

Rinmangymnasiet

Eskilstuna

Finns det exoplanetariskringar?

Författare: Hanna Pettersson

Handledare: Jan Klintberg, Mattias Dahlgren

Termin: VT-19

Kurs: Gymnasiearbete

Ämne: Astronomi

Abstract

The purpose of this diploma project is to find out whether exoplanetary rings exist or not. Information about how to find planetary rings, their properties and where they occur is presented to provide basic knowledge about them. The information used in this study originated from various sources. All ring systems found when the research for this study was gathered are described. It was found that exoplanetary rings exist around the exoplanet J1407b. It is likely that there are more exoplanetary rings to be found if we look at our own solar system and how many of our celestial bodies that have ring systems. To find more exoplanetary rings better equipment needs to be developed and more research needs to be devoted to this issue, but at the time other issues are prioritized above finding exoplanetary rings.

Innehåll

1. <u>Inledning</u>	4
1.1 <u>Bakgrund</u>	4
1.2 <u>Syfte</u>	4
1.3 <u>Frågeställning</u>	4
2. <u>Metod</u>	5
3. <u>Resultat</u>	6 - 11
3.1 <u>Vad är en planetring?</u>	6
3.2 <u>Ringarnas uppbyggnad</u>	6
3.3 <u>Ringarnas uppkomst</u>	7
3.4 <u>Hur upptäcker man planetringar?</u>	8 - 9
3.5 <u>Himlakroppar med ringar i vårt solsystem</u>	9 - 11
3.5.1 <u>Saturnus ringar</u>	9
3.5.2 <u>Uranus ringar</u>	10
3.5.3 <u>Jupiters ringar</u>	10
3.5.4 <u>Neptunus ringar</u>	10
3.5.5 <u>10199 Chariklos ringar</u>	11
3.5.6 <u>Haumeas ringar</u>	11
3.5.7 <u>Potentiella ringsystem</u>	11
3.6 <u>Himlakroppar med ringar i andra solsystem</u>	11
4. <u>Diskussion</u>	12
5. <u>Källförteckning</u>	13 - 15

1. Inledning

1.1. Bakgrund

År 1610 observerades Saturnus ringar för första gången av Galileo Galilei, men det dröjde ända fram till 1655 då Christiaan Huygens föreslog att det var en ring. Efter det tog det lite mer än 300 år att upptäcka nästa ringsystem vilket var kring Uranus. Upptäckterna av ringsystem kom nu tätare då ringsystemet kring Jupiter endast dröjde fram till 1979 och det kring Neptunus upptäcktes snart efter under 1980-talet. Nu hade man upptäckt att alla gasjättar i vårt solsystem hade ringsystem. Det kom att dröja fram till 2013 innan nästa ringsystem upptäcktes, det kring 10199 Chariklo, det blev en ny milstolpe då man upptäckte att det inte bara var planeter som kunde ha ringsystem då 10199 Chariklo är en Centaur. 2015 nådde man ännu en milstolpe, första ringsystemet kring en exoplanet, vid namn J1407b, upptäcktes. 2017 kom en till första upptäckt, dvärgplaneten Haumea har ett ringsystem vilket utökade kunskapen för vilka himlakroppar som kan ha ringsystem.

1.2. Syfte

Syftet med detta arbete är att få en djupare förståelse om planetariskringar och om hur vanliga dem är.

1.3. Frågeställning

1. Finns det exoplanetariskringar?
2. Har vi tillräckligt med kunskap för att upptäcka fler ringsystem i andra solsystem?
3. Finns det fler ringsystem än de som upptäckts hittills?

2. Metod

Det här examensarbetet är en litteraturstudie. Informationen samlades huvudsakligen från internet i form av artiklar från olika hemsidor och en video från Youtube, men även en fysiklärobok användes. Information var delvis svår att hitta vilket ledde till att Wikipedia ibland blev den enda utförliga källan. Anledningen till att Wikipedia ansågs som tillförlitlig var att informationen var baserad på andra pålitliga källor som forskningsrapporter eller NASA, men informationen var längre och mer detaljerad. Ibland saknades källor på Wikipedia, då användes faktan om det stämde med andra källor. Ett annat exempel på en källa som användes var Encyclopaedia Britannica vilket är Storbritanniens motsvarighet till Sveriges National encyklopedi, vilket betyder att faktan kontrolleras av sakkunniga personer innan publicering.

