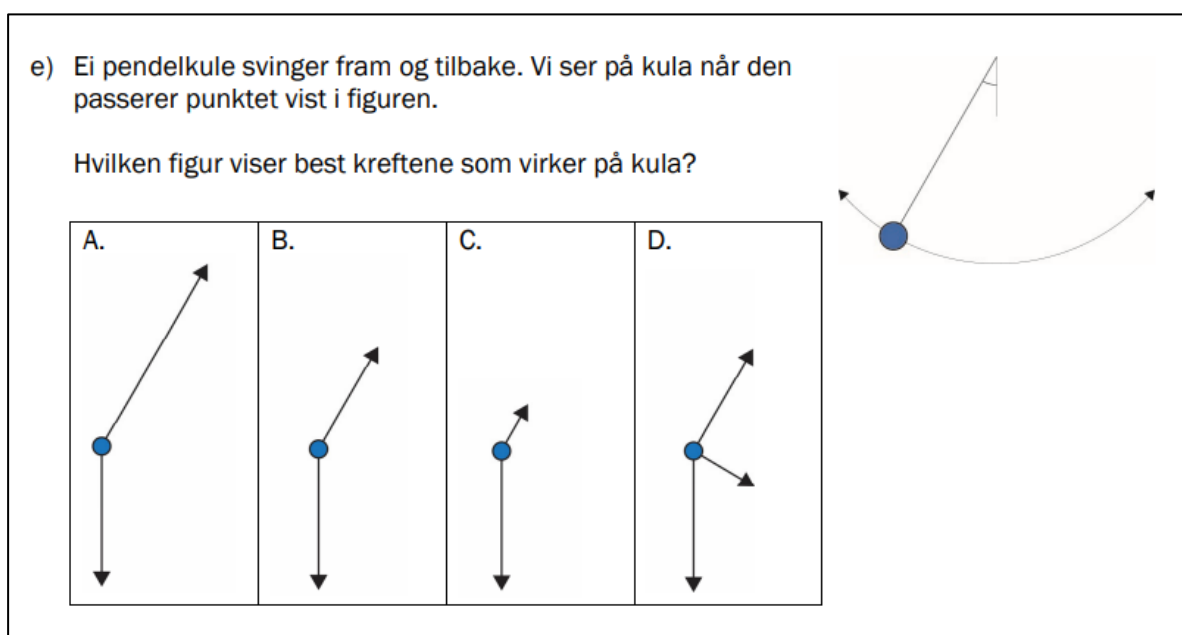
4.4.1 Utfordringene med å regne

Sammen med blant annet *skrive* og *lese*, blir det å *regne* definert som en grunnleggende ferdigheter i læreplanens overordnede del. Disse grunnleggende ferdighetene bli beskrevet i detalj. Utdanningsdirektoratet (2021c) oppgir følgende definisjon for å *regne* i fysikk:

Å kunne regne i fysikk innebærer å bruke matematiske metoder og verktøy for å løse fysiske problemer og beregne kvantitative størrelser. Videre innebærer det å analysere måledata, beregne usikkerhet og lage og tolke matematiske modeller. Det innebærer også å bruke tall på standardform, bruke prefikser og å omforme enheter på en hensiktsmessig måte. Å kunne regne innebærer også å gjøre overslag og vurdere rimeligheten av et resultat. (s. 4)

På sine nettsider har Utdanningsdirektoratet inkludert en forklaring på sentrale verb som brukes i kompetansemålene, slik at intensjonen med kompetansemålet blir bedre

kommunisert. I definisjonen av *å regne* finner vi både *bruke*, *beregne*, og *vurdere*. Læreplanen bruker ikke *å regne* i kompetansemålene, utelukkende *beregne*. Ulikt *bruke* og *vurdere*, blir ikke *beregne* definert, så for å analysere oppgavene måtte det vurderes om *å regne* er ekvivalent med det å *beregne*. Tatt i betraktning at *beregne* kan finnes som en underkategori av *å regne* i Utdanningsdirektoratets beskrivelse av denne ferdigheten, har jeg valgt å behandle disse som to som distinkte ting, der *beregne* er underlagt det *å regne*. I Figur 10 under følger en deloppgave fra V23 som illustrerer utfordringene med å kategorisere oppgaver. Denne deloppgaven tar for seg en krumlinjet bevegelse og kreftene som forekommer i denne bevegelsen. Det kan derfor virke som om deloppgaven passer ypperlig til kompetansemål 5b, «bruke det at krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse i beregninger» (Vedlegg 1). Hadde *beregne* blitt sett på som ekvivalent med det *å regne*, hadde dette stemt. Beskrivelsen av *å regne*, som gitt av Utdanningsdirektoratet (2021c), inkluderer at man skal kunne «vurdere rimeligheten av et resultat» (s. 4), noe som kan overføres til denne deloppgaven. Ved hjelp av kjennskap til hvordan kreftene på en planpendel vil se ut i en viss posisjon, kan elevene vurdere hvilket av de fire alternativene som stemmer; hvilket som er rimelig. Deloppgaven innebærer at elevene skal *regne*, slik det tolkes av meg. Kompetansemålet ber derimot ikke elevene om *å regne*, de skal *beregne*. Dermed brukes definisjonen som ble laget til delaktiviteten (se Definisjon av delaktiviteter), ikke den grunnleggende ferdigheten. Denne definisjonen gjør det ikke mulig å koble deloppgaven til kompetansemålet, da *beregne* krever kalkulasjon av en tallverdi, eller lignende.



Figur 10: Skjerm bilde av deloppgave 1e, V23 (Utdanningsdirektoratet, 2023a)

Avgrensningen som har blitt gjort, der det *å regne* (og tilsvarende grunnleggende ferdigheter) ikke inngår som en delaktivitet betyr at det er mulig å utføre en finere oppdeling med flere alternative kategorier, men samtidig kan koblinger forsvinne dersom det bedrives for mye flisespikkeri på ordlyden. Deloppgave 1e fra V23 i Figur 10, har ikke blitt kategorisert under *beregne*, men under *vite*, *modellere*, og *resonnere*. Den er koblet til delkompetansemål 4c, «modellering av todimensjonal bevegelse». Grunnen til dette er at elevene kan løse oppgaven ved å lage en tilnærming til den relative størrelsen på de ulike kreftene de *vet* påvirker kula ved hjelp av en simpel modell, eller *resonnere* seg fram til hvordan kreftene må være i forhold til hverandre basert på hvordan kula

kommer til å bevege seg over tid (for denne deloppgaven oppgir Utdanningsdirektoratet (2023c) at alternativ A er riktig svar).

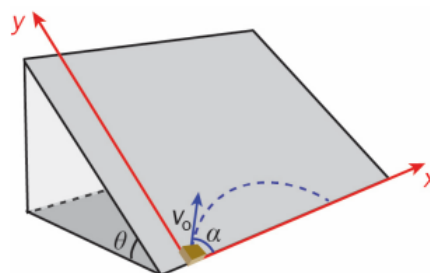
4.4.2 Et dypdykk i oppgave 5 fra del 2 H23

Når en oppgave skal knyttes til delaktiviteter og kompetansemål, må den først undersøkes i detalj. Hva slags situasjon er det som behandles? I oppgave 5 fra H23 skal elevene arbeide med et skråplan, og en kloss som beveger seg over det i en krumlinjet bane. Oppgaven som helhet er et tredimensjonalt problem, men klossens bevegelse på planet kan likevel sees på som todimensjonal langs de forhåndsdefinerte aksene x og y , som kan sees i Figur 11. Dette er et eksempel på en oppgave som kan inneholde fallgruver og muligheter for feiltolkning under analysen, i tillegg til punkt der det er stor sjanse for at resultatene ikke har høy reliabilitet, da entydigheten ikke kan garanteres. Det har derfor blitt gjort forsøk på å få et godt overblikk over oppgaven som en del av kategoriseringen, med grundig forklaring av tankegangen min under analysen. Deloppgavene må sees i lys av hverandre. En tidligere deloppgave kan gi informasjon eller innsikt som gjør de senere lettere. I oppgaven jeg tar for meg i denne seksjonen, oppgave 5 fra H23 (Figur 11), foregår det ikke helt slik. Kort fortalt bruker deloppgave 5b akselerasjonen elevene skal vise er $g/2$ fra 5a, men de må ikke løse 5a siden det oppgis i teksten. På samme måte kan elevene bruke tiden fra oppgaveteksten til 5b i løsningen for 5c. Selv om deloppgavene informerer hverandre, er det ikke nødvendig å løse dem for å innhente den relevante informasjonen. Unntaket er 5d, som vi skal se senere.

Jeg vil for den enkelte deloppgaven argumentere for at store deler av oppgaven kan falle innunder kompetansemål 4, der elevene skal «utforske, beskrive, og modellere bevegelse i to dimensjoner» (Utdanningsdirektoratet, 2021c). Dette er henholdsvis delkompetansemål 4a, 4b, og 4c (se Vedlegg 1).

Oppgave 5

En kloss sendes på skrå oppover et skråplan. Skråplanvinkelen $\theta = 30^\circ$. Klossen sendes med en startfart $v_0 = 1,5$ m/s og utgangsvinkel $\alpha = 45^\circ$. x- og y-aksen er som vist i figuren.



Se bort fra luftmotstand i hele oppgaven, og se bort fra friksjon i oppgave a, b, c og d.

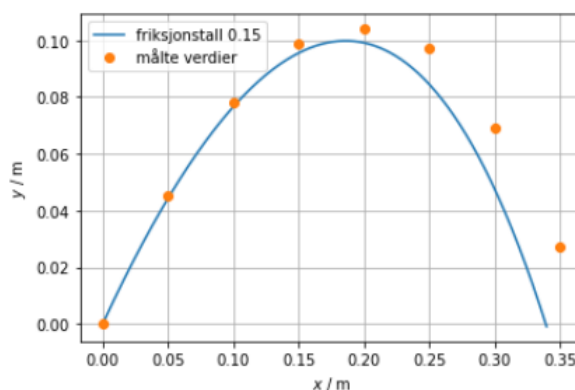
- Forklar at størrelsen på akselerasjonen til klossen er $g/2$ der g er tyngdeakselerasjonen.
- Vis at klossen bruker 0,43 s fra start til den har kommet ned fra skråplanet.
- Hvor langt fra startposisjonen er klossen når den har kommet ned fra skråplanet?
- Vis at posisjonen til klossen er gitt ved $y = x - \frac{gx^2}{2v_0^2}$ mens den glir på skråplanet.

Ole gjennomfører et fysikkforsøk som beskrevet ovenfor. Tabellen nedenfor viser måleverdiene fra forsøket.

x-posisjon / m	0	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35
y-posisjon / m	0	0,045	0,078	0,099	0,104	0,097	0,069	0,027

- Vurder og utforsk om formelen i oppgave d gjelder for alle verdiene i tabellen.

Ole antar at friksjonstallet i forsøket er 0,15. Han ønsker å undersøke om dette stemmer med måleresultatene. Ole gjør nødvendige beregninger og lager et program som tegner grafen nedenfor.



- Har Ole antatt en for lav eller høy verdi for friksjonstallet?

Figur 11: Oppgave 5, H23.

Deloppgave 5a, som vist i Figur 11, spesifiserer at eleven skal *forklare* noe, så det er opplagt at denne deloppgaven må kategoriseres under *BFG*. Det er derimot ikke like klart hva som skal kjennetegne forklaringen. En kan simpelthen si at vinkelen på skråplanet er 30° fra å være horisontal, og derfor kan en bruke sinusfunksjonen til å regne ut bidraget

fra en vertikal kraft på klossen i planet. Dette gir en matematisk begrunnelse på hvorfor klossens akselerasjon skal være ekvivalent med halve tyngdeakselerasjonen. Om elevene inkluderer tekst som *beskriver* hvorfor framgangsmåten fungerer har de i alle fall *forklart*, men de må også *bruke* kjente eller oppgitte formler. Både resultatet til $\sin(30^\circ)$ og hvilken katet som brukes i sinusfunksjonen er oppgitt i formelvedlegget, så dette er ikke nødvendig å kunne. Elevene kan *bruke* denne informasjonen til å utføre *beregningen* som gir halve tyngdeakselerasjonen. Det må understrekes at det ikke er sikkert at elevene viser denne utregningen i svarene sine, men den subjektive analysen jeg har gjort av oppgaven har vurdert det som naturlig å inkludere en formel tilsvarende $g \cdot \sin(30^\circ) = g/2$ som en del av forklaringen. Dette arbeidet med å finne tyngdeakselerasjonen anser jeg som *modelleringsarbeid*, da det går ut på å ferdigstille en modell, og det er sannsynlig at elevene lager en hjelpefigur som en del av dette arbeidet. Deloppgave 5a knyttes altså til *modellere, beregne, bruke, og BFG (forklare/gjøre rede for)*. Når det kommer til kompetansemål, omhandler denne oppgaven akselerasjon i gravitasjonsfelt. Denne forandrer seg ikke om klossen er i bevegelse eller i ro, så det at det kan forekomme bevegelse endrer ingen av beregningene eller argumentene som har blitt gitt. Likevel, det blir i oppgaveteksten bestemt en startfart, og det å bestemme akselerasjonen vil være beskrivende for denne bevegelsens utvikling. Jeg vil derfor påstå at denne oppgaven kan knyttes til den *beskrivende* delen av kompetansemål 4, 4b, men også i noen grad til den *modellerende* delen, 4c. Selv om deloppgaven har mye med gravitasjon å gjøre, er det ingen form for energibevaring i den, så kompetansemål 7 er utelukket.

Deloppgave 5b er en typisk deloppgave der elevene skal *beregne* noe. Det finnes flere alternative løsningsmetoder, men jeg kommer kun til å beskrive den jeg har valgt.

I formelvedlegget finnes strekningsformelen $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, som elevene kan *bruke* ved å sette inn alle kjente verdier og behandle som en andregradslikning for å *beregne* svaret. Det kreves bearbeiding i form av dekomponering av startfarten til x- og y-retning først, men ettersom vinkelen er 45° kan både sinus og cosinus brukes til å finne riktig verdi, selv om argumentet ikke nødvendigvis vil være like riktig. Bevegelsen er teknisk sett krumlinjet, men man arbeider kun med y-retningen i denne deloppgaven; elevene reduserer den todimensjonale bevegelsen til en endimensjonal likning, som ikke er krumlinjet. Dette er en vanlig strategi for å simplifisere krumlinjet bevegelse som ikke er sirkulær. Med informasjonen fra 5a og oppgavetekstens startfart er det ikke i utregningen nødvendig å se på problemet som krumlinjet, da det eneste som er av interesse er når y-verdien igjen blir 0. Den valgte utregningsmetoden benytter seg heller ikke av krefter, kun fart og akselerasjon. Kreftene er likevel kilden til akselerasjonen, så det er de som forårsaker den krumlinjede bevegelsen. Jeg har valgt å klassifisere deloppgaven som tilknyttet delkompetansemål 5b.

Modellering er ikke framtreddende i den foreslåtte løsningen til deloppgaven, og jeg mener derfor at den ikke kan kategoriseres under den korresponderende delaktiviteten eller delkompetansemål 4c. Jeg anser oppsettet av strekningsformelen som en *beskrivelse* av hvordan bevegelsen utarter seg, noe som ville ha betydd en klar kobling til delkompetansemål 4b om det ikke var for det at likningen er 1-dimensjonal. At elevene bruker vektorer i strekningsformelen anses som lite sannsynlig, men jeg velger likevel å inkludere delkompetansemål 4b.

Energibevaring er et krav for kompetansemål 7, noe oppgaven teknisk sett kan løses ved hjelp av, selv om dette anses som en omvei. Deloppgaven knyttes til delkompetansemål 7b under tvil. Deloppgave 5b kategoriseres under delaktivitetene *beregne* og *bruke*, samt delkompetansemålene 4b, 5b, og 7b.

5c er også en deloppgave der eleven skal *beregne*, men mer lettvint enn den forrige. Strekningsformelen $s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$, som oppgitt i formelheftet, kan løse denne deloppgaven også, men her er det ingen akselerasjon. Hvis elevene klarer å finne komponenten til v_0 i x-retningen kan de sette inn tiden som ble oppgitt i 5b og løse for strekningen. Hovedfokus i denne oppgaven er at elevene skal *beregne*, selv om elevene kan *bruke* også. Bevegelsen er fortsatt krumlinjet, men med all informasjonen fra 5a og 5b bør elevene være i stand til å se hvordan dette ikke påvirker bevegelsen i x-retningen. Selv om det å se bort fra irrelevant informasjon i utformingen av en simplificert modell er en viktig del av *modellering*, har oppgaven ikke blitt kategorisert under delkompetansemål 4c, da den eneste *modelleringen* som faktisk kreves for å løse oppgaven er å finne x-komponenten av startfarten. Jeg har ikke knyttet kompetansemål 5 eller 7 til oppgaven, men mener at utregningen innebærer en *beskrivelse* av hvordan bevegelsen utarter seg som følge av tiden. Det må påpekes at bevegelsen ikke er i to dimensjoner i utregningen etter å ha blitt dekomponert. Med forbehold om at dette er et punkt der en kan ha betenknninger, knytter jeg deloppgaven til delkompetansemål 4b.

Neste **deloppgave, 5d**, skiller seg fra de andre i det at elevene ikke skal *beregne*, men *utlede* for å finne svaret. 5d er en deloppgave som setter høyere krav til elevene i det at de ikke lenger kan sette inn tallverdier for deler av formelen, men må sette inn alternative likninger istedenfor. Jeg mener at dette er en potensielt problemløsende deloppgave, der det ikke er opplagt for elevene hvordan de skal gå fram for å nå den oppgitte løsningen. Av den grunn er det også mulig å klassifisere dette som en *utforskende* deloppgave, der elevene kan angripe problemet ved å prøve seg fram med varierte metoder.

Løste elevene 5c som foreslått over, vil de være i besittelse av sammenhengen $x = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$, utarbeidet fra strekningsformelen uten akselerasjonskomponent. Dette er et eksempel på at det er løsningen som informerer den kommende deloppgaven, ikke oppgaveteksten. Formelen $x = v_0 \cdot t \cdot \cos \alpha$ kan skrives om (*utledes*) til $t = x / (v_0 \cdot \cos \alpha)$. Ettersom 5d løser for y , må startfarten i vertikalretning langs skråplanet være gitt av $v_{0y} = v_0 \cdot \sin \alpha$. Fordi $\alpha = 45^\circ$, vil $\sin \alpha = \cos \alpha$. Med denne informasjonen kan elevene argumentere for at $v_{0y} \cdot t = x$, der det første leddet av likningen er startfarten i y-retningen. På samme måte kan $t = x / (v_0 \cdot \cos \alpha)$ brukes i det andre leddet. Her må elevene også huske på at leddet med akselerasjon i strekningsformelen har en faktor på $\frac{1}{2}$, og at akselerasjonen er $\frac{1}{2}g$. Glemmes en av disse blir det feil når $\cos^2 \alpha$ brukes til å eliminere.

Tatt i betraktning at elevene må komme fram til at både leddet med startfarten og leddet med akselerasjonen kan erstattes på denne måten, og at de må se koblingen selv, har 5d også blitt klassifisert som en deloppgave der elevene må *resonnere* i tillegg til å *utlede*.

