

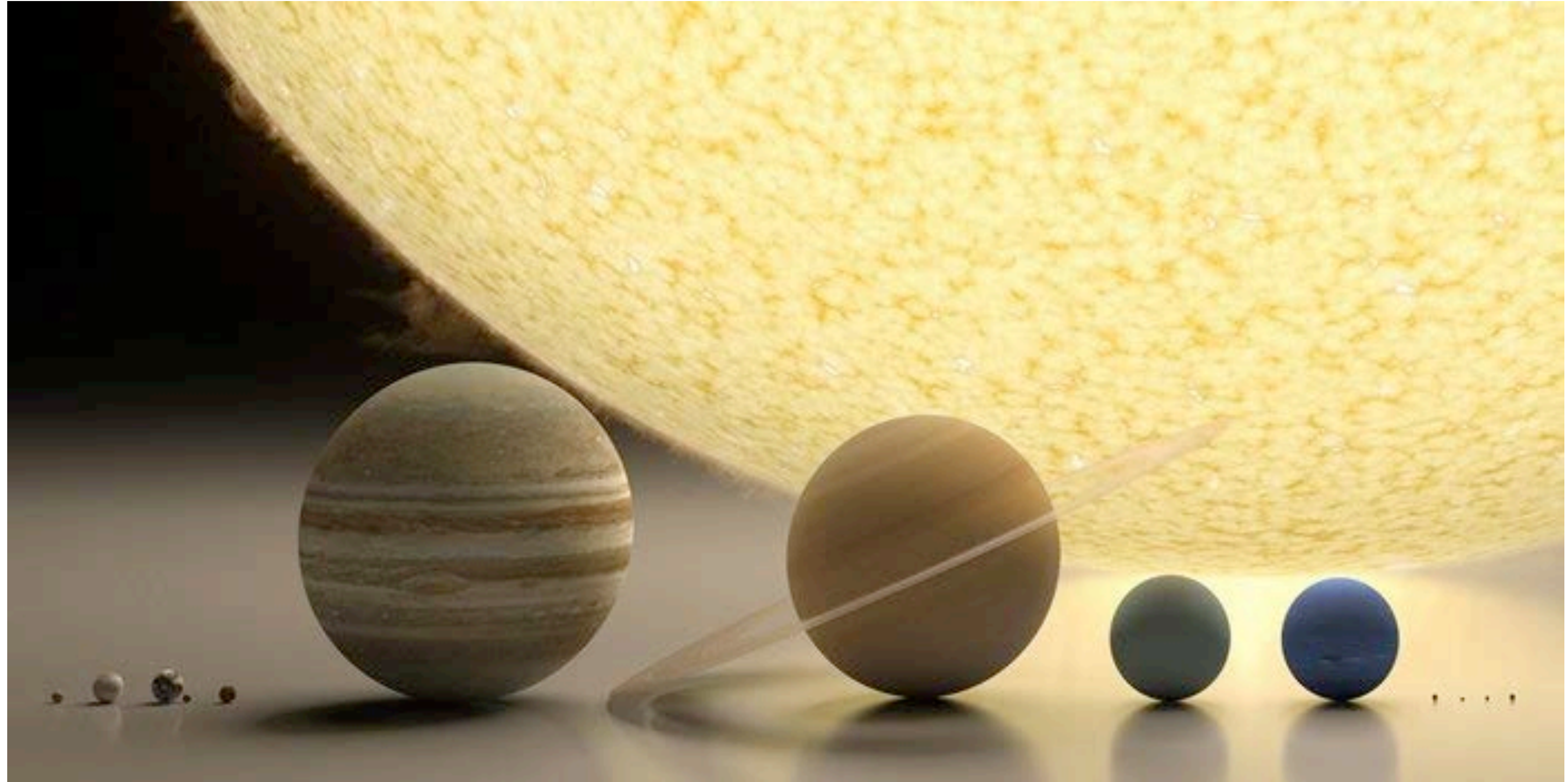
Ontstaan en evolutie van het zonnestelsel

Hoe is het ontstaan, en hoe zijn we erachter gekomen?



Ons Zonnestelsel

- Rotsachtige planeten
- Gasreuzen (/IJsreuzen)



$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

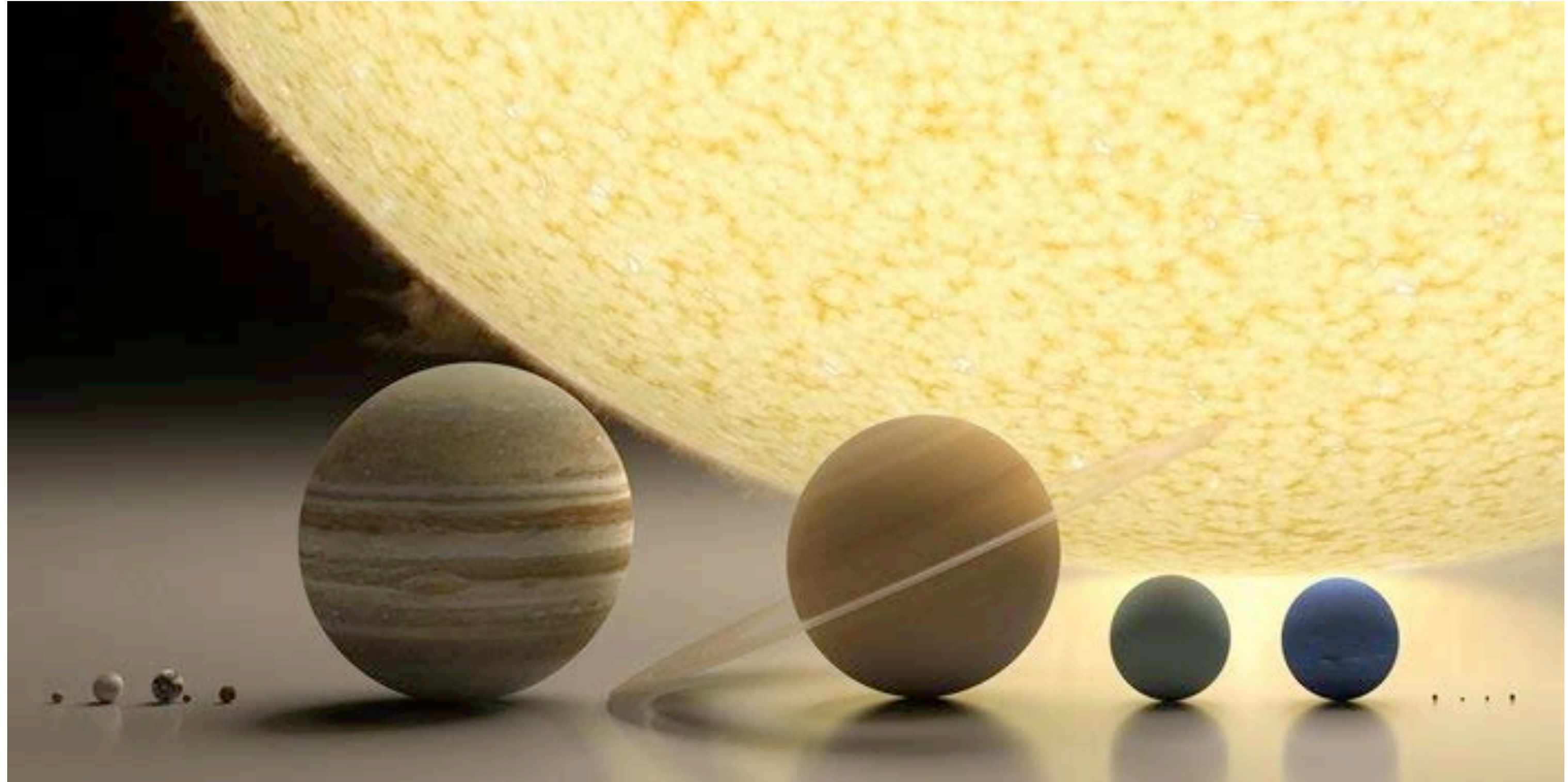
$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

- Rotsachtige planeten
- Gasreuzen (/IJsreuzen)



$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

- Rotsachtige planeten
- Gasreuzen (/IJsreuzen)



[Mercurius - Messenger 2015]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

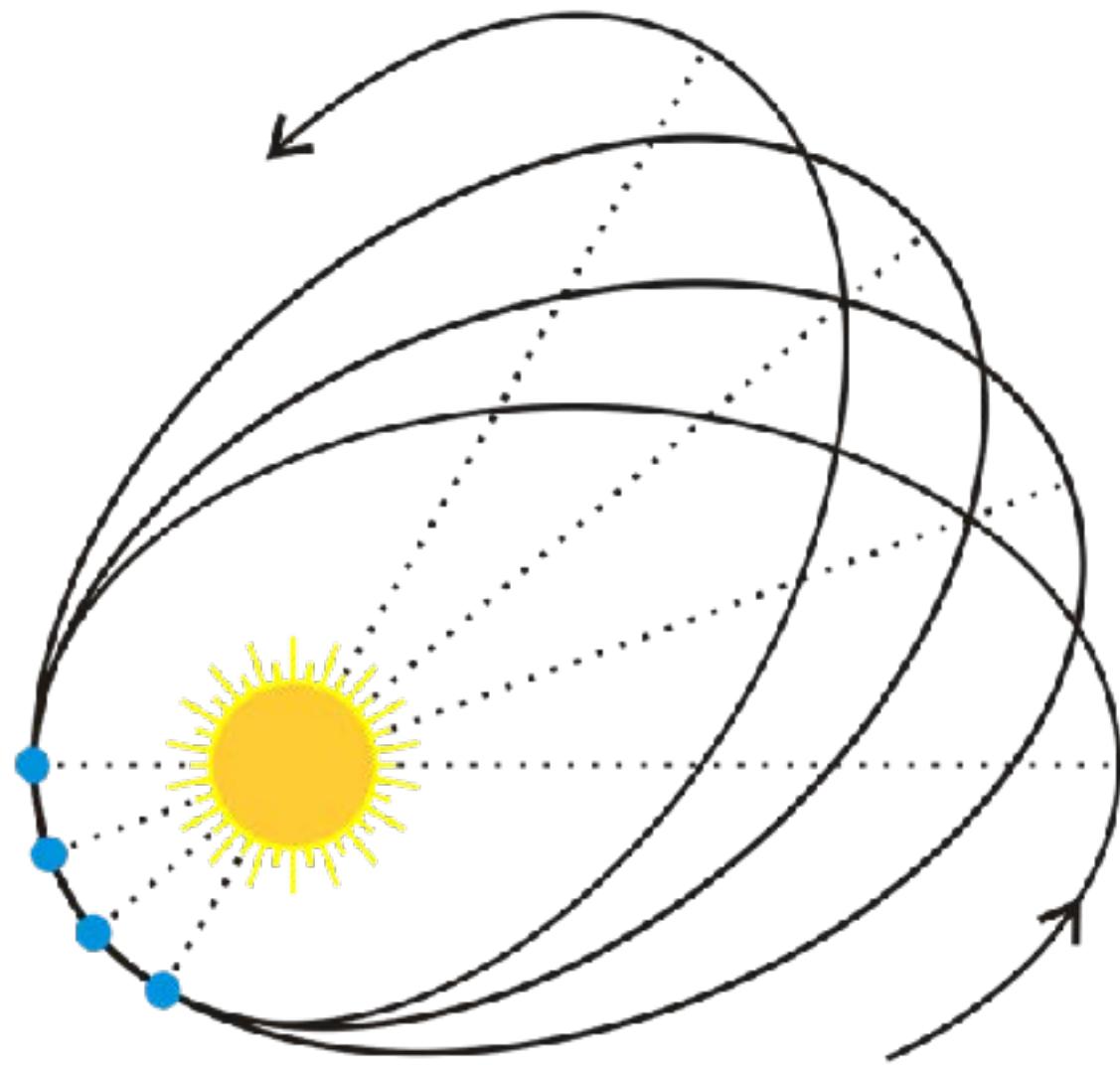
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Mercurius - Messenger 2015]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

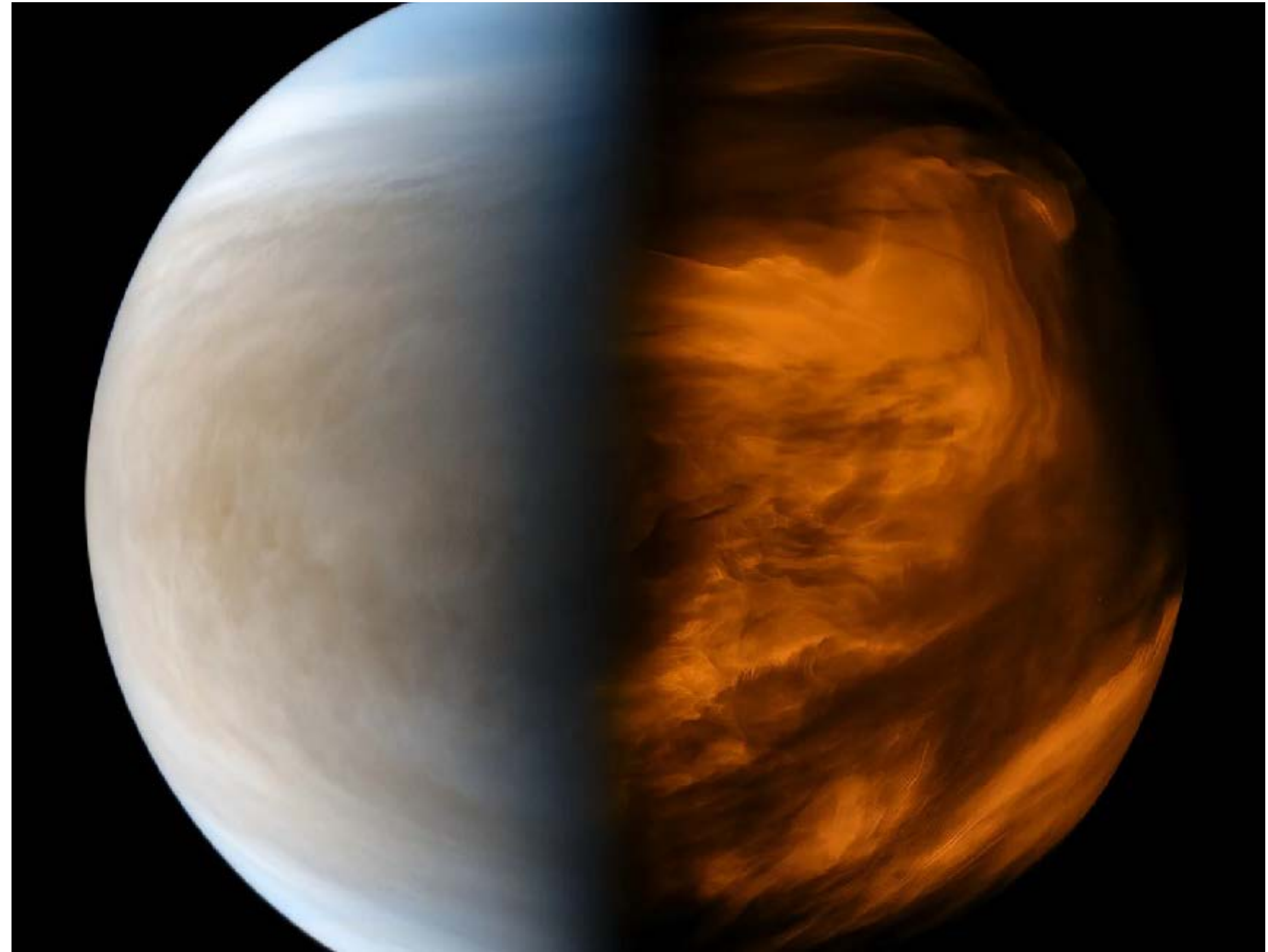
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Venus - Akatsuki 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

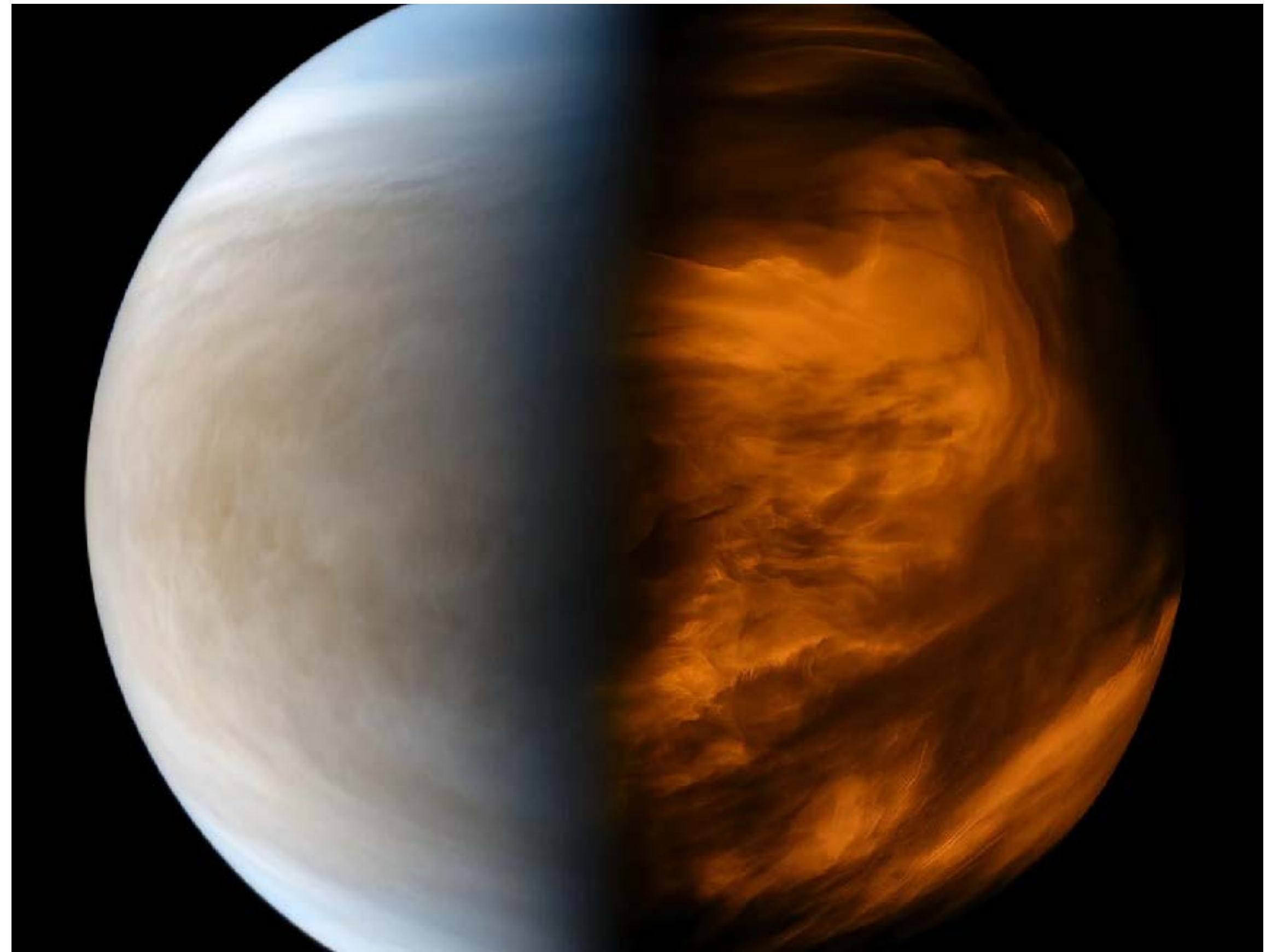
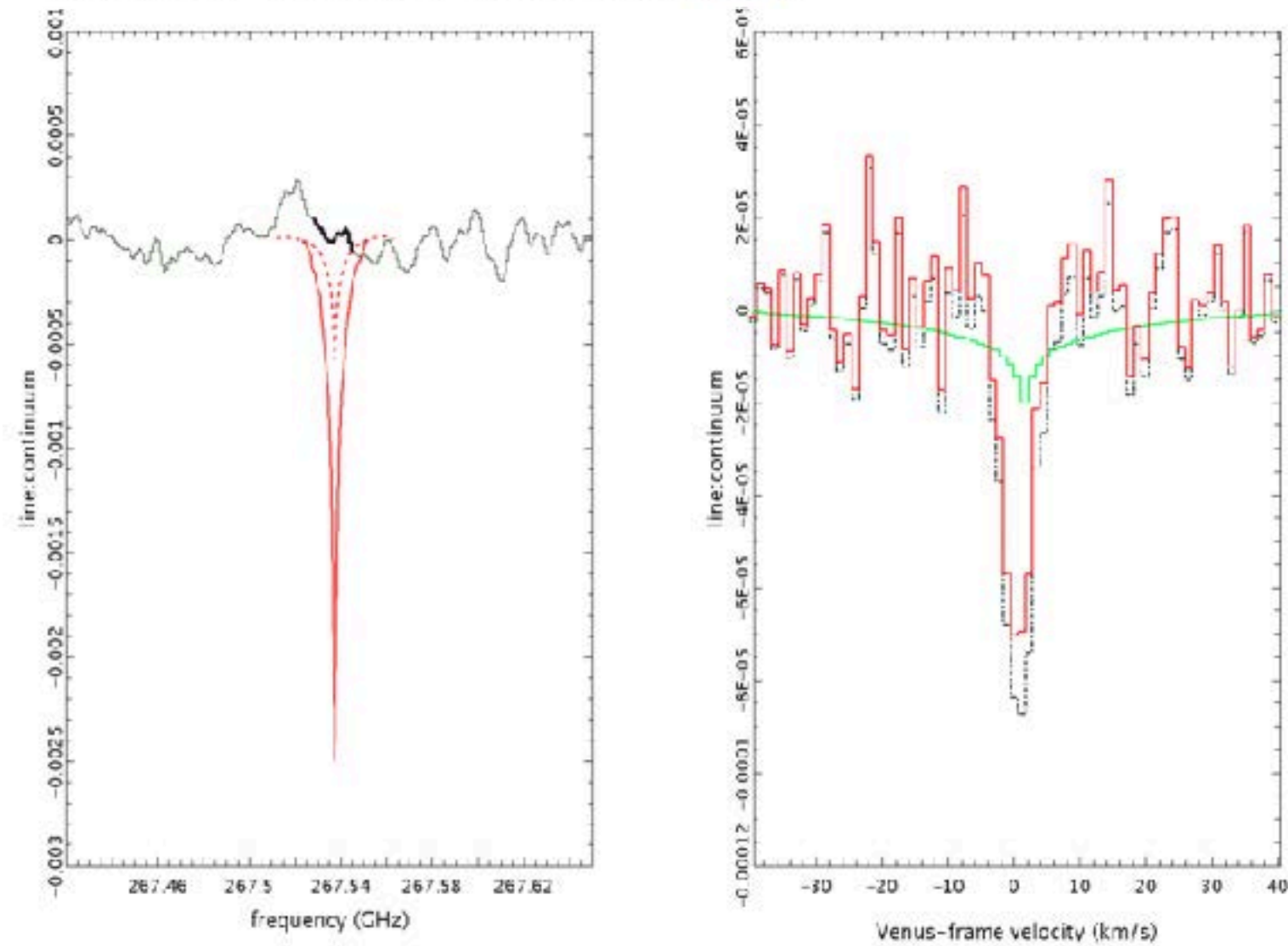
Article | Published: 14 September 2020

