



**LUNDS**  
UNIVERSITET

Exemensarbete  
Avancerad nivå, 30 poäng  
Ämneslärare i fysik  
Fysiska institutionen

# Svenska gymnasieelevers uppfattningar om storlek och avstånd i universum

Karolin Nilsson

Termin: VT 2023  
Kurskod: ÄFYM02  
Handledare: Urban Eriksson, Lukasz Michalak, Kirsty Dunnett  
Examinatorer: Tomas Brage, Tommy Holmqvist



## Abstract

This study aims to investigate how students in Swedish upper secondary school conceptualize sizes and distances of some astronomical objects, such as planets and stars, as well as the students' general knowledge of the objects themselves. The study uses a constructivist framework and explores how well the students' conceptions match the scientific facts and definitions, and what misconceptions and alternative conceptions they hold.

96 students have answered a questionnaire adapted and translated into Swedish from the Introductory Astronomy Questionnaire (IAQ), created at the University of Cape Town and used in several previous studies. The questions include ranking questions, where the respondents rank objects according to size or distance from the Earth's surface, as well as free text questions about the definitions of astronomical objects. In addition to this, interviews with three respondents who showed different levels of knowledge in the questionnaire have been conducted.

The essential findings of this study regarding common misconceptions and alternative conceptions is in line with previous studies on the subject, but some additional details appear in the text analysis and the interview material. This includes evidence pointing to that students are ranking the ozone layer as further away from the surface of the Earth because of a misconception about the atmosphere's height, and some cases where cliché phrases stand in for genuine understanding in the respondents. One factor contributing to causing these effects may be found in Swedish course materials and syllabi.

Some problems with the IAQ and the methods for analysing the data in previous study are discussed. One previous study includes an attempt to quantitatively evaluate the respondents free text definitions of objects, so that comparisons can be made between studies. Due to somewhat unclear criteria and a lack of examples of the practical application of the method, the reliability of the comparisons between this study and the previous ones is questionable.

The interview data indicates that the questionnaire fails to pick up on some of the knowledge that the respondents possess. In the questionnaire, very few respondents mention shape in their definitions of the object *galaxy*. However, all three of the interviewed students, when asked to draw a galaxy, drew a picture of a classical spiral galaxy.

From the questions and insights that arose during this work, further studies might explore how Swedish course materials handle astronomy investigating some possible cases of metaphors or simplified illustrations used in ways that may strengthen or create misconceptions, rather than of counteracting them.

Due to time constraints, only three interviews were conducted. Further research could carry out more interviews, using a strengthened and expanded interview guide. This could give further insights into the nature of the misconceptions and shed more light on how well the questionnaire is able to accurately reflect the respondents actual knowledge levels.

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Introduktion</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund . . . . .	1
1.2	Syfte och forskningsfrågor . . . . .	1
<b>2</b>	<b>Teori</b>	<b>2</b>
2.1	Konstruktivism och missuppfattningar/vardagsföreställningar . . . . .	2
2.2	Tidigare forskning inom astronomididaktik . . . . .	2
2.2.1	Vanliga missuppfattningar om astronomiska objekt . . . . .	3
2.3	Introductory Astronomy Questionnaire . . . . .	4
2.4	Astronomi i svenska läroplaner . . . . .	4
2.4.1	Astronomi i grundskolans läroplaner . . . . .	5
2.4.2	Astronomi i gymnasiet kursplaner . . . . .	5
2.5	Vetenskapliga definitioner av astronomiska objekt . . . . .	6
2.5.1	Planet . . . . .	6
2.5.2	Stjärna . . . . .	6
2.5.3	Solsystem . . . . .	7
2.5.4	Galax . . . . .	7
2.5.5	Universum . . . . .	7
<b>3</b>	<b>Metod</b>	<b>7</b>
3.1	Datainsamling . . . . .	7
3.1.1	Frågeenkäten . . . . .	7
3.1.2	Intervjuer . . . . .	8
3.2	Metoder för dataanalys . . . . .	10
3.2.1	Rangordningsfrågor . . . . .	10
3.2.2	Poängsättning av elevernas definitioner . . . . .	10
3.2.3	Textanalys av elevernas definitioner . . . . .	11
3.2.4	Intervjuer . . . . .	12
3.3	Metoddiskussion . . . . .	12
3.3.1	Enkäten . . . . .	12
3.3.2	Textanalys av elevernas definitioner . . . . .	12
3.3.3	Poängsättning enligt Rajpaul 2018 . . . . .	12
3.3.4	Intervjuer . . . . .	13
<b>4</b>	<b>Resultat</b>	<b>13</b>
4.1	Rangordning av fem astronomiska objekts storlek . . . . .	13
4.2	Rangordning av avstånd till tio astronomiska objekt . . . . .	15
4.3	Poängsättning av elevens definitioner av objekt . . . . .	16
4.4	Textanalys av elevens definitioner av objekt . . . . .	16
4.4.1	Planet . . . . .	17
4.4.2	Stjärna . . . . .	17
4.4.3	Solsystemet . . . . .	18

4.4.4	Galax . . . . .	18
4.4.5	Universum . . . . .	18
4.5	Resultat av intervjuer . . . . .	18
4.5.1	Elev 1 . . . . .	19
4.5.2	Elev 2 . . . . .	21
4.5.3	Elev 3 . . . . .	24
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>28</b>
5.1	Rangordning av astronomiska objekt . . . . .	28
5.1.1	Rangordning av storlek av fem astronomiska objekt . . . . .	28
5.1.2	Rangordning av avstånd för tio astronomiska objekt . . . . .	29
5.2	Poängsättning av elevernas definitioner . . . . .	29
5.3	Textanalys av elevernas definitioner . . . . .	30
5.3.1	Planet . . . . .	30
5.3.2	Stjärna . . . . .	31
5.3.3	Solsystem . . . . .	31
5.3.4	Galax . . . . .	32
5.3.5	Universum . . . . .	32
5.4	Intervjuer . . . . .	32
5.4.1	Planet . . . . .	32
5.4.2	Ozonlagret . . . . .	33
5.4.3	Stjärna/sol . . . . .	34
5.4.4	Solsystem . . . . .	35
5.4.5	Polstjärnan . . . . .	35
5.4.6	Galax . . . . .	36
<b>6</b>	<b>Slutsatser</b>	<b>36</b>
<b>7</b>	<b>Tackord</b>	<b>39</b>
<b>A</b>	<b>Frågeenkät</b>	<b>40</b>
<b>B</b>	<b>Intervjuguide</b>	<b>41</b>
B.1	Introduktionsmanus . . . . .	41
B.2	Introduktionsfrågor . . . . .	41
B.3	Huvuddel . . . . .	41
B.3.1	Planet och ozonlagret . . . . .	41
B.3.2	Stjärnor . . . . .	42
B.3.3	Polstjärnan vs solsystemet . . . . .	42
B.3.4	Galax . . . . .	42
B.4	Avrundning . . . . .	42
<b>C</b>	<b>Felvända svar på rangordningsuppgifter</b>	<b>43</b>
<b>D</b>	<b>Medelvärde och standardavvikelse vid poängsättning</b>	<b>44</b>

# 1 Introduktion

## 1.1 Bakgrund

En försvårande faktor i fysikundervisning är att många inkorrekta vardagsföreställningar och missuppfattningar om fysikaliska fenomen förekommer i samhället. Forskning har visat att sådana föreställningar kan vara djupt rotade och svåra för en elev att lära bort när de ska tillgodogöra sig en mer naturvetenskapligt korrekt uppfattning. Sådana missuppfattningar och hur effektiva undervisningssekvenser kan tackla dem har studerats utförligt i både en svensk och internationell kontext inom flera områden av fysiken såsom klassisk mekanik [1] och ellära [2]. Viss internationell forskning har gjorts även inom astronomiområdet, där ett undersökningsområde har varit uppfattningar om skala och avstånd [3]. Men det finns inte mycket sådan forskning om hur det förhåller sig i Sverige. Denna studie är ämnad att lägga en liten pusselbit till bilden av den svenska kontexten.

En studie som har inspirerat både frågeställning och metoder i detta arbete är en studie av Rajpaul et al (2018) [4] om norska mellanstadieelever och lärarstudenters uppfattning om storlek och skala. Data från svenska elever från grundskolan till gymnasiet i form av svar på en enkät anpassad från den som Rajpaul använde hade samlats in av min handledare Urban Eriksson, universitetslektor vid Lunds universitet med inriktning på fysik- och astronomididaktik och prefekt för Institutionen för utbildningsvetenskap.

Jag fick ta del av denna data och valde att avgränsa mig till den som gällde gymnasieelever. Under studiens gång började jag ana att de kvantitativa metoder Rajpaul använt sig av riskerade att missa att fånga upp en del kunskap eleverna besatt samt vissa nyanser i deras uppfattningar. Därför valde jag att även göra en textanalys av utvalda frågor samt utföra tre intervjuer, för att se om jag kunde fånga upp dessa aspekter.

## 1.2 Syfte och forskningsfrågor

Studiens syfte var att studera svenska gymnasieelevers uppfattning om storlek och avstånd för astronomiska objekt.

De forskningsfrågor jag ställde var följande:

- Vad är de vanligaste felen gymnasieelever gör gällande storlek och avstånd i universum?
- Vilka missuppfattningar/vardagsföreställningar ligger bakom dessa fel?
- Vad framkommer i en kvalitativ analys av respondenternas svar samt genom fördjupande intervjuer som inte framkommer i Rajpauls kvantitativa metod?

Vidare kommer jag även diskutera vissa möjliga brister i Rajpauls studie som försvårar att jämföra hans kvalitativa resultat med mina. Jag kommer även ta upp några problem med insamlingsmetoden av den svenska datan som kan påverka reliabiliteten. Slutligen kommer jag även föreslå möjlig vidare forskning, baserat på observationer jag gjort under studiens gång.

## 2 Teori

### 2.1 Konstruktivism och missuppfattningar/vardagsföreställningar

Konstruktivism är en teori som ser på sanning och kunskap inte som objektiva och universella utan som socialt konstruerad och därmed beroende på de förhållande och sociala sammanhang en människa lever i. Inom psykologin och didaktiken utvecklades konstruktivismen först av Jean Piaget med sin teori om att barn utvecklas i stadier, och Lev Semjonovitj Vygotskij, med sin proximalzonsterori [5].

I Svein Sjøbergs bok *Naturvetenskap som allmänbildning - en ämneskritisk didaktik* [6] skriver han om Rosalind Driver som 1978 publicerar en artikel, delvis som en kritik mot Piagets stadieteori, där hon tar upp barns personliga sätt att skapa sin egna förståelse, eller paradigm, om hur världen fungerar. Dessa paradigm, säger hon, kan skilja sig från de vuxnas och vetenskapens paradigm.

Sjøberg fortsätter att skriva om den franska forskaren Laurence Viennot. Hon gjorde en empirisk undersökning, som publicerades på engelska 1979, av den förståelse för enkel newtonsk mekanik som elever i olika åldrar hade. Hon fann överraskande nog att även i högre utbildningar såsom universitetsutbildningar var det vanligt att eleverna hade sina privata föreställningar om mekanik som de trodde på och använde sig av i vardagen, trots att de kunde lösa provuppgifter i fysik med hjälp av Newtons lagar.

Idag är de engelska begreppen *misconceptions* och *alternative conceptions*, på svenska ofta översatt som *missuppfattningar* och *vardagsföreställningar*, flitigt använda begrepp vid undersökningar inom fysik- och astronomididaktik om hur elevers föreställningar skiljer sig från de vetenskapliga teorierna [6]. Begreppet vardagsföreställningar används främst när det handlar om föreställningar eleven skapat i sitt vardagsliv, medan missuppfattningar både kan vara en generellare term eller specifikt syfta på föreställningar som uppkommit genom undervisning som varit felaktig eller förvirrande.

### 2.2 Tidigare forskning inom astronomididaktik

Som Bailey och Slater (2003) [7] skriver i sin översiktsartikel över forskning om astronomiundervisning, så är astronomi en av mänsklighetens äldsta vetenskaper men forskning om astronomiundervisning är ett relativt nytt fält. Före 2002 fanns ingen dedikerad tidskrift för forskning om astronomiundervisning, så studier om astronomiforskning var utspridda över mångas andra tidskrifter och svåra att få översikt över.

En studie som dock haft stort inflytande på efterföljande forskning om astronomiundervisning är Schneps filmdokumentär *A Private Universe* från 1989 [8], som har ett konstruktivistiskt tillvägagångsätt.

I filmen visas bland annat en intervju av en elev i årskurs 9 om hennes uppfattningar om månens faser och uppkomsten till jordens årstider. Trots att eleven använder korrekt terminologi visar det sig vid mer detaljerade frågor att hon hyser felaktiga uppfattningar (t.ex. att det är jordens varierande avstånd från solen som är källan till årstiderna, inte den korrekta uppfattningen att det beror på jordaxelns lutning).

Schneps slutsats är att eleven hade djupt befästa alternativa förklaringsmodeller, eller vardagsföreställningar, innan hon fick undervisning i astronomi, och istället för att ersätta

dessa uppfattningar med de vetenskapligt korrekta så integrerade hon ny information in i sina tidigare förklaringsmodeller.

Lelliot och Rollnick (2010) [9] gjorde en översiktsstudie av den forskning om astronomi-undervisning som gjorts mellan 1974 till 2008. De drar flera olika slutsatserna. Den första är när det gäller vanliga undervisningsområden såsom dag/natt fas, systemet jorden-solen-månen har det redan gjorts tillräcklig mycket forskning om elevers missföreställningar/ vardagsföreställningar, och vidare forskning på dessa områden borde fokusera på interventionsstudier och att utveckla lärandesekvenser för att bemöta och motverka dessa föreställningar. Deras andra slutsats är att förklaringar (och inte bara beskrivningar) av fenomen som rör jorden-sol-måne systemet inte ska läras ut till barn under 10 år, eftersom de har liten möjlighet att ta till sig det. Deras tredje slutsats handlar om bristen på bra undervisningsmaterial. Många befintliga resurser är antingen förvirrande, vilseledande eller helt enkelt felaktiga. Deras sista slutsats är att större vikt borde läggas vid undervisning av storlek och avstånd som hjälp för att förklara astronomiska fenomen. Detta området, säger de, är både underutforskat och underutlärt.

### 2.2.1 Vanliga missuppfattningar om astronomiska objekt

I boken *Heavenly Errors* [10] listar Neil F. Comins vanliga missuppfattningar om astronomiska objekt om han stött på under de många år då han totalt har undervisat över 8000 universitetsstudenter i introduktionskurser i astronomi. Här listar jag ett urval som är relevanta för denna studiens syfte:

- Solen är ett unikt objekt, inte en stjärna.
- Solen lyser och avger energi på grund av att gaser brinner på dess yta, eller för att den består av glödande magma.
- Jätteplaneterna (Jupiter, Saturnus, Uranus och Neptunus) har en fast yta.
- Det finns många stjärnor i solsystemet.
- Polstjärnan, eller nordstjärnan, är den starkast lysande stjärnan i himlen.
- Solsystemet, galaxen och universum är samma sak

Agan 2004 [11] beskriver felaktiga idéer om stjärnor hos gymnasieelever och första års universitetsstudenter med varierande grader av undervisning i fysik och astronomi. Hon har undersökt studenternas uppfattningar genom semi-strukturerade intervjuer. Hon finner att vanliga missuppfattningar är förvirring över storleksskillnaden mellan planeter och stjärnor och föreställningen att stjärnor brinner. Vissa elever verkade samtidigt ha två uppfattningar som stod i konflikt med varandra: de visste att solen var en stjärna, och att solen är större än planeter, men ändå identifierade de inte solen som vår närmsta stjärna och hyste uppfattningen att stjärnor i allmänhet är mindre än planeter. De elever som hade läst mer fysik identifierade stjärnor genom att fusion var källan till deras energiproduktion, och hade i allmänhet mer korrekta uppfattningar om stjärnors storlek. Elever med mindre fysikundervisning identifierade istället stjärnor genom sekundära karaktäristikor såsom storlek och innehåll.



## 2.3 Introductory Astronomy Questionnaire

Frågeformuläret som utgör den största grunden till den här studien är en variant av The Introductory Astronomy Questionnaire.

