

Naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen

Skolforskningsinstitutets
systematiska översikter



Naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen

PROJEKTGRUPP:

Ilana Manneh, fil.dr (projektledare)
Karolina Fredriksson Ersson, fil.dr (biträdande projektledare)
Sara Eklöf (informationsspecialist)
Jesper Haglund, universitetslektor, Karlstads universitet (extern forskare)
Lena Hansson, professor, Högskolan Kristianstad (extern forskare)
Tobias Fredlund, universitetslektor, Högskolan i Gävle (extern forskare)

EXTERNA GRANSKARE:

Ellen Karoline Henriksen, professor, Fysisk institutt, Universitetet i Oslo
Per-Olof Wickman, professor emeritus, Institutionen för ämnesdidaktik, Stockholms universitet
Ingela Bursjö, legitimerad lärare i naturvetenskapliga ämnen och teknik, Montessoriskolan Elyseum i Göteborg
Alf Peterson, legitimerad lärare i matematik och fysik, Stockholms idrottsgymnasium

REDAKTÖR: Anna Hedman

GRAFISK FORM: Skolforskningsinstitutet och FamiljenPangea

OMSLAGSFOTO: Anna Hedman

ILLUSTRATIONER: Åsa Johannisdotter

TRYCK: Östertälje Tryckeri, 2026

ISBN: 978-91-991042-3-2 (pdf)

Citera denna rapport: Skolforskningsinstitutet. *Naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen*. Systematisk översikt 2026:02. Stockholm. ISBN 978-91-991042-2-5.

©Skolforskningsinstitutet
www.skolfi.se



 Svanenmärkt trycksak, 3041 0342

Skolforskningsinstitutet verkar för att undervisningen i förskolan och skolan bedrivs på vetenskaplig grund. Det gör vi genom att

- sammanställa forskningsresultat
- fördela forskningsbidrag för praktknära forskning.

Förord

Naturvetenskapernas karaktär – hur naturvetenskaplig kunskap skapas, prövas och förändras över tid – har under lång tid utgjort en bestående del av svensk fysikundervisning.

Men traditionen till trots visar forskning att detta ämnesinnehåll har svårt att hitta in som en explicit del av fysikundervisningen. Detta trots att forskning samtidigt ger vid handen att naturvetenskapernas karaktär just bör göras explicit.

Syftet med denna översikt är att överbrygga detta gap genom att erbjuda lärare forskningsbaserad kunskap om hur naturvetenskapernas karaktär kan utformas inom ramen för fysikundervisning. Översikten riktar sig främst till lärare i skolämnet fysik i högstadiet och gymnasieskolan, men den kan också vara av intresse för lärare i andra naturvetenskapliga ämnen.

Jag vill tacka projektgruppen: Ilana Manneh, projektledare, Karolina Fredriksson Erson, biträdande projektledare, och Sara Eklöf, informationsspecialist. Ett särskilt tack riktas även till de externa forskarna Jesper Haglund, Lena Hansson och Tobias Fredlund samt till externa granskare Ellen Karoline Henriksen, Per-Olof Wickman, Ingela Bursjö och Alf Pettersson.

Översikten har, som alla Skolforskningsinstitutets översikter kvalitetsgranskats i flera steg. Versioner av översikten har genomgått intern granskning av två av institutets medarbetare som huvudgranskare samt extern granskning av två forskare och två lärare utan anknytning till projektet. Synpunkter från granskningarna har beaktats i det fortsatta arbetet.

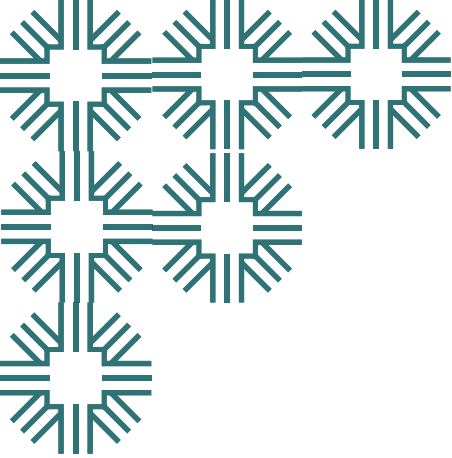
Naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen bedöms till följd av ovan vara av god vetenskaplig kvalitet samt både relevant och användbar för verksamma inom skolväsendet.

Jag har därför glädjen att fastställa denna översikt.

Erik Scheller

Direktör

Stockholm, september 2026



Sammanfattning

Denna systematiska översikt är en sammanställning av 13 studier som har genomförts i olika länder. Studierna undersöker undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet i grundskolans högstadium och i gymnasieskolan.

Undervisningen om naturvetenskapernas karaktär syftar till att främja elevers förståelse av hur naturvetenskaplig kunskap skapas, prövas och förändras över tid. Detta innefattar att visa att fysik ständigt utvecklas genom forskning och att synliggöra fysikens relation till samhällliga och kulturella sammanhang. Naturvetenskapernas karaktär har länge framhållits som ett viktigt innehåll i fysikundervisning, men forskning visar att det är svårt att inkludera som ett explicit innehåll i fysikundervisning. En konsekvens kan vara att eleverna i mindre utsträckning får möjlighet att utveckla förståelse för kunskapens karaktär och hur kunskapsprocesserna kan se ut. Mot denna bakgrund syftar denna översikt till att sammanställa forskning om hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan utformas inom ramen för fysikämnet.

Översiktens frågeställning är:

På vilka sätt kan olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär undervisas inom ramen för fysikundervisning?

Översiktens resultat

Översikten visar vad de ingående studiernas resultat sammantaget säger om undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet, med fokus på vilket innehåll som undervisas och hur det görs. I översikten ges exempel på samtalsutdrag från studierna vilka illustrerar hur elevernas resonemang och upplevelser kommer till uttryck – exempel som kan vara lärare till gagn i planering och genomförande av undervisningen. Det är viktigt att betona att syftet med vår analys inte har varit att jämföra undervisning för att se vilka aspekter och vilka undervisningsstrategier som påverkar elevernas lärande och förståelse i högre utsträckning än andra. Resultatkapitlet är indelat i fem avsnitt.

- Naturvetenskapernas kännetecken och gränser.
- Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap.
- Mänskliga aspekter av naturvetenskap.
- Naturvetenskapernas karaktär som medel för andra mål.
- Utmaningar kopplade till undervisning av naturvetenskapernas karaktär.

Inom de tre första temana belyses vilket innehåll som undervisas, vilka undervisningsstrategier som används och hur naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen integreras i olika kontexter. Det fjärde avsnittet behandlar naturvetenskapernas karaktär som ett medel för att nå andra mål inom fysiken. Det femte och avslutande resultatavsnittet fokuserar på olika faktorer som kan försvåra undervisningen.

Naturvetenskapernas kännetecken och gränser

Undervisningen i översiktens studier behandlar olika aspekter av naturvetenskapernas kännetecken och gränser. Ett undertema som framträder i undervisningen är fysikaliska modellers natur och funktion, vilket innefattar bland annat undervisning om relationen mellan modell och verklighet. Ett andra undertema handlar om att kunskap kan förändras. Ett tredje handlar om naturvetenskapernas gränser – att naturvetenskapen inte kan ge svar på alla frågor. I undervisningen behandlas aspekterna genom att eleverna diskuterar och argumenterar med utgångspunkt i historiska berättelser, läser och diskuterar texter som lyfter fram fysikens kunskapsteoretiska grunder och deltar i gruppdiskussioner om grundantaganden som fysiken bygger eller inte bygger på.

Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap

I undervisningen i studierna behandlas även aspekter av naturvetenskapernas karaktär som är relaterade till naturvetenskapernas arbetsprocesser. Det handlar om hur naturvetenskaplig kunskap skapas genom undersökningar, observationer och tolkningar. Även hur metodval, datahantering och osäkerheter påverkar kunskapens tillförlitlighet tas upp i undervisningen samt att fel och oväntade resultat är en naturlig del av naturvetenskapligt arbete. Ett annat undertema handlar om verktygens roll i naturvetenskapligt arbete. I undervisningen får eleverna möjlighet att dels diskutera och reflektera över historiska experiment och tolkningar av data, dels integrera innehåll om naturvetenskapernas karaktär i det egna laborativa arbetet.

Mänskliga aspekter av naturvetenskap

De mänskliga aspekter av naturvetenskapen som behandlas i den studerade undervisningen innefattar sociala och kulturella sammanhang, och att naturvetenskap är beroende av människors kreativitet, subjektiva bedömningar och tolkningar. Undervisningen kan ge en mer rättvisande bild av hur naturvetenskaplig verksamhet egentligen går till, som kontrast till vanligt förekommande stereotypa föreställningar.

Möjligheter och utmaningar

I de två sista resultatavsnitten diskuteras inledningsvis hur undervisning i naturvetenskapernas karaktär kan fungera som medel för att uppnå andra mål inom fysikundervisningen. Undervisningen kan såväl främja elevers förståelse av fysikens begrepp, teorier och modeller som öka deras intresse för fysik och stärka deras naturvetenskapliga identitet. I avsnittet där vi lyfter fram utmaningar framkommer att undervisning av naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet ibland kan mötas av skepsis bland elever och lärare som förväntar sig en mer traditionell fysikundervisning. Likaså kan traditioner och föreställningar kring ämnet vara så starka att de är svåra att bryta. Utöver sådana utmaningar kan elever ha svårigheter att förstå vissa aspekter av naturvetenskapernas karaktär. Dessa är några av de utmaningar som lärare kan möta i undervisningen av naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet.

Övergripande slutsatser

Sammantaget visar översikten hur naturvetenskapernas karaktär kan undervisas i fysikämnet genom en variation av innehåll och undervisningsstrategier. De olika aspekterna av naturvetenskapernas karaktär som presenteras i översikten kan, tillsammans med de undervisningsstrategier som presenteras, användas som didaktiska redskap i fysiklärares medvetna planering och genomförande av undervisning som sätter fokus på naturvetenskapernas karaktär utifrån det aktuella undervisningssyftet.

I de flesta studierna undervisas naturvetenskapernas karaktär explicit vilket innebär att den synliggörs, problematiseras och diskuteras med eleverna. Översikten visar vidare att frågor om naturvetenskapernas karaktär kan integreras med undervisning av exempelvis fysikaliska begrepp och modeller. Resultaten visar också att naturvetenskapernas karaktär kan undervisas genom varierande undervisningsstrategier, exempelvis diskussioner, historiska berättelser, undersökande arbete och att eleverna skriver reflekterande essäer.



Innehåll

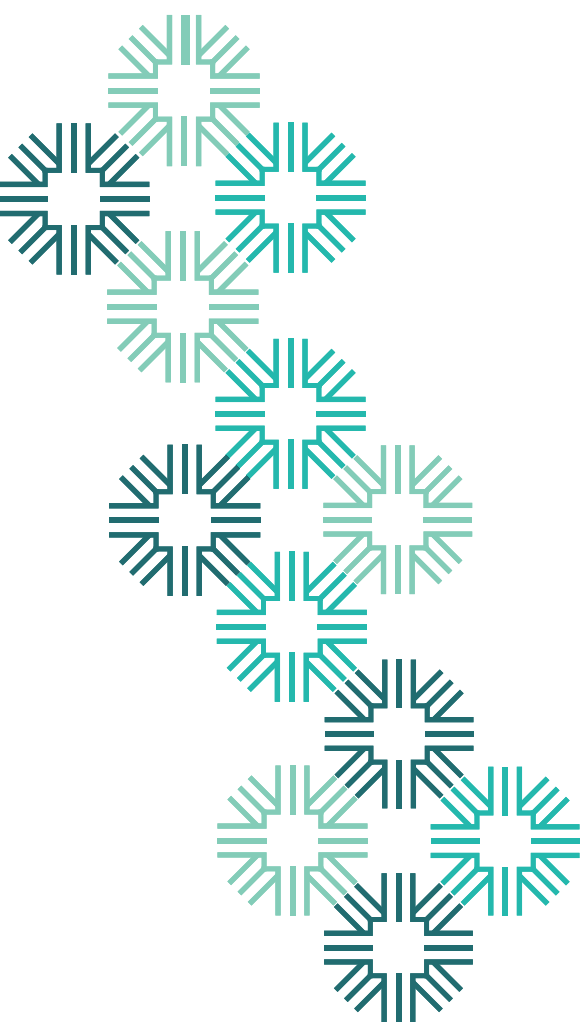
1. Varför en systematisk översikt om naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen?	1
1.1 Syfte och frågeställning	3
1.2 Naturvetenskapernas karaktär i didaktisk forskning	3
1.3 Analytiskt ramverk för naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisning	4
1.3.1 Naturvetenskapernas kännetecken och gränser	5
1.3.2 Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap	6
1.3.3 Mänskliga aspekter av naturvetenskap	7
1.4 Naturvetenskapernas karaktär i läroplaner i fysikämnet	7
1.5 Tidigare forskningsöversikter	9
2. Om denna översikt	12
2.1 Litteratursökning och urval	12
2.2 Studier som ingår i översikten	14
2.2.1 Studier av kvalitativ karaktär	14
2.2.2 Syntesmetod	16
3. Resultat	18
3.1 Naturvetenskapernas kännetecken och gränser	19
3.1.1 Fysikaliska modellers natur och funktion	20
3.1.2 Kunskap kan förändras	24
3.1.3 Naturvetenskapen ger inte svar på alla frågor	26
3.1.4 Sammanfattande reflektioner om temat naturvetenskapernas kännetecken och gränser	29
3.2 Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap	29
3.2.1 Naturvetenskapernas arbetsprocesser	29
3.2.2 Verktygens roll i naturvetenskapligt arbete	33
3.2.3 Sammanfattande reflektioner om temat naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap	34
3.3 Mänskliga aspekter av naturvetenskap	34
3.3.1 Sociala och kulturella sammanhang	35
3.3.2 Kreativitet i naturvetenskapligt arbete	37
3.3.3 Subjektivitet i naturvetenskapligt arbete	38
3.3.4 Sammanfattande reflektioner om temat mänskliga aspekter av naturvetenskap	39
3.4 Naturvetenskapernas karaktär som medel för andra mål i fysikundervisningen	39
3.4.1 Stödja begreppsförståelse	40
3.4.2 Stärka intresse och fysikidentitet	40

3.4.3 Sammanfattande reflektioner om temat medel för andra mål	41
3.5 Utmaningar kopplade till undervisning om naturvetenskapernas karaktär	41
3.5.1 Sammanfattande reflektioner om temat utmaningar	44
4. Diskussion	46
4.1 Undervisningsstrategier	47
4.2 Undervisningens kontext och organisering	47
4.3 Hur kan översikten användas?	49
4.4 Behov av framtida forskning	50
5. Metod och genomförande	52
5.1 Behovsinventering och förstudie	52
5.2 Syfte och frågeställning	52
5.3 Urvalskriterier	53
5.4 Litteratursökning och sökstrategi	54
5.5 Relevans- och kvalitetsbedömning	54
5.6 Data- och resultatextraktion	56
5.7 Syntes – integrering av resultaten	56
Referenser	58

Bilagor (återfinns på webbplatsen www.skolfi.se)

Bilaga 1. Litteratursökning

Bilaga 2. Bedömningsstöd



1. Varför en systematisk översikt om naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen?

Undervisning i fysik avser bland annat att främja bilden av fysiken som ett dynamiskt, kreativt och aktuellt ämne som är i ständig utveckling (se t.ex. Bao & Koenig, 2019; Gy25). Att undervisa fysik som ett dynamiskt ämne innebär att fysik som vetenskap lyfts fram som en pågående, utforskande och föränderlig verksamhet där ny kunskap ständigt utvecklas genom forskning och samtidigt visa på fysikens relation till samhället och kulturen. När detta sker får eleverna en mer meningsfull och autentisk bild av vad som karaktäriserar fysik som vetenskap, än om den enbart presenteras som en uppsättning fakta. I ljuset av detta fokuserar denna översikt på att erbjuda forskningsbaserad kunskap om undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet, i form av didaktiska verktyg samt konkreta och undervisningsnära exempel. Vår förhoppning är att översikten kan inspirera lärare och ge dem stöd i att utforma undervisningen.

Genom undervisning om naturvetenskapernas karaktär ges eleverna möjlighet att relatera till grundläggande frågor om hur naturvetenskaplig kunskap växer fram och hur naturvetenskaperna påverkar och påverkas av människor, samhället och kulturen (se t.ex. Allchin, 2017; Erduran & Dagher, 2014; Lederman, 2007; McComas, 2020b).

Olika naturvetenskapliga discipliner har både likheter och sådant som skiljer dem åt. I denna översikt hade det varit möjligt att använda benämningen "fysikens karaktär" för att betona de särdrag som skiljer fysik från andra naturvetenskapliga discipliner. På motsvarande sätt skulle man kunna tala om exempelvis kvantfysikens eller optikens specifika karaktär. Vi har dock valt att använda benämningen "naturvetenskapernas karaktär". Detta val motiveras av att den engelska motsvarigheten "nature of science" (NOS) är det vanligaste använda

begreppet i den didaktiska forskningen. Samtidigt görs detta val av begrepp med en medvetenhet om att vissa aspekter av naturvetenskapernas karaktär är disciplinspecifika. Valet av begrepp ska alltså inte ses som ett val att utesluta sådant som är speciellt med fysiken (eller någon underdisciplin). Snarare öppnar översikten för en undervisning som omfattar såväl generella som fysikspecifika aspekter (se vidare avsnitt 1.2).

Undervisning om naturvetenskapernas karaktär bidrar till elevernas vetenskapliga allmänbildning, stärker deras källkritiska förmåga och ger dem bättre förutsättningar att ta ställning i samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll, till exempel kring klimat, energi och teknik (Abd-El-Khalik & Lederman, 2000; Allchin, 2011; Hodson, 2014). Undervisningen ger även eleverna verktyg att skilja naturvetenskaplig kunskap från pseudovetenskap som exempelvis astrologi (McComas, 2020a), det vill säga påståenden och förklaringar som framstår som vetenskapliga men saknar vetenskaplig grund. Detta är särskilt viktigt i en tid präglad av informationsöverflöd och desinformation.

Traditionellt betonar dock undervisning i fysik oftast naturvetenskapernas/fysikens produkter i form av begrepp, modeller och teorier (Zacharia & Barton, 2004), och hur man kan tillämpa dem för att lösa standardproblem (Angell m.fl., 2019). Laborationer görs ofta för att enbart illustrera begrepp och modeller snarare än för att även belysa naturvetenskapliga arbetssätt eller naturvetenskapernas karaktär (Högström, 2009). Laborativt arbete tenderar också att kommunicera observationer och experiment som sätt att generera objektiv kunskap om världen, oberoende av mänskliga perspektiv. Det är vanligt att elever utför laborationer genom att följa instruktioner som förväntas leda till ett rätt svar, medan diskussioner kring exempelvis hur och varför olika forskare gör olika tolkningar av data förs mer sällan (Driver m.fl., 2000; Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2008; Osborne m.fl., 2010). Dessa traditioner i fysikundervisningen kan ses vara kopplade till fysikens ämneskultur. Johansson och kollegor (2018) visar exempelvis hur kvantfysikundervisning i högre utbildning har mer fokus på matematiska beräkningar och mindre utrymme för reflektion över vad resultatet av beräkningarna innebär, vilket beskrivs som en "shut up and calculate"-kultur.

Ämneskulturen innebär även att fysik formas och reproduceras som ett manligt kodat ämne. Tecken på detta kan också ses i skolfysiken. I en avhandling av Due (2009) framkommer att elevernas diskussioner ofta präglas av vad som är kvinnligt och manligt. Pojkar framställs till exempel som mer kunniga i fysik än flickor. Samtidigt finns det också exempel på att eleverna utmanar och bryter mot sådana föreställningar. På liknande sätt visar forskning hur flickor förhåller sig till en fysikundervisning som i hög grad präglas av manligt kodade normer, exempelvis bilden av att fysiker och fysiklärare ska vara nördiga, supersmarta och maskulina (Gertz m.fl., 2026; Larsson, 2021). Dessa normer har formats över tid genom ett samspel mellan ämneskultur och institutionella ramar i form av styrdokument och bedömningssystem samt praktiska förutsättningar som påverkar den dagliga undervisningen (Francis m.fl., 2017).

I detta inledande kapitel ger vi en överblick över forskningsområdet och motiverar översiktens syfte och bidrag. Vi beskriver naturvetenskapernas karaktär som ett ämnesinnehåll i fysikundervisningen, med utgångspunkt i didaktisk forskning och läroplanernas skrivningar

för grundskolan och gymnasieskolan. Vi avslutar med vad tidigare forskningsöversikter om naturvetenskapernas karaktär i naturvetenskaps- och fysikundervisning har fokuserat på, för att klargöra översiktens bidrag.

1.1 Syfte och frågeställning

Syftet med översikten är att sammanställa forskning som ger kunskap om hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan utformas inom ramen för fysikämnet. Översikten bidrar med konkreta exempel på innehåll och undervisningsstrategier som kan inspirera och ge stöd för fysiklärares didaktiska val. Översikten är inriktad mot undervisning i fysik på högstadiet och i gymnasieskolan.

Frågeställningen som översikten ska besvara är:

På vilka sätt kan olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär undervisas inom ramen för fysikundervisning?

1.2 Naturvetenskapernas karaktär i didaktisk forskning

Både nationellt och internationellt har naturvetenskapernas karaktär länge förespråkats som ett viktigt innehåll för skolans fysikundervisning. Forskning pekar på en rad olika syften med att undervisa naturvetenskapernas karaktär. Som nämns ovan är ett av syftena med fysikundervisningen att ge elever redskap att fatta välgrundade, informerade beslut i personliga och samhällseliga frågor som har en vetenskaplig dimension som till exempel klimat- och energifrågor, vilket är en viktig del i naturvetenskaplig allmänbildning (Roberts, 2007). Kunskaper om naturvetenskapernas karaktär är även grundläggande för att förstå fysik och kan öka elevers intresse för fysikämnet (Lederman, 2007; McComas & Clough, 2020). Det kan också motverka stereotypa och mytiska bilder av naturvetenskap i allmänhet (McComas, 2020b). Vidare framhålls att undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan stödja elevers lärande av fysikaliska begrepp, teorier och modeller (McComas & Clough, 2020).

Oavsett om lärare aktivt undervisar om naturvetenskapernas karaktär eller inte kommer undervisningen alltid förmedla budskap om vad naturvetenskap är och hur naturvetenskaplig kunskap produceras. Dessa budskap kan vara planerade eller oplanerade, och framträda explicit eller implicit. De följer ofta med undervisningen av exempelvis begrepp och modeller, även när detta inte är avsikten. Ibland kallas sådana inbäddade budskap för följemeningar (Östman, 1998) eller ses som en del av en så kallad dold läroplan (se till exempel Andrée, 2007). Även om intentionen alltså inte nödvändigtvis är att undervisa om naturvetenskapernas karaktär, kommer en viss syn på naturvetenskap att förmedlas (Abd-El-Khalik & Lederman, 2000). Detta kan leda till en rad förenklade, missledande eller felaktiga uppfattningar om naturvetenskap där man förstärker myter om naturvetenskap, som till exempel naturvetenskaplig kunskap som absoluta sanningar eller att naturvetenskapen kan svara på alla frågor (McComas, 2020b). Det är således viktigt att planera undervisningsinnehållet för att motverka myter om naturvetenskap/fysik.