Delkompetansemålene jeg knytter til deloppgaven er 4a, 4b, 4c, og 5b. Selv om deloppgaven ikke har blitt kategorisert som en der elevene skal *beskrive*, vil resultatet fortsatt være *beskrivende* for bevegelsen i seg selv, og blir derfor inkludert.

I **deloppgave 5e** står det at elevene skal «Vurder[e] og utforsk[e] om formelen [...] gjelder for alle verdiene» (Utdanningsdirektoratet, 2023b), men en naturlig framgangsmåte for å løse deloppgaven innebærer å *vurdere* og *undersøke* (undersøke er ikke en delaktivitet) istedenfor. Dette er ikke en deloppgave der jeg forventer at elevene vil bruke utforskende arbeid til å løse den, men ganske enkelt sette den oppgitte x-verdien inn i formelen fra 5d, og sammenligne med resultatet fra forsøket. Med denne løsningsmetoden vil elevene først utføre en enkel *beregning* der de *braker* de oppgitte

formlene og informasjonen som har blitt funnet tidligere, etterfulgt av en *vurdering* av formelens egnethet basert på likhetene. Høy måloppnåelse på oppgaven innebærer nok også at avviket som oppdages *relateres* til luftmotstand ved høyere hastigheter (kan også gjøres med et resonnement), og at eleven *gjør rede for* eller *forklarer* hvorfor. Jeg ser ikke på oppgaven som *utforskende*.

Tilnæringsmetoden vil etter min mening være analyserende av natur, og jeg knytter derfor deloppgaven til delkompetansemål 1d.

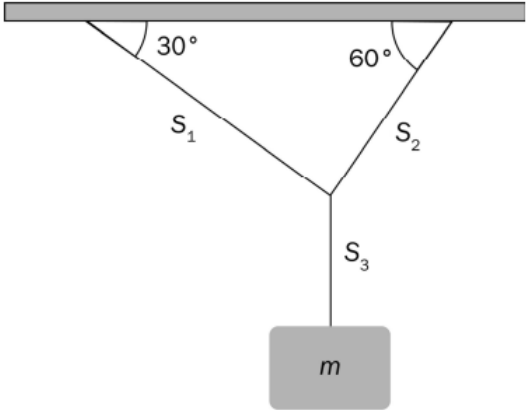
Den siste **deloppgaven, 5f**, har jeg kategorisert som *evaluere, interpretere, og forklare*. Gjennom en tolking av grafen og måleverdiene, vil elevene danne en *interpretasjon* av hva grafen forteller dem, slik at de kan finne friksjonstallets egentlige verdi. Ved å *evaluere* hvordan endringer i friksjonstallet påvirker grafen, kan elevene begrunne om verdien er for høy eller lav, noe de må *forklare* i svaret sitt.

Jeg ser på dette som en måte å analysere data på, og deloppgaven blir knyttet til delkompetansemål 1d.

4.4.3 Oppgaver utenfor kompetansemålene

Noen av eksamensoppgavene har jeg ikke koblet til noen av kompetansemålene. Jeg vil bruke 1c fra V23 i Figur 12 som et eksempel på hvorfor:

c) Et lodd med masse m henger i ro. Se figur. Snor 1 og 2 danner vinkler på henholdsvis 30° og 60° med horisontalplanet. Snor 3 er festet i knutepunktet mellom snor 1 og snor 2. Vi har snorkreftene S_1 , S_2 og S_3 på henholdsvis snor 1, 2 og 3.



Hva er riktig om snorkreftene?

- A. $S_1 = S_2 = S_3$
- B. $S_1 = S_2 < S_3$
- C. $S_2 < S_1$
- D. $S_1 < S_2$

Figur 12: Deloppgave 1c fra V23. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023a).

Ut fra oppgaveteksten i Figur 12 kan vi lese at oppgave 1c fra V23 omfatter et statisk problem der det ikke forekommer noen bevegelse. Ettersom kompetansemål 4 og 5, samt delkompetansemålene deres, alle spesifiserer bevegelse, kan ikke oppgaven knyttes til dem. Energibevaring kommer ikke inn i en løsningsmetode, så kompetansemål 7, som omfatter mekanisk energi i sentralfelt, kan heller ikke knyttes til oppgaven. Fordi det ikke finnes noen indikasjon på at dette er forsøksrelatert, eller på noen måte skal

planlegges eller arbeides videre med, passer ikke kompetansemål 1. De resterende kompetansemålene er det banalt å argumentere for. Altså kan ingen av kompetansemålene i fysikk 2 kobles til oppgave 1c fra V23. Jeg vil understreke at oppgaven er tematisk relatert kompetansemålene; det er oppgavens statiske natur som ikke er i overenskomst.

5 Resultater

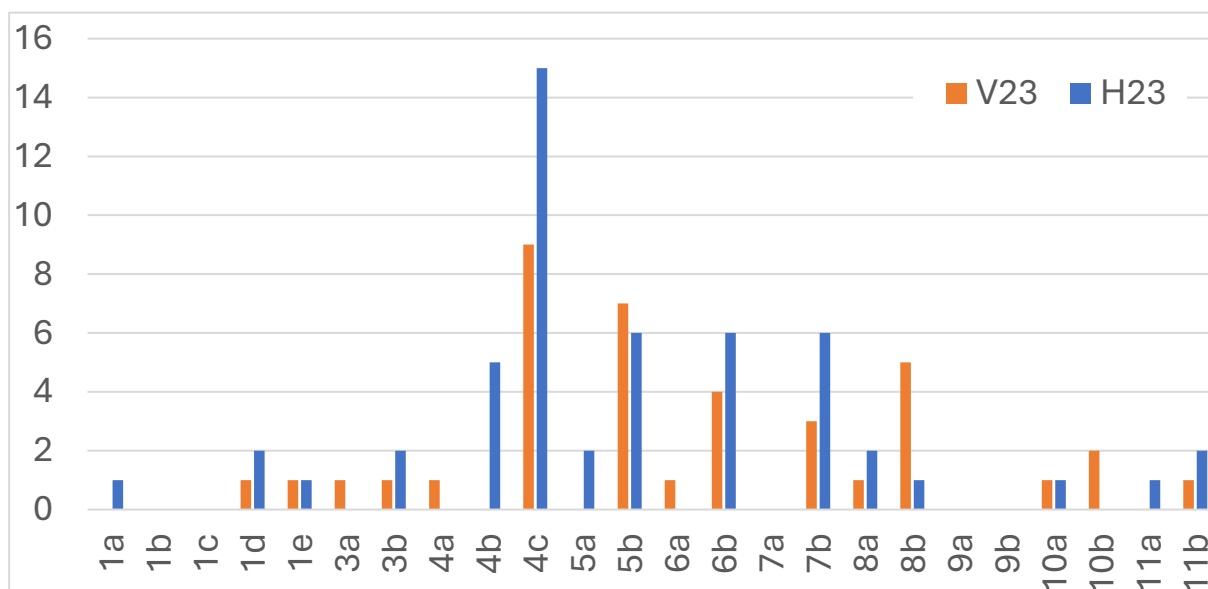
Jeg har undersøkt fem sentralgitte eksamenssettene i fysikk 2 og kategorisert oppgavene, vurdert antall sammenhenger, og undersøkt om nødvendige formler er tilgjengelige i formelvedlegget. Av disse fem eksamenene er de tre eldste fra LK06, mens de to nyeste har blitt laget basert på LK20. De to delene av det analyserte materialet har dermed blitt laget på ulikt grunnlag.

Hver deloppgave, som 2a, 2b, og 2c, teller likt og individuelt. Ved ytterligere inndeling, som for en oppgave som inneholder 5a1 og 5a2, vil disse telle som den ene deloppgaven 5a.

Ettersom alle eksamenene har ulikt antall deloppgaver, vil andelen oppgaver som passer innen en kategori brukes i størsteparten av resultatene.

5.1 Kompetansemål som testes på eksamen

Dersom en oppgave kan knyttes til et kompetansemål med mer enn en tematisk relasjon, kan det være mulig å bruke oppgaven til å vurdere en elevs kompetanse innen det kompetansemålet. Ettersom eksamen fra LK06 ikke skal vurderes innenfor rammene til LK20 er det kun V23 og H23 som inkluderes i dette avsnittet. Merk at det ikke brukes andel her, i motsetning til mange av de resterende resultatene.



Figur 13: Oversikt over hvor mange deloppgaver som ble knyttet til et gitt delkompetansemål under LK20.

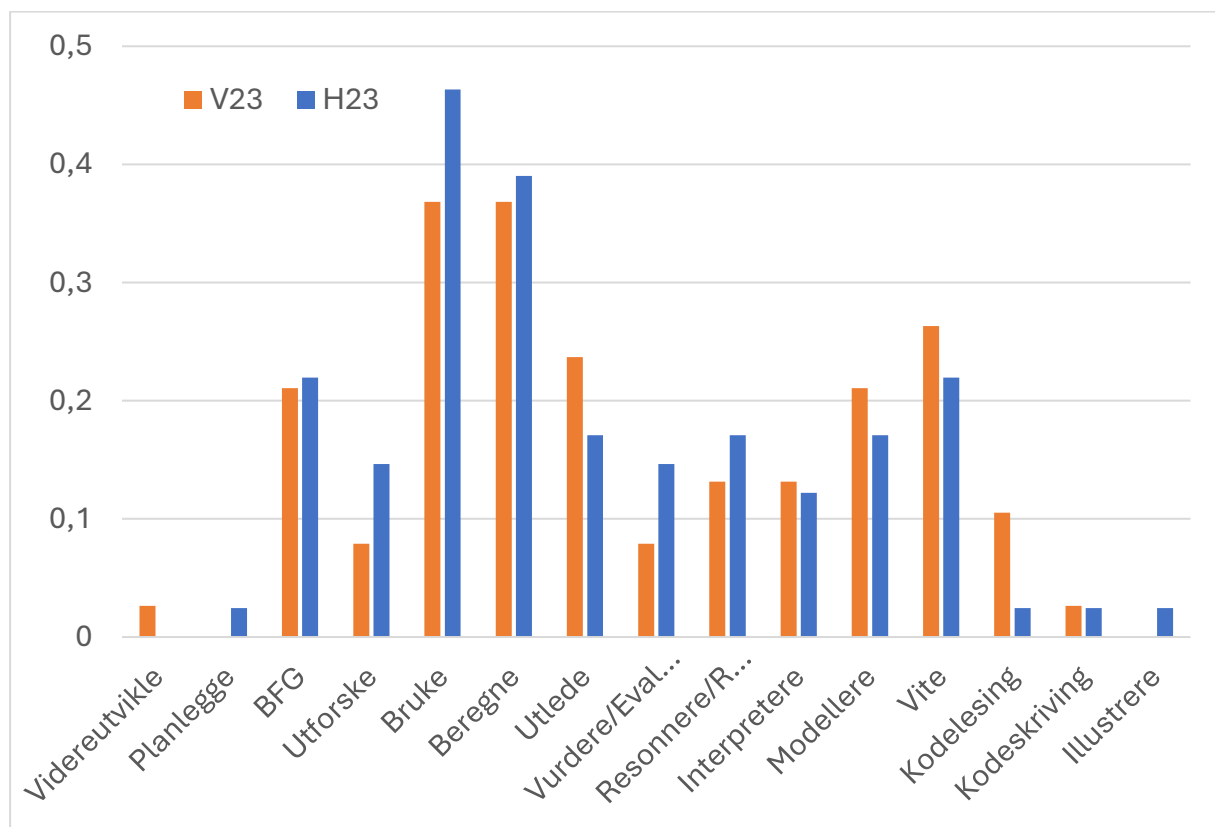
Kategoriseringen av delkompetansemålene, som vist i Figur 13, har to punkt som klart skiller seg ut fra resten av dataene. Det første er at delkompetansemål 4c, modellering av tredimensjonal bevegelse (Vedlegg 1 og Utdanningsdirektoratet (2021c)), har markant høyere frekvens enn de resterende delkompetansemålene, spesielt for H23. Delkompetansemål 4c har også høyest frekvens for V23, om enn ikke med så stor

margin. Det andre er at det ikke ble kategorisert noen oppgaver under kompetansemål 9, som omhandler induksjon i dagliglivet (Vedlegg 1 og Utdanningsdirektoratet (2021c)). Kompetansemål 1, 7, og 9 hadde delkompetansemål som ikke ble testet. Utenom kompetansemål 8 hadde alle kompetansemålene delkompetansemål som ikke ble testet på enten V23 eller H23.

Noen oppgaver traff ikke noen av kompetansemålene i analysen, som nevnt i 4.4.3. Dette gjelder V23: 1c, 1q-t, 4a, 5a, 5c, 6a-b, 7a og H23: 1q-r, 1t, 4b-f.

5.2 Delaktiviteter

Hvordan elevene måtte arbeide for å løse deloppgavene i en gitt eksamen ble kategorisert som såkalte delaktiviteter, med kriteriene for å inkludere en deloppgave under en delaktivitet definert i kapittel 4.2.1. En enkelt deloppgave kan ha en rekke delaktiviteter assosiert med seg; det er ikke det arbeidet som utføres i størst grad som måles, men alle formene for arbeid som inngår i løsningsprosessen til en deloppgave. Etter at delaktivitetene for LK20 har blitt presentert, vil de resterende resultatene inneholde data fra eksamen under både LK06 og LK20. Disse dataene vil brukes til å se likheter og endringer over et lengre tidsrom, samt til å understreke skift i overgangen mellom de to læreplanene.



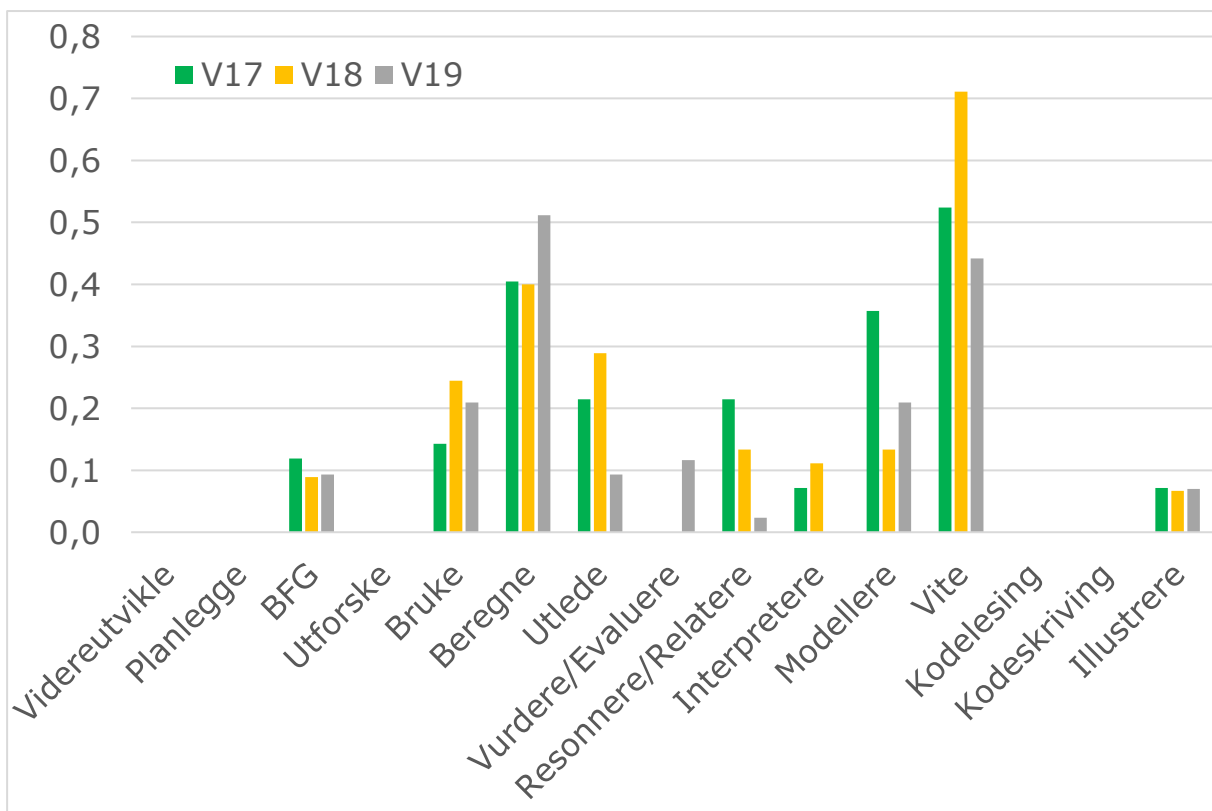
Figur 14: Oversikt over andelen deloppgaver assosiert med en spesifikk delaktivitet i hvert av eksamenssettene fra LK20.

Figur 13 og Figur 14 kan indikere at antallet oppgaver knyttet til delkompetansemål 4c fra H23 langt overstiger andelen oppgaver der elevene skal *modellere*, noe som ikke forekommer i V23. De spesifikke dataene vises i Tabell 4, som viser at dette stemmer.

Tabell 4: Sammenligning av antallet oppgaver kategorisert under *modellere* og delkompetansemål 4c for V23 og H23.