The Introductory Astronomy Questionnaire (IAQ) utvecklades av Rajpaul et al 2014 [12] för att användas som ett före- och eftertest vid en introduktionskurs i astronomi vid universitetet i Kapstaden, Sydafrika. Introduktionskursen krävde inga förkunskaper i fysik, utan var öppen för studenter från alla fakulteter. Det fanns tre olika motiv för att utveckla frågeformuläret. Det första motivet var för att använda resultaten för att förbättra kursens innehåll. Det andra motivet hade att göra med att studenterna som tog kursen kom från vitt skilda bakgrunder, där en del studenter kom från historiskt missgynnade samhällen vilket påverkade deras akademiska förutsättningar negativt. Förhoppningen var att genom frågeformulärets förtest kunna tidigt identifiera vilka studenter som var i behov av extra stödinsatser. Det tredje motivet var att studera hur kursen förändrade studenternas uppfattningar i frågor som inte strikt hade att göra med innehållet i kursen, utan frågor som världsåskådning och vetenskapligt tänkande.

Under ledning av Christine Lindstrøm anpassades och översattes IAQ till norska, för att sedan användas för att undersöka norska mellanstadielver och norska lärarstudenters kunskaper före och efter astronomiundervisning (se Lindstrøm et al 2016 [13] och Rajapaul et al 2018 [4]). Lindstrøm et al finner att lärarstudenterna förbättrar sina resultat betydligt efter undervisning i astronomi. Mellanstadieleverna däremot, visade ingen statistisk förbättring efter undervisning.

Rajpaul et al finner att de tre vanligaste felen är:

- Planeter är större än stjärnor
- Ozonlagret är mer avlägset från jordens yta än vad jordens centrum är.
- En annan stjärna, Polstjärnan, ligger inuti vårt solsystem.

De fann också att flera av dessa fel i hög grad fanns kvar efter en undervisningssekvens i astronomi. Felen var vanligare hos mellanstadieleverna än hos lärarstudenterna. Ett intressant resultat var att resultaten hos lärarstudenterna liknade de som originalversionen av IAQ funnit hos sydafrikanska universitetsstudenter, vilket pekar mot att missuppfattningar inom astronomi inte verkar vara särskilt kulturellt betingade.

I den här studien har en variant av IAQ översatt till svenska använts. Samma svenska variant av enkäten har tidigare använts i Lindgren 2021 [14], där svenska årskurs 4-6 elevers uppfattning om astronomisk storlek och avstånd har studerats.

## 2.4 Astronomi i svenska läroplaner

För att veta vad som är rimligt att förvänta sig att elever har haft möjlighet att lära sig tittade jag på vad som ingår i astronomi i de svenska kursplanerna.

Inte alla gymnasieelever läser kurser som innehåller astronomi. Av de som gör det, dyker ofta dessa kurser upp senare i utbildningen, i årskurs 2 eller 3. Eftersom de gymnasieelever som ingår i studien är från alla tre olika årskurser, och dessutom från olika gymnasieprogram,

har de inte alla läst lika stor mängd, om någon, astronomi i gymnasiet. I grundskolan har däremot alla elever läst efter samma kursplaner. Därför tittar jag på kursplaner både för grundskolan och för gymnasiet.

### 2.4.1 Astronomi i grundskolans läroplaner

En ny läroplan, Lgr22, började användas i grundskolan från och med höstterminen 2022. Men eftersom de gymnasieelever som gjort enkäten kommer ha gått medan den gamla läroplanen, Lgr11, gällde, används den. Enligt Lgr11 [15] ingår följande avsnitt som handlar om astronomi i ämnet fysik:

För årskurs 1-3:

Jordens, solens och månens rörelser i förhållande till varandra. Månens olika faser. Stjärnbilder och stjärnhimlens utseende vid olika tider på året.

Årskurs 4-6 Fysik:

Solsystemets himlakroppar och deras rörelser i förhållande till varandra. Hur dag, natt, månader, år och årstider kan förklaras.

Årskurs 7-9 Fysik:

Energins flöde från solen genom naturen och samhället.

Naturvetenskapliga teorier om universums uppkomst i jämförelse med andra beskrivningar.

Universums utveckling och atomslagens uppkomst genom stjärnornas utveckling.

Universums uppbyggnad med himlakroppar, solsystem och galaxer samt rörelser hos och avstånd mellan dessa

### 2.4.2 Astronomi i gymnasiets kursplaner

Naturkunskap 2 kan läsas som en valbar fördjupningskurs i andra program än naturvetenskaps- och teknikprogrammen.

Naturkunskap 2 (100 poäng):

Universums utveckling som förklaring till materians uppkomst och jordens sammansättning. [16]

Fysik 1a/Fysik 1b2 läses av elever på naturvetenskaps- samt teknikprogrammet. De här kurserna nämner inte specifikt något om astronomi men innehåller ett avsnitt där man får lära sig om fusion, vilket är relevant för förståelse av stjärna.

Fysik 1a (150 poäng)/Fysik 1b2 (50 poäng):

Kärnenergi: atomkärnans struktur och bindningsenergi, den starka kraften, massa- energiekvivalensen, kärnreaktioner, fission och fusion.

Fysik två är en valbar kurs på naturvetenskapliga och teknikprogrammet.

Fysik 2 (100 poäng):

Universums utveckling och struktur:

Orientering om aktuella modeller och teorier för beskrivningen av universums storskaliga utveckling och av galax-, stjärn- och planetbildning.

Atomens elektronstruktur samt absorptions- och emissionspektra.

Metoder för undersökning av universum. Elektromagnetisk strålning från stjärnor och interstellära rymden.

Metoder för att upptäcka och undersöka exoplaneter. Villkor för liv på andra planeter [17]

## 2.5 Vetenskapliga definitioner av astronomiska objekt

Eftersom studien vill undersöka elevers uppfattningar och jämföra de med de vetenskapligt korrekta definitionerna, kommer här korta definitioner av de fem objekt som eleverna som gjort IAQ-enkäten dels rangordnar i storlek och dels skriver egna definitioner av.

### 2.5.1 Planet

Mellan 1930, då Pluto upptäcktes, till 2006 räknades nio planeter tillhöra vårt solsystem. Efter att fler objekt som liknade Pluto upptäcktes, började en diskussion kring vad som skulle räknas som en planet. År 2006 röstade The International Astronomical Union (IAU) fram en ny definition för en planet i vårt solsystem. De tre kraven är (min översättning):

En planet i vårt solsystem är ett objekt som

1. är i omloppsbana runt solen
2. har tillräckligt stor massa för att dess själv-gravitation ska överkomma stelkroppskrafter så att den antar en hydrostatiskt jämnvikts- (nästan rund) form
3. har rensat området kring sin omloppsbana

(IAU, 2006) [18]

Det första kravet utesluter stora månar, som till exempel Jupiters största måne Ganymede och Saturnus största måne Titan från att räknas som planeter, eftersom dessa har sin omloppsbana runt Jupiter och inte runt solen.

Det andra kravet utesluter asteroider och andra mindre föremål. Det tredje kravet är det som skiljer så kallade dvärgplaneter (till exempel Pluto) från att räknas som planeter. Numera har vi därför åtta objekt som räknas som planeter i vårt solsystem.

För exoplaneter finns ingen lika formellt antagen definition, men oftast förutsätts samma tre krav med solen i krav 1 utbytt till en annan stjärna.

### 2.5.2 Stjärna

En stjärna är en självlysande klotformad kropp som genererar sin energi från fusionsreaktioner i sitt inre. Den består av mestadels väte och helium i plasmaform, med små mängder av tyngre ämnen. Att stjärnor, till skillnad från planeter, kan upprätthålla fusion i sitt inre beror på att deras stora storlek gör att gravitationen skapar ett så högt tryck och temperatur i stjärnans inre att fusion kan upprätthållas. Strålningstrycket från energin som frigörs motverkar trycket från gravitationen, så att jämvikt erhålls.

Att väte omvandlas till helium utgör huvuddelen av en stjärnas livscykel, och en sådan stjärna kallas en huvudseriestjärna. När andelen väte minskar, minskar fusionstakten och trycket från gravitationen pressar samman stjärnan ytterligare. Detta leder till högre tryck och temperaturer så att fusion med tyngre ämnen kan ske. På grund av atomkärnors inre struktur är det endast fusion av ämnen med lägre atomnummer än järn som avger energi.

När trycket från energin från fusion inte längre kan motverka trycket från gravitationen påbörjar stjärnan sitt död stadium. Slutstadiet för en stjärna beror på hur stor den var från början. Mindre massiva stjärnor slutar som vita dvärgar, tyngre stjärnor blir supernovor som lämnar kvar antingen en neutronstjärna eller ett svart hål. [19]

### 2.5.3 Solsystem

Vårt solsystem består av 8 planeter och miljontals andra, mindre objekt såsom dvärgplaneter och asteroider som hålls samman och åker i omloppsbanor runt solen på grund av solens gravitation. Det bildades för 4,6 miljarder år sedan. Solen utgör 99,86% av all massa i solsystemet [20].

Andra solsystem utgörs av en eller två (så kallade binära system) eller ännu fler stjärnor, och planeter i omloppsbana kring dem. Vi har endast nyligen kunnat upptäcka exoplaneter (det vill säga planeter runt andra stjärnor än solen). Den första exoplaneten upptäcktes 1995, och idag har runt 5400 exoplaneter upptäckts [21].

### 2.5.4 Galax

Galaxer är enorma samlingar av stjärnor, interstellär gas och mörk materia som hålls samman genom gravitation. I centrum av de flesta galaxer finns ett supermassivt svart hål. Den genomsnittliga mängden stjärnor i en galax är ca 100 miljarder. Formen på galaxer delas in i tre huvudkategorier: spiralformade, elliptiska och oregelbundna [22].

### 2.5.5 Universum

Universum omfattar all tid och rum. Den nuvarande bästa uppskattningen av universums ålder är 13,8 miljarder år. Universum började med Big Bang, och före det existerade varken tid eller rum. Ibland används termen det observerbara universum. Det syftar på att den del av universum vi kan observera är begränsad, eftersom ljuset från delar av universum inte hunnit nå oss. Universum expanderar fortfarande [23].

## 3 Metod

### 3.1 Datainsamling

Datan som används i den här studien kommer dels från svar på en frågeenkät, samt från tre intervjuer med respondenter. I följande avsnitt beskrivs hur datainsamlingsprocesserna gick till.

#### 3.1.1 Frågeenkäten

Frågeenkäten är en version av Introductory Astronomy Questionnaire (IAQ), översatt till svenska (se bilaga A). Översättningen gjordes av min handledare Urban Eriksson i samarbete med Christine Lindstrøm, huvudförfattaren till Lindstrøm 2016 [13], som var en av personerna som gjorde översättningen från engelska till norska som användes av bland annat Rajpaul 2018 [4]. Jämförelse gjordes med både den norska och engelska varianten för att få en så trogen svensk översättning som möjligt.

Fråga 1-7 i enkäten är bakgrundsfågor (årskurs, kön etc.) samt frågor om hur intressant och viktigt eleven tycker det är med astronomi. I fråga 8 ska eleverna rangordna objekten *Galax*, *Planet*, *Stjärna*, *Universum*, *Solsystem* i storleksordning från minst till störst.

I fråga 9-13 ombeds eleverna ge en kort definition av de fem objekten de rangordnade i fråga 8.

I fråga 14 får eleverna beskriva hur de tror att astronomer lär sig om universum.

Fråga 15 går ut på att eleverna ska rangordna de tio objekten *Vintergatans centrum*, *Universums yttre gräns*, *Asteroidbältet*, *Solsystemets yttre gräns*, *Månen*, *Solen*, *Polstjärnan*, *Ozonlagret*, *Jordens centrum*, *Neptunus* efter avstånd från jordens yta från kortast avstånd till längst.

I denna studien fokuserar jag på frågorna 8, 9-13 samt 15.

Distributionen av enkäten till elever i grundskolan och gymnasiet skedde genom kontakt med lärare, och påbörjades 2020. När det gällde gymnasiet skedde detta främst till lärare som undervisade på naturvetenskaps- och teknikprogram. Enkäten lades även ut på [NCRFs hemsida](#), så att lärare som besökte sidan kunde ge enkäten till sina elever. Jag var även på besök hos en teknikklass jag hade haft praktik hos, och bad dem fylla i enkäten.

Totalt har ungefär 900 elever svarat på enkäten. För min studie valde jag att koncentrera mig på gymnasieelever. 96 gymnasieelever har besvarat enkäten och utgör grunden för min studie.

### 3.1.2 Intervjuer

Vid mitt besök hos teknikklassen informerade jag om att jag ville göra en intervju, och bad dem lämna sina kontaktuppgifter, ifall de var intresserade av att ställa upp på en intervju.

I *Real World Research* beskriver Robson och McCartan tre huvudgrupper av intervjustilar: fullt strukturerad intervju, semi-strukturerad och ostrukturerad intervju. [24] I en fullt strukturerad intervju är frågorna förbestämda och frågas i en specifik ordning. Den sortens intervju har stor likhet med en frågeenkät. För en semi-strukturerad intervju konstrueras en intervjuguide med ämnen som ska behandlas, och frågor med en standardformulering och standardordning. Frågorna och deras ordning kan dock modifieras under intervjuens gång, om det anses lämpligt. Det ger även frihet att ställa frågor som uppkommer under intervjuens gång. I en ostrukturerad intervju har intervjuaren ett ämnesområde av intresse men låter konversationen flöda naturligt.

Jag valde att använda mig av en semi-strukturerad intervju. Datan jag hade fått ur en fullt strukturerad intervju hade liknat datan jag redan fått ut från enkäten. En helt ostrukturerad intervju kräver stor skicklighet av intervjuaren för att bli bra. På grund av att jag inte hade någon tidigare erfarenhet av att utföra vetenskapliga intervjuer hade en sådan intervjustil ökat risken att missa vissa områden i intervjuerna, samt ökat möjligheten att omedvetet ställa ledande frågor, något som hade minskat intervjuernas reliabilitet.

Med intervjun ville jag fördjupa mig och se vilka sorts föreställningar som låg bakom elevernas misstag i enkäten. Därför kändes en semi-strukturerad intervju passande, för att den gav mig friheten att delvis anpassa frågorna under intervjuens gång, om ny information upptäcktes under intervjuens gång.

Som exemplifierades i Schneps (1989) [8] så använder elever ibland korrekt terminologi som de har inkorporerat i sina felaktiga vardagsföreställningar, något som kanske inte alltid upptäcks i en enkät. Även därför kände jag att det var en god idé med intervjuer.

En intervjuguide konstruerades som tog upp ämnen som dykt upp som intressanta vid analysering av enkätens data (se bilaga A). Ämnesområdena, och varför jag valde just dem,

i intervjuguiden var:

- **Planet och ozonlagret** Jag ville undersöka närmare elevers definitioner av planeter, och se om prompts gav mer utförliga svar än vad de gett i sina textsvar på fråga 10 (det vill säga om de hade utförligare kunskap om planeter än de visade i enkäten).

Många elever hade i fråga 15 placerat ozonlagret som längre bort från jordens yta än vad jordens centrum var från jordens yta. Här tänkte jag mig tre möjliga förklaringar: att de trodde att jordens atmosfär är mycket tjockare än vad den är relativt jordens diameter, att de inte visste att ozonlagret är en del av jordens atmosfär, eller att de missuppfattat frågan (till exempel genom att uppfatta startpunkten som jordens centrum och sen gå utåt i rymden från det i sin rangordning).

Genom att ställa frågor om vad ozonlagret är, och genom att be dem rita en bild av jorden och ozonlagret, ville jag undersöka om någon av dessa förklaringar stämde.

- **Stjärnor** Vid textanalysen fann jag att många elever hade uppfattningen att stjärnor brinner, men också att många korrekt sa att fusion var vad stjärnors energi kom från. Jag ville undersöka närmare skillnaden mellan uppfattningen om stjärnor mellan dessa elever.

Tidigare forskning har visat att en vanlig missuppfattning är att solen inte är en stjärna. Detta ville jag också undersöka här.

- **Polstjärnan vs Solsystemet** Ett vanligt fel i enkäten var att Polstjärnan placerades som närmare jordens yta än vad solsystemets yttre gräns gjorde. Det tydde på att det fanns en missuppfattning om att Polstjärnan, och kanske fler andra stjärnor än solen, fanns inuti i solsystemet.
- **Galax** Elevernas fritextdefinitioner av galaxer var överlag ganska knapphändiga. Därför ville jag undersöka om det var för att de inte visste mer om galaxer, eller om det fanns fylligare uppfattningar än de svarat med i enkäten.