Forskning betonar att undervisning om naturvetenskapernas karaktär bör göras explicit. Detta innebär att olika aspekter synliggörs och diskuteras tillsammans med eleverna (Abd-El-khalick & Lederman, 2023; Lederman, 2007; McComas, 2017). Det räcker till exempel inte att elever genomför laborationer för att de ska utveckla förståelse för hur naturvetenskaplig kunskap genereras. Laborativt arbete i sig garanterar inte att elever uppmärksammar olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär. För att det ska ske krävs att läraren explicit kopplar elevernas praktiska arbete till hur naturvetenskaplig kunskap utvecklas, genom exempelvis att ställa frågor under och efter laborationer.

Att naturvetenskapernas karaktär sällan behandlas explicit i undervisningen kan delvis bero på att det i många kontexter saknas undervisningstraditioner för att arbeta med området. Naturvetenskapernas karaktär har helt enkelt inte varit en del av de ofta starka traditioner som präglar fysikundervisningen. Det kan leda till att lärare inte stannar upp för att diskutera hur kunskapen tagits fram eller vilka människor som varit involverade i framtagandet av kunskapen. Enligt Lederman och Lederman (2014) betraktas naturvetenskapernas karaktär sällan som ett undervisningsinnehåll i sin egen rätt, med samma betydelse och värde som traditionella ämnesinnehåll. Enligt vissa forskare saknar lärare också kunskap om hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan planeras och genomföras (Leden m.fl., 2015; Lederman & Lederman, 2019).

1.3 Analytiskt ramverk för naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisning

Vad är det då för kunskaper om och perspektiv på naturvetenskaplig kunskap och verksamhet som forskningen föreslår för skolans undervisning? I den didaktiska forskningen har man både teoretiskt och empiriskt undersökt hur olika sätt att se på naturvetenskaplig kunskap och verksamhet kan göras till undervisningsinnehåll. Dessa perspektiv på naturvetenskap kommer ofta från filosofiska, historiska och sociologiska studier av naturvetenskap. Det finns ingen fullständig enighet i den didaktiska forskningen om vilket innehåll som borde ingå i undervisningen om naturvetenskapernas karaktär, men kärnan är vad som kännetecknar naturvetenskaplig kunskap, hur den skapas och dess relation till det omgivande samhället och kulturen. I forskning inom naturvetenskapernas didaktik föreslås olika ramverk för undervisning om naturvetenskapernas karaktär. Dessa ramverk betonar delvis olika perspektiv på vilket innehåll av naturvetenskapernas karaktär som är viktigt att behandla i undervisningen (se t.ex. Allchin, 2017; Erduran & Dagher, 2014; Lederman, 2007; McComas, 2017, 2020b).

I denna översikt utgår vi i stor utsträckning från McComas (2020b) ramverk med tre övergripande teman, eftersom det erbjuder en bred och nyanserad bild av naturvetenskapernas karaktär. Vi har valt att till viss del utgå från en justerad version av ramverket utifrån en svensk studie (Hansson m.fl., 2021), där en av projektgruppens deltagare har varit medförfattare. De tre temana är:

- Naturvetenskapernas kännetecken och gränser.
- Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap.
- Mänskliga aspekter av naturvetenskap.

Detta ramverk kan användas av lärare i planering och analys av undervisningen, där det kan anpassas och konkretiseras utifrån elevgruppens ålder och erfarenheter samt rådande styrdokument. Genom att utgå från dessa övergripande teman möjliggörs en systematisk och sammanhållen analys av hur olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär framträder i studierna. Resultaten i avsnitt 3.1–3.3 analyseras och struktureras med utgångspunkt i ramverket, som beskrivs detaljerat i avsnitt 1.3.1–1.3.3. Beskrivningarna av ramverkets teman bygger primärt på McComas (2020b). Dock har viss justering av innehållet i de tre huvudtemana gjorts i linje med Hansson och kollegor (2020; 2021). I McComas andra tema, *Tools and Products of Science* ingår naturvetenskapernas produkter såsom modeller, teorier och lagar. I indelningen som används i denna översikt behandlas i stället det som kännetecknar exempelvis modeller inom ramen för temat Naturvetenskapernas kännetecken och gränser, eftersom det förstås som en del av vad som kännetecknar naturvetenskapen. McComas (2020b) beskriver också underteman till de tre temana, men här använder vi oss inte av dessa. Vi har strävat efter en inkluderande, bred förståelse av naturvetenskapernas karaktär som inte begränsas av de underteman som tas upp i McComas (2020b).

1.3.1 Naturvetenskapernas kännetecken och gränser

Detta första tema handlar om vad som kännetecknar naturvetenskaplig kunskap och principiella gränser för den. Naturvetenskaplig kunskap kännetecknas av ett stort mått av väletablerad kunskap och kontinuitet, men den kan också ändras. Till exempel kan nya metoder, redskap eller tolkningar göra att kunskap ändras. Ofta är förändringarna små men ibland har även stora förändringar skett, vilket har beskrivits som paradigmskiftet (Kuhn, 1962). Detta ska inte tolkas som att naturvetenskaplig kunskap ändras hur som helst, att den inte är värdefull eller att den bara består av personliga åsikter. Newtons mekanik fungerar lika bra i dag som den gjorde på hans tid, även om senare teorier som relativitetsteori och kvantmekanik har visat på dess begränsningar och i vilka sammanhang den inte ger tillräckliga beskrivningar. För att visa att naturvetenskaplig kunskap kan ändras och nyanseras kan man i undervisningen komplettera ett fokus på naturvetenskapernas produkter, som till exempel naturvetenskapliga begrepp och modeller, med hur kunskapen tagits fram och hur exempelvis modellerna utvecklats över tid. Man kan också ge plats åt nu pågående forskning. Allt detta utmanar bilden av naturvetenskaplig kunskap som statisk.

Till temat naturvetenskapernas kännetecken och gränser hör även att förstå vilken funktion teorier, modeller och lagar har, och hur de förhåller sig till varandra. Det kan till exempel handla om att ordet "teori" i naturvetenskapen används på ett annat sätt än i vardagligt tal, där en teori ofta innebär en gissning. Till temat hör även naturvetenskapernas gränser. Att naturvetenskaperna har gränser handlar inte primärt om att det finns frågor som naturvetenskapen ännu inte besvarat, utan om att det finns frågor som naturvetenskapen principi-

ellt inte kan svara på. Det kan till exempel handla om religiösa och estetiska frågor. Att säga att naturvetenskaperna har gränser innebär, som nobelpristagaren Peter Medawar har påpekat, inte att förminska naturvetenskapen:

Att förebrå den [naturvetenskapen] för att den inte kan besvara alla de frågor vi skulle vilja ställa är lika orimligt som att förebrå ett lok för att det inte kan flyga – eller över huvud taget utföra uppgifter som det aldrig har konstruerats för.

(Medawar, 1984, s. xii, vår översättning)

Detta innebär att naturvetenskapen inte kan svara på etiska eller religiösa frågor som: Ska vi bygga ut vindkraften? Finns det en gud? Är det rätt att exportera elektronikavfall till fattiga länder? Däremot kan naturvetenskapen i vissa fall bidra med relevanta kunskaper och perspektiv, till exempel vad gäller samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll¹.

1.3.2 Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap

Detta tema handlar om betydelsen av att inte bara undervisa om naturvetenskapernas produkter, det vill säga fakta om sakförhållanden, modeller och teorier, utan också om arbetsprocesserna som lett fram till denna kunskap. Man kan ställa frågor som ”Hur har man kommit fram till detta?”. Undervisning om naturvetenskapernas karaktär kopplat till arbetsprocesser och redskap i fysik kan utmana stereotypa bilder av forskaren som det ensamma geniet i laboratoriet. Undervisningen kan i stället synliggöra forskning som en social och varierad verksamhet som är präglad av samarbete, olika miljöer där forskning bedrivs samt en mångfald av redskap och arbetssätt som forskare använder. Detta kan relateras till att fysik omfattar olika typer av verksamheter, exempelvis algebraisk problemlösning, simuleringar och beräkningar, liksom experiment och observationer. Datorstöd med numeriska metoder och simuleringar i beräkningsfysik (Odden & Caballero, 2023) och användning av artificiell intelligens (Erduran & Levirini, 2024) blir allt viktigare verktyg i forskningen i fysik. Tillsammans representerar dessa verksamheter olika sätt att producera kunskap och belyser fysik som en mångfacetterad praktik snarare än som en enhetlig metod. Genom att koppla frågor om naturvetenskapliga arbetsprocesser och redskap till olika fysikområden kan man också se att såväl redskap som laboratorier och vad forskarna faktiskt gör skiljer sig åt inom olika discipliner och underdiscipliner. Hur går det exempelvis till att forska inom astronomi? Inom partikelfysik? Inom förbränningsfysik? Temat kan också bidra till att utmana föreställningen att forskningsprocessen inom fysik alltid ser likadan ut – att det finns *en* vetenskaplig metod.

Till temat hör också betydelsen av empirisk evidens. Man kan ta upp både direkt evidens (vad man kan se direkt) och mer indirekt evidens som till exempel när man studerar mikrokosmos eller universum med olika typer av mätutrustning, bortom vad vi kan se med våra egna ögon. Olika discipliner inom fysiken använder olika undersökningsmetoder som till exempel observationer, experiment och simuleringar. Även betydelsen av teoretiskt arbete i

1 Skolforskningsinstitutet (2022). Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll – en kartläggning av undervisningsmöjligheter. Systematisk forskningssammanställning 2022:1.

naturvetenskaplig forskning hör till temat. Forskare gör matematiska beräkningar, konstruerar modeller och analyserar data. När slutsatser dras från experiment så görs det med utgångspunkt i vad forskaren redan vet, baserat på teorier. Det innebär att det är en viktig skillnad mellan observation och slutsats (se även 1.3.3).

1.3.3 Mänskliga aspekter av naturvetenskap

Detta tema handlar om att det är människor som gör naturvetenskap. Det innebär att alla människans styrkor och svagheter finns i naturvetenskapen – på gott och ont. Det kan handla om intressen och drivkrafter, kreativitet, samarbeten och konkurrens, subjektivitet samt relationer mellan naturvetenskapen och resten av samhället. Undervisningen kan synliggöra människorna i fysiken och försöka problematisera olika stereotypa bilder av fysiker. Det kan göras genom att fysiker med olika bakgrund, kön, etnicitet, intressen, ideologier och världs-bilder lyfts fram, liksom de strukturella hinder som funnits – och fortfarande finns – för olika gruppers deltagande i fysik (se t.ex. de Mello Forato m.fl., 2023).

Ett viktigt mänskligt element i naturvetenskaplig verksamhet är kreativitet, som har en viktig roll i de olika forskningsprocesserna. Den kommer till uttryck när forskare kommer på nya idéer eller föreslår alternativa förklaringar till naturvetenskapliga fenomen. Kreativitet kommer även till uttryck när forskare utformar innovativa metoder och experiment för att undersöka något. Även i tolkningen av experimentella resultat krävs kreativitet, eftersom forskare behöver kunna upptäcka nya mönster och samband.

En annan mänsklig aspekt som brukar tas upp kopplat till naturvetenskapernas karaktär är subjektivitet. I didaktisk forskning betonas att naturvetenskapen inte är helt och hållet objektiv. Detta innebär exempelvis att forskare gör observationer utifrån sina kunskaper och erfarenheter, vilket kan leda till att de förbiser saker eller lägger vikt vid sådant de vill se (så kallad bekräftelsebias). Å andra sidan gör denna bakgrundskunskap det möjligt att fokusera på och se det som är väsentligt. Inom forskningen strävar man även efter att göra naturvetenskapen så objektiv som möjligt, till exempel genom kollegiala granskningsprocesser vid publicering. Naturvetenskapen interagerar också med samhället och kulturen i övrigt, vilket är viktigt att lyfta fram i undervisningen. Sociala och kulturella aspekter av naturvetenskapen kan exempelvis innebära att olika typer av forskning prioriteras av olika samhällen och i olika tider. Detta avspeglar sig till exempel i vilken forskning som finansieras och därmed i vilken forskning som bedrivs.

1.4 Naturvetenskapernas karaktär i läroplaner i fysikämnet

Både kursplanen för fysik i grundskolan (Lgr22) och ämnesplanen för fysik i gymnasieskolan (Gy25) innehåller skrivningar som lyfter en rad olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär. Detta är i sig inget nytt. I en studie av läroplaner för grundskolan från Lgr62 till Lgr11 visar Johansson och Wickman (2012) på likheter och skillnader i hur naturvetenskapernas karaktär

skrivs fram och hur olika perspektiv betonas i de olika styrdokument. Även i rapporten *Förberedande uppdrag om nya kursplaner i ämnet fysik* lyfter Eriksson och kollegor (2026) fram naturvetenskapernas karaktär som något som bör vara en viktig del av fysikämnets kursplaner.

I detta avsnitt lyfter vi fram olika skrivningar från nuvarande styrdokument för grundskolans och gymnasieskolans fysikämne, med utgångspunkt i de tre temana i McComas ramverk som vi har valt att utgå ifrån. Avsikten är inte att ge en fullständig bild av hur naturvetenskapernas karaktär skrivs fram i styrdokument, utan snarare att illustrera genom att ge exempel på formuleringar.

Beträffande temat naturvetenskapernas kännetecken och gränser framgår det av grundskolans kursplan att undervisningen i fysik ska ge eleverna möjlighet att utveckla förståelse för hur "kunskaper i fysik växer fram och de fysikaliska förklaringsmodellernas historiska framväxt, användbarhet och föränderlighet" (Lgr22). På liknande sätt står det i gymnasieskolans ämnesplan att "eleverna ska ges möjlighet att utveckla förståelse av naturvetenskapens karaktär och av hur naturvetenskaplig kunskap växer fram" (Gy25). Även naturvetenskapernas gränser tas upp i kurs- och ämnesplanerna. Grundskolans kursplan för fysik betonar att elever ska utveckla förmågan att förstå skillnaden mellan naturvetenskapliga förklaringar och andra sätt att beskriva och förklara världen omkring oss. Av gymnasieskolans ämnesplan framgår det att undervisningen ska bidra till att eleverna utvecklar förmåga att kritiskt värdera och skilja mellan vetenskapliga och icke-vetenskapliga påståenden.

Kopplat till temat naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap framgår det i grundskolans kursplan att eleverna ska ges möjligheter att utveckla förståelse för hur fysik-kunskaper utvecklas genom naturvetenskapliga arbetsmetoder. Detta kopplas till elevernas egna systematiska undersökande och hur de hanterar utrustning och material. På liknande sätt framgår i ämnesplanen för gymnasieskolan att "genom praktiskt arbete med experiment och laborationer ska eleverna ges möjlighet att utveckla förmåga att genomföra systematiska undersökningar utifrån olika frågeställningar" och därigenom "ges möjlighet att utveckla förståelse av naturvetenskapens karaktär och av hur naturvetenskaplig kunskap växer fram" (Gy25).

Gällande exempel på skrivningar kopplade till temat mänskliga aspekter av naturvetenskap lyfter grundskolans kursplan fram olika drivkrafter i beskrivningen av fysikämnet: "Naturvetenskapen har sitt ursprung i människans nyfikenhet och behov av att veta mer om sig själv och sin omvärld". Människans nyfikenhet och kreativitet som en drivkraft lyfts också fram i gymnasieskolans ämnesplan, liksom mer tekniska intressen som hållbar resursanvändning. Fysikens betydelse för samhället, vetenskapen och individer lyfts i gymnasieskolans ämnesplan med exempel från historiska och aktuella händelser.

Trots att naturvetenskapernas karaktär sedan lång tid ingått i styrdokument, visar forskning att det många gånger är svårt för lärare att inkludera som ett explicit innehåll i fysikundervisning (Leden m.fl., 2015; Lederman m.fl., 2021; Lima m.fl., 2025). En möjlig konsekvens är att eleverna i mindre utsträckning får möjlighet att utveckla förståelse för kunskapens karaktär och hur kunskapsprocesserna kan se ut. Dessutom kan fysikundervisning som enbart foku-

serar på faktakunskaper och procedurer leda till att många elever upplever fysikämnet som svårt, meningslöst eller irrelevant (Jidesjö m.fl., 2021; Skolverket, 2024).

Denna översikt avser att överbrygga detta gap genom att erbjuda lärare forskningsbaserad kunskap som ger inblick i hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan utformas inom ramen för fysikundervisning. Den sammanställda kunskapen illustrerar hur olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär kan undervisas i fysikämnet. Olika exempel från undervisningen lyfts fram med avsikten att fungera som "[r]edskap att tänka med" för lärare i planering, genomförande och reflektion kring undervisningen (Anderhag m.fl., 2024, s. 44).

1.5 Tidigare forskningsöversikter

Det finns ett antal forskningsöversikter som har sammanställt internationell forskning om naturvetenskapernas karaktär i naturvetenskaps- och fysikundervisning. Lederman och kollegor har under åren 2007 till 2023 sammanställt didaktisk forskning om naturvetenskapernas karaktär i tre volymer av *Handbook of research on science education*, för att ge en övergripande bild av kunskapsläget. Lederman (2007) framhåller, huvudsakligen utifrån enkätstudier, att både elever och lärare i naturvetenskapliga ämnen i grund- och gymnasieskolan ofta har en otillräcklig förståelse av naturvetenskapernas karaktär. Elever tillägnar sig inte automatiskt denna förståelse genom traditionell ämnesundervisning, där fokus i hög grad ligger på faktakunskaper. Som tidigare nämnts utvecklas en mer adekvat förståelse i stället när undervisningen explicit behandlar naturvetenskapernas karaktär. Enligt forskaren saknas det dock i stor utsträckning forskning om de mekanismer som leder till en förändring av elevers förståelse av naturvetenskapernas karaktär. I en uppdaterad översikt i den andra volymen (Lederman & Lederman, 2014) konstaterar forskarna att trots att det tillkommit ny forskning om undervisning och lärande om naturvetenskapernas karaktär är de bakomliggande mekanismerna fortfarande otillräckligt utforskade. Forskarna framhåller också att frågan om vad som egentligen bör räknas som naturvetenskapernas karaktär kommit att ifrågasättas inom den didaktiska forskningen. I den tredje volymen konstateras att forskningen på senare tid alltmer har kommit att fokusera på interventioner i klassrummet med syfte att stärka elevers förståelse av naturvetenskapernas karaktär (Abd-El-Khalick & Lederman, 2023).

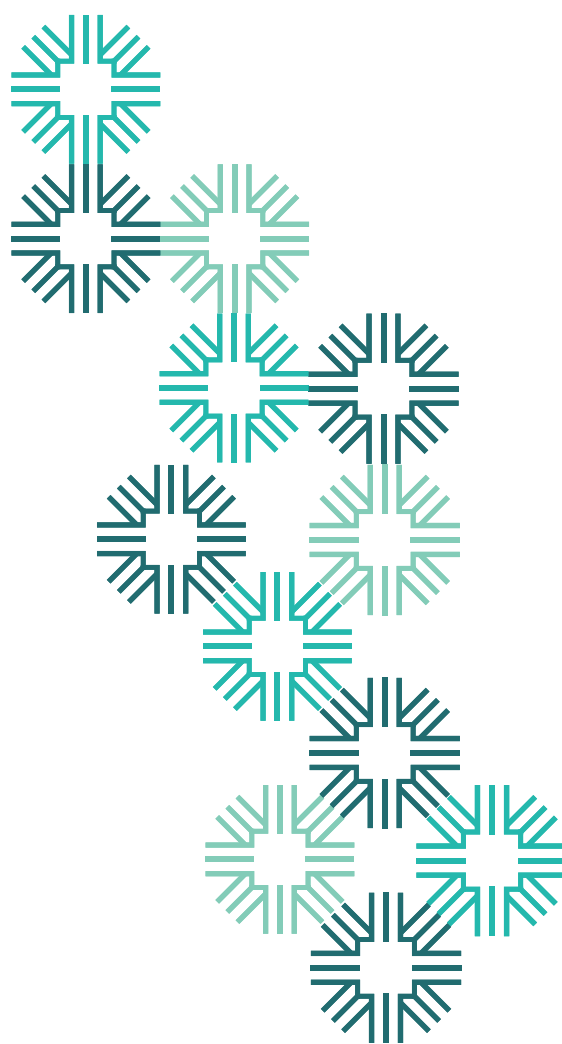
I en systematisk översikt från 2017 gjorde Azevedo och Scarpa en sammanställning av studier om elevers och lärares uppfattningar om naturvetenskapernas karaktär inom olika naturvetenskapliga ämnen, bland annat fysikämnet. I översikten framhålls att forskningen fokuserar på att undersöka elevers och lärares föreställningar om naturvetenskapens karaktär. I en annan systematisk översikt sammanställde Saberi och kollegor (2025) empiriska studier om naturvetenskapernas karaktär i naturvetenskaplig didaktisk forskning från 1996 till 2023. Syftet var att kartlägga forskningsområdet och identifiera forskningsluckor. Översikten lyfter teman som undervisning i naturvetenskapernas karaktär för såväl elever som lärare, utveckling och användning av bedömningsinstrument samt analyser av läromedel och kursplaner.

Andra systematiska översikter har fokuserat på specifika aspekter av naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen. Till exempel har Teixeira och kollegor (2012) sammanställt

forskning om undervisningsstrategier med inslag av historiska och filosofiska perspektiv på naturvetenskap i fysikundervisning. De argumenterar för att integrera naturvetenskapernas historia och filosofi i fysikundervisningen för att göra ämnet mer meningsfullt och förståeligt samt stärka elevers förståelse av centrala begrepp i fysiken och av naturvetenskapernas karaktär. En uppföljande systematisk översikt av Thomas Becker och kollegor (2024) fokuserar på forskning om fysikundervisning som utgår från ett vetenskapshistoriskt perspektiv. De konstaterar att en majoritet av studierna i underlaget var av teoretisk karaktär och att endast ett fåtal hade ett empiriskt fokus på klassrumsundervisning. I en metaanalys riktade Deng och kollegor (2026) uppmärksamhet mot explicit-reflektiv undervisning och dess effekt på elevers förståelse av naturvetenskapernas karaktär. De visar att explicit undervisning om naturvetenskapernas karaktär har en positiv effekt på elevers förståelse.