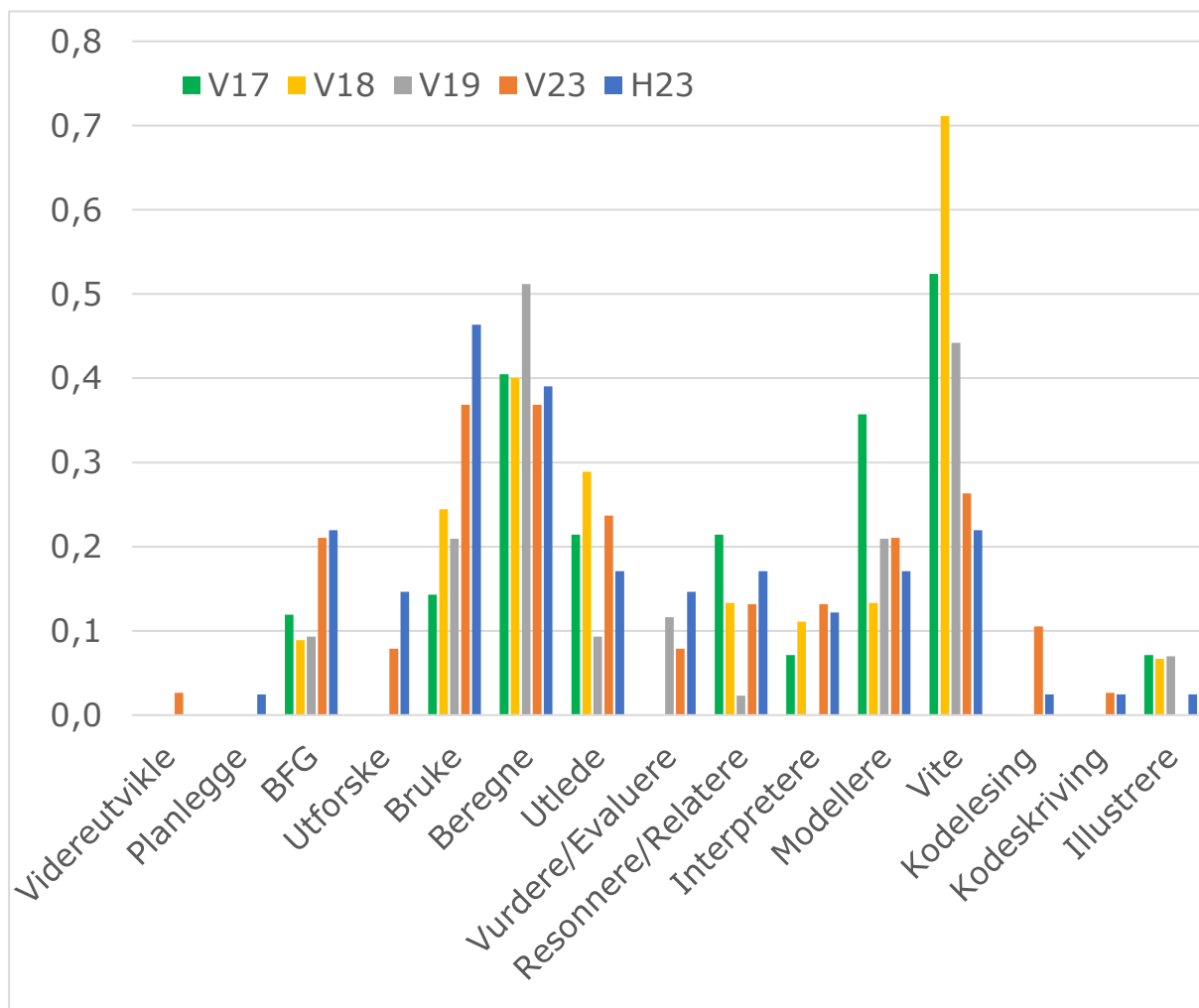
	Delkompetansemål 4c	<i>Modellere</i>
V23	9	8
H23	15	7

Delaktivitetene ble opprinnelig utformet basert på V23 og kompetansemålene fra LK20. De tar ikke hensyn til hvilke ferdigheter elevene skulle være i stand til å utføre under LK06, så det kan heller ikke forventes at hver av eksamenene skal inneholde alle delaktivitetene. Figur 15 eksemplifiserer dette, der fem delaktiviteter funnet i eksamener fra LK20 ikke blir representert.



Figur 15: Oversikt over andelen delaktiviteter i eksamenssettene fra LK06.

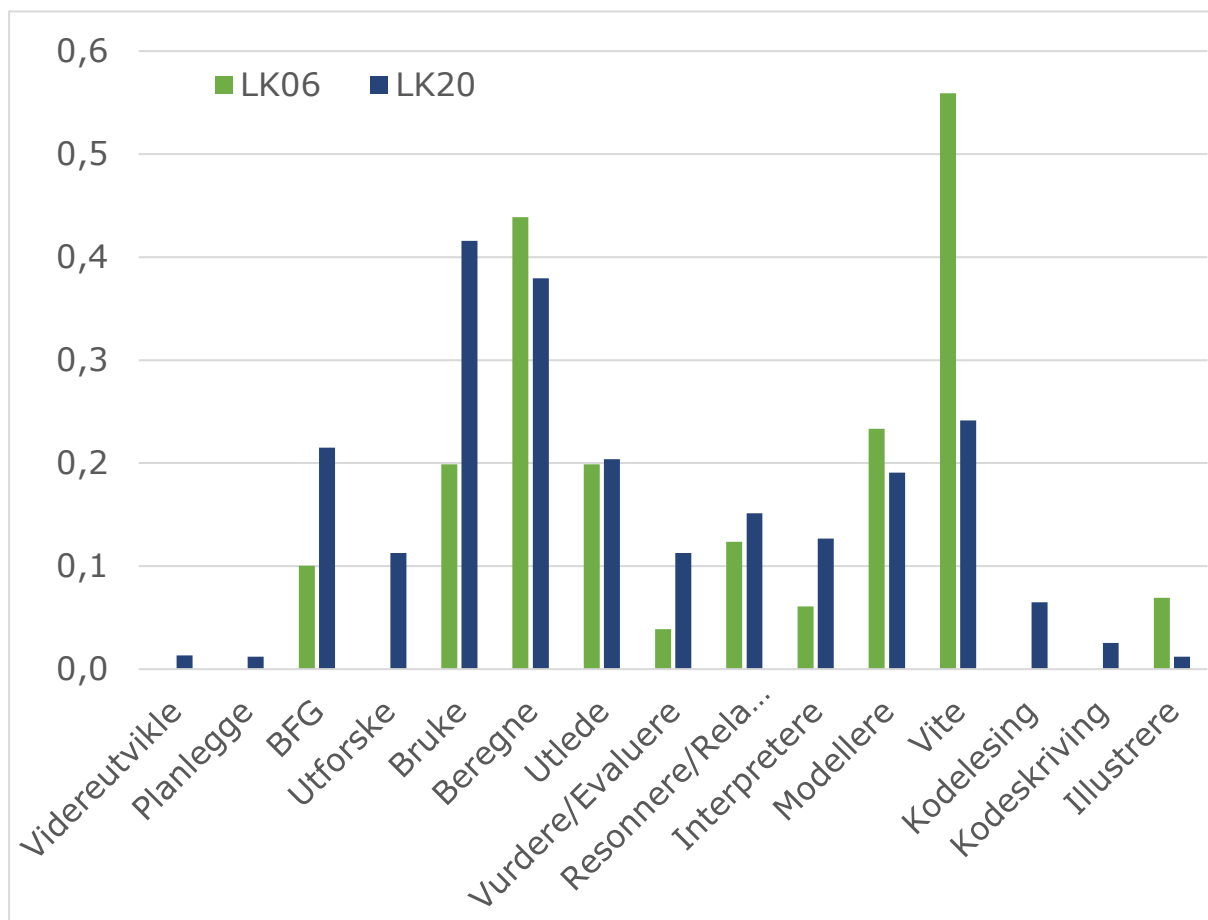
I Figur 16 vises den fullstendige oversikten over data som har blitt samlet inn fra innholdsanalysen av delaktiviteter, fordelt på eksamen. Det kan sees variasjon mellom eksamenssettene, men det er også flere delaktiviteter som har stabil representasjon. Spesielt kan *beregne* trekkes fram som et eksempel. Denne delaktiviteten har blitt identifisert i omtrent 40% av oppgavene i hvert eksamenssett, med unntak av V19 og den litt lavere V23. *BFG* ser også mindre variasjon innad i LK06 og LK20, selv om det er betraktelig forskjell mellom de to læreplanene. *Kodelesing* og *kodeskriving* er delaktiviteter som ble introdusert som en konsekvens av de endrede forventningene til digitale ferdigheter i LK20, og finnes derfor ikke i de tidligere eksamenssettene.



Figur 16: Andelen deloppgaver i de ulike eksamenssettene som krever en spesifikk delaktivitet.

For å tydeligere se endringer mellom de to læreplanene har eksamenene i Figur 17 blitt slått sammen etter hvilken læreplan de tilhører. Eksamenene har blitt slått sammen basert på snittverdien til fordelingen av andelen oppgaver.

Som man kan se i Figur 16 og Figur 17 ble det heller ikke registrert noen oppgaver med *utforskende* arbeid på eksamenene fra LK06, mens Figur 17 viser at litt over 10% av oppgavene under LK20 ble kategorisert som å kreve at elevene benytter denne delaktiviteten.

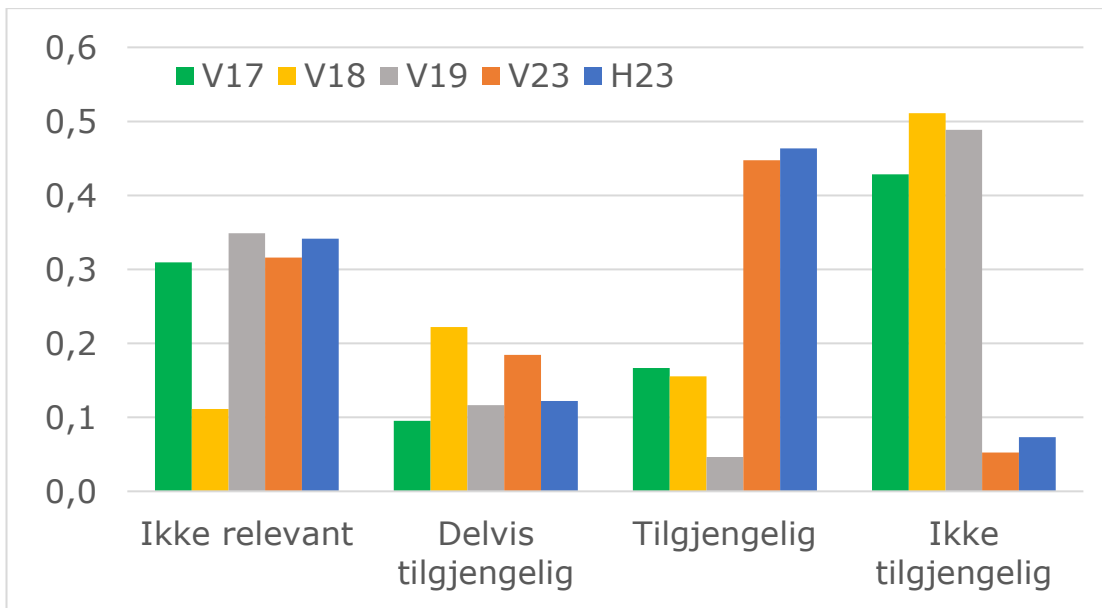


Figur 17: Snittandelen delaktiviteter registrert i V17, V18, og V19 fra LK06, samt V23 og H23 fra LK20.

Figur 17 viser også at snittandelen av oppgaver kategorisert under *vite* var betraktelig høyere under LK06 enn under LK20, og at den mest utbredte delaktiviteten før fagfornyelsen foran *beregne*. Der LK20 har klart størst andel oppgaver kategorisert under *bruke* og *beregne*, er det *beregne* og *vite* som skiller seg ut under LK06.

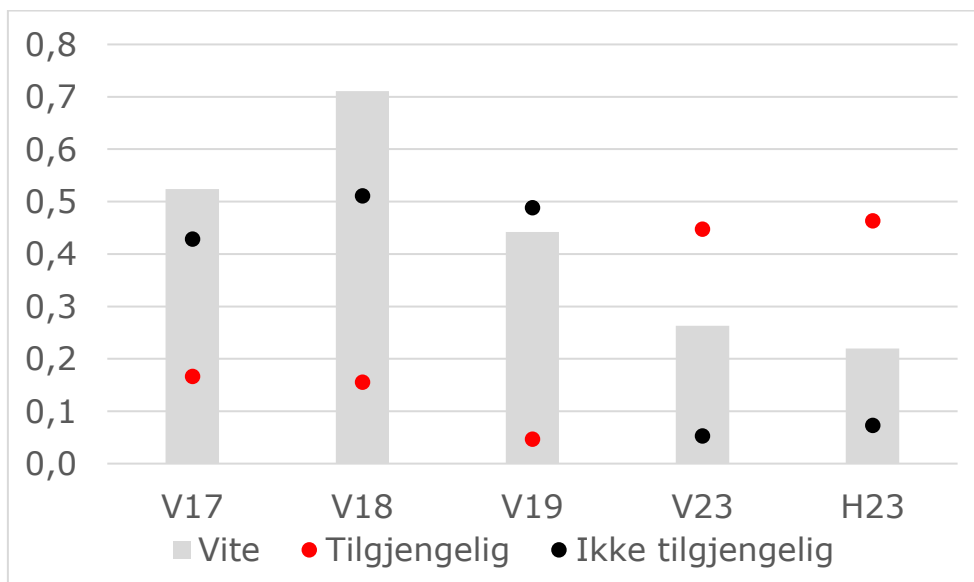
5.3 Elevenes tilgang til formler

I formelvedlegget og i oppgaveteksten gis det formler som elevene kan bruke under oppgaveløsingen. Resultatene som presenteres her viser hvordan jeg har vurdert om formlene som trengs for å løse en oppgave er *tilgjengelig*, *delvis tilgjengelig*, eller *ikke tilgjengelig*. Dersom formler ikke trengs i løsningen, blir oppgaven kategorisert som *ikke relevant*, som vist i Figur 18.



Figur 18: Fullstendig oversikt over formeltilgjengeligheten på eksamen, gitt ved andel deloppgaver.

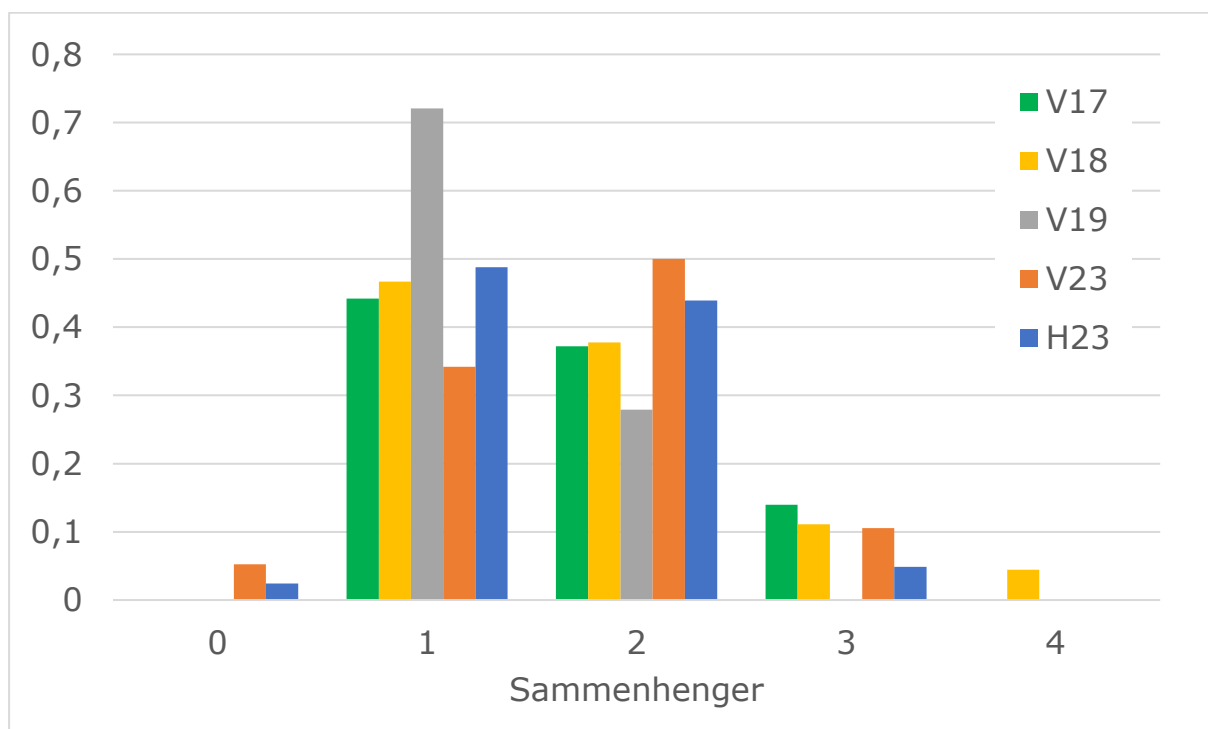
Figur 19 viser reverseringen av andelen oppgaver der formelene kan finnes i formelvedlegget, ved skiftet mellom LK06 og LK20, samt reduksjonen av andelen deloppgaver som kategoriseres under *vite* i samme tidsrom. Dette andelsbyttet må sees i lys av at eksamensveiledningen for LK20 ikke inneholder en liste over formler som forventes å være kjent av elevene, i motsetning til eksamensveiledningene for LK06. Denne listens formler er nå en del av formelvedlegget elevene har tilgang til under eksamen (Utdanningsdirektoratet, 2018b, 2019b, 2023c). Merk at dersom oppgaveteksten oppgir fullstendig formel, eller oppgir alle nødvendige formler sammen med formelvedlegget, vil dette også telle som at formelen er tilgjengelig.



Figur 19: Andelen deloppgaver der formelvedlegget eller oppgaveteksten inneholder nødvendige formler, samt andelen deloppgaver som kategoriseres under *vite*.

5.4 Kompleksitet i eksamensoppgavene

Antallet fysiske og tekniske sammenhenger elevene måtte arbeide med i løsningsprosessen av den enkelte deloppgaven ble talt opp og summert. Hvor mange sammenhenger en oppgave omfatter er et mål som kan måle dens bredde i fysikkfaget. Her vil for eksempel energibevaring bli sett på som én sammenheng, Lenz' lov som en annen, og Newtons lover som en tredje sammenheng.



Figur 20: Fordeling av andelen sammenhenger knyttet til deloppgavene i alle eksamenene.

Figur 20 inneholder oversikten over fordelingen for de fem eksamenene. V19 utmerker seg, da det kun ble funnet oppgaver med en og to sammenhenger, med sterk overvekt for én sammenheng.

Tabell 5 viser snittverdien for antall sammenhenger i de fem analyserte eksamenene. Dataene avdekker ikke en klar trend mot hverken høyere eller lavere antall sammenhenger per deloppgave. Heller ikke i relasjon til skifte av læreplan mellom de tre første og to siste eksamenene er det en tydelig endring, da variasjonen er for stor. Den store andelen 1-sammenhengsoppgaver i V19, og fraværet av oppgaver med tre eller fire sammenhenger, resulterte i et betraktelig lavere snitt det året.

Tabell 5: Gjennomsnittlig antall sammenhenger for de ulike eksamenene.

V17	V18	V19	V23	H23
1,64	1,73	1,28	1,66	1,51

6 Diskusjon

6.1 Delaktiviter

Analysen av delaktivitetene er kvalitativ. Hver oppgave ble kategorisert basert på hva jeg mener er en naturlig løsningsmetode. Denne løsningsmetoden legger ikke nødvendigvis til grunn den samme argumentasjonen som Utdanningsdirektoratet har brukt, men er et forsøk på å simulere hvordan en elev kunne ha gått fram under eksamen. Fordi resultatene kommer fra denne kvalitative analysen, vil ikke en annen persons applikasjon av rammeverket resultere i like resultater. To analyser av samme datamateriale kan variere mye med litt ulik tolkning av definisjonene. I kapittel 4 ble detaljerte eksempler på tankegangen som ligger til grunn for resultatene fra analysen presentert, noe som skulle sikre at prosessen ble tydelig dokumentert for at en leser skal kunne få innsikt i hvordan jeg satte rammeverket ut i praksis.

Selv om resultatene presenteres grafisk og kan ligne på kvantitative data i det de måler, er ikke dette tilfellet. Rammeverket kan kun behandle enkeltoppgaver. Resultatene er, som nevnt i introduksjonen til kapittel 3, en omstrukturering av resultatene fra den kvalitative analysen utført på hver oppgave, og må behandles deretter. Den subjektive tolkningen, basert på de egendefinerte rammene, har ført til disse begrensningene.

6.2 Hva sier resultatene?

Hvilke kompetansemål blir testet på eksamen?

Hovedtrenden i resultatene er at det er kompetansemål innen mekanikk og elektromagnetisme som inkluderer *beregning* som blir hyppigst testet. Disse kompetansemålene kommer fra kjerneelementet «Krefter og felt», men den enkelte oppgaven kan også trekke inn andre kjerneelementer.