Bland de i den teknikklass som jag varit på besök hos och som angett att de var intresserade av att vara med på en intervju valde jag ut tre elever med varierande kunskapsnivåer. Tre stycken var lagom med tanke på studiens tidsbegränsningar.

Elev 1 var en elev som visade på hög kunskapsnivå. Hen hade alla rätt på fråga 8 (rangordningen av *planet*, *stjärna*, *solsystem*, *galax*, *universum*), och nämnde fusion och plasma i sin definition av stjärna.

Elev 2 placerade stjärna som mindre än planet, och placerade Polstjärnan innanför solsystemets yttersta gräns. Dock identifierade hen också att solen var en stjärna i sin definition av stjärna. Det misstänkte jag kunde tyda på att en missuppfattning om att stjärnor är små samexisterade med den korrekta uppfattningen att stjärnor är solar (något som nämns i Agan 2004 [11]).

Elev 3 placerade stjärna som mindre än planet, och placerade Polstjärnan innanför solsystemets yttersta gräns. Dessutom placerades ozonlagret som längre bort från jordens yta än jordens mittpunkt, ett av de vanligaste felen på fråga 15. Dessutom hade eleven flera andra fel på fråga 15.

## 3.2 Metoder för dataanalys

I dataanalysen har jag använt mig av flera olika metoder, eftersom jag har flera olika typer av data. Enkäten innehåller både frågor med rangordnings svar och frågor med fritextsvar. Rangordnings svaren har jag analyserat kvantitativt medan fritextsvaren har jag analyserat både med en kvantitativ och en kvalitativ metod. Intervjuerna har analyserats kvalitativt. Följande stycken beskriver de olika analysmetoderna.

### 3.2.1 Rangordningsfrågor

I fråga 8 av enkäten ska eleverna rangordna de fem astronomiska objekten *galax*, *planet*, *stjärna*, *universum*, *solsystem* i storleksordning från minst till störst.

I fråga 15 ska eleverna rangordna de tio objekten *Vintergatans centrum*, *Universums yttre gräns*, *Asteroidbältet*, *Solsystemets yttre gräns*, *Månen*, *Solen*, *Polstjärnan*, *Ozonlagret*, *Jordens centrum*, *Neptunus* efter avstånd från jordens yta från kortast avstånd till längsta.

För vissa felaktiga svar på fråga 8 och 15 var det tydligt att eleven vänt på ordningen, d.v.s. rangordnat från störst till minst (fråga 8) och längst avstånd till kortast (fråga 15). Eftersom dessa omkastade svar inte gäller felaktig astronomisk kunskap utan endast ett triviellt missförstånd av frågan (ett missförstånd som inte har med elevernas astronomikunskaper att göra, utan med deras läsförmåga) ändrade jag manuellt om svaren till motsatt riktning. Se bilaga C för detaljer.

För att visualisera datan i fråga 8 och 15 sammanställs den i ett stapeldiagram som visar hur många elever som hade hur många rätt. På så vis kan elevernas allmänna kunskapsnivå jämföras med andra studier som använt sig av IAQ.

En tabell som visar hur stor andel av eleverna som har placerat varje objekt på vilken position gör det lättare att se vilka objekt som har högst andel korrekta svar och vad som är de vanligaste felen.

En ytterligare tabell, inspirerad av Rajpaul [4], visar andelen elever som har rangordat ett par av objekten felaktigt, oavsett vilken absolut position de har placerat de två objekten på. Detta gör det dels lättare att se de vanligaste felen, dels gör det möjligt att jämföra med framtida studier som modifierat IAQ något (t.ex. lagt till eller tagit bort ett objekt i fråga 8 eller 15).

### 3.2.2 Poängsättning av elevernas definitioner

I fråga 9-13 ombads eleverna ge en kort definition, som om de skulle förklara för en jämnårig kompis, av de fem astronomiska objekt som de rangordnade i fråga 8, det vill säga *Galax*, *Planet*, *Stjärna*, *Universum*, *Solsystemet*. Att använda en fritextfråga istället för till exempel flervalsfråga med vanliga missuppfattningar som svarsalternativ gör att missuppfattningar som inte är kända i tidigare studier kan upptäckas.

Här har jag valt att använda mig av samma kriterier som Rajpaul et al (2018) [4], för att kunna jämföra med hans resultat. Nedan följer deras definitioner för ett minimalt vetenskapligt korrekt svar (översatt från engelska till svenska av mig):

- **Planet:** Ett objekt som är i omloppsbana kring en stjärna eller sol, och någon information för att särskilja dem från till exempel en asteroid eller komet (större än en viss storlek, stabil på grund av sin gravitation, har rensat sitt närområde, kan ha egna månar, etc.).

- **Stjärna:** En stor, het eller lysande sfär av plasma eller gas, eller ekvivalent förklaring
- **Solsystem:** Solen och objekt i omloppsbanor runt den (till exempel planeter, månar) *eller* att det är ett system med en eller några få stjärnor i omloppsbanor runt varandra
- **Galax:** En samling eller ett system av stjärnor och annan materia, och någon information för att särskilja det från ett solsystem eller ett stjärnkuster (till exempel att eleven nämner miljarder av stjärnor”)
- **Universum:** All existerande materia och rum, allt, totaliteten av allt som existerar, en sammanhållen rumtid, eller ekvivalent förklaring.

Svar som helt matcher kriterierna ovan poängsätts med 1 poäng, svar som bara delvis matchar får 0,5 poäng. Felaktiga eller blanka svar får 0 poäng. Rajpaul gav också elever som kom med endast exempel (till exempel ”en stjärna är något som liknar solen”) 0,5 poäng. För att ligga så nära hans metod för poängsättning gjorde även jag det. Fler detaljer om hur jag resonerade kring poängsättning tas upp i metoddiskussionen, avsnitt 3.3.3.

### 3.2.3 Textanalys av elevernas definitioner

Jag valde även att göra en textanalys av elevernas svar på fråga 9-13. Detta för att kunna urskilja detaljer som inte erhöles genom Rajpauls poängsättningsmetod och för att försöka förstå vilka missuppfattningar som kunde tänkas ligga bakom felen. Ett exempel på en detalj som inte urskiljdes av Rajpauls poängsättningsmetod var till exempel att han inte gjorde någon skillnad på elever som beskrev en stjärna som en lysande gasboll och de som gav en mer avancerad beskrivning av den som ett klot av plasma där det pågår fusion.

Jag använde mig av tematisk kodningsanalys, som den beskrivs i boken *Real World Research* [24], s. 467-480. Tematisk kodningsanalys delas där in i fem faser:

#### 1. *Bekanta sig med datan*

I detta steg bekantar forskaren sig med datan genom att läsa igenom den flertalet gånger och att anteckna idéer som dyker upp

#### 2. *Generera initiala koder*

Den här processen kan vara mer eller mindre teori-driven eller data-driven. I ett teori-drivet tillvägagångsätt närmar sig forskaren datan med specifika frågor och har kanske redan koder, som kommit efter läsning av litteratur om ämnet. I ett fullständigt data-drivet tillvägagångsätt skapar forskaren koder helt efter datan. Jag använde mig av en mellanväg, där mina initiala koder var inspirerade av kriterierna från Rajpauls poängsättningsmetod, men där jag även skapade nya koder utifrån vad jag hittade i datan.

#### 3. *Identifiera teman*

I det här stadiet delas koderna in under olika teman.

#### 4. *Konstruera tematiska nätverk*

I det här steget organiseras teman i en tematisk karta/nätverk.

#### 5. *Integrering och tolkning*

Här analyseras och tolkas vad som kan sägas om datan utifrån den tematiska kartläggningen.



### 3.2.4 Intervjuer

Ljudinspelningarna av de tre intervjuerna transkriberades i sin helhet. Transkriberingarna lästes sedan flertalet gånger, medan jag antecknade stycken och citat som svarade på mina forskningsfrågor, i synnerhet vilka föreställningar som verkade ligga bakom elevernas eventuella fel i enkäten.

## 3.3 Metoddiskussion

Två viktiga saker att tänka på vid insamling och bearbetning av data är validitet och reliabilitet. Här kommer jag använda mig av definitionerna från boken *Forskningsmetoder för lärarstudenter* av Christoffersen och Johannessen. [25] Reliabilitet handlar om hur tillförlitlig datan är, och påverkas så klart av metodval som görs. Skulle en annan forskare än jag komma fram till liknande resultat med samma data? Är svaret ja, tyder det på hög reliabilitet, och det är så klart vad som eftersträvas.

Validitet handlar istället om det man vill mäta/undersöka faktiskt är det som mäts/undersökts. Data är inte verkligheten, utan en representation av den. För att hög validitet ska erhållas, behöver datan vara en god representation av det fenomen vi vill undersöka.

Nedan kommer jag att diskutera faktorer i mitt val av metoder och hur jag använde metoderna som kan påverka reliabiliteten och validiteten.

### 3.3.1 Enkäten

En brist i enkäten är att den endast frågar om årskurs, och inte om vilket program gymnasieeleverna går på. Det gör det svårt att veta vilka kurser de kan ha läst. Troligtvis har enkäten främst nått ut till elever på naturvetenskapliga och tekniska program. Detta gör att resultaten inte kommer vara applicerbara på Sveriges generella population av gymnasieelever.

### 3.3.2 Textanalys av elevernas definitioner

En brist i mitt arbete med textanalysen var att jag inte hann lägga tillräckligt mycket tid på de senare stadierna som beskrivs i avsnitt 3.2.3.

### 3.3.3 Poängsättning enligt Rajpaul 2018

Denna poängsättning gjordes för att kunna bedöma kvalitativ data på ett kvantitativt sätt. Därför följde jag Rajpauls definitioner så noga som möjligt, för att kunna jämföra mina resultat med hans. Men att bedöma och betygsätta elevernas definitioner visade sig vara inte helt lätt.

För planeter gav jag 0,5 för att det nämndes att de kretsade kring en stjärna, och 0,5 för att de sades vara större än asteroider/dvärgplaneter etc. Jag gav inte 0,5 poäng för att de sades vara mindre än stjärnor, eftersom Rajpaul inte gjorde det, eftersom detta inte särskiljer dem från asteroider etc.. Personligen tycker jag egentligen att det är lika relevant att särskilja planeter från stjärnor som att särskilja dem från mindre objekt som asteroider, och hade inte konstruerat kriterierna på det sättet själv. Andra tveksamma fall var svar som sa att de (planeterna) rörde sig kring något tyngre men inte specificerade en stjärna.

För stjärna gav jag, förutom de specifika kriterier Rajpaul beskriver, 0,5 poäng om ordet *fusion* eller en beskrivning av fenomenet fusion användes. Rajpaul et al. har inte med det i sina kriterier, troligen för att kärnfysik inte har ingått i deras elevers läroplaner, men jag ser det som en ekvivalent beskrivning (egentligen till och med bättre) till att en stjärna är varm och lyser.

Jag var kluven till hur jag skulle bedöma alla de svar som beskrev att *stjärnor brinner*. Det skulle kanske kunna ses som ekvivalent till Rajpauls kriterier att stjärnor ska vara *het* eller *lysande*, men samtidigt är det ett rent faktafel att säga att stjärnor brinner. Jag valde att inte ge några poäng för det (däremot kunde svar som innehöll det få delvisa poäng för annat i svaret som var rätt).

Det hade så klart varit optimalt om det hade gått att få kontakt med Rajpaul själv, vilket jag och min handledare försökte genom mejl, för att fråga om hur han hade bedömt i de tveksamma fallen.

### 3.3.4 Intervjuer

När jag konstruerade intervjuguiden var jag uppmärksam på att inte skriva frågor som var ledande, och på så vis styra hur eleverna svarade. Jag funderade även på hur ordningen på frågorna kunde påverka.

För att försäkra mig om hög validitet gav mina handledare kritik på intervjuguiden under arbetets gång.

För att hinna med att utföra och analysera intervjuerna, påbörjade jag arbetet med intervjuguiden och själva intervjuerna innan textanalyserna av elevernas definitioner var helt färdiga. Vid vidare bearbetning av elevernas definitioner, upptäckte jag ytterligare fördjupande frågor jag hade velat ställa vid intervjuerna. Liknande insikter kom fram vid bearbetning av intervjumaterialet. I en studie på en större skala och under en större tidsrymd, hade det varit fördelaktigt att använda de tre intervjuerna som testintervjuer för att sedan förbättra intervjuguiden innan fler intervjuer genomfördes.

## 4 Resultat

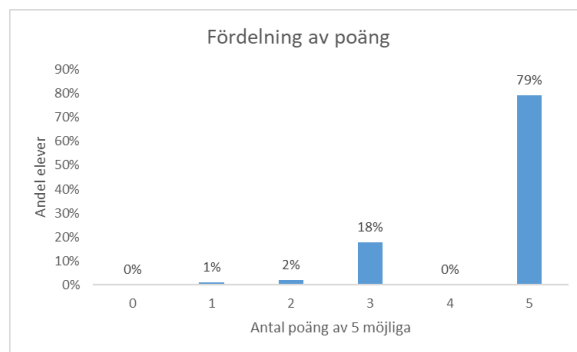
Resultaten presenteras under fem underavsnitt, ett för varje analysmetod som har använts. Resultaten från intervjuerna blir sedan ytterligare indelade med ett avsnitt per respondent.

### 4.1 Rangordning av fem astronomiska objekts storlek

Poängresultaten för fråga 8, rangordning av 5 astronomiska objekts storlek, kan ses i figur 1. En stor majoritet, 79% har placerat alla fem objekten i fråga 8 i rätt ordning. 18% har placerat 3 objekt korrekt. Några få procent har fått 1 eller 2 poäng, och ingen elev har fått 0 poäng. Medelvärdet är 4,5 poäng (91%) av 5.

På fråga 8 har en stor del andel av eleverna svarat rätt (mellan 83% till 99%) för varje enskilt objekt. Se tabell 1

Den lägsta andelen rätt svar får objektet *stjärna*, med 83%. Ungefär lika många (8% respektive 7%) har placerat det en position lägre (på position 1 med det korrekta svaret planet) som en position högre (på position 3 med det korrekta svaret solsystem).



Figur 1: Fördelning i procent av hur många rätt av 5 möjliga eleverna hade på fråga 5, där de skulle rangordna de fem objekten *galax*, *planet*, *stjärna*, *universum*, *solsystemet* i storleksordning. Att få 4 poäng är omöjligt, eftersom om en elev har placerat ett objekt fel, måste minst ett objekt till vara felplacerat.

Tabell 1: Procent av eleverna som har placerat objekten i fråga 8 i storleksordning, från minst till störst. Gröna rutor indikerar den rätta placeringen av ett objekt, och ju rödare färg desto vanligare är ett fel svar.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Planet	91	9	0	0	0
Stjärna	8	83	7	1	0
Solsystem	1	7	88	4	0
Galax	0	0	5	94	1
Universum	0	0	0	1	99

Tabell 2: Andelen elever i procent som rangordnat par av objekt felaktigt, oavsett vilka absoluta positioner de placerat objekten på. T.ex. siffran 7 i cellen i kolumnen *Solsystemet* och raden *Stjärna*, indikerar att 7% av eleverna felaktigt har rangordnat *stjärna* som större än *solsystemet*. Ju rödare färg, desto vanligare är svaret. Bara de rutor som indikerar ett felaktigt svar har fyllts i.

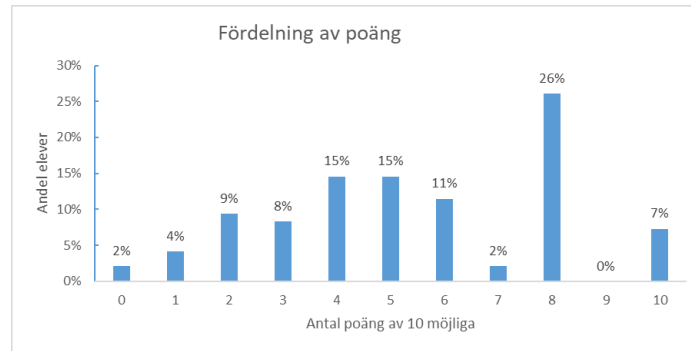
	Planet	Stjärna	Solsystemet	Galax	Universum
Planet	-	6	1	0	0
Stjärna	-	-	7	1	0
Solsystemet	-	-	-	4	0
Galax	-	-	-	-	1
Universum	-	-	-	-	-

I tabell 2 visas hur många procent av eleverna som placerat ett par av objekt i fel ordning, oavsett vilken absolut position de har placerats på. Där kan vi se att de vanligaste felen är att *planet* placerats som större än *stjärna* (6%), och att *stjärna* har placerats som större än *solsystemet* (7%). 4% har placerat solsystemet som större än galax.