3. Resultat

3.1 Vad är en planetring?

En planetring är en ringformad fördelning av partiklar som kretsar kring en planet¹. Månar räknas inte som en del av ringsystem², dock räknas andra mindre satelliter som en del av ringsystem³. Vad som klassificeras som måne eller mindre satellit varierar då det inte finns en exakt definiering på hur stor en måne är⁴. Ringar är vanligt förekommande i satellitsystem runt jätteplaneter⁵. Ett satellitsystem är ett system av till exempel månar och planetringar som kretsar en planet eller dvärgplanet på grund av gravitation⁶.

3.2 Ringarnas uppbyggnad

Ringar kan bestå av olika material och vara olika breda. Materialet varierar från planet till planet⁷. Dem kan bestå av stoft⁸ (små partiklar i olika storlek och koncentration⁹), is, tholiner (komplexa organiska molekyler¹⁰), silikater (kemisk förening av kisel, syre och en eller flera metaller, ibland väte¹²), månlingar¹⁴ och något mörkt material som man inte vet vad det är, men det tros vara en blandning av is och någon sorts organiskt ämne som är strålningsbehandlat¹⁵. För att det ska kunna finnas is i en planets ringsystem behöver planeten vara bortom frostlinjen, frostlinjen är det avstånd från en stjärna där ämnen som vatten eller metan övergår från flytande till fast form på grund av att temperaturen är så låg¹⁶. Ringarna varierar också i bred (i vårt solsystem) från 1,6–2,2 km som med Uranus ring¹⁷ till 4 800 000 km som med Saturnus ring Phoebe¹⁸.

¹ Nationalencyklopedin, planetring. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/planetring> (hämtad 2018-11-14)

² Nationalencyklopedin, måne. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/måne> (hämtad 2018-11-14)

³ <https://en.wikipedia.org/wiki/Moonlet> (hämtad 2018-11-21)

⁴ <https://www.britannica.com/science/satellite> (hämtad 2019-01-16)

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2018-11-21)

⁶ [https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_system_\(astronomy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_system_(astronomy)) (hämtad 2018-11-21)

⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2018-11-23)

⁸ Ibid (hämtad 2018-11-23)

⁹ <https://www.britannica.com/science/interplanetary-dust-particle> (hämtad 2019-01-16)

¹⁰ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn (hämtad 2018-11-23)

¹¹ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Tholiner> (hämtad 2018-11-23)

¹² https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn (hämtad 2018-11-23)

¹³ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Silikat> (hämtad 2018-11-23)

¹⁴ <https://en.wikipedia.org/wiki/Moonlet> (hämtad 2018-11-23)

¹⁵ https://sv.wikipedia.org/wiki/Uranus_ringar (hämtad 2018-11-23)

¹⁶ [https://en.wikipedia.org/wiki/Frost_line_\(astrophysics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Frost_line_(astrophysics)) (hämtad 2018-12-13)

¹⁷ https://sv.wikipedia.org/wiki/Uranus_ringar (hämtad 2018-12-14)

¹⁸ https://sv.wikipedia.org/wiki/Saturnus_ringar (hämtad 2018-12-14)

3.3 Ringarnas uppkomst

Det finns tre sätt som forskare tror att tydligare ringar kan ha formats på. Den första teorin är att material från den protoplanetariska skivan hamnat inom planetens Roche-gräns och därför förhindrat det materialet från att bilda en måne¹⁹. En protoplanetarisk skiva är en ansamling tät gas som roterar runt mycket unga stjärnor²⁰, sedan tros det bilda planeter och andra mindre kroppar av resterna som inte blivit en del av stjärnan som de roterar kring²¹. Roche-gränsen varierar från planet till planet, det är den gränsen där en inkommande himlakropp inte längre kan hållas ihop av sin egen gravitation eftersom gravitationskraften från den andra himlakroppen är starkare. Då börjar himlakroppen deformeras tills den sönderfaller. Material från den sönderfallna himlakroppen har en tendens att bilda ringar om det samlas inom Roche-gränsen, medan material som samlas utanför Roche-gränsen sammanfogas²². Den andra teorin är att materialet som bildar ringen kommer från spillror av en måne som blivit skadad av ett stort nedslag då ett objekt kolliderat med den och på så sätt gjort att materialet hamnat inom Roche-gränsen. Den tredje teorin är att en måne som sönderfallit när den passerat Roche-gränsen²³.

