



Förberedande uppdrag om nya kursplaner i
ämnet fysik

Urban Eriksson
Prof. i fysik med spec. i fysikens didaktik,
Uppsala Universitet

21 januari 2026

Författarna till detta dokument är:

- Urban Eriksson, professor i fysik med specialisering i fysikens didaktik vid Uppsala universitet. Tidigare föreståndare för Nationellt resurscentrum för fysik. Representerar styrelsen i Svenska fysikersamfundet.
- Jakob Gyllenpalm, fil.dr. och universitetslektor i didaktik vid Stockholms universitet.
- Jonas Nycander, professor vid Meteorologiska institutionen, Stockholms universitet. Ledamot i IVA.
- Ann-Marie Pendrill, professor emerita i fysik vid Göteborgs universitet och i vetenskapskommunikation och fysikdidaktik vid Lunds universitet. Tidigare föreståndare för Nationellt resurscentrum för fysik.
- Christopher Robin Samuelsson, fil.dr. och postdoktor i fysikens didaktik vid Uppsala universitet.
- Adam Arvidsson, fil.dr. och grundskollärare i fysik och matematik. Representerar styrelsen i Svenska fysikersamfundets undervisningssektion.

UE har haft det övergripande ansvaret för projektet och diskussionerna. Han har skrivit avsnitt om astronomi 6.8. JG har skrivit avsnitt 5.2 och 5.3. JN har skrivit texterna om läroplaner och om matematikens roll, avsnitt 3 och 4, samt avsnitten 6.4 om värmelära och 6.5 om elektromagnetism. AMP har skrivit avsnitten om mekanik 6.3 och om ljus 6.6 och även 6.2, delar av 6.1 och 7 och flera inledningstexter. CR har skrivit om energi 6.9 och bidragit till 7. AA har sammanfattat våra huvudpunkter i 2, arbetat med den övergripande strukturen och skrivit avsnitt 6.7 om strålning.

Alla författarna står bakom texten i sin helhet.

På grund av den korta tid och mycket begränsade resurser som beviljades arbetet har vi inte haft möjlighet att skriva texter om alla relevanta områden.

Innehåll

1 Att lära sig fysik	5
2 Tre huvudbudskap	6
3 Nuvarande och tidigare kursplaner i fysik	7
3.1 Lgr62	7
3.2 Lgr69 och senare kursplaner	8
3.3 Timplaner	9
4 Mer kvantitativ undervisning i fysik	11
4.1 Matematikens roll i fysiken	11
4.2 Matematik i skolans fysik	12
4.2.1 Nationella prov	13
4.2.2 Läroböcker	13
4.3 England: kursplan och nationella prov	17
4.4 Samband med ämnesspecifika instruktioner för matematik	18
4.5 Slutsats och förslag på samband att ta med i kursplanen	19
5 Tydligare förutsättningar för praktiskt arbete i fysikundervisningen	22
5.1 Elever får inte alltid den tid att laborera de har rätt till	22
5.2 Naturvetenskapliga undersökningar som ett innehåll	22
5.3 Laborationer som en undervisningsmetod	24
6 Tydligare innehåll i fysikundervisningen	27
6.1 Utgå från de klassiska fysikområdena i läroplanen	27
6.2 Behovet av en läromedelsinspektion	27
6.2.1 Vanliga fel i läromedel spår på missuppfattningar	28
6.3 Mekanik – krafter och rörelse	28
6.3.1 Gravitation	29
6.3.2 Friktion och lutande plan	30
6.3.3 Svängningsrörelser, pendlar och krafter	30
6.3.4 Arkimedes princip, lufttryck mm	30
6.3.5 Acceleration och rotation	31
6.4 Värmelära	31
6.5 Elektromagnetism	32
6.6 Optik	33
6.6.1 Tydlighet om ljus i tidigare kursplaner	33
6.7 Strålning	34
6.7.1 Joniserande strålning är farlig	34
6.7.2 Skilj på strålning och radioaktivt material	35
6.7.3 Möjliga samband	35
6.8 Astronomi och kosmologi	36
6.8.1 Big Ideas in Astronomy	36
6.8.2 Kognitiva utmaningar att förstå vårt universum	37

6.8.3	Förslag på innehåll i grundskolan	38
6.9	Energi är ett övergripande tema	41
6.9.1	Förslag på innehåll: Årskurs F–3	41
6.9.2	Förslag på innehåll: Årskurs 4–6	42
6.9.3	Förslag på innehåll: Årskurs 7–9	42
6.9.4	Kommentar	43
7	Undervisningsstrategier	44
7.1	Erfarenheter från forskning och beprövad erfarenhet kring undervisningsstrategier	44
7.2	Exempel på undervisningsstrategier	44
8	Sammanfattning	45

1 Att lära sig fysik

Att lära sig fysik är som att lära sig ett nytt språk. Det betyder att lära sig hur man *läser* och *skriver* detta språk. Man kan tro att bara för det undervisas på svenska så är det lätt. Det stämmer inte, vilket en mängd forskning tydligt visar på. Man kan då undra vad som är fysikens språk? Jo, det är allt vi använder för att kommunicera kunskap om fysik, dvs talat och skrivet språk, matematik, grafer, tabeller, gester, utrustning, arbetssätt, mm. Detta sätt att betrakta fysik och fysikundervisning beskrivs väl av det som kallas socialsemiotik ([Airey and Linder; 2017](#)). Inte nog med det, fysiken använder dessutom en hel del ord som har en annan betydelse i vardagen än i fysikundervisningen. Vi bär dessutom med oss alternativa (miss-)uppfattning om hur världen vi lever i fungerar, något som många läroböcker i fysik tyvärr spär på. Dessa alternativa uppfattningar har visat sig vara mycket svårt att ändra på. Allt detta leder till att det blir en stor utmaning att lära sig fysik. Eleverna måste helt enkelt lära sig att läsa och skriva detta språk ([Eriksson; 2014](#); [Magtorn and Helldén; 2007](#)), precis som om de skulle lära sig tyska, engelska eller något annat språk. Många gånger bortser man som lärare från detta; eleven skall lära sig ett ämne (t.ex. fysik) OCH ett nytt språk för att kommunicera denna nya kunskap. Metaforiskt kan vi säga att "grammatiken" är svår för många och, som vi kommer att lyfta i denna text, utgörs till del av matematik. Därför vill vi att matematiken skall få en plats i fysikklassrummet igen. Det är så klart också viktigt att diskutera fysik från ett konceptuellt perspektiv, som det har gjorts under de senaste årtionden i grundskolans läroplan och läroböcker, men att bara fokusera på detta ger en skev bild av vad fysik är; eleverna lär sig därmed inte heller hela "språket". Vi anser därför att det är viktigt att den nya kursplanen lyfter fram kopplingen mellan konceptuell och matematisk förståelse och hur dessa kan förenas i olika grafiska representationer, baserad på empiri (observation av fenomen, insamling av mätdata, och behandling av dessa).

En annan viktig aspekt att lyfta fram här är "–Hur vet man?"

När det gäller fysik, som ett exempel på naturvetenskap, så är det viktigt att trycka på just denna fråga och också svara på den. Vi vet eftersom vi ställer hypoteser, gör observationer och experiment, som leder till modeller som beskriver det studerade fenomenet. Dessa modeller har begränsningar och skall alltid ifrågasättas och vara möjliga att falsifiera. Det är alltså inte frågan om att "tro på" fysiken utan fysiken är en beskrivning av vår verklighet i formen av modeller som alltså har sina begränsningar. Detta är en mycket viktig aspekt att förmedla till eleverna; de skall alltid vara kritiska och ifrågasättande, samtidigt som den fysik som presenteras i skolan så klart också är att betrakta som vedertagen och än så länge oemotsagd.

2 Tre huvudbudskap

I detta dokument ger vi konkreta förslag på hur vi anser att den nya läroplanen i fysik för grundskola bör se ut. Vi har utgått från forskning i ämnet fysikdidaktik, en forskningsdisciplin som sträcker sig tillbaka till tidigt 1950-talet, och som innehåller många olika fält. Vi har också tagit hänsyn till beprövad erfarenhet.

Detta dokument innehåller delar som vi anser mycket viktiga, samtidigt som vi inser att alla delar i fysiken inte täcks av detta dokument på grund av de tids- och resursbegränsningar som arbetet haft. Vi kan dock konstatera att det finns tre huvudbudskap, och vi har försökt konkretisera vårt arbete med ämnesspecifika instruktioner i fysik till dessa tre huvudbudskap inför den pågående revideringen av kursplanen i fysik.

Den nya kursplanen i fysik behöver lyfta fram:

- *Mer kvantitativ undervisning i fysik.*
För yngre åldrar (låg- och mellanstadiet) behöver den nya kursplanen tydliggöra att naturvetenskap/fysik handlar om att göra observationer och vardagliga mätningar, jämförelser och uppskattningar. För grundskolans äldre elever (högstadiet) behöver den nya kursplanen i fysik tydliggöra att fysikundervisningen vidare ska innehålla samband i fysiken med algebraiska uttryck och beräkningsuppgifter med dessa.
- *Tydligare förutsättningar för praktiskt arbete i fysikundervisningen.*
För att stärka elevernas rätt till laborativa inslag i undervisningen behöver den nya kursplanen ställa tydligare krav på förutsättningar som skolor måste uppfylla. Till exempel utrustning, lokal, gruppstorlek och tid.
- *Tydligare innehåll i fysikundervisningen.*
För ökad likvärdighet behöver den nya kursplanen vara tydligare i vad som ska ingå i fysikundervisningen och tydliggöra progressionen i olika åldrar. Tydligheten är viktig för att det ska gå att förstå vad som ingår – inte minst eftersom många lärare på grundskolan undervisar i flera ämnen och har begränsad fysikbakgrund. (Av dem som undervisar fysik i åk 7-9 är bara hälften behöriga enligt Skolverkets statistik). Tydligheten är också viktig för läromedelsförfattare och konstruktörer av nationella prov som då enklare kan få stöd för att lyfta fram/ta med viktiga fysikaspekter.

Dessa tre budskap är något som alla fysiker, forskare och lärare i olika grupper och möten (både med Skolverket i september och innan) uttryckte. Vi kommer i det fortsatta dokumentet att utveckla och motivera dessa tre huvudbudskap och även vidga dem något.

3 Nuvarande och tidigare kursplaner i fysik

För att få förståelse för, och bakgrund till, de modifieringar vi föreslår i detta dokument har vi gjort en analys av läroplaner från 1962 och fram tills idag.

Nya läroplaner för grundskolan har införts åren 1962, 1969, 1980, 1994, 2011 och 2022. Läroplanen Lpo94 innehöll inte några kursplaner, men kursplaner gavs ut 1996, och modifierades år 2000 i samband med att betygskriterierna ändrades.

3.1 Lgr62

Enligt den första läroplanen för grundskolan, Lgr62, läste alla fysik i åk 7 och 8. Åk 9 var uppdelad på olika grenar, och fysik ingick inte i timplanen för de yrkesförberedande grenarna. Kursplanen för fysik omfattade fyra sidor, och visas i Appendix 1. Den innehåller en mängd facktermer från fysik och teknik. Huvudmomenten var följande:

- Allmän fysik och mekanik, inklusive egenskaper hos vätskor och gaser
- Värmelära
- Ellära
- Astronomi
- Optik
- Fysikens senaste landvinningar

För varje huvudmoment fanns en utförlig text med förtydliganden av vad som ingick. Akustik var inte ett eget huvudmoment, men det framgår av de detaljerade anvisningarna för åk 8 att det ingick i elläran i samband med apparater som telefoner och högtalare. Där framgår också att magnetism ingick i elläran. I de olika momenten skulle man ta upp praktiska och tekniska tillämpningar av allmänt intresse, och ett stort antal sådana nämns explicit.

Som synes är innehållet strukturerat efter etablerade områden inom fysiken, och inte efter t ex tillämpningar. Energi inte är ett eget huvudmoment, utan ska tas upp i mekanik och värmelära. Det är så man betraktar energi i fysiken: energibegreppet genomsyrar alla fysikområden, men det är inte ett eget område.

Det angavs också vilka moment som ska behandlas under åk 7 respektive åk 8, och hur man i åk 9 ska repetera och fördjupa behandlingen av de moment som behandlats tidigare. Det sägs bl a att man särskilt på linjerna 9g och 9t där så är möjligt bör använda en kvantitativ formulering av fysikaliska lagar, vilket antyder att detta inte behövs under åk 7 och 8.

Förutom den detaljerade beskrivningen av innehållet fanns i Lgr62 allmänna synpunkter och anvisningar om undervisningen. Där läggs stor vikt vid laborationerna. Bl a sägs: ”Experimentet måste således inta en central plats i undervisningen... Vid behandlingen av ett kursmoment skall hithörande laborationer såvitt möjligt föregå och anknyta till lektioner, som är gemensamma för hela

klassen.” Det föreskrivs också att 25% lektionstiden ska ägnas åt laborationer, 1 timme varannan vecka av totalt 2 timmar varje vecka, och att dessa lektioner ska genomföras i mindre grupper.

Kommentarerna lyfter också fram samverkan med andra ämnen, i synnerhet matematik och svenska.

3.2 Lgr69 och senare kursplaner

Kontrasten är stor mellan Lgr62 och alla senare kursplaner, som är allmänt hållna och innehåller få facktermer. Mycket av texten i de senare kursplanerna är också gemensam för fysik, kemi och biologi.

I Lgr69 ges innehållet för hela grundskolan, utan att delas upp på årskurser eller stadier. Följande huvudmoment räknas upp:

- Materiens former och egenskaper.
- Tid, rum, rörelse och kraft.
- Olika energiformer.
- Elektriska och magnetiska fenomen.
- Vågrörelser. Ljud och ljus.
- Fysikaliska företeelser av betydelse i naturen och tekniken.

Vi ser att huvudmomenten delvis är desamma som i Lgr62, men man undviker etablerade facktermer och beskriver i stället momenten på ett mer allmänt och oprecist sätt. Dessutom saknas kommentarer om vad som ingår i de olika huvudmomenten. (I Lgr62 var dessa kommentarer detaljerade.) Resten av texten handlar i stället om hur man bör lägga upp undervisningen, framför allt utifrån vad som kan intressera eleverna.

På ett liknande sätt beskrivs innehållet i alla kursplaner efter 1969 i ett antal kortfattade punkter utan ytterligare kommentarer. En del av punkterna är inte fysikområden, utan t ex tillämpningsområden.

Mekaniken är det mest grundläggande fysikområdet, och också det som ligger närmast människans vardagliga erfarenheter. Traditionellt brukar man därför börja med mekanik när man läser fysik på gymnasiet och på universitetet. Mekaniken ligger också först i kursplanen från 1962. Senare kursplaner anger inte i vilken ordning de olika momenten ska läsas, och är vaga om innehållet. I Lgr69 är ”tid, rum, rörelse och kraft” ett huvudmoment (utan närmare specifikation), och i Lgr80 nämns att ”krafter” har betydelse för människan och naturen. I kursplanerna från 1996 och 2000 nämns mekanik bland ”mål att sträva mot”, men däremot inte bland de mål som eleverna ska ha uppnått efter åk 9 (där exempelvis elementarpartiklar återfinns). I kursplanerna från 2011 och 2022 nämns mekaniken som ”krafter, rörelser och rörelseförändringar” tillsammans med tillämpningar på t ex trafiksäkerhet. Hävarmar nämns 2011 men inte 2022.

En viktig skillnad mellan Lgr69 och Lgr62 är att värmeläran inte längre nämns i Lgr69. På liknande sätt är det i alla kursplaner efter 1969: värmelära finns inte som huvudmoment eller punkt i det centrala innehållet, och nämns bara vagt eller inte alls. Som vi ska se nedan avspeglas detta i läroböckerna i fysik för högstadiet.

I Lgr69 är energi ett eget huvudmoment. På liknande sätt behandlas energi i alla senare kursplaner: det nämns under egna punkter, vanligen tillsammans med kommentarer om energins betydelse för miljön och samhället, men aldrig i samband med de grundläggande fysikområden där de olika energiformerna definieras. Det pekar mot att man i första hand ska diskutera energi på ett kvalitativt sätt, som i samhällsdebatten, snarare än på ett kvantitativt sätt, som i fysiken. I skolverkets kommentarer till läroplanen från 2022, under rubriken "Olika energikällor och energins flöde", är denna inriktning ännu mer explicit än i läroplanen. Men för att man ska förstå innebörden av energibegreppet behöver man förstå hur energin omvandlas mellan olika former, särskilt lägesenergi och rörelseenergi i mekaniken och termisk energi i värmeläran, och beskriva omvandlingen kvantitativt.

En central fråga för undervisningen är i vilken grad man ska använda matematik i fysikundervisningen. Den berörs inte i någon av kursplanerna efter Lgr62. I det centrala innehållet i kursplanerna från 2011 och 2022 nämns dock sambandet mellan ström och spänning i elektriska kretsar, vilken kan tolkas som att man ska lära sig Ohms lag. Men skolverkets kommentarer till läroplanen från 2022 tonar ner detta, när man skriver: "Ohms lag kan då nämnas explicit i undervisningen".

3.3 Timplaner

Vi har också undersökt hur timplanen har förändrats under åren. I Lgr80 angavs endast det totala antalet timmar i de naturvetenskapliga ämnena. Sedan 1985 finns timplanen inte i läroplanen, utan i separata förordningar. Under perioden 1985-2018 angavs antalet timmar för hela grundskolan, men inte för olika stadier, vilket gör en jämförelse omöjlig.

Av dessa skäl redovisar vi bara timplanen i Lgr62 och nuvarande timplan, och bara för högstadiet, eftersom fysik bara fanns på högstadiet i Lgr62. I Lgr62 anges antalet veckotimmar för varje årskurs, och i nuvarande timplan det totala antalet klocktimmar för hela högstadiet. För att kunna jämföra dem har vi därför beräknat de olika ämnenas andel av det totala antalet timmar på högstadiet i respektive timplan. (För Lgr62 har vi använt siffrorna för de icke yrkesförberedande grenarna i åk 9). Resultatet för de naturorienterande ämnena, teknik och matematik visas i tabell 1.

