



Examensarbete inom Teknik och Lärande
Avancerad nivå, 30 hp

Vikten av missuppfattningar

Eller: missuppfattningar om gravitation

Daniel Sellberg och Anton Sundberg

17 januari 2025





KTH Industrial Engineering
and Management

Master of Science Thesis
TRITA-ITM-EX 2024:592

Vikten av missuppfattningar
Eller: missuppfattningar om gravitation

Daniel Sellberg
Anton Sundberg

Approved 2025-01-17	Examiner Helena Lennholm	Supervisor Cecilia Kozma
	Commissioner ESERO Sverige	Contact person Cecilia Kozma

TRITA-ITM-EX 2024:592

Svensk titel:

Vikten av missuppfattningar

Eller: missuppfattningar om gravitation

English title:

The gravity of misconceptions

Or: the misconceptions of gravity

Sammanfattning

Gravitation är ett fenomen som alla har en grundläggande intuition för, men som betydligt färre har en djupare förståelse för. Den präglar samtliga vardagliga upplevelser och interaktioner, men trots det så förekommer en mängd olika missuppfattningar om gravitation som florerar hos folk, i alla åldrar och utbildningsnivåer. Syftet med detta arbete är att undersöka och kartlägga vilka missuppfattningar som finns om gravitation hos gymnasieelever, vilket skulle lägga grunden för utvecklingen av ett lärandematerial som ämnar att öka gymnasieelevers förståelse för gravitation. Genom att samla data från elever och lärare genom intervjuer och enkäter, samt att jämföra med resultat från tidigare forskning, så kunde ett antal övergripande typer av missuppfattningar identifieras och kategoriseras med hjälp av tematisk analys. Materialet utvecklades utifrån missuppfattningarna och gymnasiekursernas centrala innehåll, och testades därefter av gymnasielärare i deras undervisning för att till sist revideras utifrån återkoppling från dem. Resultaten visar på 10 stycken separata missuppfattningar om gravitation som handlar om bland annat gravitationens universalitet, begreppsforståelse, samt interaktioner mellan tyngdkraften och andra krafter. Dessutom föreslås det att för att hjälpa elever att bättre förstå sig på gravitationella fenomen så bör ett lektionsupplägg innehålla varierade lärandemoment, möjlighet för eleverna att direkt och praktiskt engagera sig med fysiken, samt explicit inkludering av elevers missuppfattningar på ämnet. Materialet resulterade i fem stycken moduler vars innehåll har olika fokus, och med ett övergripande syfte att agera inspiration till lärare i deras undervisningsplanering. Detta genom att fungera som en idébank ifrån vilken lärare kan plocka de delar de känner är mest relevanta för deras undervisning.

Nyckelord

Gravitation, Missuppfattningar, Gymnasiet, Lekmannateorier, Naturvetenskaplig allmänbildning, Lektionsmaterial, Multimedia

Abstract

Gravity is a phenomenon that everyone has a basic intuition of, but that far fewer have a deeper understanding of. It is integral to every experience and interaction we have in our daily life, however there still occurs many different misconceptions about gravity amongst people, in all ages and levels of education. The purpose of this thesis is to study and map high school students' prevalent misconceptions regarding gravity, which would be the foundation for the development of a teaching material with the aim of improving the students' understanding of gravity phenomena. By collecting data from students and teachers through interviews and surveys, as well as comparing results to previous research, a number of overarching types of misconceptions were identified and categorised with the help of thematic analysis. The material was developed with these misconceptions as well as the corresponding courses' curriculum in mind, it was then tested by teachers as part of their lessons and lastly revised using their feedback. The results show 10 separate misconceptions regarding gravity, which concerns the universality of gravity, understanding of core terms, and force interactions with gravity. Additionally, it is proposed that to help students better understand gravitational phenomena, a lesson plan should include varied ways of learning, a possibility for the students to interact hands on with the science, as well as explicit inclusion of student misconceptions on the topic. The material resulted in five modules, which have contents of varying foci, and with an overarching purpose of acting as inspiration for teachers in their lesson planning. This is being achieved through working as a bank of ideas where teachers can pick out the most relevant parts for their own lessons.

Key Words

Gravity, Misconceptions, High school, Lay theories, Scientific literacy, Educational material, Multimedia

Förord

Vi vill tacka vår handledare Cecilia Kozma för din hjälp och ditt ständiga stöd under arbetets gång, det har alltid varit givande att vända sig till dig då vi nått vägskalet. Stort tack till de lärare som gett oss deras tid och engagemang till att hjälpa oss med arbetet i form av att testa och återkoppla på materialet, särskilt Hannes och Märten, utan er hade detta arbete inte gått att genomföra. Tack till vår familj, vänner, och studiekamrater, som är jättarna vars axlar vi står på, och tack Vetenskapens Hus, Gröna Lund, och även till D37 som varit platser vi kan vända oss till i dystra stunder och kritiska lägen.

Vår förhoppning är att materialet kommer till användning och nytta.

It is known that knowledge is power, and power is energy, and energy is matter, and matter is mass, and therefore large accumulations of knowledge distort time and space.

Terry Pratchett

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Syfte	2
1.2	Frågeställningar	2
2	Bakgrund	3
2.1	Gravitation	3
2.2	Massa, vikt, tyngd, och tröghet	4
2.3	Lay Theories	4
2.4	Scientific Literacy	5
3	Metod	6
3.1	Övergripande	6
3.2	Kartläggning	7
3.2.1	Intervjuer	7
3.2.2	Enkät	8
3.2.3	Litteratur	8
3.2.4	Videor	8
3.2.5	Dataanalys	9
3.3	Utveckling	10
3.4	Metoddiskussion	10
3.5	Etiska överväganden	11
4	Resultat	12
4.1	Kartläggning	12
4.1.1	Intervjuer	12
4.1.2	Enkät	13
4.1.3	Litteratur	14
4.1.4	Videor	16
4.2	Vanliga Missförstånd	17
4.3	Lektionsmaterial	19
5	Diskussion	21
5.1	Uppkomsten av missuppfattningar	21
5.2	Förståelse	22
5.3	Att bli av med missuppfattningar	22
5.4	Video och multimedia som verktyg	25
5.5	Missuppfattningar och målgrupper	26
5.6	Didaktiska Val	27
6	Slutsatser	29
7	Vidare forskning	30
8	Källhänvisning	31

9	Bilagor	35
9.1	Bilaga A: Intervjufrågor	35
9.2	Bilaga B: Kartlägningsenkät och enkätsvar	36
9.3	Bilaga C: Återkopplingsenkät och enkätsvar	39
9.4	Bilaga D: Modul - Fysik 1, gravitationens grunder	42
9.5	Bilaga E: Modul - Fysik 2, gravitation	42
9.6	Bilaga F: Modul - Laborationer och simuleringar	42
9.7	Bilaga G: Modul - ISS	42
9.8	Bilaga H: Modul - Livet på ISS	42

1 Inledning

En av de mest välkända berättelserna om vetenskaplig upptäckt är om Sir Isaac Newton och äpplet som föll på hans huvud, vilket ledde honom till att inse den universella lagen som styr både fallande frukt och kretsande himlakroppar - gravitation. Huruvida äpplet var en återberättelse eller försköning av verkligheten låter vi vara osagt, men onekligen sant är definitivt att Newton, som han själv beskrev det - "... stått på jättars axlar" (Woodford, 2005). Redan ca 2000 år före Newton så hade människan börjat fundera över vad för bakomliggande fenomen det är som gör att objekt faller ned mot marken. Antikens greker såsom Aristoteles och Platon föreslog att materialet avgjorde attraktionen mot eller från jorden (Bar m. fl., 2016), samt att astronomer som Kopernikus och Kepler hade på en större skala anat någon sorts attraktion mellan planeter och solen (Woodford, 2005). Galilei experimenterade med fritt fall och lutande plan, utöver sitt astronomiska arbete, men även han saknade begrepp om massa och gravitation (Bar m. fl., 2016; Næss, 2007). Först år 1674 beskrevs gravitation av Hooke när det gällde himlakroppar, och med hjälp av Newton några år senare kunde den fullständiga universella teorin publiceras (Woodford, 2005). Mer modern och relativistisk teori forskas fortfarande om, och så sent som 1969 testades de klassiska teorierna om fritt fall av astronauter på månen. Att komma underfund med konceptet av vikt som en kraft beroende av 2 objekt, samt att sammanfoga det med den samtidiga utvecklingen av teorier för massa och gravitation, var svårt även för Newton och hans kollegor (Bar m. fl., 2016). Vi borde alltså inte vara förvånade eller oroliga att det kan ställa till det för dagens elever också.

Det faktum att så många missuppfattningar förekommer, både historiskt och i nutid, samt att kraft och acceleration är delar av ämnesplanerna till både Fysik 1 och Fysik 2, gör att området är av stort intresse att lära ut till gymnasieelever. Forskning har även visat att behovet av effektiv undervisning kring gravitation både före och efter gymnasiet finns (Kavanagh och Sneider, 2006; Xiao m. fl., 2015). Dessutom ska undervisningen förbereda elever att aktivt kunna delta i samhällsdebatter och kritiskt granska information (Skolverket, 2024). Att vara bekväma med grundläggande fysik är nästintill ett krav för detta. Dessa faktorer gör att det finns möjlighet och nytta i att identifiera och rätta elevers missuppfattningar inom gravitation.

Historien fortsätter vidare med Einstein och relativitetsteori, där gravitationen nu ses som en krökning av rumtiden i en högre dimension (Tillman m. fl., 2022). I detta arbete har valet gjorts att inte behandla den moderna definitionen, utan stanna vid den klassiska Newtonska definitionen. Detta på grund av att det centrala innehållet som behandlar gravitation på gymnasiet, och således också omfattningen av detta arbete, är begränsat till den definitionen.

Arbetet utförs på uppdrag av European Space Education Resource Office (ESERO) Sverige, vilket är ett utbildningsinitiativ av European Space Agency (ESA). ESERO Sverige drivs av ett samarbete mellan KTH och fem stycken Wisdom science centra, och har som syfte att integrera rymden i undervisningen i klassrummet som del av ämnena teknik, naturvetenskap, och matematik (ESERO Sverige, 2024). Uppdraget gick ut på att skapa undervisningsmaterial inom fysik till gymnasiet, som inorporerade videor filmade av den svenske astronauten Marcus Wandt på den internationella rymdstationen (ISS) under sin vistelse där, för att ta vara på den resursen som ESERO Sverige besitter.

1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att undersöka och kartlägga vilka missuppfattningar som finns om gravitation hos gymnasieelever. För att med detta som grund sedan utveckla och praktiskt testa ett lärandematerial som ämnar att öka gymnasieelevers förståelse för gravitation.

1.2 Frågeställningar

För att uppnå syftet användes följande frågeställningar:

- Vilka missuppfattningar angående gravitation finns hos gymnasieelever?
- Hur ökar man förståelsen hos gymnasieelever om gravitation inom ämnet fysik?
- Hur kan ett lektionsmaterial för gymnasieelever om gravitation se ut?

2 Bakgrund

Här följer en redogörelse för den teoretiska bakgrund som arbetet byggts på, bestående av den tekniska såväl som den pedagogiska bakgrunden som används för att förklara missuppfattningar och utveckla materialet. Arbetet använder sig utöver det som går igenom nedan också utav begreppet *learning by doing* samt den sociokulturella teorin om lärande.

2.1 Gravitation

Gravitation i den klassiska bemärkelsen är en attraherande kraft mellan objekt med massa. Den verkar på avstånd och behöver inget medium att verka genom. Den agerar på universums största och minsta objekt, och på alla tänkbara avstånd. Gravitation har utvecklats som idé historiskt sedan länge, men den första dokumenterade kvantitativa beskrivningen av proportionaliteten mellan massor och avstånd mellan masscentrum kom från Sir Isaac Newton. Denna lag används än idag - åtminstone inom klassisk, eller Newtonsk, mekanik. Lagen (Cavendish, 1798; Newton, 1687) lyder:

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

Där F är den attraherande gravitationskraften, M är det första föremålets massa, m är det andra föremålets massa, r är avståndet mellan deras masscentra, och G är gravitationskonstanten $6.67430 * 10^{-11} \frac{m^3}{s^2kg}$.