Otydliga ringar tros formas på flera sätt. Ett av sätten är om en meteorid kolliderar med en måne i omloppsband kring planeten. Det är då spillrorna av meteoriden och månen som bildar ringen då materialet hamnat innanför Roche-gränsen²⁴. Ett annat sätt är som med Saturnus E-ring som består av material från en kryovulkan på närliggande månen Enceladus som haft utbrott och på så sätt gjort så att materialet hamnat inom Roche-gränsen^{25,26}. En kryovulkan är en vulkan som, istället för lava, sprutar ut blandningar av vatten, metan och ammoniak som därefter övergår till fast fas på grund av den låga temperaturen²⁷.

Något som inte skapar ringarna men gör så dem blir tydligare är herdemånar. Det heter herdemånar för att de vallar materialet i ringarna med sin gravitation och på så sätt gör dem tydligare. De vallar materialet genom att en av herdemånarna drar materialet närmare sig för att den herdemånen som kommer efter drar tillbaka materialet igen och på så sätt består ringen²⁸.

¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2018-11-21)

²⁰ https://sv.wikipedia.org/wiki/Protoplanet%C3%A4r_skiva (hämtad 2018-11-21)

²¹ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Planet> (hämtad 2018-11-21)

²² <https://www.britannica.com/science/Roche-limit> (hämtad 2019-01-16)

²³ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2018-11-21)

²⁴ Ibid (hämtad 2018-11-22)

²⁵ Ibid (hämtad 2018-11-22)

²⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn (hämtad 2018-11-22)

²⁷ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Isvulkan> (hämtad 2018-11-23)

²⁸ <https://www.britannica.com/science/shepherd-satellite> (hämtad 2019-01-16)

3.4 Hur upptäcker man planetringar?

Det finns olika sorters teleskop som kan användas för att upptäcka planetariska ringar.

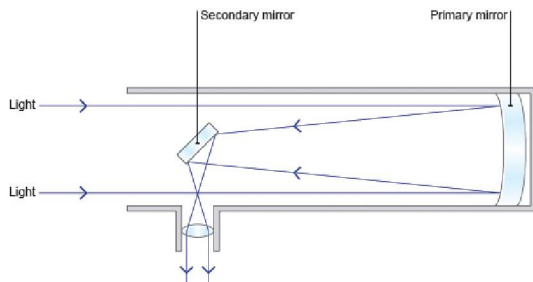


Bild 1.
Spegelteleskop(Newtonteleskop)

Spegelteleskop är en typ av optiskt teleskop som har två speglar, där den största kallas primärspegel och är konkav²⁹, det gör att spegeln reflekterar strålarna i en brännpunkt³⁰. Den andra spegeln reflekterar strålarna så de når ögat(se bild 1). Majoriteten av teleskopen som används inom astronomisk forskning är spegelteleskop³¹.

En annan sorts teleskop som används är refraktionsteleskop(astronomiska kikare) som är uppbyggda av linser som fokuserar strålarna så de når ögat(se bild 2). Refraktionsteleskop är inte lika vanliga

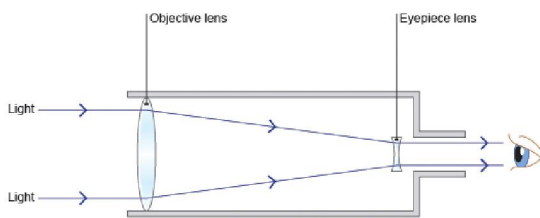


Bild 2.
Refraktionsteleskop(Astronomisk kikare)

längre eftersom vi har andra teleskop(t.ex. spegelteleskop) som kan användas för att se objekt som är längre bort. För att kunna se objekt längre bort behöver man en större lins och desto större linserna blir desto sämre blir även bilderna. Dem används även främst för att se ljusstarka objekt, vilket planetringar inte är³².

Sedan finns det katadioptriska teleskop som kombinerar användandet av speglar och linser³³.