Delkompetansemål innen et kompetansemål kan i svært varierende omfang bli testet. For eksempel i kompetansemål 1, der 1b og 1c *ikke* testes, mens alle de resterende delkompetansemålene har noen, men ikke stor, tilstedeværelse. I tillegg testes 4c, 5b, 6b, og 7b i langt større grad enn deres respektive kompetansemål sine resterende delkompetansemål.

Delkompetansemål 4c skiller seg ut i resultatene fra H23, der det testes 2,5 ganger hyppigere enn de tre neste delkompetansemålene.

Hvilke delaktiviteter inngår?

I overgangen mellom læreplanene kan vi i Figur 17 se store skift i de mest vektlagte delaktivitetene (utenom *beregne*). Dersom jeg interpreterer nedgangen i *vite* og økningen i *bruke* som direkte relatert, en konsekvens av endringen i formeltilgjengeligheten, vil trenden kunne tilsi at hovedfokuset til eksamen er uendret: Mest vektlegging på oppgaver som innebærer at elevene skal *beregne*. Forskjellen er at rammebetingelsene for utførelsen av denne typen oppgaver har endret seg.

Siden oppgavene er analysert basert på koder fra LK20, er det rimelig at disse viser et bredere spekter av delaktiviteter enn LK06. Det er mulig at andre måter å vise kompetanse på var til stede i eksamenene fra LK06 som ikke har blitt fanget opp av analysen.

Det er få tilfeller av de fleste «elevaktive» delaktivitetene, som *planlegge* og *videreutvikle*. *Utforske* skiller seg ut, med like over 10% tilstedeværelse i oppgavene.

Måleverdien antall sammenhenger har ikke vært i stand til å påvise endringer mellom eksamener fra ulike læreplaner. Dette vil sees mer på i 6.3 og 6.4.

De tydeligste forskjellene mellom resultatene fra analysen av LK06 og LK20 er at:

- Andel deloppgaver der elevene må *vite* går ned, mens *bruke* går opp.
- Koding, i form av både det å lese og skrive kode, har blitt en del av eksamensvurderingen.
- Utforskende oppgaver har fått en plass i eksamensvurderingen.
- *BFG* har økt tilstedeværelse.

Begge de to første skyldes svært konkrete endringer med tanke på programmering og tilgang på formelvedlegg, men det samme kan ikke sies for utforskende arbeid og *BFG*. Dette kan være en endring som er forårsaket av den nye kompetansedefinisjonen, og hvordan Overordnet del legger opp til at elevene skal vise kompetansen sin.

6.3 Vanskelighetsgrad

Antall sammenhenger brukes som et mål på hvor bredt en oppgave favner i fysikkfaget. En oppgave som krever mer variasjon og bredde i kompetansen til eleven, kan også være mer krevende å se en løsningsmetode til. Har da oppgaver med mange sammenhenger høyere vanskelighetsgrad enn de med få sammenhenger? Hadde jeg sagt blankt ja, ville tilnærmingen til antall sammenhenger vært for naiv. Antall sammenhenger kan hinte til høyere kompleksitet og vanskelighetsgrad på oppgaven, men det er ingen garanti for dette. En oppgave som favner bredt, men overfladisk, kan kreve langt lavere kompetanseoppnåelse fra elevenes side enn en oppgave med mye dybde. Det blir derfor feil å se på antallet sammenhenger som et direkte mål på vanskelighetsgrad. Et høyere antall sammenhenger kan likevel bety at antallet konsepter, formler, og metoder som må brukes og kombineres er høyere enn i en oppgave med få sammenhenger. Vanskelighetsgrad og antall sammenhenger er dermed ikke fullstendig urelatert, men vanskelighetsgraden er heller ikke et direkte resultat av antallet sammenhenger.

6.4 Antall sammenhenger som måleverdi

I denne undersøkelsen har ikke oppgavene blitt kategorisert etter hvilke tema de omfatter. Med tema menes de større emnene faget omfatter, som krefter, gravitasjon, elektrisitet, magnetisme, og atom-skala interaksjoner mellom partikler. Disse store temaene har mye til felles med hvordan de ulike sammenhengene telles, men det som skiller dem er at der man har en nummerverdi på sammenhenger, vil temaene være adskilt. Å ikke telle antall sammenhenger, men isteden tema en oppgave omfatter, ville ha bidratt med resultater som kunne ha blitt studert på måter som ikke er mulig for

antallet sammenhenger. To sammenhenger vil alltid være to sammenhenger, mens ulike tema kan skilles fra hverandre. Ta for eksempel en oppgave kategorisert innen Newtons lover og energibevaring, og en annen kategorisert innen magnetisme og gravitasjon. Sammenhengene vil være to for begge, mens den tematiske kategoriseringen gjør det mulig å skille dem. Selvsagt kan antallet sammenhenger kombineres med kompetansemål og delaktiviteter for å danne et større bilde av oppgaven som helhet, men å bruke oppgavens tematikk gir likevel en mer fullverdig inndeling. Grunnen til dette er at oppgavene ikke har blitt knyttet til de tematiske relevante kompetansemålene, men basert på verb og delaktiviteter. Flere oppgaver kan derfor ikke knyttes til kompetansemålene, slik analysen ble utført, men vil definitivt kunne knyttes til fysiske tema. Ved å bruke en tematisk kategorisering istedenfor antall sammenhenger, kunne temaene blitt knyttet til kjerneelementene i læreplanen, og analysen kunne fått større innsikt i eksamensoppgavenes sammenheng med andre deler enn kompetansemålene. Samtidig risikerer man at den tematiske kategoriseringen dekker over at enkelte delkompetansemål ikke ble gjenstand for vurdering i oppgaven om fokuset legges på andre deler av læreplanen. Oppgavene har ikke blitt kategorisert på dette viset, så i vurderingen må det tas hensyn til at vi ikke har et klart bilde på hvilke sider av fysikken en oppgave faller under, kun hvor mange komponenter som inngår. Dette er en kritikk av egen metode som gjøres i etterkant av analysen, og et forslag til en annen tilnærming til *sammenhenger* ved videre forskning.

6.5 Spor etter Overordnet del – hva er nytt i LK20?

Under de grunnleggende ferdighetene i læreplanen for fysikk i LK20 står det at digitale ferdigheter «[...] innebærer det å bruke programmering og dynamiske verktøy til å utforske fysiske problemstillinger» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 4). Programmering nevnes ikke i de digitale ferdighetene for LK06 under Generell del, men det står at «Å kunne bruke digitale verktøy i fysikk betyr å simulere fenomener og forsøk som det ellers er vanskelig å studere» (Utdanningsdirektoratet, 2006, s. 4). Å simulere noe kan innebære en numerisk tilnærming til et problem, som jo kan gjøres ved hjelp av programmering. Under kompetansemålene spesifiseres sitatet fra Generell del til å bety at elevene skal kunne «bruke simuleringsprogrammer til å vise fenomener og fysiske sammenhenger» (Utdanningsdirektoratet, 2006, s. 5). Fysikk under LK06 hadde derfor ingen krav om at elevene skulle være i stand til å lese kode eller kunne programmere. Ludvigsen-utvalget skulle utarbeide anbefalinger for en læreplan som ville gi elevene relevante ferdigheter og kompetanse 20-30 år fram i tid (NOU 2015:8, s. 8). Det at kodelesing og kodeskriving ble funnet i oppgavene fra LK20 er en direkte konsekvens av overgangen mellom læreplanene, og hvordan LK20 er ordlagt for å inkludere denne kompetansen. Tatt i betraktning den økende digitaliseringen av samfunnet er det en god idé, slik jeg ser det, å gi elever opplæring i hvordan verktøyene de bruker i dagliglivet opererer.

6.6 Rammer for eksamen

Læreplanen spesifiserer ingenting om hvordan skriftlig eksamen skal se ut, og det er dermed helt opp til Utdanningsdirektoratet hvordan den utformes. Alle de analyserte eksamenene hadde to deler med ulik tilgang på hjelpemidler, så eksamensutformingen har vært konsistent i mange år. Gjennom eksamensveiledningen vil det være mulig for

elevene å informere seg selv om hva de kan forvente på eksamen. Lærerne kan også bruke eksamensveiledningen til å sørge for at elevene er godt forberedt til å hansk med en eksamen.

Eksamenene under LK20 hadde et langt mer omfattende formelvedlegg enn de under LK06. Dette skriftet i hva som forventes av elevene førte til en stor nedgang i andelen oppgaver der elevene skulle benytte delaktiviteten *vite* som en del av oppgaveløsingen. Det at formelen er tilgjengelig endrer ikke det at elevene må vite hva symbolene betyr, og i hvilken situasjon formelen er relevant. Formeltilgjengeligheten er skyld i den største enkeltforskjellen som kan sees i andelen delaktiviteter mellom de to læreplanverkene i Figur 17. Det at langt flere formler er tilgjengelig for elevene har ikke kun ført til at andelen *vite*-oppgaver ble mer enn halvert, men også at *bruke*-oppgavene nesten økte tilsvarende. Ettersom det er samsvar mellom årsaken for de to største enkeltforskjellene i andelen delaktiviteter, og stort sett mindre endringer i resten av delaktivitetene, kan det tyde på at måten elevene må arbeide på eksamen innen de to læreplanverkene i stor grad er like. Forskjellene kommer i stor grad fra det at de nå ikke må memorere formler lenger, og en inklusjon av en del nye måter å vise kompetanse på, som utforsking og koding.

Jeg vil her repetere kompetansedefinisjonen til Kunnskapsdepartementet:

Kompetanse er å kunne tilegne seg og anvende kunnskaper og ferdigheter til å mestre utfordringer og løse oppgaver i kjente og ukjente sammenhenger og situasjoner. Kompetanse innebærer forståelse og evne til refleksjon og kritisk tenkning. (Kunnskapsdepartementet, 2017, s. 11)

Både refleksjon og kritisk tenkning trekkes i denne definisjonen fram som viktige for kompetanse. Jeg har ikke vurdert om elevene viser dette innen for eksempel *beregne*. Andre delaktiviteter er det mer lettvis å se koblingen til refleksjon og kritisk tenkning, som i *BFG*, *planlegge*, *videreutvikle*, *utlede*, *vurdere/evaluere*, *modellere*, *resonnere/relatere*, og *interpretare*. Med unntak av *modellere* har alle disse delaktivitetene en større tilstedeværelse på eksamen under LK20 enn under LK06. Vurderingen av elevenes kompetanse, som utføres gjennom eksamen, kan med dette peke på at den nye kompetansedefinisjonen har blitt tatt hensyn til i utformingen av eksamensoppgavene.

6.7 Hva testes *ikke* på eksamen?

I eksamensveiledningen ble det fastslått at kompetansemål 2 og 12 ikke er en del av kompetansen som testes på eksamen. Disse kompetansemålene innebærer at elevene skal:

- utforske og analysere en selvvalgt teoretisk eller praktisk problemstilling i fysikk, og presentere viktige prinsipper, sammenhenger og konsekvenser
- presentere sentrale elementer i ny viten i fysikk som er et resultat av internasjonalt forskningssamarbeid, og vurdere hvordan slikt samarbeid bidrar i kunnskapsutviklingen (Utdanningsdirektoratet, 2023d, s. 2)

Begge kompetansemålene spesifiserer, i tillegg til andre ferdigheter, at elevene skal *presentere* noe. Det å *presentere* kan være tidkrevende, da det kan inkludere tid til å innhente informasjon, for deretter å prosessere den, før man til slutt presenterer den. Ettersom læreplanen ikke tillater forberedelsesdel (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 8), er det ikke mulig å utføre innhenting og prosessering av informasjon i dagene før eksamen. Å *presentere* kan gjerne gjøres muntlig, eller gjennom alternative måter å

uttrykke seg på som gir læreren mulighet til å inkludere flere vurderingsformer i fastsettelsen av standpunktkarakteren. Jeg er enig med Utdanningsdirektoratet i at disse kompetansemålene kan være utfordrende å vurdere under de gjeldende eksamensrammene, med begrensninger i tilgjengelige hjelpemidler og tid. Det at kompetansemål 2 også spesifiserer at elevene skal «utforske noe selvvalgt» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6), gjør det enda vanskeligere å inkludere dette kompetansemålet på eksamen. Der *selvvalgt* betyr fritt tema, vil *utforske* også kunne tillate fritt valg av framgangsmåte for elevene. Å legge til rette for slikt arbeid, men samtidig begrense samarbeid, kommunikasjon, og Internetttilgang, vil ikke gi rom for utfoldelsen som kan forventes fra en *utforskende, selvvalgt problemstilling* basert på læreplanens intensjoner.

Kompetansemål 2 og 12 ble ekskludert fra starten av, og det har ikke blitt sett etter oppgaver som kan knyttes til dem. *Presentere* har heller ikke blitt inkludert i delaktivitetene. For de andre kompetansemålene har jeg aktivt lett etter oppgaver som er i stand til å måle elevenes kompetanse innen hvert delkompetansemål. De fleste delkompetansemålene blir vurdert på både V23 og H23. Kompetansemål 9: «forklare hvordan induksjon kan inngå i bærekraftig energiproduksjon og vurdere anvendelser av induksjon i dagliglivet» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6) skiller seg ut, for jeg var ikke i stand til å knytte en eneste oppgave til dette kompetansemålet. Det kan være flere grunner til at kompetansemål 9 er fraværende i resultatene, og jeg vil framheve to av dem. Først: Det er to kompetansemål som omhandler induksjon (8 og 9), men ikke veldig mange oppgaver som gjør det. Kompetansemålene har ikke samme ordlyd, og kan derfor ikke begge bli testet av alle oppgaver som tester ett av dem. Den andre grunnen er at kompetansemål 9 er veldig snevert. I det første delkompetansemålet skal ikke elevene bare *forklare*, noe som utelukker rene regneoppgaver, men forklaringen må omhandle bærekraftig energiproduksjon i tillegg. Dette setter krav til hva slags tilleggsinformasjon som må gis til oppgaven. Det samme gjelder for delkompetansemål 9b, der elevene skal «vurdere anvendelser av induksjon i dagliglivet» (Vedlegg 1). En oppgave som ikke har blitt satt i kontekst av en situasjon, ting, eller prosess elevene kan oppleve i dagliglivet, har ikke under min analyse blitt knyttet til delkompetansemål 9b. Et eksempel på at Utdanningsdirektoratet har brukt en annen vurderingspraksis for knytting av kompetansemål til oppgaver enn den jeg har benyttet i undersøkelsen kan finnes i Figur 21, som viser en deloppgave fra eksempeloppgavene med løsningsforslag (Utdanningsdirektoratet, 2023f).

n) En ledersløyfe roterer i et homogent magnetfelt. Vekselspenningen i ledersløyfen er gitt ved $\varepsilon(t) = 130 \sin(100t)$ der t er i sekunder og ε i volt.

Hvor stor er vinkelfarten?

A. 20 s^{-1}
 B. 260 s^{-1}
 C. 100 s^{-1}
 D. 50 s^{-1}

Kompetansemål:

- utforske ulike måter å indusere elektromotorisk spenning og strøm, og analysere resultatene
- forklare hvordan induksjon kan inngå i bærekraftig energiproduksjon og vurdere anvendelser av induksjon i dagliglivet

Riktig svar: C

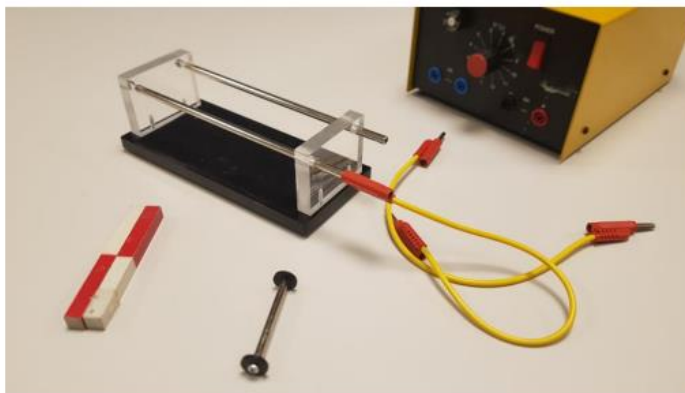
Figur 21: Oppgave 1n fra eksempelsett til eksamen i fysikk 2. Skjerm bilde fra Utdanningsdirektoratet (2023f).

Oppgave 1n fra eksempelsettet i Figur 21 omhandler induksjon, men slik jeg vurderer det inngår det ingenting som indikerer at denne oppgaven har noe med hverken bærekraftig energiproduksjon eller det daglige livet til elevene å gjøre. Dette er en standard induksjonsoppgave som eksisterer uten kontekst og situasjonsrelasjon. I tillegg til det tematiske inngår det, etter mine definisjoner (se 4.2.1), ingen *forklaring* eller *vurdering* i denne oppgaven. Jeg er derfor ikke bare uenig i den tematiske relasjonen til kompetansemålet, men også i den ferdighetsmessige. Utdanningsdirektoratet deler ikke opp kompetansemålene når de knytter dem til oppgaver, i motsetning til min framgangsmåte. Jeg kan derfor ikke vite hvilke deler av kompetansemålet de relaterer oppgaven til, men det endrer ikke det at jeg ville vært uenig uansett.

Delkompetansemål 1b og 1c, der elevene skal henholdsvis «gjennomføre forsøk» og «videreutvikle forsøk» (Vedlegg 1), ble ikke funnet i analysen min av V23 og H23. Slik jeg ser det er ikke *gjennomføre* et verb som passer godt overens med de gjeldende eksamensrammene, og spesielt ikke når ordet må kunne relateres til forsøk. Ordet kan uten vanskelighet settes inn i andre sammenhenger enn det fra kompetansemålet, som eksempelvis i setningen «Gjennomfør en vurdering av ...», men det gir ikke i seg selv noe detaljert informasjon om hva man skal utføre. Selv om *gjennomfør* er verbet i setningen, ville en oppgave ordlagt på denne måten med høy sannsynlighet falt under delaktiviteten *vurdere*. Jeg vil derfor sammenligne *gjennomføre* med formuleringer som «Løs [...]» i en oppgavetekst. Dette argumentet, sammen den nær altomfattende definisjonen gitt av Utdanningsdirektoratet (2021b), som inkluderer det å løse oppgaver, gjør *gjennomføre* upassende for mine formål. Når delkompetansemålet i tillegg skal ta for seg forsøk, som jeg mener ikke er praktisk å foreta seg under de nåværende eksamensrammene, er jeg av den oppfatning at dette delkompetansemålet enten må ha en veldig spesifikt ordlagt oppgave rettet mot seg for å kunne vurderes, eller bli ekskludert fra eksamensvurderingen. *Videreutvikle* skal i delkompetansemålene knyttes til forsøk på samme måte som *gjennomføre*, men denne delaktiviteten ble registrert under analysen, i

deloppgave 5d fra V23. Fordi *videreutvikle* også kan benyttes i kodesammenheng slik jeg definerte delaktiviteten (ingen definisjon fra Utdanningsdirektoratet), har ordet en plass i elevenes oppgaveløsning utenfor avgrensningene til kompetansemålet, uten at det blir like åpent som Utdanningsdirektoratets definisjon av *gjennomføre*. Når det likevel må kunne knyttes til forsøk for å kunne registrere delkompetansemål blir det igjen vanskeligere, men jeg mener at delkompetansemål 1c uten problemer kan testes under eksisterende eksamensrammer. Til deloppgave 2d fra H23 i Figur 22 kunne det for eksempel blitt lagt til en oppfølgingsoppgave der elevene fikk mer utstyr og skulle bygge videre på planen sin fra 2d. Å inkludere oppgaver som viser elevenes kompetanse innen flere ferdigheter og delkompetansemål bør være et mål for eksamen, da en mer fullstendig vurdering av kompetansemålene underbygger dens validitet.

d) Du får utlevert følgende utstyr: spenningskilde, stavmagneter, ledninger, to metallskinner som er festet til et stativ, og en lederstav som er litt lengre enn avstanden mellom skinnene.