Till skillnad från tidigare översikter, som främst är av kartläggande karaktär och har bidragit med en övergripande bild av forskningsområdet, erbjuder denna översikt djupare insikter i hur naturvetenskapernas karaktär konkret behandlas i fysikundervisningen i de studier som ingår samt hur de belyser frågor som är av direkt relevans för fysiklärares praktik. Dessa innefattar vilka aspekter av naturvetenskapernas karaktär som behandlas, vilka undervisningsstrategier som används samt hur naturvetenskapernas karaktär kopplas till olika fysikkontexter. Därigenom främjar översikten en ämnesspecifik förståelse av undervisning om naturvetenskapernas karaktär och kompletterar tidigare översikter genom sitt fokus på undervisningens innehåll, genomförande och kontext.





2. Om denna översikt

En systematisk översikt besvarar en eller flera avgränsade frågeställningar genom att föra samman resultat från studier som uppfyller gemensamma förutbestämda kriterier. Det handlar alltså inte om att ge en sammanställning av all forskning inom ett område. Syftet med denna översikt är att sammanställa forskning som ger kunskap om undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet.

I detta kapitel ger vi en kortfattad beskrivning av litteratursökningarna och de tillvägagångssätt i urvalsprocessen som ligger till grund för översikten. Vi ger en översiktlig bild av studierna som ingår och beskriver hur syntesen av studiernas resultat har genomförts.

2.1 Litteratursökning och urval

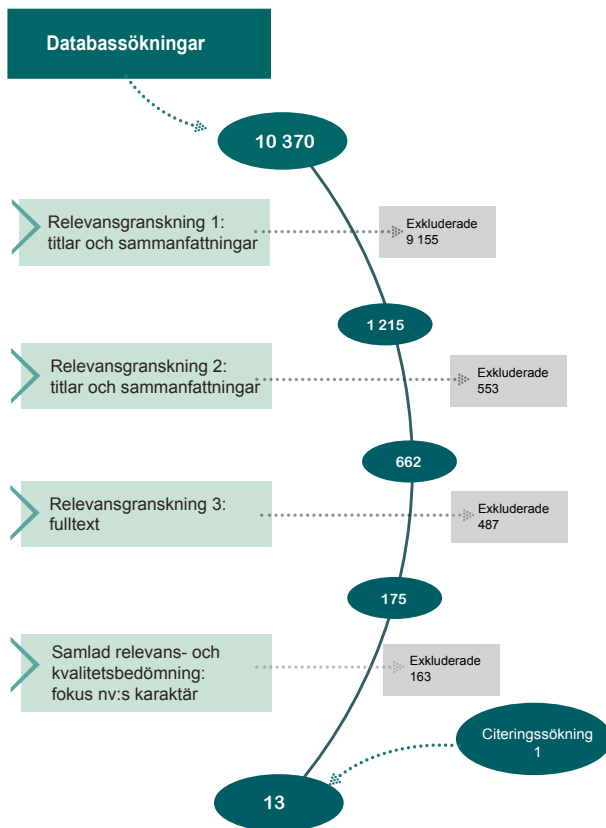
En bred sökning gjordes i nationella och internationella vetenskapliga databaser med nyckelord och termer som skola, undervisning och elev i kombination med fysik. En anledning till att göra en bred sökning var att få en överblick över forskning om undervisning och lärande i fysik. Den forskningen finns internationellt huvudsakligen inom fältet naturvetenskapernas didaktik (science education). Sökningen genererade 10 370 unika träffar.

En systematisk urvalsprocess gjordes i två huvudsakliga steg utifrån kriterier och avgränsningar som ställdes upp för att kunna ge svar på översiktens frågeställning. Inledningsvis genomfördes granskningen utifrån ett brett perspektiv, baserat på följande centrala kriterier:

1. Syftet med studien är att undersöka och analysera fysikundervisning.
2. Undervisningen undersöks med hjälp av observationer och/eller intervjuer som ger en inblick i undervisningen, och analyseras med kvalitativ ansats.
3. Studien ger kunskap om klassrumsinteraktion i fysikundervisning eller om hur elever förstår och upplever fysikundervisning.

Därefter fortsatte urvalsprocessen med studier som behandlar naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikundervisning. Detta smalare fokus motiverades av att naturvetenskapernas karaktär är en viktig del av skolämnet fysik men har en undanskymd plats i undervisningen. Det finns därför ett behov av att erbjuda lärare forskningsbaserad kunskap om undervisning i fysik med fokus på naturvetenskapernas karaktär. Det slutgiltiga urvalet av 13 studier baserades på en samlad bedömning av studiernas relevans och kvalitet, se figur 1 Flödesschema. Urvalsförfarandet och arbetsgången beskrivs detaljerat i kapitel 5 Metod och genomförande och redovisas i sin helhet i bilaga 1.

FIGUR 1. Flödesschema



Det är viktigt att notera att den absoluta merparten av internationell didaktisk forskning om naturvetenskapernas karaktär undersöker undervisning som är relevant för samtliga naturvetenskapliga ämnen, alltså fysik, kemi och biologi. I denna översikt ligger fokus på undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet. Det innebär att studier som ingår i översikten undersöker sådan undervisning. Studier som undersöker

undervisning om naturvetenskapernas karaktär, men inte specifikt inom ramen för fysikundervisning, har därmed exkluderats.

2.2 Studier som ingår i översikten

I översikten ingår 13 studier som är genomförda i olika länder (se tabell 1). USA bidrog med tre studier, följt av Sverige, Norge och Italien med två studier vardera och Kanada, Australien, Argentina och Brasilien med en studie var. De flesta studier är genomförda i motsvarigheter till gymnasieskolan, medan två studier är genomförda på högstadiet. Elevgrupperna i studierna består i huvudsak av både flickor och pojkar med en relativt jämn könsfördelning. I två av studierna deltog dock enbart flickor.

2.2.1 Studier av kvalitativ karaktär

Studierna som ingår i översikten har undersökt och analyserat fysikundervisningen kvalitativt. Detta urvalskriterium motiveras av ambitionen att få djupare insikt i hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär genomförs inom ramen för fysikämnet och hur det lärare gör och säger tas emot av eleverna. Forskning som undersöker vilka aspekter av naturvetenskapernas karaktär som undervisas, vilka strategier som används och varför naturvetenskapernas karaktär undervisas inom ramen för fysikämnet kan utgöra ett viktigt kunskapsunderlag för lärares didaktiska val och överväganden.

Studierna bygger huvudsakligen på kvalitativa forskningsansatser, där klassrumsobservationer och intervjuer utgör centrala metoder för datainsamling. Genom observationer fångar studierna vad som faktiskt sker i undervisningssituationer, där elever och lärare interagerar och diskuterar innehållet av naturvetenskapernas karaktär och fysikinnehållet. Detta möjliggör en fördjupad förståelse av hur naturvetenskapernas karaktär behandlas i konkreta undervisningssituationer. Intervjuer med elever och lärare ger insikt i hur undervisningen upplevs och förstås av elever och lärare. Intervjuer med elever genomförs huvudsakligen i smågrupper eller fokusgrupper, vilket skapar förutsättningar för gemensamma resonemang där eleverna kan bygga vidare på varandras idéer och uttrycka sina erfarenheter mer utförligt.

TABELL 1. Beskrivning av studierna

STUDIE	SKOLNIVÅ/ DELTAGARE	UNDERVISNINGS- AKTIVITETER
Arriasecq & Greca (2012), Argentina. <i>A teaching-learning sequence for the special relativity theory at high school level historically and epistemologically contextualized</i>	Gymnasieskolan. En klass med 27 elever (endast flickor).	Undervisning av den speciella relativitetsteorin (SRT) i sitt historiska och epistemologiska sammanhang. Undervisningsaktiviteterna omfattar textläsning, problemlösning, begreppskartor och tecknade serier.
Bøe m.fl. (2018), Norge. <i>Actual versus implied physics students: How students from traditional physics classrooms related to an innovative approach to quantum physics</i>	Gymnasieskolan. 58 elever uppdelade i 11 fokusgrupper.	Eleverna arbetar med begrepp inom kvantfysik via text, bilder, videoklipp, animeringar och simuleringar samt enkla quiz- uppgifter och uppgifter som kräver diskussion såväl som skriftliga svar.
Carlone (2003), USA. <i>Innovative science within and against a culture of "achievement"</i>	Gymnasieskolan. En klass med 28 elever.	Eleverna arbetar med kontextuella fysikproblem kopplade till verkliga, sociala och för eleverna intressanta sammanhang. Gemensamma diskussioner samt undersökande och praktiska moment.
Carlone (2004), USA. <i>The cultural production of science in reform-based physics: Girls' access, participation, and resistance</i>	Gymnasieskolan. En klass med 28 elever.	Eleverna arbetar med kontextuella fysikproblem kopplade till verkliga, sociala och för eleverna intressanta sammanhang. Gemensamma diskussioner samt undersökande och praktiska moment.
Hamza m.fl. (2023), Sverige. <i>Nature of science in students' discussions on disagreement between scientists following a narrative about health effects of the Fukushima Daiichi accident</i>	Gymnasieskolan. 25 elever uppdelade i åtta grupper.	Elever diskuterar en samtida historisk berättelse om oenighet mellan forskare kring en riskrelaterat SNI-händelse, kärnkraftsolyckan i Fukushima.
<i>Upper secondary students in group discussions about physics and our pre-suppositions of the world</i>	Gymnasieskolan. En klass.	Eleverna sorterar och diskuterar i smågrupper olika påståenden gällande grundantaganden om världen, som är nödvändiga eller inte nödvändiga för fysiken.
Henriksen m.fl. (2018), Norge. <i>What is light? Students' reflections on the wave-particle duality of light and the nature of physics</i>	Gymnasieskolan. Nio klasser från sju skolor.	Eleverna diskuterar i smågrupper våg-partikeldualismen, med hjälp av digitala läresurser som text, bilder, videoklipp, animeringar och simuleringar.

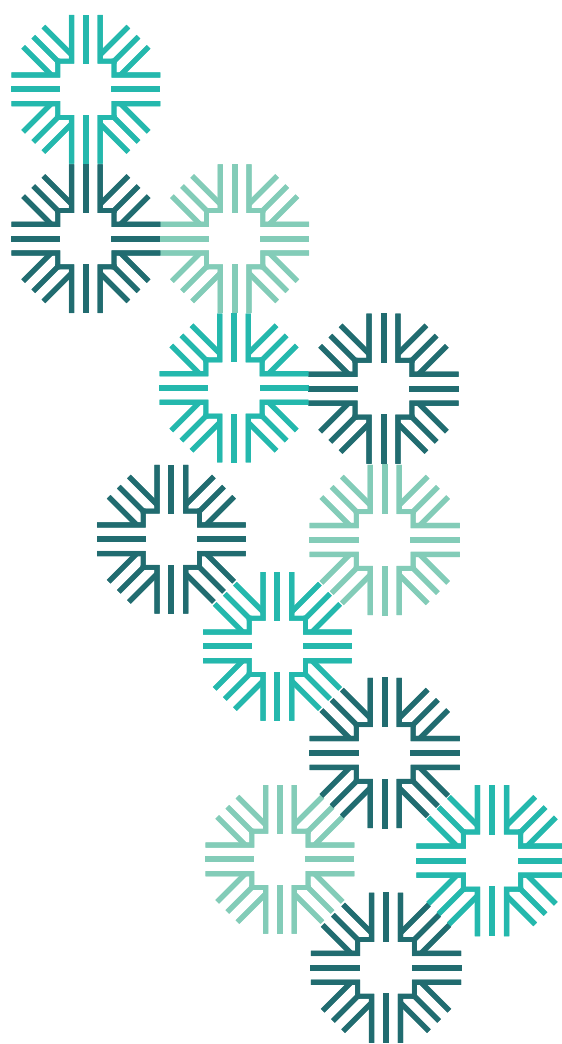
Kersting m. fl. (2021), Australien. <i>'I loved exploring a new dimension of reality' – a case study of middle-school girls encountering Einsteinian physics in the classroom</i>	Högstadiet. Två klasser: 39 elever, endast flickor	Eleverna diskuterar i smågrupper begrepp inom Einsteins fysik med hjälp av vägledande frågor och digitala lärresurser. Eleverna gör ljudklipp eller videofilm som hjälper andra elever att förstå begrepp inom Einsteins fysik.
Levrini & Fantiti (2013), Italien. <i>Encountering productive forms of complexity in learning modern physics</i>	Gymnasieskolan. Två klasser: 19 och 20 elever.	Eleverna diskuterar i smågrupper begreppen determinism och visualisering med utgångspunkt i två historiska debatter.
Levrini m.fl. (2014), Italien. <i>Meeting the discipline-culture framework of physics knowledge: A teaching experience in Italian secondary school</i>	Gymnasieskolan. Tre klasser: 20, 14 och 20 elever.	Elever deltar i gruppdiskussioner efter en genomgång av den historiska utvecklingen av olika teorier om ljus.
Patterson & Ding (2025), USA. <i>Epistemic framing analysis of secondary students during instruction on quantum physics</i>	Gymnasieskolan. En klass med 21 elever.	Eleverna diskuterar och utforskar ljusegenskaper genom att interagera med en webbaserad simulering av den fotoelektriska effekten.
Roth & Lucas (1997), Kanada. <i>From "truth" to "invented reality": A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge</i>	Gymnasieskolan. 23 elever.	Elever läser texter om fysikens epistemologi parallellt med ämnesstudierna, skriver essäer samt deltar i praktiska moment och diskussioner.
Schiffer & Guerra (2015), Brasilien. <i>Electricity and vital force: Discussing the nature of science through a historical narrative</i>	Högstadiet. Tre klasser: 29, 29, 28 elever.	Eleverna diskuterar en historisk berättelse kring Galvani och Volta debatten om elektrisk energi, deltar i diskussioner och gör presentationer.

2.2.2 Syntesmetod

Målet med en systematisk översikt är att föra samman resultat från studier för att visa hur de kan förstås i relation till varandra. Synteser genomförs med olika metoder beroende på översiktens frågeställning och vilken typ av forskning som ingår. I denna översikt syntetiseras resultaten från de ingående studierna utifrån de tre övergripande temana i McComas ramverk (2020b). Ramverkssyntesen följer en konfigurativ logik där mönster identifieras och integreras för att sammanställa forskning av kvalitativ karaktär (Brunton m.fl., 2020; Oliver m.fl., 2008). Syntesen organiserar kunskap på ett sätt som bidrar till att lärare kan göra välgrundade didaktiska val med hänsyn till den egna undervisningskontexten (jfr Gough m.fl., 2012, 2017).

En utförlig beskrivning av syntesmetoden och tillvägagångssätt finns i kapitel 5 Metod och genomförande.





3. Resultat

Detta kapitel bygger på den kunskap som de ingående studierna ger om undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet. Kapitlet är indelat i fem avsnitt och besvarar forskningsfrågan:

På vilka sätt kan olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär undervisas inom ramen för fysikundervisning?

De första tre avsnitten är organiserade utifrån McComas tre övergripande teman (se avsnitt 1.3).

- Naturvetenskapernas kännetecken och gränser.
- Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap.
- Mänskliga aspekter av naturvetenskap.

Inom de tre temana identifierades underteman, strategier och kontexter för undervisningen om naturvetenskapernas karaktär. Detta redovisas i avsnitt 3.1–3.3. Som framgår av figur 2 tas resultat från en studie upp under flera teman. Det beror dels på att många av studierna behandlar undervisning av olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär, dels på att temana i sig själva delvis överlappar varandra.

FIGUR 2. Naturvetenskapernas karaktär i de ingående studierna



Figuren utgår från McComas (2020b) och Hansson m.fl. (2021)

När analysen utifrån ramverket var gjord identifierades möjligheter och utmaningar i undervisningen i studierna. I det fjärde avsnittet diskuterar vi hur undervisningen kan fungera som en dörröppnare för att utveckla elevers intresse och lärande i fysik. I det femte avsnittet uppmärksammas faktorer som kan försvåra undervisning om naturvetenskapernas karaktär och elevers möjligheter att ta till sig undervisningsinnehållet.

I avsnitten presenteras vilka aspekter av naturvetenskapernas karaktär som behandlas och hur dessa framträder i olika undervisningssituationer. Resultaten illustreras och underbyggs av citat och samtalsutdrag från studierna, där elevernas erfarenheter, resonemang och upplevelser kommer till uttryck.

Det är viktigt att notera att resultaten inte ger en heltäckande bild av alla möjliga innehåll och undervisningsstrategier för naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikundervisning, men de belyser viktiga aspekter och ger exempel på hur dessa kan behandlas i fysikundervisning.

3.1 Naturvetenskapernas kännetecken och gränser

Detta tema behandlar undervisning om fysikens kännetecken och gränser. Aspekter som lyfts fram i den studerade undervisningen är fysikaliska modellers natur och funktion, att fysikundervisning är föränderlig och att fysik inte ger svar på alla frågor. I undervisningen engageras eleverna i diskussioner, både i helklass och i smågrupper, med utgångspunkt i bland annat historiska texter.

3.1.1 Fysikaliska modellers natur och funktion

Den studerade undervisningen betonar att modeller är mänskliga konstruktioner som inte är identiska med verkligheten, och att flera modeller av ett visst fenomen kan existera parallellt (Henriksen m.fl., 2018; Levrini & Fantini, 2013; Levrini m.fl., 2014; Roth & Lucas, 1997).

Att modeller är mänskliga konstruktioner, skapade för att beskriva och förklara fenomen snarare än utgöra en exakt avbildning av verkligheten, kan belysas på olika sätt i undervisningen. I studien av Roth och Lucas (1997) görs det genom att gymnasieelever genomför experiment, läser och diskuterar belysande texter samt skriver reflekterande essäer. Syftet med studien var att undersöka hur elever uttrycker sin förståelse av vad som karakteriserar fysikkunskaper. I undervisningen fick eleverna läsa delar av boken *Inventing reality: Physics as language* (Gregory, 1990) som ett komplement till läroboken i fysik. Boken erbjöd eleverna en syn på fysik som ett mänskligt skapat språk utvecklat för att förstå och beskriva omvärlden. Detta stod i kontrast till elevernas lärobok som presenterade fysikens teorier som fakta. Efter läsningen fick eleverna skriva reflekterande essäer baserade på texterna, vilket följdes av klassrumsdiskussioner där de fick förhålla sig till olika vetenskapsfilosofiska ställningstaganden, såsom att:

- Naturvetenskaplig kunskap är skapad av människan och visar inte naturen som den verkligen är.
- Naturvetenskaplig kunskap närmar sig mer och mer sanningen.
- Vetenskapliga lagar och teorier existerar oberoende av människans existens. Forskare upptäcker dem bara.

Att resonera kring sådana frågor, både muntligt och skriftligt, ledde till att eleverna gav uttryck för en förändrad uppfattning om vad som kännetecknar naturvetenskaplig kunskap; från att vara en beskrivning av naturen som den verkligen är till att vara ett språk för att förstå och förklara världen i form av bland annat modeller. I sina reflekterande essäer skrev eleverna till exempel att modeller inte nödvändigtvis utgör sanning om naturen, utan snarare är sätt att beskriva eller tolka något. Följande citat visar hur en elev, Tom, resonerade kring relationen mellan modell och verklighet, innan han deltog i undervisningen:

Vetenskapliga lagar och teorier finns i naturen ... Universum är så vidsträckt och interagerar på ett till synes så perfekt sätt ... Det måste finnas vissa regler eller lagar som styr allt som händer.

Roth & Lucas, 1997, s. 169, vår översättning

Efter undervisningen resonerade han så här:

De lagar och teorier vi studerar är bara beskrivningar av faktiska fenomen som vi kan observera genom våra sinnen, en färgstark sagobok. De här lagarna existerar faktiskt inte utanför vår uppfattning; de är bara verktyg, ett sätt för oss att beskriva och förutse verkliga fenomen som man kan uppfatta.

(Roth & Lucas, 1997, s. 169, vår översättning)

Studien visar hur undervisningen ledde eleverna till att testa nya sätt att tala om naturvetenskap och naturvetenskaplig kunskap. En slutsats från studien är att undervisning där eleverna får möjlighet att diskutera fysik som ett språk kan hjälpa elever att reflektera över vad kunskap är och hur den utvecklas.

Att undervisa om modeller som mänskliga konstruktioner kan även ske genom att fokusera på modellens historiska utveckling (Henriksen m.fl., 2018; Levrini & Fantini, 2013; Levrini m.fl., 2014; Patterson & Ding, 2025). I studien av Levrini och kollegor (2014) görs detta genom en undervisning inom området ljus. Syftet med studien var att undersöka hur undervisningen engagerade gymnasieelever med olika sätt att tänka om vetenskap och kunskap. Undervisningen som var lärarledd fokuserade på hur olika teorier om ljus har vuxit fram historiskt, och hur de förhåller sig till varandra. Eleverna fick möjlighet att följa hur olika modeller av ljus har vuxit fram, från strålar till tidiga idéer om partiklar (Newton) via vågteori följt av att Planck och Einstein visade ljusets kvantiserade partikelnatur (fotoner). Inför undervisningen fick eleverna också reflektera över och ge svar på frågor av kunskapssteoretisk karaktär, som exempelvis:

- Fysiker organiserar kunskap med hjälp av **teorier** och **modeller**. Utifrån det du har lärt dig, hur skulle du beskriva vad dessa begrepp betyder?
- Tycker du att det är viktigt att veta vad en **teori** eller en **modell** är, eller hur de har utvecklats, för att kunna förstå fysik? Förklara gärna hur du tänker.
- Kan du beskriva hur relationen mellan fysikkunskaper och verkligheten ser ut?

(Levrini m.fl., 2014, s. 1728, vår översättning)

I ett samtalsutdrag framkommer hur två av eleverna, Sara och Pietro, resonerade kring relationen mellan modeller och verkligheten genom att diskutera huruvida naturvetare *upptäcker* eller *konstruerar* kunskap om världen. Inledningsvis hade eleverna olika syn på relationen mellan modeller och verkligheten. Sara uttryckte att naturvetare konstruerar kunskapen, medan Pietro resonerade i termer av att människor upptäcker, eller ännu konkretare, avslöjar verkligheten.

- Sara: Vi byggde de här modellerna för att förklara vissa egenskaper hos ljus, men ljuset finns ju faktiskt där, och vi försöker förstå dess beteende och egenskaper; så vi upptäcker det faktiskt också. Vi försöker förstå naturen och medan vi upptäcker den, konstruerar vi den. De [konstruerandet och upptäckandet] hänger samman. Den [naturen] är vad den är, men vi kan inte se den helt, så när vi avslöjar den så modifierar vi den också.
- Pietro: Jag föredrar idén om att ”avslöja” verkligheten, för försöket att ”forma” kunskap verkar vara ett försök att anpassa naturen efter vår egen mentala bild. Jag tycker mer om tanken att den blir avslöjad.