För att kunna se objekt som är långt borta tydligare behövs rymdsonder(obemannade rymdfarkoster). Olika rymdsonder använder olika sorters teleskop, men det som används är olika variationer av teleskopen som nämnts ovan.³⁴

Om man ska ta reda på om en exoplanet(planet i annat solsystem) har ringar använder man samma metod som man kan använda för att se om det finns planeter kring en stjärna, transitmetoden(även passagevariationer)³⁵. Transit metoden går ut på att studera ljuset från en stjärna genom att mäta

²⁹ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Newtonteleskop> (hämtad 2018-12-05)

³⁰ <https://www.britannica.com/technology/lens-optics#ref284647> (hämtad 2019-01-16)

³¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Reflecting_telescope (hämtad 2018-12-05)

³² https://sv.wikipedia.org/wiki/Astronomisk_kikare (hämtad 2018-12-05)

³³ https://en.wikipedia.org/wiki/Catadioptric_system#Catadioptric_telescopes (hämtad 2018-12-12)

³⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Space_probe (hämtad 2018-12-12)

³⁵ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Transitmetoden> (hämtad 2018-11-23)

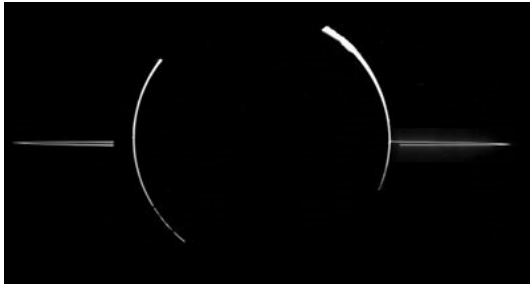


Bild 3.
Jupiter och dess ringar från planetens nattsida

variationer i ljusstyrkan, om något passerar ljuskällan blockerar det ljuset och då minskar ljusstyrkan³⁶. Det går bara att göra om dem är tillräckligt ogenomskinliga³⁷.

Det kan även vara olika svårt att upptäcka ringarna beroende på ringarnas lutning. Om man ser rakt på ringarna är det svårare att se ringarna än om de lutar (se bild 3.).

3.5 Himlakroppar med ringar i vårt solsystem

Det finns fyra planeter (Jupiter, Saturnus, Uranus och Neptunus), en dvärgplanet (Haumea) och en asteroid (10199 Chariklo) med bekräftade ringar i vårt solsystem.

3.5.1 Saturnus ringar

Den första planeten med ringar som upptäcktes var Saturnus och de upptäcktes av Christiaan Huygens när han studerade planeten med teleskop, dock upptäckte Galileo Galilei att det fanns något där innan men kunde inte kontester vad det var³⁸. Ringarna syns från jorden med teleskop på grund av ringarna till mestadels består av is³⁹ vilket har högt albedo⁴⁰. Man vet inte hur de formades men enligt teoretiska modeller så tror man att de blivit till tidigt under solsystemets historia. Eftersom planetaxeln lutar med 27 grader gör även ringarna det då de roterar kring planetens ekvator. Det finns 9 ringar där flera av ringarna kan delas in i flera underringar och 2 större delningar som i sin tur kan innehålla ringar⁴¹. Saturnus ringar består som tidigare nämnt nästan helt av is men också till viss del av olika bergarter⁴². Ringarnas bredd varierar från 30 km till 4 800 000 km⁴³. Saturnus ring Phoebe står ut bland Saturnus andra ringar då den har en retrograd rotation, det beror på att den består av material som kolliderat med månen Phoebe som även den har en retrograd rotation⁴⁴. Retrograd rotation betyder att den har motsatt riktning mot centralkroppens egen rotation kring sin axel⁴⁵.

³⁶ Impuls fysik 2, Fraenkel, Gottfridsson, Jonasson, publicerad 2012, s.314

³⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2018-11-23)

³⁸ Nationalencyklopedin, Saturnus. <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/saturnus> (hämtad 2018-11-28)

³⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn (hämtad 2018-11-28)

⁴⁰ <https://www.britannica.com/science/albedo> (hämtad 2019-01-16)

⁴¹ https://sv.wikipedia.org/wiki/Saturnus_ringar (hämtad 2018-12-19)

⁴² https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn (hämtad 2018-12-14)

⁴³ https://sv.wikipedia.org/wiki/Saturnus_ringar (hämtad 2018-12-14)

⁴⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn (hämtad 2018-12-14)

⁴⁵ https://sv.wikipedia.org/wiki/Retrograd_rot%C3%B6relse (hämtad 2018-12-19)