## 4.2 Rangordning av avstånd till tio astronomiska objekt

I fråga 15 rangordnades 10 objekt utifrån deras avstånd från jordens yta, med kortast avstånd på position 1.

Poängresultaten för fråga 15 kan ses i figur 2. För fråga 15 finns en stor spridning i hur många rätt eleverna hade. Endast 7% placerade alla 10 objekt korrekt. Det vanligaste resultatet är 8 poäng, vilket 26% av eleverna fått, följt av 15% var för 4 och 5 poäng. Medelvärde är 5,4 poäng (54%) av 10.



Figur 2: Fördelningen i procent av hur många elever som fick ett visst antal poäng på fråga 15, där de skulle rangordna 10 objekt utifrån hur långt bort de befann sig från jordens yta. Att få 9 poäng är omöjligt, eftersom om ett objekt har placerats fel, måste minst ett objekt till vara felplacerat.

Tabell 3: Procent av eleverna som har placerat objekten i fråga 15 på olika positioner. Gröna rutor indikerar den rätta placeringen av ett objekt, och ju rödare färg desto vanligare är ett felaktigt svar.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
<b>Ozonlagret</b>	51	46	0	0	0	0	1	1	1	0
<b>Jordens centrum</b>	46	50	2	0	0	0	0	1	0	1
<b>Månen</b>	1	1	88	6	3	0	1	0	0	0
<b>Solen</b>	0	0	1	40	39	15	1	3	2	0
<b>Asteroidbältet</b>	0	1	6	32	20	11	15	8	5	1
<b>Neptunus</b>	0	0	0	11	24	48	6	5	2	3
<b>Solsystemets yttre gräns</b>	0	0	0	2	1	14	51	22	9	1
<b>Polstjärnan</b>	0	0	2	3	3	8	16	48	20	0
<b>Vintergatans centrum</b>	2	0	1	5	8	3	9	11	57	2
<b>Universums yttre gräns</b>	0	2	0	0	2	1	0	0	3	92

I tabell 3 syns att de flesta objekt har placerats rätt av omkring 40-55% av eleverna. De objekt som sticker ut positivt är *universums yttre gräns* som har placerats rätt av 92% av eleverna, *månen* som har placerats rätt 88% av tiden. Det objekt som sticker ut negativt är *asteroidbältet* som endast placerats på rätt position av 20% av eleverna.

Tabell 4: Andelen elever i procent som rangordnat par av objekt felaktigt, oavsett vilka absoluta positioner de placerat objekten på. Ju rödare färg, desto vanligare är svaret. Bara de rutor som indikerar ett felaktigt svar har fyllts i.

	Ozonlagret	Jordens centrum	Månen	Solen	Asteroidbältet	Neptunus	Solsystemets yttre gräns	Polstjärnan	Vintergatans centrum	Universums yttre gräns
Ozonlagret	-	47	4	4	4	1	4	2	2	2
Jordens centrum	-	-	5	2	4	1	2	2	2	2
Månen	-	-	-	0	7	0	4	1	5	4
Solen	-	-	-	-	45	17	6	6	12	4
Asteroidbältet	-	-	-	-	-	34	19	20	25	5
Neptunus	-	-	-	-	-	-	8	16	17	5
Solsystemets yttre gräns	-	-	-	-	-	-	-	25	28	5
Polstjärnan	-	-	-	-	-	-	-	-	33	5
Vintergatans centrum	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Universums yttre gräns	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

I tabell 4 ser vi att de två vanligaste felen är att placera *jordens centrum* som närmre jordens yta än *ozonlagret* (47%) och att placera *asteroidbältet* som närmre än *solen*. Förutom dessa fel är det objekten *asteroidbältet* och *Vintergatans centrum* som många elever placerar fel. Ett annat vanligt fel är att placera *Polstjärnan* närmre än *solsystemets yttre gräns* (25%).

### 4.3 Poängsättning av elevers definitioner av objekt

I tabell 5 visas hur många elever som fått 0, 0,5 och 1 poäng på sina definitioner av fem astronomiska objekt, samt deras totala medelpoäng samt standardavvikelse i procent.

### 4.4 Textanalys av elevers definitioner av objekt

Analysen av elevernas definitioner presenteras i ordning minsta objekt till störst objekt.

Tabell 5: Antal elever som för varje objekt har gett en vetenskapligt inkorrekt definition (n(0)), antal som gett en delvis vetenskapligt korrekt definition (n(0,5)), antal som gett en minimalt (enligt Rajpauls definitioner) eller bättre vetenskapligt korrekt definition (n(1)), samt medelpoängen och standardavvikelsen uttryckt i procent.

Objekt	n(totalt)	n(0)	n(0,5)	n(1)	Medelpoäng	Standardavvikelse
Planet	96	33	57	6	36 %	29%
Stjärna	96	19	63	14	47%	29%
Solsystem	96	4	22	70	84%	27%
Galax	96	23	57	16	46%	32%
Universum	96	8	5	83	89%	29%

#### 4.4.1 Planet

27 svar (28%) nämner ordet *himlakropp*.

28 svar (29%) nämner *storlek* i sina svar. Av dessa använder sig 17 stycken (18%) av orden *stor*, *större*, men utan att ange vad de jämför med. 6 elever (6%) nämner att planeter är *större än dvärgplaneter* och 2 (2%) säger att en planet *måste ha tillräcklig storlek* (detta kan möjligen tolkas som en indirekt referens till att de måste vara större än dvärgplaneter). 3 (3%) elever använder sig av orden *små*, *mindre*. 2 av dessa jämför explicit med en stjärna eller sol, medan den tredje inte jämför med något.

24 svar (25%) nämner att en planet är något som *kretsar kring en stjärna* (ett av de tre kraven för en vetenskapligt korrekt definition av en planet).

25 svar (26%) nämner form i sitt svar. Av dessa använder sig 20 (21%) av *klot* eller synonymer till klot (*boll*, *sfär*, *sfärisk*). Även *rund* har jag här räknat med som en synonym till klot. 5 svar (5%) har använt sig av ordet *klump*.

Endast 7 elever (7%) nämner *gravitation* i sina svar.

#### 4.4.2 Stjärna

18 svar (19%) nämner ordet *himlakropp*.

28 svar (29%) jämför eller likställer en stjärna med *en sol* eller *solen*. Av dessa nämner 5 svar (5%) att *stjärnor är mindre än solen*, 1 svar (1%) att *en stjärna är en sol väldigt långt ifrån oss*, 1 svar (1%) att en stjärna är *Som solen, fast längre bort och större*.

Många definitioner innehåller något om vad stjärnan består av. 25 svar (26%) nämner *gas*. 10 svar (10%) nämner *plasma*. 8 svar (8%) nämner *helium*. 7 svar (7%) nämner *väte*. 1 svar (1%) nämner *lätta grundämnen*.

Form nämns också ofta. 22 svar (23%) använder ordet *klot* (eller synonymer såsom *sfär*, *boll*). 9 svar (9%) använder ordet *moln* och 3 svar (3%) använder *klump*.

28 svar (29%) skriver att en stjärna *brinner*. 23 svar (24%) nämner antingen ordet *fusion* eller beskriver fusionsprocessen (lätta ämnen slås samman till tyngre och energi utvinns). 4 (4%) använder ordet *fission*.

### 4.4.3 Solsystemet

60 svar (63%) nämner att saker *kretsar kring en stjärna*.

60 svar (63%) nämner att solsystem innehåller *stjärna och planeter*. 22 svar (23%) nämner också andra saker som solsystemet kan innehålla, t.ex. *himlakroppar, månar och asteroider*. 3 svar (3%) nämner bara att det innehåller *planeter*.

10 svar (10%) nämner att ett solsystem kan innehålla flera stjärnor.

16 svar (17%) använder sig av vårt solsystem i sina beskrivningar, genom att till exempel benämna *solen* eller planeter såsom *jorden* och *Mars*.

3 svar (3%) nämner gravitation i sina svar.

### 4.4.4 Galax

Många svar nämner att galaxer består av en samling av olika objekt. 42 svar (44%) svarar att galaxer består av en samling som innehåller *solsystem*. 41 svar (43%) skriver att de består av en samling som innehåller *stjärnor*, 25 svar (26%) skriver att de består av en samling som innehåller *planeter*, 15 svar (16%) att de består av en samling materia. Förutom dessa objekt, finns 15 (16%) som beskriver en samling där diverse objekt (t.ex. *mörk materia, gasmoln, tomrum, stellära objekt*).

15 svar (16%) skriver att en galax har ett *svart hål i mitten*. Av dessa säger 10 (10%) att galaxen *kretsar kring det svarta hålet*

11 svar (11%) nämner storlek på något sätt. Av dessa är det 8 svar (8%) som säger att en galax är *stort*, 1 svar vardera som skriver *sträcker sig hundra tusen ljusår i bredd, gigantiskt* 8 svar (8%) nämner *Vintergatan* (eller i ett av fallen, dess engelska namn *Milky Way*).

Få elever nämner form, endast 3 stycken (3%). Av dessa säger 1 svar att en galax är *platt eller som ett moln*, en benämner formen som en *klump* och 1 som en *skiva*.

### 4.4.5 Universum

67 svar (70%) använder ordet *allt* i sitt svar, 16 svar (17%) skriver *rymden*, 6 svar (6%) nämner *tid och rum*.

Många, 29 (30%) beskriver vad universum består av. Av dessa nämner 24 svar (25%) bara materia (i form av *stjärnor, planeter, solsystem, galaxer* eller helt enkelt *materia*). Av de fem svar som är kvar nämner vars en *materia och energi, materia och icke-materia, materia och mörk materia* och 2 svar nämner *materia och tomrum*.

11 svar (11%) nämner storlek på universum. Av dessa säger 3 svar att vi *ej vet hur stort*, 3 svar säger *stort* och 5 svar säger *oändligt*.

6 svar nämner att universum *expanderar*. 5 svar nämner det *observerbara universum*.

## 4.5 Resultat av intervjuer

I introduktionsfrågorna ställdes en fråga om eleven gått i svenska skola under hela sin skolgång. Samtliga 3 elever svarade ja på den frågan.

I denna del kommer jag sammanfatta elevernas svar med hjälp av citat från intervjuerna. Tolkning och analys av deras svar görs i diskussionsavsnitt 5.4. Jag har här redigerat originaltranskriberingen något för ökad läslighet.

### 4.5.1 Elev 1

Under introduktionsfrågorna uppgav eleven att hen hade ett stort astronomiintresse, delvis tack vare att hens pappa var amatörastronom. Eleven uppgav att hen hade varit med sin pappa på en total månförmörkelse, tittade en del på Youtube-klipp om astronomi samt hade haft en presentation om astronomi i årskurs 6.

**Planet** Eleven förklarade att en planet är:

...en väldigt stor samling med materia. Oftast i omloppsbana kring en stjärna.

kan ha en atmosfär, den kan sakna atmosfär. Den kan vara kall. Den kan vara varm. Består ofta av mycket metaller och sten. Har ibland månar som ligger i omloppsbana runt sig. (Planeten)

När jag ställde en följdfråga om storleksjämförelser svarade eleven med måttet:

ett antal tusentals kilometer i diameter.

När jag bad eleven att förtydliga vad hen menade med att en planet oftast är i omloppsbana svarade hen att:

Det är det kan vara en så kallad Rogue Planet som själv vandrar genom rymden utan en stjärna

och på frågan om hur det hade hänt svarade hen

En teori kan vara [att det funnits] en annan stjärna som har åkt nära... En annan stjärna [har] slungat ut den.

Vid fråga om planeters form svarar eleven att de oftast är sfäriska på grund av gravitation. Jag ber hen att utveckla:

INT. Kan du förklara lite mer?

ELEV 1 [Suck, skratt] Massan av all materia i planeten. Vill alltid dra ihop sig någorlunda jämnt, så att och om du då har mycket mer massa på en sida så kommer det till slut att trycka ihop sig självt och fördelas jämnare.

INT Mm. Varför är inte asteroider runda då?

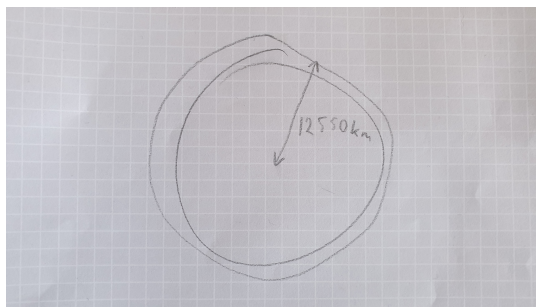
[...]

ELEV 1 Ja, de har inte lika mycket gravitation. De har inte tillräckligt kraftig gravitation.

**Ozonlagret** Jag bad eleven förklara vad ozonlagret är för något och hen gav en adekvat beskrivning av att det består av O<sub>3</sub>-molekyler och att det skyddar oss från skadlig UV-strålning.

Eleven fick sedan rita en bild där jorden, ozonlagret och avståndet till jordens mitt pekades ut. Bilden visar tydligt att avståndet mellan jordens yta och ozonlagret är mycket mindre än avståndet från jordens yta till dess centrum. Hen skrev också ut att jordens radie var 12 550 km.





Figur 3: Elev 1 ombads att rita ut jorden och att markera ut avståndet mellan jordens yta och ozonlagret samt avståndet mellan jordens yta och jordens mittpunkt.

**Stjärna** Vid frågan om vad en stjärna är för något svarar Elev 1 följande:

ELEV 1 En stjärna är en enorm klump av materia, huvudsakligen vätegas. Den är så pass stor och massiv att trycket i centrumet av den här. Klumpen med gas har ett så pass högt tryck och temperatur att fusion blir möjligt där väteatomer slår ihop till deuteriumatomer som sedan slår ihop till heliumatomer och släpper iväg en ofantlig mängd energi.

Eleven förklarar att en sol är en stjärna men har en subjektiv betydelse sådan att de som är bosatta i omloppsbana runt en stjärna hade nog velat kalla deras stjärna för en sol istället för en stjärna.

På följdfrågan hur vår sol är i förhållande till andra stjärnor svarar hen att för oss, så är solen vår och de andra stjärnorna är inte vår, men annars [är de] exakt identiska.

Efter lite vidare diskussion om stjärnors storlek i förhållande till vår sol säger eleven att det finns stjärnor som är både mindre och stjärnor som är större än solen.

**Solsystem** Eleven förklarar att ett solsystem är samlingen av:

Alla objekt som påverkas av en stjärna och som då är omloppsbana runt en stjärna. Inklusiva stjärnan i sig och alla månar och asteroider som i sin tur kan vara i området bana kring ett objekt som är i omloppsbana runt stjärna.

**Polstjärnan** Jag frågade eleven om vad Polstjärnan är och vad ordet väcker för associationer.

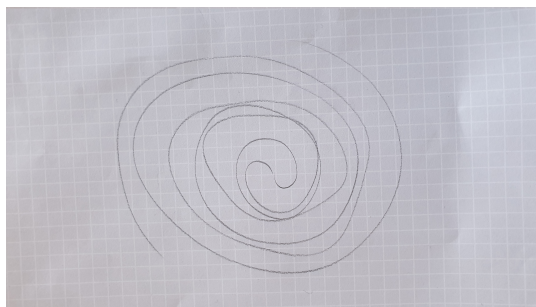
ELEV 1 Då tänker jag på en stjärna som kan synas på majoriteten av norra halvklotet. Det blir nog lite svårt desto närmare ekvatorn man kommer, men den ska alltid peka om man om man hittar den så ska den alltid peka rakt norrut. INT. Vad ligger längst bort Neptunus eller Polstjärnan? ELEV 1 Polstjärnan. INT. Med hur mycket skillnad, skulle du [säga]? ELEV 1 Veldig stor skillnad. Jag skulle gissa på rätt så många ljusår.

**Galax** Eleven förklarar att en galax är:

...en samling stjärnor och gas, stoft och solsystem, som ligger i omloppsbana kring ett stort stort, stort svart hål. Ofta flera hundratusen ljusår tvärs över.

När jag frågar om galaxers form svarar eleven att hen:

...vet att det finns flera former, men jag kommer bara på en och det är spiralgalaxerna.



Figur 4: Elev 1 ombads att rita ut en galax.