I den nuvarande timplanen kan skolorna fritt fördela en del av timmarna för naturorienterande ämnen mellan biologi, kemi och fysik. Siffrorna inom parentes anger den garanterade miniminivån för varje ämne. Vi ser att den garanterade minimitiden i fysik nästan har halverats sedan 1960-talet. Om man i stället antar att timmarna fördelas lika mellan biologi, kemi och fysik, så har tiden för fysik minskat med 36%. Den tiden har i stället lagts på teknik, ett ämne som

	Lgr62 (%)	2024 (%)
Biologi	4,76	3,66 (3,04)
Kemi	3,81	3,66 (3,04)
Fysik	5,71	3,66 (3,04)
Teknik	0	3,34
Summa	14,3	14,3
Matematik	11,4	15,2

Tabell 1: Timplanen i Lgr62 och nuvarande timplan från 2024. Siffrorna anger olika ämnens andel av den totala undervisningstiden på högstadiet. Även summan av timmarna i biologi, kemi, fysik och teknik anges. Siffrorna inom parentes anger garanterad minimitid.

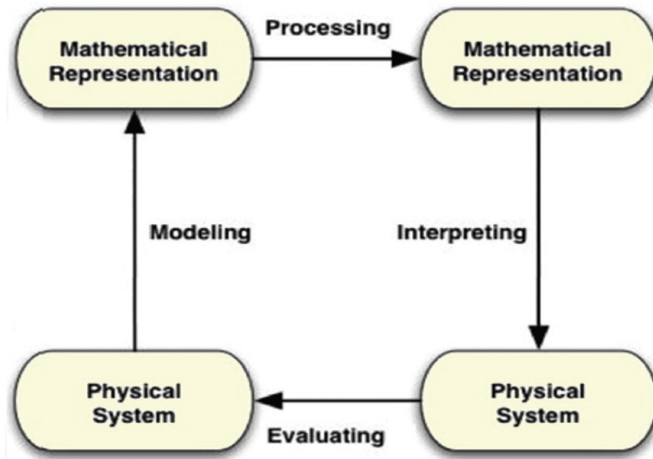
inte fanns i Lgr62, men som nu är nästan lika stort som de naturorienterade ämnena. Även kemi och biologi har förlorat undervisningstid till teknik, men i mindre grad än fysik.

Ett skäl till att fysiken har skurits ner kraftigast kan vara att fysiken i Lgr62 innehöll en del material som i dag tillhör teknik, t ex elektronik. Vårt intryck är dock att teknikämnet i dag har en oklar struktur, och att innehållet varierar mycket mellan olika skolor. Det kan bero på att man inte kan falla tillbaka på en tradition från Lgr62, eftersom ämnet inte fanns då. Som vi sett ovan har de fysikområden som behandlas i läroböckerna i grova drag varit desamma sedan 1960-talet, och ganska opåverkat av de betydligt diffusare läroplaner som kommit efter Lgr62. Detsamma gäller kemi, vilket vi konstaterat i en separat undersökning som inte redovisas här.

Av dessa skäl anser vi att kursplanen och undervisningen i teknik borde samordnas betydligt bättre med fysiken.

Vi ser också att matematikens andel av undervisningen har ökat väsentligt. Det borde underlätta en samordning mellan fysik och matematik, på så vis att man löser matematiska problem med innehåll från fysiken på matematiklektionerna. Vi utvecklar detta närmare i avsnitt 4.4.

Till sist konstaterar vi att ingen av kursplanerna efter Lgr62 specificerar hur mycket av undervisningen som ska ägnas åt laborationer.



Figur 1: Förhållandet mellan fysik och matematik. Från Redish (2021c).

4 Mer kvantitativ undervisning i fysik

4.1 Matematikens roll i fysiken

Fysiken är den mest kvantitativa av alla vetenskaper. Fysikens lagar formuleras med hjälp av matematik, och de fysikaliska grundbegreppen, t ex kraft, acceleration och energi, definieras genom enkla matematiska samband. Resultat av experiment jämförs kvantitativt med existerande teorier, och avvikelser är motiv för att utveckla mer förfinade eller annorlunda teorier.

Förhållandet mellan fysik och matematik i undervisningen har analyserats i en serie artiklar av Redish (2021c). Det illustreras i Figur 1, som hämtats från en av dem (Redish; 2021a). Vi börjar i figurens nedre vänstra hörn med observationer av ett fysikaliskt system. Analysens första steg, ”modellering”, är att föreslå en matematisk modell av systemet, där de storheter man tror är relevanta ingår. I nästa steg, ”processande”, använder man matematikens redskap för att undersöka modellens egenskaper genom härledningar och beräkningar. Sedan behöver man förstå vad resultaten av beräkningarna innebär för det verkliga fysikaliska systemet, ”tolkning”. Till sist jämför man denna tolkning med observationerna, ”evaluering”.

Ibland behöver man avancerad matematik. Modellens egenskaper kan då vara oväntade och omöjliga att förutsäga intuitivt, eftersom matematikens redskap är kraftfulla. Men modellen kan också vara enkel. Ett sådant enkelt exempel är jämvikt på en gungbräda, med tyngderna M_1 och M_2 på var sin sida, och på avstånden L_1 och L_2 från vridaxeln. Om tyngderna är lika är jämviktsvillkoret intuitivt självklart för varje barn som suttit på en gungbräda. I det allmän-

na fallet är det svårare, men med hjälp av den matematiska jämviktsmodellen $M_1L_1 = M_2L_2$ kan man lätt förutsäga var tyngderna ska placeras för att få jämvikt, om man kan elementär algebra.

Om man analyserar observationer av detta system helt utan matematik kan man upptäcka att en liten tyngd kan balansera en större tyngd om den ligger på större avstånd från vridaxeln, men längre kommer man knappast. Man stannar då helt på den nedre delen i Figur 1. En sådan rent kvalitativ beskrivning är typisk för hur fysikaliska begrepp används i andra sammanhang, t ex i samhällsdebatten och populärvetenskap. Om man helt gör på detta vis i skolans fysik förstår eleverna inte ämnets karaktär. De förstår inte heller vad det skulle innebära att läsa fysik på gymnasiet, och om det skulle intressera dem.

Att formulera en matematisk modell gör det inte bara möjligt att förutsäga utfallet i mer komplicerade situationer. Ännu viktigare är att det är det första steget mot att formulera de underliggande fysikaliska principerna, och därmed mer generella matematiska modeller. I fallet med gungbrädan kan man t ex generalisera jämviktsvillkoret till fall där man har flera tyngder, vilket ger anledning att definiera det mer abstrakta fysikaliska begreppet vridmoment. Än mer komplicerad blir situationen om gungbrädan inte är rak, och om kraften på de båda tyngderna inte har samma riktning; man behöver då definiera vridmomentet på ett mer generellt och abstrakt vis. Den modell man då får kan beskriva betydligt fler och mer komplicerade situationer, men är också svårare att relatera till det konkreta fysikaliska systemet, dvs ”modellering” och ”tolkning” i Figur 1 blir svårare.

Eftersom fysikens principer är universella visar det sig ofta att modeller som beskriver till synes helt olika fysikaliska fenomen kan härledas från en underliggande, gemensam modell. Ett berömt exempel är när Newton visade att samma matematiska modell kan beskriva både äpplets fall mot marken och planeternas rörelse runt solen. Newtons mekanik gjorde stort intryck, och var en viktig inspiration till hela upplysningen. En sådan strävan att finna gemensamma principer bakom olika fenomen går som en röd tråd genom fysikvetenskapens historia. Det görs alltid genom att man hittar en gemensam matematisk beskrivning, och kräver ofta att man definierar mer abstrakta begrepp.

4.2 Matematik i skolans fysik

Som vi sett ovan säger läroplanerna efter Lgr62 ingenting om användningen av matematik i fysikundervisningen. Hur går det då till i praktiken? Vi har bara anekdotiska direkta belegg om detta, men man kan på goda grunder anta att undervisningen starkt påverkas av de nationella proven och av läroböckerna. Vi har därför undersökt nationella prov och läroböcker i fysik för högstadiet. Resultaten redovisas nedan, och tyder på att matematik numera används i mycket liten utsträckning i grundskolans fysikundervisning.

Skulle det vara för svårt för de svenska eleverna att börja använda matematik i högstadiets fysik? Troligen gjorde de det för några decennier sedan, och som vi visar nedan föreskriver den engelska kursplanen i fysik för motsvarande årskurser att vissa moment ska behandlas matematiskt. Dessutom skulle beto-

ningen på algebra och proportionella samband i de ämnesspecifika instruktioner för matematik som nyligen har skrivits på uppdrag av Skolverket vara ett viktigt stöd för det. Vår bedömning är därför att det skulle gå bra att använda matematik i fysiken, att det skulle stärka elevers lärande i både matematik och fysik, och att många elever skulle tycka att det var intressant och berikande.

4.2.1 Nationella prov

De nationella proven i fysik för årskurs 9 från år 2013-2019 är offentliga (senare prov är sekretessbelagda). Den enda kvantitativa uppgiften på dessa prov är från år 2013 (man ska där säga var en person ska sätta sig på en gungbräda för att få jämvikt). I övrigt kräver de uppgifter som handlar om fysik bara kvalitativ kunskap, som att metaller och gaser ökar i volym när temperaturen ökar, eller att ljusare toner har högre frekvens. Det finns också uppgifter som är så komplicerade att eleverna omöjligen kan lösa dem korrekt, till exempel ”förklara hur temperaturhöjningen påverkar uppkomsten av orkaner”. Man förväntar sig här uppenbarligen bara ett mycket ytligt svar.

En stor del av uppgifterna på dessa prov kräver inga insikter alls i fysik; de handlar i stället om tillämpningar och om fysikens betydelse för samhället och miljön, till exempel ”förklara hur användning av fosterdiagnostik eller ekolod har påverkat levnadsvillkoren för individen och i ett större samhällsperspektiv”, eller ”resonera i två led kring vad ett byte av kylskåp kan få för påverkan på miljön”. Det är vanligen uppgifter av denna typ som ger mest ”A-poäng”, dvs poäng som krävs för högsta betyg.

Provkonstruktörernas tolkning av kursplanen är uppenbarligen att fysikundervisningen på högstadiet ska vara rent kvalitativ, utan inslag av matematik, och att tonvikten ska ligga på fysikens betydelse för samhället och miljön.

4.2.2 Läroböcker

En granskning har gjorts av 29 läroböcker i fysik för högstadiet som utkommit under 1962-2023 (om det finns separata böcker för de olika årskurser räknas de här som en bok).

Innehållet i läroböckerna från 1960-talet följer kursplanen i Lgr62, som ju var mycket detaljerad. Ett exempel är Fysik för grundskolan (Hörnblad och Eriksson), som har följande kapitel i boken för åk 7-8 (1963): *Kraft, fart, tryck; Värme, väder; El, ljudet; Om ljuset*; och följande kapitel i boken för åk 9 (1966): *Mekanik; Ellära; Värme; Atomfysik; Astronomi*. Senare kursplaner ger betydligt mindre vägledning (vissa av dem nästan ingen alls), men de områden som behandlas har ändå i stort sett förblivit desamma. Ett exempel är Nya fysik direkt från 2011 (Andersson och Andersson), som har följande kapitel: *Vårt solsystem; Mått, materia; Värme; Ljud; Ljus; Kraft, tryck; Rörelse; Energi; Elektricitet och magnetism; Atomfysik och kärnfysik; Universum*. En av de nyaste böckerna, Fysik 7-9 från 2023 (Johansson, Sörensson & Warell), har följande kapitel: *Fysikens modeller och metoder; Rörelse; Kraft; Kraft och rörelse; Energi och effekt; Tryck och temperatur; Klimat och klimatförändringar; Elektricitet och elektris-*

ka kretsar; Magnetism och elektromagnetism; Ljus och ljud; Radioaktivitet och strålning; Astronomi.

En del områden, som astronomi, atom- och kärnfysik, behandlas bara beskrivande. Det är naturligt, eftersom en kvantitativ behandling skulle bli för avancerad för högstadiet. Men i mekanik, värmelära och ellära finns det enkla och grundläggande kvantitativa samband som kan tas upp. Den mest formella beskrivningen är att ge en matematisk formel på symbolisk form, t ex $v = a \cdot t$. I en del böcker beskrivs formeln bara med ord: ”hastighetsökningen = accelerationen \cdot tiden”, eller ”hastighetsökningen fås genom att multiplicera accelerationen med tiden”. Ibland finns bara en kvalitativ beskrivning, till exempel ”acceleration innebär att hastigheten ökar eller minskar”.

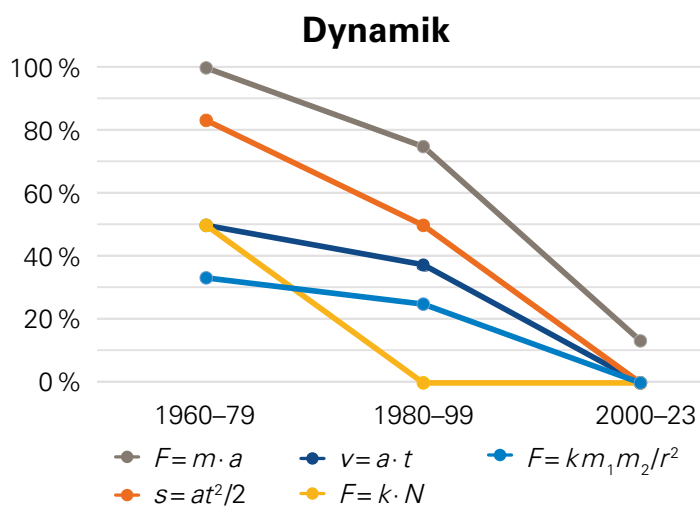
För att underlätta för eleverna att röra sig mellan de undre och övre nivåerna i Figur 1 bör formlerna ges på symbolisk form, den form man använder i matematiken. (Det utsluter förstås inte att man dessutom beskriver dem med ord.) Det är t ex betydligt lättare att se hur man kan beräkna accelerationen a från formeln ovan om den ges på symbolisk form än om den bara beskrivs med ord.

Figurerna 2,3,4, visar hur stor andel av böckerna som innehåller olika formler på symbolisk form under tre olika tidsperioder: de som utgavs 1962–1979 (sex böcker), 1980–1999 (åtta böcker), respektive 2000–2023 (femton böcker). Figur 2 visar detta för dynamik. Den nedåtgående trenden är tydlig. Newtons andra lag ($F = ma$) är hörnstenen i den klassiska fysiken. I de flesta böcker utgivna efter år 2000 ges inte formeln alls, varken på symbolisk form eller med ord. Där finns oftast inte heller någon definition av acceleration på symbolisk form.

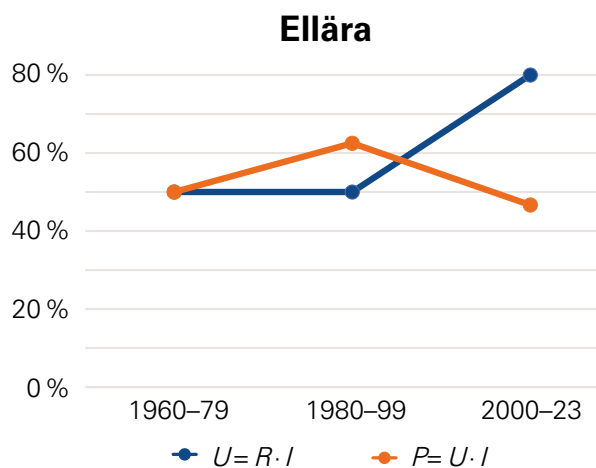
Figur 3 visar förekomsten av kvantitativa relationer i elläran. Uttrycket för elektrisk effekt finns på symbolisk form i hälften av böckerna efter 2000, vilket är ungefär detsamma som tidigare. Förekomsten av Ohms lag ($U = RI$) har ökat, och den finns på symbolisk form i de flesta böcker utgivna efter 2000, ofta som enda eller nästan enda formel. Förklaringen måste vara att det är den enda kvantitativa relation som nämns i läroplanen.

Figur 4 visar vilka energiformer som definieras kvantitativt under de olika perioderna. De mekaniska energiformerna (lägesenergi och rörelseenergi) definieras numera i få böcker, och termisk energi inte i några böcker alls utgivna efter 2000. På 1960-talet definierades inte bara värmekapacitet i nästan alla böcker, utan också smältvärme och ångbildningsvärme, så som föreskrevs av Lgr62 för åk 9.

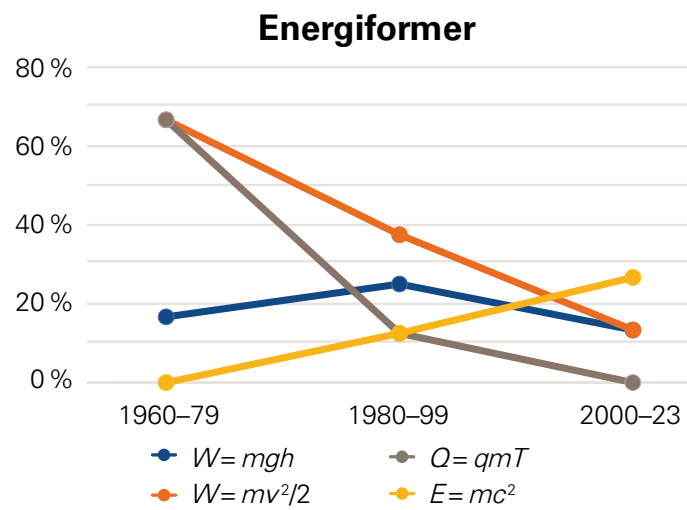
En formel som har tillkommit i några böcker är Einsteins uttryck för den relativistiska energin, $E = mc^2$. I den ena bokserien där det tas upp är detta det enda sambandet på symbolisk form, i den andra det enda förutom Ohms lag. Eftersom eleverna inte har fått vänja sig vid formelspråket med mer intuitiva exempel är det knappast fråga om ett allvarligt menat försök att förmedla kunskap, utan Einsteins formel blir en ren mystifikation.