3.5.2 Uranus ringar

Uranus var den andra planeten man upptäckte hade ringar och de upptäcktes 1977 av James L. Elliot och hans kollegor med hjälp av transitmetoden, ringarna blev sedan bekräftade av Voyager 2 9 år senare⁴⁶. De ringar som Uranus har nu har inte funnits sedan planeten bildades, det vet man för dammet i Uranus ringar har ett livsspann på maximalt 1000 år så det behöver kontinuerligt bytas ut för att ringarna inte ska försvinna. Vilket betyder att ringarna inte är lika gamla som planeten⁴⁷. Uranus har en planetaxel som lutar med 98 grader och det gör även ringarna⁴⁸. Det finns 13 ringar där några kan delas in i underringar. Vad ringarna består av vet man inte säkert men man tror att de består av is som är blandat med något mörkt och potentiellt organiskt material, ringarna består även av lite dam och större kroppar som varierar i storlek från 0,2-20 m i diameter. Bredden på ringarna varierar från 1-2 km till 17 000 km⁴⁹.

3.5.3 Jupiters ringar

När Pioneer 10 åkte förbi Jupiter 1974 samlades det data som tydde på att Jupiter hade ett ringsystem, ringarna blev sedan bekräftade 1979 av Voyager 1⁵⁰. Jupiter har 4 ringar varav alla delar ursprung, dock vet man inte när eller hur det gick till när dem bildades. Materialet i ringarna har kort livsspann på 100-1000 år vilket betyder att det måste bytas ut, det fylls på genom kollisioner av kroppar som främst sker i den yttre delen av huvudringen. Ringarna består främst av stoft och i huvudringens fall, större kroppar som varierar från 1 cm till 0,5 km i diameter. Ringarnas bredd varierar från 6500 km till 97 000 km⁵¹. Ringen lutar med 3 grader precis som Jupiters planetaxel⁵².

3.5.4 Neptunus ringar

Neptunus ringar var det fjärde ringsystemet man hittade och det gjorde man när Voyager 2 åkte förbi, dock hade resultat från ockultationstudier gjorda på 1980-talet tytt på att det fanns ringar innan de blev upptäckta⁵³. Man tror att Neptunus ringar är relativt unga jämfört med resten av solsystemet och att dem bildats av månar som legat för nära Roche-gränsen⁵⁴. Neptunus har 5 kända ringar och dem består av 40-70% stoft. Ringarnas bredd varierar från 15-50 km till 4000 km. Neptunus har en planetaxel som lutar 30 grader och det gör även ringarna eftersom de roterar kring planetens ekvator⁵⁵.

⁴⁶ <https://www.britannica.com/place/Uranus-planet/The-ring-system> (hämtad 2019-02-01)

⁴⁷ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Uranus (hämtad 2019-01-22)

⁴⁸ <https://youtu.be/oCO8Kdun3JQ?t=57> (hämtad 2019-01-22)

⁴⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Uranus (hämtad 2019-01-22)

⁵⁰ <https://www.britannica.com/place/Jupiter-planet/The-ring> (hämtad 2019-02-01)

⁵¹ https://sv.wikipedia.org/wiki/Jupiters_ringar (hämtad 2019-01-24)

⁵² <https://www.britannica.com/place/Jupiter-planet/Basic-astronomical-data> (hämtad 2019-01-24)

⁵³ <https://www.britannica.com/place/Neptune-planet/Neptunes-moons-and-rings> (hämtad 2019-02-01)

⁵⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Neptune (hämtad 2019-01-24)

⁵⁵ <https://www.britannica.com/place/Neptune-planet/Basic-astronomical-data> (hämtad 2019-01-29)

3.5.5 10199 Chariklos ringar

Chariklo 10199s ringar upptäcktes 2013 med hjälp av transitmetoden⁵⁶. Chariklos ringar bildades antagligen av att någon mindre kropp kolliderat med planeten. Chariklo har två ringar och deras bredd tros variera mellan 3 och 7 km, mer än så vet man inte eftersom upptäckten inte var för så länge sedan⁵⁷.

3.5.6 Haumeas ringar

Man vet inte mycket om Haumeas ringsystem förutom att det finns ett ringsystem då det upptäcktes 2017 och även där användes transitmetoden⁵⁸.

3.5.7 Potentiella ringsystem

Mars kan få ringar på grund av att dess måne Phobos närmar sig planeten och kommer till slut att gå sönder då den egna gravitationen inte längre kan hålla ihop månen⁵⁹. De resterande planeterna kan inte få ringar på samma sätt då Merkurius och Venus saknar månar⁶⁰ och Jordens måne är på väg bort.