#### 4.5.2 Elev 2

När elev 2 vid introduktionsfrågorna får svara på vad ordet astronomi får hen att tänka på nämner hen ord som solsystem, galaxer och universum. Eleven säger sig tycka att rymden är cool och intressant och kollar på lite videos på fritiden. Eleven säger att hen inte har nåt minne av att ha hållit på med astronomi i skolan.

**Planet** Eleven förklarar vad en planet är som:

...ett klot som cirkulerar runt en stjärna och sen kan de ju vara olika stora och se ut på olika sätt. Sen finns det väl dvärgplaneter med, som är lite mindre, som inte riktigt räknas som en planet.

Vid vidare frågor om dvärgplaneter nämner eleven Pluto, som tidigare klassificerats som en planet, men som nu räknas som en dvärgplanet. Eleven svarar att hen inte vet hur mycket mindre dvärgplaneter är än riktiga planeter.

När eleven blir frågad om orsaken till att planeter är runda svarar hen:

ELEV 2 Hm, ja. Alltså, jag vet inte. Det är bara naturligt som jag ser det, alltså som jag uppfattat det, men jag vet inte varför de är riktigt runda.

INT. Nej

ELEV 2 Det är väl för de här att de har en kärna och så byggs det på runt sen.

INT. Kan du tänka dig objekt som är i rymden som inte är runda?

ELEV 2 Ja alltså, asteroider kan väl vara? Ja alltså, de är ju generellt. Själva formen om man drar ut det sedan en runda, men de kan ju ha alltså man kan ju ha [...] både avlånga, alltså.

Jag ställer en följdfråga om orsaken till skillnader i form mellan planeter och asteroider och eleven säger att asteroider saknar en kärna. Och att:

...alla planeter kanske inte har [...] atmosfär och, alltså, lika[dan atmosfär] som jorden i alla fall. Asteroider har inte det heller; de cirkulerar inte heller runt någon stjärna.

På frågan om hur stor en planet är svarar eleven

olika, men de är ju stora i alla fall

och när jag ber hen att jämföra med andra objekt svarar hen:

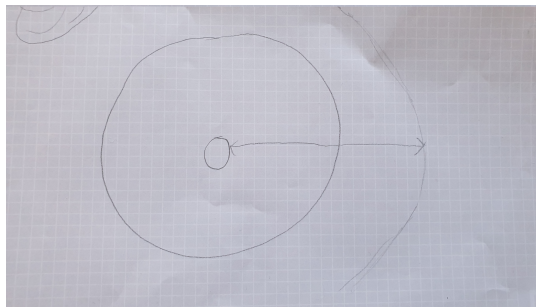
ELEV 2 Ja, men alltså. De är ju större, eller det beror väl på vilken planet också, men jorden är ju? Den har ju flera länder som vi kan tycka är stora, liksom. INT Mm. ELEV 2 Den är mycket större än oss, och allt på jorden.

**Ozonlagret** Jag bad eleven att förklara vad ozonlagret är för någonting och hen berättar att det har med atmosfären, gaser och miljöförstöring att göra:

ELEV 2 Ja. Det är ju det som håller på att förstöras av... Det är väl där alla, såhär, gaser och sånt. Alltså, det är ju på jorden, det är ju deras atmosfär. Och så är det väl där, jag vet inte om det är det yttersta lagret eller något sånt, eller så, det håller ju på att förstöras nu av alla miljö-, alltså, utsläpp och sånt. [...] Men att det är, alltså, gaser och sånt som tar upp solens energi och sånt, så det stannar på jorden. Så när vi har släppt ut, alltså, gaserna så är det ännu mer energi stannar på jorden, som skulle ut i rymden alltså.

INT. Vad för slags gaser är det du tänker på?

ELEV 2 Alltså, som vi släpper ut är det ju koldioxid, men där är ju även... Där är några andra som... Vi har pratat lite om det på klimatet, men jag kommer inte riktigt ihåg.



Figur 5: Elev 2 ombads att rita ut jorden, samt markera ut avståndet mellan jordens yta och ozonlagret samt avståndet mellan jordens yta och jordens mittpunkt.

I figur 5 ses att även om avståndet till ozonlagret är mindre än avståndet till jordens mitt i elevens bild (korrekt), så är de i samma storleksordning (ej korrekt).

**Stjärna** När eleven får frågan om vad en stjärna är för någonting svarar hen:

ELEV 2 Ja, det är väl? Alltså stjärnor de brinner, ju. Och så. Och med. Har en massa energi, så. Det är inget syre i rymden, så de brinner ju av, liksom, gaserna och allt sånt, så de är gjorda av den här. Sedan har de ju en viss alltså livslängd brinner inte för alltid sen så ja, kollapsar de väl och blir ja, men det beror lite på storleken av stjärnan också.

INT. Mm

ELEV 2 Solen kommer bli ju en sådan. Efter många miljarder år en dvärgstjärna eller något sådant, tror jag.

INT. Så varför lyser stjärnan?

ELEV 2 Ja, men det är för de avger energi. Och sånt som brinner avger energi. och glöder då.

INT. Vad består de av? Vad är det som brinner?

ELEV 2 Eh. Väte kanske?

Jag ställer en följdfråga om skillnaden mellan stjärnor och planeter. Eleven svarar:

ELEV 2 [paus] Eh. Stjärnor har väl ingen, direkt bana som en liksom en planet. Eller en stjärna, de står väl stilla och rör sig inte, eller hela rymden rör ju sig. De har ju liksom ingen bana runt den [...] och planeter avgör inte lika mycket energi. Tänker jag.

INT. Du sa att stjärnan brinner. [...] Gör planeter det?

ELEV 2 Eh, nej, det tror jag, eller om de är tillräckligt nära eller alltså de brinner [ohörbart].

INT. Ja, har du någon tanke om varför stjärnor brinner och planeter inte gör det?

ELEV 2 Ja, planeter är inte gjorda av, alltså, [...] brännbart material, tänker jag.

INT. Mm.

ELEV 2 Också bland alltså stjärnor. [De] är väl gjor[da] av vätgas [och] sånt, planeter är ju, alltså, solida och sen har jag hört att, alltså, Jupiter är ju en gasjätte eller något sånt. Så jag vet inte om, [...] den endast var gjord av gas eller om den fortfarande är solid. Men jag tänker väl det i alla fall. Tror jag.

Jag frågar eleven vad en sol är för någonting:

ELEV 2 Ja. En sol har väl varje, alltså, solsystem. Sen så har den planeter som kretsar runt om.

INT. Om du jämför vår sol med andra stjärnor, vad skulle du säga då?

ELEV 2 Jag vet ju att det finns både alltså mindre och större stjärnor. Men antar väl solen är, alltså. Den måste vara större än vanlig stjärna för att den har ju, såhär, planeter som kretsar runt sig, men den är även mindre än... Alltså, å andra sidan, det är lite svårt.

Eleven avslutar inte sitt resonemang.

**Solsystem** Eleven förklarar att ett solsystem har:

...en sol i centrum, sen har de olika antal planeter som är runt dem” och att “planeterna har ju månar och så, är där väl stjärnor i solsystemet och mindre stjärnor, än den i mitten.

När jag ställer följdfrågan om hur många stjärnor det rör sig om svarar eleven att hen har ingen [aning] men det kan säkert vara flera miljoner.

**Polstjärnan** Eleven förklarar att Polstjärnan är:

...den som lyser starkast. Stjärnan, om man inte tar med i solen.

och tillägger:

...så rör den sig inte heller på himmeln.

När jag frågar var man hittar den på natthimmeln stannar eleven upp en stund och resonerar sig sedan fram.

Hur jag har tänk, ja, den. Det är den som lyser starkast med jag vet inte om det har något med polerna. Också, polerna. Polen... Ja, alltså, till norr kanske, så vid nordpolen, eller något sånt.

Eleven har

ingen aning om

var Polstjärnan är placerad i förhållande till jorden men frågar om jag avser var i solsystemet Polstjärnan finns.

**Galax** När eleven blir frågad vad en galax är för någonting svarar hen att:

...det är ju en stor samling av, alltså, solsystem och stjärnor och alltså, allt.

och att

det är alltså flera olika solsystem i en galax.

Jag ber hen utveckla:

INT. Flera olika säger du, hur många?

ELEV 2 Ja... Ja alltså Galaxer är stora så ja, så det kan säkert finnas. Om vi säger flera, tiotusen solsystem, tänker jag.

När eleven får frågan om galaxernas form så resonerar hen först osammanhängande en stund och säger sedan att:

ELEV 2 Vintergatan är väl. Det finns väl olika galaxer, tror jag. Ja, det är väl en sådan spiralgalax som jag försöker göra. Men jag tänker ju. Den är ju inte. Alltså, som jag alltså, det är ju inte runt som en alltså som ett klot utan är mer liksom, som en platta än ett klot, om du fattar vad jag menar?

INT. Mm. [Som om] någon har tagit ett klot och tryckt till det, typ.

ELEV 2 Ja.

INT. Ser alla galaxer på det viset?

ELEV 2 Alltså, jag vet vad kan olika former men jag vet inte hur det påverkar. Men jag tänker att de flesta, gör eh, ja...

INT. Och du nämnde Vintergatan?

ELEV 2 Mm.

INT. Vad är det för speciellt, eller, varför nämner du Vintergatan?

ELEV 2 Ja, för jag är rätt säker på det är sån, alltså, en form av galax, sån spiralgalax, alltså. Den har ju olika alltså den går ju ut såhär då på något, alltså. Den har ju ett sådant mönster.

Jag frågar eleven om hen kan namn på fler galaxer och hen nämner då Andromedagalaxen och säger att:

...det är väl den närmaste galaxen till Vintergatan.

### 4.5.3 Elev 3

När jag ber eleven berätta vad hen tänker på när hen hör ordet astronomi nämns att hen tänker på NASA och

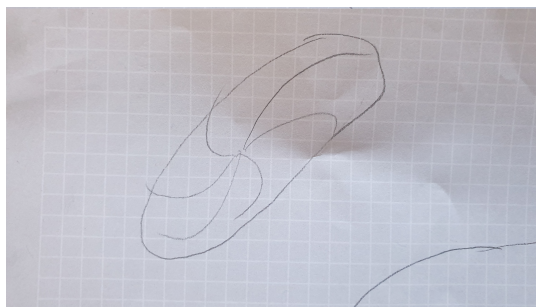
rymden och allt sånt, då, planeter och stjärnor. Jag tänker på fysik och matematik.

Hen säger att hen har sett dokumentärer om ämnet. Jag ställer en följdfråga om vad eleven associerar med NASA och hen säger att hen tänker på:

en stor, såhär ganska hemlig organisation i USA,

hen skrattar och fortsätter:

liksom har de bästa forskarna i hela världen, typ, som forskar på rymden och håller koll på kometer, typ, och aliens. (som)



Figur 6: Elev 2 ombads att rita ut en galax.

**Planet** När eleven förklarar vad en planet är beskriver hen

en klump ute i rymden

som har en egen omloppsbana. Jag ställer en följdfråga om vad omloppsbanan är runt.

ELEV 3 Runt typ solen, en sol.

INT. Mm. Vilken form har en planet?

ELEV 3 Vilken form?

INT. Ja

ELEV 3 Den är rund. Eller ja, om man kollar närmare, tror jag, är den ju inte helt rund. Liksom helt slät. Men den är rund, ja.

INT. Mm. Vet du varför den är rund?

ELEV 3 Nej

När jag frågar om planeters storlek svarar eleven att det är olika och att

vissa är ju jättestora, andra lite mindre

På frågan vad hen jämför med så pekar hen ut Jorden och nämner att

Jupiter är väl större än Jorden.

## Ozonlagret

ELEV 3 Det är inte samma sak som atmosfären, har jag förstått? Tror jag, men det är väl det här laget, yttersta skalet på, på jorden som skyddar oss mot solstrålningen. Är det väl?

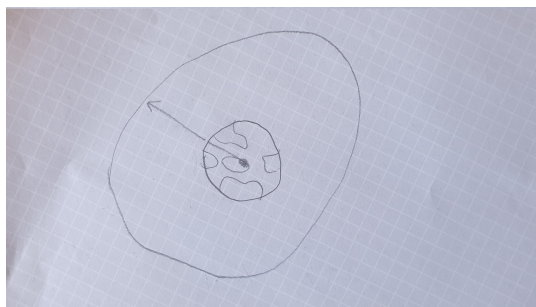
INT. Mm. Det skyddar oss mot... Hur. Kan du förklara lite mer hur det skyddar oss?

ELEV 3 Hm. Men den skickar väl tillbaka, lite värme och ljus typ. Ja.

INT. Skicka tillbaka?

ELEV 3 Ja men alltså. Så det inte blir liksom typ för varmt. Det blir för ljus och sånt.

När eleven ombeds att rita en bild av jorden där hen markerar avståndet mellan jordens yta och ozonlagret och avståndet mellan jordens yta och jordens mittpunkt, ritade hen en bild där avståndet till ozonlagret var längre.



Figur 7: Elev 3 ombads att rita ut jorden, samt markera ut avståndet mellan jordens yta och ozonlagret samt avståndet mellan jordens yta och jordens mittpunkt.

**Stjärna** När eleven skulle förklara vad en stjärna är för någonting så svarade hen att det är ett

litet eldklot

som

är gjort på olika gaser och sånt,

när jag frågade efter specifika gaser svarade hen

koldioxid

När jag ber henne förtydliga vad stjärnor är små i jämförelse med så svarar hon med Jorden, och typ, Solen.

På frågan om varför stjärnor lyser svarade eleven att det är

för att de brinner,

och höll med tvekan med när jag ställde en följdfråga om de brinner på samma sätt som när man eldar. När jag frågade hur planeter skiljer sig från stjärnor svarade eleven att hen kunde

tänka[sig], dock, att vissa stjärnor, dom har väl olika storlekar men stjärnor skulle jag ju säga är mindre än de flesta planeterna, som jag känner till i alla fall. Och planeter brinner inte.

När jag bad eleven förklara vad en sol är för någonting sa hen att

det är som en jättestor stjärna. Så det är också stora ett stort klot som brinner,

när jag bad hen jämföra vår sol med andra stjärnor svarade hen att

den är ju jättestor. Jämfört med våra stjärnor.

**Solsystem** Eleven säger att solsystem betyder att

vi alla har samma sol att alla planeterna har samma sol och planeterna cirkulerar. På sin egna lilla omlopps bana kring solen.

Vid frågan om vad hen menar med alla planeter svarar hen

De i vårt solsystem.

Eleven svarar jakande på frågan om det finns planeter på andra ställen än i vårt solsystem.

Vid frågor om var svarar hen:

ELEV 3 Eh [skratt] ja du, var finns de? Jo, de finns väl överallt då antar jag.

INT. Okej. Går de också [i] omlopps bana kring någonting.

ELEV 3 Ja, det tror jag.

INT. Vad går de i omlopps bana kring?

ELEV 3 En annan sol.

Jag frågar eleven om solsystemet innehåller något mer än planeter och solen. Då utspelar sig följande konversation:

ELEV 3 Ja

INT. Mm?

ELEV 3 eller ja, räknar [du] månen som planet nu då?

INT. Räknar du månen som planet?

ELEV 3 Ja

INT. Okej

ELEV 3 Det skulle väl säga att jag gör för det finns ju massa månar. Vi har en måne, men sen vet jag ju att typ. Men jag kommer inte ihåg vilken planet, men det var någon planet som hade typ 8 månar eller vad det var, och det finns ju, i vårt solsystem bara.

Efter det nämner eleven även att det i vårt solsystem finns

..väl såna här supernovor?

Efter en fråga om vad en supernova är svarar eleven att det är en exploderande stjärna.

**Polstjärnan** Vid frågan om vad Polstjärnan är för något svarar Elev 3:

ELEV 3 Det är väl en planet? Är det inte Jupiter, typ? Eller något sånt? Ja, det tror jag.

...

ELEV 3 Ja jo, men det är väl en planet. Det tror jag att det är. Det är det, så kommer jag ihåg det.

Elev 3 får frågan om var på himlen Polstjärnan kan ses och efter en stunds funderande kommer hen fram till att Polstjärnan syns i norr.

Eftersom det är tydligt från elev 3s tidigare intervjumaterial att hen föreställer sig att andra stjärnor än solen finns i solsystemet, så ställer jag inte frågan om avståndet till Polstjärnan från jorden.



**Galax** Vid frågan om vad en galax är för något svarar Elev 3:

ELEV 3 Galax, det är flera solsystem.