Förståelsen för fysiken som styr universum är i ständig utveckling, och i början av 1900-talet lade Einstein fram sin teori om hur rörelse påverkar mätningar av avstånd, tid, och massa - den så kallade speciella relativitetsteorin. Detta var en betydligt mer komplex teori än vad som tidigare funnits, och som hade förmågan att beskriva situationer i fysiken som den klassiska Newtonska teorin inte lyckats förklara, som exempelvis då objekt rör sig i en betydande del av ljusets hastighet (Comins och Kaufmann, 2014). Denna teori beskriver rumtiden som en platt bakgrund genom vilken föremål rör sig, och teorin har en stor lucka, nämligen hur gravitation passar in i bilden (Mee, 2022). För att lösa detta presenterar Einstein 10 år senare nästa teori, den generella relativitetsteorin. Den förklarar gravitation genom att säga att det inte är en kraft på samma sätt som tidigare tänkt - det är istället rumtiden som formas i närheten av massa, och ju större massa, desto större förvrängning. Det är denna krökning som ger upphov till att objekt med massa attraherar varandra, och denna attraktion är vad vi upplever som gravitationskraften (Comins och Kaufmann, 2014).

Den generella relativitetsteorin för även med sig andra intressanta effekter av gravitation. Bland annat att tiden saktar in i närheten av stora massor, så kallat tidsdilatation, vilket har en liten men verklig effekt på hur en klocka går på jorden jämfört med i omloppsbana på ISS. Det är nämligen så att för varje år på jorden, släpar en klocka på ISS efter med 0.01 sekunder,

vilket är något som måste tas i beaktning när man konstruerar till exempel GPS-satelliter (Ashby, 2003).

Det genomförs fortfarande forskning på området av gravitation, och ett av de senaste genombrotten som gjorts berör så kallade gravitationsvågor. Det är känt att ett objekt med stor massa förvränger rumtiden i sin närhet, men om två objekt med väldigt stor massa är i en relativt liten omloppsbana runt varandra ger det upphov till en propagerande våg av gravitation som rör sig med ljusets hastighet genom rumtiden (LIGO Lab, 2024b; Mee, 2022). Förändringarna som denna våg för med sig kan mätas med hjälp av avancerade mätanläggningar som exempelvis LIGO (LIGO Lab, 2024a) eller LISA (ESA, u. å), och använda data för att studera källan till vågorna. Det kan handla om bland annat enorma supernovor, binära stjärnor, eller svarta hål.

2.2 Massa, vikt, tyngd, och tröghet

Massa är en invariant egenskap hos föremål, som alltså är oberoende av dess omgivning, och som även ger upphov till två relaterade egenskaper - tyngd och tröghet. Massa mäts i kilogram och är vad en till vardags tänker på som "vikt" eller "hur tungt något är". Vi upplever massa egentligen genom att uppleva tyngden. *Tyngd*, eller *vikt*, är massa i ett gravitationsfält, som ger upphov till en tyngdkraft riktad längs med gravitationsfältet. I fallet av jorden så är kraften riktad mot jordens mitt, eller lokalt sett "nedåt". *Tröghet* är ett föremåls förmåga att motverka förändring i dess rörelse, och trögheten ökar med massan. Ett föremål med mer massa är alltså svårare att accelerera samt decelerera.

Att uppleva tyngd och tröghet i ett gravitationsfält är enkelt: tyngd märks av då vi lyfter någonting i motsatt riktning relativt gravitationsfältet, och tröghet märks av då vi förflyttar någonting vinkelrätt mot det. I tyngdlösa kontexter är det alltså bara ett föremåls tröghet som gör det svårt att flytta på - det har massa, men ingen (upplevd) tyngd eller vikt.

2.3 Lay Theories

We see things not as they are, but as we are

Anais Nin

Vad detta citat säger oss är två saker, att vi uppfattar vår omvärld på olika sätt, och att denna uppfattning konstruerar vår verklighetsbild (Zedelius m. fl., 2017).

Så kallade *lay theories*, känt som lekmannateorier på svenska, är underförstått felaktiga uppfattningar eller teorier som vi formar om saker eller fenomen. De skapas ofta utifrån vardagliga erfarenheter eller missuppfattningar om vad som i själva verket ligger bakom fenomen, och tar plats från

en mer vetenskaplig och korrekt teori. Forskning visar även att många elever har en tendens att avvisa en mer korrekt förklaring när de får höra en, och håller istället fast vid sin gamla missuppfattning eller lekmannteori (Bar m. fl., 2016; Kavanagh och Sneider, 2006). Det blir därmed en utmaning för många lärare att inte bara övertyga elever om att släppa sina gamla förklaringar, utan även att bygga vidare på en osäker kunskapsgrund (ibid.).

Det finns även den ytterligare dimensionen av att en lekmannteori kan vara fullt tillräcklig i vissa kontexter, men helt och hållet felaktig i andra. Ett samtal mellan vänner har andra krav på korrekthet och noggrannhet än en professionell rapport har, till exempel. Detta innebär också att i många fall så kommer man långt med förhållandevis felaktiga förklaringar, vilket i längden innebär att många besitter lekmannteorier länge i livet, då man sällan utsätts för en situation som utmanar dem. (Kavanagh och Sneider, 2006; Zedelius m. fl., 2017)

2.4 Scientific Literacy

Begreppet *scientific literacy*, eller naturvetenskaplig allmänbildning på svenska, är ett vanligt förekommande begrepp inom skolans värld. I dagens ständigt teknologiskt utvecklande samhälle blir behovet av spetskompetens inom naturvetenskap hos den breda massan lägre och lägre. Istället blir det viktigt att ha en bred kunskapsbas för att kunna orientera sig och aktivt delta i de vetenskapliga delarna av sitt dagliga liv (Millar och Osborne, 1998). Det handlar främst om att man ska besitta tillräckliga kunskaper för att kunna bland annat sätta sig in i vardagliga naturvetenskapliga frågeställningar, utvärdera och föra vetenskapliga argument, och ta ställning till lokala och nationella beslut (Wickman och Persson, 2015).

*...att en person har förmågan att beskriva,
förklara och förutsäga företeelser i naturen*

Wickman och Persson, 2015 (s. 161)

Denna idé återfinns även som en del av gymnasieskolans uppdrag i ämnesplanen för fysik, att göra elever till medborgare som kan aktivt delta i samhället (Skolverket, 2024).

En del av *scientific literacy* är exempelvis att kunna utvärdera naturvetenskapliga fenomenens rimlighet, till exempel att ersätta sin tidigare förståelse med ett resultat som följer av ett väl genomfört experiment. Processen blir då att bedöma sin befintliga kunskap, bedöma experimentets giltighet, och sedan resultatet som ska ersätta ens tidigare förståelse.

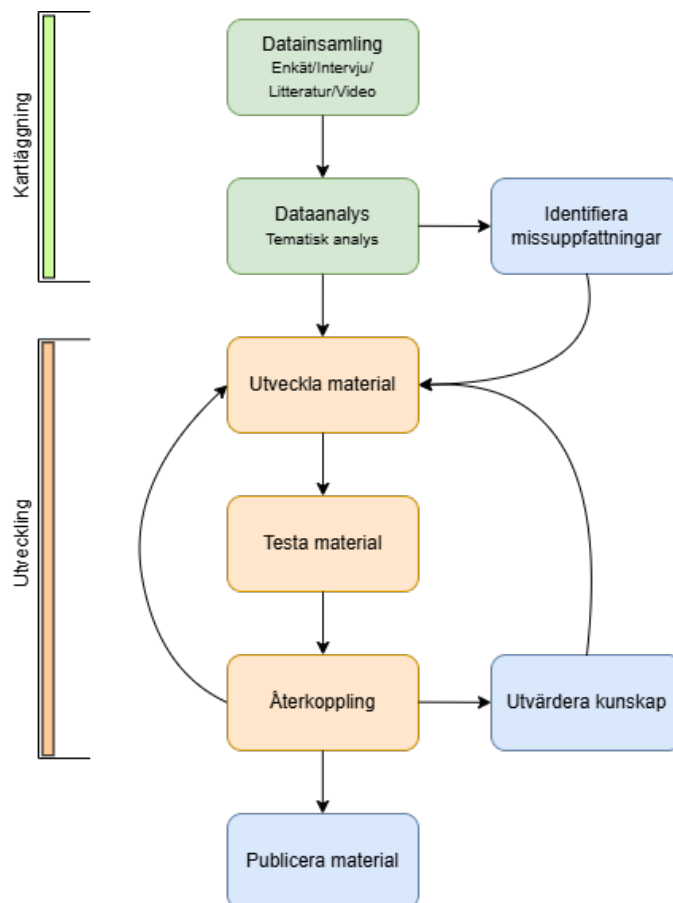
3 Metod

Redogörelse för arbetets metodik uppdelat i dess respektive delar.

3.1 Övergripande

De gröna rutorna i Figur 1 utgör arbetets kartläggningsfas, där det samlats in data att användas som underlag till utvecklingen av utbildningsmaterialet. De orangea rutorna utgör utvecklingsfasen där själva materialet tas fram som ett första utkast vid initiala passagen, och sedan i ett iterativt arbete utifrån återkoppling enligt pilarna. Resultaten i de blå rutorna motsvarar konkreta svar till arbetets frågeställningar. Denna metod är inspirerad av designprocessen presenterad i Wikberg Nilsson (2021).

Figur 1: Flödesschema över arbetets gång



Som en del av att bestämma fokusområdet för utbildningsmaterialet så samlades data in från fysiklärare på gymnasie- och högstadienivå, och deras elever. Syftet var att samla information kring elevers vanliga kunskapsglapp eller missuppfattningar vad gäller gravitation och närbesläktade områden. Insamlandet av denna data för att besvara arbetets frågeställningar gjordes med hjälp av två metoder. Dels korta, fysiska intervjuer med lärare och elever, och dels en enkät med motsvarande frågor till lärare.

Den data som samlades in jämfördes och kompletterades med litteraturstudier från tidigare liknande forskning. Detta för att samla en helhetsbild av de missuppfattningar som existerar hos elever, utöver det som författarna själva har upptäckt.

3.2 Kartläggning

Kartläggningen syftar till den fas där data samlades in som grund för utvecklandet av materialet. Detta motsvarar de gröna rutorna i Figur 1.

3.2.1 Intervjuer

Intervjuer genomfördes under Edutainmentdagarna på Gröna Lund, temadagar som erbjuder möjligheten för gymnasie- och högstadielklasser att besöka nöjesparken Gröna Lund i Stockholm i ett utbildande syfte. De har ett särskilt fokus på att eleverna får uppleva fysik i deras attraktioner genom att utföra mindre experiment, samt fundera och svara på relaterade frågor (Gröna Lund, 2024). Utöver att dessa tillfällen passade väl både i tid och plats, så valdes de att användas som forum just för tillgången till många elever och möjligheten att få mycket data. Dessutom så kunde korta och spontana intervjuer ske förhållandevis friktionsfritt mellan stationer, vilket gav upphov till ett forum med låg tröskel för eleverna att prata om fysik på ett vardagligt sätt i.

Intervjuerna gjordes semistrukturerat utifrån tidigare bestämda frågor (se Bilaga A). Vid behov ställdes även följdfrågor, då nya intressanta perspektiv dök upp (Denscombe, 2018). Frågorna var grundade i principen om att inte vara för specifika eller komplexa, utan istället att de skulle ge elever och lärare möjlighet att själva uttala sig fritt, i syftet att undvika lotsning (Fangen, 2005). Vuxna som gick runt i parken tillfrågades om de var Fysik-/NO-lärare, och intervjuades därefter. Elevers förkunskaper innan de börjat på gymnasiet samt deras kunskaper då de gick på gymnasiet var båda av intresse för undersökningen. Detta även för att notera om de elever som läst mer fysik har en bättre förståelse av gravitationella fenomen. Alltså intervjuades både lärare på gymnasiet såväl som högstadiet, för att få en mer komplett kartläggning av elevers olika förkunskaper. Oftast blev detta i grupper om 2-3 lärare. Anteckningar fördes löpande i ett block och sammanfattades sedan tätt inpå. Elever, vanligtvis i grupper om 2-4, fångades upp efter attraktionen Fritt Fall och intervjuades. Där hade de nyss genomfört

ett experiment som handlade om att se hur vattnet i en mugg betedde sig i ett fritt fall (Gröna Lund, 2024). Frågorna tog således avstamp i det experimentet. Även en elevgrupp på fyra personer intervjuades vid Månsimulatoren (ibid.), och tillfrågades om teman knutna till ISS och gravitation. Även här fördes anteckningar löpande i ett block och sammanfattades sedan tätt inpå.