(Levrini m.fl., 2014, s. 1718, vår översättning)

Pietro uttryckte denna syn på kunskap i fysik trots att den tidigare undervisningen på flera sätt betonat att det finns flera modeller som förklarar olika aspekter av ljus. Efter följande fortsatta dialog mellan Sara, Pietro och läraren/forskaren ändrade dock Pietro sitt resonemang så att det närmade sig Saras:

- Sara: Men tänk på ljus. Vi lyckades inte ge en bild av vad det är, att sätta en etikett på det – det kan vara en partikel eller en våg. Trots det så har vi förstått de viktigaste egenskaperna hos det.
- Pietro: Skapar du modellen?
- Sara: Ja, absolut.
- Forskaren: Men om vi "avslöjar" den, hur kan vi då ha flera modeller?
- Pietro: En modell är en abstraktion. Det är bara ett geometriskt sätt att förklara något som redan finns. Den är inte en del av naturen, utan en abstraktion. [...] När de [modellerna] sätts ihop blir de användbara i förklaringar.

(Levrini m.fl., 2014, s. 1718, vår översättning)

Samtalsutdraget visar hur Pietro ändrade sitt resonemang om relationen mellan kunskap och verkligheten, från att människan *upptäcker* kunskapen till att hon *konstruerar* den i samspel med sin omvärld. Diskussionen möjliggjorde enligt forskarna i studien en reflektion av kunskapsteoretisk karaktär.

Även i studien av Henriksen och kollegor (2018) deltog eleverna i en undervisning som betonade att olika modeller som beskriver samma fenomen kan existera parallellt. Undervisningen gick ut på att eleverna arbetade med centrala begrepp inom kvantfysik genom en modulbaserad digital plattform som kombinerar videoklipp, animeringar och simuleringar med quizuppgifter. Undervisningen inleddes med att eleverna individuellt fick skriva ner sina egna föreställningar om vad ljus är. Därefter fick de se två filmer som presenterade två modeller om ljus. Den första filmen tog upp Albert Einsteins och Niels Bohrs skilda tolkningar av ljusets natur. Den andra filmen visade hur två i dag verksamma fysiker diskuterade och gav svar på frågan "Vad är ljus?" från olika perspektiv. Med utgångspunkt i filmerna diskuterade eleverna i smågrupper om det är möjligt att ha två modeller för att beskriva ljus. Genom arbete i den digitala plattformen besvarade de frågor skriftligt, vilket gjorde det möjligt för läraren att följa och kommentera deras resonemang.

Studien syftade till att undersöka hur eleverna beskrev ljusets natur och vilka föreställningar och reflektioner om naturvetenskapernas karaktär som framkom i diskussionerna. Eleverna tenderade initialt att acceptera parallella modeller utan kritisk reflektion över vad det innebär att ha två olika modeller som beskriver samma fenomen. I gemensamma diskussioner gav eleverna uttryck för en alltmer nyanserad förståelse av att olika modeller kan användas parallellt eftersom de är mänskliga konstruktioner som används för olika syften, snarare än objektiva beskrivningar av verkligheten.

På motsvarande sätt menar Patterson och Ding (2025) att elever behöver närma sig kvant-

fysik på ett sätt som innebär att tidigare föreställningar omprövas i ljuset av experimentella belägg, som dubbelspaltexperiment.

Studien av Levrini och Fantini (2013) uppmärksammar riskerna med alltför långtgående förenklingar i undervisningen i kvantfysik. Forskarna ser en risk att visualiseringar av våg-partikeldualiteten får elever att tillskriva kvantfenomen klassiska egenskaper. Det kan skapa förvirring när de senare möter experimentella resultat som strider mot den klassiska fysiken. Forskarna argumenterar för att vissa former av komplexitet inte bör reduceras eftersom de är en del av den vetenskapliga kunskapen. I stället kan undervisningen skapa möjligheter för eleverna att möta och bearbeta komplexiteten genom att diskutera frågor och spänningar som präglar fysikens kunskapsutveckling. En sådan komplexitet kännetecknas av att samma fenomen kan studeras från många olika perspektiv, att kunskapsteoretiska frågor beaktas och, liksom i studien av Levrini och kollegor (2014), att nya förklaringsmodeller bygger på historiska modeller. I studien fick sistaårselever på gymnasiet, efter att de introducerats till teori och centrala experiment inom området, diskutera svårbegripliga frågor om hur man kan visualisera kvantfysiska fenomen och om huruvida de styrs av bestämda lagar. Eleverna Luca och Jessica intog motsatta ståndpunkter rörande användning av grafiska representationer av kvantfenomen:

- Luca: Bilden av den mikroskopiska verkligheten beskrivs i det här fallet tillräckligt bra med den matematiska formalismen. Så enligt mig är det inte så viktigt med en grafisk representation för den vetenskapliga utvecklingen – vad ska man egentligen ha den till? Den kan möjligen vara till hjälp när man ska förklara objektet så som det faktiskt är för barn. Men matematiken förklarar ju redan det.
[...]
- Jessica: Men för mig är den [visualiseringen] nödvändig för att förstå ...
- Luca: Ja, men tänk om man inte kan visualisera det ...
- Jessica: För det är omöjligt att prata om något utan att försöka få en bild av det man pratar om, även om det är omedvetet.

(Levrini & Fantini, 2013, s. 1903, vår översättning)

Samtalsutdraget visar hur eleverna konfronterades med kunskapsteoretiska frågor om vilken kunskap som kan utvecklas genom matematisk formalism respektive genom bilder.

Sammanfattningsvis visar studierna i detta avsnitt hur undervisningen kan synliggöra fysikaliska modellers natur och funktion genom att ge möjlighet till diskussioner och jämförelser av olika modeller, med utgångspunkt i historiska och kunskapsteoretiska perspektiv. På så sätt framträder modeller som mänskliga konstruktioner som har olika syften, snarare än som exakta avbildningar av verkligheten. Detta gör det även möjligt för eleverna att problematisera och förstå varför olika modeller kan existera parallellt, just för att de kompletterar varandra och erbjuder olika sätt att förstå komplexa fenomen (se tabell 2).

TABELL 2. Fysikaliska modellers natur och funktion i studierna som ingår i deltemat

INNEHÅLL/STUDIE	I UNDERVISNINGEN	I ELEVERNAS TEXTER OCH DISKUSSIONER
Modeller som mänskliga konstruktioner/språk. Roth & Lucas (1997)	Fysik presenteras som ett mänskligt skapat språk; vetenskapsfilosofiska ställningstaganden lyfts.	Eleverna börjar se modeller som verktyg för tolkning snarare än verkligheten själv.
Modellers historiska utveckling. Levrini m.fl. (2014)	Fyra ljusmodeller presenteras; frågor av kunskapsteoretisk karaktär lyfts.	Eleverna går från upptäckt till konstruktion av kunskap.
Flera modeller kan existera parallellt. Henriksen m.fl. (2018)	Filmer om olika ljusmodeller; frågor av kunskapsteoretisk karaktär lyfts.	Eleverna accepterar parallella modeller med olika syften.
Olika representationsformer. Levrini & Fantini (2013)	Produktiva former av komplexitet; olika perspektiv	Elever problematiserar olika sätt att skapa kunskap (matematisk formalism och visuella modeller).

3.1.2 Kunskap kan förändras

I den studerade undervisningen som behandlar den tentativa karaktären av naturvetenskaplig kunskap betonas att kunskap kan förändras över tid och att osäkerhet är en inneboende del av det naturvetenskapliga arbetet (Kersting m.fl., 2021; Roth & Lucas, 1997). Det finns olika anledningar till förändringar i naturvetenskaplig kunskap, såsom ny empiri och nya tolkningar och perspektiv som utmanar befintliga teorier och modeller.

Undervisning om att kunskap kan förändras kan ske genom en kombination av läsning av texter om fysikkunskapens karaktär och praktiskt arbete, som i studien av Roth och Lucas (1997). I avsnitt 3.1.1 framkommer att eleverna i studien läste och diskuterade texter som skildrar fysik som ett språk för att tala om och beskriva världen, och skrev reflekterande essäer. Det praktiska arbetet som innefattade att designa och genomföra olika experiment, fungerade som en arena där eleverna skulle pröva sina idéer samt ompröva och vidareutveckla sina förklaringar för att se hur kunskap kan förändras. I sina essäer diskuterade och reflekterade eleverna över våg-partikeldualiteten. En elev, Fred, uttryckte att eftersom det finns två olika modeller som beskriver ljus, innebär det att det inte finns någon entydig eller slutgiltig sanning om vad ljus är. Vår förståelse av ljus har enligt Fred förändrats över tid, och "sanning" är inte något fast utan kan förändras i takt med nya insikter. Enligt forskarna i studien resonerade eleven kring detta genom att använda historiska argument om ljus. Han uttryckte att det som vid en given tidpunkt accepteras som sanning fortsätter att förändras (Roth & Lucas, 1997, s. 161).

För att stödja elevernas utveckling av sådana resonemang fick de kontinuerlig återkoppling från läraren på sina texter, tolkningar och argumentation. Denna återkoppling syftade också till att ge eleverna stöd att se både naturvetenskaplig kunskap och det egna arbetet som processer som utvecklas och omprövas över tid. Lärarens stöd i detta avseende framgår exempelvis i följande citat som utgör lärarens resonering och förklarande återkoppling på en elevtext.

Du tar upp riktigt viktiga poänger, särskilt när det gäller dilemmat som vi alla hamnar i: Varför ska man studera fysik om den ändå är tentativ? Å ena sidan finns det områden inom fysiken, som den newtonska mekaniken, som har förändrats väldigt lite under de senaste 300 åren. Och där förväntas det inte heller ske så stora förändringar framöver. Å andra sidan finns det också laborationer som ger en känsla för den tentativa karaktären av kunskap.

(Roth & Lucas, 1997, s. 151, vår översättning)

Läraren visade förståelse för elevens dilemma kring den föränderliga karaktären av kunskap genom att ställa frågan: Varför studera fysik om kunskapen ändå är tentativ? Genom att ta fasta på detta dilemma använde läraren återkoppling för att fördjupa elevens resonemang kring hur olika teorier förändras och förfinas genom historien. Lärarens intention att bättre förstå elevernas sätt att tänka var viktig för att kunna stärka deras insikt i vad kunskap är och hur den utvecklas. Genom att olika tolkningar synliggjordes i gemensamma diskussioner kring texter och experimentella resultat fick eleverna erfara hur kunskap förhandlas och förändras. Samtidigt fick de möjlighet att betrakta sin egen kunskapsutveckling som en process som liknar autentisk vetenskaplig praktik.

Att kunskap förändras kan också exemplifieras genom undervisning om Einsteins fysik och hur relativitetsteorin har utmanat och omtolkat grundläggande begrepp från den klassiska fysiken. Detta visas i studien av Kersting och kollegor (2021) där högstadiel elever, endast flickor, mötte olika sätt att förstå begreppen tid, rum och gravitation inom den allmänna relativitetsteorin i jämförelse med klassisk fysik. I undervisningen fick eleverna i mindre grupper skapa en kort film med stöd av ett antal frågor, i syfte att hjälpa andra elever att förstå begreppen. Frågorna handlade till exempel om vad begreppen tid och rum betyder och hur Einstein beskriver dessa begrepp. Eleverna fick också tillgång till andra digitala lärresurser, till exempel animeringar och simuleringar, som uppmuntrade dem att resonera tillsammans, dela idéer och utforska fenomen genom dialog. Syftet med studien var att ta reda på hur eleverna upplevde undervisningen och hur den påverkade deras syn på och inställning till fysik.

Efter att ha deltagit i undervisningen gav eleverna uttryck för en ökad medvetenhet om att fysik inte ger absoluta eller slutgiltiga svar utan öppnar för nya sätt att förstå och tolka fenomen. Detta illustreras i en intervju med en grupp elever:

- Elev 1: Jag gillade hur den [undervisningen] tog upp filosofiska frågor. Så det var inte bara ljud och ljus där allt är exakt, utan det togs också upp saker som 'vad är tid?'. Det fanns inget exakt svar, så man fick liksom tänka lite mer.
- Elev 3: Jag tyckte att hela grejen med tid, eftersom det inte fanns något bestämt svar, hela den där tidsgrejen. Jag gillar inte riktigt det eftersom det inte finns något svar. Men det är liksom coolt: 'vad är tid?' Men man kan också känna 'tänk om allt är fel?' För det finns inget rätt [svar], vi vet inte säkert.

Elev 4: Jag tyckte om hur vi fick lära oss om en annan teori och hur det gav olika möjligheter och sånt. Jag tycker bara det är intressant att det vi tror kanske är fel.

(Kersting m.fl., 2021, s. 2053, vår översättning)

Elevernas samtal kretsade kring filosofiska och öppna frågor kring begreppet tid i klassisk fysik och Einsteins fysik, och att naturvetenskap kan förändras. De diskuterade att fysik inte ger slutgiltiga svar och att teorier kan vara preliminära eller felaktiga, vilket väckte olika tankar. Till exempel tyckte vissa elever att det var intressant att diskutera öppna frågor inom fysik medan andra uttryckte frustration över bristen på definitiva svar. Forskarna betonar att eleverna använde vetenskapliga perspektiv som begrepp och modeller men även personliga perspektiv som egna erfarenheter och känslor. Dessa perspektiv samspelade i elevernas samtal och resonemang och formade hur de upplevde fysiken och naturvetenskapernas karaktär, där de både kunde förstå och känna något inför innehållet.

Sammanfattningsvis visar studierna i avsnittet hur lärare kan undervisa om naturvetenskapens föränderliga natur genom att lyfta historiska exempel. Att ta utgångspunkt i texter om fysikens karaktär eller elevers eget praktiska undersökande möjliggör också diskussioner om hur kunskap kommer till och av olika anledningar förändras.

3.1.3 Naturvetenskapen ger inte svar på alla frågor

Detta avsnitt handlar om hur undervisningen i studierna behandlar naturvetenskapernas gränser – att naturvetenskapen inte kan eller kommer att kunna svara på alla frågor (Hansson & Redfors, 2007; Kersting m.fl., 2021; Roth & Lucas, 1997).

I studien av Kersting och kollegor (2021) där högstadieelever mötte den allmänna relativitetsteorin och ett för dem nytt sätt att förstå till exempel rum och tid, beskrev eleverna hur innehållet och diskussionerna väckte filosofiska frågor. Samtalsutdraget i avsnitt 3.1.2 kan även förstås som uttryck för hur elevernas samtal kretsade kring vilken typ av svar fysiken kan ge. Diskussionerna berörde naturvetenskapernas gränser och väckte både fascination och frustration hos eleverna. Studien exemplifierar hur frågor om naturvetenskapens räckvidd och gränser kan bli aktuella för eleverna i samband med undervisning av fysikinnehåll.

På liknande sätt ser vi i studien av Roth och Lucas (1997) hur eleverna reflekterar över fysiken och dess gränser med hjälp av vägledande frågor. I sin essä och i en av diskussionerna reflekterade eleven Tom över begreppet sanning i relation till fysiken och dess gränser:

Som ni precis har läst, har jag efter att ha tänkt länge till slut insett att sanning aldrig kan vara absolut, och kunskap kan inte heller vara det för oss människor.

(Roth & Lucas, 1997, s. 170, vår översättning)

Tom resonerade vidare kring att människans förståelse inte kan vara fullständig eftersom det är omöjligt för oss att uppfatta universum i all sin komplexitet och fulla utbredning.

Fysikens/naturvetenskapens gränser behandlas också i studien av Hansson och Redfors (2007). I studien deltog gymnasieelever i undervisning inom området kosmologi, där de i smågrupper diskuterade fysikens utgångspunkter/grundantaganden. Syftet med studien var att undersöka vilka grundantaganden eleverna kopplar till fysik, och hur de diskuterar och problematiserar olika antaganden. Eleverna fick i uppgift att sortera kort med olika påståenden utifrån följande kategorier:

1. Hör samman med fysiken – detta är fysikens syn.
2. Kan kombineras med fysiken – är inte ett synsätt som måste förknippas med fysiken, men fysiken motsäger det inte heller.
3. Fysiken motsäger detta – detta synsätt hör inte samman med fysiken.

Bland påståendena fanns antaganden som naturvetenskapen oftast anses utgå från, till exempel *Det finns mönster/ordning i universum som helt eller delvis kan upptäckas och förstås av människor* och *De fysikaliska lagar som gäller här gäller också på andra platser i universum*. Det fanns också påståenden som är vanliga inom religioner men som fysiken varken bygger på eller motsäger, som till exempel *En gud eller högre makt existerar*. Ytterligare en typ av påståenden som eleverna fick sortera var sådana som exemplifierar scientism. Scientism innebär att man hävdar att naturvetenskapen är det enda sättet att nå kunskap om verkligheten, och att ingenting utom det som är åtkomligt för naturvetenskapen existerar. Denna ståndpunkt är förenlig med men inte nödvändig för fysiken. Ett exempel på ett påstående som användes i studien för att belysa scientism var *Det finns saker som aldrig kommer att vara möjliga att beskriva vetenskapligt* (scientism hävdar motsatsen). Syftet med övningen var att eleverna skulle förstå vilka antaganden som är nödvändiga utgångspunkter för naturvetenskapen och vilka som inte är det.

När eleverna till exempel diskuterade om påståendet *En gud eller högre makt existerar* motsägs av fysiken eller inte kunde de delvis problematisera och ifrågasätta huruvida fysiken har en speciell uppfattning om det. Detta ser vi i följande samtalsutdrag, där tre av eleverna diskuterar fysiken i relation till påståendet:

- Elev A: En gud eller högre makt existerar [läser kortet]
 Elev B: Ja det tror jag också [någon pekar på rubriken *Fysiken motsäger det-påståendet stämmer inte överens med fysiken*]
 Elev A: Men jag kan ju tänka mig att fysiken egentligen inte motsäger det, eller hur?
 Elev C: Nej.
 Elev A: Man skulle väl liksom ... det är ju inte så att fysiken avgör det här.
 Elev B: Motsäger, jag vet inte om de motsäger det. Det är svårt för oss att säga men ...

- Elev A: Jag tror ...
- Elev B: Den stöder det i alla fall inte.
- Elev A: Nej precis ... men det är ju inte så att man inte kan tro på båda, eller hur. Fysiken försöker ju inte motbevisa det på det sättet.
[...]
- Elev C: Men säger inte fysiken att Big Bang faktiskt ägde rum?
- Elev B: Fysiken försöker hitta förklaringar till allting.
- Elev A: Jo, men fysiken säger ju inte heller att det inte finns någon som planerade Big Bang.
- Elev B: De vet ju inte vad som fanns före ... Nej jag kan tänka mig mitten också
[syftar på rubriken *Kan kombineras med fysik – det är inte en syn man måste koppla till fysiken, men fysiken motsäger inte det heller*]
(Hansson & Redfors, 2007, s. 1018, vår översättning)

Inledningsvis hävdade eleverna att fysiken motsäger påståendet att en gud eller högre makt existerar. Under diskussionens gång omprövade de dock denna ståndpunkt och resonerade sig fram till att en religiös världsbild kan vara förenlig med fysiken, även om det inte är nödvändigt för fysiken. I andra gruppdiskussioner var det svårare för eleverna att problematisera fysikens relation till scientism. Studien betonar därför lärarens roll att problematisera de föreställningar om fysiken som eleverna inte själva problematiserar.

FIGUR 3. Elever problematiserar vilka grundantaganden de kopplar till fysik



Genom kortsortering diskuterar eleverna och tar ställning till olika påståenden.

Att i undervisningen diskutera fysiken i relation till olika grundantagande om världen, som i studien av Hansson och Redfors (2017), är ett sätt att belysa att naturvetenskapen inte kan ge svar på alla typer av frågor utan har principiella gränser.

3.1.4 Sammanfattande reflektioner om temat naturvetenskapernas kännetecken och gränser

Avsnitt 3.1 behandlar undervisning av olika aspekter av vad som kännetecknar naturvetenskaplig kunskap. Den studerade undervisningen visar på olika sätt att fysikaliska modeller är förenklingar av verkligheten som används för att förstå och förklara naturvetenskapliga fenomen, snarare än exakta avbildningar. I undervisningen betonas också att naturvetenskaplig kunskap är tentativ, vilket innebär att teorier och modeller kan ändras eller förkastas. Dessutom berörs naturvetenskapens gränser, att naturvetenskapen inte kan eller kommer att kunna svara på alla frågor. Att uppmärksamma dessa aspekter flyttar fokus från att se fysik som oföränderliga faktakunskaper som är identiska med verkligheten, till att betrakta fysikkunskaper som beskrivningar av omvärlden, vilka kan förändras över tid.

I undervisningen behandlas aspekterna genom att eleverna diskuterar och argumenterar med utgångspunkt i historiska berättelser, läser och diskuterar texter som lyfter fram fysikens kunskapsteoretiska grunder och deltar i gruppdiskussioner om grundantaganden som fysiken bygger eller inte bygger på. Nedan ges ett antal frågor som är tänkta att stimulera lärare till samtal och reflektioner kring undervisning om naturvetenskapernas karaktär i relation till detta tema:

- Hur kan du i undervisningen belysa att naturvetenskaplig kunskap förändras?
- Hur kan du i undervisningen ta upp hur modeller och teorier relaterar till den fysiska verkligheten?
- Hur kan du i undervisningen belysa fysikens principiella gränser?

3.2 Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap

Detta tema visar hur naturvetenskapernas empiriska grund och forskares arbetsprocesser behandlas i den studerade undervisningen. Studierna visar också hur användningen av fysikens verktyg och utrustning i forskningsprocessen kan synliggöras. Undervisning om dessa aspekter kan ske genom att eleverna får diskutera och resonera kring exempelvis historiska debatter och experiment. Det kan även ske praktiskt genom att naturvetenskapernas karaktär integreras i laborativt arbete där elever får möjlighet att inte enbart utföra experiment och få "rätt" slutresultat, utan även reflektera över hur och varför experimenten görs.

3.2.1 Naturvetenskapernas arbetsprocesser

Undervisning om naturvetenskapernas arbetsprocesser handlar i studierna om att visa hur forskare utvecklar kunskap genom ett samspel mellan empiriska undersökningar (t.ex. experiment) och teoretiskt arbete där idéer prövas, bekräftas och utvecklas. Arbetsprocesserna kan synliggöras i undervisning som tar upp historiska debatter där det blir tydligt att fysiker ofta har diskussioner och konflikter om vad experiment visar liksom hur experimentella resultat

kan tolkas och förstås (Hamza m.fl., 2023; Henriksen m.fl., 2018; Levrini m.fl., 2014; Schiffer & Guerra, 2018).

I studien av Schiffer och Guerra (2018) behandlar undervisningen den historiska debatten mellan Galvani och Volta om elektricitetsens natur. Debatten kretsade kring tolkningen av ett experiment med grodor, där frågan var om den elektricitet som fick grodorna att rycka kom från djuret (Galvanis förklaring) eller interaktionen mellan de metaller som användes i experimentet för att skapa elektriska kretsar (Voltas förklaring). Debatten var intensiv och fördes genom en rad experiment där både Galvani och Volta försökte bemöta varandras argument. I undervisningen belystes hur de båda forskarna använde experimentella metoder för att pröva och belägga hypoteser, och hur deras arbeten ledde till uppfinningen av det första batteriet.