Figur 2: Förekomst av formler i dynamik i fysikböcker utgivna under olika perioder. De gula och blå kurvorna betecknar friktionskraft respektive Newtons gravitationslag.



Figur 3: Förekomst av formler i ellära i fysikböcker utgivna under olika perioder (Ohms lag och elektrisk effekt)



Figur 4: Förekomst av definitioner av olika energiformer i fysikböcker utgivna under olika perioder (lägesenergi, rörelseenergi, termisk energi och relativistisk energi).

4.3 England: kursplan och nationella prov

I den internationella undersökningen TIMSS 2023 var England det europeiska land som fick högst resultat i naturvetenskap för åk 8, efter fyra östasiatiska länder (Skolverket; 2024). Sverige hamnade sex placeringar längre ner på listan. (De svenska elever som deltog i undersökningen var dessutom nästan ett år äldre än de engelska eleverna.)

Englands nuvarande kursplan i fysik för åldern för åk 10-11 (Key stage 4) visas i Appendix 2. (Eleverna är då 14-16 år gamla, och det motsvarar alltså åk 8-9 i den nuvarande svenska skolan, och åk 9-10 i nästa läroplan.) Den skiljer sig kraftigt från de svenska kursplanerna efter Lgr62, inklusive den nuvarande.

Det fysikaliska innehållet är mycket mer detaljerat i den engelska kursplanen än i den svenska. Texten är inte längre än i den svenska kursplanen (snarare tvärtom), men nästan all text handlar om fysik. I den svenska kursplanen handlar mycket om annat, och en stor del av texten är gemensam med kursplanerna i kemi och biologi.

I flera fall anger också den engelska kursplanen att behandlingen ska vara kvantitativ. Man ska beräkna arbete utfört av krafter och elektriska strömmar, där formeln $\text{arbete} = \text{kraft} \cdot \text{sträcka}$ nämns explicit, liksom verkningsgraden. Man ska också beräkna energiändringar vid uppvärmning och fasövergångar, vilket kräver att man definierar smältvärme och ångbildningsvärme. Andra kvantitativa samband som nämns är det mellan frekvens, våglängd och våghastighet, mellan laddning och ström, mellan energi och effekt, samt mellan tryck och temperatur i en gas med konstant volym (ett specialfall av den allmänna gaslagen).

Efter elva år i skolan tar eleverna i England nationella prov, GSCE, i ett antal olika ämnen. Alla måste ta prov i engelska, matematik och naturvetenskap ("science"), där fysik ingår. Proven konstrueras av flera oberoende organisationer, bl a AQA, Edexcel och OCR. De finns också i ett par olika svårighetsnivåer, beroende på ambition och på vilka kurser eleverna har läst.

Fysikproven från olika organisationer och på olika nivåer liknar varandra. De innehåller en blandning av kvalitativa och kvantitativa uppgifter, och i stort sett alla handlar om fysik. I många av de kvantitativa uppgifterna ska man sätta in siffror i en given formel. I de enklare proven ges de formler som behövs oftast direkt i uppgiften, medan man i prov på högre svårighetsnivå vanligen behöver hämta dem från en formelsamling, och ibland manipulera dem för att t ex bestämma resistansen R med hjälp formeln $U = RI$.

Som ett exempel innehöll formelsamlingen i ett av de svårare proven följande formler, skrivna både med ord och symboler:

$$v^2 - u^2 = 2ax \text{ (hastighetsändring vid konstant acceleration)}$$

$$E = IVt \text{ (elektrisk energi)}$$

$$V_p I_p = V_s I_s \text{ (transformator)}$$

$$\Delta Q = mc\Delta T \text{ (termisk energi)}$$

$$Q = mL \text{ (latent värme)}$$

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ (gas med konstant temperatur)}$$

$$E = \frac{1}{2}kx^2 \text{ (energin i elastisk fjäder)}$$

$F = (m_v - m_u)/t$ (kraft som krävs för hastighetsändring)

$F = BIl$ (magnetisk kraft på elektrisk ledare)

$V_p/V_s = N_p/N_s$ (transformator)

$P = h\rho g$ (hydrostatiskt tryck)

I formelsamlingen i en enklare variant av samma prov saknades de fyra sista formlerna ovan. Formlerna $E = mgh$ (lägesenergi), $P = UI$ (elektrisk effekt) och $E = Pt$ (sambandet mellan energi och effekt) gavs varken i uppgifterna eller i formelsamlingen, men behövdes för uppgifter på båda proven.

4.4 Samband med ämnesspecifika instruktioner för matematik

Om man ska använda matematik i skolfysiken behöver detta stödjas av kursplanen i matematik. Det centrala är att eleverna på högstadiet lär sig hantera algebra, framför allt uttryck av typen $a = cd$ och $ab = cd$.

Hole et al. (2018) har undersökt resultaten från TIMSS 2011 för matematik i åk 8 för 14 länder från Östasien, Östeuropa och Västeuropa, däribland Sverige och Norge. Det totala resultatet för Sverige och Norge var betydligt sämre än för Östasien och Östeuropa, och i nivå med Västeuropa. Hole et al. (2018) klassificerade uppgifterna efter om de involverar matematiska formler (väsentligen algebra), vilket var 22% procent av uppgifterna. Deras analys visade att skillnaden mellan Norge och Sverige å ena sidan och Östasien och Östeuropa å andra sidan var särskilt stor för dessa uppgifter, och att Norge och Sverige presterade betydligt sämre än övriga Västeuropa på dem. Algebra är alltså en svag punkt i den svenska skolan.

I de ämnesspecifika instruktioner för matematik som nyligen skrivits på uppdrag av Skolverket betonas särskilt algebra. Strävan är att undervisningen i aritmetik i de tidigare årskurserna ska läggas upp så att övergången till algebra på högstadiet ska underlättas. I förslaget till kursplanetext står bl a: "Ett fokus i årskurserna 8–10 är därför att elever ska kunna hantera matematiska situationer på ett flexibelt sätt, oberoende av talområden och talrepresentationer och även om kvantiteter eller objekt betecknas med variabler eller bokstäver" Vidare: "Algebrans representationsformer och metoder ska ha en tydlig roll inom alla områden av matematiken, särskilt för att hantera funktioner och samband och samvariation" Det föreslås också att man redan i tidiga skolår ska fokusera på proportionella samband.

Den inriktning som föreslås för skolans matematik passar mycket bra för tillämpning i fysik. Där används framför allt algebra, och de flesta av de samband som är aktuella i högstadiets fysik är proportionella.

Samtidigt som den föreslagna kursplanen stödjer användningen av matematik i fysiken, så skulle det senare vara ett viktigt stöd för elevernas studier i matematik. Redish and Kuo (2015a) påpekar att matematik används annorlunda i fysiken än i matematikämnet. I matematiken har variablerna ingen egen betydelse och inga enheter, och deras beteckning är godtycklig. I fysiken har de enheter och en bestämd fysikalisk betydelse, och man använder fasta beteckningar, t ex t för tid och T för temperatur. Ett resultat är att man tenderar

att använda betydligt fler variabelnamn i fysiken än i matematiken, där man brukar använda ett fåtal ganska stereotypa namn, t ex a, b, c för konstanter, x för den oberoende och y för den beroende variabeln.

Detta gör att fysiken är väl lämpad för upptäcka att samma matematiska strukturer återkommer i helt olika fall som alla beskriver verkliga samband. Att använda matematik i fysik är det naturligaste sättet att lära sig att tillämpa matematik, dvs att koppla ett verkligt system till en matematisk modell. Det har man stor nytta av i många andra sammanhang än fysik.

4.5 Slutsats och förslag på samband att ta med i kursplanen

Redan på låg- och mellanstadiet bör det vara möjligt att skapa en medvetenhet om vissa grundläggande fysikaliska principer, t ex skillnaden mellan extensiva och intensiva storheter, som energi respektive temperatur. Det går även att införa jämförelser och uppskattningar av vardagliga mätningar. Men en formell matematisk behandling bör vänta till högstadiet, då eleverna lär sig algebra i matematiken.

Två områden som lämpar sig väl för en matematisk behandling är mekanik och värmelära. De är de mest grundläggande fysikområdena, och där definieras många av fysikens centrala begrepp och enheter med hjälp av enkla algebraiska samband, ofta på formen $a = b \cdot c$. De har också fördelen att handla om sådant som man har naturlig erfarenhet av. Eleverna kan därmed ha nytta av sin intuition för att förstå sambandet mellan matematiken och verkligheten, dvs den övre och den undre nivån i Figur 1. Båda områdena lämpar sig också väl för kvantitativa elevlaborationer.

Även på högstadiet behöver en del stoff behandlas kvalitativt, eftersom den matematik som skulle krävas är alltför avancerad. Det gäller stora delar av den nuvarande kursplanens centrala innehåll för högstadiet, t ex optik, partikelstrålning och elektromagnetisk strålning, akustik, radioaktiv strålning, jordens strålningsbalans, och universums uppkomst, uppbyggnad och utveckling. Det finns goda skäl för att inkludera även en del sådant stoff, även om behandlingen blir ytlig. Men det är viktigt att hitta en balans mellan detta stoff och sådant som behandlas matematiskt. Den balansen saknas i dagens svenska grundskola, som helt tycks undvika matematik i fysiken.

En fara som ofta nämns är att fysiken reduceras till att sätta in tal i formler, som man antingen lärt sig utantill eller hämtar från en formelsamling. (Räkneuppgifterna i de engelska nationella proven är av detta slag. Det finns dock ännu fler uppgifter av kvalitativ och begreppsmässig karaktär.) Att använda givna formler är visserligen en färdighet som kan vara värdefull, och som många saknar, men den behöver inte innebära att man förstått de underliggande fysikaliska principerna. Det har visats i undersökningar av bl a [Jacobsson et al. \(2024\)](#) och [Redish and Kuo \(2015b\)](#).

När man löser fysikproblem på detta vis befinner man sig uteslutande på den övre nivån av Figur 1. Men för att förstå fysik måste man också koppla ihop den med figurens nedre nivå. Ofta är det just detta, ”modelleringen” och

”tolkningen”, som är svårast för den som börjar studera fysik, snarare än de matematiska manipulationerna. Ett avgörande steg är att man inte bara ser de matematiska formlerna som hjälpmedel för beräkningar, utan som något som beskriver fysik och uttrycker fysikaliska principer (Redish; 2021b). I denna mening är matematik fysikens språk.

Men att som i dag undvika den övre, matematiska nivån i Figur 1, med motivet att många tycker det är svårt, betyder att man inte kan förstå fysikens principer. Det betyder också att de som sedan läser fysik på gymnasiet får mindre tid på sig att förstå hur man använder det matematiska språket i fysiken. För detta krävs tid, liksom det krävs tid för att lära sig andra språk. Problemet förvärras av att man på grund av kursläsningen bara läser fysik i två år på gymnasiet. För några decennier sedan läste man fysik tre år på gymnasiet, och började använda enkel matematik i högstadiesfysiken.

De ämnesinstruktioner för matematik som skrivits på uppdrag av Skolverket erbjuder en bra språngbräda för att använda matematik i högstadiets fysik, tack vare sitt fokus på algebra. Det ger också stora möjligheter för samverkan mellan skolämnena fysik och matematik. Det är lätt att formulera relevanta fysikproblem som samtidigt passar för den algebra som man läser på matematiken, och som man därför kan lösa på matematiklektioner. Det skulle ge de algebraiska variablerna en konkret betydelse, och samtidigt vänja eleverna vid att variablerna kan ha många olika namn medan den matematiska strukturen är densamma. Detta är viktigt även för förståelsen av matematiken. På så vis kan ämnena stödja varandra.

En del elever kommer troligen ändå att ha svårt att klara den matematiska behandlingen. Vi anser inte heller att man måste behärska den för att bli godkänd. Även på de områden där man använder matematik ingår kvalitativa begrepp, och alla prov kommer att innehålla även kvalitativa, begreppsmässiga uppgifter, något annat vore otänkbart. Endast för högre betyg bör man kräva att eleverna behärskar den matematiska behandlingen.

En allvarlig nackdel med att inte använda matematik i högstadiets fysik är att eleverna inte förstår ämnets karaktär när de ska välja gymnasieprogram. På gymnasiet behandlas fysiken huvudsakligen matematiskt.

Till sist vill vi ge ett konkret förslag på vilka kvantitativa samband som bör ingå i undervisningen. Det är ett urval av dem som har förekommit i åtminstone några av de svenska läroböcker som granskats ovan.

Allmän fysik:

$$\rho = m/V \text{ (densitet)}$$

$$\eta = E_{ut}/E_{in} \text{ (verkningsgrad)}$$

$$P = E/t \text{ (effekt)}$$

Mekanik:

$$v = s/t \text{ (hastighet)}$$

$$a = \Delta v/t \text{ (acceleration)}$$

$$s = at^2/2 \text{ (accelererad rörelse)}$$

$$F_1s_1 = F_2s_2 \text{ (statisk jämvikt)}$$

$$a = F/m \text{ (Newtons andra lag)}$$

$$F = kN \text{ (friktionskraft)}$$

$$F = km_1m_2/r^2 \text{ (gravitation)}$$

$$p = F/A \text{ (tryck)}$$

$$A = Fs \text{ (arbete)}$$

$$E_p = mgh \text{ (lägesenergi)}$$

$$E_k = mv^2/2 \text{ (rörelseenergi)}$$

Värmelära:

$$Q = Cm\Delta T \text{ (termisk energi)}$$

$$Q = Lm \text{ (latent värme)}$$

Ellära:

$$U = RI \text{ (Ohms lag)}$$

$$P = UI \text{ (elektrisk effekt)}$$

Vågor (akustik och optik):

$$v = f\lambda \text{ (våghastighet)}$$

Att vi här skrivit Newtons andra lag som $a = F/m$ i stället för det vanliga $F = ma$ beror på att det bättre visar att accelerationen orsakas av kraften, snarare än tvärtom. Annars kan den skenbara likheten med de formler som anger hur friktionskraften och gravitationskraften beräknas ge upphov till förvirring, som påpekats av [Redish \(2021b\)](#).

5 Tydligare förutsättningar för praktiskt arbete i fysikundervisningen

I det här avsnittet kommer vi redogöra för problemet att elever inte får den tid att laborera de har rätt till. Även om den nuvarande läroplanen tydligt belyser vikten av praktiskt naturvetenskapligt arbete så har tiden visat att skolorna i praktiken inte prioriterar det i tillräcklig utsträckning.

5.1 Elever får inte alltid den tid att laborera de har rätt till

I en serie artiklar i Sydsvenskan (7-20 januari 2025) har journalisten Emma Leijnse belyst skillnader mellan olika gymnasieskolor i undervisningstid och laborationsmöjligheter. Hon kommer fram till att det inte är alla skolor som ger elever den undervisningstid de har rätt till enligt skollagen, och att flertalet skolor inte har laborationer i den utsträckning som läroplanen antyder. Tillgången på labb-utrustning varierar också mellan skolor.

Från våra kontakter med skolor vet vi att skillnaderna är stora även mellan grundskolor. Hur stor andel av skolor eller elever som inte får den laborationstid som krävs för att kunna ta del av fysikens syfte och förstå naturvetenskapens undersökande metod återstår fortfarande att klargöra. Men vi kan konstatera att alla elever inte får den laborationstid de har rätt till. För att uppnå en mer likvärdig skola föreslår vi ett tydliggjort innehåll om naturvetenskapliga undersökningar i kursplanen och tydligare skrivningar om tid till laborationer, gruppstorlek och utrustning som skolor ska ha tillgång till. I Lgr62 angavs att en lektion varannan vecka skulle avsättas för laborationer och att de skulle genomföras i halvklass om det fanns minst 17 elever i klassen.

5.2 Naturvetenskapliga undersökningar som ett innehåll

Den nuvarande kursplanen för fysik utgår från tre övergripande områden där det tredje handlar om ”att genomföra systematiska undersökningar i fysik”, vilket utvecklas under det centrala innehållet för respektive skolstadium. Ambitionen är att elever ska lära sig att själva undersöka naturen och dessutom få en förståelse för hur ”kunskaper i fysik växer fram med hjälp av naturvetenskapliga arbetsmetoder”. Det är en relevant ambition men behöver förklaras tydligare i en ny kursplan eftersom det är förknippat med en vanligt förekommande sammanblandning mellan kunskapsmål och undervisningsmetoder i samband med laborativa inslag i undervisningen. Problemet är i korthet att systematiska undersökningar och naturvetenskapliga arbetsmetoder ofta tolkas av lärare som beskrivningar av undervisningsmetoder snarare än kunskapsmål i sig (Lunde et al.; 2020). Ett vanligt exempel på det är när begreppet ”experiment”, som är en viss typ av undersökning, blandas ihop med ordet ”laboration”, som är en viss typ av undervisningsaktivitet. Den här sammanblandningen gör det svårare för elever och lärare att urskilja kunskaper om naturvetenskapliga undersökningar

som ett kunskapsmål i sig.

Att lära sig göra egna undersökningar som kunskapsmål leder till frågan om vad elever behöver kunna om undersökningar för att det ska vara möjligt. Kunskaper om naturvetenskapliga undersökningar är viktiga både för att förstå hur man studerar naturen inom fysiken, och vad som är karakteristiskt för naturvetenskaplig kunskap som sådan (naturvetenskapens karaktär), t.ex. att naturvetenskaplig kunskap är empiriskt grundad och att förklaringsmodeller kan förändras. Kunskaper om naturvetenskapens karaktär är i sin tur en viktig del av naturvetenskaplig allmänbildning (scientific literacy) som övergripande mål med alla naturvetenskapliga ämnen i skolan (Osborne; 2023). Av dessa skäl behöver en ny kursplan i fysik förtydliga vad naturvetenskapliga undersökningar som ett innehåll innebär och hur det kan bli en del av undervisningen i fysik.