3.2.2 Enkät

Enkäten (Bilaga B) bestod av fem frågor. En flervalsfråga, tre med frisvar och en avslutande för att frivilligt lämna sin kontaktinformation för fortsatt kontakt med författarna. Frågorna togs fram i samarbete med handledare, och enkäten anpassades för att ge datainsamlingen så goda förutsättningar som möjligt. Lärares tid är en högt eftertraktad, men begränsad resurs, så för att undvika bortfall, men samtidigt ge arbetet en chans att få in den data som eftersöktes, så begränsades enkäten till ett fåtal väl utvalda frågor. Det skrevs även en tydlig inledning till enkäten, bland annat att den endast skulle ta några minuter att besvara för att sätta tonen och förväntningen på utförligheten i svaren. Dessa två åtgärder är enligt Bryman (2018) sätt att undvika bortfall på utskickade enkäter. Dessutom valdes öppna svarsalternativ för att ge de svarande lärarna möjlighet att svara på det sätt de ansåg vara bäst, inte styra deras tankar och på så sätt påverka deras svar. Detta för att få så rättvis och användbar data som möjligt (Persson, 2016).

Enkäten distribuerades genom ett flertal kanaler. Genom handledarens kontaktnät av lärare, under ett möte med K-ULF där författarna var närvarande, samt över e-post riktade till fysiklärare på gymnasieskolor i Stockholmsområdet. K-ULF är ett projekt för att driva utvecklingen av hållbara samverkningsmodeller mellan forskning och skola, det bedrivs i samarbete av KTH och olika skolhuvudmän (K-ULF, 2024). Detta för att få så stor spridning som möjligt samtidigt som utskickandet av enkäten hölls på en nivå av rimlig arbetsbörda sett till arbetets omfattning. Enkäten var öppen för svar i knappt 3 veckor, vilket gjordes tydligt i enkätens inledning, detta för att ge utrymme att på egen tid besvara frågorna, och på så sätt höja kvaliteten på svaren (Wärneryd, 1990).

3.2.3 Litteratur

För att komplettera den egeninsamlade datan med vad som är sedan tidigare känt och ge arbetet ett bättre omfång, så gjordes även en litteraturstudie (Bryman, 2018). Genom att läsa forskningsartiklar som hade liknande frågeställningar, eller som utforskade liknande områden, så kunde en del rapporterade missuppfattningar tilläggas de redan dokumenterade.

3.2.4 Videor

Inom arbetets kontext menas med "videor" inspelade filmer uppladdade till YouTube av kanalen Veritasium (Veritasium, u. å). Kanalen drivs av Derek

Muller, en doktor inom physics education research, som bland annat ägnar sig åt att utbilda inom naturvetenskap genom kortare videor på YouTube (Muller, u. å). De videor som är av intresse för detta arbete går ut på att Muller gått runt i offentliga miljöer och slumpmässigt intervjuat utvalda personer genom att ställa frågor om något fysikaliskt fenomen. Detta för att undersöka kunskaperna hos gemene man, och använda det som en ingång i att förklara fenomenet, och på så sätt utbilda både de som tittar på videon och de som intervjuas. Han frågar om fenomen som bland annat tröghet, massa, tyngd, gravitation, fritt fall, omloppsbanor, och så vidare. Videorna är inspelade främst i Australien, och frågar därmed människor som inte är utbildade i Sverige. Det är heller inte gymnasieelever som tillfrågas, utan slumpmässigt valda (oftast vuxna) personer i offentliga miljöer, där det för vissa kan ha varit många år sedan de gick i skolan.

På liknande sätt som det dras slutsatser om elevers missuppfattningar från de egna intervjuer som genomfördes i samband med detta arbete, dras även slutsatser utifrån de liknande undersökningar som gjorts i videorna. Om en person vid frågan om ett fysikaliskt fenomen påvisar att de besitter en specifik missuppfattning om fenomenet räknas det som att den har förekommit. På så sätt kunde de missuppfattningar som arbetets undersökningar redan hittat styrkas ytterligare.

3.2.5 Dataanalys

För att analysera datan som samlats in genom både intervjuer och enkäter, användes induktiv tematisk analys med utgångspunkt i de 6 steg såsom de beskrivs av Braun och Clarke (2006). Det börjar med att bekanta sig med materialet i fråga, vilket gjordes genom att gå igenom och läsa svar på intervjuer och enkät ett flertal gånger. Därefter gå vidare till att hitta och sammanfatta gemensamma teman i dessa svar, tillsammans med de upphittade i litteraturen, och sedan kategorisera dem utefter dessa teman. Detta arbete resulterade i ett antal övergripande kategorier som innehåller olika missuppfattningar om gravitation med sammanfattande titlar som beskriver den gemensamma karaktären av missuppfattningarna.

Då studien endast intresserar sig för förekomsten av missuppfattningar, inte nödvändigtvis hur vanliga de är, gjordes ingen analys av hur frekvent en viss missuppfattning dök upp. Däremot, för att få en uppfattning om var fokus på materialet bör läggas, undersöktes förekomsten av dessa missuppfattningar från olika källor, såsom från elever, från lärare eller tidigare forskning. Om en missuppfattning förekom inom flera forum tolkades det som att den var mer prevalent och därmed bedömdes den vara mer nödvändig att lägga fokus på.

3.3 Utveckling

Utveckling motsvarar den fas med data som samlades in som grund för att vidareutveckla materialet. Detta motsvarar de orangea rutorna i Figur 1

Feedback söktes primärt från de lärare som i kartläggningsenkäten uttryckt intresse för fortsatt kommunikation. De delgavs materialet efter hand som det färdigställdes och valde sedan själva i vilken utsträckning de ville använda det, eller om de endast ville läsa igenom det. För att samla in lärarnas återkoppling gjordes ytterligare en enkät (se Bilaga C) som distribuerades till dem via e-post, samt i ett K-ULF möte och grupp med studenter och alumner på programmet civilingenjör och lärare. Även en e-postkonversation fördes med en lärare. Dessutom så hölls en semistrukturerad intervju som tog avstamp i samma frågor som enkäten med lärare som testat materialet. All återkoppling samlades in och sorterades efter relevans och genomförbarhet utifrån författarnas tycke, varpå den togs i beaktning för den blivande iterationen på materialet.

3.4 Metoddiskussion

I undersökningen gjordes ett stratifierat urval, där undergrupper av intresse definierades till gymnasielärare i fysik, högstadielärare i NO, samt elever på gymnasie- och högstadienivå som studerade fysik respektive NO. Berntson m.fl. (2016) menar att ett sådant urval gör att en kan komma åt de personer eller den delgrupp av personer som är av särskilt intresse för studien. Detta urval gjordes främst med avseende på deras relevans och expertis relativt frågeställningarna, men också på grund av möjligheten att delta under Edutainmentdagarna på Gröna Lund, där dessa målgrupper närvarade. Genom att inkludera lärare och elever på högstadiet, trots att målgruppen för undervisningsmaterialet var gymnasieelever, så fås dessutom en bild av elevernas förkunskaper innan de börjat på gymnasiet, och inte bara gymnasieelevernas rådande kunskaper. Detta tillfälle ledde dock till vad Berntson m.fl. (ibid.) kallar för ett tillgänglighetsurval, det vill säga att gruppen som intervjuades begränsas av deras faktiska tillgänglighet, i detta fall deras närvaro under Edutainmentdagarna. Intervjuer kunde endast föras med de lärare och elever som var på plats, vilket skulle kunna påverka giltigheten i någon inferens gjord utifrån denna grupp. En annan begränsande faktor inom just elevintervjuerna var de frågor som eleverna fick, då dessa till stor del formades av kontexten de ställdes i. Frågorna utformades för att direkt kopplas till det eleverna nyligen gjort, åkt Fritt fall, och fokuserades därmed kring det. Det var endast ifrån dessa som eventuella missuppfattningar kunde uppdagas, och således kan det finnas fler missuppfattningar hos elever, men som inte gavs andrum i det korta utbytet med eleverna.

Av lärarna var det ingen som tackade nej till att delta, men bland eleverna var det ett antal grupper som inte var intresserade av att delta. En elev som är ointresserad av fysik, eller som har läst mindre fysik, besitter även fler

missuppfattningar om ämnet (Subayani, 2016). Detta kan innebära att de elever som valde att inte intervjuas, hade gett ytterligare underlag om missuppfattningar som i nuläget inte fångats upp. En annan aspekt av formatet intervju är objektens förväntningar, där det kan hända att de svarar på ett vis som de tror att intervjuaren önskar, snarare än deras egentliga tankar och åsikter (Denscombe, 2018).

Vad gäller enkäten så gäller samma som beskrivits ovan, ett stratifierat urval gjordes av fysiklärare på gymnasieskolor. Beslutet togs att endast skicka ut e-post till lärare på skolor i Stockholmsområdet, med utgång i Stockholm stads lista över gymnasieskolor (Stockholms stad, 2023) valdes skolor ut som erbjuder undervisning i fysik. E-post skickades till de cirka 40 adresser som fanns att återfinna på skolornas respektive hemsidor, vilket i vissa fall endast var en adress till skolans reception. I det fallet ombads de som läste e-posten att vidarebefordra det till skolans fysiklärare så att det kunde nå målgruppen det var tänkt att nå. Detta urval gjordes i syfte att begränsa arbetsbördan till en rimlig nivå sett till arbetets omfattning.

3.5 Etiska överväganden

Undersökningarna i detta arbete - intervjuer och enkäter med elever och lärare, genomfördes efter att ha informerat deltagarna om vad datainsamlingen handlar om, att alla svar kommer att förbli anonyma, samt att deras svar skulle komma att behandlas endast inom arbetets ramar. I enkäterna specificerades det att om man väljer att besvara den samtycker man till villkoren som framställdes däri, och intervjuerna startades med att delge motsvarande information. Därmed var informationskravet, samtyckeskravet, konfidentialitetskravet, samt nyttjandekravet uppfyllda, och studien följer de etiska riktlinjer uppsatta av Vetenskapsrådet (2002).

4 Resultat

Här presenteras arbetets resultat uppdelat i dess motsvarande delar. Detta motsvarar de blå rutorna i Figur 1.

4.1 Kartläggning

Här presenteras resultatet från arbetets kartläggande fas. Resultaten är hämtade från fyra stycken huvudsakliga källor, enkäter och intervjuer med elever och lärare, litteratursökning i relevanta forskningsartiklar, samt från inspelade videor.

4.1.1 Intervjuer

En del av kartlägningsarbetet gick ut på att intervjua lärare och elever, med ändamålet att identifiera missförstånd om gravitation, samt att samla in underlag för att fastställa fokusområden för materialet. Cirka 10 lärare och 12 elever på gymnasie- och högstadienivå intervjuades under två tillfällen på Gröna Lunds Edutainmentdagar. Då ingen rigorös datainsamling gjordes under själva intervjuerna kan den råa datan inte redovisas, utan som beskrivit tidigare, togs anteckningar i form av stödord för att sedan kort in på intervjuerna sammanfattas av författarna till en mer sammanhängande text.

De viktigaste resultaten från den sammanställningen presenteras här:

Lärare ansåg att elever:

- *Saknar relevanta algebraiska beräkningskunskaper*
- *Saknar uppfattning om vektorer och deras riktningar för olika storheter*
- *Inte förstår skillnaden på massa och tyngd. Detta ska vara ganska vanligt, men förhållandevis enkelt att åtgärda*
- *Tror att massa spelar roll vid fritt fall*
- *Har svårt att skilja på olika begrepp inom området, särskilt förekommande hos elever med lägre intresse för ämnet*
- *Missförstår hur krafter interagerar med varandra och gestaltas i verkligheten*
- *Inte förstår vad tyngdlöshet är och när man är det*
- *Tror att föremål i rörelse saktar ner utan yttre påverkan*
- *Inte blir övertygade av resultat på experiment*
- *Förlitar sig på erfarenheter istället för på vetenskap när det kommer till förklaringar och teorier om deras omvärld*

Lärare ansåg att ett bra upplägg kan innehålla:

- *Laborationer, demonstrationer, och upplevelser*
- *Studiebesök i utbildningssyfte tillsammans med ordentliga förberedelser - detta för att engagera fler elever*
- *Räkneuppgifter*
- *Repetition av grundläggande koncept*
- *Utbildningsmaterial i form av videor*
- *Kopplingar till populärkultur för att engagera, exempelvis sci-fi filmer*

Intervjuer med elever gav underlag i form av dessa missuppfattningar och områden där det förekommer förvirring:

- *Vatten på toppen av fritt fall kommer inte att falla med attraktionen, då objekt i vila stannar i vila*
- *Gravitation varierar under fritt fall*
- *I fritt fall skulle vatten inte falla i samma takt som behållaren på grund av ingen gravitation*
- *Det finns ingen gravitation på ISS*
- *Gravitation är en kraft som drar saker endast mot jordens mitt*
- *Gravitation blandas ihop med g-krafter, tröghet, och lägesenergi*

4.1.2 Enkät

Ytterligare en del av kartlägningsarbetet bestod av att skicka en enkät till gymnasielärare i fysik med samma syfte som för intervjuerna, vilket beskrivs ovan. Resultaten från denna enkät sammanfattas i stycket nedan (se Bilaga B för ytterligare detaljer).