Phosphine gas in the cloud decks of Venus

Jane S. Greaves [✉](#), Anita M. S. Richards, William Bains, Paul B. Rimmer, Hideo Saegawa, David L. Clements, Sara Seager, Janusz J. Petkowski, Clara Sousa-Silva, Sukrit Ranjan, Emily Drabek-Maunder, Helen J. Fraser, Annabel Cartwright, Ingo Mueller-Wodarg, Zhuchang Zhan, Per Friberg, Iain Coulson, E'lisa Lee & Jim Hoge

Nature Astronomy 5, 655–664 (2021) | [Cite this article](#)

438k Accesses 172 Citations 10267 Altmetric | [Metrics](#)



[Venus - Akatsuki 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

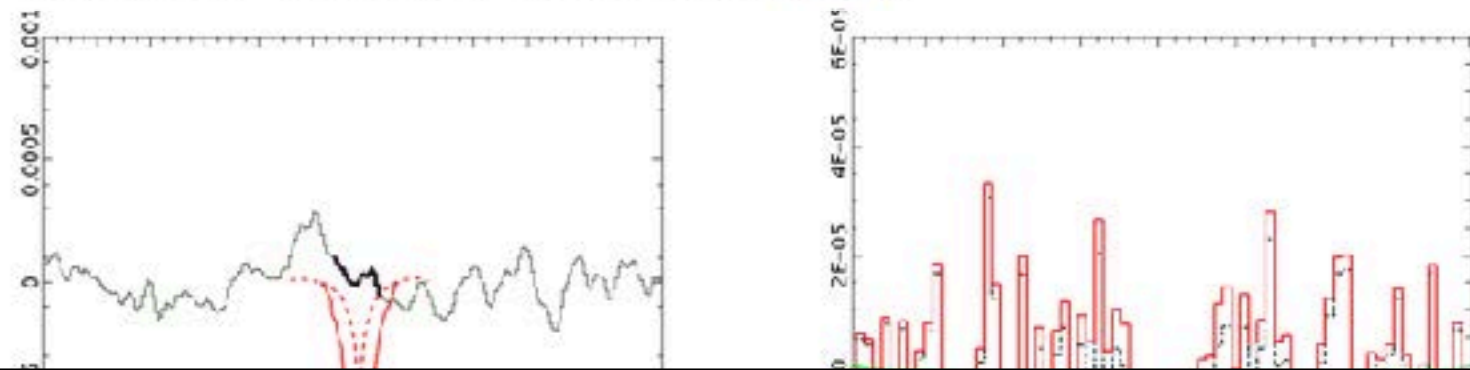
Article | Published: 14 September 2020

Phosphine gas in the cloud decks of Venus

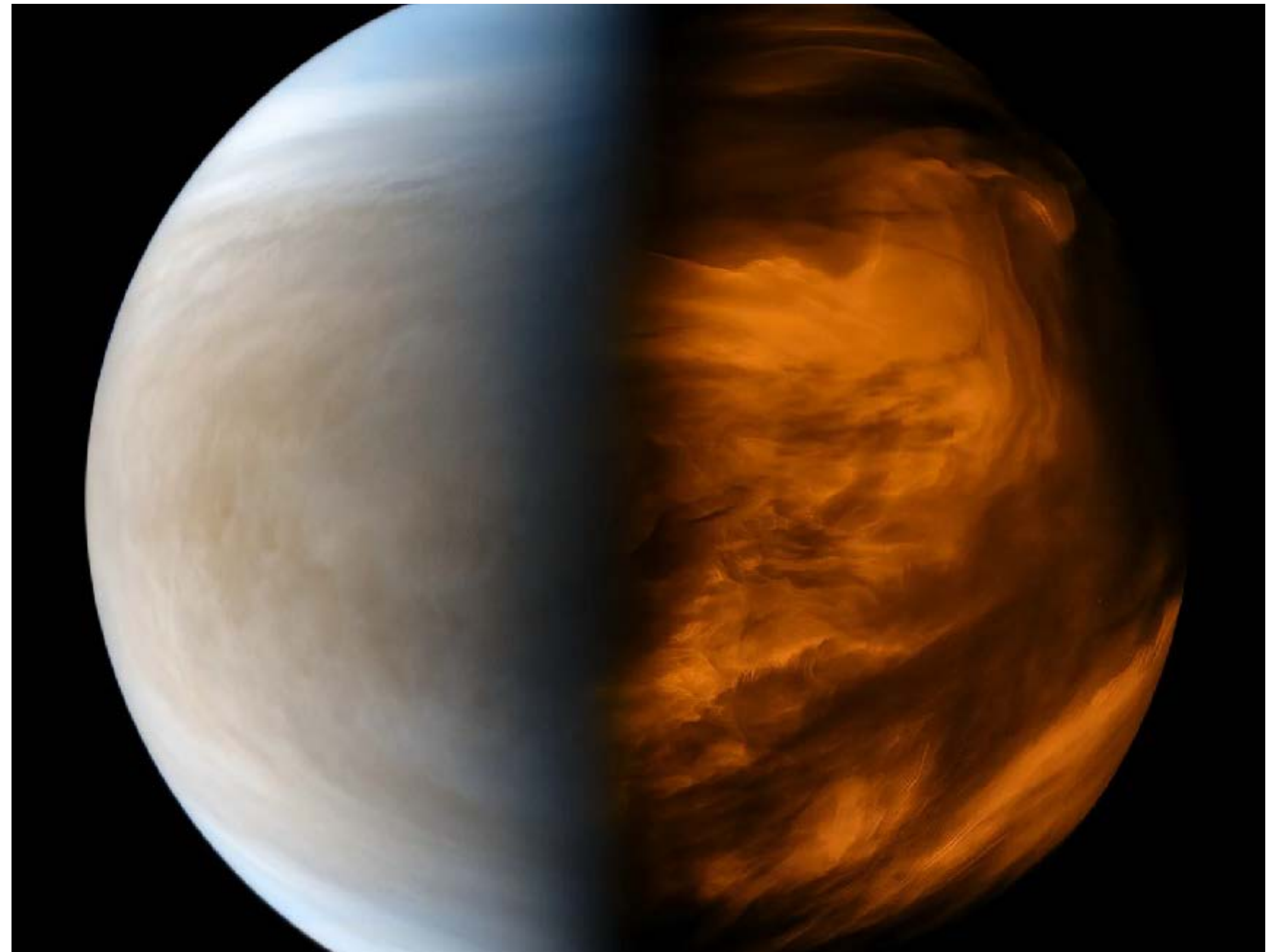
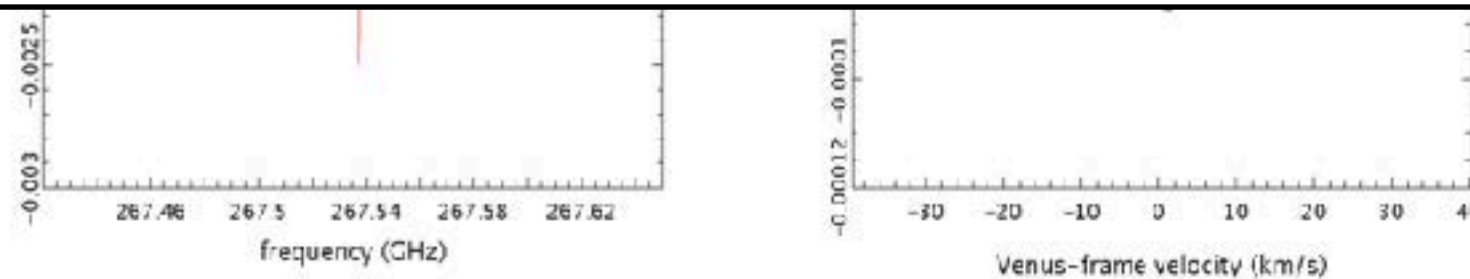
Jane S. Greaves [✉](#), Anita M. S. Richards, William Bains, Paul B. Rimmer, Hideo Saegawa, David L. Clements, Sara Seager, Janusz J. Petkowski, Clara Sousa-Silva, Sukrit Ranjan, Emily Drabek-Maunder, Helen J. Fraser, Annabel Cartwright, Ingo Mueller-Wodarg, Zhuchang Zhan, Per Friberg, Iain Coulson, E'lisa Lee & Jim Hoge

Nature Astronomy 5, 655–664 (2021) | [Cite this article](#)

438k Accesses 172 Citations 10267 Altmetric | [Metrics](#)



20 November 2020 Editor's Note: The authors have informed the editors of Nature Astronomy about an error in the original processing of the ALMA Observatory data underlying the work in this Article, and that recalibration of the data has had an impact on the conclusions that can be drawn. Nature Astronomy is working with the authors to resolve the matter, but in the meantime, readers are cautioned against using the paper's quantifications for the ALMA part of the dataset.



[Venus - Akatsuki 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

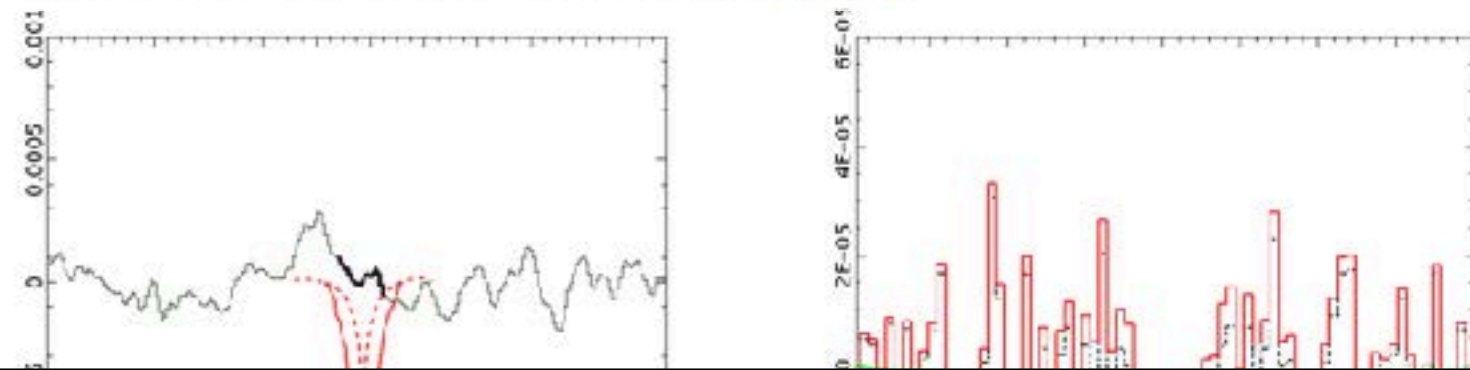
Article | Published: 14 September 2020

Phosphine gas in the cloud decks of Venus

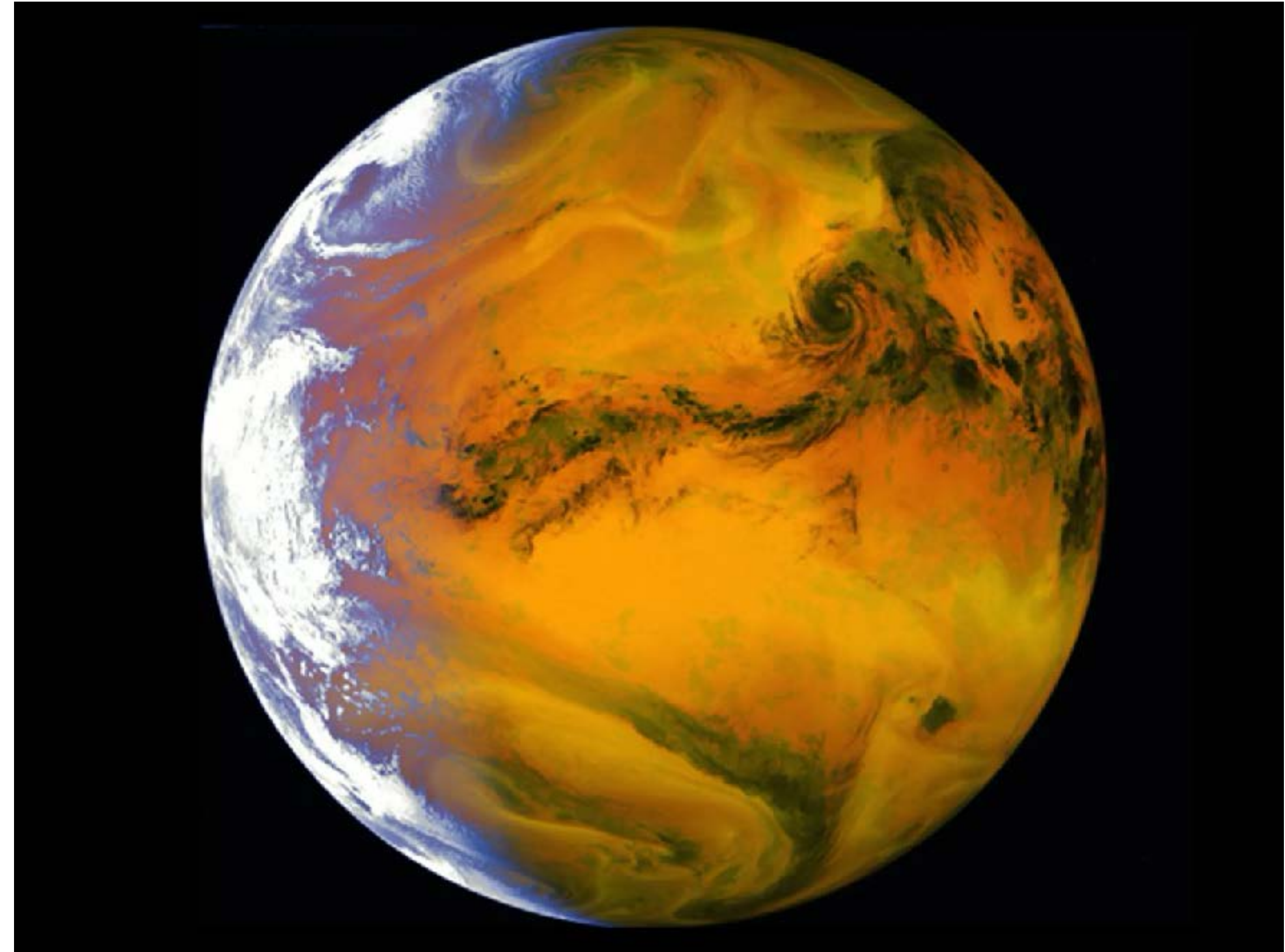
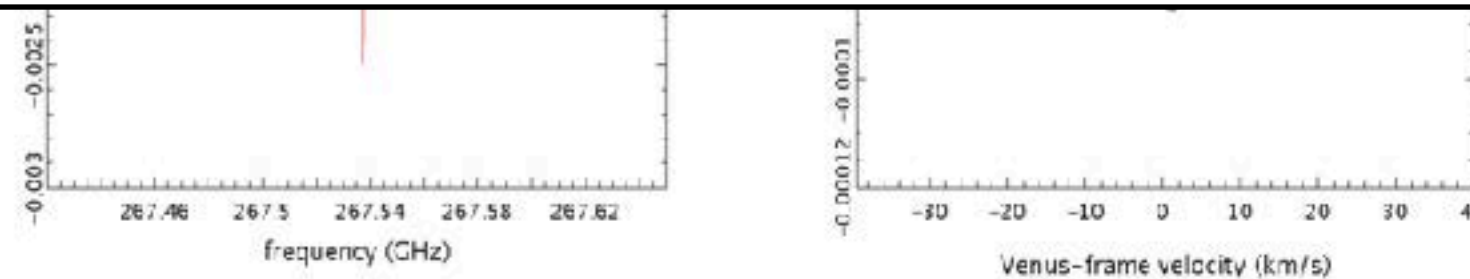
Jane S. Greaves [✉](#), Anita M. S. Richards, William Bains, Paul B. Rimmer, Hideo Saegawa, David L. Clements, Sara Seager, Janusz J. Petkowski, Clara Sousa-Silva, Sukrit Ranjan, Emily Drabek-Maunder, Helen J. Fraser, Annabel Cartwright, Ingo Mueller-Wodarg, Zhuchang Zhan, Per Friberg, Iain Coulson, E'lisa Lee & Jim Hoge

Nature Astronomy 5, 655–664 (2021) | [Cite this article](#)

438k Accesses 172 Citations 10267 Altmetric | [Metrics](#)



20 November 2020 Editor's Note: The authors have informed the editors of Nature Astronomy about an error in the original processing of the ALMA Observatory data underlying the work in this Article, and that recalibration of the data has had an impact on the conclusions that can be drawn. Nature Astronomy is working with the authors to resolve the matter, but in the meantime, readers are cautioned against using the paper's quantifications for the ALMA part of the dataset.