Studiens syfte var att undersöka i vilken utsträckning undervisning om en historisk debatt främjar diskussioner kring olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär. Eleverna fick först läsa berättelsen om debatten och skriva tre frågor relaterade till texten. Frågorna som eleverna ställde handlade huvudsakligen om experiment med djur, exempelvis: Hur kom Galvani på idéerna för att göra sina första experiment? Vad var syftet med Galvanis sista experiment (med olika metaller och grodor)? Eleverna fick sedan i par diskutera och ge svar på några av frågorna och därefter diskutera sina svar i helklass. Slutligen byggde eleverna i smågrupper Voltas stapel, det första elektriska batteriet. Alla aktiviteter utformades i syfte att stimulera till diskussioner om hur naturvetenskaplig kunskap skapas och utvecklas.

Genom att följa hur Galvani och Volta prövade sina idéer, tolkade sina observationer och använde experiment för att stödja eller förkasta hypoteser fick eleverna inblick i hur fysiker arbetar. Både under diskussionerna och när eleverna byggde Voltas stapel försökte läraren göra olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär mer tillgängliga för eleverna. Studien visar exempelvis hur läraren under en klassrumsdiskussion betonade den empiriska karaktären av naturvetenskaplig kunskap. I en diskussion resonerade några elever om att Galvanis första experiment påverkades av en slumpmässig observation där han såg något oväntat och sedan försökte förstå vad det berodde på. Andra elever påstod att Galvani utvecklade sina experiment med grodorna eftersom han letade efter samband mellan elektricitet och djur. I dessa diskussioner gav läraren inga slutgiltiga svar utan betonade i stället hur forskare använder experiment för att söka svar på sina frågor, och att experiment ibland ger oväntade resultat.

Den historiska debatten fungerade enligt studien som en dörröppnare för att diskutera naturvetenskapernas karaktär. Den öppnade upp för samtal där elevernas uppmärksamhet riktades mot hur naturvetenskap görs: hur data samlas in, hur teorier utvecklas och hur oenigheter kan lösas genom ytterligare empiriska undersökningar.

Att utgå från historiska debatter kan även göras i relation till utvecklingen av modern fysik på 1900-talet. Att låta eleverna diskutera den historiska debatten kring ljusets natur (vågpartikeldualiteten) gör det möjligt för eleverna att se hur experiment kan utveckla, stödja eller utmana olika teorier och modeller. Med utgångspunkt i två filmer om Einstein och Bohrs olika tolkningar av ljusets natur och två nutida fysikers diskussion om fenomenet, kunde eleverna

i studien av Henriksen och kollegor (2018) reflektera över den inneboende paradoxen och experimentens roll i att förstå ljusets natur. Inspirerade av filmerna använde eleverna experimentella belägg som grund för att resonera kring våg-partikeldualiteten.

Elev 1: Så utifrån det vi har sett här, de liksom står i motsättning till varandra; så en våg kan inte vara på en punkt, en partikel är på en punkt.

Elev 2: Ja.

Elev 1: Så på det sättet känns det ganska konstigt att tänka så, men samtidigt har vi ju sett i experiment att det kan ha både vågegenskaper, typ ... interferens, och partikelegenskaper, som i fotoelektriska effekten.

(Henriksen m.fl., 2018, s. 98, vår översättning)

Samtalsutdraget visar att eleverna uttryckte en förståelse av våg- och partikelmodellerna som motsägelserfulla utifrån experimentella resultat. Samtidigt kunde de acceptera båda perspektiven, beroende på vilket experiment som diskuterades.

I gruppdiskussionerna framkom att eleverna hanterade denna dualitet genom att utgå från att fysiken bygger på experimentella data, även om de ibland blandade samman modell och verklighet. Forskarna menar att historiska debatter kan hjälpa elever att se hur empiriska undersökningar driver teoriutveckling. Samtidigt betonar de vikten av att som lärare vara uppmärksam på att eleverna kan utveckla en okritisk syn på fysikaliska modeller. Det handlar särskilt om att eleverna inte ska missta empiriskt grundande modeller för entydigt sanna bilder av verkligheten.

I studien av Hamza och kollegor (2023) handlade elevernas diskussioner om experimentens roll och hur resultaten tolkas, men också om hur forskare väljer metoder samt hur relevansen och kvaliteten av empirin påverkar den vetenskapliga processen. Undervisningen behandlade den samtida debatten om hälsopåverkan av kärnkraftsolyckan i Fukushima, med fokus på oenigheten mellan forskare. Särskilt belystes hur evidens kan tolkas och vilka metoder som anses vara mest relevanta för att bedöma riskerna. Syftet med studien var att undersöka vilka aspekter av naturvetenskapernas karaktär som tas upp i elevers diskussioner och vilken förståelse av dessa aspekter de visar. I undervisningen fick gymnasieelever lyssna på en berättelse om debatten och därefter diskuterade de händelsen i smågrupper med hjälp av frågor som till exempel: Vad var anledningen till att forskarna var oense? Kan du komma på fler exempel på områden där forskare är oense? I en gruppdiskussion resonerade två elever kring hur val av undersökningsmetod påverkar vilken typ av data som samlas in. Eleverna diskuterade vad forskningen kommit fram till i frågan om huruvida förekomsten av sköldkörtelcancer hade ökat eller inte efter Fukushima-olyckan.

Elev 1 Och de kände också ... att resultaten inte kommer att visa någon direkt o-[rsak]. Den största skillnaden är att de inte hade någon kontroll... De hade ingen ... De hade inget sätt att jämföra sina resultat med ... något annat, hur han gjorde det var bara en uppskattning.

- Elev 2 Ja.
- Elev 1 Han tittade på hur ofta något förekom utanför, och då visade det sig vara trettio gånger mindre vanligt. Och då sa han: Ok, då måste det finnas någon ... effekt.
- Elev 2 Mm.
- Elev 1 Men andra menade att... inte direkt att det var så, det handlade bara om att, nu har vi testat så många i området så att, vi ser ... vi har ett värde, men vi har ingen kontroll[grupp].
- Elev 2 Mm.

(Hamza m.fl., 2023, s. 35, vår översättning)

Samtalsutdraget visar enligt Hamza och kollegor hur eleverna resonerade kring varför forskare kommer fram till olika slutsatser, genom att relatera till skillnader i forskarnas metodval och kvaliteten på insamlade data. Eleverna problematiserade även hur uppskattningar och ofullständiga mätningar gör slutsatser osäkra. De uppmärksammade till exempel att utan kontrollgrupp kan resultaten inte tolkas säkert eller jämföras. Eleverna visar på en medvetenhet om hur naturvetenskapliga processer bygger på metodval och jämförelser, och hur dessa faktorer påverkar möjligheten att dra tillförlitliga slutsatser.

Studierna visar tillsammans hur undervisning om naturvetenskapernas arbetsprocesser genom framför allt historiska exempel ger elever möjlighet att diskutera hur kunskap formas genom prövning, tolkning och användning av olika metoder (se tabell 3).

TABELL 3. Naturvetenskapernas arbetsprocesser i studierna som ingår i deltemat

INNEHÅLL/STUDIE	ARBETSPROCESSER I DEN HISTORISKA BERÄTTELSEN	ARBETSPROCESSER I ELEVERNAS DISKUSSIONER
Galvani-Volta-debatten. (Schiffer & Guerra, 2018)	Experiment och tolkning av data som historiskt situerad process. Empirin talar inte för sig själv, utan tolkas.	Olika tolkningar av samma experimentella data.
Väg-partikeldualiteten. (Henriksen m.fl, 2018)	Observationer och experiment som grund för parallellt existerade modeller.	Väg-partikeldualiteten växer fram som ett resultat av experiment som pekar på olika aspekter och stödjer olika modeller. Empirins begränsning som förklaringsgrund.
Debatten om hälsopåverkan av kärnkraftsolyckan vid Fukushima. (Hamza m.fl, 2023)	Olika empiriska evidens leder till oenigheter mellan forskare.	Empiri är grundläggande men inte entydig. Olika tolkningar beror på metodval och tolkningsramar.

3.2.2 Verktygens roll i naturvetenskapligt arbete

I den studerade undervisningen betonas den centrala roll som fysiska verktyg och utrustning spelar i naturvetenskapliga arbetsprocesser. När eleverna själva använder verktyg, gör mätningar och testar olika metoder samtidigt som läraren tydliggör vad utrustningen möjliggör och hur den påverkar undersökningsprocessen, blir det synligt för eleverna att användning av utrustning är en integrerad del av att göra fysik.

I studien av Carlone (2003) undersöks ett undervisningsupplägg som kännetecknas av undersökande arbetssätt kring verkliga problem, samarbete och ett fokus på elevers aktiva deltagande i skapandet av kunskap. Undervisningen erbjöd eleverna möjlighet att erfara fysik som en praktik. Genom aktivt, gemensamt meningsskapande och samarbete utvecklades elevernas gemensamma föreställningar om vad fysik är och hur fysik görs. Studiens syfte var att undersöka hur elever deltog i och upplevde undervisningen, och hur olika faktorer i skolan påverkade vad undervisningen kom att betyda och möjliggöra för eleverna. Detta utmanar traditionell fysikundervisning där laborativt arbete ofta fokuserar på att följa givna procedurer för att nå ett korrekt svar.

I undervisningen arbetade gymnasieelever undersökande kring verkliga problem i ett klassrum försett med fysikutrustning. Arbetet innefattade naturvetenskapliga arbetssätt som att förbereda och samla in data med mätverktyg, tolka informationen som verktygen gav och att felsöka dem. Undervisningen syftade också till att eleverna skulle utveckla förståelse för verktygens styrkor och begränsningar för att producera kunskap, exempelvis att användningen möjliggör hög precision och noggrannhet men också att det finns en risk för felkällor och mätosäkerhet. Under arbetet riktade läraren elevernas uppmärksamhet mot sambandet mellan användningen av utrustning och hur kunskap utvecklas. I en enkätundersökning uttryckte eleverna att undervisningen skilde sig mycket från den fysikundervisning de tidigare mött. När eleverna fick beskriva på vilka sätt undervisningen liknade arbetet inom ”riktig” naturvetenskap eller fysik lyfte de fram experiment, laborationer, användning av verktyg samt arbetssätt präglade av försök och misstag (trial-and-error) som viktiga inslag. Enligt Carlone tyder detta på att eleverna uppfattade fysik som en verksamhet där verktyg utgör en central del av det naturvetenskapliga arbetet.

Carlone beskriver dock att undervisningsupplägget mötte kulturella och organisatoriska utmaningar. Dessa utmaningar uppstod i mötet med lärare på skolan som hade en syn på fysik som innebär att arbetet med verktyg framställs som en nödvändig men separat del av fysiken. Medan en lärare betraktade problem med att få fram data som en rent praktisk fråga kring utrustningen menade en annan att just detta, att hantera utrustning och få fram data, ”ÄR fysik!” (s. 315). Det synsätt som den första läraren gav uttryck för riskerar enligt Carlone (2003) att bidra till att eleverna uppfattar användning av utrustning som ett främst tekniskt moment, och därmed utvecklar en begränsad bild av vad naturvetenskapligt arbete faktiskt är.

Även i studien av Roth och Lucas (1997) fungerade fysiklaboratoriet i undervisningen som en

öppen lärmiljö. Eleverna förväntades formulera frågor i relation till fenomen de själva valde ut och sedan designa egna experiment med relevant utrustning. Genom att läsa texter om vad som karaktäriserar fysikkunskaper fick eleverna insikt i hur fysikens modeller och teorier skapas och utvecklas, vilket de kunde relatera till under det laborativa arbetet. Detta gav eleverna möjlighet att förstå fysik som en praktik där kunskapen skapas i samspel mellan å ena sidan modeller och teorier, och å den andra användningen av verktyg och laborativ utrustning. På så sätt blev det tydligt för eleverna att laborativt arbete är en integrerad del av att göra fysik.

3.2.3 Sammanfattande reflektioner om temat naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap

Avsnittet belyser undervisning av aspekter relaterade till naturvetenskapernas arbetsprocesser som leder fram till kunskap, och den roll utrustning spelar i dessa processer. Det handlar specifikt om att kunskap utvecklas genom empiriska undersökningar, observationer och tolkning av dessa, och att olika tolkningar kan bero på vilka perspektiv och metoder som används. Det handlar också om att i undervisningen lyfta fram hur tillförlitlig kunskap är genom att eleverna får reflektera över val av metoder, hantering av utrustning och data samt tolkning av observationer.

I undervisningen i studierna behandlas dessa aspekter dels genom att ge elever möjlighet att diskutera och reflektera över historiska experiment och tolkningar av dessa, dels genom att innehåll av naturvetenskapernas karaktär integreras i det laborativa arbetet. Genom att rikta fokus mot processen bakom hur ett korrekt svar nås kan laborativt arbete stödja elevers förståelse för naturvetenskapernas karaktär. I det laborativa arbetet kan eleverna få stöd att få syn på frågor som: *Varför gör vi så här? Vad kan våra verktyg visa eller inte visa? Hur vet vi att våra resultat är rimliga?*

Med stöd av följande frågor kan du som lärare reflektera kring undervisningen i relation till detta tema:

- Hur kan du i undervisningen synliggöra likheter och skillnader mellan det eleverna själva gör under en laboration och det forskare gör?
- Hur kan du få eleverna att inse att data inte talar för sig själva, utan kräver tolkning och kan tolkas på olika sätt?
- Hur kan du visa eleverna att olika verksamheter inom fysik använder olika processer och redskap för att utveckla kunskap, till exempel algebraisk problemlösning, simuleringar och beräkningar respektive experiment och observationer?

3.3 Mänskliga aspekter av naturvetenskap

Detta tema tar upp undervisning som behandlar naturvetenskapernas sociala, kulturella och personliga aspekter. Sådan undervisning synliggör att naturvetenskap är en verksamhet som

formas av både individer och det samhälle de verkar i. Den lyfter hur naturvetenskap/fysik drivs av forskares kreativitet, erfarenheter, värderingar och samarbeten.

3.3.1 Sociala och kulturella sammanhang

Att belysa sociala och kulturella aspekter av naturvetenskaplig kunskap i undervisningen handlar i studierna om dels inomvetenskapliga processer, det vill säga hur kunskap utvecklas genom samarbete, dialog och kritisk granskning inom det vetenskapliga samfundet, dels hur samhället påverkar och påverkas av naturvetenskapen. Att synliggöra den mänskliga dimensionen av naturvetenskap handlar exempelvis om att eleverna får möjlighet att utmana stereotypa uppfattningar om fysiker som ensamma genier i ett laboratorium. I undervisningen kan detta göras genom att synliggöra fysiken som en social och kollaborativ process där forskare bygger vidare på andra forskares arbete (Arriassecq & Greca, 2012; Hamza m.fl., 2023; Roth & Lucas, 1997; Schiffer & Guerra, 2015).

I studien av Hamza och kollegor (2023) belyses kulturella och samhällseliga aspekter när eleverna diskuterar forskares oenighet kring hälsoeffekter efter kärnkraftsolyckan i Fukushima. I diskussionen lyfte eleverna att kommunikation mellan forskare är en del av processen för att etablera naturvetenskaplig kunskap, och att det finns normer för hur resultat bör kommuniceras. Eleverna ansåg att en intern vetenskaplig kommunikation bör ske innan resultat kommuniceras till media och allmänheten. Studien visar att elever i flera grupper uttryckte att resultat bör prövas, men de relaterade inte till formella vetenskapliga processer såsom kollegial granskning. Enligt forskarna visade eleverna en uppfattning om värdet av vetenskaplig granskning, men de saknade en förståelse för hur denna process går till i praktiken.

Även i studien av Roth och Lucas (1997) fick elever syn på sociala och kulturella aspekter när de diskuterade texter om fysik som ett språk för att förstå och förklara världen (se avsnitt 3.1.1). Med utgångspunkt i texterna visade eleverna en förståelse för att forskning påverkas av det etablerade forskarsamhället, inflytande från andra forskarkollegor och gemensamt hållna antagande. Eleverna insåg att stora vetenskapliga paradigm, som den aristoteliska och kopernikanska världsbilden samt partikel- och vågmodeller, har inflytande på forskare och kan forma framtida vetenskaplig kunskap. Eleverna tog även upp att forskare påverkas av sin samtid och de idéer som finns omkring dem. I studiens undervisning påpekades att människor från olika kulturella kontexter tolkar och förklarar naturfenomen på olika sätt och att utvecklingen av vetenskapliga teorier påverkas av kulturella föreställningar och värderingar.

I studien av Arriassecq och Greca (2012) behandlade undervisningen hur sociala och kulturella aspekter har format det vetenskapliga samfundet. Undervisningen utgick från en historisk berättelse om hur den speciella relativitetsteorin (SRT) växte fram i de bredare sociala och kulturella sammanhang den var en del av. Mer specifikt introducerades eleverna till hur SRT utvecklades i början av 1900-talet då stora politiska, konstnärliga och vetenskapliga

förändringar skedde med gemensamt mål att hitta nya sätt att förstå världen. Syftet med studien var att undersöka hur undervisning om SRT med fokus på historiska och vetenskapsfilosofiska perspektiv kan hjälpa elever att förstå den speciella relativitetsteorin och dess centrala begrepp bättre. I undervisningen fick eleverna diskutera i smågrupper hur idéer utvecklas inom naturvetenskapen, vilka hinder forskare möter under processen samt vilket inflytande sociala och kulturella faktorer har på utvecklingen av naturvetenskapliga teorier.

Genom att diskutera och reflektera över den historiska berättelsen insåg eleverna det vetenskapliga samfundets roll och dess betydelse för validering och acceptans av kunskap. De kunde även identifiera teknologiska tillämpningar av SRT som har betydelse i vardagliga sammanhang, som exempelvis GPS. Att introducera historiska och filosofiska perspektiv kan enligt studien hjälpa elever att förstå den kontext i vilken vetenskapliga idéer utvecklas och etableras. På så sätt kan man också förebygga att elever får en missvisande uppfattning om naturvetenskap som något isolerat från samhälle, kultur och de människor som utövar den.

Att belysa olika personers bidrag till utvecklingen av naturvetenskaplig kunskap kan utmana den stereotypa bilden av den ensamma forskaren. I studien av Schiffer och Guerra (2015) sker det genom att undervisningen behandlade den historiska berättelsen kring debatten mellan Galvani och Volta om elektricitetens natur. I berättelsen som eleverna diskuterade framgick att debatten även involverade andra personer, vilka bidrog med experimentella resultat, kritik och alternativa tolkningar. Även i klassrumsdiskussioner betonade läraren att det inte enbart handlar om en konflikt mellan två forskare utan att det var en omfattande vetenskaplig diskussion där andra forskare bidrog med egna perspektiv. På så sätt ville läraren hjälpa eleverna att förstå att vetenskapliga debatter ofta är komplexa kollektiva processer.

Att motverka stereotypa uppfattningar kan även ske genom att låta eleverna läsa texter som beskriver forskares liv, vilket framkommer i studien av Arriasecq och Greca (2012). Genom att läsa om Albert Einstein som en person bortom myten fick eleverna syn på att utvecklingen av den speciella relativitetsteorin inte enbart var resultat av en enskild forskares arbete, utan byggde på tidigare kunskap och bidrag från andra forskare. Resultaten visar att undervisningen gav eleverna möjlighet att ompröva de klassiska begreppen som tid och rum och utveckla en djupare förståelse. Men att introducera eleverna till sådana idéer var inte helt oproblematiskt. De hade svårt att få ihop bilden av Einstein som å ena sidan en framgångsrik forskare, och å andra sidan en vanlig människa som emellanåt fattar tveksamma beslut i sitt privatliv.

Studierna visar tillsammans hur sociala och kulturella aspekter av naturvetenskaplig kunskap kan behandlas i undervisningen (se tabell 4).

TABELL 4. Sociala och kulturella sammanhang i studierna som ingår i deltemat

INNEHÅLL/STUDIE	I UNDERVISNINGEN	I ELEVERNAS TEXTER OCH DISKUSSIONER
Oenighet mellan forskare. Hamza m.fl. (2023)	Kunskap som social och utvecklas genom samarbete, dialog och kritisk granskning.	Eleverna betonar forskningskommunikation och normer för hur resultat granskas och sprids.
Naturvetenskap som social och språklig och praktik. Roth & Lucas (1997)	Fysik som ett mänskligt skapat språk.	Eleverna lyfter hur forskare påverkas av samtidens idéer, kollegor och etablerade perspektiv.
Teorier sätts i historiska och samhälleliga sammanhang. Arriasecq & Greca (2012)	Speciella relativitetsteorins utveckling präglades av politiska, kulturella och vetenskapliga förändringar.	Eleverna kopplar kunskapsutveckling till sociala och kulturella faktorer.
Naturvetenskap som kollektiv och historisk process. Schiffer & Guerra, (2015)	Debatten mellan Galvani och Volta, där olika aktörer och perspektiv samspelar.	Eleverna tog upp frågor relaterade till forskarnas politiska och religiösa övertygelser.

3.3.2 Kreativitet i naturvetenskapligt arbete

I den studerade undervisningen betonas att naturvetenskapligt arbete präglas av kreativitet. I undervisningen synliggörs hur naturvetenskapligt arbete drivs av att formulera nya frågor, pröva olika angreppssätt och tänka innovativt. Undervisningen genomförs både genom praktiskt arbete och teoretiska resonemang. Det finns exempel där eleverna får formulera egna frågor, utveckla modeller samt pröva och ompröva olika lösningar på problem, men också exempel på undervisning som synliggör för eleverna hur vetenskapliga teorier utvecklas genom nya idéer och forskares kreativitet.

I undervisningen som undersöks i studien av Carlone (2003) låg kreativiteten i att låta eleverna lösa problem som inte har givna lösningar och som kräver att de prövar olika möjliga idéer och själva utvecklar modeller. Carlone framhåller att detta utgör en central del av fysikundervisningens undersökande och elevaktiva karaktär. Eleverna fick i uppgift att i grupp utveckla en sport som kan utövas på månen, där de förväntades vara kreativa i sin design. Samtidigt skulle de tillämpa kunskap om begrepp inom mekaniken, till exempel acceleration, kaströrelse och gravitation för att demonstrera logiken i sina konstruktioner. Eleverna uppmuntrades att använda kreativitet och att pröva sig fram (trial-and-error) för att visa logiken bakom deras design.