Av de cirka 40 personer som mottog enkäten var det 8 stycken lärare som svarade på enkäten, varav alla undervisade i antingen Fysik 1, Fysik 2 eller båda kurserna. Alla respondenter svarade på fråga 2, den fråga som behandlade vilka missförstånd som förekom hos eleverna. 6 respondenter svarade på fråga 3, om vilket upplägg som är gynnsamt för att nå fram till elevernas missuppfattningar. Två stycken gav icke-svar i form av att de inte förstod frågan eller att de inte hade tid att formulera ett svar. Fråga 4 var en öppen fråga om de hade något annat att tillägga på området, på denna var det tre stycken som svarade med ytterligare åsikter. Sista frågan var ett alternativ att lämna sin kontaktinformation, på vilken det lämnades fyra svar med uppgifter.

Några särskilt intressanta utdrag från datainsamlingen är följande:

Gällande elevers missuppfattningar (fråga 2 i Bilaga B):

- *Tunga föremål faller snabbare än lätta*
- *Skillnaden mellan massa och tyngd*
- *Skillnad mellan acceleration och kraft*
- *De blandar ihop den attraherande kraften från gravitationen med hastigheten*
- *Det är luftmotståndet som gör att deras vardagserfarenheter inte riktigt stämmer med teorin*

Gällande gynnsamma upplägg (fråga 3 i Bilaga B):

- *Vi gör många experiment, men elevernas förförståelse är ofta det som "vinner"*
- *Pröva, repetera, laborera*
- *Jag tror att det bästa är räkneuppgifter*
- *Låta eleverna klämma och känna i största möjliga mån*
- *Exempel och teori blandat samt därtill väl valda uppgifter*
- *Uppgifterna bör vara formade så att det blir svårare och svårare*

4.1.3 Litteratur

I litteratursökningen valdes tre stycken artiklar ut som var av särskilt intresse, som alla tre i någon utsträckning behandlar elevers förståelse av fysiken.

Bar m.fl. (2016) beskrev i en artikel om *Threshold Concepts* flera scheman som uppkommit hos elever, dels från egen och dels från tidigare forskning. De mest relevanta av dessa var:

- *"Gravity exists only on or near earth"*
- *"Gravity needs air, thus it is missing on the moon or in space"*
- *"Gravity acts on falling bodies. Gravity does not act on bodies thrown upwards or resting bodies"*
- *"A body does not have weight if it is falling or at rest"*
- *"On the moon, an object will 'float' if it is not heavy"*
- *"Light matter, like gasses, have no weight"*
- *"Mass is the same as weight"*

Xiao m.fl. (2015) undersöker elevers förståelse för Newtons tredje lag och reaktionskrafter i gravitationskontexter. Deras studie har bland annat lett dem till följande resultat:

- *“...the scientific view that action and reaction have equal magnitude is too difficult for students to understand, and an incorrect reasoning about the dominant principle of Newton’s third law is common in most of the students.”*
- *“...a common alternative conception describes that the reaction force of a table on a resting book and the weight of the book form a Newton’s third-law force pair.”*
- *“...students have problem in comprehending that objects have the same magnitude of force as the opponent in the following situation: inanimate bodies, stationary bodies, distant bodies, and so on”*
- *“...students always hold naïve perspectives that a larger force is exerted by an object which has a larger velocity, or is speeding up, or is an active initiator...”*

Kavanagh (2006) samlar elevers missuppfattningar om gravitation och fritt fall från ett antal olika studier och sammanfattar de viktigaste resultaten. Nedan följer utdrag från deras studie som lägger grunden för några av denna studies litteraturgrundade resultat.

- *“Gravity begins to act once things fall and continues only until the object is at rest on the ground”*
- *“...students believed that heavier objects fall faster”*
- *“Students and teachers thought that gravity required air for transmission of force”*
- *“Documented students’ ideas that gravity acts upward on an object”*
- *“...students (and their textbooks) commonly apply the definition of weight as being equal to the force of gravity. This leads students to mistakenly conclude that weightlessness (such as in the orbit) must also mean no gravity”*
- *“Students also confused gravity and buoyancy”*
- *“Gravity is a selective force and acts only on certain things”*

4.1.4 Videor

Den sista delen av datainsamlingen gick ut på att studera videor av inspelade undersökningar om fysikkunskap och missförstånd. Ur de sju stycken videor (Veritasium, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e, 2012a, 2012b) som valts ut, då de behandlar relevanta koncept, har följande intressanta utdrag gjorts.

I ett antal av videorna presenterar Muller frågan om hur objekt faller. Om ett tyngre föremål, i detta fall en 5 kg tung medicinboll, faller snabbare än ett lättare föremål, en basketboll av samma storlek. Som svar fås då bland annat:

- *“The heavy will go down first”*
- *“This one [the medicine ball] will go faster since it’s heavier”*
- *“The gravitational force on these balls is the same”*
- *“[Gravity is] objects being pulled to the earth”*
- *“It [the medicine ball] has more gravitational pull, but when I drop them, they get equal gravitational pull ”*
- *“I said the weight is different, I didn’t say the [gravitational] pull was different”*

Muller ställer även frågan om hur det kommer sig att astronauter svävar runt på ISS, samt vad som menas med begreppet gravitation:

- *“The astronauts would float away if it wasn’t for the walls of the space station”*
- *“The space station is outside of the earth’s gravitational pull, but the moon isn’t”*
- *“There’s no gravity [there]”*
- *“The stuff that holds us to the planet when we spin, doesn’t happen up there”*
- *“Gravity holds you down, so in space there’s nothing there. So you just float”*
- *“There’s not much [gravity]. They float, we’ve seen them”*
- *“Gravity is a downwards force”*
- *“Gravity is the tendency for things to move towards massive objects”*

En tredje form av video går ut på att Muller frågar om skillnaden mellan massa och tyngd, och använder sig av frågeställningen om varför en bil är svår att knuffa i sidled när gravitationen och därmed tyngdkraften endast verkar vertikalt.

- “A car is heavy to push since it is heavy”

I en fjärde form av video presenterar Muller slutsatser han har dragit utifrån sina egna erfarenheter att undervisa om, och prata med människor om fysik. Han menar att många besitter felaktiga versioner av Newtons lagar som beskriver objekts rörelse.

- “An object with no unbalanced forces acting on it will naturally come to rest”
- “Larger objects apply larger forces to smaller objects”

4.2 Vanliga Missförstånd

Utifrån all data, och särskilt de utdrag presenterade ovan, så gjordes en tematisk analys i syfte att hitta bredare kategorier av missuppfattningar. Övergripande teman bestämdes, och därefter sågs all data över ännu en gång, för att kontrollera att allting föll inom de bestämda temana. Sammanfattningsvis presenteras temanas förekomst i de olika forumen i Figur 2 nedan.

Figur 2: En tabell över de missuppfattningar och problemområden som denna studie har identifierat. De högra kolumnerna Elev, Lärare, Litteratur, och Video indikerar i vilket forum temat har förekommit.

Kategori	Elev	Lärare	Litteratur	Video
Gravitation är kontextuellt (1)	■		■	■
Massa spelar roll vid fritt fall (1)		■	■	■
Gravitation är inte universellt (1)	■		■	■
Gravitation är materialberoende (1)	■		■	■
Blandar ihop koncepten massa och tyngd (2)		■	■	■
Interaktion mellan tyngdkraft och andra krafter (2)		■	■	■
Gravitationsbegreppet blandas ihop med andra begrepp (2)	■		■	■
Objekt tenderar naturligt till vila (3)	■		■	■
Tyngre saker utövar större kraft än lättare (3)			■	■
Acceleration och hastighet alltid samriktade (3)		■		■

Kolumnrubrikerna *Elev* och *Lärare* motsvarar insamlad data från arbetsintervjuer och enkäter under kartläggningen, från respektive grupp. *Litteratur* motsvarar litteraturstudie av relaterade forskningsartiklar och *Video* motsvarar Veritasiums tidigare dokumenterade undersökningar av missförstånd.

Resultatet från den tematiska analysen ledde till att de vanliga missuppfattningarna som uppfattades brett kunde delas in i tre övergripande kategorier. Även om andra granskare av samma material kan komma att klassificera de dokumenterade missuppfattningarna lite olika, så ansåg författarna att dessa kategorier var de mest naturliga.

Dessa var:

1. Uppfattningar som mynnar ut i att gravitation inte är universell, och inte fungerar likadant på alla platser eller på alla saker.
 - **Gravitation är kontextuellt:** gravitation finns eller fungerar olika beroende på situation, t.ex. om föremålet rör på sig eller är i vila
 - **Massa spelar roll vid fritt fall:** ett föremåls massa påverkar hur snabbt det accelererar vid fritt fall, d.v.s. ett föremål med mer massa faller snabbare än ett föremål med mindre massa
 - **Gravitation är inte universellt:** gravitation finns bara på jorden, eller åtminstone lokalt begränsad till särskilda platser, t.ex. månen
 - **Gravitation är materialberoende:** gravitation påverkar föremål av olika material på olika sätt, eller att gravitation fungerar olika i olika medium, såsom i luft eller vatten
2. Begrepp som är direkt eller indirekt relaterade till gravitation som blandas ihop, där betydelsen av dem blir vrängd.
 - **Gravitation blandas ihop med andra begrepp:** generell förvirring kring närbesläktade begrepp som bland annat tyngdkraft, tröghet, hastighet, acceleration, och g-kraft
 - **Blandar ihop koncepten massa och tyngd:** behandlar begreppen som utbytbara och tänker inte på tyngd som en kraft
 - **Interaktion mellan tyngdkraft och andra krafter:** särskilt normalkraft och reaktionskraft och kraftpar i Newtons tredje lag
3. Gravitation som en kraft, och hur den verkar och påverkar objekt. Oftast i tandem med närbesläktade områden inom kinematik.
 - **Objekt tenderar naturligt till vila:** föremål som inte utsätts för externa krafter kommer att själva bromsa in och nå vila

- **Tyngre saker utövar större kraft än lättare:** i synnerhet syftande till Newtons tredje lag, t.ex. att en människa inte attraherar jorden lika mycket tillbaka
- **Acceleration och hastighet alltid samriktade:** ett föremål som befinner sig i rörelse alltid accelereras i färdriktningen

4.3 Lektionsmaterial

Materialet är en serie av fem stycken moduler, alla med teman relaterade till gravitation. Tanken med modulerna är att de ska vara fristående och agera inspiration till lärare, för att de själva sedan ska kunna anpassa upplägget efter sin klass. Så många av missuppfattningarna som möjligt integrerades inom materialet, efter vad som upplevdes genomförbart. Två andra kärnprinciper, som uppdagades under intervjuer med lärare, som formade innehållet var att variera undervisningen, samt att erbjuda många möjligheter för praktiskt deltagande. De fem modulerna titulerades *Fysik 1, gravitationens grunder, Fysik 2, gravitation, Laborationer och simuleringar, ISS*, samt *Livet på ISS*. Dessa går att återfinna i bilagor D, E, F, G, H. Dessa fem moduler skapades för att nyttja ESERO Sveriges resurser samt möta gymnasielärares behov.