I dagens kursplan för fysik finns ett fåtal begrepp för att beskriva naturvetenskapliga undersökningar som innehåll. Begreppen är fram för allt: observationer och experiment (alla åldrar), samt dessutom undersökningsbara frågor och undersökningar (för åren 7-9). Det här ger lärare begränsad vägledning i vad elever behöver kunna om vad som t.ex. kännetecknar experimentet som naturvetenskaplig metod (dvs kontroll av variabler) och hur det skiljer sig från andra typer av systematiska observationer, samt vad som kännetecknar en undersökningsbar frågeställning och hur olika typer av frågeställningar kan besvaras med olika typer av metoder.

Det är också intressant att notera att begreppet hypotes inte nämns alls samtidigt som det finns en stark tradition i grundskolan att be elever formulera hypoteser i samband med undersökningar. I grundskolan används dock ordet hypotes nästan alltid i betydelsen av en gissning om vad man "tror kommer hända" i en undersökning, i motsats till hur det används i forskning där en hypotes är en möjlig förklaring av ett fenomen (Eastwell; 2014; Gyllenpalm and Wickman; 2011b). Man gör alltså ingen skillnad mellan en hypotes och en förutsägelse, vilket leder till missuppfattningar om hur naturvetenskapliga undersökningar går till, och ger en dålig vägledning för att kunna göra sådana själv. En ytterligare konsekvens är att elever kan känna ett obehag i att bli ombudda att formulera hypoteser eftersom de ofta vet att det finns ett rätt svar som aktiviteten syftar till och vill inte ta den personliga risken att ha fel (Furtak; 2006; Gyllenpalm et al.; 2010). Dessa problem har antagligen varit en grund för att begreppet hypotes har tagits bort från senare kursplaner (se Tabell 1 från Johansson and Wickman (2012), men det är fel väg att gå. Att förstå vad hypoteser betyder i undersökningar i fysik och att få erfarenhet av att pröva hypoteser med hjälp av experiment och andra typer av undersökningar är en viktig del av att lära sig om naturvetenskapliga undersökningar. Det bör dock betonas att naturvetenskapliga undersökningar alltid utgår från en fråga, men testar inte alltid en hypotes (Skolverket; 2017b).

En av de mest centrala metoderna i all naturvetenskap, och särskilt i fysik, är det kontrollerade experimentet. Principen för ett kontrollerat experiment är att aktivt göra en förändring i ett system (den oberoende variabeln) och studera effekten av den (den beroende variabeln) på ett kontrollerat sätt (Skolverket; 2017c). I skolan likställs dock ofta begreppen "laboration" och "experiment" som

Läroplan	fakta	experiment	teorier	modeller	frågeställning	hypotes	förutsägelse	orsakverkan	felkällor
Lgr 62 & 69	x	x						x	
Lgr 80	x	x	x	x					
Lpo 94, kursplan 1996	x	x	x	x		x			
Lpo 94, kursplan 2000	x	x	x	x	x	x	x		
Lgr 11	x	x	x	x	x				x

Tabell 2: Vetenskapsteoretiska begrepp som omnämns i undersökta läroplaner och kursplaner

beskrivningar av undervisningsmetoder (Gyllenpalm and Wickman; 2011a) Detta gör det svårt för lärare och elever att uppfatta kunskaper om det kontrollerade experimentet som ett eget innehåll, både dess logik och historiska betydelse, samt att det inte är den enda undersökningsmetoden som fysiker använder. I skolan används dessutom ofta ordet ”arbetssätt” som en förkortning för pedagogiska arbetssätt (dvs. undervisningsmetoder), och ibland som en förkortning av naturvetenskapliga arbetssätt (dvs undersökningsmetoder). För tydlighetens skull borde kanske ordet ”arbetssätt” helt strykas ur alla kursplaner i naturvetenskapliga ämnen.

Naturvetenskapliga undersökningar är ett område elever kan relativt lite om i Sverige (Gyllenpalm and Rundgren; 2021; Lederman et al.; 2019). Ett vanligt misstag har länge varit att anta att elever lär sig om undersökningar i naturvetenskap enbart genom att låta elever göra undersökningar, men didaktisk forskning har tydligt visat att det inte stämmer (Schwartz et al., 2004). Elever behöver självklart få egna erfarenheter av att delta i, göra och planera undersökningar men det räcker inte. Det krävs också explicit undervisning om olika typer av undersökningsbara frågeställningar, olika metoder och vad som karakteriserar undersökningsprocesser som helhet i naturvetenskap (Hrisa and Psillos; 2022; Khishfe and Abd-El-Khalick; 2002), t.ex. deras iterativa karaktär (Skolverket; 2017b). Kunskaper om principerna för ett kontrollerat experiment, samt betydelsen och funktionen av hypoteser respektive frågeställningar i undersökningar är alltså av samma typ som kunskaper om begrepp som kraft, massa och energi. Dessa kunskaper kan och bör därför även bedömas som all annan begreppslik kunskap inom fysiken (Abrahams et al.; 2013). Samtidigt är det viktigt att naturvetenskapliga undersökningar inte blir ett helt fristående innehåll utan bör integreras i undervisningen som en röd tråd genom hela undervisningen och då och då behandlas explicit.

5.3 Laborationer som en undervisningsmetod

Vi anser att det är bra att kursplaner i Sverige inte detaljerat föreskriver speciella undervisningsmetoder utan värnar om lärare professionella omdöme för

att anpassa undervisningen efter behov. Samtidigt är laborationer i olika former och med olika kunskapsmål en central undervisningsmetod i fysik med lång tradition ([Kaiserfeld; 1999](#)) och en ny kursplan bör göra det tydligt samt ställa krav som leder till att skolor får resurser för att möjliggöra detta. Att beskriva laborationer som undervisningsmetod här syftar dock i första hand till att ytterligare belysa skillnaden mellan laborationer som undervisningsmetod och naturvetenskapliga undersökningar som ett innehåll. Laborationer är en undervisningsmetod i naturvetenskapliga ämnen som ofta innebär att elever gör naturvetenskapliga undersökningar i olika grad.

En viktig dimension av hur undervisningen med laborationer organiseras är i vilken grad eleverna får ta ansvar själva för olika delar av en undersökning. Det kan beskrivas med en didaktisk modell som kallas för frihetsgrader. En enkel sammanfattning ges i texten av [Skolverket \(2017a\)](#), vilken återges här (sid 5):

”När eleverna får i uppgift att göra en naturvetenskaplig undersökning kan man som lärare låta eleverna ta varierande ansvar för olika delar av undersökningen. En enkel indelning av en undersökning är de tre delarna frågeställning, metod och resultat. Beroende på vilka delar som eleverna får som givna eller öppna, kan laborationer klassificeras i olika antal frihetsgrader. I en undersökning med noll frihetsgrader är alla delar givna av läraren, medan i en undersökning med tre frihetsgrader lämnas alla delarna öppna för eleverna att påverka. En mer ”öppen” undersökning har alltså fler frihetsgrader”

Det här ger en indelning med 0-3 möjliga frihetsgrader och en möjlighet att specificera vilka aspekter av en undersökning elever ges ansvar för. En undersökning med 0 frihetsgrader kan t.ex. lämpa sig för att introducera en metod, ett mätinstrument, eller ett sätt att behandla och analysera data på, och en undersökning med 2 frihetsgrader vara bättre för att öva på att planera en egen undersökning utifrån en given frågeställning om metoden inte är given.

För att elever ska få möjlighet att få erfarenhet av naturvetenskapliga undersökningar i sin helhet behöver de ibland få uppleva laborationer med tre frihetsgrader, även kallade öppna laborationer ([Hodson; 2014](#)). En förutsättning för det är att kunskaper om naturvetenskapliga undersökningar också behandlas explicit som ett innehåll i samband med dessa. I praktiken betyder inte tre frihetsgrader ”eget arbete” eller att eleverna lämnas åt sig själva; det måste alltid finnas en tydlig avgränsning av fenomen att studera och metoder att använda samt förberedelse för och vägledning i att göra det. Fler frihetsgrader kräver alltså ofta mer av lärare i termer av tid för planering, vägledning och möjligheter till kreativa anpassningar i undervisningen ([Björnhammer et al.; 2024](#); [Dobber et al.; 2017](#)). För att motivera den extra ansträngningen, och för att undvika kognitiv överbelastning, bör lärandemålen för laborativa inslag med högre frihetsgrader därför fokusera på kunskaper om naturvetenskapliga undersökningar, t.ex. genom att välja områden där det traditionella begreppsliga innehållet är relativt enkelt eller redan välbekant för eleverna. Eftersom många lärare har begränsade egna erfarenheter av autentiskt vetenskapligt undersökande behövs ofta stöd i form av läromedel och tydliga exempel att följa ([Windschitl; 2003](#)).

Sammanfattningsvis är laborativa inslag med högre frihetsgrader något som bör eftersträvas men förutsättningen är att naturvetenskapliga undersökningar ses som ett eget innehåll som är värdefullt för elevers naturvetenskapliga bildning.

6 Tydligare innehåll i fysikundervisningen

6.1 Utgå från de klassiska fysikområdena i läroplanen

Läroböcker i fysik har sedan 1960-talet haft liknande innehållsförteckning, uppdelad i de klassiska fysikområdena. Om innehållet i läroplanen skulle utgå från en liknande struktur skulle tydligheten öka för lärare, läroboksförfattare, konstruktörer av nationella prov och inte minst för elever. Så var fallet i Lgr62, men inte i någon av de senare läroplanerna. Samtidigt behövs en tydlig progression i både innehåll och vad elever förväntas kunna i slutet av lågstadiet, mellanstadiet och högstadiet.

Detta tror vi skulle öka tydligheten i innehållet i fysikämnet i skolan. Vi tror att lärare fortfarande skulle ha frihet att undervisa på ett annat sätt, till exempel tematiskt och ämnesövergripande, även om kursplanen var indelad efter fysikområden.

Som komplement till de klassiska fysikområdena behöver kursplanen också ta upp övergripande teman som Fysikens roll i samhället, som redan är framträdande i dagens kursplan, och Naturvetenskapernas karaktär, som diskuteras mer i kapitel 4.1.

För en vetenskaplig grund i undervisningen behöver kommentarmaterialet ge stöd för lärare att hitta till den omfattande och relevanta forskningslitteraturen om lärande, vanliga svårigheter och strategier på hur dessa klassiska områden kan undervisas.

Nedan presenteras mer i detalj vad som kan ingå i några olika områden. Därutöver några områden som vi inte kommenterar, men som bör finnas i kursplanen och i praktiken behandlas i alla läroböcker, t ex materiens uppbyggnad och akustik.

6.2 Behovet av en läromedelsinspektion

Bristen på tydlighet i nuvarande kursplaner leder till osäkerhet om vad som ingår. Vad ska eleverna t.ex. kunna inom optik? För skolår 1-3 anges 'upplevelser av ljus ...' under rubriken 'Kropp och hälsa' som troligen kopplas till biologi. För skolår 4-6 nämns 'Hur ljus och ljud breder ut sig och kan reflekteras' och för 7-9 'Hur ljus breder ut sig, reflekteras och bryts'. Ingår linser, kikare och mikroskop? Ingår prisma? Ingår strålgångar? Ingår ljus som vågrörelse? Vad kan gymnasielärare utgå från att elever har med sig från grundskolan?

I kommentarmaterialet anges inbjudande 'Det kan till exempel innebära att eleverna får bekanta sig med hur kunskaper i optik kan hjälpa oss människor att förbättra synen med linser i glasögon, kikare, mikroskop och teleskop', men inte att eleverna *ska* möta detta innehåll.

Under rubriken 'Året runt i naturen' för år 1-3 skulle man kunna ta upp ljus och skugga och hur ljuset från solen kommer in riktningar som varierar under dagen och året, som ofta undersöks redan i förskolan men det syns inte i aktuellt kommentarmaterial förrän i år 4-6. (Solsystemets himlakroppar nämns dock

under rubriken ‘kraft och rörelse’ som något man ska lära sig – inte undersöka själv.)

En läromedelsinspektion skulle kunna spela stor roll för att säkerställa likvärdighet i det innehåll elever får möta.

6.2.1 Vanliga fel i läromedel spär på missuppfattningar

En inspektion skulle också kunna bidra till att minska förekomsten av innehåll som leder till eller förstärker vanliga missuppfattningar. De traderas ofta från en generation läromedel till nästa. Här nämner vi bara ett par exempel. Det finns många fler.

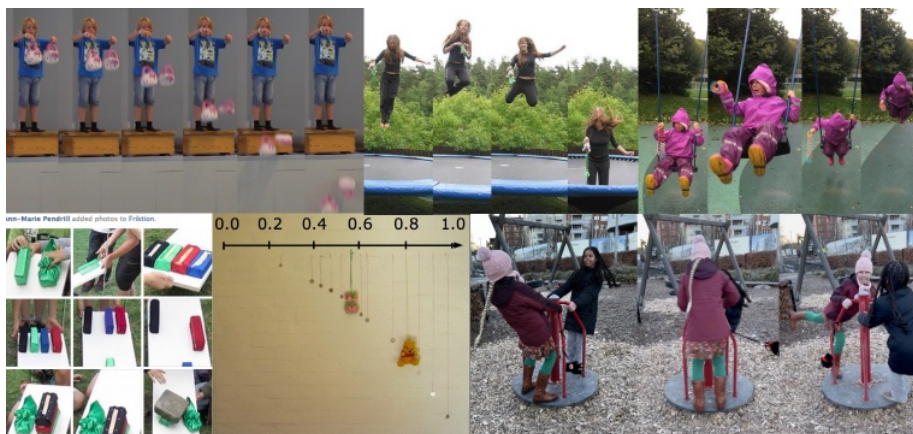
- Den Aristoteliska uppfattningen att ‘Allt som rör sig behöver någon sorts kraft för att förflytta sig’ återfinns i läromedel för yngre åldrar, men strider mot Newtons första lag.
- Majoriteten av högstadiesböcker förväxlar t.ex. ‘motkraft’ i Newtons tredje lag med motriktad kraft. Ibland förekommer båda användningarna av termen på samma uppslag.
- I en nyutkommen högstadiesbok från ett av de stora förlagen förklaras att bly har högre densitet än aluminium, med att ‘i aluminium är atomerna lätta och inte så tätt packade’. Ur densitet och masstal kan man lätt räkna ut att aluminiumatomerna faktiskt ligger tätare. Den tvådimensionella bilden visar dessutom 4×9 cirklar i lika stora behållare. Mellan de (olika stora) cirklarna som representerar atomer finns en färgad bakgrund. (Kristallstrukturen är också fel men det är kanske ett mindre problem.)

Utöver direkta fel finns också många presentationer som didaktisk forskning har visat ofta leder till missuppfattningar.

6.3 Mekanik – krafter och rörelse

Små barn upplever tidigt relationen mellan kraft och rörelse. Samtidigt är det ett kunskapsområde där elever och studenter har många väldokumenterade missuppfattningar – en del av dem letar sig ibland in i läromedel. Det är därför viktigt att undervisningen hjälper eleverna att förstå hur deras erfarenheter hänger ihop med Newtons lagar, och att kommentarmaterialet ger lärare tillräckligt stöd. Välvalda experiment och demonstrationer kan kopplas till klassiska fysikhistoriska experiment och ge konkreta illustrationer till hur naturvetenskapen utvecklats (“Naturvetenskapernas karaktär”). Barnen bör få möjlighet att beskriva sina upplevelser, observationer och undersökningar innan de får lära sig fysikens terminologi. I många fall ger jämförelser tydligare resultat än mätningar. Filmer, t.ex. med mobiltelefoner, ger bra underlag för uppföljande diskussioner i klassrummet.

Att det behövs en kraft för *ändring* av rörelse – acceleration – är mycket mer intuitivt än att det *inte* behövs någon kraft för att en rörelse ska fortsätta. I



Figur 5: Exempel på barns och elevers undersökningar av kraft och acceleration.

stället för att börja med föremål i vila, jämvikter och likformig rätlinjig rörelse kan man därför utgå från kraftekvationen, $F = ma$, och utnyttja kroppens upplevelser av acceleration med fokus på de krafter som verkar på den egna kroppen.

Gravitation, friktion, hävstänger, svängningsrörelser och rotation ingår i elevernas erfarenheter, liksom upplevelser av flyta eller sjunka. De kan undersökas redan i förskolan, men skolan bör erbjuda en progression från lågstadium till högstadium och lägga en grund för en mer abstrakt behandling på gymnasiet. För många delar kan samverkan med andra ämnen vara aktuellt, t.ex. enkla maskiner i teknikämnet, svängningar i musiken, flyta/sjunka med idrott och kemi.

6.3.1 Gravitation

Redan mycket små barn vet att föremål faller till marken och lär sig så småningom att lätta föremål faller långsammare än tyngre. En sten faller snabbare än en fjäder – men faller tunga föremål alltid snabbare än lättare? Vilka faktorer kan tänkas påverka? I barnens omgivning finns mycket material som kan användas för att undersöka detta genom att samtidigt släppa par av föremål. Att använda vardagliga saker påminner om att fysiken gäller även utanför klassrummet. Video kan vara till hjälp för "målfoto", men man kan också lyssna efter ljudet när bollar eller annat träffar golvet. Experimentet bör kopplas till berättelse om Galileos legendariska experiment i Pisa. Detta kan undersökas redan på lågstadiet med stödjande diskussioner från lärare (Nilsson; 2005; Pendrill et al.; 2014b). På mellanstadiet kan det följas upp med systematiska undersökningar av luftmotstånd t.ex. med jämförelser mellan ett och flera kaffefilter som får falla. På högstadiet ger program som Tracker (physlets.org/tracker) möjlighet att göra en mer kvantitativ videoanalys för att mäta tyngdaccelerationen g .