[Venus - Akatsuki 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

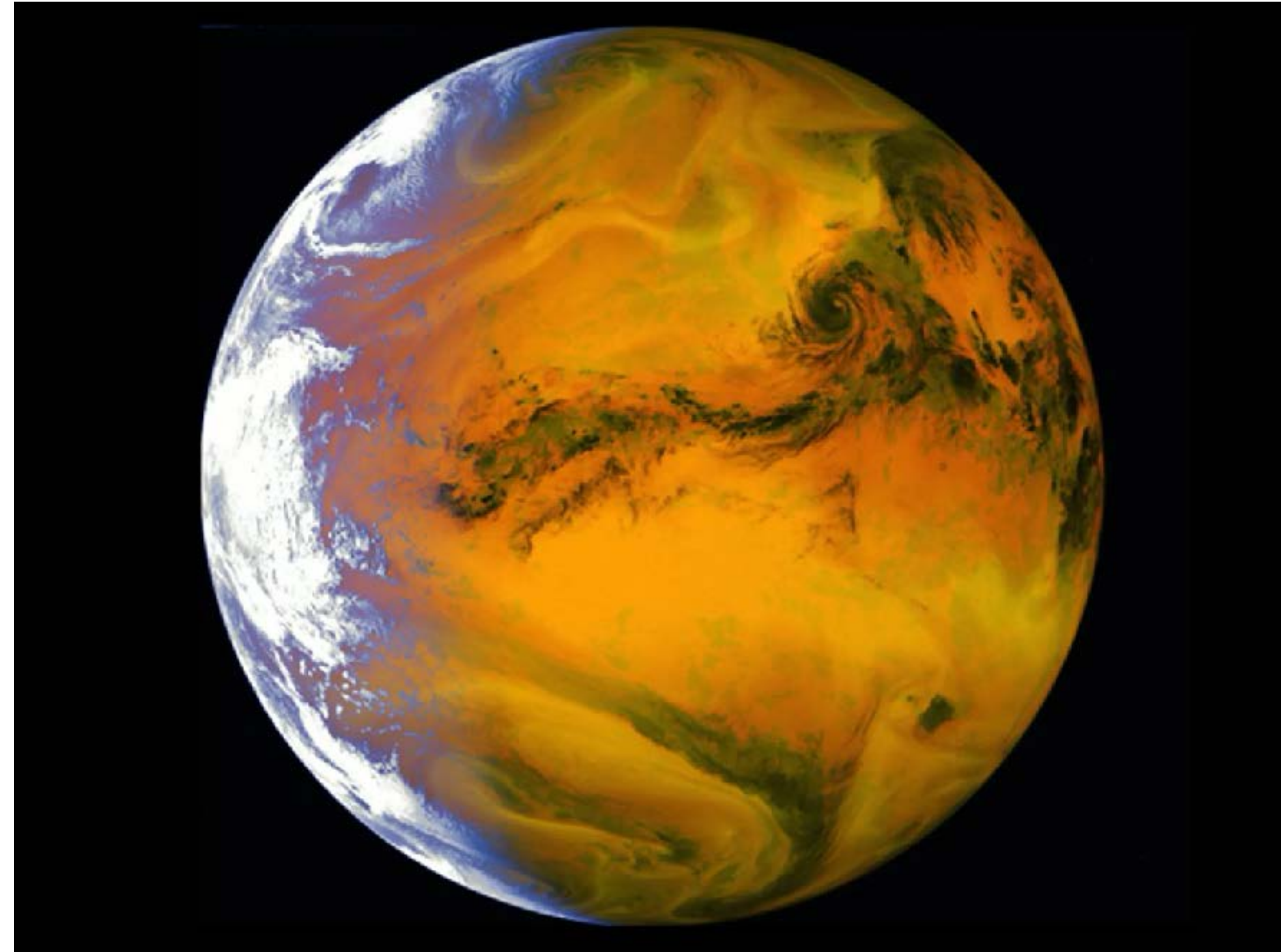
$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

- IR straling aardoppervlak



[Aarde - NASA c. 2014]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$



$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$



$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$



$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$



$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$



$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$



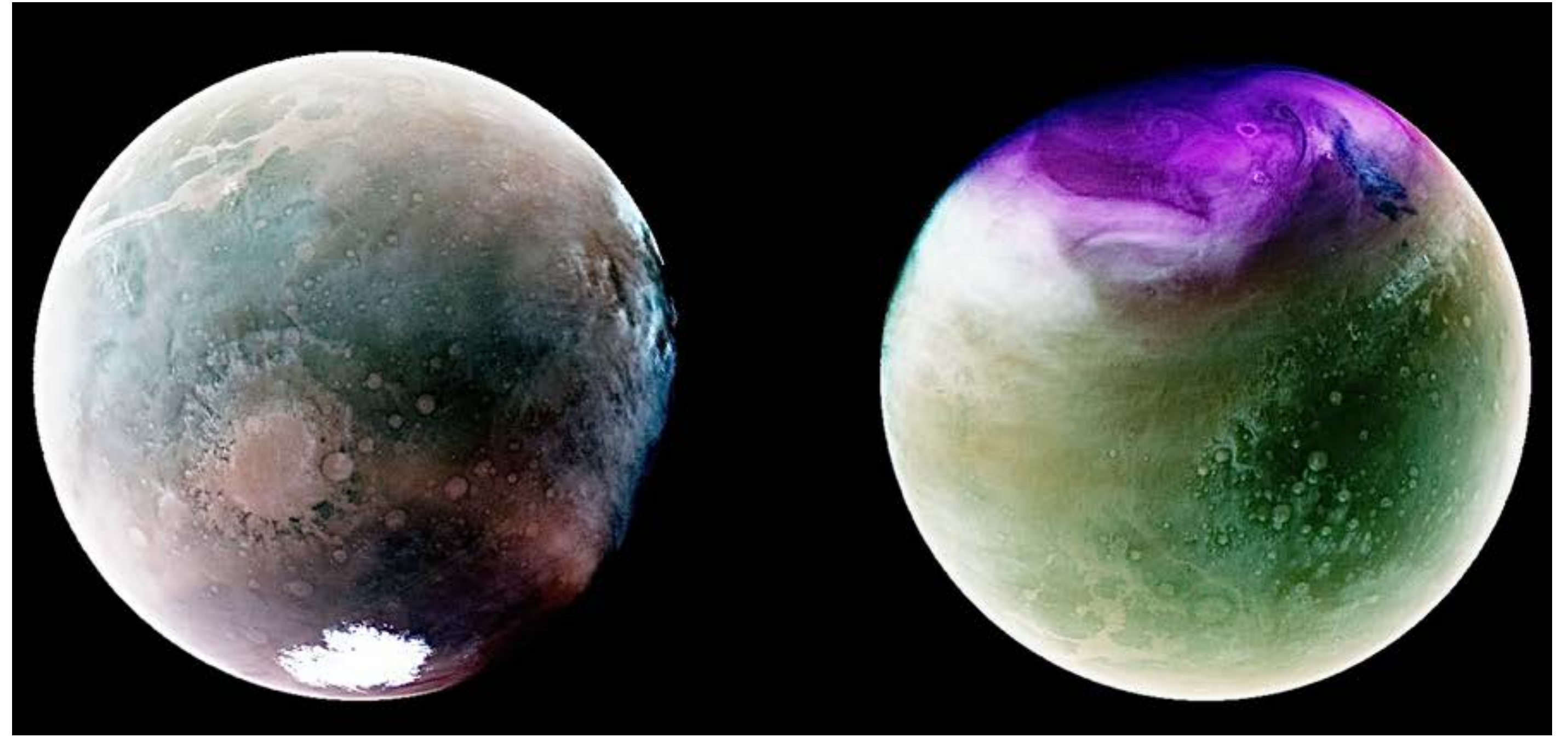
$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$



$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Mars - MAVEN mission 2023]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Mars - MAVEN mission 2023]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

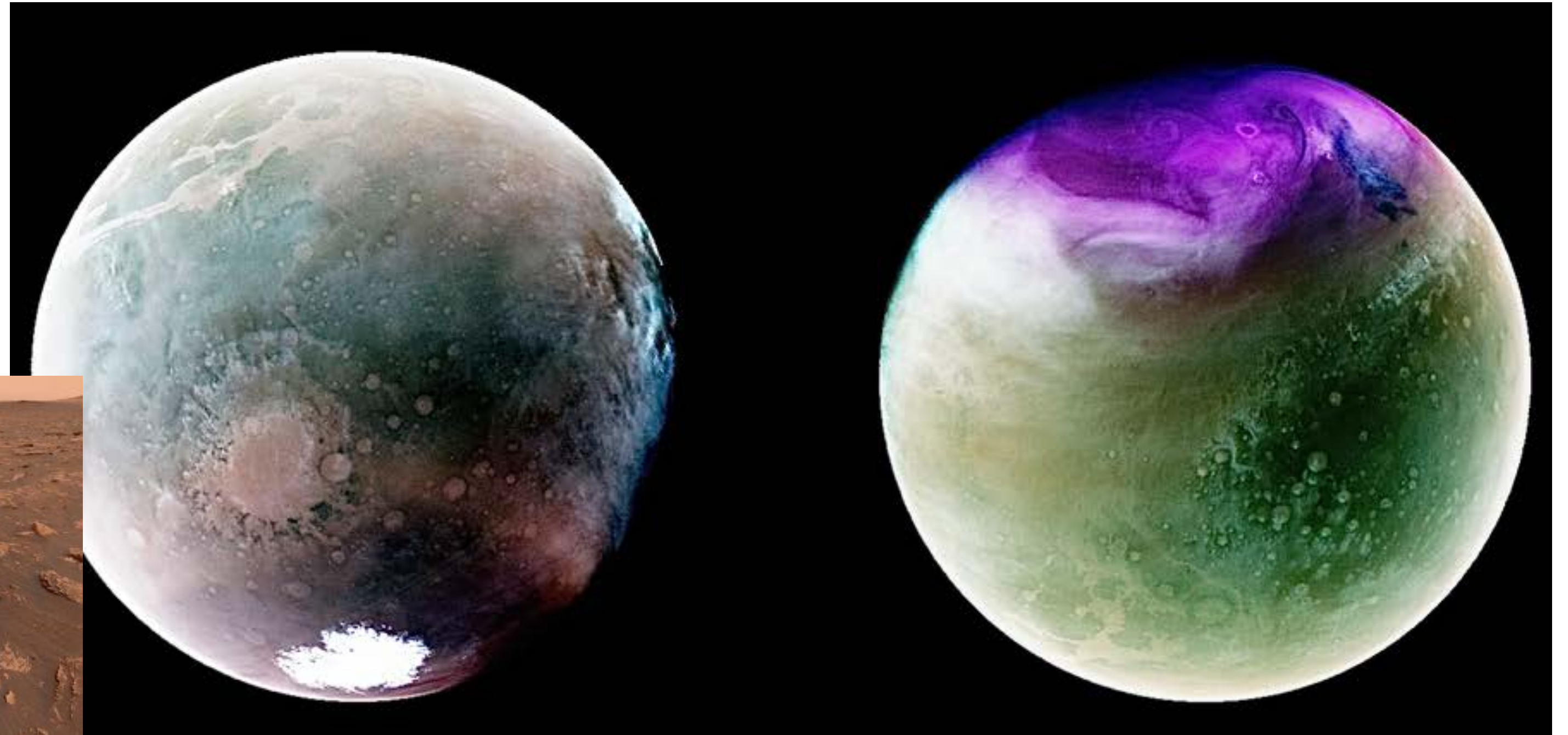
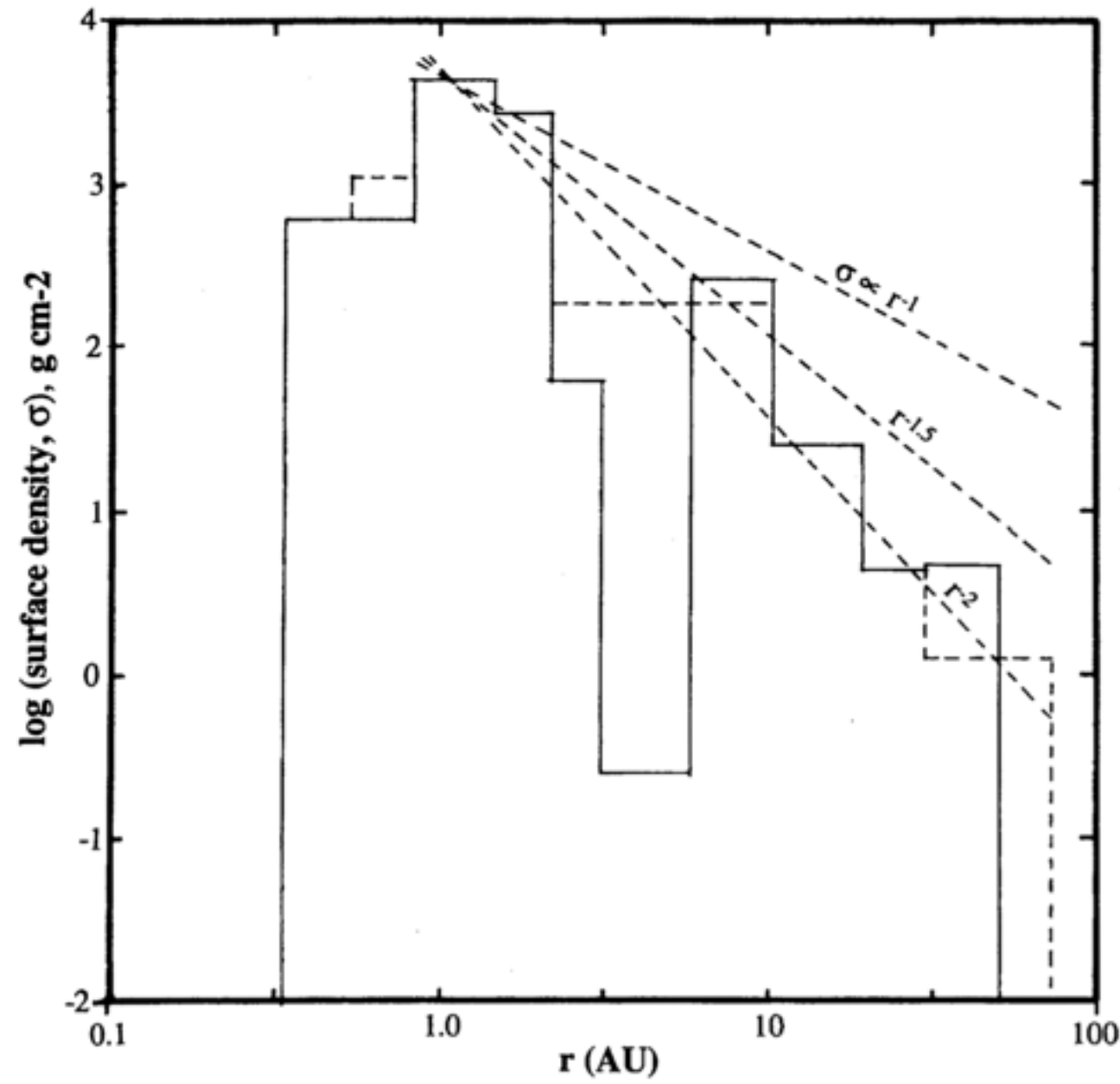
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Mars - MAVEN mission 2023]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Jupiter - JUNO 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

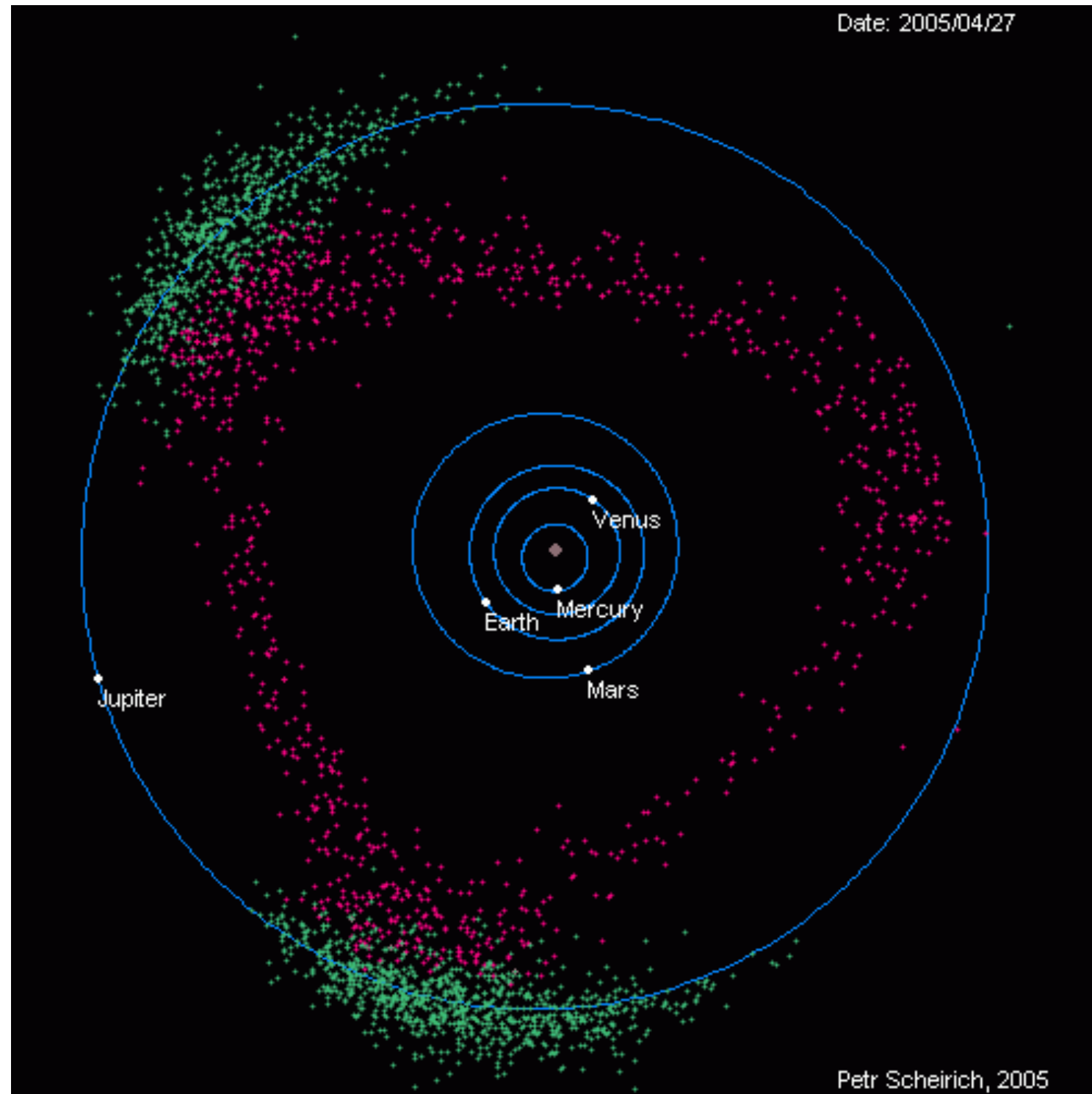
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Jupiter - JUNO 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