Det innehåll och delmoment som vardera modul innehöll, i synnerhet när det kommer till kärnmodulerna för Fysik 1 respektive Fysik 2, baserades i hög grad på föreslaget innehåll från Skolverket (2024) och ett antal läroböcker som sträcker sig från högstadiesfysik upp till Fysik 3 (Alphonse m. fl., 2013; Fraenkel, 2011; *Fysik Fakta*, 2011; Kvist, 2019; Pålsgård, 2007, 2011; Sjöberg, 2007; Undvall, 2013; Vorderman, 2020).

Av de lärare som kontaktats för hjälp under arbetets gång, var det slutligen 4 stycken som gav någon form av feedback, antingen efter att de testat materialet eller endast läst igenom det. Återkopplingen från dessa lärare kan i stora drag summeras till följande punkter:

- Resonera kring ordval
- Räkneuppgifter saknas, är dock ej problematiskt
- Fördjupningsmaterial vore trevligt (ex. gravitationsfält i Fysik 1)
- Tillägg mer innehåll (ex. formeln $F=mg$ i Fysik 1)
- Komplicerad layout som bör anpassas för utskrift
- Layouten fungerar bra, bra fördelat, materialet är ett bra verktyg
- Kul med korta texter, figurer, länkar till videor och simuleringar, praktiska demonstrationer och bra med tillhörande tankar
- Bra med lite historia för att ge eleverna sammanhang

- Bra att det stod om vilka missuppfattningar som kan finnas
- Fungerar bra för att utveckla lektionsplaneringar man redan har
- Tänker att det är en guldgruva för nya lärare att inspireras av

Utifrån dessa punkter har följande åtgärder tagits och resulterat i följande förändringar mellan första utkast och den slutgiltiga versionen:

- Övergripande språklig kontroll och justering
- Adderad referens till fördjupning där det passar
- Generell justering av layout och mindre påbyggnad av modulernas centrala innehåll
- Ökad explicit benämning av missuppfattningar

Utöver dessa punkter som åtgärdats, mottogs blandade meningar om att materialets format inte lämpar sig för att skriva ut på papper, då vissa lärare föredrar att arbeta analogt. De lärare som primärt arbetar digitalt upplevde inte alls detta som ett problem. Således är det inte något som kommer att åtgärdas, då det inte faller i linje med arbetets vision om att vara ett helt digitalt material.

5 Diskussion

Nedan diskuteras arbetets resultat.

5.1 Uppkomsten av missuppfattningar

Flera av missuppfattningarna kan förklaras som lekmannateorier - en teori som de använder och som fungerar i flera av deras vardagliga sammanhang, men som brister under en mer vetenskaplig lupp. Detta är ett vanligt förekommande fenomen, att man saknar den grundläggande vetenskapliga kunskapen för att se att förklaringen är djupare än man kan se med blotta ögat. *Det är slutsatsen som är fel, inte observationen.* Vi litat på det vi ser för att det kommer naturligt för oss, och i vardagliga kontexter är förklaringen antingen inte mer komplicerad än vad en kan se, eller helt enkelt oviktig i sammanhanget, så den ifrågasätts inte. När det kommer till mer vetenskapliga sammanhang ger denna process dock upphov till missuppfattningar, och lägger grunden för lekmannateorier. Vetenskapligt resonemang kräver ansträngning, och utan den ansträngningen så är det enkelt att falla tillbaka på bristfällig heuristik (Shah m. fl., 2017). Det behöver även tas hänsyn till de förenklingar som vetenskapliga modeller gör.

Hur massa skulle spela roll vid fritt fall är inte svårt att föreställa sig. I verkligheten så kan luftmotståndet inte bortses från, och med det med i bilden så kan föremål med mindre massa påverkas mer, och således falla långsammare. Likväl kring hur det inte skulle finnas någon gravitation på ISS; det är en riktig observation att astronauterna är tyngdlösa, men återigen dras det en inkorrekt slutsats. Tyngden är så starkt kopplad till gravitationen, så att avsaknaden av den ena måste implicera avsaknad av den andra (Kavanagh och Sneider, 2006). Även hur större objekt skulle generera större krafter vid interaktion med mindre objekt är ett fall av felaktigt slutsatsdragande. Det mindre objektet får en större rörelse, vilket ger slutsatsen om en större kraft, snarare än en mindre tröghet. Samt hur objekt 'naturligt tenderar' till vila. Vad som här anses vara 'naturligt' är inte detsamma som 'utan yttre påverkan', då exempelvis gravitation och friktion inte till vardags behandlas som en yttre påverkan. Objekten ser ut att tendera mot vila, men förhållandena som det sker under är inte alltid vad som antas.

När det handlar om att kommunicera sina vetenskapliga idéer så spelar begrepp stor roll, och här tillkommer det också svårigheter då begreppen har en särskild stringens inom naturvetenskapliga kontexter, men där det inte anses lika viktigt inom vardagliga kontexter. Massa, vikt, och tyngd är alla utbytbara i vardagen; hur tungt något är eller hur mycket det väger, är någonting som talas om i kilogram, enheten för massa. Det är då inte konstigt att föreställningen om att de beskriver samma koncept även felaktigt översätts till klassrummet. Det viktiga här är inte att elever endast måste ha en strikt vetenskaplig förståelse och alltid sätta saker i en vetenskaplig kontext, utan att de har kunskapen om och förmågan att kunna skilja på

vad som bör ses som vetenskapligt respektive vardagligt, och anpassa sig därefter.

I vissa fall handlar det också bara om att naturvetenskap är ointuitivt och utmanande, särskilt när koncept som tidigare har uppfattats som disjunkt nu ska förenas med varandra, eller att områden som tidigare trots ha bemästrats nu expanderat i omfattning. Att accelerationen inte behöver ha samma riktning som hastigheten är en påbyggnad på den endimensionella kinematiken som eleverna sedan tidigare är vana vid, och utmanar de konventioner som de känner till. Samt hur det kommer sig att gravitation som kraft påverkar och samspelar med andra krafter som normal-, spännings-, friktions-, och reaktionskraft och de tillsammans nu ska bilda en koherent helhetsbild av omvärlden.

5.2 Förståelse

För att besvara arbetets andra forskningsfråga: *"Hur ökar man förståelsen hos gymnasieelever om gravitation inom ämnet fysik?"* behöver den operationaliseras, då den inte kan besvaras direkt. Istället söks svar på frågorna *"Fungerar materialet som ett bra verktyg i lektionsplanering?"* och *"Var eleverna engagerade i lektionen?"*, som i sin tur används för att besvara forskningsfrågan. Detta motiveras på följande sätt: materialet används för att planera en lektion, och det är genom materialet som vikten av att variera och ge möjlighet för hands-on-fysik förmedlas; elevernas engagemang förutsätts av författarna vara en god indikator på deras bearbetande av materialet, och således deras ökade förståelse som effekt. Leder materialet till att en bra lektion planeras, och eleverna engagerar sig under lektionen, så anses det att kunskap har förmedlats till eleverna med hjälp av materialet.

Vilket innebär att ett sätt att öka elevernas förståelse är att fokusera på de kärnprinciper som materialet tar upp - varierande inslag, hands-on-fysik, samt explicit inkludering av missuppfattningar. Utifrån den återkoppling som erhållits från lärare som redovisats ovan, framgår det att deras uppfattning är att materialet är ett bra verktyg att planera engagerande lektioner med, och på så sätt är materialet i sig ett sätt att öka elevernas förståelse.

5.3 Att bli av med missuppfattningar

Flera av lärarna, enligt intervjuer och enkätsvar i avsnitt 4.1, delade åsikten om att praktiska inslag i undervisningen är positivt för att åtgärda elevernas missuppfattningar. Inslagen inkluderar bland annat laborationer, demonstrationer, experiment, och studiebesök som alla är riktade mot att eleverna ska arbeta med fysiken 'hands on'. Vikten läggs på att eleverna aktivt får interagera med materialet med flera sinnen, inte bara läsa om det eller lyssna på en lärare tala om det. Detta för att elever då får större möjlighet att konkretisera fenomen när de själva får uppleva dem och de får flera chanser till att koppla ihop deras upplevelser med vad de studerat på annat sätt

(Nilsson m. fl., 2004). Det kan till exempel vara svårt för någon att förstå sig på och förklara fenomen som krafter och acceleration endast genom att ha läst om dem, men om de har en tydlig bild av hur det känns i olika situationer, exempelvis med sin egna kropp som ett mer övertygande mätverktyg, kan det underlätta vid förståelsen. En plats som möjliggör för många sådana situationer för elever är just nöjesparker, där man kan bjuda in elever till motiverande miljöer som gör det roligt och engagerande att lära sig om fysik, och på så sätt ge dem bra förutsättningar att fortsätta intressera sig för fysik (ibid.).

Att direkt använda sig av missuppfattningar för att uppmärksamma dem, och som följd bli av med dem, är ett tema som Muller (2008) behandlar, och hur missuppfattningar kan användas som ett verktyg för att forma en lektion eller ett material. Att prata med eleverna explicit om missuppfattningar är något som överlag kan ses som en tabu, åtminstone i författarnas erfarenhet - då det kan förstärka missuppfattningarna, snarare än att motverka dem. Muller föreslår dock att den explicita diskussionen faktiskt kan vara mer givande. Hans resultat säger att multimedia som explicit diskuterar missuppfattningar är mer effektivt än förklarande sammanfattningar av samma område. Detta som effekt av att eleverna investerade mer tankekraft och således nådde en högre kognitiv belastning. Eleverna som tog del av Mullers material med missuppfattningar var bättre på att minnas innehållet, både de korrekta och de felaktiga föreställningarna, jämfört med gruppen som inte behandlade missuppfattningar - då de sistnämnda ansåg att materialet innehöll för mycket repetition (ibid.). Författarna har tagit detta i beaktning, men dock inte lika explicit. Även som en del av återkopplingen från lärare som testat materialet uppkom sentimentet att explicit inkludering av elevernas missuppfattningar på ämnet var uppskattat. Missuppfattningarna har integrerats i materialet, som uppmaning till lärarna att de existerar, men de är upp till dem att diskutera dem om så önskas, i linje med arbetets övergripande tanke om att lärarna själva ska avgöra graden till vilken de använder sig av innehållet i materialet. Det tar således också lite inspiration från ett utdrag som Kavanagh och Sneider (2006) gör från Palmer, med en uppmaning om att inte endast fokusera på missuppfattningar, utan att istället utgå från elevernas korrekta uppfattningar, och försöka expandera dem så att de även gäller i nya kontexter.

Steget att gå från sin tidigare felaktiga förståelse om ett fenomen till mer korrekt vetenskaplig och robust kunskap kan vara större än många tror, och innefattar ofta mer än att bara höra en förklaring eller läsa sig till hur något faktiskt ligger till. Många elever är så pass fästa vid sina uppfattningar att de håller fast vid dem, trots att de ställs inför övertygande bevis om att de är felaktiga. DiSessa (1998) menar att elever kan motstå att övertygas trots omfattande diskussion över loppet av en hel fysikkurs, och att de i slutet fortfarande står fast vid sin felaktiga förklaring. En anledning till detta menar DiSessa (ibid.) är att elever strukturerar upp sin förståelse i små diskreta bitar av kunskap, som tillsammans bildar deras förståelse för omvärlden.

Problemet uppkommer då de behöver sortera dessa bitar för att bilda en vetenskapligt korrekt helhet, och det inte alltid finns ett uppenbart sätt att förena de separata föreställningarna på ett vetenskapligt accepterbart vis. Vosniadou (1994) menar istället motsatsen, att elever i själva verket har en helomfattande och koherent bild av sin omvärld, och att det är därför den är svår att förändra. Då något nytt bevis ska anammas så behöver då en fundamental del av deras förståelse av omvärlden förändras, och då det är en omfattande förändring som behöver ske så tenderar det att göras med mer motstånd. Om idéerna istället är bra så kommer de gång på gång att visa sig vara förenliga med verkligheten, och således integreras in i deras ramverk med tiden. En annan teori om vad som kan göra det svårt för elever att ändra sin förståelse och sina naturvetenskapliga teorier är den om vetenskaplig vardaglig skepticism. Idealt så skulle alla idéer som presenteras för en granskas och kritiseras med samma stringens, snarare än att sänka tröskeln för de som är i linje med ens förutfattade meningar och höja tröskeln för motsägande idéer. Detta är dock i praktiken mycket psykologiskt utmanande, och är en sorts bekräftelsebias finns likväl för forskare som för elever (Jerkert, 2022).