6.3.2 Friktion och lutande plan

Barn känner till begreppet friktion (Larsson; 2016) och lär sig tidigt att regnbyxor på våt rutschbana går snabbast – att både ytor och vad som finns mellan dem spelar roll. Undervisningen kan hjälpa barn till djupare förståelse, genom att koppla lekplatsupplevelser till experiment (Pendriil et al.; 2014a). Genom välvald utrustning kan eleverna upptäcka att massan eller kontaktytans storlek (nästan) inte spelar roll. På högstadiet kan man koppla observationerna till krafter på lutande plan, som kan undersökas med dynamometer, men också med sensorer t.ex. i telefonen (Pendriil; 2020b). Man kan också komplettera med ISLE-inspirerade undersökningar av hur olika föremål rullar nedför ett lutande plan (Pendriil; 2020a).

Det är viktigt med tillräckligt stor variation i övningsuppgifterna om friktion, så att eleverna påminns om att friktionskraften också kan vara i rörelsens riktning, till exempel när man går eller när en bil startar.

6.3.3 Svängningsrörelser, pendlar och krafter

I lekplatsens gungor kan barn få möjlighet att 'gunga tvilling' – där två barn gungar bredvid varandra, i fas och lika högt. För att kunna gunga tvilling krävs att båda gungorna har samma svängningstid (period). På mellanstadiet kan man undersöka mer systematiskt vilka faktorer som påverkar en pendels svängningstid. På högstadiet kan man använda pendlar som ett alternativt sätt att mäta tyngdaccelerationen, g .

Tvilling-gungning kan vara en utgångspunkt för att introducera centrala begrepp för svängningar, period, amplitud (hur högt man gungar) och fas (vänder gungorna samtidigt längst bak?). Kroppens upplevelser av växlingar mellan att känna sig tung och lätt kan kopplas till mätningar, observationer och mer teoretiska beskrivning av krafter i en pendel (Pendriil; 2023).

Studsmattor är ett annat lekplatsexempel på svängningsrörelse. Att studsmattans nedböjning är proportionell mot belastningen kan åskådliggöras genom att jämföra när en eller två elever ställer sig på den. Det kan också vara ett bra tillfälle att illustrera Newtons tredje lag: Eleverna trycker nedåt på studsmattan som trycker uppåt på dem för att motverka tyngdkraften. När en elev accelererar uppåt under studsning blir nedböjningen större och större ju högre man hoppar (Pendriil and Eager; 2015).

6.3.4 Arkimedes princip, lufttryck mm

Experiment med att flyta och sjunka engagerar barn redan i förskolan. I skolans fysikundervisning kan ett glas på en våg illustrera att ett finger som doppas i vatten utövar en nedåtriktad kraft, samtidigt som vattnet trycker uppåt på fingret. Nya studenter glömmar lätt bort koppling till tryckskillnader på olika höjd och att Arkimedes' princip gäller även gaser. Telefoner kan ge möjlighet att mäta lufttryck. Detta kan vara intressant i rulltrappor och hissar och vara en introduktion till hur lufttrycket varierar med höjden (Pendriil; 2020b).

6.3.5 Acceleration och rotation

I nuvarande kursplan nämns ”förändring av rörelse”, men även ordet acceleration bör tas upp.

I vardagsspråket betyder acceleration fartökning, men i fysiken används ordet för att beskriva alla former av hastighetsändring – även inbromsning och riktingsändring. Acceleration kräver alltid en kraft. Längst ner i gungan känner vi oss tyngre för att gungan måste trycka lite extra på oss för att ändra vår riktning från nedåt till uppåt.

Cirklrörelse kräver en kraft inåt mot cirkelns centrum. I en karusell kan man uppleva att man trycks utåt, men behöver påminna sig om att känna efter att karusellen trycker inåt på den egna kroppen, medan man trycker själv utåt mot karusellen.

Många (men inte alla!) cirklrörelser innebär också rotation. Med en liten pendel som svänger i en karusell kan man undersöka effekterna av att befinna sig i ett roterande system – en miniatyr-illustration av Foucaults pendel som användes för att demonstrera jordens rotation ([Bagge and Pendrill; 2002](#); [Pendrill; 2008](#)).

6.4 Värmelära

Mekanik och värmelära var de områden som fysikerna först utforskade. Ett avgörande steg i fysikens utveckling, särskilt för förståelsen för energins bevarande, var när man på 1800-talet experimentellt påvisade ekvivalensen mellan mekanisk och termisk energi.

Värmelära är också det fysikområde där man tydligast kan se behovet av att definiera energi. För att kunna beskriva temperaturutjämnning mellan kroppar av olika material måste man definiera termisk energi och specifik värmekapacitet. De flesta problem i elementär mekanik kan däremot lösas utan att definiera energi, det räcker med kraft och Newtons andra lag. Där är energi något som kan härledas ur mekanikens matematiska egenskaper, snarare än en omedelbart nödvändig storhet, som i värmeläran.

Det är därför naturligt att först diskutera energi kvantitativt i värmeläran. Ytterligare ett skäl till det är att den matematik som krävs är mycket enkel, enklare än i mekaniken. Värmeläran lämpar sig också väl för elevlaborationer, där man t ex blandar vätskor med olika temperatur.

Ett tredje centralt begrepp i värmeläran, förutom termisk energi och specifik värmekapacitet, är latent värme, med specialfallen smältvärme och ångbildningsvärme. För många är det kontraintuitivt att det krävs energi för att förvandla nollgradig is till nollgradigt vatten. Samtidigt är det av stor praktisk betydelse i många vardagliga sammanhang. (Hur fungerar kylklampar, och hur kan några isbitar kyla ett helt glas vatten?) Den latent värmen, särskilt vid avdunstning och kondensation, är också helt avgörande för väder och klimat, t ex för vindarna, atmosfärens skiktning, energitransporten och nederbörden.

Det är anmärkningsvärt att värmeläran inte nämns explicit i läroplanerna efter Lgr62. Det är troligen ett skäl till att den efterhand har tonats ner i

läroböckerna, efter att ha varit ett centralt område på 1960-talet. Som vi såg i avsnitt 4.2.2 definieras värmekapacitet och latent värme inte i någon av de granskade läroböcker som getts ut efter år 2000.

Av de skäl som nämnts ovan är det viktigt att värmelära blir ett centralt område i kursplanen för fysik. Värmeläran är ett av fysikens mest grundläggande områden, den är en naturlig startpunkt för att förstå vad energi är, den handlar om sådant som eleverna har intuitiv erfarenhet av, den har många viktiga tillämpningar i vardagen, samhället och klimatsystemet, den lämpar sig väl för elevlaborationer, och den kan förstås med enkel matematik.

6.5 Elektromagnetism

Den nuvarande kursplanen nämner följande centrala innehåll i åk 7-9: ”Sambandet mellan elektricitet och magnetism samt mellan ström och spänning i elektriska kretsar. Hur kretsarna kan användas i elektrisk utrustning.” Ingen av de andra kursplanerna efter lgr62 är mer konkret än så; några är ännu mer kortfattade.

Alla läroböcker för åk 7-9 innehåller ungefär följande. Man inleder med elektrostatik, och beskriver hur laddningar attraherar eller repellerar varandra. Sedan beskrivs ström, spänning, resistans och elektriska kretsar. (Spänning är ett svårt begrepp. Den fysikaliska definitionen är energi per laddningsenhet, men det nämns bara i få läroböcker. Vanligen beskrivs spänning mer intuitivt, och ibland direkt felaktigt, t ex ”skillnaden i elektrisk laddning mellan polerna”). Ofta nämns här Ohms lag, och man diskuterar serie- och parallellkoppling. Därefter följer ett avsnitt om magnetism, magnetiska fält och kompasser, och en beskrivning av hur magnetfält skapas av elektriska strömmar i raka ledare och spolar (dvs elektromagneter). Slutligen beskrivs induktion, generatorer, elmotorer och transformatorer. Medan momenten är desamma i olika böcker kan det skilja ganska mycket vad gäller hur utförligt de behandlas. Vissa har t ex en detaljerad förklaring av hur en elmotor fungerar, medan andra beskriver det summariskt.

Äldre läroböcker innehåller dessutom ofta en ganska detaljerad beskrivning av olika elektroniska komponenter, t ex kondensator, katodstrålerör, transformator och olika typer av dioder. De kan också innehålla beskrivningar av och laborationer med ganska komplicerade kretsar, t ex förstärkare och svängningskretsar. Sådant material finns inte i de granskade läroböcker som getts ut efter 2020. Dessa lägger också allmänt mindre vikt vid elektromagnetism än tidigare böcker. Medan läroböcker på 1960-talet ägnade ungefär 25% av utrymmet åt elektromagnetism, är motsvarande andel 8-20% i de nyaste böckerna.

De moment om elektromagnetism som finns i läroböckerna är ett rimligt urval. Det vore bra om de beskrevs mer explicit i kursplanen. Med undantag för Ohms lag och formeln $P = UI$ för elektrisk effekt är behandlingen kvalitativ i alla läroböcker. Det är också rimligt, eftersom en matematisk behandling vore komplicerad.

Att kretselektroniken i stort sett har försvunnit ur läroböckerna kan kanske bero på att man tänkt att den passar bättre i teknikämnet. (Som vi såg i avsnitt

3 har tekniken tagit över en betydande del av fysiken i timplanen.) I praktiken har det dock knappast fungerat på det viset. Det finns mycket litet stöd för det i den nuvarande läroplanen, och de läroböcker i teknik vi har granskat innehåller knappast mer kretselektronik än fysikböckerna. De innehåller inte heller särskilt detaljerade förklaringar av annan teknik, utan domineras av översiktliga beskrivningar och ett samhälleligt perspektiv.

Det vore bra om delar av teknikämnet knöts tydligare till fysiken, särskilt var gäller ellära och elektronik. På så vis skulle eleverna bättre förstå det vetenskapliga grunden för tekniken, och de två ämnena skulle stödja varandra.

6.6 Optik

Ljus är en av våra viktigaste budbärare – i vår vardag, för kommunikation och för vår världsbild, för att uppleva vår omvärld med våra egna ögon, men också mikroskop, kikare och spektroskop för att undersöka mikrokosmos och universum.

Förskolebarn fascinerar av ljus och skugga, speglar och förstoringsglas, och regnbågens och såpbubblans färger. I tidiga skolår kan eleverna undersöka hur solens skugga varierar under dagen och året och hur linser kan användas för att se det som är smått.

Forskningen om barns lärande inom optik är omfattande. Anderson och Bach publicerade 2004 ett förslag på undervisningssekvens i optik för skolår 6-9 ([Anderson and Bach; 2004](#)). De inledande delarna av det forskningsbaserade materialet i Photonics Explorer, är avsett för högstadiet och kan vara ett komplement. Det presenteras på NRCFs webb-plats (nrcf.lu.se).

[Haagen-Schützenhöfer and Hopf \(2020\)](#) noterar att kunskapen om ‘domain specific learning difficulties has only reached a minority of physics teachers’. De använde designforskning (Design-Based Research) för utveckla en lektionssekvens för optik i mellanstadiet, efter att ha upptäckt vanliga elevsvårigheter i skolår 8.

6.6.1 Tydlighet om ljus i tidigare kursplaner

Som kontrast till den mycket kortfattade texten i Lgr22 påminner vi om de tydligare instruktionerna i Lgr11

- **Skolår 1-3**

För skolår 1-3 anges i Lgr11 *Jordens, solens och månens rörelser i förhållande till varandra. Månens olika faser. Stjärnbilder och stjärnhimlens utseende vid olika tider på året.*

Inget av detta nämns i Lgr22, medan Lgr62 under astronomi skriver: *Himmelakropparnas natur, verkliga och skenbara rörelser. Tiden och tidräkningen. Något om världsbilden genom tiderna.*

- **Skolår 4-6**

Lgr 11 anger *Ljusets utbredning från vanliga ljuskällor och hur detta kan*

förklara ljusområdets och skuggors form och storlek samt hur ljus uppfattas av ögat.

I Lgr22 står bara ‘Hur ljus och ljud breder ut sig och kan reflekteras’

- **Skolår 7-9**

För skolår 7-9 tar Lgr 11 upp tre punkter om ljus:

1. Hur olika typer av strålning kan användas i modern teknik, till exempel inom sjukvård och informationsteknik.
2. Ljusets utbredning, reflektion och brytning i vardagliga sammanhang.
3. Förklaringsmodeller för hur ögat uppfattar färg.

(I Lgr11 nämns ljus dessutom i sammanhanget fotosyntes, både för kemi och biologi, och även biologiska effekter av ljus, och medicinska tillämpningar.)

I Lgr62 står för skolår 7: Något om ljuskällor. Några vanliga optiska instrument, t.ex. spegel, prisma och i samband därmed något om spektrum, inklusive infra- och ultraområdena, luppen, kameran, projektorn och kikaren. Något om ljusets övriga egenskaper. Röntgenstrålning.

Progressionen i Lgr22 syns bara i tillägget ‘hur ljus bryts’ utöver vad som anges för skolår 4-6.

6.7 Strålning

Strålning är ett fysikområde som i Lgr22 kommer först i högstadiet (åk7-9). I det centrala innehållet anges: *Partikelstrålning och elektromagnetisk strålning, deras användningsområden och risker*. Det är en rimlig progression att strålning som helhet tas upp först i högstadiet men delar kan tas upp tidigare, t.ex. ljus och färger eller radioaktiva material.

Strålning kan förekomma både som elektromagnetisk strålning (ljus med olika våglängder) och som partikelstrålning (t.ex. alfastrålning). Det finns forskning som visar vanligt förekommande missuppfattningar hos elever (och allmänheten). En sammanställning går att hitta av [Gavrilas and Kotsis \(2024\)](#), som även visar att lärare har missuppfattningar om strålning. I och med att så stor andel av lärare som undervisar i fysik saknar fysikutbildning skulle mer utförligt innehåll i kursplanen vara till stor hjälp och gynna eleverna.

6.7.1 Joniserande strålning är farlig

Strålning finns i många tekniska tillämpningar som vi möter i vardagen. Joniserande strålning möter många i tillämpningar vardagen, bland annat på sjukhuset eller hos tandläkaren. Mikrovågor används i trådlös kommunikation som mobiltelefonen och WiFi. Att förstå att mikrovågor inte är joniserande och förstå risker och möjligheter med alla typer av strålning är viktig för den naturvetenskapliga allmänbildningen. När strålning förekommer i nyhetsmedia är det ofta i

en negativ kontext eller en kontroversiell offentlig debatt. För att kunna kritiskt ta till sig innehållet i debatter krävs en grundläggande kunskap. En vanlig missuppfattning är att all strålning är farlig, vilket bland annat [Plotz \(2016\)](#) visar i en sammanställning. Det är alltså viktigt att i undervisningen betona skillnaden mellan joniserande strålning, som är farlig och kan bryta bindningar i molekylerna vi människor består av, och icke-joniserande, som inte är tillräckligt energirik för att göra det. En vanlig missuppfattning bland elever (och allmänheten) är att strålningen från mobiltelefoner (som är mikrovågor och icke-joniserande) kan orsaka cancer. För att öka kunskaperna om detta föreslår vi att *joniserande strålning* uttryckligen står med i kursplanen.

6.7.2 Skilj på strålning och radioaktivt material

I ett förslag på progression från [Millar et al. \(1990\)](#) är ett av målen att explicit skilja på *strålning* och *radioaktivt material*. Strålning kan vara joniserande (farlig) och komma från ett radioaktivt material. Strålningen påverkar andra material på olika sätt. Men ett material som utsätts för strålning blir inte radioaktivt. I intervjuer visar det sig att elever tror att luften och väggarna i ett rum med röntgenutrustning blir radioaktivt och att det krävs bra ventilation så att radioaktiviteten inte byggs upp. En sån här missuppfattning kan komma från att vi säger att strålning *absorberas*. Precis som en svamp eller en pappershandduk absorberar vatten och sen kan släppa ut vatten kanske eleverna (miss-)förstår att strålningen fungerar på samma sätt. Eleverna har också svårt för den atomära och subatomära förklaringsmodell som de flesta läromedel använder. Därför skulle en undervisningsstrategi som börjar makroskopiskt innan man beskriver hur strålning bildas på en atomär och subatomär nivå vara att föredra.

6.7.3 Möjliga samband

Det finns samband man skulle kunna undervisa om redan på högstadiet. Till exempel skulle sambandet mellan våglängd λ och frekvens f via ljusets hastighet i vakuum

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

eller hur man räknar ut energin från frekvens

$$E = h \cdot f$$

skulle kunna passa på högstadiet. En möjlig svårighet ligger i antalet värdesiffror i ljusets hastighet i vakuum c och Plancks konstant h . Det skulle kunna mildras något genom att använda programmering i undervisningen och mata in värdet på konstanten och sen be datorn räkna ut våglängden eller energin.

Det vore också rimligt att samarbeta med matematiken och jobba med prefix och tiopotenser kopplat till våglängder, frekvenser och energier.

6.8 Astronomi och kosmologi

Rymden har alltid fascinerat barn och ungdomar och fortsätter att göra så. Dessutom är astronomi en bra ”inkörspport” in i naturvetenskapen (STEM) i skolan (Salimpour et al.; 2021; Costa et al.; 2025).

I en omfattande studie av alla OECD-länders (inkl. Kina och Sydafrika) kursplaner och läroplaner för grundskola i fysik/naturvetenskap (Salimpour et al.; 2021; Bernhardt and Bailey; 2025), finner man att det finns många likheter mellan länderna men också skillnader. Sverige tillhör de länder som har haft ett begränsat men tydligt astronomi-innehåll (inklusive kosmologi) framskrivet i kursplanerna. Detta är något som bör få fortsätta och förtydligas baserat på att den exciterade forskningen inom astronomididaktik. Dessutom är astronomi en del av vår (numera internationella) kultur och historia (Salimpour and Fitzgerald; 2024) och har därmed en viktig position i utbildningssystemet världen över.