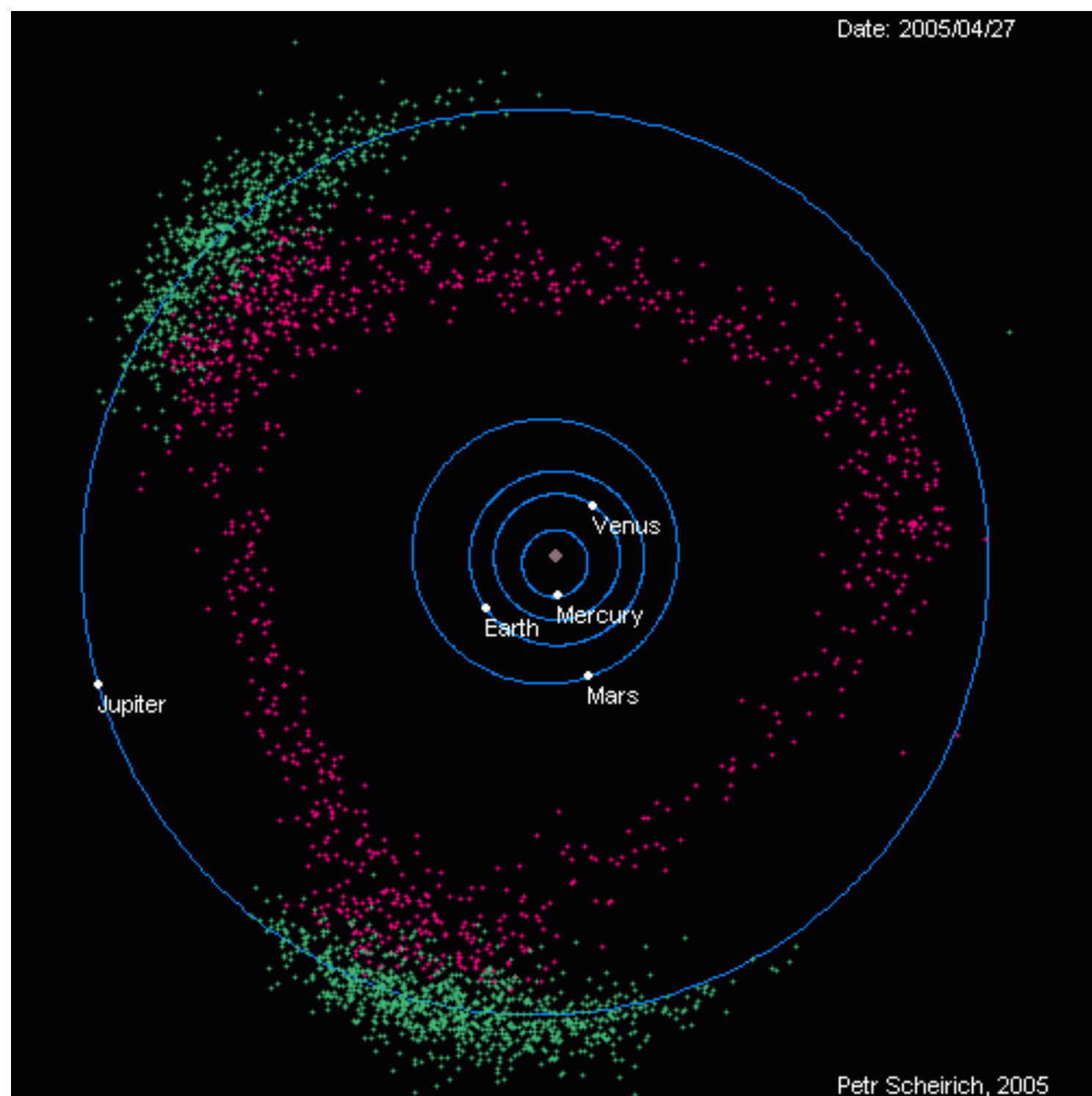
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Jupiter - JUNO 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

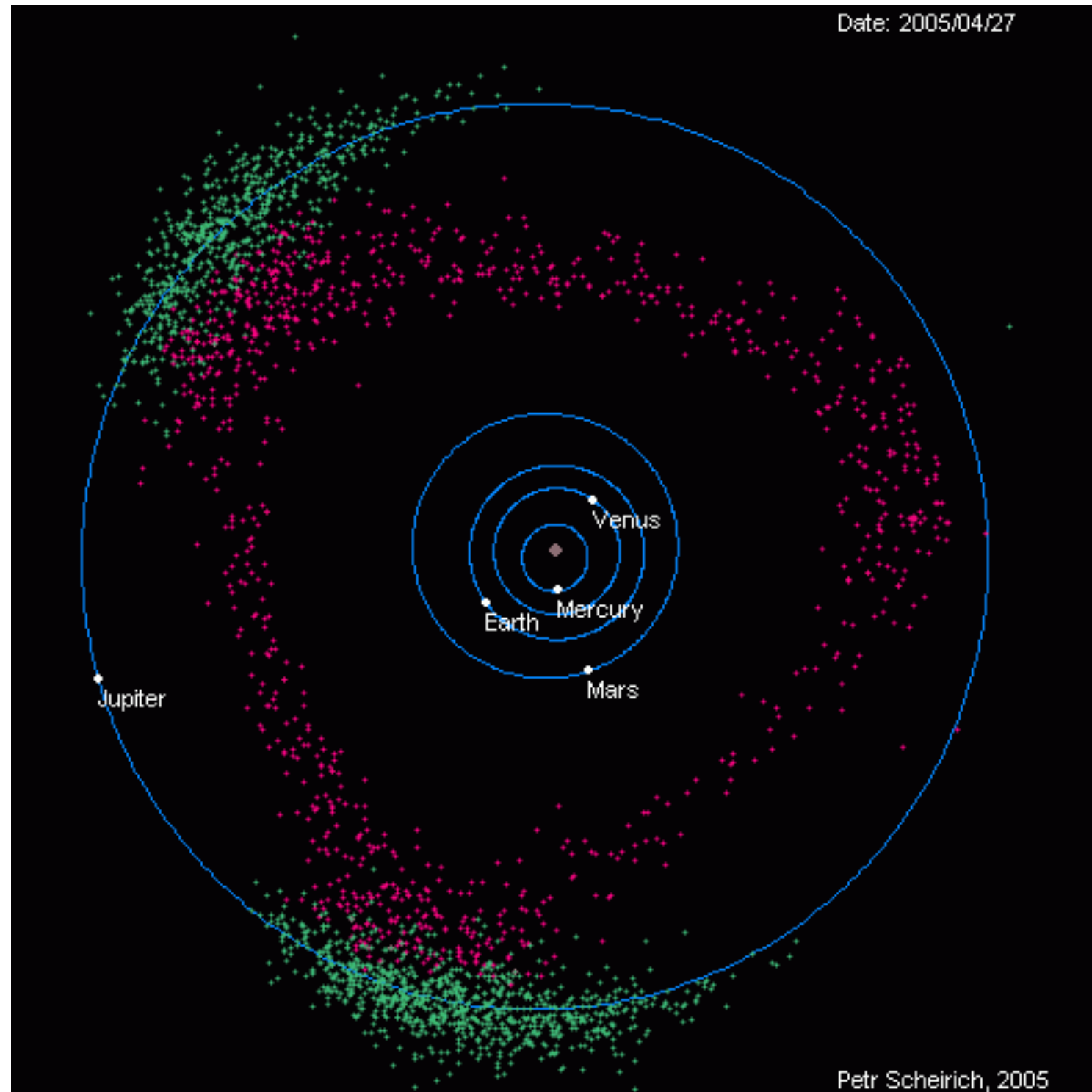
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Jupiter - JUNO 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

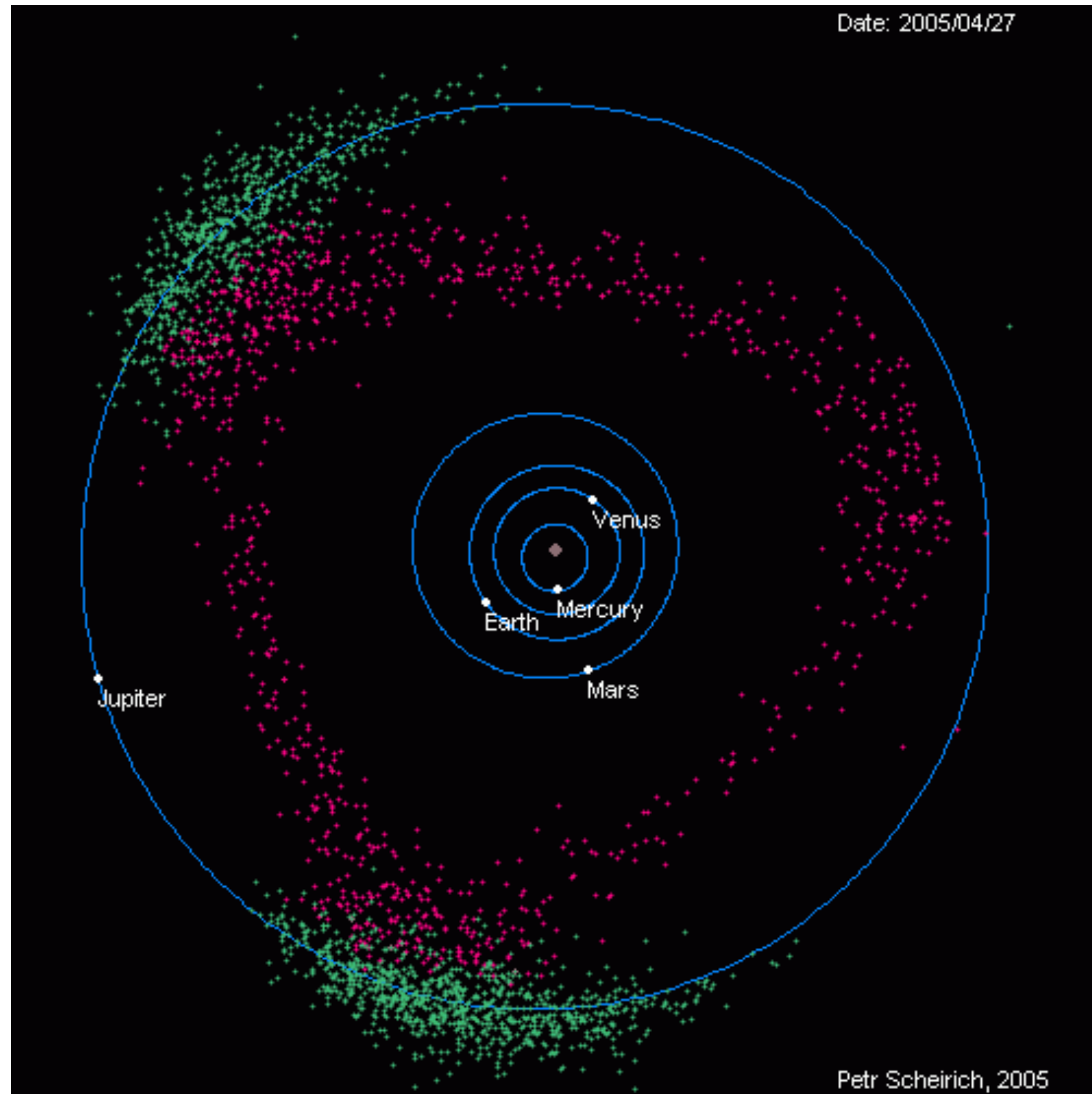
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Jupiter - JUNO 2016]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

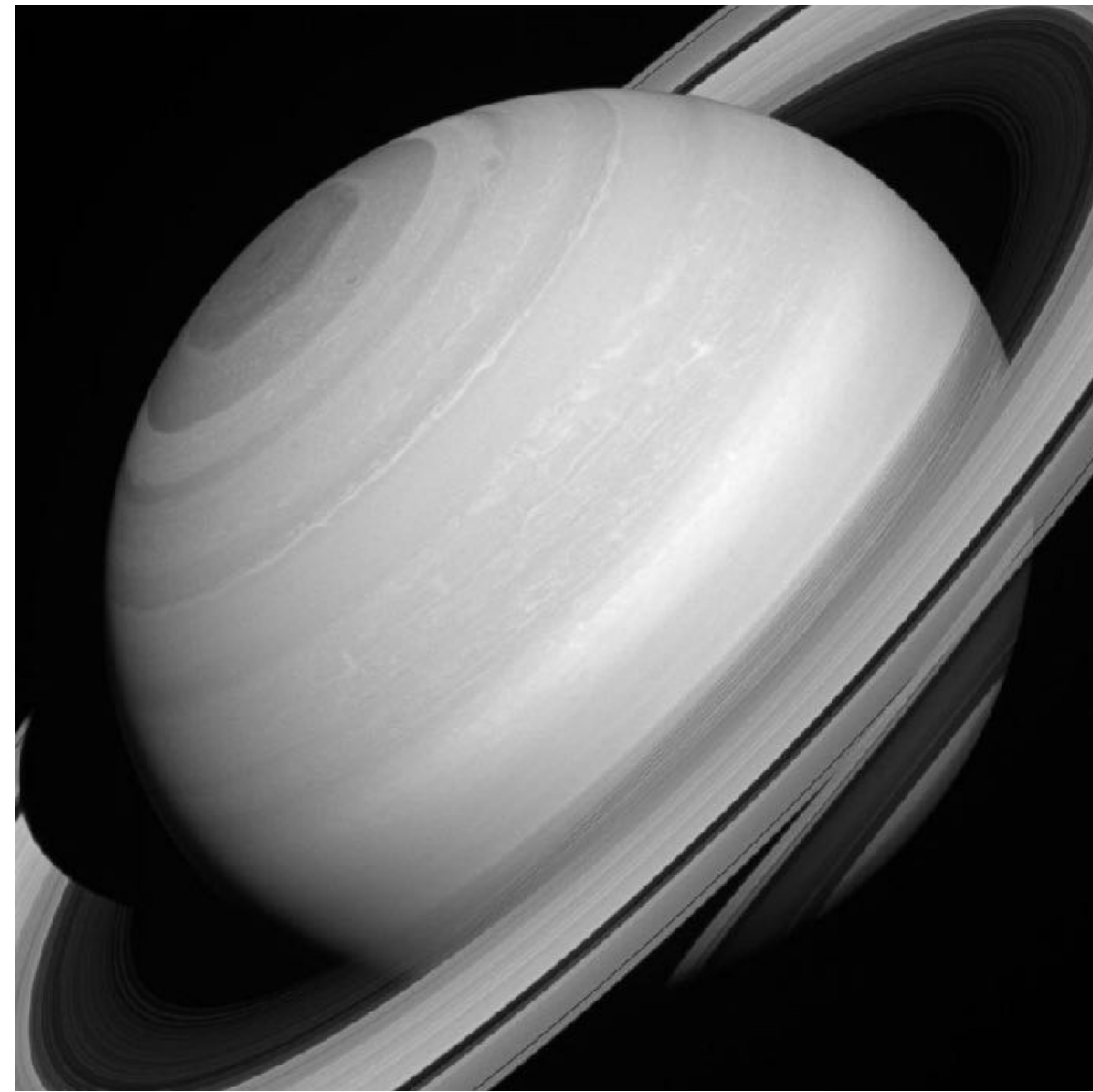
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Saturnus - Cassini 2017]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

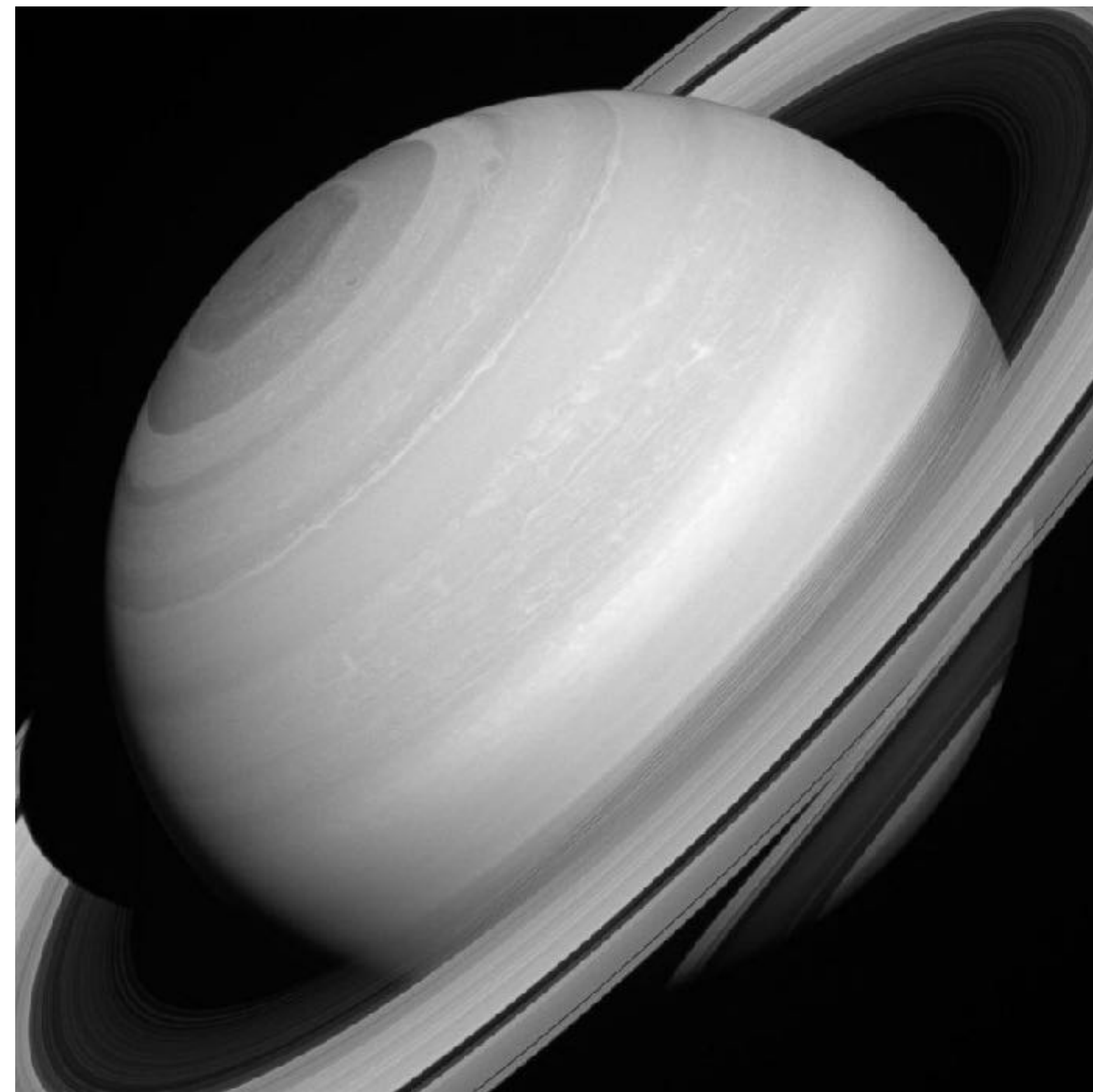
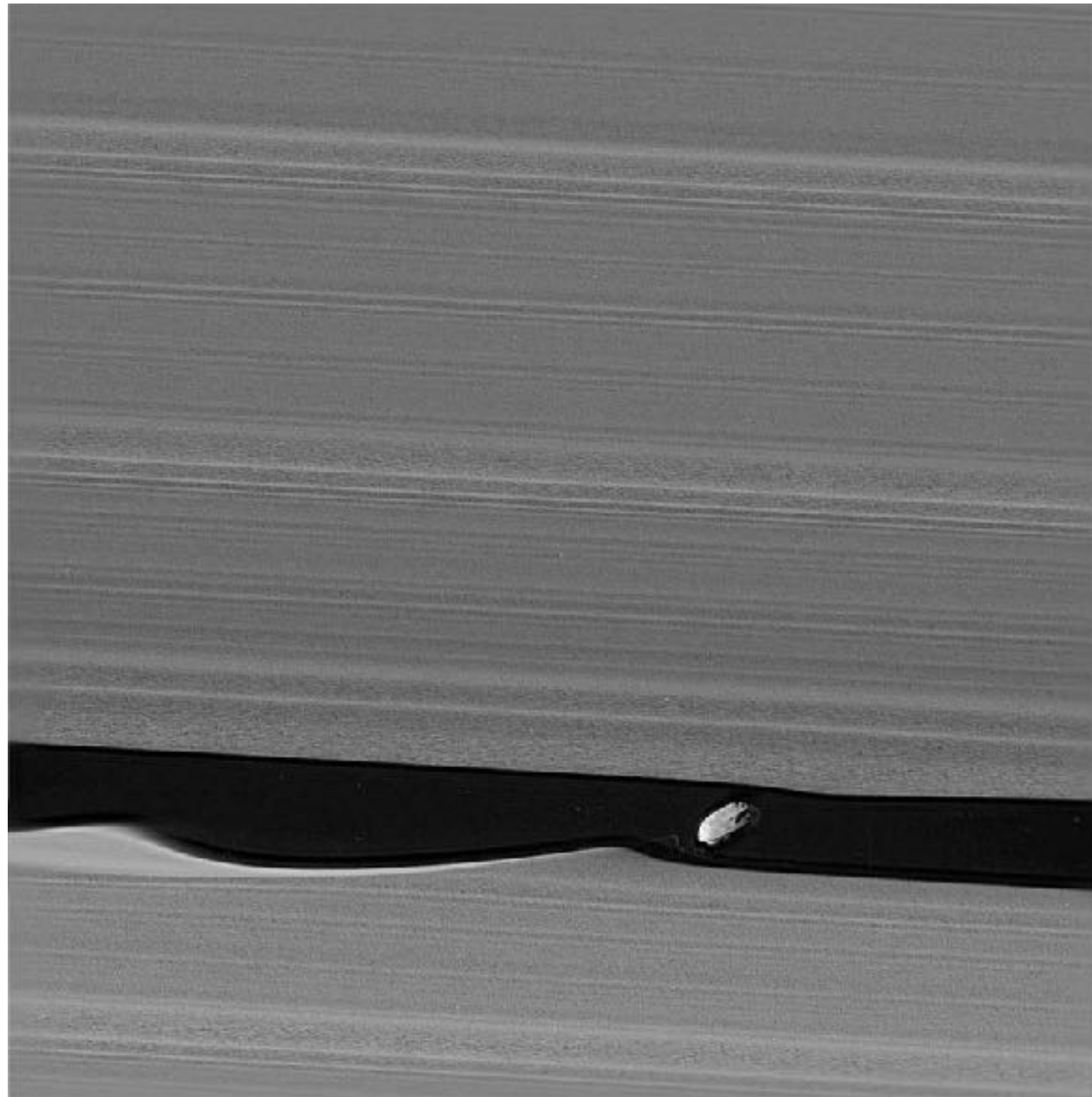
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Saturnus - Cassini 2017]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