Lärare som intervjuats håller med om sentimentet att det är svårt att övertyga elever - att det är deras förförståelse som regerar, att de inte övertygas av experiment, och att de förlitar sig på erfarenheter snarare än vetenskap. Men sådant behöver inte alltid vara fallet. I en studie av Nilsson m.fl. (2004) så genomgick 20 st elever i tioårsåldern ett undervisningsmoment om fritt fall, där de bara av att observera ett utfall därefter hade ändrat sin konceptuella förståelse av experimentet. Eleverna tillfrågades två gånger, före och efter experimentet. Från första till andra gången skedde en ökning från 5 till 17 som kunde koppla det till gravitation, och en ökning från 0 till 18 som kunde tala om utfallet av experimentet. Här räckte det alltså med en enkel observation för att övertyga en majoritet av eleverna att ändra sina teorier. Dock kan det diskuteras ifall att minnas och återberätta resultatet av experimentet verkligen innefattar en djupare förståelse, särskilt när det kommer till en grupp med en relativt låg ålder. Exemplet är oavsett intressant, då det påvisar hur effektiva praktiska inslag kan vara för att motverka missuppfattningar hos elever åtminstone på ett ytligt plan, även om det vore till fördel att ha fler äldre elever som robusta datapunkter.

Oavsett vilken bild man har av formen och kategoriseringen av elevers kunskap kvarstår det faktum att det ofta kan vara problematiskt att nå fram till och förändra deras felaktiga förklaringar. Att lägga tiden på att utveckla elevernas färdigheter inom naturvetenskaplig allmänbildning istället för att lägga mycket tid på specifika ämnesområden av undervisningen, kan ge eleverna en stadigare grund för att själva ta steget från felaktiga uppfattningar till korrekt kunskap (Millar och Osborne, 1998). Det kan handla om att bland annat inkorporera exempel från verkligheten, använda material från olika källor, besöka science centra, eller att explicit diskutera missuppfattningar (Mackenzie, 2023). Idén är att istället för att om och om igen försöka övertyga elever om en ny förklaring av ett fenomen som de motsätter sig att

övertygas om, så bör de ges verktygen att övertyga sig själva genom observation och experiment. Detta synsätt på naturvetenskaplig allmänbildning har använts som inspiration vid utvecklandet av, och inkorporerats i det framtagna materialet. Där vikt har lagts på att använda konkreta exempel från verkligheten, med bland annat videor inspelade på ISS, samt att till viss del uppmana till direkt diskussion av missuppfattningar för att uppmärksamma dem. Det innehåller även uppmaningar att besöka science centra och att ge eleverna möjlighet att själva interagera 'hands on' med fysiken, även i klassrummet.

Sammanfattningsvis kan att komplettera undervisningen med varierande inslag vara en bra metod för att nå fram till elevernas missuppfattningar. Har man av olika skäl inte möjlighet att arbeta in laborativa eller experimentella inslag i undervisningen, kan man med fördel istället använda sig av video eller liknande digitala verktyg som ett substitut. Dessa kan återge situationer som ett klassrum i sig inte har möjlighet att göra, och på så sätt nå liknande resultat hos eleverna.

5.4 Video och multimedia som verktyg

Hur pass verktyget som används för att designa och genomföra ett undervisningsmoment har en inverkan på innehållet, eller hur det tas emot kognitivt av elever, är en debatt som sträcker sig tillbaka, men som fortfarande också förblir aktuell. Bland de första att diskutera detta var Clark (1983), som menar att verktyget inte har någon egentlig påverkan på studenternas prestationer, eftersom att det är innehållet som är helt avgörande. Således ska en lärare kunna använda samma innehåll och med hjälp av ett annat verktyg få eleverna att uppnå samma resultat. Clark (1994) citerar även Shrock, vad avser att det inte finns något bästa verktyg, och just att "...perhaps there is no one instructional method required to attain a given learning outcome". Kozma (1994a) ifrågasätter hur detta faktiskt skulle fungera i praktiken, och att det inte är så enkelt att bara byta ut verktyg som Clark initialt föreslog. Innehållet och verktyget är så pass sammanvävda att det inte går att ändra endast på den ena parten. Verktygets möjligheter och styrkor formar de didaktiska val som görs när ett undervisningsmoment designas som ska använda ett viss valt verktyg. Dessutom citerar Kozma Reiser i hans sentiment att "...certain media attributes make certain methods possible". Muller (2008) föreslår en sorts ekvivalensprincip när det kommer till olika verktyg inom multimedia som används för att undervisa, att "the equivalence principle in multimedia then states that the relevant cognitive processes inspired by different formats of multimedia can be made indistinguishable by choosing appropriate methods".

Fördelarna med att använda material i form av multimedia, i materialets kontext rör det sig om videor och simuleringar, men kan även innefatta andra former av digitala hjälpmedel, är att det blir lättare för många elever att ta till sig och förstå innehållet. För att underlätta förståelse och lärande för

elever är en vanlig och effektiv metod att koppla ihop information i textform med visuella inslag (Muller, 2008). Vissa elever behöver en bild, för andra räcker det med att dra sig till minnes och mentalt konstruera bilderna själv, och andra behöver det inte alls (Kozma, 1991). Genom att använda sig av video i undervisningen kan man presentera ett ämne med text, bild, ljud, och video samtidigt. På så sätt så sänker man tröskeln för elever när det kommer till att konstruera och förena dessa olika representationer, vilket gör det lättare för dem att skapa sig en helhetsbild över ämnet (ibid.). Detta blir mer påtagligt ju mer komplicerade koncept det handlar om, och gymnasiefysiken är ett bra exempel på en situation där detta kan underlätta för många elever, speciellt om de har bristande förkunskaper (Kozma, 1994b). Videor specifikt har visats kunna hjälpa elever att konstruera komplexa och dynamiska mentala modeller, från vilka de sedan kan dra fler inferenser än om de hade skapat modellen endast utifrån text eller bilder (ibid.). Hade de konstruerats utifrån endast text löper de en större risk att bli felaktiga, då de baseras i högre grad på elevernas tidigare förståelse, som i många fall är inkomplett eller till och med felaktig. Ytterligare kan man se att modeller skapade med video som hjälpmedel även är lättare för elever att minnas, än om endast text hade använts (ibid.).

Slutligen kan det även tilläggas att multimedia är ett resurseffektivt verktyg, då det kan användas av eleverna på egen hand, och frigör läraren att spendera sin tid på annat, exempelvis att engagera eleverna i mer djupgående diskussion (Muller, 2008).

5.5 Missuppfattningar och målgrupper

Detta arbete har undersökt fyra källor, som behandlar olika grupper, för att identifiera förekomsten av missuppfattningar. Direkt från elever, indirekt från lärare och litteratur som talar om elever i andra hand, samt videor som talar om gemene man. Det kan förefalla att dessa grupper är så pass skilda att en slutsats som dras om en av grupperna inte nödvändigtvis går att extrapolera till någon annan. Forskning (Bar m. fl., 2016; Kavanagh och Sneider, 2006) visar dock att många av de missuppfattningar som förekommer hos elever på gymnasienivå, också går att återfinna hos äldre studenter på universitet, vuxna, och även yngre barn. Varken ålder eller naturvetenskaplig utbildning verkar diskriminera när det kommer till hos vilka som missuppfattningar förekommer. Detta innebär att arbetets slutsatser om att missuppfattningar existerar utgår ifrån och intresserar sig för att de existerar bland alla, oavsett målgrupp.

Det ter sig finnas två olika skolor om vad som är viktiga missuppfattningar att reda ut - de lärare som ansåg att det kvantitativa - algebran och formlerna är elevernas svaghet, och de lärare som ansåg att den konceptuella förståelsen - elevernas teoretiska bemästring av gravitationella fenomen, var bristande. Att kunna räkna på problem och uppgifter som handlar om Newtons gravitationslag behöver inte nödvändigtvis medföra en förståelse

för bakomliggande fenomen och kinematik. Kavanagh och Sneider (2006) beskriver hur även de som studerar fysik på högskola inte är immuna mot signifikanta missuppfattningar om bland annat fritt fall. På samma sätt så behöver inte en god konceptuell grund medföra några beräkningsfärdigheter. Tidig och effektiv utbildning som leder till faktisk kvalitativ förståelse om gravitationella koncept och fenomen som dessutom integrerar praktisk problemlösning är därmed av stor vikt (ibid.).

5.6 Didaktiska Val

Några av de idéer och motiveringar som lagt grunden till arbetet har tagits upp ovan i diskussionen, som exempelvis att explicit diskutera missuppfattningar samt att ge eleverna möjlighet att interagera med innehållet 'hands on'. Resterande obehandlade didaktiska beslut tas upp här.

Muller (2008) lyfter ett antal relevanta frågor en bör ställa sig under utvecklandet av utbildningsresurser för att resultatet ska främja meningsfullt lärande. Två av dessa behandlar vad innehållet i materialet ska inkludera, och är av särskild relevans för detta arbete. Dessa har varit ledande under utvecklandet av materialet, och lyder:

Borde man inkludera intressant innehåll för att behålla elevernas uppmärksamhet, även om relevansen endast är tangentiell?

Borde man lägga till extra innehåll i syfte att sakta ned tempot?

En genomgående tanke med materialet är att det ska vara en källa av inspiration, för såväl lärare under planeringen som elever under lektionen. För att uppnå detta gjordes valet att inkorporera en mängd innehåll som är, även om det inte är helt relevant, angränsande till ämnet. Detta för att det tjänar ett syfte utöver att endast lära ut om ämnet, att dessutom inspirera och motivera eleverna. Arbetets tillfrågade lärare menar exempelvis att genom att inkorporera inslag av populärkultur, såsom sci-fi filmerna *Interstellar* eller *The Martian* som båda under deras populärvetenskapliga yta även behandlar en hel del riktig och för eleverna relevant fysik, som i undervisningen kan användas för att väcka elevernas intresse. Detta går även att applicera på annat liknande innehåll som spel och simulationer, med målet att koppla undervisningen till saker som eleverna redan har intresse för.

Det finns även ett värde i att ha med innehåll för att späda ut lektionen, för att sänka tempot något och se till att alla elever hänger med. Att ha en lektion med lägre koncentration på innehållet kan ge eleverna viktig tid mellan nyckelmomenten att faktiskt hinna bearbeta innehållet. Detta kan vara i form av exempelvis repetition, eller att sätta innehållet i andra kontexter. Även de tangentiella och mer inspirerande delarna kan användas i ett liknande syfte, att ge eleverna något med en lägre tröskel för att ge dem andrum.

Dessa två frågeställningar har genomsyrat utvecklingen av materialet, som innehåller en hel del angränsande material utöver det mest centrala, i flera av modulerna. Ett exempel på detta är stora delar av modulen *Livet på ISS*, där mycket innehåll inte är direkt kopplat till kursens centrala innehåll, utan istället anspelar på den mänskliga faktorn inom fysik och rymdfart. Dess innehåll kan dessutom användas för att sakta ned tempot, men då materialet inte är utvecklat för att användas som en kontinuerlig sekvens kan det med fördel användas som supplement till materialet i andra moduler, just för att sakta ned tempot och ge lite andrum.

Två ytterligare övergripande principer som har influerat många beslut om innehåll och form för materialet är att undervisningen ska vara varierad, och således innehålla muntliga, visuella, och kinestetiska moment, samt att elevernas aktiva deltagande ska sättas i rampljuset. Det förstnämnda har tagits i beaktning på så sätt att varje modul inkluderar någon sorts video eller simulering, fundament för diskussion, och möjlighet för eleverna att känna på och uppleva fysiken där det kändes relevant. Det sistnämnda kan betraktas som en form av *learning by doing*, där eleverna övar upp sina kunskaper genom praktiskt genomförande, snarare än observation (Säljö, 2015). Genom att arbeta med diskussioner och laborativa moment, såväl fysiska som digitalt simulerade, så får eleverna fler möjligheter att medvetet och aktivt engagera sig med fysiken i fråga. Utgångspunkten är också att eleverna gör detta i grupp, med mål och möjlighet att lära sig av varandra i en sociokulturell kontext (Vygotskij, 2001). Dessa moment återspeglas särskilt i modulen *Laborationer och simuleringar*, men syns även i varierande utsträckning i samtliga moduler.

6 Slutsatser

Vilka missuppfattningar angående gravitation finns hos gymnasieelever?