Undervisning som synliggör hur vetenskapliga teorier har utvecklats genom att utforska nya idéer och sätt att tänka, omtolka tidigare föreställningar och genom fantasi kan visa att naturvetenskap bygger på kreativitet och idéutveckling. Undervisningen om Einsteins fysik och den allmänna relativitetsteorin i studien av Kersting och kollegor (2021) gav eleverna möjlighet att möta en teori som bidrog med ett nytt perspektiv på hur världen kan tolkas och

förstås, och att ett sådant perspektiv utvecklades genom kreativa sätt att tänka samt ompröva och ifrågasätta etablerade föreställningar. Eleverna beskrev Einsteins fysik som något som öppnar en "ny dimension av verkligheten" och hur Einstein förändrade vår förståelse av tid och rum. De upplevde att undervisningen utmanade stereotypa bilder av fysik som ett ämne med begränsat utrymme för kreativitet. En elev beskrev detta på följande sätt:

... det finns en stereotyp om att forskare eller matematiker inte är kreativa människor. Den [undervisningen] har lärt mig att för att kunna komma på så otroliga idéer som han gjorde [...] måste Einstein ha varit en av de mest kreativa personerna som har funnits på jorden.

(Kersting m.fl., 2021, s. 2056, vår översättning)

Citatet visar att eleverna problematiserade den stereotypa föreställningen om fysiker och matematiker som icke-kreativa forskare. I undervisningen framkom att kreativitet är en avgörande del av vetenskapliga upptäckter och att nya idéer kräver fantasi och nytänkande. Enligt forskarna kan sådan undervisning bidra till att fler flickor (alla elever i studien var flickor) identifierar sig med fysik.

3.3.3 Subjektivitet i naturvetenskapligt arbete

I den studerade undervisningen behandlas subjektivitet i naturvetenskapligt arbete genom att forskares olika perspektiv, erfarenheter och teoretiska utgångspunkter lyfts fram som betydelsefulla för hur naturvetenskaplig kunskap formas (Hamza m.fl., 2023; Roth & Lucas, 1997).

Ett uttryck för subjektivitet i naturvetenskapligt arbete är oenighet mellan forskare eftersom de, när de studerar samma fenomen eller analyserar samma data, gör det utifrån sina egna tolkningsramar. Detta kan i sin tur leda till olika tolkningar och därmed skilda slutsatser. I undervisningen i studien av Hamza och kollegor (2023) lyftes de aspekterna fram när eleverna fick diskutera hur forskare gav olika tolkningar av hälsoeffekter efter kärnkraftsolyckan i Fukushima, trots att de baserades på samma data. Elevernas resonemang gav uttryck för att oenighet mellan forskare är legitim och förväntad, eftersom vetenskapliga förklaringar bygger på tolkningar gjorda av individer eller grupper som kan ha olika utgångspunkter. Enligt studien tyder detta på att eleverna hade en förståelse för vetenskapens subjektiva natur och att kunskap formas genom skilda tolkningar och synsätt. Eleverna resonerade om forskarnas oenighet genom att hänvisa till skillnader i metodval, datakvalitet och att slutsatser kan bli osäkra när underlaget är begränsat.

Att naturvetenskapligt arbete är föremål för subjektivitet blir också synligt för elever när de lär sig skilja mellan observation och slutsats. Observationer avser det som empiriskt iakttas, alltså det man faktiskt ser eller mäter, medan slutsatser inte är direkt givna utan handlar om hur man tolkar dessa observationer. Roth och Lucas (1997) visar hur eleverna innan de läste texter i

boken *Invented reality* uttryckte att vetenskapliga lagar och teorier kunde fastställas genom observationer. Sådana uppfattningar var föremål för många diskussioner i klassrummet. I en diskussion resonerade två av eleverna, Marc och Jim, om relationen mellan experimentella data och existensen av magnetiska fält. Under diskussionen argumenterade Marc för att de mönster som järnfilspån bildar runt en magnet utgör ett bevis för magnetiska fält. Jim invände dock att även om ett mönster kan observeras är detta i sig inte ett säkert bevis för att magnetiska fält existerar eftersom "det skulle kunna vara vad som helst" (Roth & Lucas, 1997, s. 165, vår översättning). Detta tyder enligt forskarna i studien på en början till ett mer nyanserat sätt att förstå relationen mellan det som observeras och de slutsatser som dras.

3.3.4 Sammanfattande reflektioner om temat mänskliga aspekter av naturvetenskap

Avsnitt 3.3 behandlar undervisning av olika mänskliga aspekter av naturvetenskap där sociala och kulturella processer ingår. I undervisningen betonas att naturvetenskaplig verksamhet är en kollektiv och kollaborativ process där gemenskapen granskar och bygger kunskap tillsammans. I denna process spelar kreativitet och subjektivitet en viktig roll, och i detta ingår forskares perspektiv, erfarenheter och idéer. Undervisningen utformas kring historiska berättelser och debatter där forskare har argumenterat för sina idéer, bemött kritik och samverkat i olika sammanhang, liksom texter av kunskapsteoretisk karaktär som lyfter fram hur kunskap utvecklas i en viss social och kulturell kontext.

Följande frågor syftar till att stimulera reflektioner och samtal kring hur din undervisning förhåller sig till dessa aspekter:

- På vilka sätt kan du i undervisningen synliggöra att fysik bedrivs av människor med olika kön och från olika bakgrunder, som har olika drivkrafter och intressen?
- Hur lyfter du exempel på hur kultur, samhälle och tidsanda påverkat vetenskaplig kunskapsutveckling, och vice versa?
- Hur kan du stötta dina elever i att få en mer komplex bild av forskningsprocessen och se att forskare är engagerade i en rad olika typer av sociala och kreativa aktiviteter?

3.4 Naturvetenskapernas karaktär som medel för andra mål i fysikundervisningen

Utöver olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär och undervisningsstrategier identifierades i studierna ytterligare möjligheter i undervisningen. Undervisning om naturvetenskapernas karaktär behandlar fysikens begrepp, modeller och teorier. Den kan även bidra till att stärka elevernas naturvetenskapliga identitet och intresse för ämnet. I det här avsnittet riktar vi fokus mot vad de ingående studierna visar kopplat till sådana undervisningssyften.

3.4.1 Stödja begreppsförståelse

Som de tidigare resultatavsnitten visar undervisas naturvetenskapernas karaktär kopplat till fysikens begrepp, modeller och teorier i studierna av Arriassecq och Greca (2012), Bøe (2018), Henriksen och kollegor (2018), Levrini och kollegor (2014), Kersting och kollegor (2021) samt Patterson och Ding (2025).

Här lyfter vi ett exempel från studien av Arriassecq och Greca (2012) där den speciella relativitetsteorin (SRT) undervisades i ett historiskt och socialt sammanhang i syfte att stödja elevernas förståelse av centrala begrepp inom teorin. Genom att läraren betonade att naturvetenskap/fysik är en verksamhet som utvecklas genom historiska och kollaborativa processer fick eleverna möjlighet att på ett meningsfullt sätt resonera kring de begrepp inom klassisk mekanik som är nödvändiga i SRT som rörelse, tid och rum. Elevernas gruppdiskussioner, begreppskartor och tecknade serier visar hur de kunde resonera och jämföra olika sätt att förstå tid. I dessa aktiviteter synliggjordes hur tidsbegreppet skiljer sig mellan klassisk fysik där tiden uppfattas som absolut och modern fysik där den är relativ. Att undervisa SRT genom historiska och kunskapsteoretiska perspektiv kan enligt forskarna stödja elevernas förståelse av centrala begrepp inom SRT, samtidigt som aspekter av naturvetenskapernas karaktär undervisades.

3.4.2 Stärka intresse och fysikidentitet

Några studier visar hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan bidra till att öka elevernas intresse för fysikämnet (Carlone, 2004; Kersting m.fl., 2021; Levrini m.fl., 2014; Schiffer & Guerra, 2015). Vissa av studierna visar även vilken betydelse sådan undervisning kan ha för att stärka elevernas naturvetenskapliga identitet.

Studien av Levrini och kollegor (2014) visar hur undervisning som behandlade den historiska utvecklingen av teorier om ljus både väckte elevernas intresse och fördjupade deras förståelse av fysikinnehållet. Eleverna Ilenia och Giacomo upplevde att undervisningen som betonade fysiken som en process inte bara gjorde fysiken intressant, utan bidrog till att förstå den. Detta illustreras i ett samtalsutdrag:

- Ilenia: Att se att den [fysiken] har varit en väldigt lång process, med många misstag och hypoteser som visade sig vara felaktiga, gjorde fysiken mer intressant och gav dessutom en inblick i metoderna för att komma fram till sådana slutsatser, och inte bara resultaten.
- Giacomo: Jag håller med Ilenia, eftersom jag personligen föredrar humaniora och filosofiska ämnen. Men med ett sådant perspektiv känner jag mig närmare fysiken ... jag börjar tycka om den ... det visar att den inte bara består av formler.

(Levrini m.fl., 2014, s. 1719, vår översättning)

Flickorna i studien av Kersting och kollegor (2021) uttryckte ett ökat intresse för fysik när de

fick diskutera filosofiska frågor i relation till allmänna relativitetsteorin. Eleverna uttryckte att de blev mer nyfikna och engagerade när de fick möjlighet att utforska en ny dimension av verkligheten. De gick från att uppleva fysik som svårt och ointressant, till att se det som ett kreativt och engagerande ämne med kopplingar till frågor som rör universum och rymden, och även filosofi.

Den historiska berättelsen i studien av Schiffer och Guerra (2015) som kretsar kring debatten mellan Galvani och Volta hade också betydelse för att öka elevernas nyfikenhet och intresse. Berättelsen bygger på en narrativ struktur med spänning och dramatik, vilket fängade elevernas uppmärksamhet och motiverade dem att ställa förklarande och utforskande frågor. Frågorna som eleverna ställde var allt från personliga funderingar till mer kunskapsteoretiska resonemang om hur naturvetenskaplig kunskap utvecklas. Detta visar att den historiska berättelsen gjorde eleverna nyfikna på både naturvetenskapernas karaktär och fysikinnehållet.

Undervisning i naturvetenskapernas karaktär kan också bidra till att stärka elevers identitet i relation till fysikämnet. I studien av Carlone (2004) gav undervisningen flickorna möjlighet att erfara fysik som en praktik där kunskap utvecklas genom undersökningar, samarbete och argumentation. Genom att undervisningen öppnade för alternativa sätt för eleverna att visa sina kunskaper i fysik blev det i högre utsträckning möjligt för flickorna i klassen att uppfatta sig själva som kunniga och legitima deltagare i fysikundervisning. Deras syn på vad det innebär att vara framgångsrik i fysik vidgades bortom traditionella och snäva föreställningar om ämnet. Detta blev särskilt tydligt i fokusgruppsintervjuer där flickorna beskrev hur undervisningsupplägget bidrog till ökad tilltro till den egna förmågan, vilket i sin tur stärkte deras identitet i relation till fysikämnet. Dock fanns flera utmaningar eftersom traditioner och bilder av fysikämnet var starka (se vidare avsnitt 3.5).

3.4.3 Sammanfattande reflektioner om temat medel för andra mål

Studierna visar att naturvetenskapernas karaktär kan undervisas tätt sammanvävt med fysikens begrepp och teorier, där syftet med undervisningen är att både utveckla elevernas kunskaper om naturvetenskapernas karaktär och deras begreppsförståelse. Undervisningen kan också stärka deras naturvetenskapliga identitet och intresse för ämnet. Genom att synliggöra hur naturvetenskaplig kunskap utvecklas, prövas och ibland revideras får eleverna ett sammanhang som kan bidra till att göra fysikens abstrakta begrepp, teorier och modeller mer tillgängliga och begripliga.

3.5 Utmaningar kopplade till undervisning om naturvetenskapernas karaktär

I detta avsnitt belyses utmaningar som framkommer i den studerade undervisningen, ofta kopplade till att fysikundervisningen präglas av starka traditioner (se avsnitt 1.2). När lärare

försöker utmana befintliga traditioner och undervisa olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär kan de mötas av skepsis hos såväl elever och föräldrar som andra lärare.

Undervisningsupplägget i studierna av Carlone (2003, 2004) skedde i ett sammanhang där det fanns en förväntan på en mer traditionell fysikundervisning såväl hos många av lärarna på skolan som hos elever och deras föräldrar. Studierna visar att mer autentiska undervisningsstrategier som bättre speglar naturvetenskapernas karaktär, såsom undersökande arbetssätt, kan mötas av motstånd och tveksamhet bland kollegor och andra involverade parter.

Carlone (2004) visar vidare hur flickornas aktiva deltagande främjades i undervisningen, trots att etablerade föreställningar om fysik som ett maskulint och prestationsinriktat ämne hade fortsatt stor betydelse. Etablerade kulturella föreställningar formar flickors naturvetenskapliga identitet och sätt att positionera sig i undervisningen. Även flickor som var erkänt kunniga i fysik valde att distansera sig från en fysikidentitet eftersom ämnet ofta förknippas med vad som traditionellt sett anses vara maskulina ideal. Trots att undervisningen genom sin utformning syftade till att öka möjligheterna för flickor att delta levde traditionella föreställningar om vem som hör hemma i fysik kvar, vilket begränsade flickornas möjlighet att fullt ut utveckla en känsla av tillhörighet i ämnet. En elev i studien beskriver den elevaktiva kursen som mer intressant, roligare och mer engagerande, med laborationer och praktiska aktiviteter som gör ämnet levande. Samtidigt framkommer att hon sannolikt skulle välja den traditionella kursen eftersom den uppfattas som enklare och mer gynnsam för betygen. Detta illustrerar spänningen mellan möjligheter till deltagande och de etablerade kulturella föreställningar som formar vem som upplever sig höra hemma i fysikämnet.

En annan utmaning med undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom fysikämnet rör elevers osäkerhet vad gäller deras prestation. I studien av Bøe och kollegor (2018) uppskattade eleverna undervisningen i kvantfysik, som inkluderade historiska och filosofiska perspektiv. Ett syfte med studien var att undersöka hur eleverna upplevde undervisningen där de arbetade med begrepp inom kvantfysik med hjälp av digitala lärresurser i form av exempelvis animeringar, simuleringar och gruppdiskussioner. Resultaten visar dock att eleverna upplevde osäkerhet och frustration när det gäller prestation och självtillit. Särskilt uttryckte de svårighet att avgöra om de presterade väl när undervisningen saknade kvantitativ problemlösning och beräkningar samt entydiga svar. Följande citat från en fokusgruppsintervju illustrerar denna svårighet:

[Kvantfysik] är riktig fysik, men den innehåller inte så mycket beräkningar och liknande. Så det är svårt att visa kunskap.

(Bøe m.fl, 2018, s. 660, vår översättning)

Trots den uppvisade osäkerheten kunde eleverna i viss mån använda inslag från undervisningen som till exempel visualiseringar för att förstå fysik. Historiska och filosofiska aspekter uppfattades dock främst som motiverande snarare än som lärandemål.

En utmaning kan också vara att det inte alltid är lätt för eleverna att ta till sig vad undervisning om naturvetenskapernas karaktär innebär, även om elever och lärare inser vikten av undervisningen. Studierna av Hamza och kollegor (2023) och Patterson och Ding (2025) visar på konkreta didaktiska utmaningar i undervisningssituationer. Hamza och kollegor (2023) fann att gymnasieelever berörde många centrala teman i relation till naturvetenskapernas karaktär när de arbetade med motstridiga resultat om medicinska effekter efter Fukushima-olyckan. Resultaten indikerar att eleverna visade en förståelse för att naturvetenskaplig kunskap är tentativ och empiriskt grundad. Samtidigt hade de svårt att hantera motstridiga uppgifter i forskningsstudierna de tog del av. Detta ser vi exempelvis i följande diskussion mellan tre av eleverna:

- Elev 1 Ja. Men de som publicerar måste ju... tänka ett varv extra.
 Elev 2 Mm. Kanske ta större ansvar, ja jo...
 Elev 3 Men hur skulle de kunna vara mer ansvariga? De presenterar ju bara sina resultat. Och sen vad som görs [med resultaten], det kan de ju inte kontrollera.
 Elev 1 Men... de måste ju kontrollera att ...
 Elev 3 För de kan ju inte vara efter alla, alltså det går bara inte.
 Elev 1 Nej det är sant.
 Elev 3 Det är handlar egentligen bara om, tror jag, att människor till exempel bara tar en del av forskningen som stämmer överens med deras egna åsikter och då blir det ju en, feltolkning av hela forskningsresultatet.
 Elev 1 Ja.
 Elev 3 Ungefär så. Forskarna kan inte få skulden för det.

(Hamza m.fl., 2023, s. 36, vår översättning)

Uttalanden som ”Men de som publicerar måste ju... tänka ett varv extra” (elev 1) och ”De presenterar ju bara sina resultat” (elev 3) ger en antydning om att eleverna inte uppfattade betydelsen av att kommunicera forskning inom forskarsamhället för att etablera naturvetenskaplig kunskap. De kopplade forskarnas kommunikation främst till att sprida sina resultat till allmänheten.

Enligt forskarna utgör elevernas resonemang kring kontroversen en värdefull resurs i undervisningen. Genom att lärare synliggör de olika resonemangen kan innehållet successivt fördjupas och nyanseras.

Studien av Patterson och Ding (2025) visar att elevers upplevelse av vilken typ av kunskap som är relevant i situationen har betydelse för i vilken utsträckning de förstår centrala begrepp i kvantfysiken. Mer specifikt undersökte studien elevers sätt att resonera kring och förstå kunskap när de introducerades till kvantfysik. I studien urskiljs tre olika sätt att grunda och utveckla kunskap. Ett är när eleverna grundar sina uppfattningar på auktoriteter som lärare eller läroböcker. Ett annat sätt är när de utgår från egna erfarenheter och intuitiva föreställningar. Studien identifierar också en tredje mer undersökande form av kunskapsutveckling,

där eleverna använder tillgängliga belägg för att resonera, pröva olika förklaringar och skapa mening i det innehåll som behandlas. I följande samtalsutdrag ser vi hur en gymnasieelev (elev 1) har svårt att acceptera två parallella modeller för att beskriva elektronen:

- Elev 1: Hur kan det... varför beror [elektronens] position på vår observation av den? Den har ju en position även om vi inte observerar den. Det där är inte vetenskap.
- Lärare: Varför säger du så?
- Elev 1: Det där är inte vetenskap. En elektron är inte en varelse. Observation eller avsaknad av observation kan inte påverka den.
- Elev 2: Och ändå gör den det.
- Elev 3: På grund av elektronens naturalistiska observation av observatören.
- Elev 1: Jag kan acceptera mönstret som uppstår, men mönstret som den lämnar på skärmen borde vara detsamma oavsett. Jag vägrar tro på det här. Jag tror att kursen har fel.

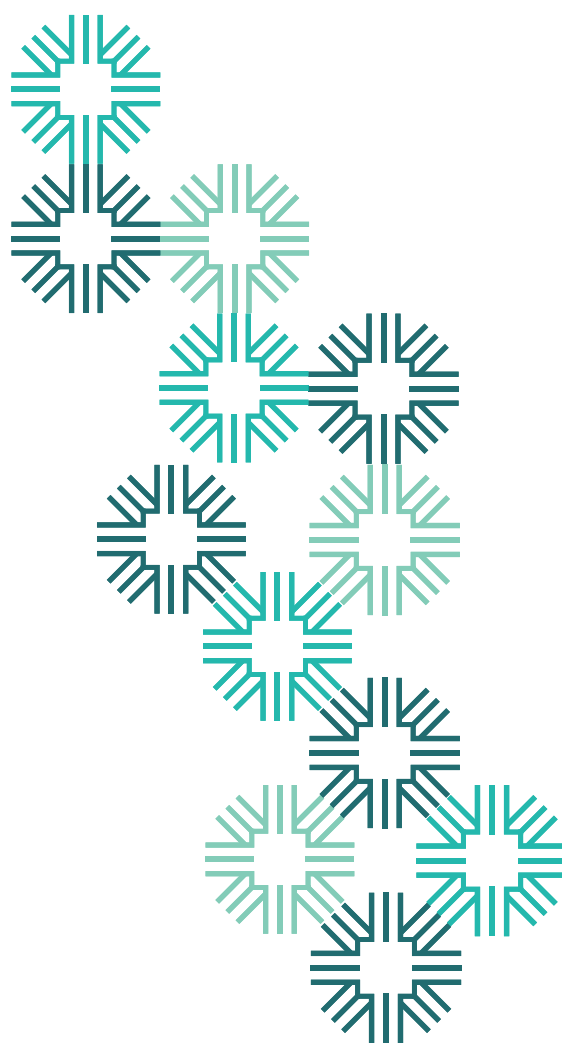
(Patterson & Ding, 2025, s. 7, vår översättning)

I studien ges vidare exempel på hur elever använde olika sätt att motivera och värdera kunskap när de resonerade om kvantfysikaliska fenomen. Enligt studien kan elevers upplevelse av vilken typ av kunskap som är relevant i en situation således påverka deras syn på naturvetenskapens karaktär. Att uppmärksamma hur elever tar sig an en uppgift kan ge lärare viktiga insikter om hur elevernas förståelse utvecklas.

3.5.1 Sammanfattande reflektioner om temat utmaningar

I studierna framkommer att undervisning av naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet kan stöta på utmaningar. Sådan undervisning kan mötas av skepsis bland elever och lärare som förväntar sig en mer traditionell fysikundervisning. Likaså kan traditioner och föreställningar kring ämnet vara så starka att de inte bryts på ett enkelt sätt. Utöver sådana utmaningar kan elever ha svårigheter att förstå vissa aspekter av naturvetenskapernas karaktär. Allt detta är utmaningar som lärare kan möta i undervisningen av naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet.





4. Diskussion

Syftet med denna systematiska översikt har varit att sammanställa forskning som ger kunskap om hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan utformas inom ramen för fysikämnet. Resultaten visar att den studerade undervisningen oftast är explicit och starkt kontextualiserad, i betydelsen att de olika aspekterna av naturvetenskapernas karaktär kopplas till, eller integreras med, undervisning om specifika fysikområden.

Översikten presenterar konkreta exempel på olika aspekter, undervisningsstrategier och fysikkontexter som är relevanta för undervisning om naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet. Dessa exempel kan fungera som inspiration i planering och genomförande av undervisning. Baserat på dessa exempel kan lärare även utveckla undervisning om andra aspekter av naturvetenskapernas karaktär samt använda andra undervisningsstrategier och kontexter.

Trots det begränsade antalet empiriska studier som undersöker undervisning om naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet framkommer olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär i form av underteman som kan integreras i fysikundervisningen (se figur 4).

FIGUR 4. Olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär



I detta kapitel diskuteras på vilket sätt de olika aspekterna undervisas och vilka kontexter som används. Vi diskuterar även undervisningssyften och hur översikten kan användas av fysiklärare i deras didaktiska val, samt behovet av vidare forskning.

4.1 Undervisningsstrategier

Översikten ger exempel på fysikundervisning där eleverna möter olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär genom olika undervisningsstrategier, integrerade i olika ämnesspecifika kontexter.