Sedan tror man att asteroiden 2060 Chiron skulle kunna ha ringar på grund av ockultations data som samlats⁶¹ och att Saturnus måne Rhea skulle kunna ha ringar på grund av att liknande data samlades kring Uranus innan man upptäckte dess ringar⁶².

3.6 Himlakroppar med ringar i andra solsystem

Man har hittat ett ringsystem runt en planet som heter J1407b, man vet inte mycket om ringsystemet men man vet att det är större än Saturnus ringsystem och att det i alla fall finns en delning i ringen på grund av en satellit. Planeten är större än både Jupiter och Saturnus men ringsystemet är uppemot 200 gånger större än ringsystemet kring Saturnus⁶³.

⁵⁶ <https://news.nationalgeographic.com/news/2014/03/140326-rings-asteroid-comet-chariklo-centaur-planet-science-space/> (hämtad 2019-02-01)

⁵⁷ <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/10199-chariklo/in-depth/> (hämtad 2019-01-29)

⁵⁸ https://solarsystem.nasa.gov/planets/dwarf-planets/haumea/in-depth/#rings_otp (hämtad 2019-01-29)

⁵⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2019-01-09)

⁶⁰ <https://sv.wikipedia.org/wiki/Venus> (hämtad 2019-01-09)

⁶¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system (hämtad 2018-12-13)

⁶² https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Rhea#Interpretation (hämtad 2018-12-19)

⁶³ <http://www.rochester.edu/newscenter/gigantic-ring-system-around-j1407b/> (hämtad 2019-01-30)

4. Diskussion

Ja det finns ringsystem i andra solsystem då man upptäckt ett ringsystem runt planeten J1407b. Det ringsystemet gick att upptäcka med hjälp av transitmetoden eftersom både planeten och ringsystemet är stora, det är för att det ger större skillnad i ljusstyrka vilket är lättare att upptäcka. Det finns antagligen väldigt många fler ringsystem att upptäcka än de som upptäckts hittills eftersom om vi ser på vårt eget solsystem så har alla gasplaneter och några andra mindre himlakroppar ringsystem, vårt solsystem är dessutom en ytterst liten del av rymden. Om vi kan använda vårt solsystem för att göra antaganden är dock något som går att ifrågasätta eftersom det är en så liten del av rymden, men det är samtidigt nästan allt vi har för att studera ringsystem eftersom det ringsystemet runt J1407b är så långt bort att vi inte kan studera det noga. Vi kan däremot studera ringarna i vårt solsystem betydligt lättare än vad vi kan med J1407b. Vi kan bland annat ta reda på hur många ringar de har och vad ringarna består av, men även detta är svårt att göra då även de ligger långt ifrån oss. För att kunna se så långt bort behövs det bättre och mer finkänslig teknik som kan upptäcka mindre skillnader i ljusstyrka. Sådan teknik håller man på att ta fram, fast inte för att man ska kunna upptäcka fler exoplanetariskaringar, de tas fram för att kunna hitta planeter med möjlighet till liv. Det är för det inte är så viktigt att ta reda på mer om ringsystem då det inte påverkar oss nu och antagligen inte kommer göra det i framtiden heller. De planetariskaringsystemen som setts hittills har man upptäckt när man letat efter andra föremål eller fenomen, det betyder att i den väldigt aktuella jakten på planeter som har möjlighet till liv kan fler ringsystem upptäckas.

5. Källförteckning

NE.se [Planetring]. (2000-). Malmö: Nationalencyklopedin hämtad 2018-11-14 från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/planetring>

NE.se [Måne]. (2000-). Malmö: Nationalencyklopedin hämtad 2018-11-14 från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/måne>

Wikipedia: [Moonlet] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-21 från <https://en.wikipedia.org/wiki/Moonlet>

Britannica online [Satellite]. (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-01-16 från <https://www.britannica.com/science/satellite>

Wikipedia: [Ring system] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-21 från https://en.wikipedia.org/wiki/Ring_system

Wikipedia: [Satellite system (astronomy)] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-21 från [https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_system_\(astronomy\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_system_(astronomy))

Britannica online [Interplanetary dust particle]. (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-01-16 från <https://www.britannica.com/science/interplanetary-dust-particle>

Wikipedia: [Rings of Saturn] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-23 från https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Saturn

Wikipedia: [Tholiner] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-23 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Tholiner>

Wikipedia: [Silikat] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-23 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Silikat>

Wikipedia: [Uranus ringar] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-23 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Uranus_ringar