De övergripande temana av missuppfattningar presenteras i Figur 2 ovan, och berör bland annat hur och varför föremål faller, samt vad definitionen av vad gravitation är och när den gäller. Missuppfattningarna tar exempelvis formen av lekmannteorier, som härstammar från en riktig observation, men där en felaktig slutsats förklarar utfallet.

Hur ökar man förståelsen hos gymnasieelever om gravitation inom ämnet fysik?

En metod för att hjälpa elever att bättre förstå sig på gravitationella fenomen är ett lektionsupplägg som innehåller varierade lärandemoment, möjlighet för eleverna att direkt och praktiskt engagera sig med fysiken, samt explicit inkludering av elevers missuppfattningar på ämnet. Detta kan exempelvis göras med hjälp av det framtagna materialet.

Hur kan ett lektionsmaterial för gymnasieelever om gravitation se ut?

Efter återkoppling och iteration av materialet tog det formen av digitala dokument, vars syfte är att agera inspirationskälla för lärare under planeringen av lektioner. Materialet är framtaget för att täcka in det grundläggande innehållet i kurserna Fysik 1 och 2, däribland fritt fall, tyngdlöshet, gravitation, massa och tyngd, samt omloppsbanor. Dessutom innehåller det tangentiellt relaterat material för att väcka intresse för rymden, samt att inspirera och engagera eleverna. Det tar bland annat formen av text, videor, simuleringar, och laborativa inslag. Materialet går att återfinna i bilagor D, E, F, G, H, men går även att finna på ESEROs hemsida.

7 Vidare forskning

Detta arbete lämnar stor möjlighet att fortsätta forskningen i form av att kartlägga missuppfattningar, samt utveckla ytterligare tillhörande material. Detta gäller inte bara specifikt inom gravitation, där det kan finnas underlag för ännu fler missuppfattningar som inte framkommit under detta arbetes undersökningar, men även inom andra områden av fysiken (exempelvis ellära eller mekanik), om inte till och med helt andra ämnen, som kemi och biologi.

Utöver det så kan ytterligare forskning med fördel göras inom att just explicit omnämna missuppfattningar inom undervisningen som ett verktyg att öka elevernas lärande och förståelse. Detta eftersom litteraturen ter sig vara oense om detta.

8 Källhänvisning

- Alphonse, R., Bergström, L., Gunnvald, P., Johansson, E., & Nilsson, R. (2013). *Heureka! fysik. Kurs 3* (1. uppl). Natur & kultur.
- Ashby, N. (2003). Relativity in the Global Positioning System. *Living Reviews in Relativity*, 6(1), 1. <https://doi.org/10.12942/lrr-2003-1>
- Bar, V., Brosh, Y., & Sneider, C. (2016). Weight, Mass, and Gravity: Threshold Concepts in Learning Science. *Science Educator*, 25(1). <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1110246.pdf>
- Berntson, E., Bernhard-Oettel, C., Hellgren, J., Näswall, K., & Sverke, M. (2016). *Enkätmetodik* (1. utg). Natur & kultur.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Bryman, A. (2018). *Samhällsvetenskapliga metoder* (Tredje upplagan). Liber.
- Cavendish, H. (1798). XXI. Experiments to determine the density of the earth. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 88, 469–526. <https://doi.org/10.1098/rstl.1798.0022>
- Clark, R. E. (1983). Reconsidering Research on Learning from Media. *Review of Educational Research*, 53(4), 445–459. <https://doi.org/10.3102/00346543053004445>
- Clark, R. E. (1994). Media and method. *Educational Technology Research and Development*, 42(3), 7–10. <https://doi.org/10.1007/BF02298090>
- Comins, N. F., & Kaufmann, W. J. (2014). *Discovering the universe* (Tenth edition). W.H. Freeman; Company.
- Denscombe, M. (2018). *Forskningshandboken: för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna* (Fjärde upplagan). Studentlitteratur.
- DiSessa, A. (1998 november). What Do “Just Plain Folk” Know About Physics? I *The Handbook of Education and Human Development* (1. utg., s. 681–700). Wiley. <https://doi.org/10.1111/b.9780631211860.1998.00031.x>
- ESA. (u. å). Space-time as an elastic fabric. Hämtad 27 november 2024, från https://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Space-time_as_an_elastic_fabric
- ESERO Sverige. (2024 november). Om oss. Hämtad 19 november 2024, från <https://www.esero.se/om-oss/>
- Fangen, K. (2005). *Deltagande observation* (1. uppl). Liber ekonomi.

- Fraenkel, L. (2011). *Impuls. 1: Fysik* (1. uppl., 2. tr). Gleerups.
- Fysik Fakta: fysikfakta med studieuppgifter för grundskolan.* (2011). Tefy.
- Gröna Lund. (2024). Edutainment på Gröna Lund. Hämtad 26 september 2024, från <https://www.gronalund.com/edutainment>
- Jerkert, J. (2022). *Reasoning about Science: Issues of Philosophy and Method.*
- Kavanagh, C., & Sneider, C. (2006). Learning about Gravity I. Free Fall: A Guide for Teachers and Curriculum Developers. *Astronomy Education Review*, 5(2), 21–52. <https://doi.org/10.3847/AER2006018>
- Kozma, R. B. (1991). Learning with Media. *Review of Educational Research*, 61(2), 179. <https://doi.org/10.2307/1170534>
- Kozma, R. B. (1994a). A Reply: Media and Methods. *Educational Technology Research and Development*, 42(3), 11–14. Hämtad 29 november 2024, från <https://www.jstor.org/stable/30220074>
- Kozma, R. B. (1994b). Will media influence learning? Reframing the debate. *Educational Technology Research and Development*, 42(2), 7–19. <https://doi.org/10.1007/BF02299087>
- K-ULF. (2024). K-ULF. Hämtad 7 november 2024, från <https://www.kth.se/k-ulf/om-oss/samverkansmodeller-mellan-akademi-och-skola-1.1182920>
- Kvist, G. (2019). *Ergo Fysik. 2* (Fjärde upplagan). Liber.
- LIGO Lab. (2024a november). LIGO Lab. Hämtad 26 november 2024, från <https://www.ligo.caltech.edu/>
- LIGO Lab. (2024b november). What are Gravitational Waves? Hämtad 26 november 2024, från <https://www.ligo.caltech.edu/page/what-are-gw>
- Mackenzie, A. H. (2023). Promoting Scientific Literacy in the Science Classroom — NSTA. *National Science Teaching Association*, 90(5). Hämtad 3 december 2024, från <https://www.nsta.org/science-teacher/science-teacher-mayjune-2023/promoting-scientific-literacy-science-classroom>
- Mee, N. (2022). *Gravity: from falling apples to supermassive black holes* (Second edition). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780192845283.001.0001>
- Millar, R., & Osborne, J. (1998). *Beyond 2000: science education for the future : a report with ten recommendations* [OCLC: 43198612]. King's College London, School of Education.
- Muller, D. (u. å). Veritasium. Hämtad 22 november 2024, från <https://www.veritasium.com/about>
- Muller, D. (2008). *Designing effective multimedia for physics education* [Dissertation]. University of Sydney Australia.
- Newton, I. (1687). *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica* (1. utg.).

- Nilsson, P., Pendrill, A.-M., & Pettersson, H. (2004). Learning physics with the body.
- Næss, A. (2007). *När jorden stod stilla: Galileo Galilei och hans tid*. Leopard.
- Persson, A. (2016). *Frågor och svar - om frågekonstruktion i enkät- och intervjuundersökningar*. Statistiska Centralbyrån.
- Pålgård, J. (2007). *Ergo fysik: naturvetenskap och teknik. Kurs A* (3. uppl). Liber.
- Pålgård, J. (2011). *Ergo Fysik. 1* (4. uppl). Liber.
- Shah, P., Michal, A., Ibrahim, A., Rhodes, R., & Rodriguez, F. (2017). What Makes Everyday Scientific Reasoning So Challenging? I *Psychology of Learning and Motivation* (s. 251–299, Vol. 66). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.plm.2016.11.006>
- Sjöberg, S. (2007). *Fysik: för grundskolans senare del* (3. uppl). Natur och kultur.
- Skolverket. (2024). Ämnesplan i fysik. Hämtad 26 september 2024, från <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne>
- Stockholms stad. (2023 september). Hitta gymnasieskola - Stockholms stad. Hämtad 1 oktober 2024, från <https://gymnasieskola.stockholm/hitta-gymnasieskola/>
- Subayani, N. W. (2016). The Profile of Misconceptions among Science Subject Student-Teachers in Primary Schools. *International Journal of Education and Literacy Studies*, 4(2). <https://doi.org/10.7575/aiac.ijels.v.4n.2p.54>
- Säljö, R. (2015). *Lärande: en introduktion till perspektiv och metaforer* (Första upplagan). Gleerups.
- Tillman, N. T., Bartels, M., & updated, S. D. I. (2022 januari). Einstein's Theory of General Relativity. Hämtad 19 november 2024, från <https://www.space.com/17661-theory-general-relativity.html>
- Undvall, L. (2013). *Spektrum Fysik* (4., [uppdaterade] uppl). Liber.
- Veritasium. (u. å). Veritasium. Hämtad 22 november 2024, från <https://www.youtube.com/@veritasium>
- Veritasium. (2011a februari). The Difference Between Mass and Weight. Hämtad 22 november 2024, från <https://www.youtube.com/watch?v=.Z0X0yE8Ioc>
- Veritasium. (2011b februari). What Is Gravity? Hämtad 22 november 2024, från <https://www.youtube.com/watch?v=mezKHBPLZ4A>
- Veritasium. (2011c mars). Is There Gravity In Space? Hämtad 22 november 2024, från https://www.youtube.com/watch?v=d57C2drB_wc
- Veritasium. (2011d mars). Misconceptions About Falling Objects. Hämtad 22 november 2024, från https://www.youtube.com/watch?v=_mCC-68LyZM

- Veritasium. (2011e mars). Three Incorrect Laws of Motion. Hämtad 22 november 2024, från <https://www.youtube.com/watch?v=Yf0BN0kq7OU>
- Veritasium. (2012a maj). Why Are Astronauts Weightless? Hämtad 25 november 2024, från <https://www.youtube.com/watch?v=iQOHRKKNNLQ>
- Veritasium. (2012b oktober). Misconceptions About Falling Objects [Version 2 av videon]. Hämtad 22 november 2024, från <https://www.youtube.com/watch?v=aRhkQTTQxm4w>
- Vetenskapsrådet. (2002). *Forskningsetiska principer inom humanistisk-samhällsvetenskaplig forskning*.
- Wickman, P.-O., & Persson, H. (2015). *Naturvetenskap och naturorienterande ämnen i grundskolan: en ämnesdidaktisk vägledning* (2. uppl). Liber.
- Wikberg Nilsson, Å. (2021). *Design: process och metod* (Andra upplagan). Studentlitteratur.
- Woodford, C. (2005). *Gravitation: från en platt jord till relativitetsteorin*. Liber.
- Vorderman, C. (2020). *Hjälp ditt barn med biologi, kemi och fysik genom hela grundskolan och gymnasiet*. Tukan förlag.
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, 4.
- Vygotskij, L. S. (2001). *Tänkande och språk*. Daidalos.
- Wärneryd, B. (1990). *Att fråga: om frågekonstruktion vid intervjuundersökningar och postenkäter* (5., [omarb.] uppl). Statistiska centralbyrån (SCB). <https://www.scb.se/contentassets/d62df838f1ac40648b3c29f79fa88c7c/att-fraga-om-fragekonstruktion-vid-intervjuundersokningar-och-postenkater.pdf>
- Xiao, H., Zhou, S., & Zhang, C. (2015). Students' Understanding on Newton's Third Law in Identifying the Reaction Force in Gravity Interactions. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(3). <https://www.ejmste.com/download/students-understanding-on-newtons-third-law-in-identifying-the-reaction-force-in-gravity-4389.pdf>
- Zedelius, C. M., Müller, B. C. N., & Schooler, J. W. (Red.). (2017). *The Science of Lay Theories*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-57306-9>

9 Bilagor

9.1 Bilaga A: Intervjufrågor

Frågor till elever: (motivering och kontext till frågorna)

Vad menas med fritt fall? (Koppla fenomen fritt fall till gravitation, efter attraktionen Fritt fall)

Vad hände med vattnet och varför? (Spekulera kring och förklara föremål som faller, efter attraktionen Fritt fall)

När under fritt fall upplevde du mest gravitation? (Frammana missuppfattningar kring bland annat gravitation/g-kraft, efter attraktionen Fritt fall)

Vad är gravitation? (Frammana missuppfattningar kring gravitation, vid stationen månsimulatorn)

Varför svävar astronauter i rymden/på ISS? (Frammana missuppfattningar kring gravitation/fritt fall, vid stationen månsimulatorn) Utsätts de för gravitation? Hur funkar det med månen?