Undervisningen i studierna bygger på varierande undervisningsstrategier som omfattar:

- diskussioner (i grupp eller helklass)
- historiska berättelser
- läsning av texter som tar upp kunskapsteoretiska perspektiv på naturvetenskap/fysik
- skrivande av reflekterade essäer
- digitala läresurser som filmer, animeringar och simuleringar
- undersökande arbete.

Bland undervisningsstrategierna i översiktens studier framträder särskilt historiska berättelser som ett återkommande inslag för att synliggöra olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär. Användning av historiska fallbeskrivningar har också lyfts fram i den bredare didaktiska forskningen om naturvetenskapernas karaktär som ett sätt att stödja elevers förståelse av naturvetenskapernas karaktär (Allchin, 2013; Clough, 2011; Heering, 2015; Heering & Höttecke, 2014).

4.2 Undervisningens kontext och organisering

I tidigare forskning har både fristående övningar kring naturvetenskapernas karaktär och kontextualiserad, integrerad undervisning om naturvetenskapernas karaktär föreslagits (McComas, 2020b). I översikten är den studerade undervisningen starkt kontextualiserad, i bemärkelsen att den är integrerad med annat fysikinnehåll och oftast fokuserar på specifika fysikområden. I hög utsträckning undervisas naturvetenskapernas karaktär parallellt med begrepp och modeller. Detta resultat bör förstås mot bakgrund av översiktens fokus på studier som undersöker undervisning med ett tydligt fysikinnehåll. Det ska således inte tolkas som att fristående övningar kring naturvetenskapernas karaktär saknar relevans inom fysikundervisningen. Sådana övningar kan bestå av till exempel diskussionskort eller ”svarta lådor” där innehållet är dolt för eleverna. Genom att undersöka lådorna kan eleverna dra slutsatser om vad de innehåller och hur de är konstruerade, vilket sedan kan kopplas till hur naturvetenskaplig forskning går till. Även om sådana övningar sällan utgår ifrån något specifikt fysikinnehåll, kan de i många fall kopplas till frågor och områden som är relevanta för eleverna (McComas m.fl., 2020).

Studierna som ingår i översikten behandlar ett begränsat urval av fysikområden. Vi ser en tonvikt på utvecklingen av den moderna fysiken i början av 1900-talet. Jämförelser mellan teorier och experiment i kvantfysik som belyser ljusets och materiens natur som både våg och partikel, är en undervisningskontext som förekommer i flera studier. Kosmologi och relativitetsteori är andra fysikområden från den begynnande moderna fysiken. Därutöver är det en spridning på olika områden, till exempel elektricitet och medicinska effekter av joniserande strålning. Vi ser dock att exempelvis området mekanik framträder i mindre utsträckning, trots att området utgör en central del av fysikämnet både på högstadiet och i gymnasieskolan. Vidare saknas i översiktens underlag empiriska studier som behandlar naturvetenskapernas karaktär i relation till andra stora fysikområden som till exempel värmelära. Detsamma gäller aktuell nu pågående forskning.

Det saknas dock inte forskning som föreslår att relevanta perspektiv om naturvetenskapernas karaktär kan undervisas integrerat med även andra fysikområden än de som förekommer i översiktens studier. Exempelvis har fysikens historia föreslagits som en grund för undervisning i mekanik (Gauld, 2014; Matthews, 2014). Matthews (2000) har också skrivit en inflytelserik bok om hur Galileo i sina studier av pendeln kombinerade praktiska experiment med matematisk modellering, och hur det i fysikundervisningen kan användas som ett fall som utgår från vetenskapshistoria och vetenskapsfilosofi. Andra exempel på undervisningsmaterial som tas upp i forskningen är historiska fallbeskrivningar som belyser olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär, exempelvis sociala och kulturella sammanhang samt att motverka stereotypa föreställningar (Clough, 2020; Heering, 2015; Heering & Höötecke, 2014; Irwin, 2000; Stadermann & Goedhart, 2022).

Även nu pågående forskning i fysik kan användas som kontext för undervisning av naturvetenskapernas karaktär och har också potential att öka elevers intresse. I en kartläggning av vad niondeklassare skulle vilja lära sig mer om fann till exempel Jidesjö och kollegor (2021) att fenomen som forskare ännu inte kan förklara hamnade högt på listan över populära teman. Att diskutera naturvetenskapernas karaktär med utgångspunkt i pågående forskning från olika fysikområden har potential att visa på en bredd av aspekter kopplade till naturvetenskapernas karaktär (se t.ex. Karisan m.fl., 2017; Wong m.fl., 2008). Den typen av diskussioner kan i kombination med exempel från olika tidsperioder bidra till att eleverna får en bredare förståelse för vad fysikforskning kan innebära, och att förutsättningar kan se olika ut inom olika områden och vid olika tider. Sådana sammanhang kan stödja elevers förståelse av både naturvetenskapernas karaktär och deras förståelse av fysikaliska begrepp och modeller.

Ytterligare ett exempel på möjliga kontexter är att lyfta teknologiska tillämpningar av fysik. Detta kan synliggöra för elever hur fysiken både påverkar och påverkas av samhället samt stärka elevers intresse för fysik. Att som lärare själv vara öppen för att diskutera teknologiska tillämpningar av fysik kan bidra till elevernas intresse.

Även när naturvetenskapernas karaktär undervisas i en specifik kontext behöver eleverna ges möjlighet att diskutera och reflektera över frågor om naturvetenskapernas karaktär mer generellt, som till exempel hur naturvetenskaplig kunskap växer fram (de Mello Forato m.fl., 2023). Det går också att fånga tillfällen i vanligt förekommande moment i fysikunder-

visning som laborationer och undervisning av begrepp och modeller, för att undervisa naturvetenskapernas karaktär (Hansson & Leden, 2016). Detta kan exempelvis ske genom att aspekter av naturvetenskapernas karaktär som finns i undervisningssituationen görs explicita för eleverna, och att ställa frågor som riktar fokus mot hur kunskap skapas och tolkas.

4.3 Hur kan översikten användas?

För att kunna välja relevanta aspekter av naturvetenskapernas karaktär och lämpliga undervisningsstrategier behöver lärare utgå från undervisningens syfte. Som framhållits i inledningen finns det olika syften med att undervisa om naturvetenskapernas karaktär (McComas & Clough, 2020). I översikten ser vi att naturvetenskapernas karaktär är ett undervisningsmål i sin egen rätt men att undervisningen även kan syfta till att öka elevers intresse för fysik, liksom att stärka deras identitet som fysikstuderande. Syftet kan också vara att främja en förståelse av fysikens begrepp, teorier och modeller.

Utifrån de studier som ingår i översikten är det inte möjligt att ge generella rekommendationer om vilka aspekter eller vilka undervisningsstrategier som är lämpliga för olika undervisningssyften. Däremot kan lärare planera fysikundervisningen så att naturvetenskapernas karaktär relateras till olika syften. På så sätt får eleverna möta naturvetenskapernas karaktär i olika undervisningssammanhang och ur olika perspektiv, vilket kan bidra till en mer nyanserad förståelse av hur naturvetenskap/fysik fungerar och används. Resultatkapitlets teman och underteman (se figur 4) kan ses som förslag på innehåll och kan användas som ett didaktiskt redskap av fysiklärare som vill sätta fokus på naturvetenskapernas karaktär i sin undervisning. Detta redskap kan användas vid planering och analys av den egna undervisningen: Vilka teman kopplat till naturvetenskapernas karaktär undervisar jag idag? Vilka undervisar jag inte? Vilka bilder har mina elever kopplat till de olika undertemana?

Något som också framkommer tydligt i studierna, och som vi vill betona ytterligare, är vikten av att läraren tar del av elevernas diskussioner, texter och undersökningar för att kunna stötta dem och ge konstruktiv återkoppling på tankar och föreställningar som de ger uttryck för. Detta ger ytterligare möjlighet att fördjupa och utveckla elevernas diskussioner. I flera fall ger utdrag från elevdiskussioner från studierna exempel på hur elevernas uttryck i vetenskapsteoretiska frågor, till exempel rörande naturvetenskapens förhållande till sanning och verklighet eller vad kunskap är, har gått från spontana ståndpunkter till mer nyanserade insikter. Sådana exempel visar hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär kan ha betydelse för elevernas resonemang i sådana frågor. De olika undervisningsstrategier (se avsnitt 4.1) som framkommit i översikten kan även de fungera som ett didaktiskt verktyg och inspirera lärare till nya vägar att undervisa naturvetenskapernas karaktär. Frågor som lärare kan ställa sig är: vilken/vilka undervisningsstrategier är lämplig att använda i min elevgrupp, för att undervisa just den aspekt av naturvetenskapernas karaktär som jag vill undervisa?

Det är viktigt att poängtera att resultatens användbarhet ligger i analysen som presenteras. De redskap för undervisning av naturvetenskapernas karaktär som tagits fram, i form av förslag på innehåll (se figur 4) och undervisningsstrategier, kan användas för att planera,

genomföra och reflektera över sin undervisning. Även frågorna i slutet av avsnitt 3.1–3.3 kan utgöra underlag för reflektion, såväl enskilt som i kollegiet. I denna process är lärarens professionella omdöme centralt – de didaktiska redskapen är inte föreskrivande eller recept utan ett stöd för analys och ställningstagande.

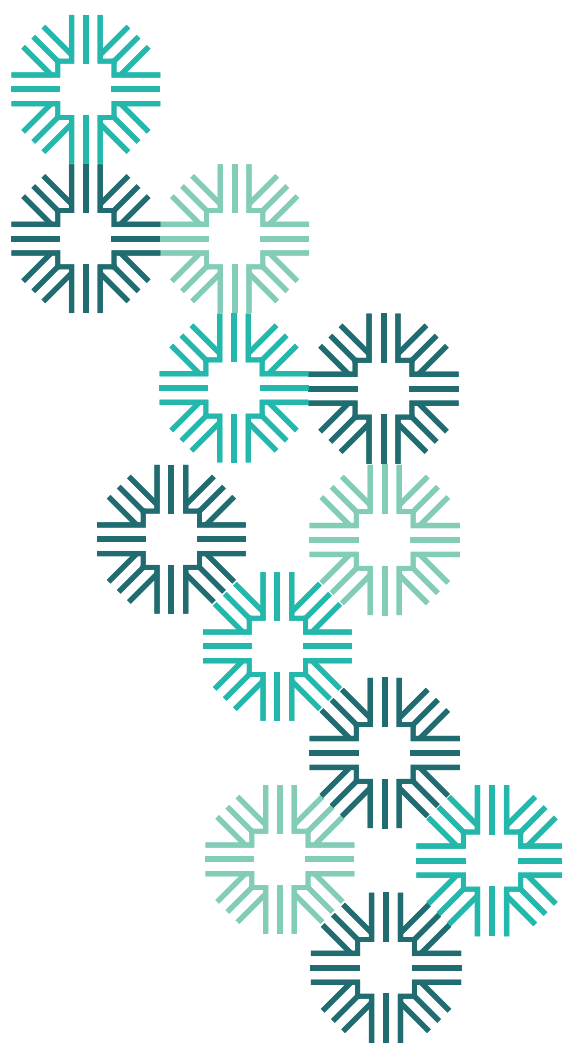
4.4 Behov av framtida forskning

Studierna i översikten behandlar många olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär. Trots det saknas vissa aspekter, till exempel undervisning som belyser och problematiserar föreställningen om fysik som en disciplin med en enhetlig metod, något som lyfts fram i McComas (2020b). Det finns också ett behov av att synliggöra fysik som en mångfacetterad vetenskaplig praktik där olika delområden representerar skilda sätt att producera kunskap (Erduran & Dagher, 2014). Forskning i fysik bedrivs exempelvis på olika sätt inom astronomi och i partikelfysik, med varierande arbetssätt och metoder och med olika typer av evidens. Fysiken skiljer sig dessutom från exempelvis biologin genom sina universella anspråk som att alla elektroner är identiska, medan arter och organismer är unika. Detta uppmärksammas inte i undervisningen i studierna som ingår i översikten. Frånvaron av denna och flera andra aspekter av naturvetenskapernas karaktär, bör förstås mot bakgrund av att det finns ett relativt begränsat antal empiriska klassrumsstudier som behandlar undervisning av naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikundervisning. Det avspeglas också i antalet studier som ingår i översikten.

Att översiktens studier inte visar på undervisning av naturvetenskapernas karaktär i fler ämnesspecifika kontexter är rimligtvis även det en konsekvens av att så få empiriska studier har gjorts av hur naturvetenskapernas karaktär undervisas i fysikklassrummet, snarare än av att andra områden inte har potential att belysa viktiga aspekter av naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet.

Mot bakgrund av det begränsade antalet empiriska studier som undersöker undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för skolans fysikämne framstår det som viktigt att fler sådana studier genomförs. Detta behov blir särskilt tydligt i relation till den betydligt mer omfattande teoretiskt drivna forskningen inom området, där empirisk forskning kan spela en viktig roll för att studera, nyansera och vidareutveckla teoretiska perspektiv. Det kan till exempel handla om forskning som studerar fysikundervisning där pågående forskning inom olika fysikområden, historiska fall och olika övningar om naturvetenskapernas karaktär som utvecklats och beskrivits i litteraturen används. Sådan forskning kan ge konkreta och användbara insikter om hur undervisning om naturvetenskapernas karaktär faktiskt kan genomföras i fysikklassrummet, vilka didaktiska val som är framgångsrika och vilka utmaningar som kan uppstå.





5. Metod och genomförande

I detta kapitel beskriver vi de olika stegen vid genomförandet av den systematiska översikten, från att ta reda på lärares behov till att sammanställa resultaten. Syftet är att bidra till översiktens transparens genom att ge en tydlig och utförlig beskrivning av arbetsprocessen och de metoder som använts.

5.1 Behovsinventering och förstudie

I Skolforskningsinstitutets löpande behovsinventeringar identifierades ett behov av att lärare får möjlighet till kunskapsutveckling om fysikundervisningen. Detta område undersöktes vidare i en förstudie som hade till syfte att identifiera relevanta områden inom fysikämnet. En testsökning visade att det fanns tillräckligt med empiriska studier inom fysikundervisning för att genomföra en systematisk översikt.

5.2 Syfte och frågeställning

Samtliga studier i översikten undersöker undervisning som behandlar naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikundervisningen. Översiktens syfte är att erbjuda lärare kunskap om olika sätt att undervisa om naturvetenskapernas karaktär och därigenom fungera som underlag för fysiklärares didaktiska överväganden och val. Översikten är inriktad mot undervisning i fysik på högstadiet och i gymnasieskolan.

Frågeställningen som översikten ska besvara är:

På vilka sätt kan olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär undervisas inom ramen för fysikundervisning?

5.3 Urvalskriterier

För att välja ut de studier som har betydelse för översiktens frågeställningar formuleras inklusions- och exklusionskriterier, se tabell 5. Inklusionskriterier är de kriterier som en studie måste uppfylla för att tas med i översikten. Exklusionskriterier är kriterier som gör att en studie faller utanför översiktens inriktning. De anges endast som ett förtydligande, om de inte per automatik följer av inklusionskriterierna.

TABELL 5. Urvalskriterier

N/A	INKLUDERA – TA MED	EXKLUDERA –TA BORT
Deltagare	Elever på högstadiet och i gymnasieskolan eller motsvarande i andra länder. Undervisande lärare.	Lärare och lärarstudenter när deras lärande och utveckling är i fokus. Elever i behov av särskilt stöd.
Studieobjekt (fenomen som studeras)	Studier som undersöker och analyserar fysikundervisning. I ett senare skede: Studier som undersöker och analyserar undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet.	Studier som fokuserar på lärarprofessionen eller på lärares kompetensutveckling. Studier som enbart undersöker resultat av undervisningen utan att undervisningen har studerats. Studier som undersöker elevers (miss-)uppfattningar, åsikter om och attityder till fysik, som inte kopplas till en analys av undervisningen.
Resultat som redovisas	Studier som ger kunskap om klassrum-sinteraktion i fysikundervisning. Eller: Studier som ger kunskap om hur elever förstår och upplever fysikundervisning. I senare skede: Studier som undersöker undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet.	Studier som enbart redovisar resultat i form av effekter. Studier som enbart redovisar resultat i form av utvärdering av tekniska program (spel, appar osv).
Sammanhang	Ordinarie fysikundervisning i högstadiet och gymnasieskolan eller motsvarande i andra länder.	Undervisning i informella lärmiljöer t.ex. afterschool aktiviteter och outreach program, där undervisningen inte är en del av ordinarie undervisning. Distansundervisning. Studiebesök (museer, universitetslaboration), som inte görs inom ramen för ordinarie undervisning.

Studier ska också uppfylla tekniska kriterier som vilken typ av studie det rör sig om, var den är publicerad och vilket språk den är skriven på.

Studier som ingår i översikten uppfyller följande kriterier:

- Empiriska undersökningar.
- Referentgranskade studier som är publicerade i vetenskapliga tidskrifter eller akademiska avhandlingar från lärosäten i Skandinavien.
- Skrivna på engelska, svenska, norska eller danska.

5.4 Litteratursökning och sökstrategi

De huvudsakliga litteratursökningarna genomfördes i två internationella utbildningsvetenskapliga databaser och tre skandinaviska ämnesövergripande databaser (se tabell 1 i Bilaga 1). Utgångspunkten var att utforma en bred sökstrategi för att fånga studier som undersöker fysikundervisning i högstadiet och gymnasieskolan. Sökningarna utfördes genom att identifiera relevanta sökord inom kategorierna fysik, undervisning, elever samt högstadiet och gymnasiet. Sökorden inom kategorierna samlades och utformades till söksträngar som kombinerades för att finna studier som inkluderade minst ett sökord från samtliga kategorier. Sökningen fångade artiklar där minst ett ord från varje sökblock fanns med i antingen artikelns titel, sammanfattning eller ämnesord. Söksträngarna anpassades efter databasernas olika utformning och konstruktion. I de skandinaviska databaserna kompletterades de engelska sökorden med ord och termer på svenska, norska eller danska. För en detaljerad beskrivning av sökstrategin inklusive vilka källor, sökord och avgränsningar som använts, se Bilaga 1.

De huvudsakliga litteratursökningarna genomfördes i oktober 2024 och uppdaterades i februari 2026. Detta innebär att det kan ha tillkommit senare forskning som är relevant för översikten, men som inte inkluderats. Sökningarna genererade totalt 12 390 träffar. Dubletter mellan databaserna rensades i ett referenshanteringsprogram utifrån Bramers metod (Bramer m.fl., 2016) samt i ett granskningsverktyg. Efter dubblettrensningen återstod totalt 10 370 unika träffar.

Efter relevansgranskning av studierna gjordes framåt- och bakåtsyftande citeringssökningar för att identifiera ytterligare potentiellt relevanta studier. En framåtsyftande citeringssökning fångar studier som citerat någon av de ingående studierna. Den sökningen gjordes med utgångspunkt i de 23 studier som fokuserar på undervisning om naturvetenskapernas karaktär inom ramen för fysikämnet som identifierats bland sökträffarna (se avsnitt 5.5). Vi gjorde även en bakåtsyftande citeringssökning, det vill säga undersökte referenslistorna för de studier som vid tillfället passerat relevansgranskning. Citeringssökningen rapporteras i sin helhet i Bilaga 1 i enlighet med internationell standard (Terminology, Application, and Reporting of Citation Searching (TARciS) statement, se Hirt m.fl. 2024).

5.5 Relevans- och kvalitetsbedömning

I en systematisk översikt görs urvalet av studier i flera steg. I samtliga steg bedöms studiernas relevans och i det avslutande steget görs dessutom en kvalitetsbedömning av studierna.

I steg 1 gjorde projektledaren, som också är forskare, en första grovgranskning av de 10 370 studierna, baserat på information i studiens titel och sammanfattning.

I steg 2 relevansgranskade minst två av projektets tre externa forskare de återstående 1 215 studierna, baserat på titel och sammanfattning. Forskarna gjorde sina bedömningar oberoende av varandra, det vill säga att de inte kunde se varandras bedömningar under tiden relevansgranskningen pågick. I detta steg räcker det att en av forskarna inkluderar studien för att den ska gå vidare till nästa steg. Om det inte gick att avgöra studiens relevans på grund av otillräcklig information i titel och sammanfattning gick studien vidare till nästa steg för vidare granskning.

I steg 3 relevansgranskade de externa forskarna, oberoende av varandra, de återstående 662 studierna i fulltext. Studier som bedömdes olika av forskarna togs upp för diskussion vid ett projektmöte, i syfte att nå en gemensam och välgrundad bedömning. Det är viktigt att notera att relevansgranskningen i steg 1–3 genomfördes innan någon avgränsning hade gjorts till ett specifikt kunskapsområde inom fysikundervisningen. Granskningen skedde alltså utifrån ett bredare perspektiv.

Steg 4 inleddes med att de externa forskarna kategoriserade de återstående 175 studierna utifrån ett antal övergripande kunskapsområden, där de framträdde i samspel med varandra. Detta innebär att flera studier kunde beröra flera kunskapsområden samtidigt.

- | | |
|---|------------|
| • Begrepp, teorier och modeller: | 88 studier |
| • Elevers undersökande: | 65 studier |
| • Naturvetenskapernas karaktär: | 23 studier |
| • Inkludering, exkludering och identitet: | 18 studier |
| • Tillämpning i teknik, miljö och samhälle: | 12 studier |
| • Algebraisk problemlösning: | 12 studier |

Projektgruppen valde sedan att rikta översikten mot naturvetenskapernas karaktär i fysikundervisningen. Detta område förekom i samspel med kunskapsområden som begrepp, teorier och modeller, elevers undersökande, inkludering, exkludering och identitet, liksom tillämpning i teknik, miljö och samhälle. Valet grundades på en samlad bedömning av att området är både centralt och betydelsefullt för undervisning och lärande i fysik. Det är ett område som tydligt skrivs fram i styrdokumentet men i praktiken behandlas mer sällan i undervisningen.

Därefter gjordes en samlad relevans- och kvalitetsbedömning av de 23 studierna som fokuserar på undervisning om naturvetenskapernas karaktär i fysikämnet. För att undvika jäv bedömdes en studie som en av de externa forskarna författat av en forskare på Skolforskningsinstitutet som inte ingår i projektgruppen. Kvalitetsbedömningen gjordes med stöd av ett bedömningsunderlag, se bilaga 2. Detta resulterade i 12 studier som bedömdes vara både relevanta för att besvara översiktens frågeställningar och av god kvalitet. En studie från citeringssökningarna bedömdes vara både relevant och hålla god kvalitet, vilket resulterade i att 13 studier inkluderas i översikten.

5.6 Data- och resultatextraktion

Detta steg innebär att relevanta resultat från de ingående studierna identifieras och dokumenteras på ett systematiskt sätt. Detta för att möjliggöra analys, jämförelse och syntes av studiernas samlade resultat.