INT. Flera som är typ, hur många då?

ELEV 3 Kanske. Några, några, 1000.

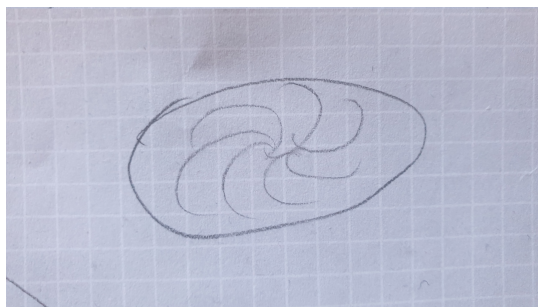
INT. Mm

ELEV 3 Eller det är olika för varje galax.

INT. Okej

ELEV 3 Jag vet att våran galax kallas för vinter... Det som är vintergatan vår galax. Är det?  
Ja. Jo den heter så.

Vid frågan om vilken form galaxer har svarar eleven att de är ovala och ritar det som syns i 8



Figur 8: Elev 3 ombads att rita ut en galax.

Eleven svarar jakande på frågan om alla galaxer ser ut på det viset.

## 5 Diskussion

### 5.1 Rangordning av astronomiska objekt

#### 5.1.1 Rangordning av storlek av fem astronomiska objekt

Den här studiens medelresultat på 91% vid placering av de fem objekten *galax*, *planet*, *stjärna*, *universum*, *solsystemet* kan jämföras med resultaten för Rajpaul et al 2018 [4] och Lindgren 2021 [14].

Rajpaul får för sina norska mellanstadie-elever resultaten 72,5% och 69,6% (vid test före och efter en undervisningsekvens i astronomi) och för lärarstudenterna fås resultaten 90,5% och 91,6%.

Lindgren får för sina svenska 4-6 klass elever medelresultatet 67%.

De svenska gymnasieeleverna har därmed ett jämförbart resultat med de norska lärarstudenterna, och ett bättre resultat än de norska och svenska mellanstadieeleverna. Detta stämmer väl överens med att missuppfattningar minskar med stigande ålder [7].

För alla tre studierna är ett av de vanligaste felen att placera *planet* och *stjärna* i omvänd storleksordning (även om det är en betydligt större andel, av mellanstadieeleverna som gör felet än gymnasieeleverna och lärarstudenterna).

I Rajpauls studie är det näst vanligaste felet, både för mellanstadieelever och lärarstudenter, när man jämför två parvisa objekt att placera *solsystem* och *galax* i omvänd ordning, medan i min studie placerar fler fel på *stjärna* och *solsystem* än *solsystem* och *galax*.

### 5.1.2 Rangordning av avstånd för tio astronomiska objekt

Vid rangordning av avståndet från jordens yta till tio olika astronomiska objekt fås i denna studien en medelpoäng på 54% rätt.

Rajpaul får resultaten 52,8% (förttest) och 64,8% (eftertest) för de norska lärarstudenterna, och 35,3% (förttest) och 37,3% (eftertest) för de norska mellanstadie-eleverna.

(Lindgrens studie omfattar inte denna rangordningsfråga).

Vid rangordning av alla parvisa objekt syns i stort sett samma mönster i denna studie som i Rajpauls. De två vanligaste felen är omvänd ordning på *ozonlagret* och *jordens centrum*, omvänd ordning på *solen* och *asteroidbältet*. Asteroidbältet felaktigt placeras längre bort än flertalet objekt.

Ett annat vanligt fel är att Polstjärnan felaktigt placeras närmre än solsystemets yttre gräns, ett fel som tyder på att de som svarat så felaktigt tror att Polstjärnan befinner sig inuti solsystemet, en möjlig missuppfattning som jag studerade närmare i mina intervjuer.

Rajpaul diskuterar i sin artikel att den felaktiga placeringen av ozonlagret beror på att respondenterna tror att atmosfären är mycket tjockare än vad som är fallet. Detta antar han efter att ha visat en bild för en mindre grupp respondenter, och observerat att de blir förvånade över att atmosfären är så tunn. Jag kunde dra en liknande slutsats efter mina intervjuer (se diskussion-avsnittet för intervjuerna).

Objektet *asteroidbältet* sticker ut i denna studie med endast 20% som har placerat det korrekt. Här anser jag, precis som Rajpaul et al 2018 [4] att asteroidbältet egentligen är ett för svårt objekt att ha med. Avståndet från jorden till asteroidbältet är mellan 2-3 au, att jämföra med 1 au till solen, så att placera fel på dessa två objekt är knappast ett allvarligt fel.

Att 34% placerar asteroidbältet som längre bort än *Neptunus* skulle eventuellt kunna bero på att de blandar ihop asteroidbältet (som ligger mellan Mars och Jupiters omloppsbana) med *Kupierbältet*, det bälte av asteroider och dvärgplaneter inklusive Pluto som ligger bortom Neptunus omloppsbana. Eventuellt är detta ett mer välkänt objekt för eleverna än asteroidbältet, på grund av den uppmärksamhet som dvärgplaneter fått i media i och med om-klassificeringen av Pluto.

I ämnesplanerna för årskurs 4-6 ingår solsystemets uppbyggnad, men jag finner det tveksamt om asteroidbältet ens tas upp där. En studie av kurslitteratur hade kunnat svara på den frågan. Till framtida studier som använder sig av den svenska varianten av IAQ skulle objektet asteroidbältet kunna tas bort och eventuellt ersättas med ett annat intressantare objekt. Genom att jämföra hur eleverna rangordnat varje par av objekt går det fortfarande att jämföra resultaten med tidigare studier, även om något objekt i enkäten byts ut.

## 5.2 Poängsättning av elevernas definitioner

För två av objekten, *solsystem* och *universum* ligger resultaten för de svenska gymnasieeleverna på ungefär samma nivå som för de norska lärarstudenterna i Rajpauls studie; de

norska mellanstadieelevernas resultat ligger betydligt lägre, vilket är i linje med vad som kunde förväntas. För solsystem har de svenska eleverna ett medelvärde på 84%, och de norska lärarstudenterna har medelvärdena 80% (förttest) och 92% (eftertest). De norska mellanstadieeleverna ligger betydligt lägre med medelvärdena 54% (förttest) och 55% (eftertest).

För universum är medelvärdena 89% för de svenska eleverna, 84% och 89% för de norska lärarstudenterna samt 69% och 71% för de norska mellanstadieeleverna.

För de andra tre objekten, *planet*, *stjärna* och *galax*, ligger de svenska elevernas medelvärde mellan 16 till 35 procentenheter lägre än de norska lärarstudenterna (med undantag för lärarstudenternas resultat för objektet *galax* på förtestet, där resultatet är 5 procentenheter högre än de svenska elevernas), och mellan 5 till 16 procentenheter högre än de norska mellanstadieeleverna.

Den stora skillnaden mellan de svenska eleverna och de norska lärarstudenterna för dessa tre objekt är något förvånande. På grund av svårigheterna med poängsättningsmetoden som diskuteras i avsnitt 3.3.3 är det svårt att veta om dessa resultat avspeglar en faktiskt kunskapskillnad mellan grupperna, eller om resultatet beror på skillnad i hur metoden har applicerats.

För fler detaljer om medelvärdena och standardavvikelserna för dessa grupper, se bilaga D.

### 5.3 Textanalys av elevernas definitioner

En brist som uppenbarades när textanalysen gjordes var att vissa elever väldigt tydligt har tittat på varandras svar och svarat i princip identiskt. Detta minskar så klart reliabiliteten hos resultaten. Det är ett inneboende problem när enkäten distribueras som är svårt att få bukt med, samtidigt som fördelen med distributionen är att många respondenter kan erhållas. Nedan är några exempel på elever med identiska eller nästintill identiska svar:

ID 331 En benämning på en viss mängd i universum

ID 332 En benämning på en viss mängd materia i universum.

ID 596 Ett system där planeter kretsar runt en stjärna.

ID 597 En system där planeter kretsar runt en stjärna.

Ett ytterligare problem är att det inte finns nåt sätt att kontrollera att respondenterna inte sökt upp fakta medan de gör enkäten, till exempel genom att googla.

Textanalysen lider också av att den blev den del av studien som fick minst tid. Egentligen hade jag velat vidareutvecklat och grupperat mina koder på ett tydligare sätt.

#### 5.3.1 Planet

Det är intressant att så många elever (28%) använder sig av ordet *himlakropp* i sina svar. En del elever använder det utan att ange mer information:

ID 589 ”En planet är en himlakropp.”

ID 180 En planet är en himlakropp i rymden

Andra elever använder ordet som en del i sina längre förklaringar:

ID 325 En himlakropp som har sin omlopps bana runt en stjärna

ID 186 En himlakropp som inte brinner och som är ganska stor. Dvs inte en stjärna och inte en asteroid.

Ordet *himlakropp* nämns på flera ställen i kursplanerna för grundskolan (se avsnitt 2.4.1), så jag anser det troligt att eleverna lärt sig ordet genom sin astronomiundervisning. Det är ju olyckligt att elever som tillhör den första gruppen ovan endast verkar ha memorerat ett ord utan särskilt mycket förklaringsvärde, och inte lärt sig/kommit ihåg/uttryckt i enkäten några av planeters faktiska egenskaper.

Av de 7% svar som nämner gravitation nämner de flesta bara att en planet har en dragningskraft, inte vilken roll den spelar i två av de tre kriterierna för definitionen av en planet (planeten blir klotformad och rensar sin omloppsbana från andra större objekt). Tre svar skulle möjligtvis kunna kopplas till de vetenskapliga kriterierna:

ID 606 En himlakropp som har tillräckligt mycket gravitation för att påverka sin egen omgivning.

Detta skulle med välvillig tolkning kunna tolkas som att eleven åsyftar att planeten har rensat sin egen omloppsbana, men det skulle lika gärna kunna syfta på att en planet kan ha månar.

ID 414 En samling av ämnen som hölls ihop och formas genom gravitation.

ID 789 En planet en är större solid klump av metaller och sten med ett eget gravitationsfält kraftigt nog att hålla ihop sig själv.

Detta skulle möjligtvis kunna tolkas som att eleverna menar att en planet är klotformat på grund av att den är tillräckligt massiv.

### 5.3.2 Stjärna

ID 194 Ett brinnande klot av gas, solen är ett exempel.

ID 180 Det är ett stort glödande gasmoln med ofantligt mycket energi

Att så många elever beskriver stjärnor som brinnande gasklot är inte så förvånande, eftersom det är en känd missuppfattning/vardagsföreställning från tidigare forskning (till exempel [11]).

En faktor som möjligen kan ha bidragit till den höga andelen är däremot kurslitteraturen. Även om det inte varit ett fokusområde för denna studien, upptäcktes det att läroboken för gymnasiet *Heureka! Fysik 2* [26] i sitt avsnitt om solen använde sig av liknelsen att den brinner, både i rubriken och i brödtexten.

### 5.3.3 Solsystem

Att så många svar beskriver solsystem generellt och så få beskriver vårt solsystem (frågan är ställd i enkäten så att det ska kunna tolkas på både sätt), skulle kunna vara en effekt av att exoplaneter fått relativt stor uppmärksamhet i media under tiden respondenterna i denna studien har växt upp.

### 5.3.4 Galax

Inte många svar nämner något om storlek eller antal stjärnor i galaxer. Detta kan tyda på en brist om kunskap om skalan av galaxer. Inte heller många nämner form. Dock så ritade alla tre intervjuade elever en bild av en spiralformad galax, även om de inte skrivit om form i sina textsvår. Det tyder på att det är möjligt att fler elever i enkäten besitter kunskap om att det finns spiralformade galaxer, även om de av någon anledning inte skriver ut det i sina svar.

### 5.3.5 Universum

Många svar består bara av ordet *allt*. Kanske kunde frågan ha ställts på ett bättre sätt för att få mer insikt i elevernas uppfattning om universum.

Lite mindre än en tredjedel nämner något om vad universum består av. Av dessa nämner de flesta vanlig materia i olika former, antingen genom att skriva materia eller genom att nämna objekt såsom stjärnor, galaxer etc.. Få skriver något om att universum även innehåller mörk energi och mörk materia. Det är även bara några få elever som nämner att universum expanderar eller använder frasen det observerbara universum. Dessa två fakta tillsammans antyder att elevernas kunskap om kosmologi, d.v.s. om universums utveckling och storskaliga struktur är ganska låg. Men noggrannare frågor hade behövt ställas för att säkerställa detta.

## 5.4 Intervjuer

I detta diskussionsavsnitt kommer jag gå igenom varje objekt för sig. Först presenteras min analys av varje elevs svar på frågor om det aktuella objektet och sedan jämför jag de tre elevernas svar med varandra i ett eget avsnitt.

### 5.4.1 Planet

**Elev 1** Elev 1 nämner direkt att en planet oftast är i en omlopps bana kring en stjärna, ett av de tre vetenskapliga kriterierna för definitionen av en planet. (Vid förtydligande av ordet oftast visar det sig att eleven är medveten om så kallade *rouge planets* som har slungats ut från sin omlopps bana och inte längre cirkulerar sin stjärna).

Efter en prompt om storleken svarar eleven med en absolut storlek, *ett antal tusentals kilometer i diameter* (detta svar kan anses korrekt, Jupiter har en radie på ca 70 000 km och jorden ca 6 400 km), istället för att jämföra med storleken på andra astronomiska objekt.

Efter att ha fått en prompt om varför planeter är sfäriska svarar eleven att det beror på gravitationen. Vid frågan om varför asteroider inte är runda svarar eleven att de inte har tillräckligt kraftig gravitation.

Eleven visar därmed kunskap om två av de tre vetenskapliga kriterierna för vad en planet är: cirkulerar kring en stjärna (eller har tidigare gjort det, ifall det är en så kallad rouge planet), och den är tillräckligt stor för att den på grund av gravitationen ska formas till en sfär.

Inget nämns om dvärgplaneter. Möjligen kunde jag som intervjuare gett en prompt om det som ett sätt att se om eleven kanske också hade kunskap om det tredje kriteriet, som är det

som skiljer dvärgplaneter från riktiga planeter (att på grund av tillräckligt stark gravitation ha rensat sin omloppsbana från andra större objekt).

**Elev 2** Elev 2 nämner genast att en planet är klotformat och cirkulerar kring en stjärna. Hen nämner också direkt utan prompt att det finns dvärgplaneter som är mindre än riktiga planeter.

Vid frågan om varför planeter är runda för eleven ett resonemang om att det har att göra med att planeter formas kring en *kärna*. Inget nämns om gravitation eller att det beror på planeters storlek. Inte heller vid en fråga om varför asteroider inte är runda, nämns något om deras relativa storlek, utan eleven fortsätter om sitt resonemang att planeter har en kärna, vilket asteroider saknar. Eleven verkar själv osäker på sitt resonemang och nämner också atmosfär som en möjlig anledning att planeter är runda, men verkar ångra sig efter att hen självmant kommer på att inte alla planeter har atmosfär.

Elev 2 visar därmed kunskap om det första vetenskapliga kriteriet för en planet (cirkulerar kring en stjärna). Eleven vet att planeter är klotformade och större än dvärgplaneter, men nämner inte efter prompts om dessa aspekter något om vilken roll gravitationen spelar.

**Elev 3** Elev 3 svarar direkt att planeter är i omloppsbana kring en *sol*, *solen* (att eleven säger sol istället för stjärna är relevant eftersom det senare i intervjun framkommer att hen ser stjärna och sol som olika sorters objekt). Vid en fråga om form svarar eleven att planeter är runda, men uppger när hen tillfrågas att hen inte vet varför. Vid frågan om storlek nämner eleven att planeter kan vara lite olika stora och nämner som ett exempel att Jupiter är större än jorden, men anger ingen absolut storlek eller jämför med andra objekt i rymden.

Vid ett senare tillfälle i intervjun, vid diskussion av solsystemet, framkommer det också att eleven (om än lite tveksamt) räknar in månar i kategorin planeter.

**Jämförelse av elever** Alla tre elever nämner att planeter är i omloppsbana kring en sol/stjärna, vilket är det första vetenskapliga kriteriet för definitionen av en planet (elev 1 nämner också de undantagsfall där planeter har slungats ut från sin omloppsbana).

Gällande det andra kriteriet, att planeten ska vara så stor att dess gravitation har gjort den klotformad, så vet alla elever att en planet är rund, men bara elev 1 kan ge förklaringen varför.