Frågor till lärare:

Vad är enligt dig elevers vanligaste/största missuppfattningar när det kommer till gravitation?

Vad för upplägg tror du är särskilt gynnsamt för att nå fram till eleverna och öka deras förståelse?

9.2 Bilaga B: Kartläggningsenkät och enkätsvar

Hej!

Våra namn är Anton och Daniel, och vi är studenter på KTHs civilingenjör och lärarprogram som håller på att skriva vårt exjobb. Det går ut på att utforma undervisningsmaterial för gymnasieelever och behandlar ämnet gravitation.

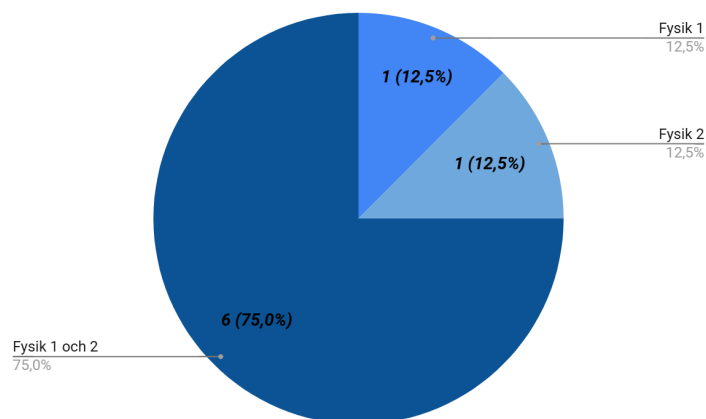
Vi är nu i fasen av att samla information om elevers vanliga missuppfattningar eller missförstånd, för att ha underlag till vad vi ska fokusera på med materialet. Vi skulle därmed behöva hjälp av lärare för att få en överblick av elevernas vanligaste kunskapsglapp när det kommer till gravitation och anknytande områden.

Enkäten tar endast några minuter att besvara och är naturligtvis frivillig att delta i. Alla insamlade svar kommer att vara anonyma, och kommer endast att behandlas av oss två, och kan komma att användas inom arbetet. Genom att besvara denna enkät har du gett ditt samtycke för det ovan beskrivna.

Vi uppskattar all hjälp och alla svar vi kan få, de kommer att vara till stor hjälp för oss! Vi tar emot svar fram till senast den sista september.

Mvh Anton Sundberg och Daniel Sellberg

Vilken kurs undervisar du i?



Vad är enligt dig elevernas vanligaste missuppfattningar när det kommer till gravitation eller närbesläktade områden? Specificera gärna vilken kurs det berör, om relevant.

- Det vanligaste problemet är att de blandar ihop rörelse och kraft. När en boll kastas upp i luften tror de att det finns en kraft som orsakar rörelsen uppåt när det egentligen är en kraft nedåt som bromsar rörelsen och sedan vänder den nedåt.
- Tunga föremål faller snabbare än lätta. Gravitation är svårt, först Newtons lag om krafter, sedan Einstein om att gravitation inte är en kraft.
- Skillnaden mellan massa och tyngd (Fysik 1). Att om tyngdaccelerationen minskar eller ökar, har det inget med massan att göra. (Fysik grund (Språkintrö), Fysik 1)
- Skillnad mellan acceleration och kraft. Att det är en kraftverkan mellan materia.
- Jag uppfattar egentligen inga direkta missuppfattningar. Sen kanske förkunskapen inte är så stor, men inga missförstånd.
- Orbits - they confuse the attractive force of gravity with velocity, not understanding why the moon doesn't fall to Earth. They thus have trouble understanding Newton's biggest discovery: That apples and celestial bodies in the heavens are subject to the same laws.
- Blandar ihop tyngdkraft och gravitationskraft (Fysik 1 och 2). Kan ha svårt med vilket avstånd som ska användas t.ex. att det är avståndet till jordens medelpunkt som ska användas, samtidigt som jordens radie inte har någon betydelse då gravitationskraften mellan solen och jorden beräknas, då den är försumbar.
- Gravitationskraften upplever jag inte som att de har problem med. I Fysik 1 kan det vara svårt att acceptera att alla massor har samma acceleration i fritt fall. Det är luftmotståndet som gör att deras vardagserfarenheter inte riktigt stämmer med teorin. I Fysik 2 kan det vara lurigt med den allmänna gravitationen men det är snarare att centripetalkraft är ett klurigt koncept.

Vilket upplägg tror du är särskilt gynnsamt för att nå fram till eleverna och öka deras förståelse angående innan?

- Se gravitationskraften som en kraft mellan massor och lära eleverna att separera hastigheter från krafter. Titta på kroppar som bromsas eller accelereras.
- Vi gör många experiment, men elevernas förförståelse är ofta det som ”vinner”
- Pröva, repetera, laborera.
- This isn't so hard to believe, but I think the best thing is quantitative exercises. In general, there is a lot that may feel impossible or improbable at the beginning, then after seeing the math work over and over, the pupil can learn new instincts.
- Blanda teori och praktik, dvs. låta eleverna klämma och känna i största möjliga mån. Exempel och teori blandat samt därtill väl valda uppgifter. Uppgifterna bör vara formade så att det blir svårare och svårare, men ändå en tydlig röd tråd, d.v.s. nästa uppgift ska bygga vidare på föregående, men där något moment läggs till. Samma sak kan gälla för exempel.

Något övrigt att tillägga på ämnet?

- Kul att ta ett grepp om gravitation. Det tas ju upp i bägge kurserna så frågan är om det blir ett material för Fysik 1 eller Fysik 2. Man kan också tänka sig att ta det ett steg till och ha en fördjupad diskussion om gravitation som en överkurs till Fysik 2.

9.3 Bilaga C: Återkopplingsenkät och enkätsvar

Hej!

Stort tack för att du har tagit dig tiden att läsa igenom materialet och kanske till och med testat det i undervisningen. Nu är vi väldigt intresserade av att höra dina tankar om materialet, positiva som negativa. Dels för att kunna omarbeta och förbättra materialet, och dels för att besvara forskningsfrågor till vårt examensarbete. Vi är intresserade av alla dina tankar, men vi ger några förslag på områden nedan i frågorna, bara för att sätta igång tankarna.

Om du endast har läst igenom materialet får du gärna spekulera fritt kring de mer praktiska frågorna som handlar om genomförandet, om hur du tror att det hade fungerat om du hade testat det.

En kort påminnelse: Syftet med materialet är att fungera som inspiration för läraren i planering och utförande av lektioner, det ska inte vara en helt färdig lektionsplanering rakt av. Det består av ett antal mindre moduler bland vilka lärare själva får välja ut delarna som de känner är relevant för just dem.

Alla svar är självklart anonyma, och kommer att användas inom ramarna för arbetet i syfte att förbättra materialet. Besvarar du enkäten samtycker du till detta.

Mvh Anton och Daniel

Har du testat materialet?

Ja: 2

Nej: 1

Materialet i sig

Exempelvis: Hur upplevs layouten överlag, både mellan och inom moduler? Är det lätt att hitta/läsa? Hur upplevs innehållet, är det mesta relevant och på lagom nivå? Känns det som att något saknas?

- Layouten känns onödigt komplicerad. Varje modul är ju utformad som en enda sida, men i praktiken blir texten för liten om jag skriver ut, så jag förväntas läsa det på skärmen. Då blir det onödigt och förvirrande med flera spalter. Man vet inte säkert i vilken ordning man ska läsa, utan hoppar fram och tillbaka. Jag föreslår antingen material som en lång text utan särskild layout (traditionell webbsida) eller anpassning för utskrift på A4.
- Detta rör Fy 1 modulen. Det är intressant och bra fördelat. Uppgifter saknas, men det stör inte då vi har en bok. Jag har gått igenom lite av allt, men skippat vissa delar då det ej var relevant för mig just nu.

Föslag till film för fritt fall: <https://www.youtube.com/watch?v=E43-CfukEgs>

- Jag tycker att det är lätt att få en överblick. Tydligt med rubriker för syfte, mål och sammanfattning av vad eleverna ska kunna rent begreppsmässigt samt vad de praktiskt ska kunna räkna på. Liknande layout i alla moduler är alltid trevligt för ögat. Det är svårt att säga att något saknas samtidigt som jag själv använder andra klipp och hemsidor i mina genomgångar. Jag tittar gärna på klipp om fysik på YouTube på fritiden och hittar på så sätt klipp för min undervisning. Simuleringar är svårare att hitta så de är extra bra att lägga till i modulerna (tycker jag).

Genomförande

Exempelvis: Uppfyller materialet sitt syfte (se ovan)? Hur fungerade det för dig under planeringsstadiet; underlättade det? Verkade det engagera eleverna? Hur jämför materialet sig med vad du gjort tidigare kursomgångar? I smidighet/effektivitet/engagemang etc. Vad (om något) har ni justerat från material till genomförd lektion?

- Har inte använt, men det ser användbart ut. Någonstans i Fysik 1 vill man så klart komma fram till den användbara formeln $F=mg$ där g i praktiken utgörs av delar av den mer kompletta formeln som finns i materialet.
- Underlättar planeringen då det finns material att ta av inklusive tankar kring praktiska demonstrationer och experiment. Gick igenom i stort sett allt, men lämnat bort detaljer och kan visa min planering då vi ses på zoom. Bra med lite historia för att ge eleverna sammanhang. Skulle vara trevligt att fördjupa lite om gravitationsfält även om det inte ingår i kursen speciellt mycket.
- Eftersom jag redan har en planering användes modulerna som tips och tricks på hur jag kan utveckla lektionerna. Jag använde mig av "kanonen och apan" som en räkneövning där de duktigare eleverna fick visa att hastigheten är oberoende för träff. Tidigare har jag ritat Newtons kanon, nu fick jag länk till en simulering. Roligt att prata om rimligheten att alla hastigheter som ger omloppsbanor, ger träff i ryggen på skytten.

Hur lär sig eleverna?

Vi är här intresserade av hur väl du upplever att materialet har fungerat för att lära eleverna. Var vänlig gradera din upplevelse av hur väl materialet hjälpte eleverna att förstå innehållet på en skala mellan 1 - 5:

1:0st, 2:0st, 3:1st, 4:1st, 5:0st

Några övriga tankar:

- Trevligt projekt som kan byggas på av framtida studenter dvs med fler områden.
- 3:an ovan är då jag endast använde en del av materialet för att utveckla genomgångar som redan är klara. Svårt att veta hur mycket som var ert material eller mitt gamla. Jag tycker dock att det var bra idéer och val av länkar för att göra min genomgång bättre.

Man kanske inte använder materialet från grunden när man redan utvecklat sina lektioner under flera år. Däremot är det välkommen inspiration med roliga klipp och simuleringar som man kan vidareutveckla sina lektioner med. Jag kan tänka mig att för nya lärare är detta en guldgruva att hämta inspiration från och kunna bocka av att man fått med olika delar av kursinnehållet. Visst använder man sig av läroböcker för att se olika ingångar på hur begrepp kan förklaras men det är ofta svårt att hitta bra klipp och simuleringar som passar ens egen undervisning.

Vi har försökt att skapa ”banker” av liknande slag där lärare lägger in klipp, laborationer, demonstrationer m.m. men det brukar ofta falla när det blir för mycket tips att ta sig igenom.

Fördelen är alltså att det är ett begränsat material där centralt innehåll, syfte m.m. står uppradat. Det är helhetsgreppet som är styrkan. Begränsningen kan vara att det är innehåll för en lektion som kanske inte passar alla lärare, men som jag nämnde tidigare så blir det begränsande i sig när innehållet är för stort. Svår balansgång alltså.

9.4 Bilaga D: Modul - Fysik 1, gravitationens grunder

Här är en länk till materialet

9.5 Bilaga E: Modul - Fysik 2, gravitation

Här är en länk till materialet

9.6 Bilaga F: Modul - Laborationer och simuleringar

Här är en länk till materialet

9.7 Bilaga G: Modul - ISS

Här är en länk till materialet

9.8 Bilaga H: Modul - Livet på ISS

Här är en länk till materialet