Gjør rede for hvordan du kan bruke utstyret til å demonstrere fenomenet *kraft på leder i magnetfelt*.

Figur 22: Deloppgave 2d fra H23. Skjerm bilde tatt fra Utdanningsdirektoratet (2023b).

6.8 Eksamen, fagtradisjoner og undervisning

I kapittel 4.4.3 skrev jeg om oppgave 1c fra V23, som ble vurdert til å ikke være i overensstemmelse med noen av kompetansemålene, fordi den omfatter statiske krefter uten elektriske eller magnetiske felt. I kjerneelementet «Krefter og felt» i fysikk står det at: «Kjerneelementet krefter og felt handler om vekselvirkningen mellom objekter. Videre handler det om hvordan analyse av krefter kan brukes for å gjøre kvantitative beregninger av bevegelsen kreftene forårsaker» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 2). Resten av kjerneelementets beskrivelse omhandler felt. I både kjerneelementet og kompetansemålene legges det vekt på bevegelse. Analysen min vil dermed argumentere for at kompetansemålene ikke kan brukes som en begrunnelse for å inkludere denne oppgaven på eksamen. Jeg vil også påstå at så lenge eksamen skal teste elevenes kompetanse basert på kompetansemålene i lys av fagets kjerneelementer (Forskrift til opplæringsloven, 2006, § 3-3), vil det ikke være noen annen gyldig grunn for det heller.

Det er klart at 1c fra V23 er en fysikkrelatert oppgave, og jeg mener at elevene bør kunne løse denne typen oppgaver, men kompetansemålene i fysikk 2 er ikke ordlagt på

en måte som gjør den kvalifisert til å teste dem. Hvorfor har Utdanningsdirektoratet da brukt denne oppgaven til eksamen i fysikk 2? En mulighet er at denne oppgaven representerer et eksempel på fagtradisjoner i fysikk, der kunnskapen og ferdighetene elevene viser gjennom å løse den anses som sentrale innen fysikkfaget. Oppgaven kan da ha blitt inkludert fordi det den tester anses som essensielt, til tross for at det ikke kan begrunnes.

Lærerne skal gjennom undervisningen legge til rette for at elevene kan utvikle kompetanse innen det som skal ligge til grunn for sluttvurderingen. Dette er kompetansemålene, som gitt av forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3). Men hvordan tolker lærerne kompetansemålene? I opplæringsloven står det også at kompetansemålene skal sees i lys av fagets kjerneelementer og grunnleggende ferdigheter (§ 3-3), så det er også et hensyn som må tas. Hvordan skal for eksempel læreren legge til rette for at eleven skal kunne «utforske ulike måter å indukere elektromotorisk spenning og strøm, og analysere resultatene» (Utdanningsdirektoratet, 2021c, s. 6), og *hvilket faglig nivå er det rimelig å forvente?* Skal dette gjøres gjennom forsøk, der elevene kan prøve seg fram med ulike modeller, eller kanskje et prosjekt der de samler inn data fra eksterne kilder? Det er naturlig at lærerne støtter seg på innholdet i lærebøker og eksamen, noe jeg utdypet i 2.2. Gjennom disse ressursene vil det komme fram hva slags kompetansenivå og innhold andre fagpersoner har tolket som passende i relasjon til de ulike kompetansemålene. Hva så, om det finnes tolkninger av kompetansemålene i eksamen som egentlig ikke kan begrunnes i hvordan kompetansemålene ordlegges? Hvis kompetansen inkluderes på eksamen én gang, kan det skje flere ganger. Så selv om undervisning i kompetansen ikke kan begrunnes basert på min tolkning av kompetansemålene, er det stor sannsynlighet for at læreren bygger inn tolkningen gitt av eksamensoppgavene i sin undervisning. Jeg skrev også i kapittel 2.2 om hvordan eksamenskarakterene på et overordnet nivå er veiledende for hvordan lærere bør vurdere elevenes kompetanse i faget. Dersom læreren bruker en annen tolkning av kompetansemålene enn den som ble brukt til utarbeiding av eksamensoppgavene, kan det få uheldige følger for elevene på eksamen. Ideelt sett bør en tolkning av kompetansemålene ikke basere seg på hvilken kompetanse undervisningen har pleid å legge opp til, altså fagtradisjonene, men ei heller hva som blir spurt etter på eksamen. De bør isteden basere seg på hva kompetansemålet, som skal ligge til grunn for vurderingen, faktisk spør etter.

I eksempelsettet til fysikk 2 er det en deloppgave (1o) der elevene skal arbeide kvantitativt med Lorentz-faktoren (Utdanningsdirektoratet, 2021b, s. 17). Arbeidet som skal utføres i relasjon til kompetansemål 10 (Utdanningsdirektoratet, 2021c) om spesiell og generell relativitet blir slik definert til å innebære kvantitativ behandling av spesiell relativitet. Selv om kompetansemålets delaktiviteter er *beskrive* og *gjøre rede for*, skal elevene også kunne *beregne* innen spesiell relativitet, slik kompetansemålets ferdighetsomfang defineres gjennom eksempeloppgavene. Dette ferdighetsomfanget har blitt underbygget av både V23 og H23, som begge inneholder lignende oppgaver.

6.9 Oppsummering og videre arbeid

Skriftlig eksamen i fysikk lar elevene arbeide på en variert, om *beregningsfokuseret*, måte i faget. Noen av ferdighetene som ble introdusert med LK20, som *kodeskriving* og *planlegge*, har derimot svært lav tilstedeværelse på eksamen. En litt jevnere fordeling ville ha økt sjansene for at elevene møter på en oppgave som lar dem vise kompetansen

sin i forskjellige situasjoner, og på forskjellige måter. Dette legger læreplanens kompetansemål opp til ved å inkludere ulike ferdigheter under samme og nærliggende faglige områder.

Skjev representasjon er også noe som kan sees i kompetansemålene. At de vektlegges ulikt er ikke nødvendigvis feil, men eksamen som helhet bør være utformet for å teste så stor del av fagets kompetansemål som mulig, jamført forskriften til opplæringsloven (2006, § 3-3). Dette inkluderer også alle delkompetansemålene, som i resultatene kan fordeles i tre hovedgrupper. Der den første testes mange ganger, den andre gruppen 0-2 ganger, og den tredje gruppen ikke testes i det hele tatt. Måten oppgavene ordlegges på er sentral her. For noen kompetansemål, og da spesielt kompetansemål 9 om induksjon til dagligdags bruk, kreves det simpelthen en liten endring i hva slags kontekst oppgavene knyttet til mer generell induksjon settes i for at kompetansemålet skal kunne vurderes. Tas disse hensynene til betraktning i utformingen av oppgavene, vil skriftlig eksamen være i stand til å vurdere elevenes kompetanse på en mer helhetlig måte som bedre representerer kompetansemålene.

I skrivende stund har det allerede blitt avholdt eksamen i fysikk 2 for våren 2024. Etter hvert som flere eksamener fra LK20 blir tilgjengelige, kan sider ved dem som ikke kom til uttrykk i de to første bli synlige. En gjentakelse eller videreføring av oppgaven kan, med et større datagrunnlag, også se om det forekommer endringer over tid innad i eksamenene fra LK20.

7 Konklusjon

I min masteroppgave har jeg undersøkt hvordan elever må arbeide på eksamen under LK20, og i hvilken grad oppgavene tester kompetansemålene. Jeg skal med dette besvare forskningsspørsmålene mine, som for ordens skyld repeteres her:

- **Hva slags arbeid må elevene utføre under skriftlig eksamen i fysikk 2?**
- **I hvilken grad testes kompetansemålene som opptrer på skriftlig eksamen i fysikk 2?**

Innføringen av LK20 har ført til endringer i hvordan elevene må arbeide under eksamen, men endringenes er ikke forårsaket utelukkende av den nye kompetansedefinisjonen, eller kompetansemålene som er tilpasset denne. Den store nedgangen i *vite*-oppgaver og økningen i *bruke*-oppgaver må for eksempel sees i sammenheng med formeltilgjengeligheten, som har mangedoblet seg under LK20. Dette er en direkte konsekvens av det utvidede formelvedlegget som elevene har tilgang til under hele eksamen. Eksamen under LK20 krever mindre pugging av formler i forkant, noe som åpner for at elevene, istedenfor å memorere formler, kan bruke mer tid på å lære hvordan, og i hvilke situasjoner, den enkelte formelen skal tas i bruk.

Koderelaterte og utforskende oppgaver ble ikke funnet i eksamenene fra LK06. At de nå er en del av eksamen under LK20 er en konsekvens av ferdighetene som beskrives i læreplanens tekst om faget, der intensjonene bak fagfornyelsen tok form. Oppdateringen av de grunnleggende ferdighetene, og da først og fremst de digitale ferdighetene, betyr at utforsking av fysikk gjennom koding nå er en del av faget, en endring som også er representert ved et eget kompetansemål. At koding er et virkemiddel elevene både kan og skal bruke til å arbeide med fysiske problemstillinger og situasjoner, representeres tydelig i eksamensoppgavene.

Nye kompetansemål og nye måter å vise kompetanse på er bare en del av arbeidet elevene må ta for seg på eksamen. De delaktivitetene som ble funnet i flest løsningsmetoder til deloppgavene under LK20 var, i synkende rekkefølge, *bruke* og *beregne* (~40% tilstedeværelse), etterfulgt av *vite*, *BFG*, *utlede*, og *modellere* (~20% tilstedeværelse). Av disse så *bruke* og *BFG* en dobling fra LK06, mens *beregne* og *modellere* opplevde en liten nedgang. *Vite*, som var den mest frekvente delaktiviteten under LK06, ble mer enn halvert i overgangen til LK20. Med unntak av *BFG* har de mest frekvente delaktivitetene ikke endret seg gjennom fagfornyelsen. Måten elevene må arbeide på under eksamen har endret og utvidet seg til å inkludere en rekke nye måter elevene kan vise kompetanse på innen fagstoffet. Likevel utgjør beregningsoppgaver ved hjelp av formler en kjerne i eksamen som ikke virker å ha endret seg betydelig i overgangen mellom læreplanene.

Den økte frekvensen av oppgaver innen delaktivitetene *BFG*, *vurdere/evaluere*, *utforske* og *interpretare*, kan tyde på et økt fokus på kritisk tenkning og refleksjon i hvordan elevene skal arbeide med fysikk 2 etter fagfornyelsen.

Jeg kan ut fra resultatene mine ikke trekke noen konklusjon om, eller se en vesentlig endring, i oppgavenes kompleksitet.

I resultatene mine testet både V23 og H23 alle ikke-ekskluderte kompetansemål utenom ett. Dette var det samme kompetansemålet for begge eksamenene. Når det kommer til de individuelle delkompetansemålene, tester hver eksamen rundt to tredjedeler hver. Her er det også mer variasjon mellom V23 og H23, men mange av delkompetansemålene testes kun én eller to ganger på hver eksamen, noe som kan gjøre det vanskelig for sensorene å få innsikt i elevenes kompetanse.

Et fåtall av delkompetansemålene blir testet i langt større grad enn den andre. Under analysen ble det også oppdaget en rekke deloppgaver som kun hadde tematisk sammenheng med kompetansemålet. At det legges opp til at elevene skal vise kompetansen sin innen et faglig område på måter som ikke kan begrunnes i kompetansemålene gjør det vanskeligere for både lærere og elever å vite hva de skal kunne i faget. Elevene eller lærerne må, slik det er nå, bruke tidligere eksamensoppgaver for å identifisere hvordan kompetansemålene tolkes av Utdanningsdirektoratet, for å vite hva slags kompetanse de skal være i besittelse av.

Et lite antall deloppgaver testet kompetanse som ikke var faglig relatert kompetansemålene, noe jeg stiller meg kritisk til. Dersom en deloppgave ikke tydelig kan begrunnes i et kompetansemål, bør den ikke inngå i eksamensvurderingen. Det må være samsvar mellom kompetansen læreplanen sier elevene skal oppnå og hva som vurderes under eksamen.

Referanser

- Anderson, L. W. & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing : a revision of Bloom's Taxonomy of educational objectives* (Complete. utg.). Longman.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk* (2. utgave. utg.). Cappelen Damm akademisk.
- Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H. & Krathwohl, D. R. (1956). *Taxonomy of educational objectives : the classification of educational goals : 1 : Cognitive domain* (B. S. Bloom, Red. Bd. 1). McKay.
- Blömeke, S., Skillinghaug, S., Blikstad-Balas, M., Eggen, P.-O., Eira, K.-I., Fjørtoft, H., Gamlem, S. T. M., Gilje, Ø., Tveit, S., Helgesen, R., Johannessen, S., Minken, M., Waage, A. & Walker, M. J. (2019). *Vurderinger og anbefalinger om fremtidens eksamen*. Utdanningsdirektoratet. <https://www.udir.no/eksamen-og-prover/eksamen/vurderinger-og-anbefalinger-fremtidens-eksamen/>
- Eggen, P.-O., Bøe, M. V., Fimland, N., Johansen, A., Nilsen, T., Olsen, R. V., Reitan, B., Trudeng, M., Tsigaridas, K. G., Urdahl, H. & Øren, F. (2015). *Naturfagene i norsk skole Anno 2015*. Utdanningsdirektoratet.
- Flaten, O. & Mangersnes, H. M. (2019). *Problemløsende oppgaver på prøver i programfaget fysikk - Utvikling av en taksonomi og læreres vurderinger for valg av oppgaver* [The University of Bergen].
- Forskrift til opplæringsloven. (2006). *Forskrift til opplæringsloven* (FOR-2006-06-23-724). Kunnskapsdepartementet. <https://lovdata.no/forskrift/2006-06-23-724>
- Gogus, A. (2014). Bloom's Taxonomy of Learning Objectives. I N. M. Seel (Red.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (2012. utg.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6>
- Hertzberg, F. (2009). *Kunnskapsloftet – tung bør å bære? : underveisanalyse av styringsreformen i skjæringspunktet mellom politikk, administrasjon og profesjon. Delrapport 2* (J. Møller, T. S. Prøitz & P. Aasen, Red.). NIFU. <https://www.udir.no/tall-og-forskning/finn-forskning/rapporter/Kunnskapsloftet--tung-bor-a-bare--andre-delrapport/>
- Innst. 19 S (2016–2017). *Innstilling fra kirke-, utdannings- og forskningskomiteen om Fag – Fordypning – Forståelse. En fornyelse av Kunnskapsloftet*. kirke- utdannings- og forskningskomiteen. <https://www.stortinget.no/no/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Innstillinger/Stortinget/2016-2017/inns-201617-019s/?all=true>
- Jones, L. R., Wheeler, G. & Centurino, V. A. S. (2015). TIMSS Advanced 2015 Physics Framework. I Ina V.S. Mullis & Michael O. Martin (Red.), *TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks* (Bd. TIMSS Advanced 2015 Assessment Frameworks). Timss & Pirls International Study Center, Lynch School Of Education, Boston College.
- Karseth, B., Kvamme, O. A. & Ottesen, E. (2020). *Fagfornyelsens læreplanverk : politiske intensjoner, arbeidsprosesser og innhold* (Bd. 1). Det Utdanningsvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo. <https://www.udir.no/tall-og-forskning/finn-forskning/rapporter/evaluering-av-fagfornyelsen---politiske-intensjoner-arbeidsprosesser-og-innhold/>
- Karseth, B., Kvamme, O. A. & Ottesen, E. (2022). *Fra politiske intensjoner til nytt læreplanverk: Prosesser, rammer og sammenhenger*. Universitetet i Oslo. <https://www.udir.no/contentassets/b966925b8a6f450d948998b3dfb4da6a/sluttraport-eva2020-24-06-2022.pdf>
- Kunnskapsdepartementet. (2017). *Overordnet del – verdier og prinsipper for grunnopplæringen*. <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/>

- Lovett, M. C. (2002). Problem solving, in Memory and Cognitive Processes. I D. Medlin (Red.), *Stevens' Handbook of Experimental Psychology* (3. utg., Bd. 2). Wiley.
- Meld. St. 28 (2015–2016). *Fag – Fordypning – Forståelse – En fornyelse av Kunnskapsløftet*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20152016/id2483955/>
- Merriam, S. B. (2002). Introduction to qualitative research. *Qualitative research in practice: Examples for discussion and analysis*, 1(1), 1-17.
- NOU 2015:8. (2015). *Fremtidens skole Fornyelse av fag og kompetanser*. Kunnskapsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nou-2015-8/id2417001/>
- Novari IKS. (2024a). *Nettressurser 2024*. <https://www.vigoiks.no/wp-content/uploads/2024/04/Nettressurser-2024-2.txt>
- Novari IKS. (2024b). *Til deg som skal ta eksamen*. Hentet 2024-05-10 fra <https://www.vigoiks.no/utdanning/eksamen/til-deg-som-skal-ta-eksamen/>
- Opplæringsloven. (1998). *Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa* (LOV-1998-07-17-61). Lovdata. <https://lovdata.no/lov/1998-07-17-61>
- Robson, C. & McCartan, K. (2016). *Real World Research*. Wiley.
- Teodorescu, R., Bennhold, C., Feldman, G. & Medsker, L. R. (2013). New Approach to Analyzing Physics Problems: A Taxonomy of Introductory Physics Problems. *Physical Review Special Topics-physics Education Research*, 9, 010103.
- Utdanningsdirektoratet. *Eksamensinfo REA3039*. Hentet 2024-05-09 fra <https://kandidat.udir.no/eksamensinfo/REA3039>
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplan i fysikk - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering (FYS1-01)*.
- Utdanningsdirektoratet. (2018a). *Eksamen REA3005 Fysikk 2*.
- Utdanningsdirektoratet. (2018b). *Eksamensrapport - tilbakemelding fra sentralt gitt skriftlig eksamen Våren 2018*.
- Utdanningsdirektoratet. (2018c). *Eksamensveiledning - om vurdering av eksamensbesvarelser*
- Utdanningsdirektoratet. (2019a). *Eksamen REA3005 Fysikk 2*.
- Utdanningsdirektoratet. (2019b). *Eksamenssvar og eksamensrapport REA3005 Fysikk 2*.
- Utdanningsdirektoratet. (2019c). *Eksamensveiledning - om vurdering av eksamensbesvarelser*
- Utdanningsdirektoratet. (2019d). *Hva er kjerneelementer?* <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/stotte/hva-er-kjerneelementer/>
- Utdanningsdirektoratet. (2021a). *Individuell vurdering Udir-2-2020*. <https://www.udir.no/regelverkstolkninger/opplaring/Vurdering/udir-2-2020-individuell-vurdering/>
- Utdanningsdirektoratet. (2021b). *Kompetansemål etter fysikk 2 - Læreplan i fysikk (FYS01-02)*. Hentet 2024-05-23 fra <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv467?Verb=true>
- Utdanningsdirektoratet. (2021c). *Læreplan i fysikk (FYS01-02) Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020*. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02>
- Utdanningsdirektoratet. (2023a). *Eksamen REA3039 Fysikk 2*
- Utdanningsdirektoratet. (2023b). *Eksamen REA3039 Fysikk 2*.
- Utdanningsdirektoratet. (2023c). *Eksamensrapport REA3039 Fysikk 2 Tilbakemelding om sentralt gitt skriftleg eksamen*. Utdanningsdirektoratet.
- Utdanningsdirektoratet. (2023d). *Eksamensveiledning – for sentralt gitt skriftlig eksamen REA3039 Fysikk 2*.
- Utdanningsdirektoratet. (2023e). *Innføring og overgangsordninger for nye læreplaner*. <https://www.udir.no/laring-og-trivsel/lareplanverket/innforing-og-overgangsordninger-for-nye-lareplaner/#a166493>
- Utdanningsdirektoratet. (2023f). *Løsningsforslag eksempelsett, med kommentarer*.
- Utdanningsdirektoratet. (2024a). *Eksamensveiledning – for sentralt gitt skriftlig eksamen REA3039 Fysikk 2*.
- Utdanningsdirektoratet. (2024b). *Nasjonale føringer for nettbaserte hjelpemidler til eksamen i videregående*. <https://www.udir.no/eksamen-og->

prover/eksamen/nasjonale-foringer-for-nettbaserte-hjelpemidler-til-sentralt-gitt-skriftlig-eksamen-i-videregaende/
Utdanningsdirektoratet. (2024c). Sensurere eksamen. Hentet 2024-04-26 fra
<https://www.udir.no/eksamen-og-prover/eksamen/sensurere-eksamen/>

Vedlegg

Vedlegg 1 Delkompetansemål i kontekst av kompetansemål

Utdanningsdirektoratet (2021c), rådata hentet 2024-04-20 fra <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv467>

FORKLARING: Mye av innholdet i dette vedlegget er kopiert direkte fra læreplanen for fysikk 2. Den overordnede nummereringen (1., 3., 4., osv.) inneholder Utdanningsdirektoratets tekst, mens underinndelingen inneholder min oppdeling av kompetansemålene i delkompetansemål (1a-e, 3a-b, osv.). Kompetansemål 2 og 12 ble ikke vurdert på eksamen, og har derfor blitt ekskludert.