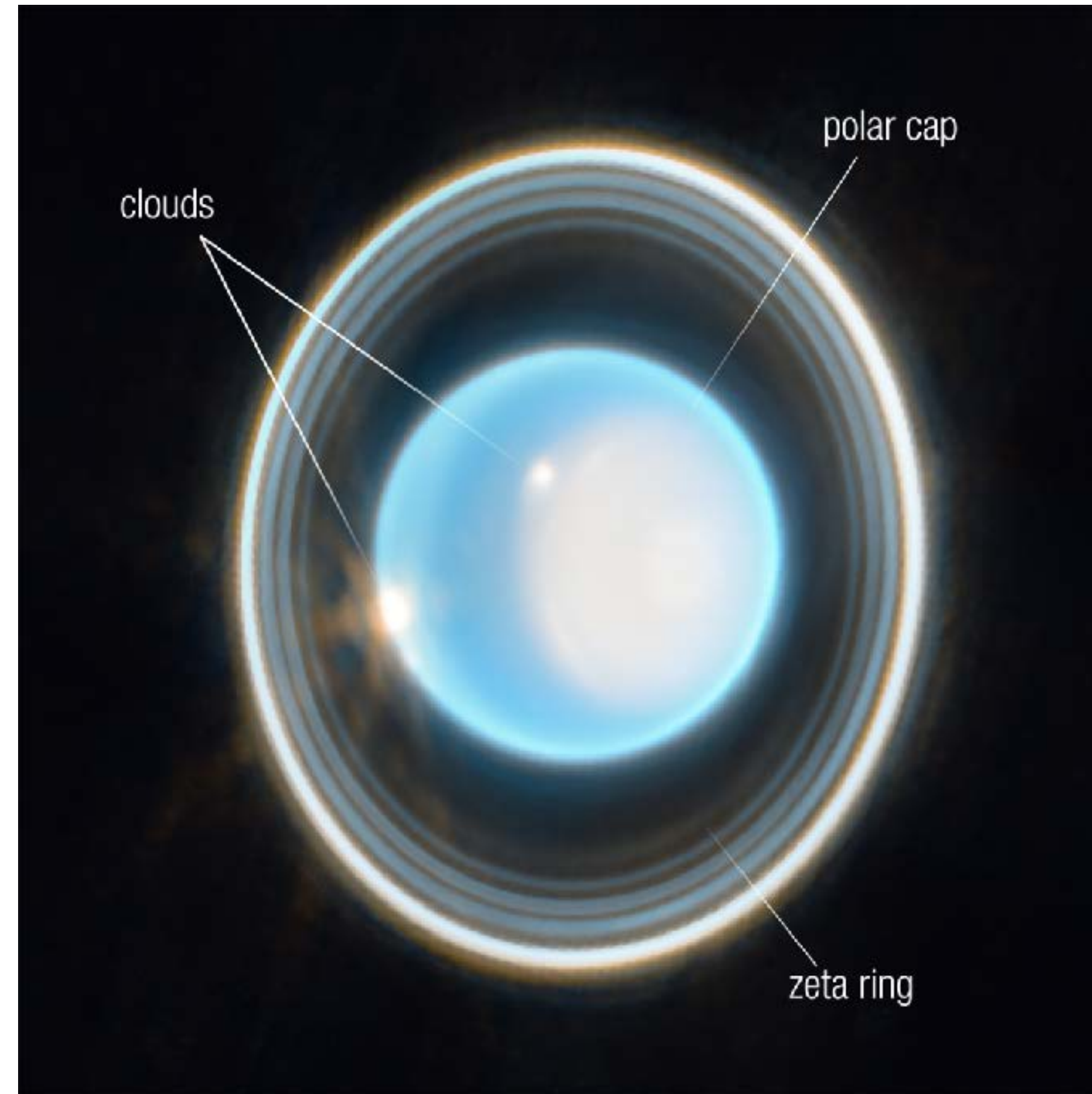
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Uranus - JWST / NIRCам]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

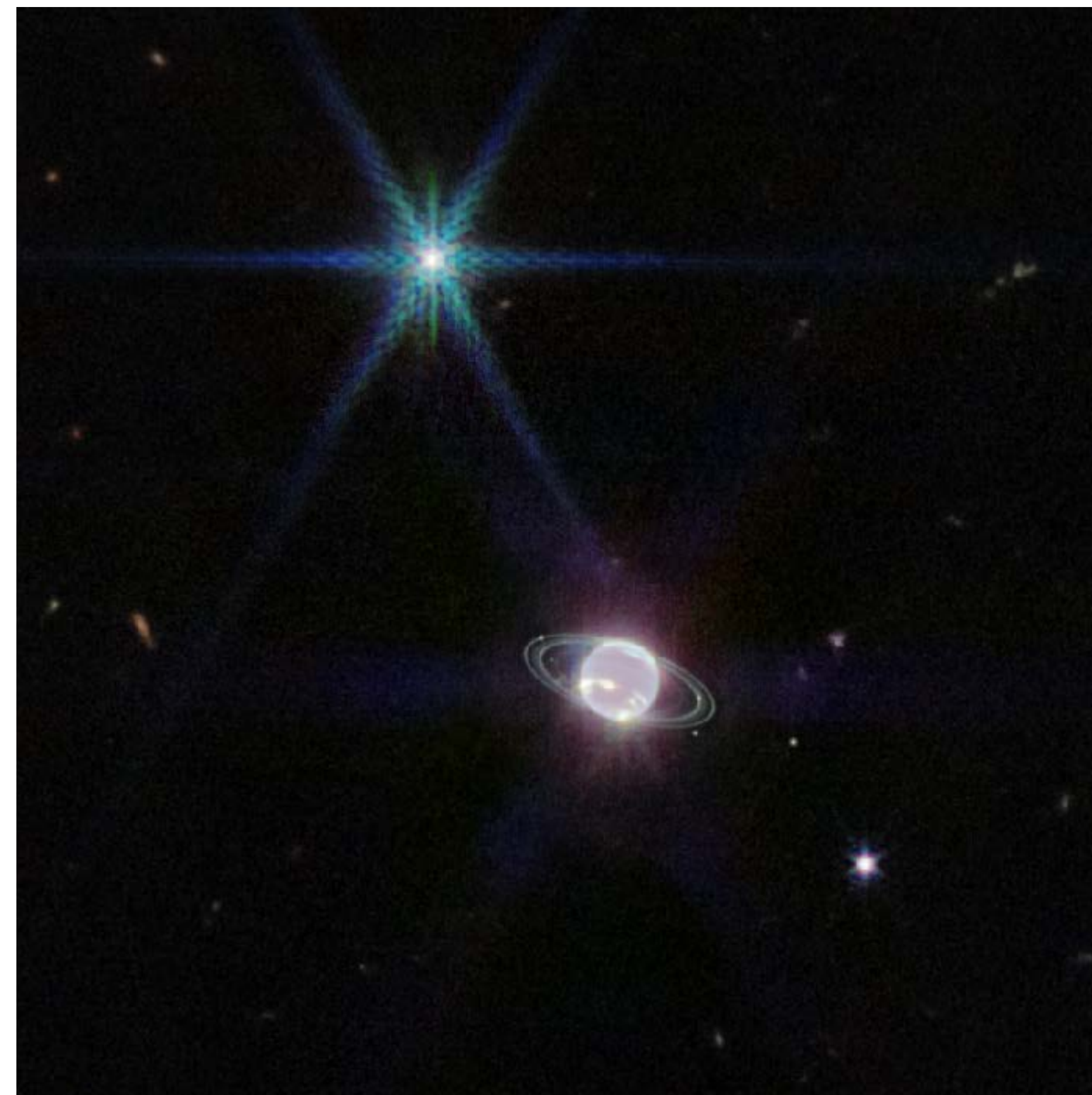
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



[Neptunus - JWST / MIRI]

$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

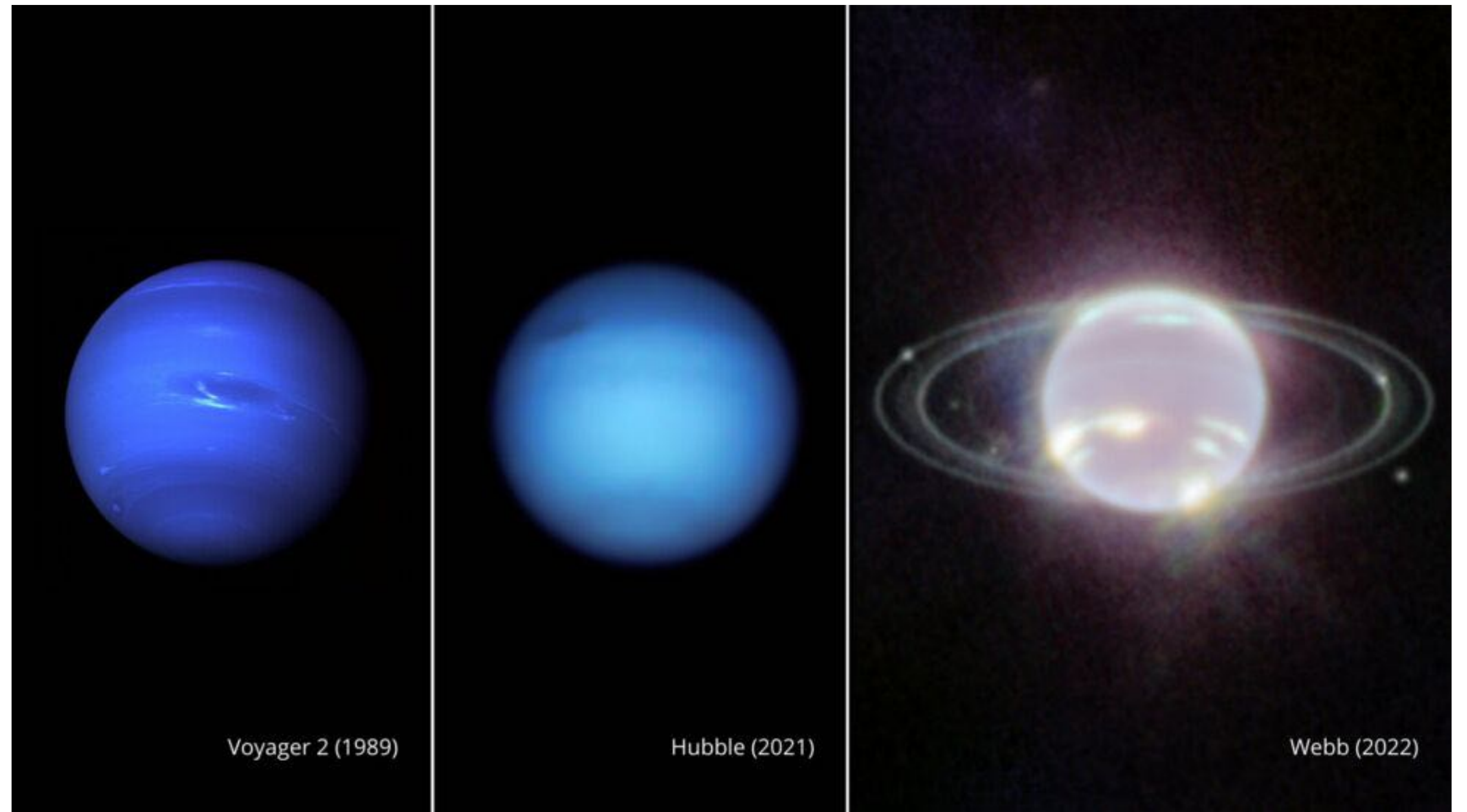
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

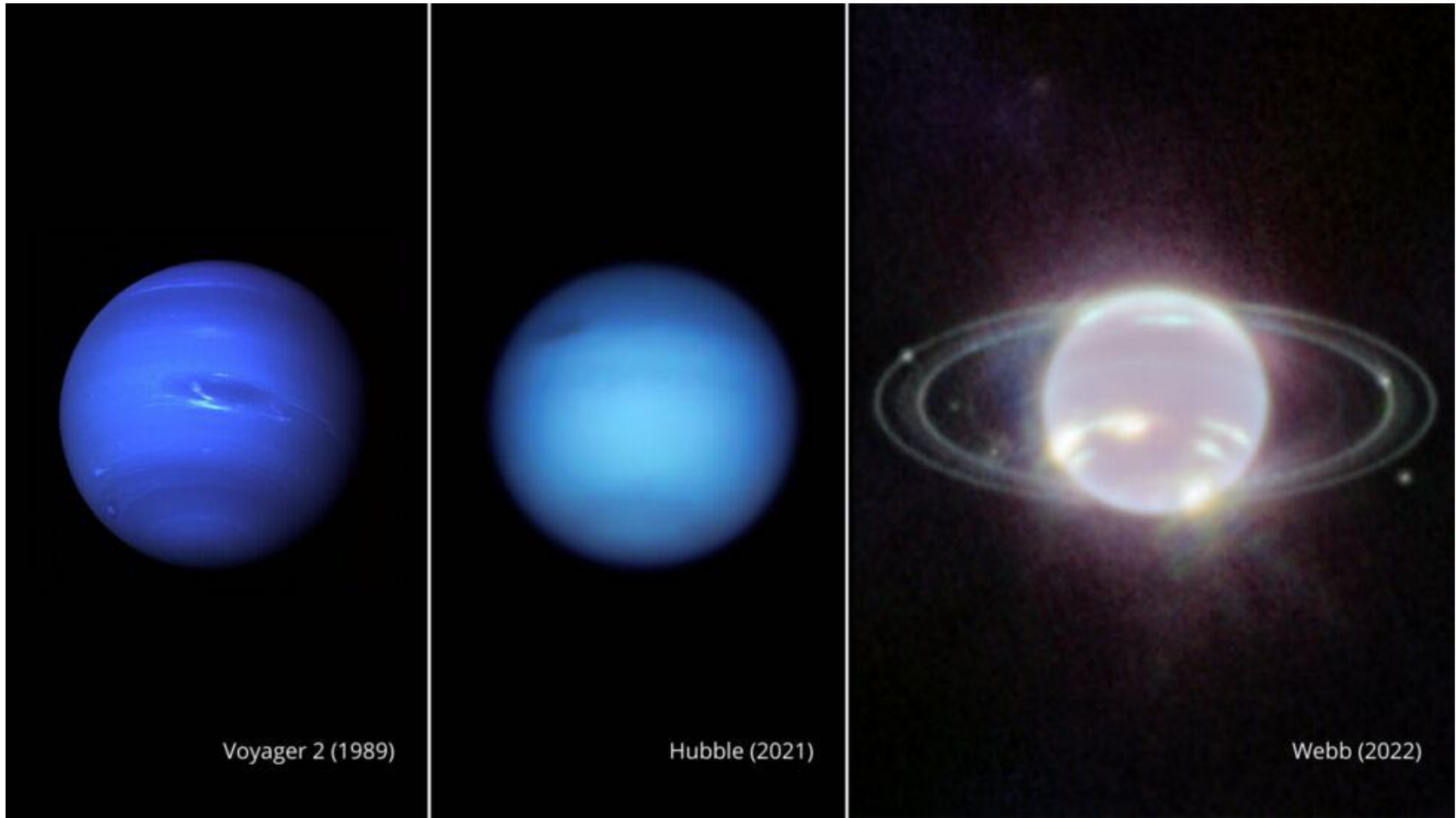
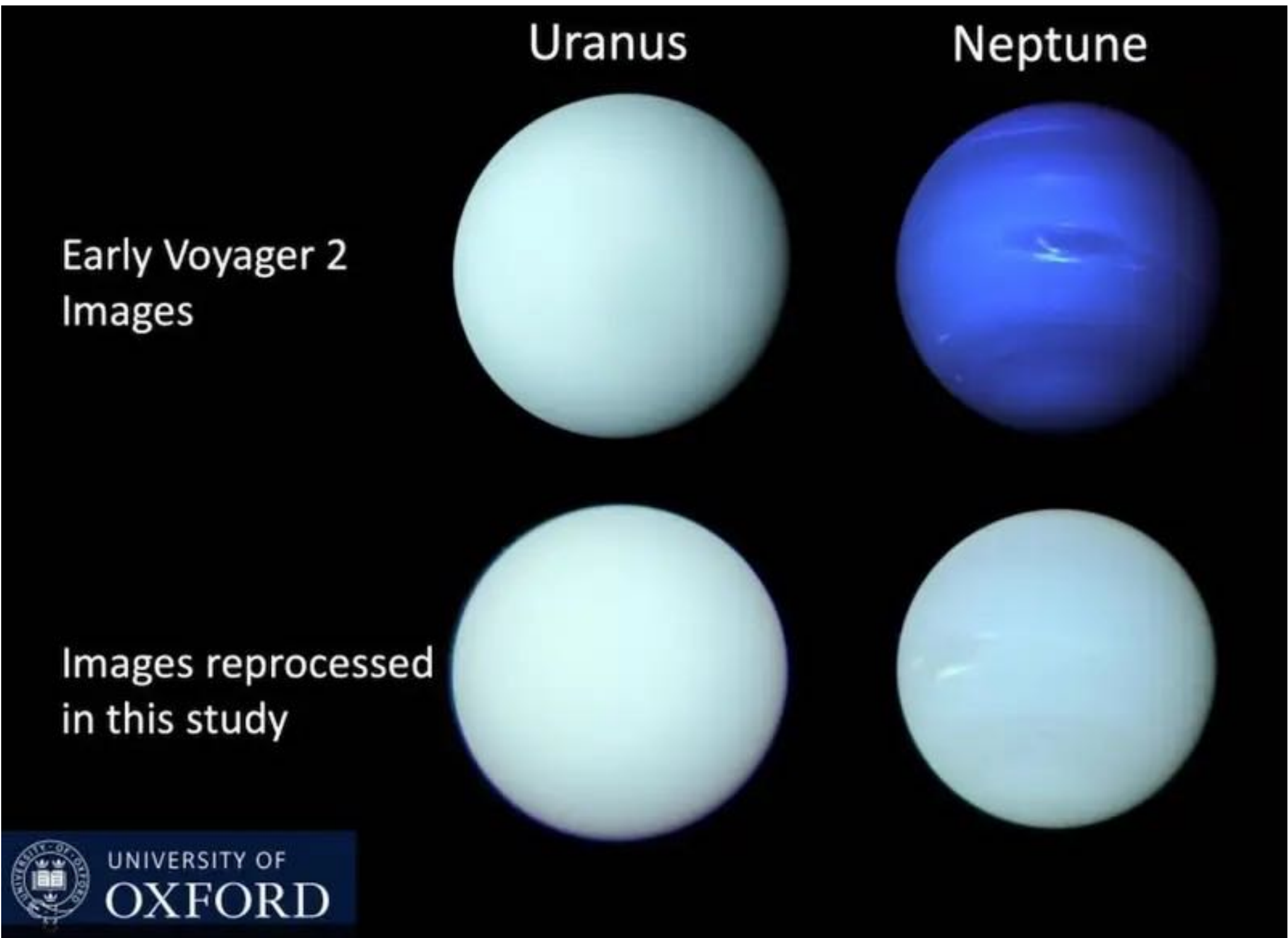
$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel



$M = 0.06 M_{\oplus}$
 $a = 0.4 \text{ AU}$
 $P = 88 \text{ d}$

$M = 0.8 M_{\oplus}$
 $a = 0.7 \text{ AU}$
 $P = 225 \text{ d}$

$M = 1 M_{\oplus}$
 $a = 1 \text{ AU}$
 $P = 365 \text{ d}$

$M = 0.1 M_{\oplus}$
 $a = 1.7 \text{ AU}$
 $P = 687 \text{ d}$

$M = 300 M_{\oplus}$
 $a = 5.2 \text{ AU}$
 $P = 12 \text{ yr}$

$M = 95 M_{\oplus}$
 $a = 9.6 \text{ AU}$
 $P = 29 \text{ yr}$

$M = 15 M_{\oplus}$
 $a = 19 \text{ AU}$
 $P = 84 \text{ yr}$

$M = 17 M_{\oplus}$
 $a = 30 \text{ AU}$
 $P = 165 \text{ yr}$



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

- Zonsverduistering / Eclipse



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

- Zonsverduistering / Eclipse



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

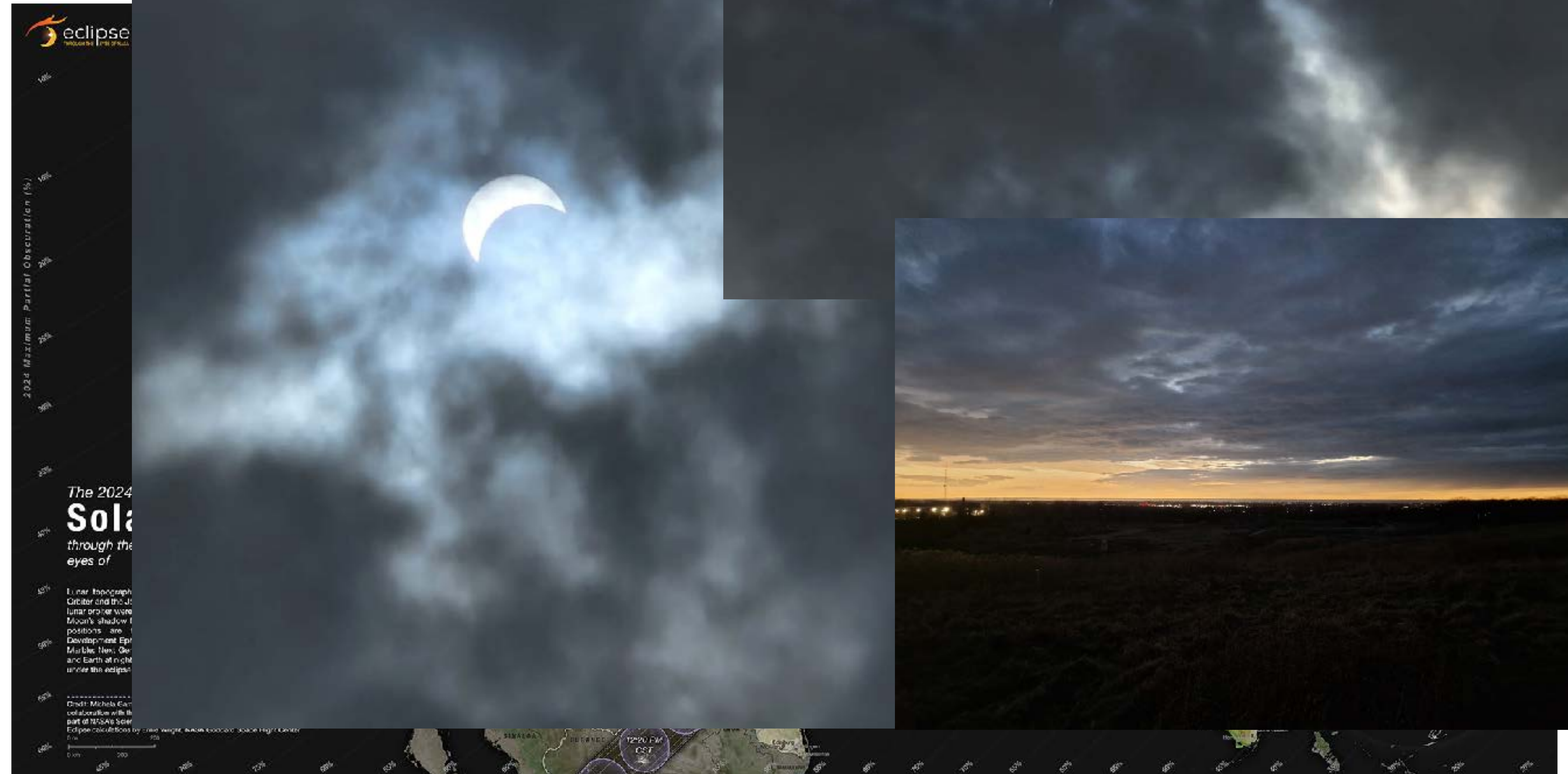
- Zonsverduistering / Eclipse



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

- Zonsverduistering / Eclipse



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

- Zonsverduistering / Eclipse
- Als je niet weet wat dit veroorzaakt, doodeng!



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

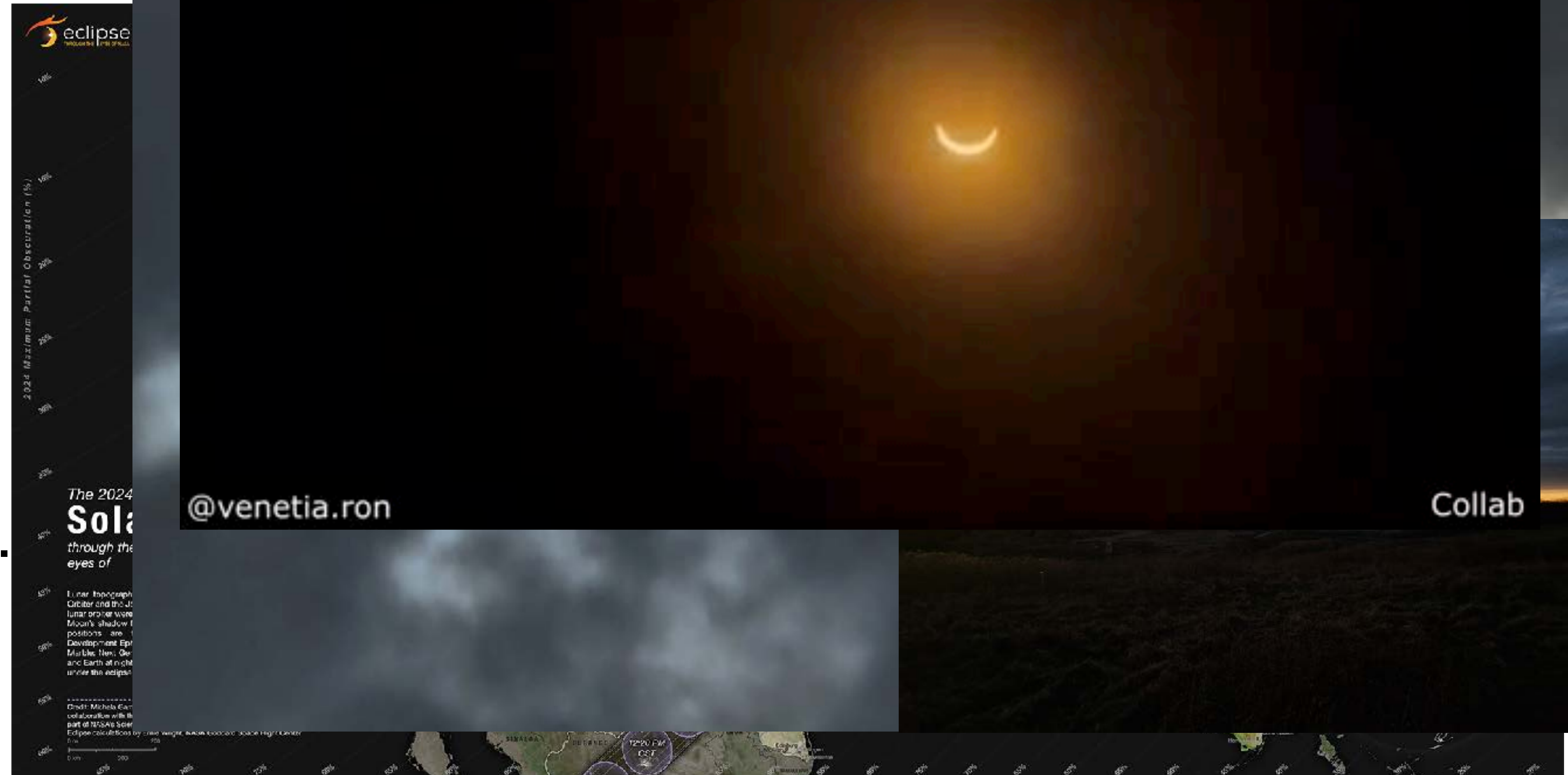
- Zonsverduistering / Eclipse
- Als je niet weet wat dit veroorzaakt, doodeng!



Ons Zonnestelsel

8 April 2024 - USA

- Zonsverduistering / Eclipse
- Als je niet weet wat dit veroorzaakt, doodeng!
- De Grieken wisten al waarom dit gebeurde ~400 v.C.



Ons Zonnestelsel

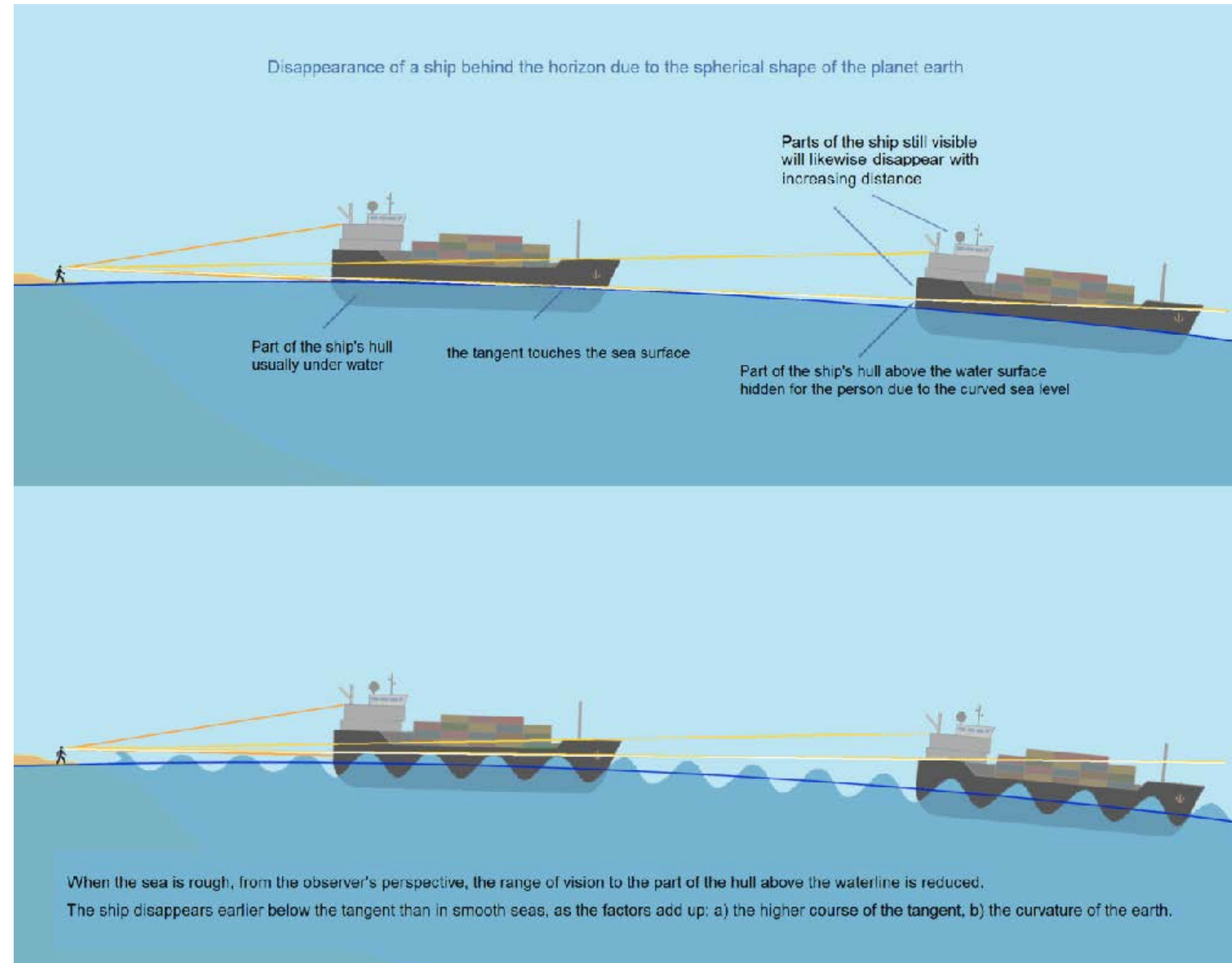
~500 v.C. - Griekenland

- De aarde is rond:

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- De aarde is rond:
 - Romp van een schip verdwijnt als eerst



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- De aarde is rond:
 - Romp van een schip verdwijnt als eerst
 - Sterrenhemel verandert afhankelijk van je plek op aarde

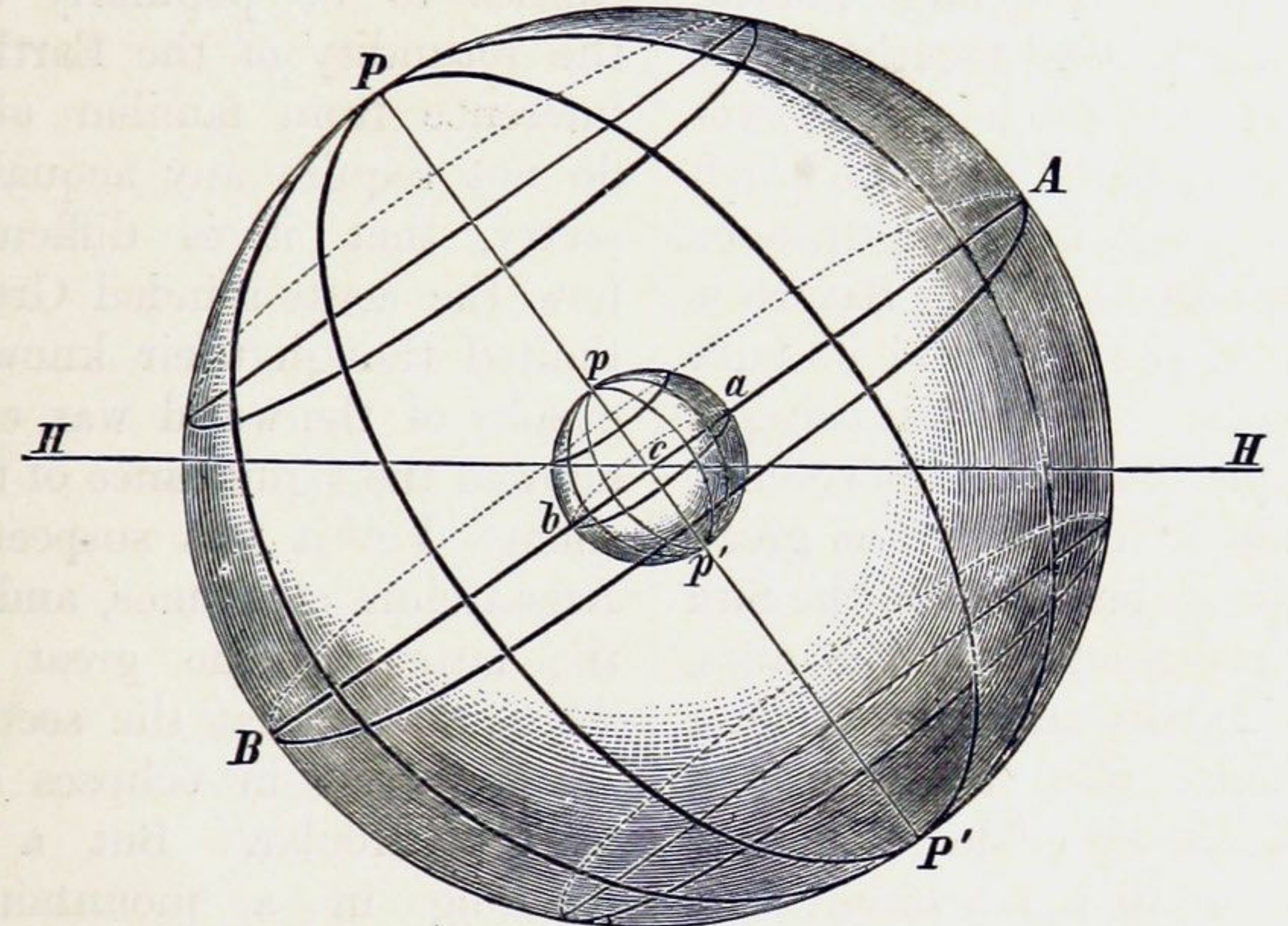


Fig. 272.—THE EARTH AND THE CELESTIAL SPHERE.

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Relatie Zon-Aarde-Maan



Anaxagoras (c. 500-428 v.C.)

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Relatie Zon-Aarde-Maan
- Maan heeft verschillende “fases”



Anaxagoras (c. 500-428 v.C.)

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Relatie Zon-Aarde-Maan
- Maan heeft verschillende “fases”



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

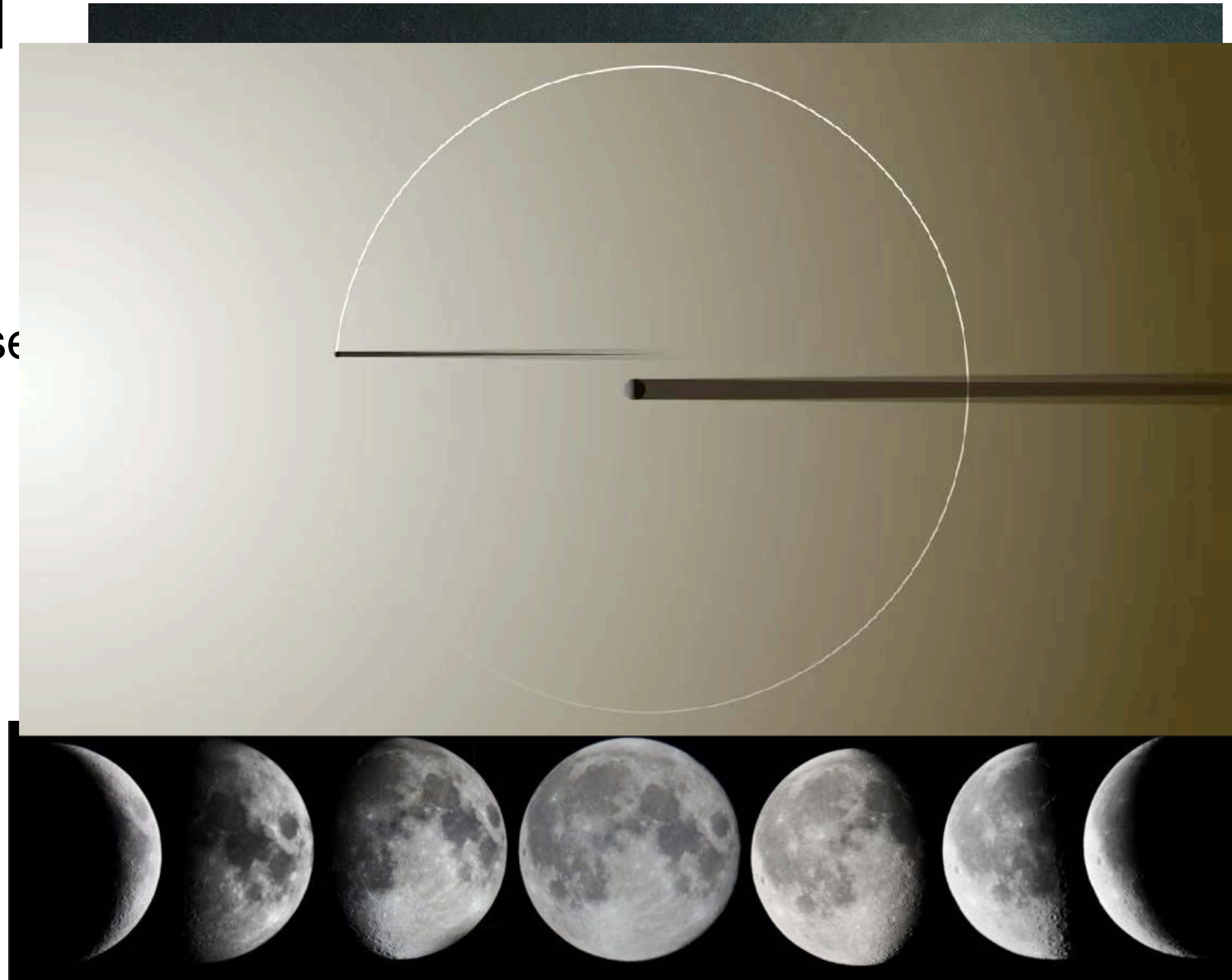
- Relatie Zon-Aarde-Maan
- Maan heeft verschillende “fases”
- 2x p jaar maansverduistering