Vilket astronomi-innehåll bör då en läroplan och kursplan ha för att ge tillräckligt littererade medborgare? Detta är så klart en delikat fråga men det finns en sammanställning gjord av den Internationella Astronomiska Unionen (IAU) som kallas *Big Ideas in Astronomy* av Retrê et al. (2019). I denna kartlades, identifieras och definieras **11 områden** som medborgare på denna planet (efter grundskolan) bör känna till om astronomi, kosmologi och rymden. Utifrån denna kartläggning har Salimpour, Fitzgerald and Hollow (2024) särstuderat några representativa länder (Australien, USA och Sverige) och baserat på en syntes av ovanstående satt samman ett forskningsbaserat förslag på hur astronomi/kosmologi kan beskrivas i en tentativ kursplan, med progression från förskola (6-åringar) till gymnasium (18-åringar), inkluderat många olika områden från fysiken.

I det följande motiverar och beskriver vi hur detta kan se ut för den nya svenska läroplanen i fysik för grundskolan, där vi lyfter fram centrala delar samt belyser hur man behöver arbeta med innehållet, baserat på observationer och de representationer av olika slag som finns, med hänsyn taget till de kognitiva utmaningar detta innebär för eleverna.

6.8.1 Big Ideas in Astronomy

Baserat på de sk *Big Ideas in Astronomy* (Retrê et al.; 2019), vilket beskriver 11 centrala områden som en vetenskapligt litterär medborgare på jorden bör känna till, föreslår Salimpour, Fitzgerald and Hollow (2024) följande innehåll (Notera att siffrorna framför varje del refererar till respektive *Big Idea*):

Närliggande astronomiska fenomen (förskola, grundskola) (ålder 6-11)
:

- 1) Astronomiska fenomen som kan upplevas i vårt dagliga liv.
- 2) Astronomiska fenomen som kan upplevas i vårt dagliga liv.
- 3) Natthimlen är rik och dynamisk.

Solen, planetsystemet och övriga himlakroppar (ålder 12- 13):

- 7) Vi lever alla på en liten planet i solsystemet.
- 4) Astronomi är en vetenskap som studerar himlakroppar och fenomen i universum.

Lokala galaxmiljön - Vintergatan (ålder 14-15):

- 8) Vi är alla gjorda av stjärnstoft (stjärnors utveckling, mm).
- 10) Vi är kanske inte ensamma i universum (astrobiologi).

Kosmologi (ålder 15-16(18)):

- 9) Det finns hundratals miljarder galaxer i universum.
- 6) Kosmologi är vetenskapen som utforskar universum som helhet.

Tvärvetenskapliga ämnen (alla åldrar)

- 1) Astronomi är en av de äldsta vetenskaperna i mänsklighetens historia.
- 5) Astronomi drar nytta av och stimulerar teknisk utveckling.
- 11) Vi måste bevara jorden, vårt enda hem i universum.

I denna forskningsbaserade framställning ser man tydligt att undervisandet av astronomi bygger på att man börjar med *observationer* nära och sedan tar sig allt längre ut från jorden och med allt tydligare fördjupning i varje område. Även matematik skall förkomma i någon omfattning för att belysa t.ex. gravitationslagen (på högstadiet). En detaljerad beskrivning för den nya läroplanen följer nedan.

6.8.2 Kognitiva utmaningar att förstå vårt universum

Baserat på ovanstående *Big Ideas* och över 120 års astrononmididaktisk forskning (Salimpour, Fitzgerald and Eriksson; 2024) kan man utforma ett innehåll med lämplig progression genom hela grundskolan. Det är då viktigt att ta hänsyn till barnens kognitiva utveckling och samtidigt ge dem bästa möjlighet att lära sig om universum och världen vi lever i. Detta kan göras på olika sätt och bl.a. vill vi lyfta fram vikten av att göra observation och experiment för att stimulera lärandet. Här bör man göra så mycket som möjligt av övningar som involverar kroppen på olika sätt, sk. *embodiment* (se t.ex. Euler et al.; 2019; Kersting et al.; 2024, 2021; Plummer; 2015), för att stimulera de kognitiva processerna i hjärnan (Varela et al.; 2017). Trots att det handlar om rymden så finns det många exempel på observationer och effektiva övningar som enkelt kan göras på skolor utan annan utrustning än det som normalt finns. Ett bra urval av uppgifter finns t.ex. på NRCFs hemsida (nrcf.lu.se), på nätet i övrigt¹, samt i litteraturen.

Det finns flera sk *tröskelbegrepp* som är viktiga att förstå om man skall lära sig naturvetenskap på en djupare nivå, samtidigt som de innebär stora kogni-

¹Se t.ex Physport: www.physport.org/methods/, PheT simuleringarna: phet.colorado.edu, AstroEDU simuleringar: astroedu.iau.org/en/, NAAP simuleringar: astro.unl.edu/naap/. Alla dessa är baserade på didaktisk forskning och peer-reviewade.

tiva utmaningarna, och två av dem är förmågorna att 1) förstå stora och små tal/skalor samt 2) att kunna tänka i 3D:

1. Att förstå hur stort eller litet något är är verkligen en utmaning för alla så fort man går utanför det som man direkt kan uppleva med sina sinnen, dvs ungefär från mm till km. Forskning tyder på hur viktigt det är att man arbetar med skala i både matematiken och naturvetenskapen för att ge eleverna bra möjligheter att förstå vår värld (Eriksson and Hellgren; 2023; Hellgren et al.; 2025; Piaget and Inhelder; 1956).
2. Att tänka i 3D har visat sig vara svårt och också helt avgörande för att bygga en djupare förståelse för hur vår värld ser ut och fungerar (Eriksson et al.; 2014; Plummer; 2015; National Academic Press (USA); 2006). Mycket av undervisning baseras på representationer som presenteras i två dimensioner – de är platta (i böcker, på skärmar, mm) – och därför behöver man arbeta med olika modeller i 3D av astronomiska fenomen för att hjälpa eleverna med den kognitiva belastningen som detta innebär.

En annan mycket stor utmaning med fysiken i stort och astronomi i synnerhet är att universum är i stort sett otillgängligt för oss med våra sinnen; vi kan i bästa fall se några tusen stjärnor på natthimlen här i Sverige (Eriksson and Nymark; 2021). Vi kan se några planeter men de flesta vet inte att just de ”prickarna” är planeter och inte stjärnor. Detta ger vid hand att undervisningen i astronomi måste ske med *representationer* av fenomen i universum (men också allt relaterat till mikrokosmos, se t.ex Emelie Patron *et al.s* arbete Patron et al. (2024)). Dessa är i stort sett alltid presenterade i 2D och elever lämnas att försöka visualisera detta till 3D i sina huvud, vilket är en känd mycket stor kognitiv utmaning (Eriksson et al.; 2014; Eriksson; 2014).

Många lärare känner dock en viss rädsla, oro och okunskap kring att undervisa innehåll relaterat till astronomi och kosmologi, mycket beroende på att det ofta har saknats i deras lärarutbildningar. Detta behöver dock inte vara ett problem då det finns fina resurser att tillgå på olika håll².

6.8.3 Förslag på innehåll i grundskolan

I det följande presenterar vi förslag på hur man, baserat på ovanstående internationell forskning och beprövad erfarenhet, kan skapa ett bra och hållbar innehåll inom det astronomiska fältet, med lämplig progression genom grundskolan. Notera att åldersindelningen kan justeras beroende på stadier och därmed också innehållet placering.

Förskola/grundskola (ålder 6 ~ 11)

Här handlar det om att göra systematiska undersökning genom observationer av himlen, samt att med kroppen efterlikna himlakropparnas rörelse:

²T.ex. NRCF nrcf.lu.se, ESERO www.esero.se, Vetenskapens hus, www.vetenskapenshus.se, m.fl.

- **Identifiera himlakroppar** som kan observeras i rymden, såsom solen, månen, stjärnor och planeter.
- **Registrera kort- och långsiktiga mönster** av händelser som inträffar på jorden och på himlen, såsom solens, månens och stjärnornas utseende på dagen och natten, samt vädret och årstiderna. Här har vi hur solen och månen flyttar sig över himlen under dagen, hur månens faser ser ut och förändras från dag till dag, samt stjärnmönster (asterismer och stjärnbilder). När det gäller asterismer finns det många och spännande historier i olika kulturer som är bra att ta vara på .
- **Jordens rotation** kring sin egen axel orsakar regelbundna förändringar, inklusive dag och natt. Här finns det fina möjligheter att observera hur jorden roterar (och solens rörelse över himlen) med hjälp av skuggor, t.ex. av en flaggstång eller gatlykta.

Innehållet här kan sammanfattas med att göra systematiska observationer av fenomen i vår miljö.

Solen, planetsystemet och övriga himlakroppar (ålder 12 ~ 13)

I nästa stadium kommer mer noggranna observationer göras och kopplas till himlakropparnas rörelse runt solen, samt att man kommer fokusera mer på hela solsystemet, inklusive solen, och dess historia.

- **Undersöka naturfenomen:** mån- och solförmörkelser, årstider och månfasar, jämföra tiderna för jordens, solens och månens rotation och jämföra tiderna för jordens och månens banor. Här fortsätter man att mer noggrant observera himlakropparna och resonera över hur de förhåller sig till varandra i 3D.
- **Jordens rörelse:** Jordens bana runt solen och månens bana runt jorden, tillsammans med jordens rotation kring sin axel, orsakar observerbara mönster. Dessa inkluderar dag och natt, dagliga förändringar i skuggornas längd och riktning, årstider, samt olika positioner för solen, månen och stjärnorna vid olika tidpunkter på dagen, månaden och året. Här har vi också en tydlig koppling till kalender och tideräkning.
- **Solsystemet:** Solsystemet består av solen och en samling objekt, inklusive planeter, deras månar och asteroider som hålls i omloppsbanor runt solen av dess gravitation. Därför är det lämpligt att här också introducera begreppet gravitation, nämna Keplers lagar.
- **Solen och andra stjärnor:** Stjärnan som kallas solen förändras och kommer att dö om cirka 8-10 miljarder år. Solen som stjärna verkar större och ljusare än andra stjärnor eftersom den ligger närmare. Stjärnorna varierar mycket i avstånd från jorden. Därför är det lämpligt att här göra 3D modeller över olika stjärnbilder för att få en förståelse för avstånd och rumslig spridning.

- **Storlek och skala:** Storlek och skala i tid och rum är *tröskelbegrepp* som är viktiga för att förstå vår värld. Särskilt utmanande är skalor som är mycket större eller mindre än det vi normalt kan uppfatta med våra sinnen. Därför är det här lämpligt att adressera detta genom att skapa modeller och representationer av solsystemet mm som specifikt visar på hur stort det är, gärna med modeller som involverar kroppen.

Lokal galaxmiljö - Vintergatan (ålder 14 ~ 15):

- **Stjärnors utveckling:** Stjärnor och solsystem bildas ur massiva moln av stoft och gas och genomgår en livscykel som återigen slutar med stoft och gas.
- **Nukleidsyntesen:** Människokroppen och allt annat består av atomer som kan spåras tillbaka till tidigare stjärnor.
- **Exoplaneter:** Det finns många planeter som kretsar kring andra stjärnor än solen, så kallade exoplaneter, som kan vara mycket olika och ofta förekommer i solsystem likt vårt.
- **Galaxen Vintergatan:** En galax är ett stort system av stjärnor, stoft och gas. Det finns tre huvudtyper av galaxer: spiralgalaxer, elliptiska galaxer och oregelbundna galaxer. Vi lever i en spiralgalax som kallas Vintergatan.
- **Galaxer i universum:** Galaxer kan ligga extremt långt ifrån varandra, bilda kluster och interagera med varandra genom gravitation.

Kosmologi (ålder 15 ~ 16):

- **Universums skapelse genom Big Bang:** Identifiera bevis som stöder Big Bang-teorin, såsom Edwin Hubbles observationer och upptäckten av mikrovågsstrålning.
- **Universums ålder:** Inse att universums ålder kan härledas med hjälp av kunskap om Big Bang-teorin.
- **Universums utveckling:** Beskriva hur universums utveckling, inklusive bildandet av galaxer och stjärnor, har fortsatt sedan Big Bang.
- **Nukleidsyntesen:** Förutom väte och helium som bildades vid Big Bang, producerar kärnfusion i stjärnor alla atomkärnor som är lättare än och inklusive järn, och processen frigör elektromagnetisk energi. Tyngre element produceras när vissa massiva stjärnor når supernovastadiet och exploderar.

Bland dessa olika delar vill vi också lyfta upp de tre övriga *Big Ideas* som är av tvärvetenskaplig karaktär. Dessa handlar om att belysa att astronomi är en av de äldsta vetenskaperna i människans historia, att astronomi drar nytta av och bidrar till den senaste tekniska utvecklingen av optik, elektronik, rymdfart,

mm., samt att den ger en unik möjlighet att belysa bevarandet av jorden, vår plats i universum.

Ovanstående förslag kan ge intryck av att vi är på väg att överbelasta läroplanen genom att lägga till mer astronomi. Vi vill dock betona att vår resonemang är, att om beslutsfattarna vill inkludera astronomi i läroplanen, bör det åtminstone finnas en tydlig progression och koppling mellan delområdena. Vi konstaterar också att de flesta delar i ovanstående finns i den nuvarande kursplanen i fysik. Det vi förslår är att lyfta upp och synliggöra astronomi för att främja intresset för naturvetenskap, något som är väl grundat i internationell forskning och beprövad erfarenhet.

Vi vill också påpeka att inom ramen för ovanstående finns också vågrörelselära för i första hand ljus men också ljud, inkluderat ljus och ljuds spridning, reflektion, brytning, mm. Här återfinns vi även mycket från mekaniken, så som krafter och energi, och särskilt gravitationslagen som vi vill lyfta fram matematiskt i den ny kursplanen, se övriga delar i denna skrift. Strålning – både elektromagnetisk och partikel – och nukleidsyntes är också viktiga områden för elever att känna till och dessa har sin naturliga plats i astronomins och stjärnornas värld. Slutsatsen är att mycket av fysikundervisningen kan täckas och ha sin utgångspunkt i astronomi.

6.9 Energi är ett övergripande tema

Energi är ett begrepp som kommer in i många av fysikens delområden (Ett *Cross-Cutting Concept* enligt terminologin i *Next Generation Science Standard (2013)*). Under 1800-talet gjordes mycket arbete för att relatera energi och energienheter inom olika fysikområden: En joule (J) är ekvivalent med en Newtonmeter (Nm) och en Watt-sekund (Ws), och relateras till kalorier. Ett annat övergripande tema är Naturvetenskapernas karaktär som diskuteras i 4.1). Det är viktigt att kursplanen ger frihet i hur övergripande teman integreras med övrigt innehåll.

Att undervisa om energi är en särskilt utmanande uppgift eftersom det råder grundläggande oenighet inom den naturvetenskapliga didaktiken om vad som egentligen bör undervisas. Ordet ”energi” existerar i tre olika diskurser: vardagsspråket (energi som en förbrukningsbar resurs), det vetenskapliga språket (energi som en abstrakt bevarad storhet) och en mellanliggande ”pedagogisk” diskurs som försöker överbrygga de två genom att behandla energi som ett kvasimateriellt ämne som kan flöda och omvandlas. Nedanstående förslag är i stort baserade på en översikt över forskning om undervisning av energibegreppet samt ett förslag på progression för undervisning av begreppet i grundskolan formulerat av Millar (2014).

6.9.1 Förslag på innehåll: Årskurs F–3

I Millars förslag är denna ålder i stort sett tom på explicit energiinnehåll men två punkter kan lyftas som kan gynna senare steg:

Fenomenbaserat utforskande snarare än energibegrepp: Vad händer när saker blir varma eller kalla? Vad behöver djur och människor för att orka? Fokus bör ligga på att bygga erfarenheter som senare kan kopplas till energibegrepp.

Vardagsobservationer av bränslen och mat som resurser som "tar slut". Detta förbereder för Millars poäng att det är pedagogiskt klokt att börja med det som faktiskt förbrukas (bränslen) snarare än det som bevaras (energi).

6.9.2 Förslag på innehåll: Årskurs 4–6

Bränslen och mat som energiresurser utgör startpunkten. Millar argumenterar för att detta är en bra ingång eftersom bränslen faktiskt "tar slut", vilket stämmer med vardagsintuitioner. Fossila bränslen, deras ursprung och att de är en ändlig resurs passar här. Förnybar kontra icke-förnybar energi introduceras naturligt i detta sammanhang.

Kvantitativa aspekter bör komma tidigt för att förmedla att energi i grunden är ett kvantitativt begrepp. Energivärden på livsmedelsförpackningar och effektmärkningar på elektriska apparater ger "socialt definierade" ingångar till enheter som joule och watt – man förstår vad "watt" betyder genom att använda vattenkokare, inte genom formella definitioner. Elräkningar och kostnadsberäkningar gör energi konkret och meningsfullt.

Skillnaden mellan värme och temperatur är en avgörande konceptuell tröskel. Värmeöverföring (ledning, strömning och strålning) hör hit. Att upprätthålla konstant temperatur kräver balans mellan energi in och ut. Detta tankesätt förbereder för bevarandetanken.

6.9.3 Förslag på innehåll: Årskurs 7–9

Förändring drivs av skillnader är ett centralt tema, till exempel temperaturskillnad, höjdskillnad, koncentrationsskillnad. Spontana förändringar tenderar att utjämna skillnaden: batterier laddas ur, föremål kommer till samma temperatur. Detta adresserar problemet att bevarad energi inte kan förklara varför processer går åt ett håll.

Bevarande och dissipation måste läras ut tillsammans. Att energi bevaras blir begripligt först när man förstår att den samtidigt sprids ut och blir mindre användbar. Friktion som en vanlig källa till ineffektivitet illustrerar detta konkret.