Kompetansemål etter fysikk 2

Mål for opplæringen er at eleven skal kunne

1. planlegge, gjennomføre og videreutvikle forsøk, og analysere data og beregne usikkerhet for å vurdere gyldigheten av funn
 - a Planlegge forsøk
 - b Gjennomføre forsøk
 - c Videreutvikle forsøk
 - d Analysere data (i forbindelse med forsøk)
 - e Beregne usikkerhet for å vurdere gyldigheten av funn
3. bruke numeriske metoder og programmering til å utforske og modellere fysiske fenomener
 - a Bruke numeriske metoder og programmering til å utforske fysiske fenomener
 - b Bruker numeriske metoder og programmering til å modellere fysiske fenomener
4. utforske, beskrive og modellere bevegelse i to dimensjoner
 - a Utforske bevegelse i to dimensjoner
 - b Beskrive bevegelse i to dimensjoner
 - c Modellere bevegelse i to dimensjoner
5. gjøre rede for hvordan krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse, og bruke dette i beregninger

- a Gjøre rede for hvordan krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse
 - b Bruke det at krefter kan forårsake krumlinjet bevegelse i beregninger
6. beskrive elektriske og magnetiske felt og gjøre rede for krefter på objekter med masse og ladning i slike felt
- a Beskrive elektriske og magnetiske felt
 - b Gjøre rede for krefter på objekter med masse og ladning i elektriske og magnetiske felt
7. gjøre rede for energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt og bruke dette til å beregne bevegelse i slike felt
- a Gjøre rede for energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt
 - b Bruke energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt til å beregne bevegelse i slike felt
8. utforske ulike måter å induisere elektromotorisk spenning og strøm, og analysere resultatene
- a Utforske ulike måter å induisere elektromotorisk spenning og strøm
 - b Analysere resultatene av ulike måter å induisere elektromotorisk spenning og strøm
9. forklare hvordan induksjon kan inngå i bærekraftig energiproduksjon og vurdere anvendelser av induksjon i dagliglivet
- a Forklare hvordan induksjon kan inngå i bærekraftig energiproduksjon
 - b Vurdere anvendelser av induksjon i dagliglivet
10. beskrive de sentrale prinsippene i den spesielle og generelle relativitetsteorien og gjøre rede for hvordan disse har endret vår forståelse av tid, rom og felt
- a Beskrive de sentrale prinsippene i den spesielle og generelle relativitetsteorien
 - b Gjøre rede for hvordan den spesielle og generelle relativitetsteorien har endret vår forståelse av tid, rom og felt
11. gjøre rede for hva som skiller kvanteobjekter fra klassiske objekter, og beskrive situasjoner der kvanteeffekter observeres
- a Gjøre rede for hva som skiller kvanteobjekter fra klassiske objekter
 - b Beskrive situasjoner der kvanteeffekter observeres

Vedlegg 2 Analyse av V23

Oppgave	Krav til eleven	Tilknyttet kompetanse mål	Begrunnelse	Kommentar til kompetansemålsrelasjon	Antall sammenhenger	Formel i vedlegg?
1a	Beregne, Bruke	1e	Eleven må kunne identifisere fart og avstand i den gitte formelen og bruke disse til å regne ut den relative usikkerheten.	Kun beregne usikkerhet. Ingen planlegging, gjennomføring eller videreutvikling.	1	Ja
1b	Modellere, Konstruere	4c	Eleven må kunne identifisere kreftene som virker på klossen og vite at vinkelen på trekraften vil redusere friksjonen. Alternativt kunne dekomponere og summere.		2	Delvis
1c	Vite, Vurdere, Modellere, Utforske(?)	Ingen	Eleven må enten kunne regne ut kraft på en rekke snorer med ulike vinkler i forhold til hverandre, eller kunne approksimere kraften på hver enkelt snor i forhold til de andre.	Kunne ha passet til komp 4, men det er ingen bevegelse.	2	Delvis / Ikke relevant
1d	Modellere, Vite	4c, 5b	Eleven må kunne se hvordan bevegelsen til kulen blir bestemt av kreftene som virker på den og assosiere den framtidige utviklingen av posisjonen med kreftene i øyeblikket.		2	Ja
1e	Modellere, Vite, Resonnere	4c, 5b?	Eleven må kunne se hvordan bevegelsen til kulen blir bestemt av kreftene som virker på den og assosiere den framtidige posisjonen med kreftene i øyeblikket.	Bevegelsen er krumlinjet, men det inngår ingen regning som kan knyttes til kompetansemål 5.	2	Delvis
1f	Modellere, Kodelesing	3b?, 4c	Eleven må kunne lese og forstå koden slik at de vet konteksten svaret skal velges for. Eleven må lese av illustrasjonen korrekt for å vite hva som er positiv og negativ retning slik at fortegnene blir riktige.	Elevene bruker ikke selv numeriske metoder og programmering; de analyserer en annens anvendelse av verktøyet.	3	Nei
1g	Utforske/Konstruere	4a, 4c, 5b	Eleven kan enten løse oppgaven fra teksten alene og komme fram til uttrykket på egen hånd, eller så kan de kjenne igjen svarene som en omskrivning av ($v^2 - v_0^2 = 2as$). De må uansett vite hvordan initialfartens vinkel påvirker den vertikale farten.	Tematisk knyttet til 7, da argumentet om kinetisk til potensiell energi kan bidra i valget av strekningsformel.	1	Ja
1h	Utforske, Resonnere	4c, 5b?	Eleven må komme fram til at bilens horisontalfart ikke påvirker den vertikale akselerasjonen, og dermed vertikalfarten når den treffer bakken, og deretter ekskludere alternativene som ikke stemmer.	Oppgaven kan dekomponeres. Man trenger ikke å ta hensyn til den krumlinjeformede bevegelsen, så da blir 5 mindre relevant.	1	Ikke relevant
1i	Manipulere, Bruke	4?, 5b, 7b	Eleven må kunne kombinere og skrive om formlene for sentripetalakselerasjon og akselerasjon som følge av gravitasjon.	Tematisk knyttet til 4, men ikke til verbene.	2	Delvis
1j	Vite, Manipulere	7b	Eleven må vite hva unslipningshastigheten er og om farten til satellitten overskrider denne. Alternativt kjenne til farten for sirkelbane og ta en 50/50. Kan løse oppgaven gjennom energibevaring som et tredje alternativ.		2	Ja
1k	Kodelesing, Vite, Modellere	3b, 6b	Vite at magnetfeltet fra ledere med motsatt strømretning også blir motsatt rettet og velge det eneste alternativet som inkluderer denne egenskapen.		2	Ja
1l	Bruke	6b	For å kunne avgjøre hvilken retning kraften virker i må eleven ha kjennskap til og være i stand til å bruke høyrehåndsregel for magnetfelt og vite kraftretning for ladde partikler i elektrisk felt.		2	Ikke relevant / Ja
1m	Gjøre rede for, Vite	6b, 8b	Eleven må vite at den induserte strømmen vil være motsatt rettet det eksterne feltet.		2	Ikke relevant / Ja
1n	Interpretare, Vite	6b, 8b	Kunne relatere en graf av magnetisk fluks til elektromotorisk spenning.		2	Delvis
1o	Gjøre rede for, Interpretare, Resonnere	8b	Vite hvordan en magnet vil indusere spenning når den beveger seg mot og fra en spole, med samme side mot spolen.		1	Ikke relevant

1p	Utforske, Bruke	6b, 8b	Eleven må kunne bruke høyrehåndsregelen til å avgjøre strømmens retning, men også kunne bruke strømretningen, som er vinkelrett på lederens fartretning, til å finne ut om lederen akselererer eller deakselererer.		1	Ja
1q	Bruke, Beregne	10(?)	Vite hvilke av de to referansesystemene som må deles med lorentzfaktoren for å gi riktig resultat.	Tematisk knyttet til komp 10, men ikke verbmessig.	1	Ja
1r	Resonnere, Vite	10(?)	Eleven må vite at figurene skal bli komprimert i fartsretningen og identifisere hvilke av alternativene som er i overenskomst med dette.	Tematisk knyttet til komp 10, men ikke verbmessig.	1	Nei
1s	Interpretare, Vite	11?	Kunne identifisere situasjonen som Comptoneffekt, der noe energi blir overført fra et foton til en ladd partikkel. Vite at lavere energi gir kortere bølgelengde.	Oppgaven krever ingen av verbene fra komp 11, men er tematisk knyttet til det.	1	Ikke relevant
1t	Vite, Interpretare	11(?)	Vite hvordan bølgefunksjonen relaterer til sannsynlighetstettheten.	Oppgaven krever ingen av verbene fra komp 11, men er tematisk knyttet til det.	1	Ikke relevant
2a	Beskrive	11b	Beskrive fotoelektrisk effekt.		0	Ikke relevant
2b1	Bruke, Beregne	8b	Bruke tilgjengelig informasjon til å beregne fluksen ved hjelp av vedlagte formler.	Dersom det å regne på resultatene er en form for analyse er dette innenfor.	2	Ja
2b2	Gjøre rede for	8a	Må kunne forklare hvordan strøm induseres i en spole og hvordan rotasjonsretningen påvirker denne.	Kan passe innen utforskende arbeid.	2	Ja
2b3	Beregne, Bruke	8b	Kalkulere elektromotorisk spenning fra betingelsene ved å bruke formlene for dette.	Kan passe under analyse av resultat.	1	Ja
2c1	Bruke, Beregne	4c	Eleven må bruke formel for strekning til å kalkulere en høyde basert på fart og akselerasjon.	Tematisk innen gravitasjon og kan teknisk sett løses ved hjelp av energibevaring, men det er ikke nødvendig.	1	Ja
2c2	Bruke, Beregne	4c	Eleven må multiplisere den horisontale farten med tiden det tar før ballen treffer bakken.	Den krumlinjede bevegelsen er allerede dekomponert. Komp 5 blir derfor mindre relevant.	1	Ja
3	Bruke, Beregne	7b	Eleven må kunne finne fram til de relevante konstantene og formlene i formelvedlegget og bruke disse til å regne ut farten til asteroiden via energibevaring.		2	Ja
4a	Manipulere, Beregne, Gjøre rede for	4c	Eleven må bruke formler for akselerasjon på skråplan og friksjon til å vise at farten blir som oppgaven hevder.	Det er mulig eleven modellerer for å få oversikt over oppgaven, men den krever ingen av komp-verbene.	2	Ja
4b	Beregne, Bruke	5b	Bruke formel for sentripetalakselerasjon sammen med gravitasjonen til å kalkulere normalkraften.		2	Ja

4c	Beregne, Bruke, Konstruere	4c, 5b, 7b?	Eleven må kalkulere hvor mye fart som trengs i toppen av halvsirkelen for at klossen skal følge loopen akkurat (normalkraft = 0), og bruke dette som maksimal fart og kalkulere bakover til toppen av skråplanet.			3	Ja
4d	Beregne, Bruke	5b	Eleven må bruke kunnskapen sin om hvordan krefter og fart påvirker klossens bane og regne seg fram til hvor normalkraften blir null.			2	Delvis
5a	Beregne, Manipulere	6?	Bruke energibevaring ved å kombinere formler for elektrisk potensiell energi og kinetisk energi til å kalkulere farten til en partikkel etter full konversjon.	Her skal man hverken beskrive eller gjøre rede for, kun bruke og beregne. Tematisk knyttet til komp 6.		2	Ja
5b	Bruke, Gjøre rede for	5b, 6a	Bruke høyrehåndsregel for ladde partiklers bevegelse i magnetfelt til å finne magnetfeltets retning fra bevegelsen.			2	Ikke relevant
5c	Kodelesing, Interpretare, Beskrive	3?	Lese og interpretare den presenterte koden, før man skal beskrive funksjonen dens. Forstå hvordan endring av variabler fungerer i python, samt forstå at endringen som utføres hver iterasjon kommer fra den elektriske feltstyrken.	Eleven bruker ikke num met. og programmering til å selv utforske/modellere, men skal kunne lese og forstå en annens implementering.		2	Ja
5d	Kodelesing, Beregne, Manipulere, Videreutvikle	3a, 3b, 5b,	Finne hastigheten til partikkelen etter seks iterasjoner og beregne banen dens ved å bruke kraften fra magnetfeltet som sentripetalakselerasjon.	Treffer komp 3.		3	Ikke relevant
6a	Manipulere, Beregne	7?	Eleven må skrive om formelen for gravitasjon til å løse for massen og sette inn de kjente verdiene.	Tematisk knyttet til komp 7, men er kun regneteknisk. Man beregner ikke bevegelse.		1	Ja
6b	Bruke	10?	Sette inn verdi fra forrige oppgave, sette en av frekvensene til 1, og løse for den gjenstående.	Tematisk knyttet til komp 10, men er kun regneteknisk. Man hverken beskriver eller gjør rede for.		0	Ikke relevant
6c	Bruke, Beregne, Relatere	10b	I denne oppgaven kan ikke elevene bruke formler fra spesiell relativitet (selv om de kan gi riktig svar), men de kan bruke formelen oppgitt i oppgaven. Relateres tiden til frekvensendringen, kan elevene bruke dette til å kalkulere hvor lang tid en observatør utenfor gravitasjonsfeltet opplever hendelsen, begrunnet i argumenter som underbygger generell relativitetsteori.			1	Ja
6d	Gjøre rede for, Analysere	10a, 10b	Bruke kunnskap om generell relativitetsteori til å gi en begrunnelse for om de forestående oppgavene er i overenstemmelse med denne, etter å ha analysert oppgavene under dette rammeverket.			2	Ikke relevant
7a	Modellere, Konstruere	1?	Eleven må enten selv utlede, eller begrunne/bevise hvorfor den oppgitte formelen er korrekt.	Man hverken planlegger, gjennomfører, eller videreutvikler et forsøk. Man analyserer oppsettet for å forstå det.		2	Delvis
7b	Evaluerer	1d	Eleven må analysere resultatene og begrunne hvorfor formelen ikke stemmer for alle resultatene.	Oppgaven ber eleven om å utforske, men gjør man det under løsning av oppgaven?		1	Ikke relevant

Vedlegg 3 Analyse av H23

Oppgave	Krav til eleven	Tilknyttet kompetanse mål	Begrunnelse	Kommentar til kompetansemålsrelasjon	Antall sammen henger	Formel i vedlegg?
1a	Bruke, Beregne	1e	Eleven må kunne kjenne igjen og bruke tilgjengelige formler for usikkerhet i en likning med multiplikasjon.	Beregne usikkerhet	1	Ja
1b	Modellere, beregne, utforske	4c, 5b?	Eleven må kunne modellere eller beregne bevegelsen til en kule for å se hvilke av de to tilfellene som fører til lengst tid i luften. Dekomponering av vektorer.		1	Ikke relevant
1c	Resonnere, Evaluere, beregne	4c	Eleven må sammenligne de fire tilfellene og finne ut hvilken som gir mest mening basert på de fysiske sammenhengene de kjenner til, dersom det ikke fantes vindmotstand.		1	Ikke relevant
1d	Resonnere, Evaluere, beregne	4c	Eleven må sammenligne de fire tilfellene og finne ut hvilken som gir mest mening basert på de fysiske sammenhengene de kjenner til.		1	Ikke relevant
1e	Interpretare, Relatere, modellere	4c, 7?	Vite sammenhengen mellom bevegelse/posisjon og fart og hvordan grafen til den deriverte ser ut. Alternativt ha kjennskap til eller kunne modellere hvordan bevegelse på skråplan i to dimensjoner utarter seg.	Teknisk sett bevegelse i én dimensjon. Tematisk inklusjon av 7.	1	Ikke relevant
1f	Vite	5a	Eleven skal vite hvordan sirkelbevegelse kan forårsakes av en sentripetalakselerasjon. Denne oppgaven tester om de vet dette.		2	Ikke relevant
1g	Beregne, Vurdere, utforske	4b, 4c, 5a	Eleven må koble normalkraft til både sentripetalakselerasjon og gravitasjon og sammenligne krefter i de ulike posisjonene.		2	Ja
1h	Utforske, manipulere / vite	4c, 7b	Eleven kan enten kjenne igjen formelen og vite hva den betyr, eller ta utgangspunkt i formelvedlegget og N2 for å finne ut hva uttrykket viser.		1	Ja
1i	Manipulere, bruke	5b, 7b	Eleven må kunne gjenkjenne formelen som kraften fra gravitasjon mellom to legemer og kunne bruke/endre denne slik at den passer det beskrevne problemet.		2	Ja
1j	Manipulere, bruke	3b, 4c, 6b	Eleven kan gjøre som på forrige oppgave, med N2 og en formel fra formelvedlegget som beskriver kraft mellom to ladede partikler. Må derimot ikke gå i fellen der man deler på q.		2	Ja
1k	Vite, Interpretare	4b, 4c, 6b	Eleven må ha kjennskap til hvilken vei en positivt/negativt ladd partikkel beveger seg basert på feltlinjene i et elektrisk felt og derfra finne partikkelbanen.	Man må ikke gjøre rede for kreftene i E.feltet, og ei heller beskrive selve feltet, da kreftene er gitt av bevegelsen og man skal beskrive partikkelen.	2	Ikke relevant
1l	Resonnere, Bruke	4c, 5b, 6b	Eleven må kjenne til forskjellene mellom hvordan elektriske og magnetiske felt påvirker en ladet partikkel og gjøre tilnærminger for hvordan et elektron vil bevege seg med begge tilstede.		2	Ikke relevant
1m	Bruke	4c, 5b, 6b	Bruke høyrehåndsregel for å finne kraftvektoren på positive og negative partikler med ulik vekt.		1	Ja
1n	Modellere, Bruke, Interpretare	6b	Kunne summere kreftene fra ledere i ulike punkt.		1	Nei
1o	Bruke, Resonnere	8b	Bruke høyrehåndsregel sammen med bevegelsen i illustrasjonen til å finne strømmens retning.	Kan kanskje passe under utforskende arbeid også.	2	Nei