Wikipedia: [Frost line (astrophysics)] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-13 från [https://en.wikipedia.org/wiki/Frost_line_\(astrophysics\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Frost_line_(astrophysics))

Wikipedia: [Saturnus ringar] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-14 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Saturnus_ringar

Wikipedia: [Protoplanetär skiva] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-21 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Protoplanet%C3%A4r_skiva

Wikipedia: [Planet] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-21 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Planet>

Britannica online [Roche limit] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-01-16 från <https://www.britannica.com/science/Roche-limit>

Wikipedia: [Planet] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-21 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Planet>

Wikipedia: [Isvulkan] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-11-23 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Isvulkan>

Britannica online [Shepherd satellite] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-01-16 från <https://www.britannica.com/science/shepherd-satellite>

Wikipedia: [Newton teleskop] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-05 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Newtonteleskop>

Britannica online [Lens] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-01-16 från <https://www.britannica.com/technology/lens-optics#ref284647>

Wikipedia: [Reflecting telescope] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-05 från https://en.wikipedia.org/wiki/Reflecting_telescope

Wikipedia: [Astronomisk kikare] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-05 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Astronomisk_kikare

Wikipedia: [Catadioptric telescope] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-12 från https://en.wikipedia.org/wiki/Catadioptric_system#Catadioptric_telescopes

Wikipedia: [Space probe] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-12 från https://en.wikipedia.org/wiki/Space_probe

Wikipedia: [Transit metoden] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-23 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Transitmetoden>

Fraenkel, Lars, Gottfridsson, Daniel & Jonasson, Ulf (2012). Impuls Fysik. 2. 1. uppl. Malmö: Gleerup

NE.se [Saturnus]. (2000-). Malmö: Nationalencyklopedin hämtad 2018-11-28 från <http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/saturnus>

Britannica online [Albedo] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-01-16 från <https://www.britannica.com/science/albedo>

Wikipedia: [Retrograd rörelse] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-19 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Retrograd_r%C3%B6relse

Britannica online [Uranus] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-02-01 från <https://www.britannica.com/place/Uranus-planet>

Wikipedia: [Rings of Uranus] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2019-01-22 från https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Uranus

SciShow Space. 2018. [What Knocked Over Uranus? And Two Other Mysteries]. Youtube. hämtad 2019-01-22 <https://youtu.be/oCO8Kdun3JQ?t=57>

Britannica online [Jupiter] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-02-01 från <https://www.britannica.com/place/Jupiter-planet>

Wikipedia: [Jupiters ringar] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2019-01-24 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Jupiters_ringar

Britannica online [Neptune] (1994-). Chicago, IL: Britannica Online hämtad 2019-02-01 från <https://www.britannica.com/place/Neptune-planet>

Wikipedia: [Rings of Neptune] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2019-01-24 från https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Neptune

Woo, Marcus. 2014. [First Asteroid With Rings Discovered]. *National Geographic* hämtad 2019-02-01 <https://news.nationalgeographic.com/news/2014/03/140326-rings-asteroid-comet-chariklo-centaur-planet-science-space/>

NASA Science. 2019. [10199 Chariklo]. NASA hämtad 2019-01-29 <https://solarsystem.nasa.gov/asteroids-comets-and-meteors/asteroids/10199-chariklo/in-depth/>

NASA Science. 2019. [Haumea]. NASA hämtad 2019-01-29 https://solarsystem.nasa.gov/planets/dwarf-planets/haumea/in-depth/#rings_otp

Wikipedia: [Venus] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2019-01-09 från <https://sv.wikipedia.org/wiki/Venus>

Wikipedia: [Rings of Rhea] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2018-12-19 från https://en.wikipedia.org/wiki/Rings_of_Rhea#Interpretation

Sierra, Leonor. 2015. [Gigantic ring system around J1407b much larger, heavier than Saturn's]. University of Rochester hämtad 2019-01-30 <http://www.rochester.edu/newscenter/gigantic-ring-system-around-j1407b/>

Bild 1 och 2

BBC: [artikel borttagen] hämtad 2018-12-05 http://www.bbc.co.uk/schools/gcsebitesize/science/edexcel/visiblelight_solarsystem/telescopesrev3.shtml

Bild 3

Wikipedia: [Jupiters ringar] the free encyclopedia. (2001-). [Cambridge, Mass.?]: Wikimedia Foundation hämtad 2019-01-24 från https://sv.wikipedia.org/wiki/Jupiters_ringar