När det gäller det tredje kriteriet, att de ska vara så stora att de har rensat sin omloppsbana, så nämner elev 2 att dvärgplaneter är mindre än planeter men resonerar inte om hur mycket mindre eller varför definitionen är på det viset. Möjligen borde elev 1 och elev 3 ha getts prompts om dvärgplaneter, för att undersöka deras kunskaper om dessa.

## 5.4.2 Ozonlagret

**Elev 1** Elev 1 visar en korrekt uppfattning om vad ozonlagret är (nämner  $O_3$ -molekyler) och vilken effekt det har (absorberar UV-strålning).

Elev 1s svar om avstånd gällande ozonlagret och jordens mittpunkt utmärker sig genom att eleven anger en absolut storlek på jordens radie. Elevens svar är för stort med ungefär en faktor 2 (kanske blandade hen ihop radie med diameter). Elevens ritade bild visar att hen vet att jordens atmosfär är tunn jämfört med jordens radie.

**Elev 2** Elev 2s svar visar tydligt att hen har blandat ihop ozonlagrets funktion med växthuseffekten. Hens bild visar en atmosfär som är betydligt tjockare relativt jordens radie än vad den är i verkligheten, även om jordens radie ritas som något större än atmosfärens tjocklek.

**Elev 3** Även elev 3 verkar ha blandat ihop ozonlagret med växthuseffekten. Hens bild på ozonlagret visar att hen tror att atmosfären är mycket tjockare än vad den är och därmed att avståndet från jordens yta till ozonlagret är längre än avståndet mellan jordens yta och jordens centrum.

**Jämförelse av elever** Elev 1 känner både till ozonlagrets effekt och har en rimlig uppfattning av atmosfärens storlek.

Både elev 2 och 3 har blandat ihop ozonlagrets effekt med växthuseffekten och har en bild av att atmosfären är mycket tjockare än vad den är.

Eftersom förstörelsen av ozonlagret inte längre är ett lika aktuellt problem idag, läggs det nog inte lika stor uppmärksamhet på det i dagens skola.

Klimatförändringar på grund av ökad växthuseffekt däremot är ett område som ges stort utrymme i skolan idag, inom flera ämnen. Det är därför inte så förvånande att eleverna blandat ihop dessa saker.

Kanske får vissa elever en felaktig uppfattning om atmosfärens tjocklek på grund av att läroböcker visar ej skalensliga bilder när syftet är att lära ut om växthuseffekten i atmosfären.

### 5.4.3 Stjärna/sol

**Elev 1** Eleven svarar direkt att en stjärna är en kropp av vätgas där det pågår fusion. Eleven visar tydligt att hen vet att solen är en stjärna som alla andra stjärnor. Inga spår av föreställningen att stjärnor är små objekt (mindre än planeter) verkar finnas.

**Elev 2** Eleven säger att stjärnor är något som brinner, kanske väte. Vid frågan om varför planeter inte brinner medan stjärnor gör det svarar eleven att planeter inte består av brännbart material. Eleven visar viss förvirring över att hen känner till att Jupiter består av vätgas, men trots det inte brinner.

Här gör jag som intervjuare ett misstag, när jag säger *om du jämför vår sol med andra stjärnor*, utan att eleven själv uttryckt att solen är en stjärna. Det gör det svårt att veta om eleven självmant hade uttryckt att solen är en stjärna, eller om hen blev ledd av mig, vilket minskar reliabiliteten.

Eleven uttrycker sedan att det både finns stjärnor som är större och som är mindre än solen, men även att solen måste vara större än *en vanlig stjärna*, eftersom den har ett solsystem. Vanliga stjärnor är alltså små, och kan inte ha planetsystem, enligt eleven. Det framkommer under elevens uttalande om solsystem att eleven tänker sig att förutom solen innehåller solsystemet miljoner av dessa små stjärnor.

**Elev 3** Eleven definierar en stjärna som ett litet eldklot som brinner, och som i allmänhet är mindre än planeter. Efter en fråga om den brinner på samma sätt som när en eld här på jorden brinner blir eleven lite tveksam, men svarar jakande.

På frågan om vad en sol är säger elev 3 att det är som en jättestor stjärna, det vill säga också ett klot som brinner.

Elev 3 verkar hysa uppfattningen att stjärnor och solar är två distinkta kategorier av objekt, men som delar egenskapen att de brinner, till skillnad från planeter som inte brinner. Ingen förklaring ges till varför stjärnor och solar brinner men inte planeter.

**Jämförelse av eleverna** Elev 1 har en genomgående vetenskaplig korrekt bild av vad en stjärna är. Både elev 2 och 3 verkar ha motsägelsefulla föreställningar liknande de som Agan (2004) påvisade [11]. De har alltså inkorporerat, i olika grad, den vetenskapliga idén att solen är en stjärna med sina vardagsföreställningar om att stjärnor är små objekt. Elev 2 verkar ha ett större medvetande om att hans uppfattning är motsägelsefull, och har funderingar kring vad det är som gör att planeter inte brinner, men stjärnor gör det.

#### 5.4.4 Solsystem

**Elev 1** Elev 1 ger en kort och korrekt definition av ett solsystem.

**Elev 2** Eleven säger att det består av en sol i mitten och planeter som kretsar runt omkring. Planeterna har månar och så finns där små stjärnor. Vid frågan om hur många små stjärnor, svarar eleven att det kan vara flera miljoner.

**Elev 3** Eleven börjar med att beskriva specifikt vårt solsystem med solen och *alla planeterna*. Efter lite vidare frågor framkommer det att hen vet att det även finns andra solsystem med andra planeter.

Vid frågan om solsystemet innehåller något mer än planeter och solen nämner eleven månar, men säger sedan att hen räknar också månar som planeter.

Sedan nämner hen att även supernovor finns i solsystemet. Hen vet att supernovor är stjärnor som exploderar, så det verkar som att även elev 3 tänker sig att små stjärnor finns inuti solsystemet.

**Jämförelse av eleverna** Elev 1 har uppfattning som stämmer med den vetenskapliga. Elev 2 och elev 3, som har en vardagsuppfattning om små stjärnor (mindre än planeter), placerar båda dessa små stjärnor inuti solsystemet.

#### 5.4.5 Polstjärnan

**Elev 1** Elev 1 beskriver att Polstjärnan är en stjärna som syns på norra halvklotet och som alltid pekar norrut. Hens svar visar tydligt att hen vet att Polstjärnan är ett objekt utanför solsystemet.

**Elev 2** Elev 2 säger att Polstjärnan är den stjärna på himlen som lyser starkast (ej korrekt, Sirius är den starkast lysande stjärnan) och kommer efter en stunds fundering fram till att den syns i norr. Vid frågan om var Polstjärnan ligger i förhållande till jorden, frågar eleven om jag menar var i solsystemet. Eleven tror alltså att Polstjärnan ligger inuti solsystemet.



**Elev 3** Elev 3 säger att hen tror att Polstjärnan är en planet, kanske Jupiter (eventuellt har hen förvirrat den med Morgonstjärnan, som är Venus). På frågan om var den ligger på himlen kommer hen efter ett tag fram till att den ligger i norr. Eftersom det redan är tydligt att eleven tänker sig att Polstjärnan ligger inuti solsystemet ställer jag inte den frågan.

**Jämförelse av eleverna** Elev 1 har en uppfattning om solsystem som stämmer med den vetenskapliga, vilket man kunde förvänta sig efter hens svar om frågorna om stjärna, sol och planet. De två andra har inkorporerat den vetenskapliga uppfattningen om planeter i omloppsbanan runt en sol med sina vardagsuppfattningar om att stjärnor är små objekt genom att placera dem inuti solsystemet.

#### 5.4.6 Galax

**Elev 1** Eleven beskriver en galax som en stor samling av stjärnor med ett svart hål i mitten och anger en rimlig uppskattning av storlek på diametern, *ofta flera hundra tusen ljusår tvärs över* (Vintergatans diameter är till exempel ca 90 000 ljusår).

Vid en prompt om form säger eleven att hen vet att det finns flera former, men hen kan bara ange en, de spiralformade. Det är också vad hens illustration visar.

**Elev 2** Eleven beskriver en galax som en stor samling av solsystem och stjärnor. Vid frågan om hur många svarar hen flera tiotusen solsystem.

Hen säger att de flesta galaxer är spiralformade (och det är också vad hens bild visar), och att hen vet att det kan finnas andra former men kan inte säga vilka.

**Elev 3** Elev 3 beskriver en galax som en samling av flera solsystem. Vid frågan om hur många svarar hen några 1000. Vid frågan om formen på galaxer säger hen oval, men bilden hen ritar på visar liknande spiraler som de andra två eleverna. Eleven är inte medveten om att galaxer kan ha andra former.

**Jämförelse av eleverna** Alla elever känner till formen av spiralgalaxer. Kanske beror det på att det är den vanligaste att visa vid illustrationer av galaxer, eller att vår egen galax Vintergatan är en spiralgalax.

Elev 1 har en rimlig uppfattning om galaxers storlek, medan de två andra gravt underestimerar antalet solsystem i en galax. Dock, om elevs 2 påstående att det finns flera miljoner stjärnor i ett solsystem tas i beaktande, hamnar hen på en rimlig uppskattning av antalet stjärnor, av storleksordningen miljarder.

## 6 Slutsatser

I frågan om vilka fel vid rangordning av storlek av olika objekt som är vanligast bland elever med avseende på avstånd och storlek i universum ligger resultaten i denna studie i stort i linje med tidigare forskning [7] [11]. Några exempel på vanliga fel som hittats både i denna studie och tidigare forskning är att stjärnor ses som mindre än planeter och att stjärnor placeras inom vårt solsystem. Ett väldigt vanligt fel är att ozonlagret rangordnas som mer avlägset

jordens yta än vad jordens mittpunkt rankas, vilket stämmer med resultaten från studien av Rajpaul et al (2018) [4] (hädanefter refererad till som Rajpaul). När frekvensen av fel jämfördes med de från Rajpaul och Lindgren (2021) [14] verkar det även stödja den etablerade uppfattningen att frekvensen av dessa fel minskar med stigande ålder och utbildningsnivå.

När det gäller vilka missuppfattningar som ligger bakom dessa fel ligger de flesta resultat i linje med tidigare forskning, med några undantag som är värda att belysa:

Det framkommer genom intervjuerna skäl att misstänka att den bakomliggande missuppfattningen kring att ozonlagret rangordnas som längre bort från jordens yta är att elever har uppfattningen att höjden på jordens atmosfär är mycket större än vad den faktiskt är. I den felaktiga uppfattningen är atmosfärens höjd i paritet med jordens radie. Detta skulle möjligtvis kunna vara ett resultat av ett ökat fokus i dagens svenska skola på klimatförändringar och växthuseffekten med tanke på att det ofta används icke skalenliga bilder på jordens atmosfär. Mer forskning behövs dock för att styrka denna hypotes.

Textanalysen av elevernas definitioner av objekt pekar i vissa fall på att svenska kursplaner och svensk undervisning har lagt ett fokus på inläring av terminologi utan vetenskapligt innehåll. Detta sågs genom att många elever använde ordet *himlakropp* i sina definitioner av objekten stjärna och planet, ibland som hela definitionen och ibland som en del i en mer utförlig definition. Ordet himlakropp är ett ord som specifikt används i kursplanerna, men som egentligen inte säger särskilt mycket om en planet eller stjärnas natur.

Många elever visade i sina definitioner en missuppfattning om att solen avger energi genom att den brinner. En bidragande faktor till frekvensen av denna missuppfattning skulle kunna vara att svensk kurslitteratur i fysik uttrycker att stjärnor brinner, som en metafor.

Angående vilka aspekter som framkommer vid kvalitativ analys av elevernas definitioner, samt i intervjuerna, som inte framkom med hjälp av Rajpauls kvantitativa metoder, upptäcktes flera punkter värda att uppmärksammas:

Rajpauls kriterier för poängsättning av elevernas definitioner av en stjärna skilde inte på de svar som beskrev stjärnor som lysande klot av gas och de som beskrev dem på ett mer vetenskapligt avancerat sätt som ett klot av plasma där fusion pågår. Textanalysen kunde särskilja dessa beskrivningar, avslöjade att båda dessa två sätt att beskriva stjärnor förekom i stor och ungefär lika vanlig utsträckning. Att Rajpaul inte skiljde på dessa två beskrivningar kan dock förklaras med att han studerade mellanstadieelever och lärarstudenter som skulle bli mellanstadielärare. På den utbildningsnivån förväntas inte eleverna känna till begreppet fusion, men när det gäller gymnasieelever är det en distinktion värd att göra.

Svårigheter med att bedöma elevernas uppgifter genom Rajpauls poängsättningskriterier visar att Rajpaul hade behövt inkludera antingen tydligare kriterier och/eller exempel på hur han hade bedömt i tvetydiga fall, för att jämförelse av de kvantitativa resultaten mellan studier ska vara tillförlitliga.

Elevernas definitioner av universum var i de allra flesta fallen väldigt fåordiga, och kraven för full poäng enligt Rajapuls kriterier väldigt generösa. För att få en tydligare bild av elevers föreställning hade mer detaljerade frågor om universum behövts ställas. På grund av tidsbegränsning var detta inte ett område jag tog upp i mina intervjuer.

I gymnasieelevernas enkätssvar var det ytterst få som nämnde något om galaxers form. I intervjuerna, när respondenterna ombads rita en bild på en galax, ritade samtliga tre respondenter en avbildning av spiralgalaxer. Detta tyder på att enkäten missar att fånga upp den kunskap som eleverna faktiskt besitter om galaxers form.

Vid textanalysen av datan upptäcktes att vissa elever svarat helt eller nästintill identiskt. Mest troligt har det varit bordsgrannar som samarbetat med sina svar. Detta är så klart ett problem som minskar reliabiliteten och en effekt av att använda en enkät distribuerad via internet, där forskaren inte är närvarande vid insamlingen av datan och kan kontrollera att elever inte samarbetar.

Under arbetes gång uppenbarade sig några områden där vidare forskning hade behövts. För det första hade det varit intressant att genomföra fler intervjuer av gymnasieelever, både av elever med en hög kunskapsnivå och de som uppvisar vanliga missuppfattningar. Elev 1, som var eleven med hög kunskapsnivå, visade sig ha ett specialintresse och en amatörastronom till far, så det är möjligt att hen inte är helt representativ för gruppen av högpresterande elever. Fler intervjuer av elever som uppvisar vardagsföreställningar och missuppfattningar hade kunnat ge en fylligare bild av dessa uppfattningar. Fler intervjuer hade också gett ett tillfälle att förbättra intervjuenkäten, samt kanske expandera den med frågor om respondenternas uppfattningar om universum, vilket inte hanns med i den här studien.

Eftersom astronomiundervisning på gymnasiet främst sker i kursen Fysik 2, hade det varit intressant att intervjua elever före och efter de har haft undervisningssekvensen om astronomi i Fysik 2, för att se hur deras uppfattningar förändrades.

Några exempel har pekats ut i denna studie om hur svensk kurslitteratur använder metaforer eller illustrationer som skulle kunna bidra till att skapa/förstärka missuppfattningar och vardagsföreställningar istället för att motarbeta dem. Det hade varit intressant att göra en studie om hur astronomiämnet behandlas i svenska kursböcker.

Elevernas svar tyder ibland på att uppmärksamhet i media av aktuella händelser och ämnen inom astronomiforskning, såsom upptäckandet av exoplaneter och omdefinieringen av planet, kan ha påverkats elevers uppfattningar. Exempel inkluderar att eleverna känner till begreppet dvärgplanet, vid definition av solsystem utgår många ifrån solsystem i allmänhet inte endast utifrån vårt eget solsystem. Studier hade här kunnat inrikta sig på hur aktuella händelser påverkar elevers uppfattningar, och hur man kan inkorporera aktuella händelser i undervisningen för att dra nytta av detta.

Denna studie pekar på att det nuvarande forskningsläget fortfarande inte har lyckats etablera en fyllig och nyanserad bild av hur missuppfattningar kring dessa frågor ser ut i praktiken, hur de uppkommer eller hur de kan bemötas. Vidare forskning i linje med de punkter som öppnats upp här kan leda till en tydligare bild som sedan kan konkret appliceras i didaktisk forskning och senare i klassrummet.

## 7 Tackord

Jag vill tacka mina tre handledare Kirsty Dunnett, Urban Eriksson och Lukasz Michalak och som delat med sig av sin kunskap och sina erfarenheter.