1p	Bruke, Modellere	10?	Kunne bruke lorentzfaktorens prinsipper til å beregne hvordan lengdene varierer mellom de to referansesystemene.	Man gjør ikke rede for hvordan s. og g. rel.teori har endret vårt syn på tid og rom, men man bruker det at de har endret synet vårt på tid og rom.	2	Ja
1q	Evaluerer, Kodelesing, manipulere	3?, 10?	Eleven må kunne lese kode, men også vite hva funksjonen f returnerer mens den øker med farten. Kunne manipulere formler i formvedlegget for å identifisere hva som returneres.	Tematisk knyttet til komp 10 og 3. De analyserer en annens kode, de bruker den ikke selv.	3	Ja
1r	Vite	11?	Kjenne den omvendte sammenhengen mellom bølglengde og energi for partikler.	Tematisk knyttet til komp 11.	1	Ja
1s	Vite, Interpretere	11b	Kjenne til hva den kvadrerte bølgefunksjonen til en partikkel innebærer og hente den nødvendige informasjonen ut av grafene.	Svak tilknytning til beskrive. Eleven må vurdere om en beskrivende påstand er korrekt.	1	Nei
1t	Vite	11?	Vite hva tunnelling er. Alternativt vite hva alle de andre effektene er og eliminere.	Oppgaven beskriver en kvantemekanisk situasjon; eleven skal kun navngi den beskrevne situasjonen.	1	Ikke relevant
2a	Beregne, Illustrere, Bruke, modellere	6b, 7?	Eleven må ha kjennskap til elektriske krefter, gravitasjon, og snorkrefter. De må kunne ta utgangspunkt i en illustrasjon for å modellere kreftene på to kuler. Kunne bruke vektorregning med krefter.	Tematisk kombinasjon av elektriske felt, gravitasjon, og snorkraft. Verbene i 7 passer dårlig. Passer ikke under 4 fordi det ikke er noen bevegelse. Statisk system.	2	Ja
2b	Bruke, Gjøre rede for	10a	Eleven må bruke konseptet om tidsforlengelse fra spesiell relativitetsteori til å bestemme tiden som måles i det andre referansesystemet. I noen grad forstå hvordan gravitasjon påvirker tidsforlengelsen og forklare dette.	Dette er regning på spesiell relativitet, ikke beskrivelse av teorien, spesielt i del 1 av oppgaven. Forklaringen i del 2 gir en relasjon til 10 likevel.	2	Delvis
2c	Vite, Gjøre rede for	11a, 11b	Vite hva fotoelektrisk effekt er og kunne forklare hvorfor kvanteinteraksjoner er essensielle for å beskrive fenomenet.		1	Ikke relevant
2d	Utforske, Gjøre rede for, modellere, Planlegge	1a, 8a	Elevene må bruke de tilgjengelige komponentene til å oppnå et mål. De arbeider da utforskende i en planleggingsfase der de kan modellere hva som skjer med enkle tegninger, før de må forklare tankegangen sin og hvorfor løsningen deres gir ønsket resultat.	Litt svakt på utforskende innen komp 8.	1	Ikke relevant
3a	Bruke, Manipulere	4c, 5b, 7b	Eleven må lese av konstanter og sette disse inn i formler for å kunne vise at den oppgitte verdien er korrekt. De bruker og kombinerer altså formler for krumlinjet bevegelse forårsaket av krefter for å nå et gitt svar.		1	Ja
3b	Beregne, Bruke	4c, 7b	Bruke energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt til å beregne den kinetiske energien til satellitten i to punkt.		2	Delvis
3c	Beregne, Bruke	4c, 7b	Bruke energibevaring i gravitasjonelle sentralfelt til å kalkulere den kinetiske energien til satellitten etter fritt fall.		2	Ja
3d	Forklare, Kodelesing	3?, 7b	Eleven skal forklare spesifikke linjer i koden og gi en forklaring eller annen begrunnelse på hvordan man kan komme fram til samme likning som har blitt brukt der.	Tematisk innen komp 3, men eleven modellerer ikke selv og det er usikkert om dette kan kalles utforskende.	2	Ja
3e	Bruke, Kodeskriving, Manipulere	3b, 4c	Eleven kan kopiere og kjøre den gitte koden, med små endringer, for å løse problemet. De må derfor forstå, kunne bruke, og kunne manipulere numeriske metoder og programmering.	Med den beskrevne løsningsmetoden passer dette bra innen komp 3, men en alternativ løsningsmetode vil kanskje ikke.	2	Delvis
4a	Evaluerer, Forklare	8b	Kunne analysere en likning for elektrisk effekt og beskrive hvorfor små endringer i den kubiske faktoren fører til store endringer totalt.	Selv om arbeidsmetoden innebærer analyse av en likning, er det ikke det samme som å analysere resultatene av induksjon. Dette er mer som å få den ferdig utledede analysen og prøve å forstå den i konteksten av induksjonsmetoden.	1	Ikke relevant
4b	Beregne	Ingen	Utføre grunnleggende likningsmanipulasjon, sette inn verdier, og regne ut et svar.	Dette er en rent regneteknisk oppgave. Tematisk passer den til komp 8.	0	Ikke relevant

4c	Beregne	Ingen	Bruke all informasjonen som har blitt gitt til å konstruere en formel eller skrittvis løsning for utvinning av energi per runde. Kjenne til enheten kWh og hvordan den relaterer til effekt og tid.	Regneteknisk oppgave som ikke dekker utforskning av induksjonsmetoder eller resultatsanalyse.	3	Ja
4d	Utforske/Vite, Gjøre rede for	Ingen	Enten vite hvorfor, eller gjennom logiske slutninger og kjennskap til en rekke fysiske sammenhenger selv komme fram til hvorfor all energien ikke kan utnyttes, og forklare hvorfor.	Oppgaven kan vise elevens forståelse for fysikk og logikk, men det er vanskelig å koble den til kompetansemål.	1	Ikke relevant
4e	Bruke, Beregne	Ingen	Bruke den gitte likningen for effektivverdi av den induerte spenningen til å finne effektivverdien.	Regneteknisk oppgave.	2	Delvis
4f	Beregne, Bruke	Ingen	Bruke formelen for sammenhengen mellom vindinger og effekt fra formelvedlegget til å regne ut hvilken side som har flest vindinger.	Regneteknisk oppgave.	1	Ja
5a	Beregne, Bruke, Gjøre rede for	4b, 4c, 7?	Utføre beregninger i et uniformt gravitasjonsfelt der kraften fra gravitasjonen ikke virker vinkelrett på underlaget og gjøre rede for hvorfor det oppgaven hevder er riktig.	Bevegelsen er i to dimensjoner, men akselerasjonen og normalkraften har komponenter som går inn i/ut av planet. Tematisk kobling til gravitasjonsfelt, men kun bruk av akselerasjon, ikke en bev.	2	Ja
5b	Beregne, Bruke	4c, 5?, 7?	Gjøre utregninger som underbygger et kjent resultat ved hjelp av formler som finnes i formelvedlegget.	Bevegelsen er krumlinjet, men det er ikke nødvendig å bry seg om dette i utregningen med informasjonen fra 5a.	2	Delvis
5c	Beregne	4c, 5?, 7?	Bruke informasjonen i oppgaveteksten til å utføre en enkel multiplikasjon.	Bevegelsen er krumlinjet, men det er ikke nødvendig å bry seg om dette i utregningen med informasjon fra 5a og 5b.	1	Ja
5d	Manipulere, Utforske	4c, 5b, 7?	Bruke informasjonen i oppgaveteksten og formelvedlegg til å skrive om en formell for posisjon til å bruke andre komponenter enn til vanlig.	Tematisk kobling til gravitasjonsfelt, men da energibevaring ikke må brukes, er den ikke reell.	2	Delvis
5e	Vurdere, Bruke, Gjøre rede for, Beregne, Relatere	1d	Eleven må forklare innvirkningen friksjon har på klossens bevegelse langs skråplanet og både forstå og kunne forklare hvorfor den teoretiske formelen ikke stemmer overens med de målte resultatene etter at noe tid har passert.	Oppgaven ber eleven om å utforske, men løsningsmetoden innebærer ikke nødvendigvis utforskende arbeid.	0	Ikke relevant
5f	Evaluerer, Forklare, Interpretare	1d	Eleven må interpretare figuren og forstå hvordan endringer i friksjonstallet påvirker grafen. Deretter må eleven være i stand til å ordlegge dette og trekke riktig konklusjon.	Analysere data.	1	Ikke relevant

Vedlegg 4 Analyse av V17

Oppgave	Krav til eleven	Tilknyttet kompetanse mål	Begrunnelse	Kommentar til kompetansemålsrelasjon	Antall sammenligninger	I formelsamling?
1a	Vite	4	Eleven må ha kjennskap til hvilken enhet som er korrekt, eller hvilke som er feil.	Svak relasjon	1	Ikke relevant
1b	Vite, beregne	12b	Eleven må kjenne sammenhengen mellom posisjon og akselerasjon og kunne derivere.	Eleven må ikke selv beskrive banen; den har allerede blitt gitt.	1	Ikke relevant
1c	Modellere, Resonnere, Utlede	Ingen	Eleven må sette opp formel for omforming av potensiell energi til kinetisk og potensiell energi.		2	Nei
1d	Modellere	Ingen	Eleven må identifisere kreftene som virker på ballen og fra dem finne ut om det er en akselerasjon.	Nært opp mot kompetansemål 6, men dette er ikke en sirkelbane.	1	Ikke relevant
1e	Modellere	14b	Eleven må kunne modellere banen til ballen for de to inertialsystemene, eller identifisere den eneste passende for perrongen.	Det er mulig å argumentere at et inertialsystem ikke er en modell i den forstand kompetansemålet sikter til.	1	Ikke relevant
1f	Vite	18	Eleven må vite hvilke normer som finnes for relevante siffer, da dette gir informasjon om usikkerheten i verdien.	Dette er ikke standard måledata med tilhørende forklaringer, så komp 18 er egentlig lite passende.	1	Ikke relevant
1g	Modellere	5	Kunne finne den relative størrelsen på ulike krefter for en kule i ro.		2	Ja
1h	Modellere	Ingen	Eleven må summere kreftene som virker på kula og finne ut hvilken retning den vil bevege seg i.	Denne oppgaven kan løses ved hjelp av en parameterframstilling (12a), men det kan ikke vurderes om eleven har gjort dette på flervalg. Hadde ikke komp 6 vært låst til sirkelbane hadde den også passet.	2	Nei
1i	Modellere, Bruke	3a, 3b	Bruke høyrehåndsregel (negativ) for kraft på partikkel i magnetfelt etter å ha funnet retningen på magnetfeltene via høyrehåndsregel (positiv).		2	Nei
1j	Utlede, Modellere, Vite	3b	Sette opp likning for elektrisk kraft lik gravitasjon og løse for q.		2	Nei
1k	Utlede, Modellere, Vite, Beregne	1a, 1b	Eleven må kjenne til formel for elektrisk feltstyrke og bruke denne til å finne den totale feltstyrken i punktet.	Eleven må ikke bruke den nøyaktige formelen for Coulombs lov, men elektrisk feltstyrke er nesten det samme.	1	Nei
1l	Bruke	3b	Eleven må kunne bruke høyrehåndsregel for kraft på leder i magnetfelt.		1	Nei/ikke relevant
1m	Modellere, Beskrive	2a	Eleven må kunne approksimere gravitasjonsfeltlinjene rundt en planet.		1	Ikke relevant
1n	Interpretare, Vite	4	Vite relasjonen mellom strømstyrke forårsaket av induisert magnetfeltsendring.		2	Nei
1o	Vite, Beregne	7	Beregne bevegelsesmengde før og etter støtet. Kalkulere farten.		2	Delvis

1p	Vite, Modellere, Beregne	Ingen	Eleven må bruke posisjonen i svingebevegelsen sammen med energibevaring til å kalkulere den kinetiske energien.		2	Nei
1q	Interpretare, Modellere	Ingen	Eleven må kunne tilnærme kreftenes retning og størrelse på månen i de tre ulike posisjonene og si noe om når summen er størst.	Komp 5 med Newtons lover kunne kanskje ha passet her.	1	Nei
1r	Vite	8a	Eleven må vite hvilket alternativ som er grunnlaget for den spesielle relativitetsteorien.		1	Ikke relevant
1s	Vite, Resonnere	9a	Eleven må vite eller kunne bruke tilegnet kunnskap for å finne resultatet av å sende UV-lys mot platen i et fotoelektrisitets-tilfelle.		1	Ikke relevant
1t	Utlede, Bruke	Ingen	Skrive om formelen som relaterer frekvens, energien som kreves for å rive løs elektroner, og kinetisk energi.	Relatert 9a, men de må ikke bidra med egen viten eller ord relatert fotoelektrisk effekt.	1	Ja
1u	Bruke, Beregne, Utlede	Ingen	Sette opp formel som relaterer bevegelsesmengden og energien som overføres til elektronene og løse for forholdet mellom to elektroner.		2	Ja
1v	Vite, Resonnere	10a	Eleven må kjenne til hvilke lover som følges i prosesser med elementærpartikler og gjennom optelling finne differanse i baryontallet.		1	Ja
1w	Vite	9b	Kjenne til hvordan comptonspredning fungerer og hvilke kvaliteter ved lys dette krever.			Ikke relevant
1x	Vite	21	Kjenne til detaljene med røntgenstråling eller fra kjennskap til hvordan de resulterende bildene ser ut komme fram til svaret.		1	Ikke relevant
2a	Beregne, Vite, Utlede	4	Regne ut den induerte spenningen basert på endring i magnetfelt over tid. Deretter sette opp formel for tiden en partikkel tilbringer i magnetfeltet og vise at denne er uavhengig farten.		3	Nei
2b	Illustrere, Modellere, Utlede	5	Lage illustrasjon av systemet med krefter og deretter sette opp formel for akselerasjonen til systemet.		2	Delvis
2c	Resonnere, Illustrere, Forklare	2a, 8c	Lage illustrasjon av hvordan solen bøyer lysbanen og forklare hvorfor.	Eleven trenger egentlig ikke å beskrive gen. Rel., da de kun trenger å nevne et resultat av denne, ikke beskrive selve gen. Rel.	2	Ikke relevant
2d	Beskrive, Resonnere	10a, 10b, 11b	Forklare hvorfor bevaring av bevegelsesmengde ikke er oppfylt dersom det dannes ett foton. Deretter forklare sammenfiltrering av fotoner.	Eleven kan bruke komp 7, bevaring av bevegelsesmengde for sentrale støt til å begrunne svaret, men må ikke regne på det, så kun tematisk relasjon.	3	Ikke relevant

3a	Resonnere, Modellere, Forklare	Ingen	Begrunne hvorfor grafen er smalere når magneten er på vei ut av spolen.			2 Ikke relevant
3b	Illustrere, Modellere, Resonnere	4	Tegne en skisse av den nye grafen og bruke Faradays induksjonslov til å begrunne hvorfor arealene ikke endrer seg.			3 Nei
3c	Interpretare, Beregne	22	Beregne vindinger på sekundærspole fra N_1 og diagram. Finne samplingfrekvens.			3 Ja
4a	Beregne, Bruke	7	Kalkulere enhetens hastighet etter støtet via bevegelsesmengde.			1 Ja
4b	Beregne, Vite	5	Beregne hvor legemet lander basert på initialfart og høyde.			1 Nei
4c	Utlede, Beregne, Vite	5, 7	Bruke den resulterende energien overført til tyngdefelt og fjær til å kalkulere hvor raskt projektilen må ha beveget seg.	Komp 13 passer ikke fordi det ikke er nødvendig med integralregning.		3 Delvis
5a	Beregne, Bruke	Ingen	Bruke banelengden og antall rotasjoner per sekund til å kalkulere farten.	Passer ikke til komp 6 fordi man ikke regner på akselerasjon eller krefter.		1 Ja
5b	Forklare, Modellere, Resonnere	6	Begrunne hvorfor snordraget er størst i bunnen av sirkelbevegelsen.			2 Nei
5c	Vite, beregne	6	Bruke formel for sentripetalakselerasjon med summen av kreftene i gravitasjonsfelt til å kalkulere snordraget.			2 Nei
5d	Vite, Beregne	5, 6	Kalkulere vinkelen på "kastet", dekomponere farten, og regne ut hvor lang tid det tar før steinen treffer bakken. Kalkulere lengden fra den dekomponerte farten.			3 Delvis
6a	Vite, beregne	2b	Kalkulere gravitasjonsfeltstyrke.			1 Nei
6b	Vite, Beregne	2b	Kalkulere gravitasjonsfeltstyrke i ett punkt påvirket av to objekter med ulik avstand på en rett linje.			1 Nei
6c	Vite, Beregne, Resonnere	2b	Kalkulere gravitasjonsfeltstyrke i ett punkt påvirket av to objekter med lik avstand.			2 Nei
6d	Utlede, Vite, Beregne	2b	Kalkulere energiendringen til de to objektene ved kinetisk energi og gravitasjonell potensiell energi.			2 Nei