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

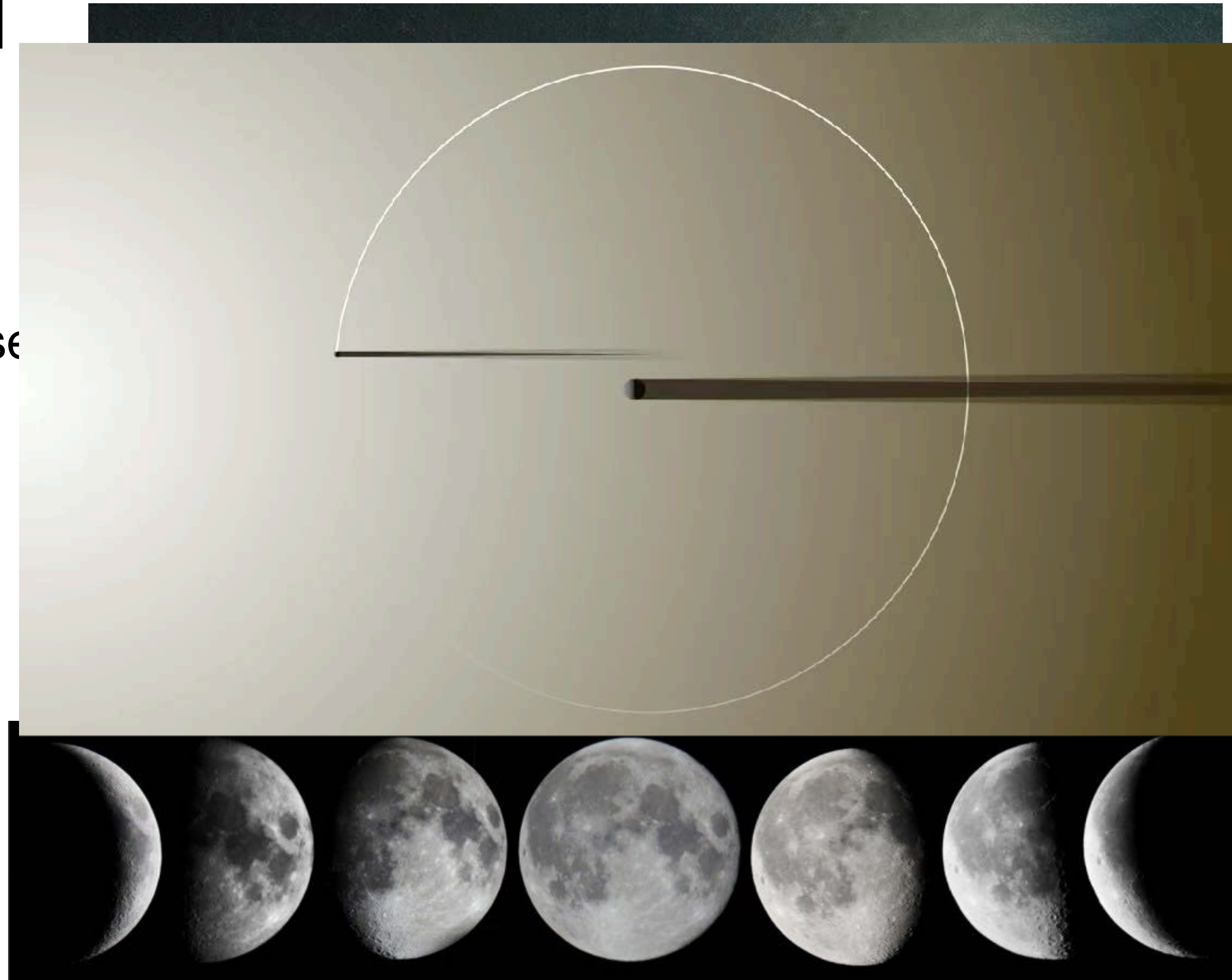
- Relatie Zon-Aarde-Maan
- Maan heeft verschillende "fases"
- 2x p jaar maansverduistering



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

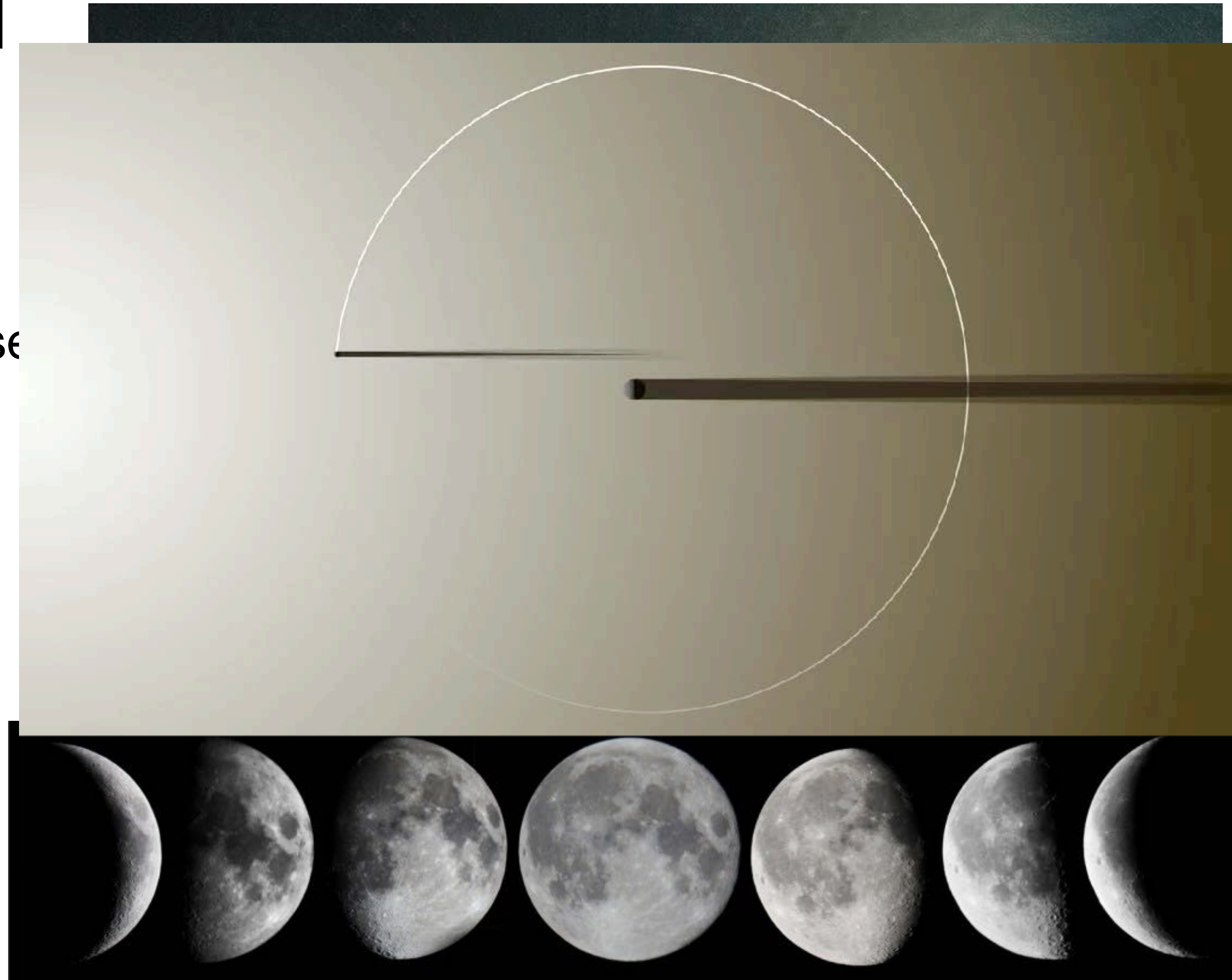
- Relatie Zon-Aarde-Maan
- Maan heeft verschillende "fases"
- 2x p jaar maansverduistering



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

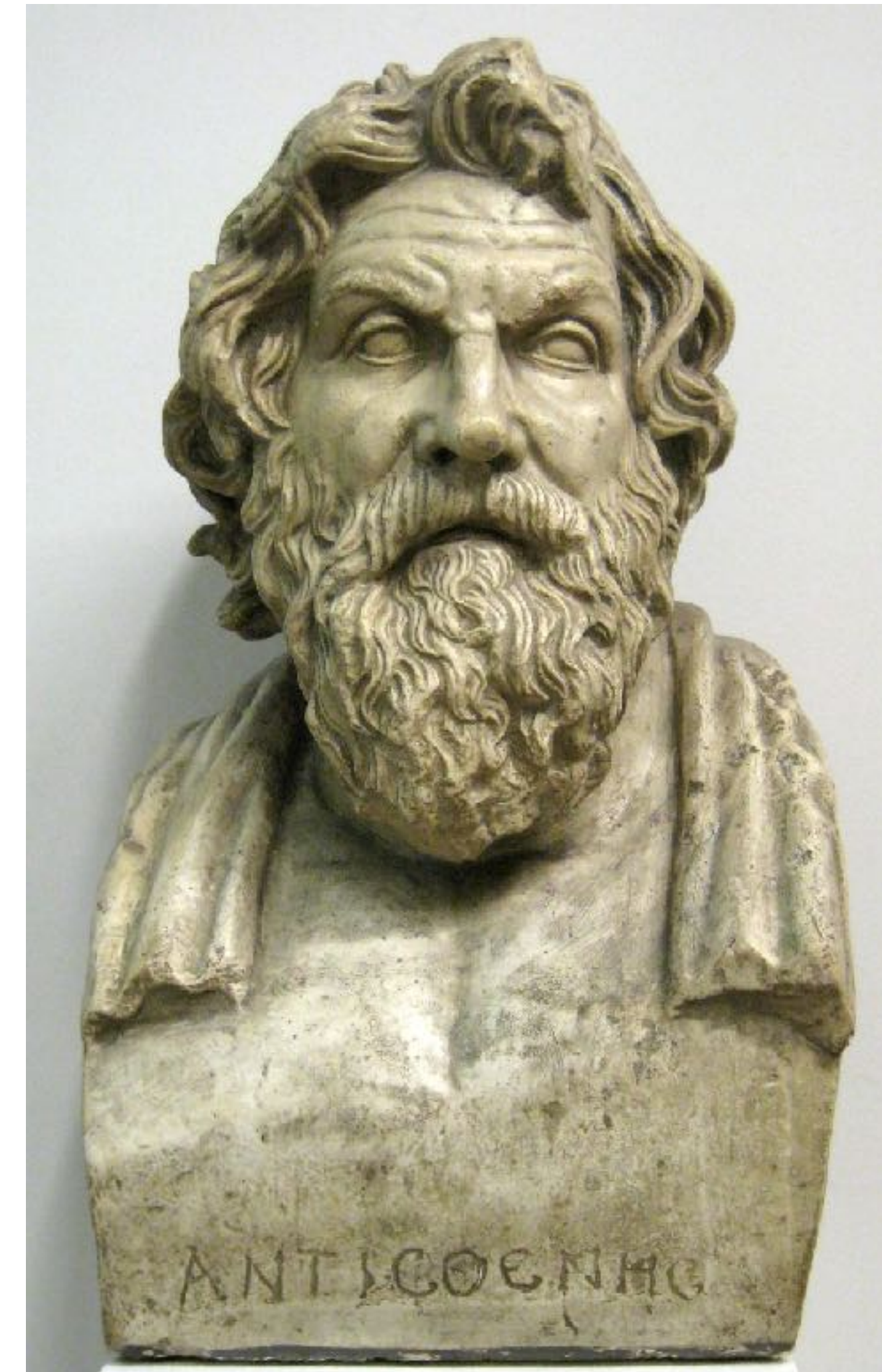
- Relatie Zon-Aarde-Maan
- Maan heeft verschillende "fases"
- 2x p jaar maansverduistering
- 1 logische oplossing:
 - Aarde draait om Zon & Maan draait om Aarde



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is ons zonnestelsel?

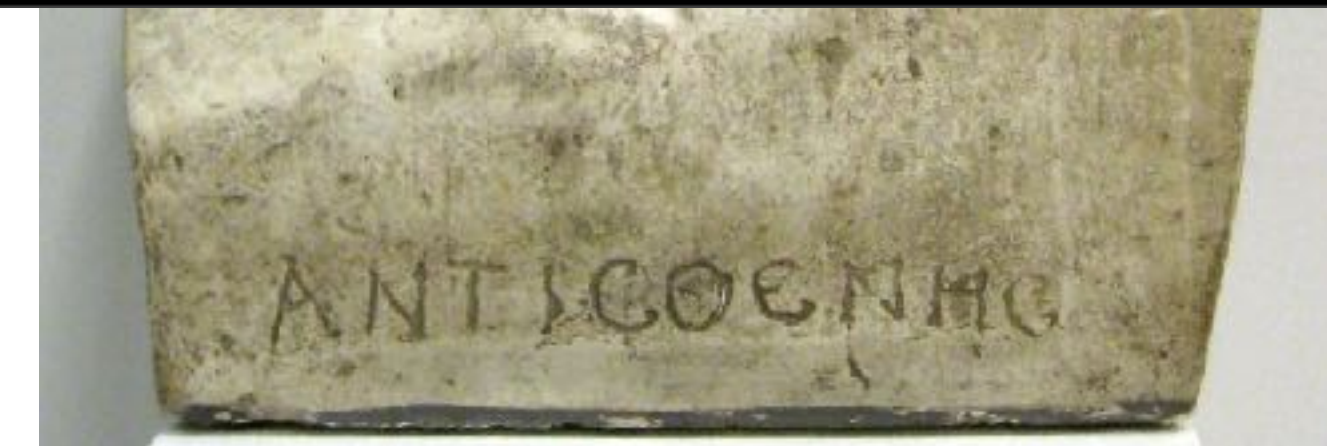
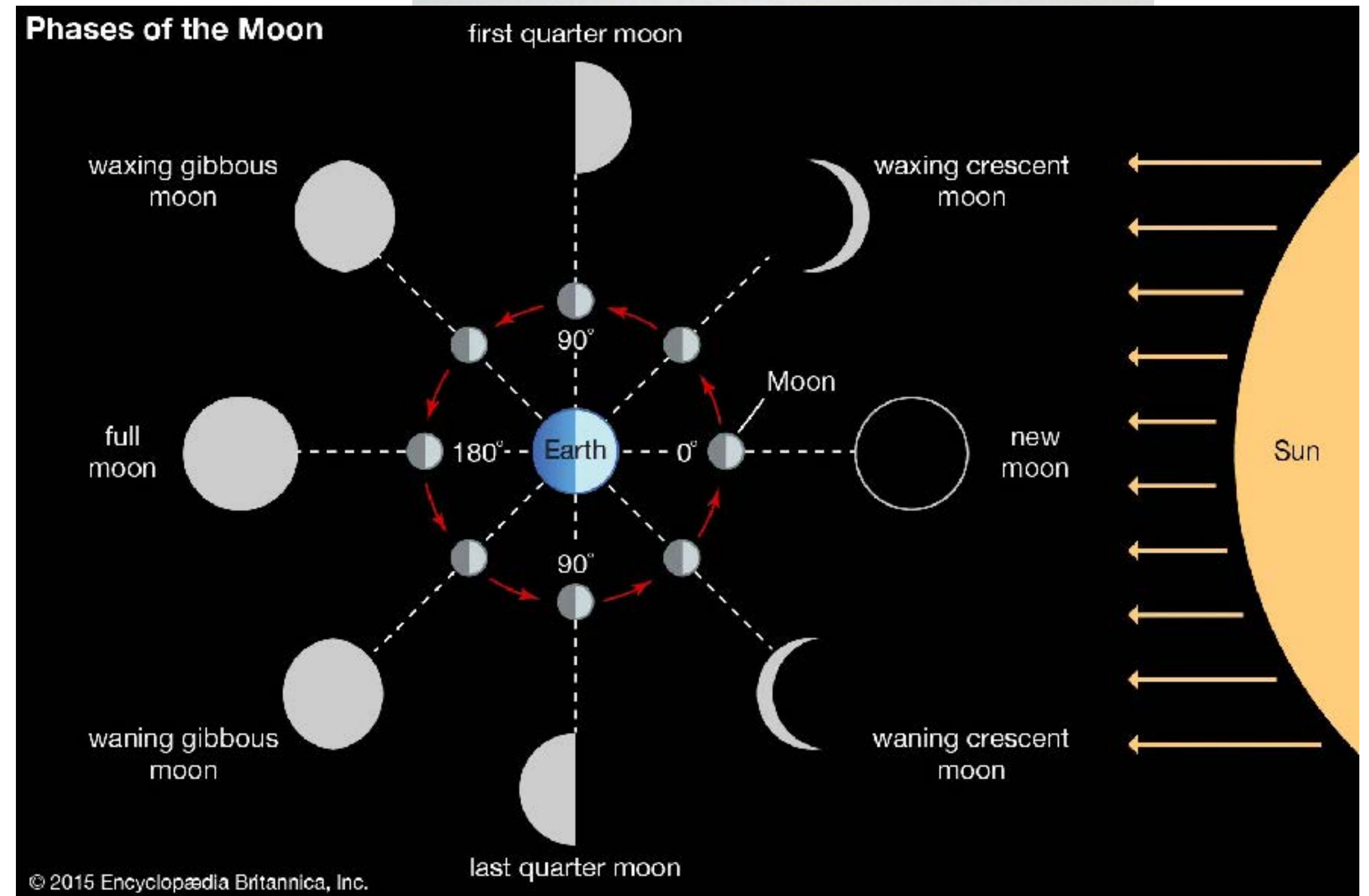


Aristarchus van Samos
(c. 310-230 v.C.)

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is ons zonnestelsel?



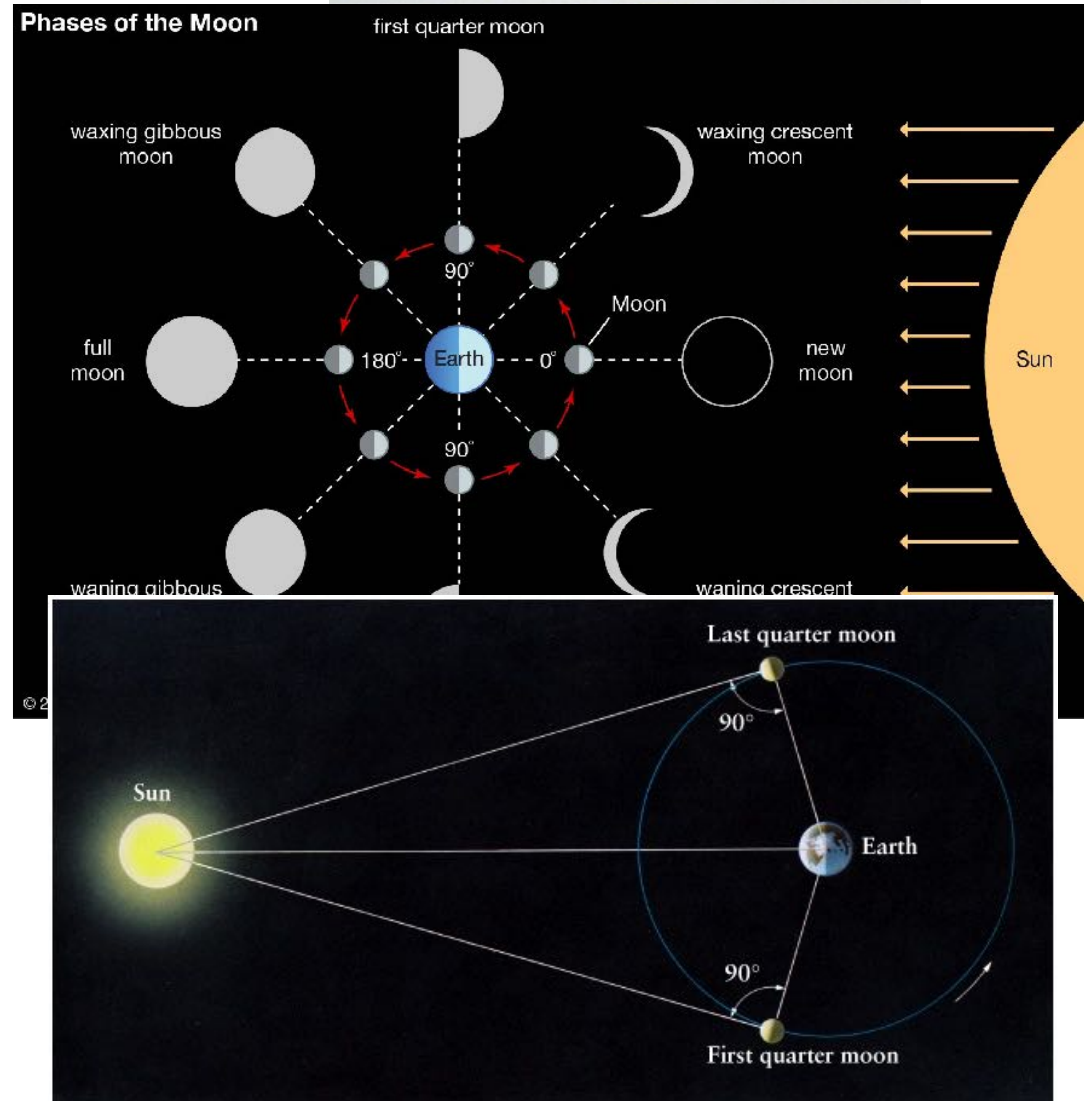
Aristarchus van Samos
(c. 310-230 v.C.)