Emma Linton vill jag tacka för att jag fick komma och besöka hennes klass och dela ut enkäten till eleverna.

Ett särskilt stort tack vill jag också rikta till de tre elever som jag fick chansen att intervjua. Att få prata med er och höra era tankar och spekulationer var den roligaste delen av det här projektet!

Så klart vill jag tacka mina nära och kära som stöttat och peppat mig när arbetsbördan har känts tung. I synnerhet Frans Witting, som gett generöst av sin tid, kommit med mängder av goda råd och feedback och övertygat mig om att jag faktiskt gjort ett bra jobb.

## A Frågeenkät

Frågor och svarsalternativ från den svenska varianten av IAQ. Fråga 1 - 15 är markerade med \* för att svar på dem är obligatoriskt. Textrutorna i formuläret har ingen teckenbegränsning.

**Fråga 1.** Vill du vara med i den här undersökningen? \* [Välj ett alternativ]

Ja, jag vill gärna vara med!

Nej, jag vill inte vara med. [Undersökning avslutas]

**Fråga 2.** Jag är... \* [Välj ett alternativ]

Flicka, Pojke, Vill inte svara

**Fråga 3.** Vilken klass går du i? \* [Välj ett alternativ]

Grundskolan 1 – 9, Gymnasiet 1 – 3 eller Annat [Textruta öppnas]

**Fråga 4.** Har du och din klass arbetat med astronomi under det här skolåret? \*

Ja, Nej, Vet inte eller Annat [Textruta öppnas]

**Fråga 5.** Hur intressant tycker du astronomi är? \*

Välj på en skala från 1 = Inte alls intressant, till 5 = Mycket intressant

**Fråga 6.** Hur viktigt tycker du att astronomi är för samhället? \*

Välj på en skala från 1 = Inte alls viktigt, till 5 = Mycket viktigt

**Fråga 7.** Hur mycket tror du att astronomerna ännu inte har upptäckt? \*

Välj på en skala från 1 = Astronomerna har fortfarande mycket kvar att upptäcka, till 5 = Astronomerna har redan upptäckt det mesta

**Fråga 8.** Sätt följande objekt i storleksordning från minst till störst. \*

Dra objekten till rätt plats med det minsta objektet högst upp i listan. Galax, Planet, Stjärna, Universum, Solsystemet

**Fråga 9 - 13.** En kompis till dig som är intresserad av astronomi frågar dig vad de fem orden i frågan 8 betyder. Förklara med en mening eller två vad ordet GALAX/PLANET/STJÄRNA/UNIVERSUM/SOLSYSTEM betyder. \*

Ange ditt svar [Textruta]

**Fråga 14.** En klasskompis frågar dig: ”Hur lär sig astronomer saker om universum? Jag vet att de huvudsakligen använder teleskop, men vad är det teleskopen egentligen gör? Skriv ner vad du svarar din kompis. \*

Ange ditt svar [Textruta]

**Fråga 15.** Sätt följande objekt i ordning utifrån hur långt från jordens yta de är. Dra objekten till rätt plats med det närmsta objektet högst upp i listan. \*

Vintergatans centrum, Universums yttre gräns, Asteroidbältet, Solsystemets yttre gräns, Månen, Solen, Polstjärnan, Ozonlagret, Jordens centrum, Neptunus

**Fråga 16.** Det var den sista frågan! Tack för att du bidrog till vår forskning. Om du har några frågor eller funderingar så skriv gärna det i fältet nedan. Om du vill ha svar på din fråga så glöm i så fall inte din epost-adress! [Textruta]

[SKICKA]

## B Intervjuguide

### B.1 Introduktionsmanus

Hej!

Tack för att du vill delta i min studie. Jag gör en studie om gymnasieelevers uppfattning om storlek och avstånd i universum som mitt examensarbete på lärarutbildningen. Det är en del av ett större projekt vid Nationellt Resurscentrum för Fysik vid Lunds universitet.

Huvuddelen av studien består av enkäten som du tidigare svarat på, men jag gör även dessa intervjuer för att kunna fördjupa svaren på vissa frågor.

Känn ingen press att svara "rätt" på frågorna. Eftersom jag undersöker gymnasieelevers uppfattningar är det värdefullt för mig att få just dina uppfattningar snarare än rätta svar på allt.

Jag kommer spela in vår intervju för att kunna gå tillbaka och kolla vad som sades. Bara jag och mina handledare kommer ha tillgång till ljudinspelningen. När jag skriver om intervjun i mitt arbete kommer du vara helt anonymiserad.

Något du undrar över innan vi börjar?

### B.2 Introduktionsfrågor

1. Har du gått i svensk skola hela din utbildning? Om svar nej,
  - (a) Hur länge har du gått i svensk skola?
  - (b) Var gick du i skola innan det?
2. Vad tänker du på när du hör ordet astronomi?
3. Hur mycket astronomi har du läst (i skolan eller på fritiden)?
4. Vilka områden har din klass hunnit gå igenom av Fysik 1?

### B.3 Huvuddel

#### B.3.1 Planet och ozonlagret

1. Förklara med egna ord vad en planet är.  
Prompt: Varför är en planet rund?  
Prompt: Hur stor är en planet?
2. Berätta, i dina egna ord, vad ozonlagret är för något.  
Prompt: Var ligger det? Vad har det för effekt?
3. Skissa en bild på jorden och rita ut avståndet mellan jordens yta till jordens centrum samt avståndet från jordens yta till ozonlagret.

### **B.3.2 Stjärnor**

1. Förklara med egna ord vad en stjärna är för något.  
Prompt: Varför lyser stjärnor? Hur skiljer sig en stjärna från en planet?
2. Förklara med egna ord vad en sol är för något.  
Prompt: Hur är vår sol i förhållande till andra stjärnor?

### **B.3.3 Polstjärnan vs solsystemet**

1. Förklara vad ordet solsystem betyder.  
Prompt: Vad innehåller solsystemet?
2. Vad är Polstjärnan för något?  
Prompt: Var ligger den i förhållande till jorden

### **B.3.4 Galax**

1. Förklara vad ordet galax betyder.  
Prompt: Hur stora/hur många stjärnor?  
Prompt: Vilken form har de?

## **B.4 Avrundning**

1. Har du några frågor till mig?

Tänk på att inte diskutera intervjun med de andra som ska intervjuas förrän efter jag har intervjuat dem.

Tack så mycket för att du deltog i intervjun!

## C Felvända svar på rangordningsuppgifter

På fråga 8 så var 26 svar av totalt 96 tydligt omkastade.

Tabell 6: Felvända svar för fråga 8.

Elevers rangordning:	Omvänd till:	Antal:
Universum, Galax, Solsystemet, Stjärna, Planet	Planet Stjärna Solsystemet Galax Universum	20
Universum, Galax, Solsystemet, Planet, Stjärna	Stjärna Planet Solsystemet Galax Universum	2
Universum Solsystemet Galax Stjärna Planet	Planet Stjärna Galax Solsystemet Universum	2
Universum Galax Stjärna Solsystemet Planet	Planet Solsystemet Stjärna Galax Universum	1
Universum Stjärna Galax Solsystemet Planet	Planet Solsystemet Galax Stjärna Universum	1

På fråga 15 var 7 svar tydligt omvända. De sju svaren var alla unika men hade alla *Universums yttre gräns* på plats 1.



## D Medelvärde och standardavvikelse vid poängsättning

Tabell 7: Medelvärde och standardavvikelse för de svenska gymnasieeleverna från denna studien samt de norska lärarstudenterna och mellanstadieeleverna från Rajpaul et al 2018.

Objekt	Respondenter	Medelvärde	Standardavvikelse	
Planet	Svenska gymnasieelever	36%	29%	
	Norska lärarstudenter	Förtest	61%	38%
		Eftertest	68%	29%
	Norska mellanstadieelever	Förtest	31%	29%
		Eftertest	30%	28%
	Stjärna	Svenska gymnasieelever	47%	29%
Norska lärarstudenter		Förtest	63%	39%
		Eftertest	82%	32%
Norska mellanstadieelever		Förtest	31%	33%
		Eftertest	35%	35%
Solsystem		Svenska gymnasieelever	84%	27%
	Norska lärarstudenter	Förtest	80%	37%
		Eftertest	92%	25%
	Norska mellanstadieelever	Förtest	54%	42%
		Eftertest	55%	43%
	Galax	Svenska gymnasieelever	46%	32%
Norska lärarstudenter		Förtest	51%	38%
		Eftertest	64%	31%
Norska mellanstadieelever		Förtest	31%	37%
		Eftertest	30%	36%
Universum		Svenska gymnasieelever	89%	29%
	Norska lärarstudenter	Förtest	84%	33%
		Eftertest	89%	26%
	Norska mellanstadieelever	Förtest	69%	38%
		Eftertest	71%	39%

I tabell 7 visas medelvärdena och standardavvikelserna som erhållits efter att respondenternas definitioner av fem objekt poängsattes enligt Rajapuls poängsättningsmetod, som beskrevs i avsnitt 3.2.2. Data för de norska lärarstudenterna och mellanstadieeleverna är tagna från Rajpaul et al 2018.

Medelvärdena beräknades genom

$$\mu = \frac{n(0) \cdot 0 + n(0,5) \cdot 0,5 + n(1) \cdot 1}{n} \quad (1)$$

där  $\mu$  är medelvärdet,  $n(0)$ ,  $n(0,5)$  och  $n(1)$  är antalet respondenter i gruppen som har 0, 0,5 respektive 1 poäng.  $n$  är det totala antalet respondenter i gruppen.

Standardavvikelserna  $s$  beräknades genom

$$s = \sqrt{\frac{n(0) \cdot (0 - \mu)^2 + n(0,5) \cdot (0,5 - \mu)^2 + n(1) \cdot (1 - \mu)^2}{n - 1}} \quad (2)$$

## Referenser

- [1] I. A. Halloun och D. Hestenes, “Common sense concepts about motion”, *American Journal of Physics*, årg. 53, nr 11, s. 1056–1065, nov. 1985, ISSN: 0002-9505. DOI: [10.1119/1.14031](https://doi.org/10.1119/1.14031). eprint: <https://pubs.aip.org/aapt/ajp/article-pdf/53/11/1056/11459219/1056\1\online.pdf>. URL: <https://doi.org/10.1119/1.14031>.
- [2] U. Turgut, A. Colak och R. Salar, “The Effect of 7E Model on Conceptual Success of Students in the Unit of Electromagnetism”, *European Journal of Physics Education*, årg. 7, nr 3, s. 1–37, 2016, ISSN: EISSN-1309-7202. DOI: [10.20308/ejpe.64317](https://doi.org/10.20308/ejpe.64317).
- [3] B. Miller och W. Brewer, “Misconceptions of Astronomical Distances”, *International Journal of Science Education - INT J SCI EDUC*, årg. 32, s. 1549–1560, aug. 2010. DOI: [10.1080/09500690903144099](https://doi.org/10.1080/09500690903144099).
- [4] V. M. Rajpaul, C. Lindstrøm, M. C. Engel, M. Brendehaug och S. Allie, “Cross-sectional study of students’ knowledge of sizes and distances of astronomical objects”, *Phys. Rev. Phys. Educ. Res.*, årg. 14, s. 020108, 2 sept. 2018. DOI: [10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020108](https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020108). URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020108>.
- [5] U. Brinkjær och M. Høyen, *Vetenskapsteori för lärarstudenter*. Studentlitteratur AB, 2013, s. 89–97.
- [6] S. Sjöberg, *Naturvetenskap som allmänbildning - en kritisk ämnesdidaktik*. Studentlitteratur AB, 2010.
- [7] J. Bailey och T. Slater, “A Review of Astronomy Education Research”, *Astronomy Education Review*, årg. 2, sept. 2003. DOI: [10.3847/AER2003015](https://doi.org/10.3847/AER2003015).
- [8] M. P. Schneps, *A Private Universe*, 1989. URL: <https://www.learner.org/series/a-private-universe/1-a-private-universe/>.
- [9] A. Lelliott och M. Rollnick, “Big Ideas: A review of astronomy education research 1974-2008”, *International Journal of Science Education - INT J SCI EDUC*, årg. 32, s. 1771–1799, sept. 2010. DOI: [10.1080/09500690903214546](https://doi.org/10.1080/09500690903214546).
- [10] N. F. Comins, *Heavenly Errors - Misconceptions About the Real Nature of the Universe*. Columbia University Press, 2001.
- [11] L. Agan, “Stellar Ideas: Exploring Students’ Understanding of Stars”, *Astronomy Education Review*, årg. 3, mars 2004. DOI: [10.3847/AER2004008](https://doi.org/10.3847/AER2004008).
- [12] V. Rajpaul, S. Allie och S.-L. Blyth, “Introductory astronomy course at the University of Cape Town: Probing student perspectives”, *Phys. Rev. ST Phys. Educ. Res.*, årg. 10, s. 020126, 2 nov. 2014. DOI: [10.1103/PhysRevSTPER.10.020126](https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020126). URL: <https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevSTPER.10.020126>.
- [13] C. Lindstrøm, V. Rajpaul, M. Brendehaug och M. C. Engel, “Perspectives on astronomy: probing Norwegian pre-service teachers and middle school students”, i *2015 Physics Education Research Conference Proceedings*, American Association of Physics Teachers, dec. 2015. DOI: [10.1119/perc.2015.pr.044](https://doi.org/10.1119/perc.2015.pr.044). URL: <https://doi.org/10.1119%5C%2Fperc.2015.pr.044>.

- [14] S. Lindgren, “Blinka lilla stjärna där, hur jag undrar hur stor du är - Elevers uppfattningar om astronomiska objekts storlek och skala”, Göteborgs universitet, aug. 2021. URL: [https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/69138/gupea\\_2077\\_69138\\_4.pdf](https://gupea.ub.gu.se/bitstream/handle/2077/69138/gupea_2077_69138_4.pdf).
- [15] Skolverket, *Läroplan för grundskolan, förskoleklassen och fritidshemmet 2011: Reviderad 2019*, 2019. URL: <https://www.skolverket.se/getFile?file=4206>.
- [16] Skolverket. “Ämne - Naturkunskap”. (), URL: <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=-996270488%5C%2Fsyllabuscw%5C%2Fjsp%5C%2Fsubject.htm%5C%3FsubjectCode%5C%3DNAK%5C%26version%5C%3D3%5C%26tos%5C%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3> (hämtad 2023-05-15).
- [17] Skolverket. “Ämne - Fysik”. (), URL: <https://www.skolverket.se/undervisning/gymnasieskolan/laroplan-program-och-amnen-i-gymnasieskolan/gymnasieprogrammen/amne?url=-996270488%5C%2Fsyllabuscw%5C%2Fjsp%5C%2Fsubject.htm%5C%3FsubjectCode%5C%3DFYS%5C%26version%5C%3D3%5C%26tos%5C%3Dgy&sv.url=12.5dfee44715d35a5cdfa92a3> (hämtad 2023-05-15).
- [18] I. A. Union, *Definition of a Planet in the Solar System, Resolution B5, XXVI General Assembly*, 2006. URL: [www.iau.org/static/resolutions/Resolution\\_GA26-5-6.pdf](http://www.iau.org/static/resolutions/Resolution_GA26-5-6.pdf).
- [19] NASA. “Stars - Basic”. (), URL: <https://universe.nasa.gov/stars/basics/> (hämtad 2023-05-13).
- [20] NASA. “Stars - Planetary Systems”. (), URL: <https://universe.nasa.gov/stars/planetary-systems/> (hämtad 2023-05-13).
- [21] T. E. Board. “The Extrasolar Planets Encyclopaedia”. (), URL: <http://exoplanet.eu> (hämtad 2023-05-13).
- [22] NASA. “Galaxies - Basic”. (), URL: <https://universe.nasa.gov/galaxies/basics/> (hämtad 2023-05-13).
- [23] NASA. “Universe - Basics”. (), URL: <https://universe.nasa.gov/universe/basics/> (hämtad 2023-05-13).
- [24] C. Robson och K. McCartan, *Real World Research*. John Wiley & Sons Ltd, 2016, s. 284–306.
- [25] L. Christoffersen och A. Johannessen, *Forskningsmetoder för lärarstudenter*. Studentlitteratur AB, 2015, s. 83–95.
- [26] R. Alphonse, L. Bergström, P. Gunnvald, E. Johansson och R. Nilsson, *Heureka! Fysik 2. NATUR & KULTUR*, 2012.