Kvantitativa beräkningar: Till exempel arbete som kraft gånger sträcka, kinetisk energi, lägesenergi, värmekapacitet, smältvärme, effekt och energi. Distinktionen mellan värme (energi som överförs på grund av temperaturdifferens)

och termisk energi utvecklas här.

Ett fullständigt förslag på progressionen för senare del av F-3, hela 4-6 och 7-9, finns i Millars *Towards a Research-Informed Teaching Sequence for Energy* (Millar; 2014).

6.9.4 Kommentar

Om tiden hade varit på vår sida hade vi också lagt till kopplingar till olika samhällsaspekter här. Det finns en del bra texter om detta och vi vill lyfta bl.a. 'The Case of Energy Quality in Swedish Secondary Science Curricula' (Haglund and Hultén; 2017). Se även *Benchmark for Science Literacy: Energy* (1993,2009) och om *Science Story Telling* (2025) med tema Energi.

7 Undervisningsstrategier

7.1 Erfarenheter från forskning och beprövad erfarenhet kring undervisningsstrategier

Fysikdidaktik är ett fält med lång forskningstradition och det finns oerhört många resurser som stöd till lärare. På webbplatsen PhysPort (<https://www.physport.org/methods/>) finns en omfattande samling med kategoriserat material för fysikens olika områden, och även relevanta forskningsresultat. Man hittar också mycket och bra material på IAUs hemsida för undervisningsmaterial (<https://astroedu.iau.org/en/>), där materialet är utvärderat av både astronomer och lärare på relevant nivå i utbildningssystemen, samt att man får bra tips kring hur man skall undervisa kring respektive område som beskrivs.

Det tidigare nordiska projektet Nordlab resulterade bl.a. i en serie om Ämnesdidaktik i praktiken (Andersson et al.; 2003), med centrala begrepp, exempel på vanliga missuppfattningar och diagnoser att använda i klassrummet. Det är också värt att beakta Skolforskningsinstitutets arbete, bl.a. med en pågående forskningssammanställning om Undervisning och lärande i fysik. En publicerad rapport från Skolforskningsinstitutet presenterar en forskningssammanställning om Samhällsfrågor med naturvetenskapligt innehåll (SNI) som är värd att beakta. Vi förutsätter att den som skriver kursmaterial och kommentarmaterial kan göra en relevant syntes.

7.2 Exempel på undervisningsstrategier

Vi har i detta dokument lyft fram **ISLE – Investigative Science Learning Environment ISLE** (Etkina et al.; 2025) – en forskningsgrundad, genomtänkt och välutvecklad undervisningsstrategi som strävar efter att undersökningar inom undervisning skall likna forskares angreppssätt om hur man lär sig fysik. Denna metod har visat sig mycket framgångsrik på olika utbildningsnivåer från högstadiet till universitetsnivå i många olika länder i världen.

Hur fysikens modeller utvecklas kan också illustreras med **fysikhistoriska berättelser**. Projektet *Science Story Telling* (2025) har tagit fram flera berättelser och man kan söka sorterade efter tema, ämne, efter NOS-aspekter. I ett pilotprojekt provade kursdeltagare bl.a. berättelser om Rutherford (Hansson et al.; 2019).

Vi har också i detta dokument belyst vikten av embodiment, dvs hur viktigt det är att med våra sinnen uppleva fenomen i vår omgivning. Detta är viktigt för alla men särskilt bör detta beaktas för yngre åldrar.

På en övergripande nivå kan det också vara relevant att titta på det stora amerikanska projektet NGSS (*Next Generation Science Standard*; 2013) och det tidigare Benchmark for Science Literacy (*Benchmark for Science Literacy*; 1993,2009) med ursprung i Projekt 2061.

8 Sammanfattning

Utifrån den begränsade tid och resurs vi haft för detta uppdraget har vi i detta dokument försökt ge en bakgrund till, och förslag på, förändringar som vi anser är viktiga i kommande kursplanen för fysik i grundskolan. Förslagen som vi lagt fram är grundade i fysikdidaktiska forskningsdisciplinen och i beprövad erfarenhet. De viktigaste förändringarna som vi vill belysa är att vi vill se 1) mer kvantitativ undervisning och matematik i fysiken, och gärna ett fördjupat samarbete med matematikämnet, 2) ett tydligare innehåll i fysikundervisningen genom bl.a. införandet av mer värmelära i fysiken för att eleverna bättre skall förstå sin vardag och de klimatförändringar som sker, samt mer fokus på astronomi och rymden som intresseväckande ingång till fysiken, samt 3) mer praktiskt arbete i form av experiment och laborationer.

Allt detta är grundat i didaktiska forskning och särskild vikt har lagts vid de kognitiva aspekterna av elevers utveckling.

Referenser

- Abrahams, I., Reiss, M. J. and Sharpe, R. M. (2013). The assessment of practical work in school science, *Studies in Science Education* **49**(2): 209–251.
- Airey, J. and Linder, C. (2017). Social semiotics in university physics education, *Multiple representations in physics education*, Springer, pp. 95–122.
- Andersson, B. and Bach, F. (2004). Att undervisa om geometrisk optik, kunskapsbas och undervisningsförslag.
URL: <https://gupea.ub.gu.se/gupea2077106301>
- Andersson, B., Bach, F., Frändberg, B., Jansson, I., Kärrqvist, C., Nyberg, E., Wallin, A. and Zetterqvist, A. (2003). Att förstå och använda naturvetenskapen, sju workshops. i Ämnesdidaktik i praktiken. nya vägar för undervisning.
URL: <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/10625>
- Bagge, S. and Pendrill, A.-M. (2002). Classical physics experiments in the amusement park, *Physics Education* **37**(6): 507.
URL: <https://dx.doi.org/10.1088/0031-9120/37/6/307>
- Benchmark for Science Literacy* (1993,2009).
URL: <https://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Benchmark for Science Literacy: Energy* (1993,2009).
URL: <https://www.project2061.org/publications/bsl/online/index.php>
- Bernhardt, C. H. and Bailey, J. M. (2025). Space for all: a multinational study on the status of astronomy education, *International Journal of Science Education* **47**(6): 817–840.
URL: <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2354074>
- Björnhammer, S., I., L. and Gyllenpalm, J. (2024). Students’ meaning-making in an open inquiry: two paths, *Cultural Studies of Science Education* **19**(4): 697–725.
- Costa, I., Lopes, H. and Monteiro, M. (2025). Astronomy as a gateway science for education: An analysis of the portuguese compulsory syllabus, *INTED2025 Proceedings*, IATED, pp. 3446–3452.
- Dobber, M., Zwart, R., Tanis, M. and van Oers, B. (2017). Literature review: The role of the teacher in inquiry-based education, *Educational Research Review* **22**: 194–214.
- Eastwell, P. (2014). Understanding hypotheses, predictions, laws, and theories, *The Science Education Review* **13**(1): 16–21.
- Eriksson, U. (2014). *Reading the sky: From starspots to spotting stars*, PhD thesis, Acta Universitatis Upsaliensis.

- Eriksson, U. and Hellgren, J. (2023). Rumtid: Är det något vi har tid och rum för i undervisningen?, *LMNT-nytt* (1): 7–9.
- Eriksson, U., Linder, C., Airey, J. and Redfors, A. (2014). Who needs 3D when the Universe is flat?, *Science Education* **98**(3): 412–442.
- Eriksson, U. and Nymark, T. (2021). Vart tog stjärnhimlen vägen?, *Fysikaktuellt* (1): 18–20.
- Etkina, E., Brookes, D. and Planinsic, G. (2025). Investigative science learning environment (ISLE).
URL: <https://www.islephysics.net>
- Euler, E., Rådahl, E. and Gregorcic, B. (2019). Embodiment in physics learning: A social-semiotic look, *Physical Review Physics Education Research* **15**(1): 010134.
- Furtak, E. M. (2006). The problem with answers: An exploration of guided scientific inquiry teaching, *Science Education* **90**(3): 453–467.
- Gavrilas, L. and Kotsis, K. T. (2024). Electromagnetic radiation: A comprehensive review of misconceptions, *Eurasian Journal of Science and Environmental Education* **4**(2): 19–38.
URL: <http://dx.doi.org/10.30935/ejsee/15719>
- Gyllenpalm, J., Holmgren, S.-O. and Wickman, P.-O. (2010). Teachers’ pedagogical use of inquiry related words – conflating means and ends, *NARST Annual Conference*, NARST, Philadelphia.
- Gyllenpalm, J. and Rundgren, C.-J. (2021). Views about scientific inquiry: A study of students’ understanding of scientific inquiry in grade 7 and 12 in sweden, *Scandinavian Journal of Educational Research* .
- Gyllenpalm, J. and Wickman, P.-O. (2011a). “experiments” and the inquiry emphasis conflation in science teacher education, *Science Education* **95**(5): 908–926.
- Gyllenpalm, J. and Wickman, P.-O. (2011b). The uses of the term hypothesis and the inquiry emphasis conflation in science teacher education, *International Journal of Science Education* **33**(14): 1993–2015.
- Haagen-Schützenhöfer, C. and Hopf, M. (2020). Design-based research as a model for systematic curriculum development: The example of a curriculum for introductory optics, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.* **16**: 020152.
URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020152>
- Haglund, J. and Hultén, M. (2017). Tension between visions of science education: The case of energy quality in swedish secondary science curricula, *Sci & Educ* **26**: 323—344.
URL: <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9895-1>

- Hansson, L., Arvidsson, , Heering, P. and Pendrill, A.-M. (2019). Rutherford visits middle school: a case study on how teachers direct attention to the nature of science through a storytelling approach, *Physics Education* **54**(4): 045002.
URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab07e7>
- Hellgren, J., Samuelsson, C. R. and Eriksson, U. (2025). Att förstå och förklara stora och små skalor i naturvetenskaplig undervisning, *Fobas NT-Forum för forskningsbaserad NT-undervisning, Norrköping, Sverige, 15-16 oktober, 2025*.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods, *International Journal of Science Education* **36**(15): 2534–2553.
- Hole, A., Grønmo, L. and Onstad, T. (2018). The dependence on mathematical theory in TIMSS, PISA and TIMSS Advanced test items and its relation to student achievement, *Large-scale Assess. Educ* **6**(3).
- Hrisa, K. and Psillos, D. (2022). Investigating the effectiveness of explicit and implicit inquiry-oriented instruction on primary students' views about the non-linear nature of inquiry, *International Journal of Science Education* **44**(4): 604–626.
- Jacobsson, E., Wallenlind, S. and Pendrill, A.-M. (2024). Educational research in physics teacher education: the role of mathematics in physics teaching, *Physics Education* **59**: 065021.
- Johansson, A.-M. and Wickman, P.-O. (2012). Vad ska elever lära sig angående naturvetenskaplig verksamhet? en analys av svenska läroplaner under 50 År, *Nordic Studies in Science Education* **8**(3): 197–212.
- Kaiserfeld, T. (1999). Laboratoriets didaktik: Fysiken på läroverken i början av 1900-talet, in S. Widmalm (ed.), *Vetenskapsbärarna: naturvetenskapen i det svenska samhället 1880–1950*, Gidlund, pp. 188–231.
- Kersting, M., Amin, T. G., Euler, E., Gregorcic, B., Haglund, J., Hardahl, L. K. and Steier, R. (2024). What is the role of the body in science education? a conversation between traditions, *Science & education* **33**(5): 1171–1210.
- Kersting, M., Haglund, J. and Steier, R. (2021). A growing body of knowledge: On four different senses of embodiment in science education, *Science & Education* **30**(5): 1183–1210.
- Khishfe, R. and Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science, *Journal of Research in Science Teaching* **39**(7): 551–578.
- Larsson, J. (2016). *När fysik blir lärområde i förskolan*, PhD thesis, Göteborgs universitet.
URL: <https://gupea.ub.gu.se/handle/2077/43456>

- Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartels, S. L. and Jimenez, J. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline, *Journal of Research in Science Teaching* .
- Lunde, T., Drechsler, M. and Gericke, N. (2020). Från implicit till explicit – didaktiska modeller som verktyg för att utmana selektiva traditioner rörande undersökande arbete (from implicit to explicit – educational models as tools for challenging selective traditions of inquiry based science teaching), *Nordic Studies in Science Education* **16**(2): 167–182.
- Magntorn, O. and Helldén, G. (2007). Reading nature from a 'bottom-up' perspective, *Journal of Biological Education* **41**(2): 68–75.
- Millar, R. (2014). *Towards a Research-Informed Teaching Sequence for Energy*, Springer International Publishing, Cham, pp. 187–206.
URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05017-1_11
- Millar, R., Klaassen, K. and Eijkelhof, H. (1990). Teaching about radioactivity and ionising radiation: an alternative approach, *Physics Education* **25**(6): 338.
URL: <https://doi.org/10.1088/0031-9120/25/6/310>
- National Academic Press (USA) (2006). *Learning to think spatially: GIS as a support system in the K-12 curriculum*, National Academies Press.
- Next Generation Science Standard* (2013).
URL: <https://www.nextgenscience.org>
- Nilsson, P. (2005). Barns kommunikation och lärande i fysik genom praktiska experiment, *Nordina* **1**: 58.
URL: <https://doi.org/10.5617/nordina.466>
- Osborne, J. (2023). Science, scientific literacy, and science education, in N. G. Lederman, D. L. Zeidler and J. S. Lederman (eds), *Handbook of Research on Science Education*, 1 edn, Routledge.
- Patron, E., Wernholm, M., Danielsson, K., Palmér, H. and Ebbelind, A. (2024). An exploration of how multimodally designed teaching and the creation of digital animations can contribute to six-year-olds' meaning making in chemistry, *Education Sciences* **14**(1): 79.
- Pendril, A.-M. (2008). How do we know that the earth spins around its axis?, *Physics Education* **43**(2): 158.
URL: <https://doi.org/10.1088/0031-9120/43/2/004>
- Pendril, A.-M. (2020a). Balls rolling down a playground slide: What factors influence their motion?, *Physics Education* **56**(1): 015005.
URL: <https://dx.doi.org/10.1088/1361-6552/abb5a>

- Pendrill, A.-M. (2020b). Smartphones and Newton's first law in escalators and roller coasters, *Physics Education* **55**(3): 035016.
URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab7682>
- Pendrill, A.-M. (2023). Serious Physics on a Playground Swing – With Toys, Your Own Body, and a Smartphone, *The Physics Teacher* **61**(5): 355–359.
URL: <https://doi.org/10.1119/5.0074171>
- Pendrill, A.-M. and Eager, D. (2015). Studsmattematte - fritt fall och harmonisk svängningsrörelse, *Nämnamnaren* **1**: 59.
- Pendrill, A.-M., Ekström, P., Hansson, L., Mars, P., Ouattara, L. and Ryan, U. (2014a). Motion on an inclined plane and the nature of science, *Physics Education* **49**(2): 180.
URL: <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/2/180>
- Pendrill, A.-M., Ekström, P., Hansson, L., Mars, P., Ouattara, L. and Ryan, U. (2014b). The equivalence principle comes to school – falling objects and other middle school investigations, *Physics Education* **49**(4): 648.
URL: <https://doi.org/10.1088/0031-9120/49/4/425>
- Piaget, J. and Inhelder, B. (1956). *The child's conception of space*, London: Routledge & K. Paul.
- Plotz, T. (2016). Students' conceptions of radiation and what to do about them, *Physics Education* **52**(1): 014004.
URL: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/014004>
- Plummer, J. (2015). Embodying earth's place in the solar system: Upper elementary students investigate seasonal constellations using software and model them with their bodies, *Science and Children* **53**(4): 52–61.
- Redish, E. (2021a). Using math in physics: 4. Toy models, *The Physics Teacher* **59**(9): 683–688.
URL: <https://doi.org/10.1119/5.0025840>
- Redish, E. F. (2021b). Using math in physics: 3. Anchor equations, *The Physics Teacher* **59**: 599–604.
URL: <https://doi.org/10.1119/5.0023066>
- Redish, E. F. (2021c). Using math in physics: Overview, *The Physics Teacher* **59**(5): 314–318.
URL: <https://doi.org/10.1119/5.0021129>
- Redish, E. F. and Kuo, E. (2015a). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology, *Science and Education* **24**(5-6).

- Redish, E. F. and Kuo, E. (2015b). Language of physics, language of math: Disciplinary culture and dynamic epistemology, *Science Education* **24**: 561–590.
URL: <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9749-7>
- Retrê, J., Russo, P., Lee, H., Penteado, E., Salimpour, S., Fitzgerald, M., Ramchandani, J., Pössel, M., Scorza, C., Christensen, L. et al. (2019). Big ideas in astronomy: A proposed definition of astronomy literacy, *The International Astronomical Union Commission C1 Astronomy Education and Development*.
- Salimpour, S., Bartlett, S., Fitzgerald, M. T., McKinnon, D. H., Cutts, K. R., James, C. R., Miller, S., Danaia, L., Hollow, R. P., Cabezon, S. et al. (2021). The gateway science: A review of astronomy in the oecd school curricula, including china and south africa, *Research in Science Education* **51**(4): 975–996.
- Salimpour, S., Fitzgerald, M. and Eriksson, U. (2024). A descriptive overview of english-language publications in the field of astronomy education research, 1898 to 2022, *Astronomy Education Journal* **4**(1).
- Salimpour, S., Fitzgerald, M. and Hollow, R. (2024). Examining the mismatch between the intended astronomy curriculum content, astronomical literacy, and the astronomical universe, *Physical Review Physics Education Research* **20**(1): 010135.
- Salimpour, S. and Fitzgerald, M. T. (2024). Astronomy and culture: A social semiotic perspective on the role of culture in astronomy education, *Science & Education* **33**(2): 405–426.
- Science Story Telling* (2025).
URL: <https://www.science-story-telling.eu/en/stories>
- Skolverket (2017a). FrÅyn receptlaboration till naturvetenskapliga arbets-sÅtt, <http://larportalen.skolverket.se>. Accessed: 2025-12-15.
- Skolverket (2017b). Karaktårsdrag för naturvetenskapliga arbetssätt, <http://larportalen.skolverket.se>. Accessed: 2025-12-15.
- Skolverket (2017c). Laboration eller experiment, <http://larportalen.skolverket.se>. Accessed: 2025-12-15.
- Skolverket (2024). TIMSS 2023, Svenska grundskoleelevers kunskaper i matematik och naturvetenskap i ett internationellt perspektiv.
URL: www.skolverket.se/publikationer
- Varela, F. J., Thompson, E. and Rosch, E. (2017). *The embodied mind, revised edition: Cognitive science and human experience*, MIT press.