Vedlegg 5 Analyse av V18

Oppgave	Krav til eleven	Tilknyttet kompetanse mål	Begrunnelse	Kommentar til kompetansemålsrelasjon	Antall sammen henger	I formelsamling?
1a	Vite	4?	Eleven må vite hvilken enhet magnetisk fluks har for å velge riktig svar.	Komp 4 er å gjøre rede for magnetisk fluks. Enheten er en liten del av dette.	1	Nei
1b	Vite, Beregne	Ingen	Eleven skal ekvivalere den kinetiske energien i de to tilfellene og regne ut forholdet mellom to hastigheter.		1	Nei
1c	Modellere, Beregne	Ingen	Bruke Newton 2 til å finne akselerasjonen på en kule i fritt fall og en som henger i en strukket fjær.	Komp 2b er å bruke Newtons gravitasjonslov. Dette tolkes ikke som å bruke Newtons lover 1-3.	1	Nei
1d	Modellere, Bruke, Resonnere	5	Eleven kan bruke Newton 2 til å tilnærme akselerasjonen til gjenstanden i ulike situasjoner for å resonnerer seg fram til svaret.		1	Delvis
1e	Resonnere	5	Eleven må bruke det at om klossen ikke skal miste kontakten med underlaget, må summen av kreftene virke nedover på bakketoppen.		1	Nei
1f	Resonnere	Ingen	Eleven må lese av og forstå grafene, og forstå hvordan de skiller seg fra hverandre basert på informasjonen fra oppgaveteksten		2	Nei
1g	Vite, Beregne	7	Regne ut farten ballen har når den treffer bakken. Vite at et elastisk støt bevarer kinetisk energi og at ballen må ha samme energi (fart) like etter støtet fordi gulvet har null fart både før og etter. Regne ut endringen i bevegelsesmengden til ballen.		3	Delvis
1h	Vite	7?	Vite at det kun er elastiske støt som bevarer mekanisk energi.	Ingen beregninger må utføres. Tematisk tilknytning.	1	Ikke relevant
1i	Derivere	12a?, 12b	Kunne beregne fart (og akselerasjon) basert på en gitt parameterframstilling av posisjonen.	Beskrivelsen av partikkelens bane er allerede gitt, så eleven finner bare aspekter ved en gitt beskrivelse.	1	Delvis
1j	Modellere	1a	Eleven må finne de mest homogene områdene fra alternativene gitt rundt de to modellene.	Eleven må ikke beskrive med egne ord i svaret, men svaret er en form for beskrivelse av hvilke områder som er mest homogene for de elektriske feltene.	2	Ikke relevant
1k	Bruke, Vite Konstruere, Beregne	Ingen	Bruke en formel fra formelvedlegget samt Planck-relasjonen til å konstruere en likning ekvivalent med ett av alternativene.		1	Ja (nesten)
1l	Bruke, Vite	Ingen	Kjenne til og kunne bruke høyrehåndsregel for bevegelse i magnetfelt, samt vite at en negativt ladd partikkel vil ha motsatt fartsretning som en positivt ladd partikkel.		1	Nei
1m	Modellere, Bruke	3a	Bruke høyrehåndsregel og informasjon fra oppgaven til å beregne den samlede magnetfeltstyrken i punktet.		1	Nei
1n	Vite, Konstruere	3b?	Vite formel for feltstyrke og formel for magnetisk kraft. Bruke begge til å konstruere formel tilsvarende riktig svaralternativ.	Man skal ikke beregne en numerisk størrelse, men konstruere en formel som kan brukes til dette. Mer krevende enn å bruke en formel til å beregne.	2	Nei
1o	Vite, Beregne?	3b	Kjenne til formel for kraft på partikkel i magnetisk felt og bruke denne til å bestemme at kraften er null.	Trenger egentlig ikke å regne ut noe, men det er mulig å løse oppgaven på det viset.	1	Nei

1p	Vite, Modellere, Konstruere	Ingen	Eleven må kjenne til fenomenet treghet og bruke dette til å sette opp en illustrasjon/oversikt som lar dem finne akselerasjonen.			3	Delvis/Nei
1q	Vite, Modellere, Konstruere	6	Eleven må relatere vinkelen forårsaket av treghet til sentripetalakselerasjon.			3	Delvis/Nei
1r	Vite	8?	Kjenne til effektene av Lorentzfaktoren på bevegelsesmengde og kinetisk energi.	Kan ikke relateres til kompetansemål om relativitetsteori fordi eleven ikke må drøfte kvalitativt, beskrive, eller gjøre rede for noe.		1	Ja/Delvis
1s	Vite, Interpretare	22?	Eleven må lese av grafen og samplingpunktene riktig slik at de ikke måler frekvensen til det analoge signalet. Oversette tiden til en bølgelengde til frekvens.	Eleven må ikke gjøre rede for sampling.		2	Nei
1t	Vite	Ingen	Vite hva Comptonspredning er og velge alternativ som tilsvarer dette.			1	Ikke relevant
1u	Bruke	Ingen	Kunne bruke formelen som relaterer bølgelengde og bevegelsesmengde til å finne ut hvordan den ene endrer den andre.			1	Ja
1v	Vite	10b?	Vite hvilken type kjernekraft gluoner vekselvirker med.	Navngivning av en gitt situasjon/beskrivelse. Tematisk relatert.		1	Ikke relevant
1w	Vite/Bruke	11a?	Enten vite hva slags enheter Heisenbergs uskarphetsrelasjoner omhandler, eller klare å bruke formelhefte til å hente ut denne informasjonen.	Må ikke gjøre rede for, men samtidig er det ikke nødvendigvis en lett oppgave.		1	Ja
1x	Vite, Interpretare	18	Enten interpretare grafen eller bruke Hookes lov sammen med grafen til å kalkulere stigningstall og fra der lese av avviket.			3	Nei
2a1	Vite, Bruke, Konstruere	2b, 6	Eleven må relatere sentripetalakselerasjonen til summen av kreftene og bruke Newtons gravitasjonslov til å finne farten.			2	Nei
2a2	Vite, Bruke, Konstruere	2b	Eleven må sette summen av den potensielle og kinetiske energien lik null og regne ut hvilken fart dette innebærer for legemet.			1	Nei
2b1	Vite, Resonnere, Relatere, Forklare	8a, 8b, 8c?	Eleven må kjenne igjen det at en av personene ser den andre som i bevegelse, noe som innebærer tidsforlengelse. Den andre ser samme person i ro, men dypere i en gravitasjonsbrønn (sentripetalakselerasjon).	Man må beskrive en effekt av den generelle relativitetsteorien, ikke teorien i seg selv.		2	Ikke relevant
2b2	Vite, Forklare	8b	Eleven må vite hva gravitasjonell rødforskyvning er og kunne forklare effekten som vises til i oppgaven.	Eleven drøfter på en måte en effekt av en relativitetsteori		1	Nei
2c1	Illustrere, Interpretare	5	Eleven må kunne tegne kreftene som virker på en spole det går strøm i i et magnetfelt og gravitasjonsfelt. Kreftene må være av relativ størrelse.			3	Ikke relevant
2c2	Vite, Bruke, Interpretare	3b	Eleven må kunne bruke en tegning og kreftene som må virke på en spole for å opprettholde likevekt (nedover) til å finne strømretningen.			3	Nei
2c3	Vite, Bruke, Konstruere, Beregne	3a	Bruke gitt informasjon og det man fant ut i de forrige deloppgavene, samt formel for styrken på magnetfelt, til å regne ut B.			4	Nei
2d1	Resonnere, Vite, Forklare	9a, 10b	Eleven må kunne se at det er fotoelektrisk effekt som forårsaker at den ene lampen lyser og forklare hvorfor det kun fungerer for den ene metaltypen.			1	Ikke relevant
2d2	Vite, Forklare	9b	Forklare hvorfor resultater fra forsøk som viser fotoelektrisk effekt ikke passer inn under klassisk fysikk.	Kun fotoelektrisk, ikke de andre delene.		1	Ikke relevant
3a	Bruke, Konstruere	Ingen	Eleven må finne den relevante formelen og vite at venstresiden er energi. Sette høyresiden lik kinetisk energi og løse for farten.			1	Ja
3b	Bruke, Interpretare	1a	Bruke formelen for elektrisk felt til å regne ut feltstyrken og se ut fra figuren hvilken retning feltet har.			1	Ja
3c	Forklare, Vite, Bruke	3a, 3b, 5	Forklare hvordan et magnetfelt og elektrisk felt kan motvirke hverandre og resultere i null netto akselerasjon. Finne retning og styrken til magnetfeltet.			3	Delvis

3d1	Konstruere	Ingen	Bruke formel fra a og resultat fra c til å konstruere den ønskede formelen.		1	Nei
3d2	Resonnere	14b, 19?	Komme fram til og forklare at dersom U_1 øker veldig mye, vil elektronet bli relativistisk og formlene vil ikke lenger stemme.	Ikke perfekt på 19, da det kompetansemålet henviser mer til fysiske forsøk, men tematisk er det samme ting man gjør.	2	Ja/Ikke relevant
4a	Beregne, Vite, Interpretare	6?	Sette potensiell og kinetisk energi lik hverandre og løse for farten.	Tematisk relatert komp 6 og sirkelbane, da bevegelsen er sirkulær, men man regner ut hverken akselerasjon eller krefter.	2	Nei
4b	Vite, Beregne, Illustrere	6	Tegne figur der personen er i nedre punkt av sirkelbanen med krefter. Snorkraft fra sentripetalakselerasjon og tyngde. Tyngdekraft nedover.	I dette øyeblikket kan vi regne på oppgaven i sirkelbanens nedre punkt, som passer overens med kompetansemålet.	2	Nei
4c	Vite, Beregne	7	Bruke bevaring av bevegelsesmengde til å kalkulere farten etter støtet.		1	Ja
4d	Vite, Beregne, Konstruere	12a?	Eleven må først regne ut vinkelen der de blir vektløse og derfra regne ut ny fart og dekomponere denne. Sette opp andregradslikning og løse for riktig tid. Bruke denne til å regne ut avstanden til de	Parameterframstilling kan brukes.	4	Delvis
5a	Vite, Konstruere, Beregne	3b	Eleven må kjenne til relasjonen mellom fluks og areal og se hvordan dette har endret seg, for deretter å regne ut den elektromotoriske spenningen.		1	Delvis
5b	Vite, Konstruere, Beregne	3b?	Bruke informasjonen om strøm og resistans satt inn i Ohm's lov og liknet med den elektromotoriske spenningen til å kalkulere farten.	Tematisk relatert, men man regner ikke på noe kraft.	2	Delvis
5c	Vite, Konstruere, Beregne	3b	Eleven må kunne formel for kraft på leder og sette opp for å regne ut summen av kreftene.		2	Nei
5d	Vite, Forklare	3b	Eleven må forklare hvordan det oppstår en likevekt mellom de to motvirkende kreftene på lederen og at strømmen vil nå en verdi der den forblir konstant. Finne denne verdien?		2	Nei
6a	Vite, Illustrere, Beregne	5	Eleven må tegne kreftene på de to gjenstandene i relativ størrelse til hverandre ut fra vekt og vinkel. De må beregne kreftene for å gjøre dette.		2	Nei
6b	Vite, Beregne	Ingen	Regne ut hvor mye kraft som virker på loddet fra snoren som holdes fast.		1	Nei
6c	Konstruere, Beregne	Ingen	Regne ut akselerasjonen til klossen (og loddet).		2	Nei
6d	Beregne	14a	Regne ut hvor langt loddet ville ha beveget seg uten friksjon med en strekningsformel og bruke dette som begrunnelse for at det må virke friksjon på klossen.	Eleven analyserer kanskje ikke i så stor grad, men kompetansemålet står.	2	Nei
6e	Vite, Konstruere, Beregne	Ingen	Bruke strekningen til å finne den faktiske akselerasjonen. Deretter regne ut summen av kreftene på systemet og bestemme friksjonen.		2	Nei

Vedlegg 6 Analyse av V19

Oppgave	Krav til eleven	Tilknyttet kompetanse mål	Begrunnelse	Kommentar til kompetansemålsrelasjon	Antall sammen henger	I formelvedlegg?
1a	Vite	10b?	Den sterke kjernekraften er vekselvirkning mellom elementærpartikler.	Ingen beskriving	1	Ikke relevant
1b	Vurdere, vite	10b?	Vite hvilke elementærreaksjoner som er fysisk mulig.	Ingen beskriving	1	Nei
1c	Modellere, vurdere		Eleven må vurdere hvilke fysiske krefter som er tilstede i situasjonen for å finne riktig svar.	Denne oppgaven vurderer kompetanse som skal ha blitt lært i fysikk 1.	1	Ikke relevant
1d	Regne, vite	18	Eleven må kjenne formelen for kalkulasjon av usikkerhet og sjekke hvilke av alternativene som stemmer overens.		1	Nei
1e	Regne, modellere	6	Eleven må kalkulere akselerasjonen på en vogn i sirkelbane etter at den har oppnådd en viss fart for å finne normalkraften.		2	Nei
1f	Evaluerer		Eleven må evaluere illustrasjonen i lys av oppgitt informasjon og finne summen av kreftene.	Denne oppgaven vurderer kompetanse som skal ha blitt lært i fysikk 1.	1	Ikke relevant
1g	Modellere, regne		Eleven må sette opp og regne ut for bilens akselerasjon og summen av kreftene i forhold til G.	Ingen passende	2	Nei
1h	Regne, Vite		Eleven må kalkulere hvor mye energi som er i de to parallelle fjærene sammenlignet med den enkle.	Komp 11 passer nesten tematisk.	2	Nei
1i	Vurdere, modellere		Eleven må vurdere situasjonen de tre klossene er i og identifisere at to av dem har samme vertikale akselerasjon.	Ingen passende	2	Ikke relevant
1j	Bruke	2b	Bruke Newtons gravitasjonslov til å kalkulere avstanden til to stjerner i et punkt med lik gravitasjonskraft i to retninger.		1	Nei
1k	Resonnere, Vurdere	1b	Identifisere hvilke krefter som virker i situasjonen og beregne hvordan disse har påvirket farten til partikkelen.		1	Ikke relevant
1l	Beregne	1a, 1b	Eleven skal regne ut den totale elektriske feltstyrken i punktet.		1	Nei
1m	Vite	1?	Eleven skal vite hvordan en partikkel beveger seg i et elektrisk felt.	Trenger ikke Coulombs lov eller å beskrive feltet i seg selv.	1	Ikke relevant
1n	Bruke	3b	Bruke høyrehåndsregel til å finne kraften på partikkel i magnetfelt.	Teknisk sett ikke beregne matematisk, men man må finne retningen.	1	Ikke relevant
1o	Bruke	4?	Eleven må beregne hvordan strøm induseres i ringen.	Eleven må egentlig bruke Lenz lov, ikke faradays induksjonslov, for å løse oppgaven.	1	Ikke relevant
1p	Bruke	3b	Eleven må bruke høyrehåndsregelen for å finne partikkelbanen.		1	Ikke relevant
1q	Bruke, kalkulere, Vite	4	Bruke Faradays induksjonslov til å kalkulere den induserte spenningen.		1	Nei
1r	Regne, bruke		Bruke formel for transformator til å kalkulere spenning.	Ingen passende	1	Ja
1s	Vite, Gjøre rede for	10a	Vite eller resonnerer seg fram til hvordan bevaringslovene for elementærpartikler utarter seg ved annihiling.	Eleven må ikke gjøre rede for noe i svaret, men for å nå svaret er det å forvente at de enten vet svaret, eller gjør rede for prosessen for seg selv.	1	Delvis

1t	Vite, Bruke	8b?	Vite hvordan den spesielle relativitetsteorien resulterer i ulik tid for objekter med ulik hastighet.	Ingen drøfting, kun tematisk relasjon.	1	Nei
1u	Vite, Bruke	11a?	Eleven må vite hvordan Heisenbergs uskarphetsprinsipp lyder for å velge utsagnet som er nærmest, eller kunne bruke formelen i vedlegget.	Gjør man egentlig rede for her? Utsagnet i seg selv gjør kanskje rede for, men eleven må jo ikke skrive/si det med egne ord.	1	Ja
1v	Vite		Eleven må enten vite hvilke av alternativene som innebærer bølgeegenskaper, eller vite hvilke som ikke gjør det.	Tematisk sett litt relatert 9b, sammenfiltrede fotoner, men ikke verbmessig.	1	Ikke relevant
1w	Beregne, Vite	7, 10a, 10b	Eleven må vite eller kunne finne ut at fotonet overfører noe energi til elektronet og dermed får lengre bølgelengde.	Man trenger ikke nødvendigvis å gjøre beregninger hvis man vet svaret, men det kan bli brukt.	1	Delvis
1x	Vite	11a	Eleven må vite hvilke egenskaper som kjennetegner sammenfiltrede fotoner.		1	Ikke relevant
2a	Beskrive, Illustrere	1a	Eleven må kunne tegne og beskrive et elektrisk felt rundt en positiv punktladning.		1	Ikke relevant
2b	Beregne, Vite	5?	Eleven må kunne dekomponere og bruke summen av kreftene til å regne ut startfart i vertikal retning og horisontal retning. Deretter må man beregne tiden før gjenstanden returnerer til startposisjonen.	Virker mer som en fysikk 1 oppgave.	2	Nei
2c1	Beregne, Modellere, Vite	2b, 6	Eleven må bruke Newtons gravitasjonslov og formel for kinetisk energi til å beregne sondens kinetiske energi.		2	Nei
2c2	Beregne	2b	Eleven må kalkulere gravitasjonsfeltstyrken på to steder og sammenligne verdiene.		1	Nei
2d	Beskrive, Gjøre rede for	21	Eleven må beskrive hvordan MRI fungerer og hvilken funksjon pulsene har.		1	Ikke relevant
2e	Gjøre rede for	8a	Eleven må gjøre rede for postulatene som er grunnlaget for den spesielle relativitetsteorien.	Ordrett kompetansemål.	1	Ikke relevant
3a	Beregne, Vite		Eleven må finne farten basert på endring i høyde.		2	Delvis
3b	Modellere, Beregne	7	Regne på energien i støtet til å finne klossens fart.		1	Nei

3c	Analysere, Beregne	7	Bruke det man vet fra oppgaven til å bevisе at noe energi gikk tapt i støtet.		1	Nei
3d	Beregne	5	Regne ut hvor langt skråplanet må være for at klossen skal oppnå den ønskede farten.		1	Nei
4a	Beregne, Modellere	5	Beregne akselerasjon basert på kraft med vinkel og komme fram til at akselerasjonen er horisontal.		1	Nei
4b	Modellere, Beregne	5	Illustrere situasjonen og tegne kreftene som virker på dokka. Beregne snordraget.		1	Nei
4c	Beregne, Konstruere	5?	Kalkulere hvor mye kraft som kreves for å opprettholde forholdene i forrige oppgave.	Usikker relasjon.	1	Nei
5a	Bruke	3a, 5?	Bruke høyrehåndsregel til å finne retningen på magnetfeltet.		1	Ikke relevant
5b	Vite, Beregne, Konstruere	5	Beregne farten til en partikkel fra baneradius og magnetisk flukstetthet.		2	Nei
5c	Vite, Beregne	8a	Eleven må vite for hvilken fart vi må ta hensyn til relativistiske effekter, men også kunne kalkulere fart basert på baneradius.		2	Nei
6a	Beregne, Vite		Kalkulere spenning i en leder fra induksjon		1	Delvis
6b	Illustrere, beregne	3b, 5	Tegne kreftene og regne ut størrelsene deres.		2	Nei
6c	Beregne, Modellere, Konstruere	3b, 5	Modellere lederens passasje gjennom magnetfeltet og kalkulere strømmen i de ulike punktene.		2	Delvis
6d	Modellere, Illustrere, Beregne, Vite	3b, 5	Tegne en skisse over sløyfens fart.		2	Nei