Arbetet inleddes med att projektledaren genomförde en strukturerad och systematisk genomgång av relevant information från de inkluderade studierna. Informationen sammanställdes utifrån genomförande, land, skolform, aspekter av naturvetenskapernas karaktär, fysikkontext och undervisningens utformning, vilket skapade ett översiktligt underlag för det fortsatta arbetet i projektgruppen.

Därefter genomförde tre forskare i projektgruppen en fördjupad läsning av samtliga 13 studier med särskilt fokus på vilka aspekter av naturvetenskapernas karaktär som behandlades i respektive studie, och hur undervisningen kring dessa aspekter var utformad. Exempelvis visade analysen att kunskapens tentativa karaktär behandlades i flera studier och att den studerade undervisningen inkluderade bland annat historiska fall och laborativt arbete användes.

5.7 Syntes – integrering av resultaten

I detta avslutande steg genomfördes syntesarbetet, där resultaten från de inkluderande studierna integrerades i relation till de tre övergripande temana i McComas ramverk (McComas, 2017, 2020b): Naturvetenskapernas kännetecken och gränser, Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap samt Mänskliga aspekter av naturvetenskap.

Syntesen följer en konfigurativ logik (Sandelowski, m fl., 2012), vilket innebär att resultat från de ingående studierna länkas samman i ett mönster som visar hur de kompletterar varandra. Denna form av integrering av resultat syftar till att skapa en mer innehållsrik och nyanserad förståelse av undervisningen än en enskild studie kan ge (Gough & Thomas, 2016). I analysen kombinerades induktiva och deduktiva tillvägagångssätt, där aspekter av naturvetenskapernas karaktär identifierades i de ingående studierna samtidigt som de analyserades i relation till de tre övergripande temana i McComas ramverk. Underteman växte fram induktivt genom analysen och kan därmed ses som analytiska kategorier. Ramverket fungerade som ett analytiskt stöd för att strukturera och tolka hur olika aspekter av naturvetenskapernas karaktär framträder i studierna samt för att synliggöra mönster och variation i hur dessa behandlas i undervisningen.

Varje studie analyserades utifrån vilka aspekter av naturvetenskapernas karaktär som behandlades, hur dessa kom till uttryck i undervisningen och hur de kunde förstås i relation till ramverkets tematiska struktur. Eftersom varje enskild studie kan behandla flera aspekter av naturvetenskapernas karaktär, och därmed relatera till mer än ett tema, kan de förekomma under flera teman.

Efter indelningen analyserades studierna inom samma tema mer ingående med konkreta exempel. Studier där undervisningen exempelvis betonade att fysikaliska modeller förändras över tid kategoriserades inom ramverkets första tema: Naturvetenskapernas kännetecken och

gränser. På motsvarande sätt relaterades studier där undervisningen lyfte fram den empiriska karaktären av naturvetenskaplig kunskap till temat Naturvetenskapernas arbetsprocesser och redskap, medan studier som lyfte fram samhällliga eller kulturella sammanhang analyserades inom temat Mänskliga aspekter av naturvetenskap. Genom att låta den induktiva processen samspela med den deduktiva analysen utifrån McComas ramverk möjliggjordes en systematisk och teoretiskt förankrad syntes. När analysen i relation till de tre övergripande temana var gjord analyserades de möjligheter och utmaningar som identifierats i den studerade undervisningen. Syftet var identifiera hur naturvetenskapernas karaktär kunde fungera som ett medel för att uppnå andra mål med fysik-undervisningen, men även att hitta faktorer som försvårar undervisningen om naturvetenskapernas karaktär.



Referenser

De 13 studier som översiktens resultat bygger på är markerade med stjärna (*)

Abd-El-Khalick, F. (2013). Teaching *With* and *About* Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains. *Science & Education*, 22(9), 2087–2107.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). Improving science teachers' conceptions of nature of science: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 22(7), 665–701.

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2023). Research on teaching, learning, and assessment of nature of science. I N. G. Lederman, D. L. Zeidler, & J. S. Lederman (Red.), *Handbook of Research on Science Education*, (s. 850–898). Routledge.

Allchin, D. (2011). Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. *Science Education*, 95(3), 518–542.

Allchin, D. (2013). Teaching the nature of science. *Perspectives and Resources*. St. Paul, MN: SHiPS Education Press.

Allchin, D. (2017). Beyond the consensus view: Whole science. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 17(1), 18–26.

Anderhag, P., Andrée, M., Björnhammer, S., & Gåfvels, C. (2024). Den praktknära forskningens bidrag till läraryrkets kunskapsbas: en analys av kunskapsprodukter från kollaborativ didaktisk forskning. *Pedagogisk forskning i Sverige*, 29(1–2), 31–52.

Andrée, M. (2007). *Den levda läroplanen: En studie av naturorienterande undervisningspraktiker i grundskolan*. [Doktorsavhandling, Stockholms universitet].

* Arriasecq, I., & Greca, I. M. (2012). A teaching–learning sequence for the special relativity theory at high school level historically and epistemologically contextualized. *Science & Education*, 21(6), 827–851.

Azevedo, N. H., & Scarpa, D. L. (2017). A systematic review of studies about conceptions on the nature of science in science education. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 17(2), 621–659.

Bao, L., & Koenig, K. (2019). Physics education research for 21st century learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 2.

Bramer, W. M., Giustini, D., De Jonge, G. B., Holland, L., & Bekhuis, T. (2016). De-duplication of database search results for systematic reviews in EndNote. *Journal of the Medical Library Association*, 104(3), 240–243.

* Bøe, M. V., Henriksen, E. K., & Angell, C. (2018). Actual versus implied physics students: How students from traditional physics classrooms related to an innovative approach to quantum physics. *Science Education*, 102(4), 649–667.

Brunton, G., Oliver, S., & Thomas, J. (2020). Innovations in framework synthesis as a systematic review method. *Research Synthesis Methods*, 11(3), 316–330.

* Carlone, H. B. (2003). Innovative science within and against a culture of “achievement”. *Science Education*, 87(3), 307–328.

* Carlone, H. B. (2004). The cultural production of science in reform-based physics: Girls’ access, participation, and resistance. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(4), 392–414.

Cavicchi, E. M., Andales, H. D., & Moeykens, R. S. (2023). New methodological approaches toward implementing HPS in physics education: The landscape of physics education. I M. F. Taşar & P. R. L. Heron (Red.), *The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics* (s. 1–32). AIP Publishing.

Clough, M.P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education* 20, 701–717.

Clough, M. P. (2020). Using stories behind the science to improve understanding of nature of science, science content, and attitudes toward science. In *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies* (pp. 513–525). Cham: Springer International Publishing.

de Mello Forato, T. C., de Lima, I. P. C., & Ferreira, G. K. (2023). History of physics and socio-scientific issues: Approaching gender and social justice. I M. F. Taşar & P. R. L. Heron (Red.), *The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics* (s. 801–829). AIP Publishing.

Deng, F., Shi, Z., Tian, P., & Sun, D. (2026). Explicit-Reflective Teaching and Students’ Understanding of Nature of Science: a Meta-Analysis. *Research in Science Education*, 56, 579–601.

Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84(3), 287–312.

Due, K. (2009). *Fysik, lärande samtal och genus.: En studie av gymnasieelevers gruppdiskussioner i fysik*. [Doktorsavhandling, Umeå universitet].

Erduran, S., & Dagher, Z. R. (2014). Reconceptualizing nature of science for science education. I S. Erduran & Z. R. Dagher (Red.), *Reconceptualizing the nature of science for science education: Scientific knowledge, practices and other family categories* (s. 1–18). Springer Netherlands.

Erduran, S., & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2008). Argumentation in science education. *Perspectives from classroom-Based Research*. Springer.

Erduran, S., & Levirini, O. (2024). The impact of artificial intelligence on scientific practices:

an emergent area of research for science education. *International Journal of Science Education*, 46(18), 1982–1989.

Eriksson, U., Arvidsson, A., Gyllenpalm, J., Nycander, J., Pendrill, A. M., & Christopher Robin, S. (2026). *Förberedande uppdrag om nya kursplaner i ämnet fysik*.

Francis, B., Archer, L., Moote, J., DeWitt, J., MacLeod, E., & Yeomans, L. (2017). The Construction of Physics as a Quintessentially Masculine Subject: Young People's Perceptions of Gender Issues in Access to Physics. *Sex Roles*, 76(3), 156–174.

Gauld, C. (2014). Using history to teach mechanics. I M. R. Matthews (Red.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (s. 57–95). Springer Netherlands.

Gertz, E., Madsen, L. M., & Holmegaard, H. T. (2026). Young women's longitudinal identity negotiations in physics and mathematics throughout upper secondary education. *Physical Review Physics Education Research*, 22(1), 010135.

Gough, D., & Thomas, J. (2016). Systematic reviews of research in education: Aims, myths and multiple methods. *Review of Education*, 4(1), 84–102.

Gregory, B. (1990). *Inventing reality: Physics as language*. Wiley.

* Hamza, K., Wojcik, A., Arvanitis, L., Haglund, K., Lundegård, I., & Schenk, L. (2023). Nature of science in students' discussions on disagreement between scientists following a narrative about health effects of the Fukushima Daiichi accident. *International Journal of Science Education*, 45(1), 22–42.

Hansson, L., & Leden, L. (2016). Working with the nature of science in physics class: turning 'ordinary' classroom situations into nature of science learning situations. *Physics Education*, 51(5), 055001.

Hansson, L., Leden, L., & Thulin, S. (2020). Book talks as an approach to nature of science teaching in early childhood education. *International Journal of Science Education*, 42(12), 2095–2111.

Hansson, L., Leden, L., & Thulin, S. (2021). Nature of science in early years science teaching. *European Early Childhood Education Research Journal*, 29(5), 795–807.

* Hansson, L., & Redfors, A. (2007). Upper secondary students in group discussions about physics and our presuppositions of the world. *Science & Education*, 16(9), 1007–1025.

Heering, P. (2015). Make–keep–use: Bringing historical instruments into the classroom. *Interchange*, 46(1), 5–18.

Heering, P., & Cavicchi, E. (2020). Teaching about nature of science through historical experiments. I W. F. McComas (Red.), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and strategies* (s. 609–626). Springer.

- Heering, P., & Höttecke, D. (2014). Historical-investigative approaches in science teaching. I M. R. Matthews (Red.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (s. 1473–1502). Springer Netherlands.
- Heisenberg, W. (1958). The representation of nature in contemporary physics. *Daedalus*, 87(3), 95–108.
- * Henriksen, E. K., Angell, C., Vistnes, A. I., & Bungum, B. (2018). What is light? Students' reflections on the wave-particle duality of light and the nature of physics. *Science & Education*, 27(1), 81–111.
- Hirt, J., Nordhausen, T., Fuerst, T., Ewald, H., & Appenzeller-Herzog, C. (2024). Guidance on terminology, application, and reporting of citation searching: the TARCiS statement. *The British Medical Journal*, 385, e078384. [4](#)
- Hodson, D. (2014). Nature of science in the science curriculum: Origin, development, implications and shifting emphases. I M. R. Matthews, *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (s. 911–970). Springer Netherlands.
- Högström, P. (2009). *Laborativt arbete i grundskolans senare år: lärares mål och hur de implementeras*. [Doktorsavhandling, Umeå universitet].
- Jidesjö, A., Westman, A. K., & Oscarsson, M. (2021). Trends and developments in student's interest in Science and technology: Results from the Relevance of science education second (ROSES) study in sweden. *Science Education in the light of Global Sustainable Development: -trends and possibilities*, 148, 148–156.
- Johansson, A., Andersson, S., Salminen-Karlsson, M., & Elmgren, M. (2018). "Shut up and calculate": The available discursive positions in quantum physics courses. *Cultural Studies of Science Education*, 13(1), 205–226.
- Johansson, A. M., & Wickman, P. O. (2012). Vad ska elever lära sig angående naturvetenskaplig verksamhet?: En analys av svenska läroplaner för grundskolan under 50 år. *NorDiNa: Nordic Studies in Science Education*, 8(3), 197–212.
- Karisan, D., & Zeidler, D. L. (2017). Contextualization of nature of science within the socio-scientific issues framework: A review of research. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(2), 139–152.
- * Kersting, M., Schrocker, G., & Papanтониou, S. (2021). 'I loved exploring a new dimension of reality' – a case study of middle-school girls encountering Einsteinian physics in the classroom. *International Journal of Science Education*, 43(12), 2044–2064.
- Kuhn, T. S. (1962). *The structure of scientific revolutions*. University of Chicago Press.
- Larsson, J. (2021). *Trainee teacher identities in the discourses of physics teacher education: Going against the flow of university physics* (Doctoral dissertation, Acta Universitatis Upsaliensis).

Leden, L., Hansson, L., Redfors, A., & Ideland, M. (2015). Teachers' ways of talking about nature of science and its teaching. *Science & Education*, 24(9), 1141–1172.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present, and future. I S. K. Abell, K. Appleton, & D. Hanuscin (Red.), *Handbook of Research on Science Education*, (s. 831–879). Routledge.

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2014). Research on teaching and learning of nature of science. I N. G. Lederman & S. K. Abell, *Handbook of Research on Science Education, volume II* (s. 600–620). Routledge.

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and learning nature of scientific knowledge: Is it Déjà vu all over again?. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(1), 6.

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S., m.fl. (2021). International collaborative follow-up investigation of graduating high school students' understandings of the nature of scientific inquiry: is progress Being made?. *International Journal of Science Education*, 43(7), 991–1016.

* Levrini, O., & Fantini, P. (2013). Encountering productive forms of complexity in learning modern physics. *Science & Education*, 22(8), 1895–1910.

* Levrini, O., Bertozzi, E., Gagliardi, M., Tomasini, N. G., Pecori, B., Tasquier, G., & Galili, I. (2014). Meeting the discipline-culture framework of physics knowledge: A teaching experience in Italian secondary school. *Science & Education*, 23(9), 1701–1731.

Lima, N. W., Heidemann, L. A., & Garik, P. (2025). Why Teachers (Do Not) Integrate History of Science into Physics Courses. *Science & Education*, 34(5), 3233–3268.

Matthews, M. R. (2000). *Time for science education: How teaching the history and philosophy of pendulum motion can contribute to science literacy*. Kluwer Academics/Plenum Publishers.

Matthews, M. R. (2014). Pendulum motion: A case study in how history and philosophy can contribute to science education. I M. R. Matthews (Red.), *International handbook of research in history, philosophy and science teaching* (s. 19–56). Springer Dordrecht.

McComas, W. F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2–3), 249–263.

McComas, W. F. (2017). Understanding how science works: The nature of science as the foundation for science teaching and learning. *School Science Review*, 98(365), 71–76.

McComas, W. F. (2020a). Considering a consensus view of nature of science content for school science purposes. I W. F. McComas (Red.), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and strategies* (s. 23–34). Springer, Cham.

McComas, W. F. (2020b). Principal elements of nature of science: Informing science teaching while dispelling the myths. I W. F. McComas (Red.), *Nature of Science in Science Instruction:*

Rationales and strategies (s. 35–65). Springer.

McComas, W. F., & Clough, M. P. (2020). Nature of science in science instruction: meaning, advocacy, rationales, and recommendations. I W. F. McComas (Red.), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and strategies* (s. 3–22). Springer, Cham.

McComas, W. F., & Kampourakis, K. (2020). Using anecdotes from the history of biology, chemistry, geology, and physics to illustrate general aspects of nature of science. I W. F. McComas (Red.), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and strategies* (s. 551–576). Springer, Cham.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Nouri, N. (2020). Nature of science and classroom practice: A review of the literature with implications for effective NOS instruction. I W. F. McComas (Red.), *Nature of science in science instruction: Rationales and strategies* (s. 67–111). Springer, Cham.

Medawar, P. B. (1984). *The limits of science* (1st ed.). Harper & Row.

Neumann, I., Michel, H., & Papadouris, N. (2020). Blending nature of science with science content learning. I W. F. McComas (Red.), *Nature of Science in Science Instruction: Rationales and strategies* (s. 327–342). Springer, Cham.

Odden, T. O. B., & Caballero, M. D. (2023). Physics computational literacy: what, why, and how. I I M. F. Taşar and P. R. L. Heron (Red.), (Red.), *The international handbook of physics education research: Learning physics* (s. 1–28). AIP Publishing.

Oliver, S., Rees, R., Clarke-Jones, L., Milne, R., Oakley, A., Gabbay, J., Stein, K., Buchanan, P., & Gyte, G. (2008). A multidimensional conceptual framework for analysing public involvement in health services research. *Health Expectations*, 11(1), 72–84.

Osborne, J. (2010). Arguing to learn in science: The role of collaborative, critical discourse. *science*, 328(5977), 463–466.

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049–1079.

Passon, O., & Grebe-Ellis, J. (2023). Methods and Practices in Physics. I M. F. Taşar & P. R. L. Heron (Red.), *The International Handbook of Physics Education Research: Special Topics* (s. 1–24). AIP Publishing.

* Patterson, Z., & Ding, L. (2025). Epistemic framing analysis of secondary students during instruction on quantum physics. *Physical Review Physics Education Research*, 21(1), 010116.

Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/Science literacy. I S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (s. 729–780). Routledge

* Roth, W. M., & Lucas, K. B. (1997). From “truth” to “invented reality”: A discourse analysis of high school physics students’ talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science*

Teaching, 34(2), 145–179.

Saberi, M., Nouri, N., & McComas, W. F. (2025). A proposed typology of NOS empirical research: trends and implications. *Studies in Science Education*, 1–39.

Sandelowski, M., Voils, C. I., Leeman, J., & Crandell, J. L. (2012). Mapping the mixed methods–mixed research synthesis terrain. *Journal of Mixed Methods Research*, 6(4), 317–331.

* Schiffer, H., & Guerra, A. (2015). Electricity and vital force: Discussing the nature of science through a historical narrative. *Science & Education*, 24(4), 409–434.

Skolverket (2022). *Kommentarmaterial till kursplanen i fysik*. Skolverket.

Skolverket (2022). *Kursplan(lgr22) i Fysik*.

Skolverket (2024). TIMSS 2023 – Svenska grundskoleelevers kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv. Skolverket.

Skolverket (2025). *Kommentar till ämnesplanen i fysik på gymnasialnivå*. Skolverket.

Skolverket (2025). *Ämnesplan i fysik*.

Stadermann, K., & Goedhart, M. (2022). ‘Why don’t you just tell us what light really is?’ Easy-to-implement teaching materials that link quantum physics to nature of science. *Physics Education*, 57(2), 025014.

Teixeira, E. S., Greca, I. M., & Freire Jr, O. (2012). The history and philosophy of science in physics teaching: A research synthesis of didactic interventions. *Science & Education*, 21(6), 771–796.

Thomas Becker, M. H., Heidemann, L. A., & Lima, N. W. (2025). History of Science in Physics Education in the Last Decade: Which Direction We Are Heading?. *Science & Education*, 34(5), 3041–3078.

Wong, S. L., Hodson, D., Kwan, J., & Yung, B. H. W. (2008). Turning crisis into opportunity: Enhancing student-teachers’ understanding of nature of science and scientific inquiry through a case study of the scientific research in severe acute respiratory syndrome. *International Journal of Science Education*, 30(11), 1417–1439.

Zacharia, Z., & Barton, A. C. (2004). Urban middle-school students’ attitudes toward a defined science. *Science Education*, 88(2), 197–222.

Östman, L. (1998). How Companion Meanings Are Expressed by Science Education Discourse. I D. A. Roberts & L. Östman (Red.), *Problems of Meaning in Science Curriculum*, s. 54–70. Teacher College Press.



Tidigare utgivning

Klassrumsdialog i matematikundervisningen – matematiska samtal i helklass i grundskolan. Systematisk översikt 2017:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-6-0.

Digitala lärresurser i matematikundervisningen. Delrapport skola. Systematisk översikt 2017:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-8-4.

Digitala lärresurser i matematikundervisningen. Delrapport förskola. Systematisk översikt 2017:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-9-1.

Feedback i skrivundervisningen. Systematisk översikt 2018:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984382-2-1.

Språk- och kunskapsutvecklande undervisning i det flerspråkiga klassrummet – med fokus naturvetenskap. Systematisk översikt 2018:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-4-5.

Att genom lek stödja och stimulera barns sociala förmågor – undervisning i förskolan. Systematisk översikt 2019:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-6-9.

Läsförståelse och undervisning om lässtrategier. Systematisk översikt 2019:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-984383-8-3.

Individanpassad vuxenutbildning – med fokus på digitala verktyg. Systematisk översikt 2019:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-0-2.

Laborationer i naturvetenskapsundervisningen. Systematisk översikt 2020:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-2-6.

En tillgänglig lärmiljö för alla i ämnet idrott och hälsa – med fokus på socialt samspel. Systematisk översikt 2020:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-4-0.

Kritiskt tänkande och källkritik – undervisning i samhällskunskap. Systematisk översikt 2020:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-6-4.

Undersöka, utforska och lära naturvetenskap – undervisning i förskolan. Systematisk översikt 2021:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985316-8-8.

Främja studiero i klassrummet – lärares ledarskap. Systematisk forskningssammanställning 2021:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-0-1.

Meningsfull fritid, utveckling och lärande i fritidshem. Systematisk forskningssammanställning 2021:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-7-0.

Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll – en kartläggning av undervisningsmöjligheter. Systematisk forskningssammanställning 2022:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-4-9.

Läxor och likvärdiga förutsättningar för lärande – lärares arbetssätt inför, under och efter läxan. Systematisk forskningssammanställning 2022:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-7-0.

Att lära demokrati – med fokus på lärares arbetssätt i undervisningen. Systematisk forskningssammanställning 2022:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-985317-9-4.

Att stödja elevers lärande i musik – undervisning i grund- och gymnasieskolan. Systematisk forskningssammanställning 2023:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-0-4.

Historisk förståelse – undervisning i historia på högstadiet och i gymnasieskolan. Systematisk forskningssammanställning 2023:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-2-8.

Aktivt jämställdhetsarbete i undervisningen. Systematisk forskningssammanställning 2024:01. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-4-2.

Främja skrivkunskaper i de allra tidigaste skolåren. Systematisk forskningssammanställning 2024:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-6-6.

Muntlig kommunikation i moderna språk – lärares undervisning. Systematisk forskningssammanställning 2024:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988223-8-0.

Teknikutvecklingsprocessen – lärande i grund- och gymnasieskolans teknikundervisning. Systematisk forskningssammanställning 2025:01. ISBN: 978-91-988224-1-0.

Undervisning med elever med IF – delaktighet och lärande. Systematisk forskningssammanställning 2025:02. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988224-3-4.

Kontroversiella frågor i religionskunskap – lärarnas handlingsalternativ i undervisningen. Systematisk forskningssammanställning 2025:03. Skolforskningsinstitutet. ISBN: 978-91-988224-5-8.

Analytisk textkompetens – problemdrivet skrivande i samhällsvetenskapliga och humanistiska ämnen. Systematisk översikt 2026:01. ISBN: 978-91-991042-0-1.