Windschitl, M. (2003). Inquiry projects in science teacher education: What can investigative experiences reveal about teacher thinking and eventual classroom practice?, *Science Education* **87**(1): 112–143.

Appendix 1

Kursplan i fysik från 1962 (Lgr62)

Mål

Undervisningen i fysik skall ge eleverna kunskap om de viktigaste fysikaliska företeelserna jämte deras praktiska tillämpningar och i samband därmed kännedom om de viktigaste fysikaliska lagarna. Den skall vidare ge en orientering om vår tids aktuella uppfinningar och upptäckter samt om vår världsbild.

Undervisningen bör hos eleverna söka väcka intresse för de fysikaliska sammanhangen. Den bör inriktas på att låta eleverna öva sig att iaktta, undersöka och dra slutsatser samt på att öka elevernas färdigheter att självständigt skaffa sig kunskaper.

Huvudmoment

Allmän fysik och mekanik: Egenskaper hos vätskor och gaser med tillämpningar. Jämviktslära, kraftbesparingsanordningar och enkla maskiner. Kraft och rörelse, energi och effekt.

Värmelära: Kroppars utvidgningsförhållanden. Temperatur och värmemängd, värmets spridning. Övergång mellan de olika aggregationsformerna. Värmet som energiform. Väderlekstyper och deras orsaker.

Ellära: Elektriska strömkällor. Elektriska strömmens verkningar. Vanligen förekommande elektriska enheter, mätinstrument. Induktionsströmmar. Växelström.

Astronomi: Himlakropparnas natur, verkliga och skenbara rörelser. Tiden och tideräkningen. Något om världsbilden genom tiderna.

Optik: Ljuset och ljusets egenskaper. Enkla optiska instrument.

En orientering om fysikens senaste landvinningar.

Praktiska och tekniska tillämpningar av allmänt intresse i samband med de genomgångna momenten.

Laborationer.

Förslag till disposition av en studieplan

Årskurs 7 (2 vtr, varav 1 timme laborationer varannan vecka)

Inom årskursen behandlas moment, som ingår i allmän fysik, astronomi, mekanik och värmelära.

Kraft, tyngd och massa. Enkla maskiner, t. ex. hävstången och blocket, samt något om mekanikens gyllene regel. Tryck i vätskor och gaser, dess användning. Lufttrycket. Fartyget, ballongen m. fl. tillämpningar av Arkimedes lag. Hastighet, acceleration, tröghet. Raketer och jetmotorer. Satelliter och rymdfärder. Centralrörelse, tyngdpunkt, jämvikt och stabilitet. Något om månen och solsystemet. Fritt fall och kaströrelse. Luftmotstånd och friktion. Friktionsvärme.

Värme och värmeöverföring. Något om värmets som energiform. Värmeutvidgning. Förbränningsmotorer. Smältning-stelning och ångbildning-kondensation med tillämpningar från hemmet, näringslivet och naturen. Några väderlekstyper och deras orsaker.

Årskurs 8 (2 vtr, varav 1 timme laborationer varannan vecka)

Inom årskursen behandlas moment, som ingår i akustik, ellära och optik.

Ellära med akustik: Gnidningselektricitet, elektronen, attraktion och repulsion mellan laddade kroppar, urladdningar. Galvaniska element och ackumulatorer. Strömkretsen. — Elektromagnetiska grundförsök samt permanenta magneters egenskaper. Något om strömstyrka, resistans och spänning. Seriekoppling och parallellkoppling. Elektriska mätinstrument. Elektriska motorer. — Elströmmens värme- och ljusverkningar. Säkringar och S-märkning samt riskerna i samband med användning av elström. Hemmets elektriska apparater. Något om energi och effekt och om strömkostnader. — Induktionsströmmar, generatorer, tändsystemet i förgasarmotorer, transformatorer samt något om växelström och frekvens. Dioden, trioden och katodstråleröret som inledning till en orientering om radio, radar och television.

Ovanstående moment kan med fördel repeteras utgående från telefonen, högtalaren, skivspelaren och bandspelaren. Samtidigt genomgås något om ljudets natur och egenskaper

Optik: Något om ljuskällor. Några vanliga optiska instrument, t. ex. spegeln, prismet och i samband därmed något om spektrum, inklusive infra- och ultrarområdena, luppen, kameran, projektorn och kikaren. Något om ljusets övriga egenskaper. Röntgenstrålning.

Årskurs 9 (2 vtr, varav 1 timme laborationer varannan vecka)

Inom årskursen behandlas moment inom allmän fysik, astronomi, atomfysik, ellära, mekanik och värmelära i samband med repetition och fördjupning av moment, behandlade i årskurserna 7 och 8. På linjerna 9g och 9t ställs större krav på formell exakthet än på övriga linjer.

Mekanik och allmän fysik: Med utgångspunkt i konkreta situationer repeteras kraftbegreppet, krafterns sammansättning, rörelselärens första grunder, Arkimedes princip.

Ellära: Repetition och utvidgning av valda moment inom elläran.

Atomfysik och värmelära: Atomens byggnad, atomteori, radioaktivitet, isotoper och något om deras användning. — Med utgångspunkt i molekylarrörelsen behandlas värmelära; något om värmets natur med tillämpning på smältning-stelning och ångbildning-kondensation. — Smältvärme och ångbildningsvärme samt specifikt värme. — Nutidsmänniskans energitillgångar. Energiformerna och deras omvandlingar i varandra. I samband härmed olika energi- och effekthenheter. Något om maskiners verkningsgrad.

Astronomi: Solens och fixstjärnornas natur och något om metoderna för bestämning av astronomiska avstånd. I samband härmed kort orientering om

äldre och nuvarande uppfattningar av världsbilden.

Anvisningar och kommentarer

Allmänna synpunkter

Undervisningen i fysik skall hos eleverna väcka intresse för de fysikaliska sammanhangen. Studieförutsättningarna hos flertalet av dem på detta åldersstadium motiverar, att man vid uppläggningsen av denna grundläggande fysikkurs undviker en abstrakt lärogång. Det torde därför vara nödvändigt att i stor utsträckning samla lärostoffet kring områden, som nära ansluter till elevernas egna intressen och erfarenheter. Detta måste i vissa fall innebära, att stoffet presenteras i en annan gruppering och ordningsföljd än den traditionella.

Ett väsentligt mål för undervisningen är, att eleverna genom egna iakttagelser får konstatera och lära känna sambandet mellan orsak och verkan beträffande valda företeelser inom fysik och teknik. Härigenom kan de lättare förstå vad som händer under givna förutsättningar eller vilka förutsättningar som krävs för ett önskat resultat. Experimentet måste således inta en central plats i undervisningen. För att eleverna skall bli förtrogna med de fysikaliska företeelserna och deras tillämpningar, bör laborationerna i hög grad inriktas på att låta dem själva upptäcka de aktuella företeelserna, deras inbördes samband liksom eventuella praktiska tillämpningar. Laborationerna bör alltså ej gå ut på att verifiera i förväg formulerade lagar. Vid behandlingen av ett kursmoment skall hithörande laborationer såvitt möjligt föregå och anknyta till lektioner, som är gemensamma för hela klassen. Dessa senare kan då få karaktären av en samlande diskussion av erfarenheterna från laborationerna, varvid deras praktiska betydelse inventeras, samtidigt som de kompletteras med mera omfattande demonstrationsförsök. Det bör eftersträvas, att eleverna härvid når fram till en så god förståelse som möjligt av fysikens tillämpningar.

Planering och samverkan

Då den för alla elever gemensamma undervisningen i fysik endast omfattar årskurserna 7 och 8, måste stoffet ordnas så, att en avslutad orientering ges inom dessa årskurser. Härvid får förutsättas, att kortfattad orientering i lämpligt sammanhang ges även om sådant stoff, som inte direkt upptagits i förslaget till disposition av en studieplan. Detta gäller t. ex. elementär atomfysik med radioaktivitet, som kan aktualiseras vid behandlingen av astronomi, värmelära och ellära ävensom vid undervisningen i kemi. Den orientering som givits i årskurserna 7 och 8 skall utvidgas och fördjupas i årskurs 9.

Inom samtliga årskurser bör intresserade elever stimuleras att arbeta med överkursuppgifter, vilkas innehåll och omfattning blir beroende av deras intresseinriktning och förutsättningar.

Den med andra ämnen, i första hand matematik, kemi, geografi och specialämnen med mekanisk-teknisk inriktning, erforderliga samverkan bör planeras vid gemensamma ämneskonferenser och därefter fullföljas under läsåret genom personlig kontakt mellan berörda lärare.

Föreslagna årskurser

Nedanstående anvisningar och kommentarer ansluter till förslag till disposition av en studieplan (s. 289). Om huvudmomenten fördelas på annat sätt på årskurs 7, 8 och 9, bör eventuella konsekvenser för läroängsen i ämnet beaktas.

Årskurs 7

Åldersstadiet gör det nödvändigt, att den orientering i allmän fysik och värmelära, som kursen avser, bygger på det intresse och de erfarenheter, som eleverna har av moderna tillämpningar av fysik. De elementära begreppen skall genomgå och övas i anslutning till intresseväckande exempel, som hämtas från vardagens och teknikens värld. Här upptar funderingar kring och experiment med sådant som rör fart och kraft en framskjuten plats i många ungdomars fritidssysselsättningar. Vidare kommer under avsevärd tid framåt erfarenheterna från människans försök att erövra världsrymden att tilldra sig stort intresse. Det syns under sådana förhållanden naturligt att, som i ovanstående dispositionsförslag, redan i denna årskurs anknyta till dessa förutsättningar för att ge eleverna en experimentell erfarenhet av i detta sammanhang aktuella grundläggande företeelser, såsom massa, tyngd, centralrörelse, acceleration och friktion samt av förbränningsmotorer och enkla maskiner.

I sådana fall, då även de exakta sambanden bör presenteras, bör detta ske inom årskurs 9, där man med en sådan behandling av stoffet har större förutsättningar att nå tillfredsställande resultat.

Överkursuppgifter kan väljas så, att de innebär en fördjupning av valda moment eller ett vidare studium av praktiska tillämpningar.

Årskurs 8

I den naturvetenskapliga orienteringen ingår som något väsentligt elementära kunskaper om elektriciteten och dess användning. Det syns därför angeläget, att en relativt stor del av den tid, som används för gemensam undervisning i fysik av alla elever, ägnas åt ellära. Förutom kännedom om de grundläggande fenomenen på detta område bör de få god kunskap om de vanliga elektriska apparaternas funktion, skötsel och rätta vård, liksom om de risker ett åsidosättande av säkerhetsföreskrifter och anvisningar medför.

Stoffet kan exempelvis organiseras så, att moment ur ellära och akustik bildar ett gemensamt ämnesområde med elläran som det centrala, eftersom den erbjuder tillfällen till många intressanta experiment. Undervisningen i optik kan antingen samlas kring studiet av olika optiska apparater eller utformas som en undersökning av ljusets egenskaper med inventering av dessas användningsområden.

Överkurser kan väljas så, att de innebär en fördjupning av valda moment eller ett fortsatt studium av praktiska tillämpningar.

Årskurs 9

Inom årskurs 9 skall tidigare genomgångna moment utvidgas och fördjupas. Med hänsyn till de elever, som avser att fortsätta sina studier med teoretisk

inriktning, bör man nu börja systematisera stoffet. Speciellt på linjerna 9g och 9t bör denna behandling, där så är möjligt, kompletteras med laborationer, omfattande mätövningar, och resultera i kvantitativ formulering av fysikaliska lagar.

Den moderna fysiken har fått allt större betydelse för gemene man. Samtidigt har bildningsvärdet av t. ex. elementära kunskaper om atomfysik undergått en motsvarande ökning. Utöver den orientering, som givits inom tidigare årskurser, bör därför utblickar göras inom sådana områden av modern fysik, som eleverna med hänsyn till mognad och intressen kan väntas ha behållning av.

Överkursuppgifter kan väljas så, att de innebär en ytterligare fördjupning av valda moment eller ett vidare studium av praktiska tillämpningar. Som exempel på sådana överkursuppgifter må följande nämnas: Kraftekvationen (med enheten Newton). Vektorer. Impuls. Momentlagen. — Elkraftdistributionen. Elektronik. — Kalorimetri. — Astronomiska observationer. — Fotografiska laborationer.

Arbetssätt. Hjälpmedel

I fysikundervisningen har experimenten och elevernas aktiva deltagande i dessa en central plats (jfr s. 217 och 290). Härav följer, att speciella krav måste ställas på såväl institutioner som materiel. Institutionerna skall omfatta dels tillräckliga och väl inredda undervisningslokaler, dels ändamålsenligt planerade samlings- och preparationsrum. Laborations- och demonstrationsmaterielen bör vara så omfattande, att varje lärare kan bedriva undervisningen på det sätt han finner lämpligt. Demonstrationsmaterielen bör vara sådan, att eleverna från sina platser kan göra erforderliga primäravläsningar och iakttagelser.

För att möjliggöra studiet av individuella överkurser måste institutionerna ha riklig tillgång på aktuell och omväxlande facklitteratur för såväl elever som lärare.

Den praktiska tillämpningen av vissa fysikaliska principer kan många gånger demonstreras endast med audivisuella hjälpmedel, varför institutionerna bör ha egen utrustning av dessa.

Appendix 2

Englands gällande kursplan i fysik för åldern 14-16 år (Key stage 4)

Subject content – Physics

Physics is the science of the fundamental concepts of field, force, radiation and particle structures, which are inter-linked to form unified models of the behaviour of the material universe. From such models, a wide range of ideas, from the broadest issue of the development of the universe over time to the numerous and detailed ways in which new technologies may be invented, have emerged. These have enriched both our basic understanding of, and our many adaptations to, our material environment.

Students should be helped to understand how, through the ideas of physics, the complex and diverse phenomena of the natural world can be described in terms of a number of key ideas which are of universal application and which can be illustrated in the separate topics set out below. These ideas include:

- the use of models, as in the particle model of matter or the wave models of light and of sound
- the concept of cause and effect in explaining such links as those between force and acceleration, or between changes in atomic nuclei and radioactive emissions
- the phenomena of ‘action at a distance’ and the related concept of the field as the key to analysing electrical, magnetic and gravitational effects
- that differences, for example between pressures or temperatures or electrical potentials, are the drivers of change
- that proportionality, for example between weight and mass of an object or between force and extension in a spring, is an important aspect of many models in science.

Students should be taught about:

Energy

- energy changes in a system involving heating, doing work using forces, or doing work using an electric current; calculating the stored energies and energy changes involved
- power as the rate of transfer of energy
- conservation of energy in a closed system; dissipation

- calculating energy efficiency for any energy transfers
- renewable and non-renewable energy sources used on Earth; changes in how these are used.

Forces

- forces and fields: electrostatic, magnetic, gravity
- forces as vectors
- calculating work done as force x distance; elastic and inelastic stretching
- pressure in fluids acts in all directions: variation in Earth's atmosphere with height, with depth for liquids, up-thrust force (qualitative).

Forces and motion

- speed of sound; estimating speeds and accelerations in everyday contexts
- interpreting quantitatively graphs of distance, time, and speed
- acceleration caused by forces; Newton's First Law
- weight and gravitational field strength
- decelerations and braking distances involved on roads.

Wave motion

- amplitude, wavelength and frequency; relating velocity to frequency and wavelength
- transverse and longitudinal waves
- electromagnetic waves and their velocity in vacuum; waves transferring energy; wavelengths and frequencies from radio to gamma-rays
- velocities differing between media: absorption, reflection, refraction effects
- production and detection, by electrical circuits, or by changes in atoms and nuclei
- uses in the radio, microwave, infra-red, visible, ultra-violet, X-ray and gamma-ray regions, hazardous effects on bodily tissues.

Electricity

- measuring resistance using p.d. and current measurements
- exploring current, resistance and voltage relationships for different circuit elements, including their graphical representations
- quantity of charge flowing as the product of current and time
- drawing circuit diagrams; exploring equivalent resistance for resistors in series
- the domestic a.c. supply; live, neutral and earth mains wires; safety measures
- power transfer related to p.d. and current, or current and resistance.

Magnetism and electromagnetism

- exploring the magnetic fields of permanent and induced magnets, and the Earth's magnetic field, using a compass
- magnetic effects of currents; how solenoids enhance the effect
- how transformers are used in the national grid and the reasons for their use.

The structure of matter

- relating models of arrangements and motions of the molecules in solid, liquid and gas phases to their densities
- melting, evaporation, and sublimation as reversible changes
- calculating energy changes involved on heating, using specific heat capacity; and those involved in changes of state, using specific latent heat
- links between pressure and temperature of a gas at constant volume, related to the motion of its particles (qualitative).

Atomic structure

- the nuclear model and its development in the light of changing evidence
- masses and sizes of nuclei, atoms and small molecules
- differences in numbers of protons and neutrons related to masses and identities of nuclei; isotope characteristics and equations to represent changes
- ionisation; absorption or emission of radiation related to changes in electron orbits

- radioactive nuclei; emission of alpha or beta particles, neutrons, or gamma-rays, related to changes in the nuclear mass and/or charge
- radioactive materials, half-life, irradiation, contamination and their associated hazardous effects; waste disposal
- nuclear fission, nuclear fusion and our Sun's energy

Space physics

- the main features of the solar system.