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is ons zonnestelsel?
- Verschil 1e kwartier - laatste kwartier 0.5 graden

$$D_{Zon} \approx 400 D_{Maan}$$



Ons Zonnestelsel

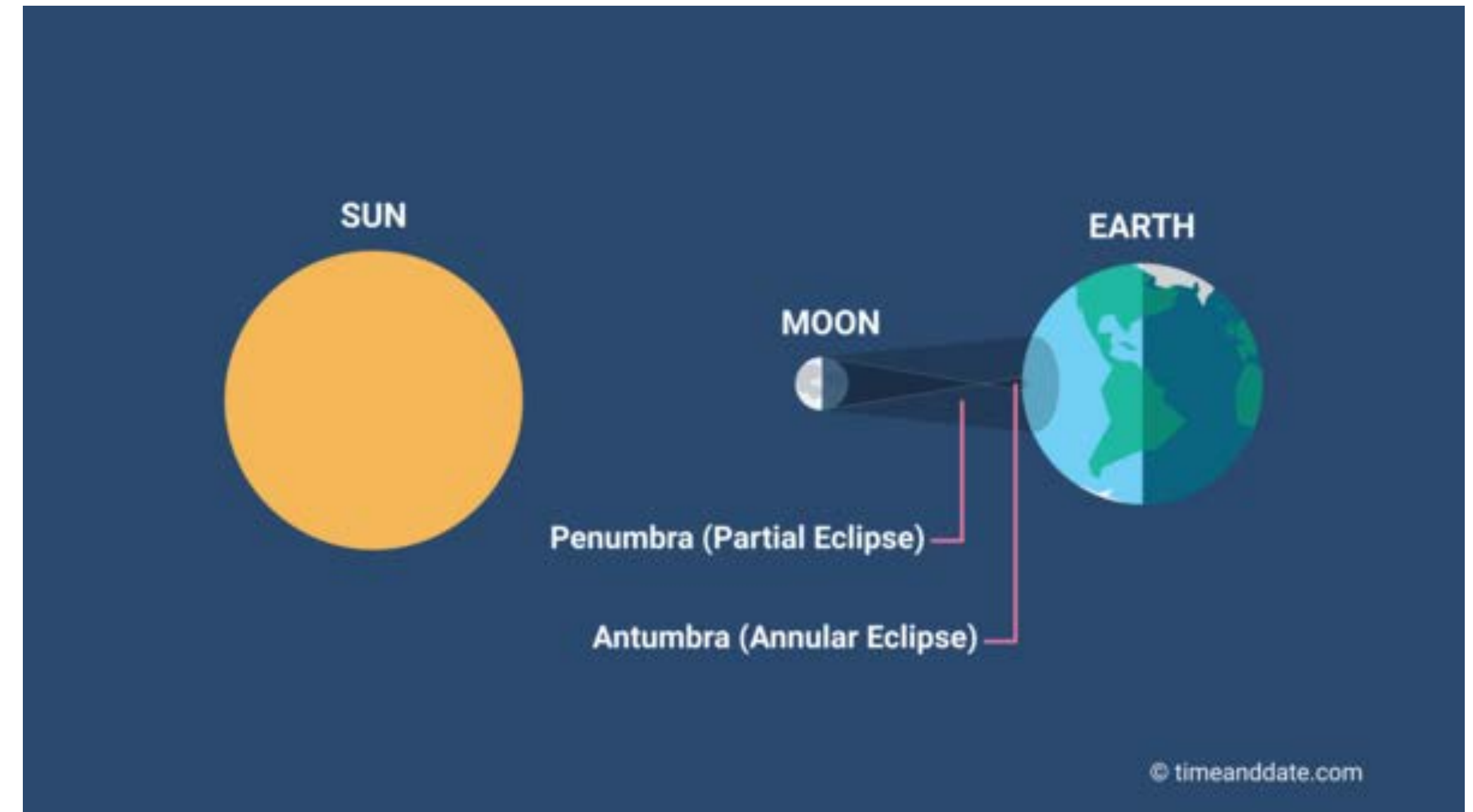
~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is ons zonnestelsel?
- Verschil 1e kwartier - laatste kwartier 0.5 graden

$$D_{Zon} \approx 400 D_{Maan}$$

- Zonsverduistering past precies

$$\frac{R_{Zon}}{D_{Zon}} = \frac{R_{Maan}}{D_{Maan}}$$



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is ons zonnestelsel?
- Verschil 1e kwartier - laatste kwartier 0.5 graden

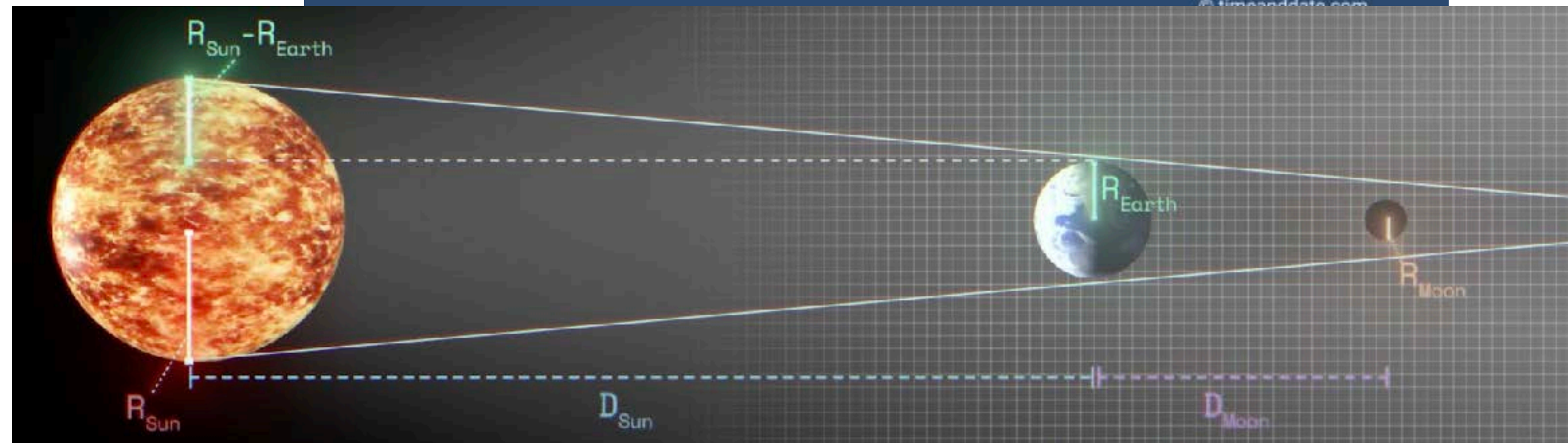
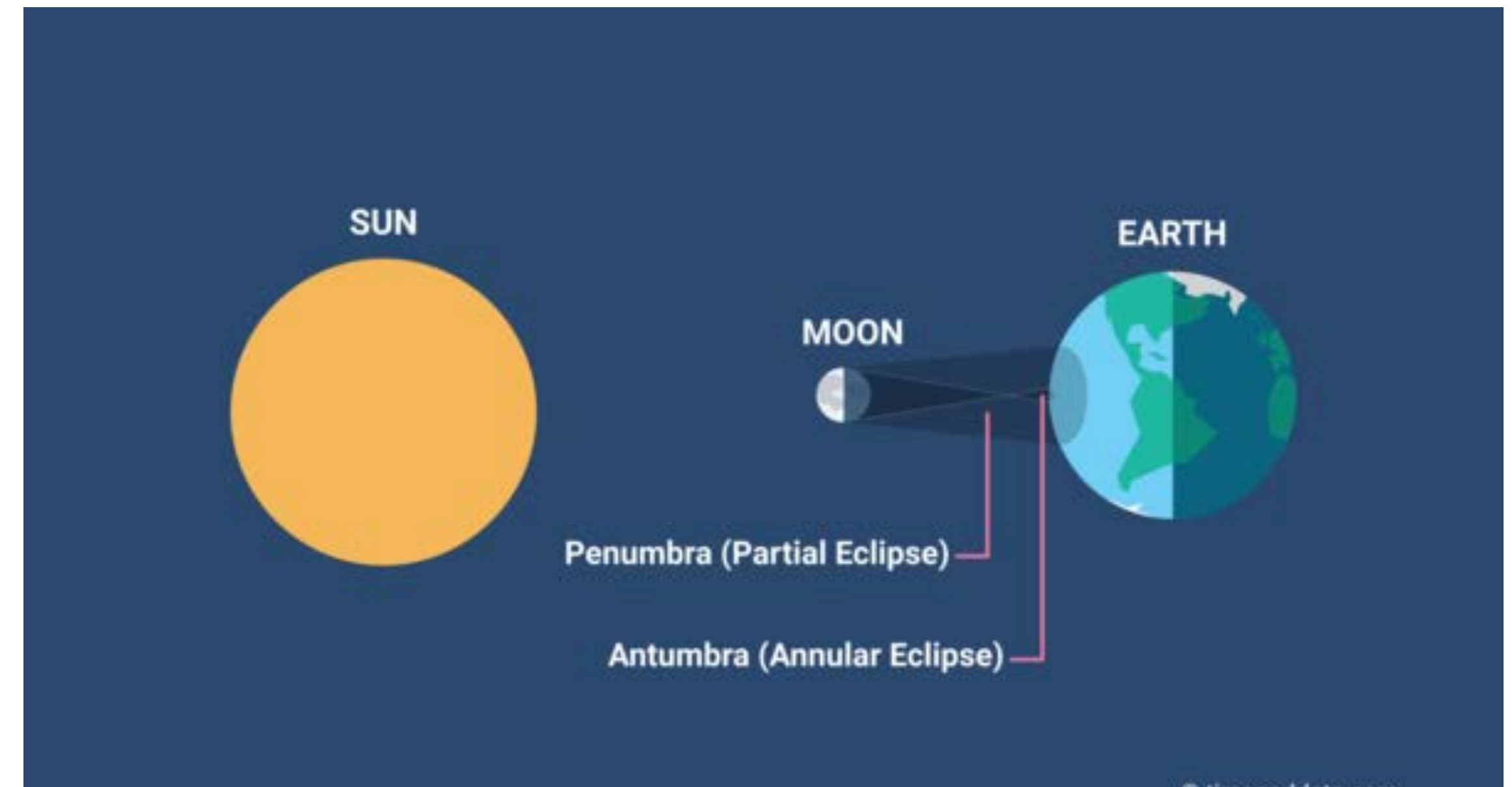
$$D_{Zon} \approx 400 D_{Maan}$$

- Zonsverduistering past precies

$$\frac{R_{Zon}}{D_{Zon}} = \frac{R_{Maan}}{D_{Maan}}$$

- Schaduw Aarde-Maan

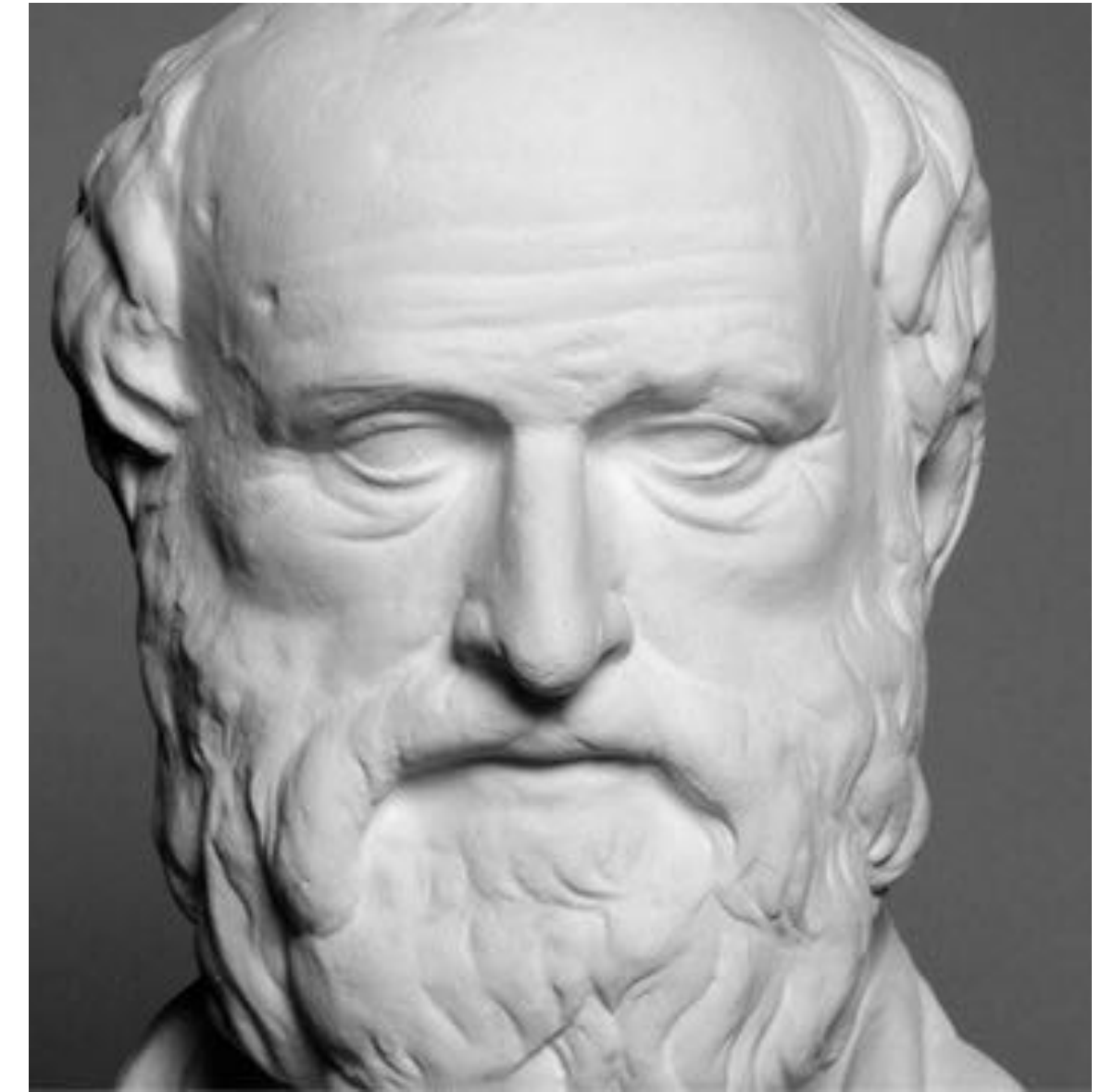
$$R_{Maan} \approx \frac{1}{3} R_{Aarde}$$



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is de Aarde dan?

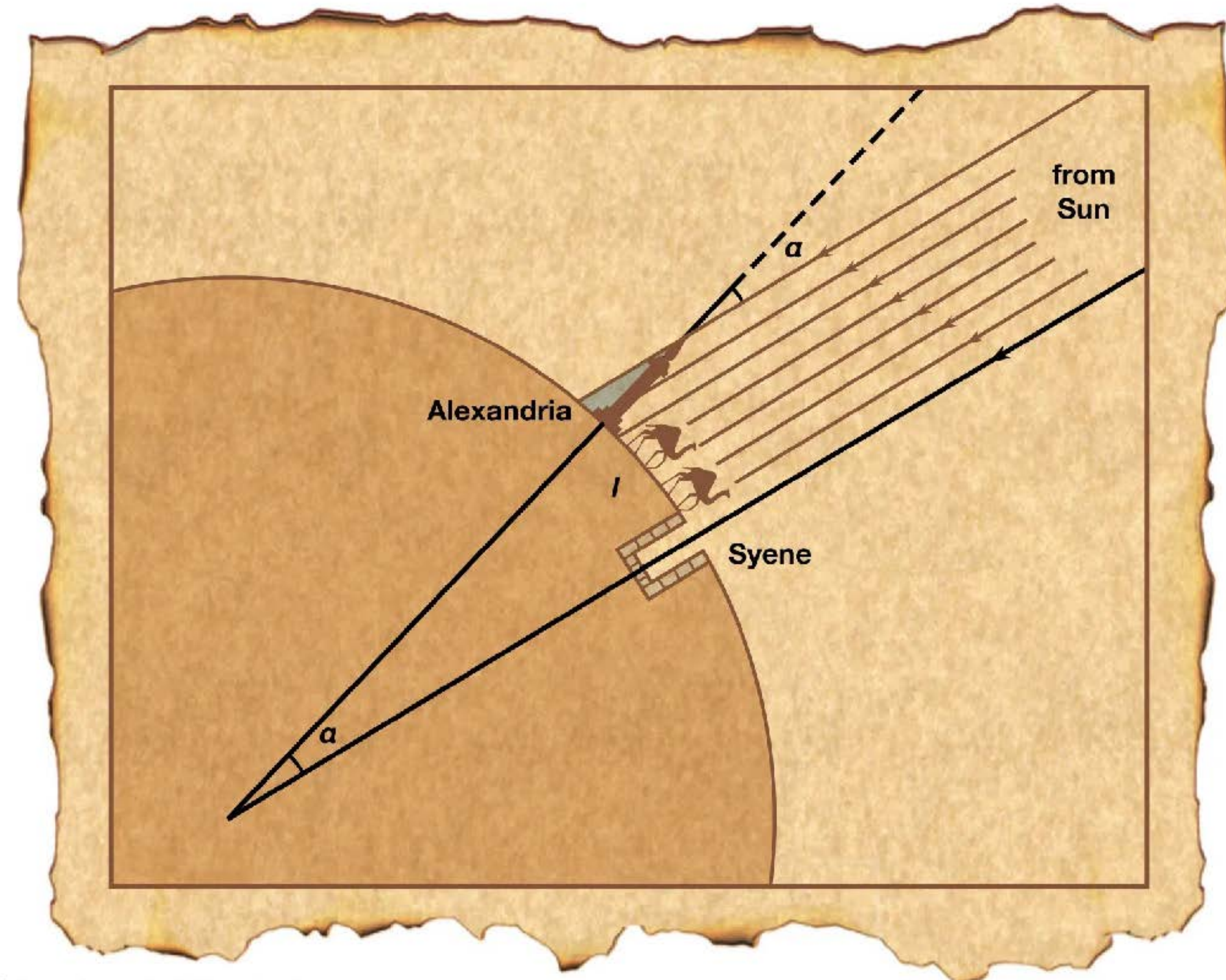


Eratosthenes
(c. 276-194 v.C.)

Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is de Aarde dan?
- Afstand Alexandria - Syene 5000 stadia (787 km)



Ons Zonnestelsel

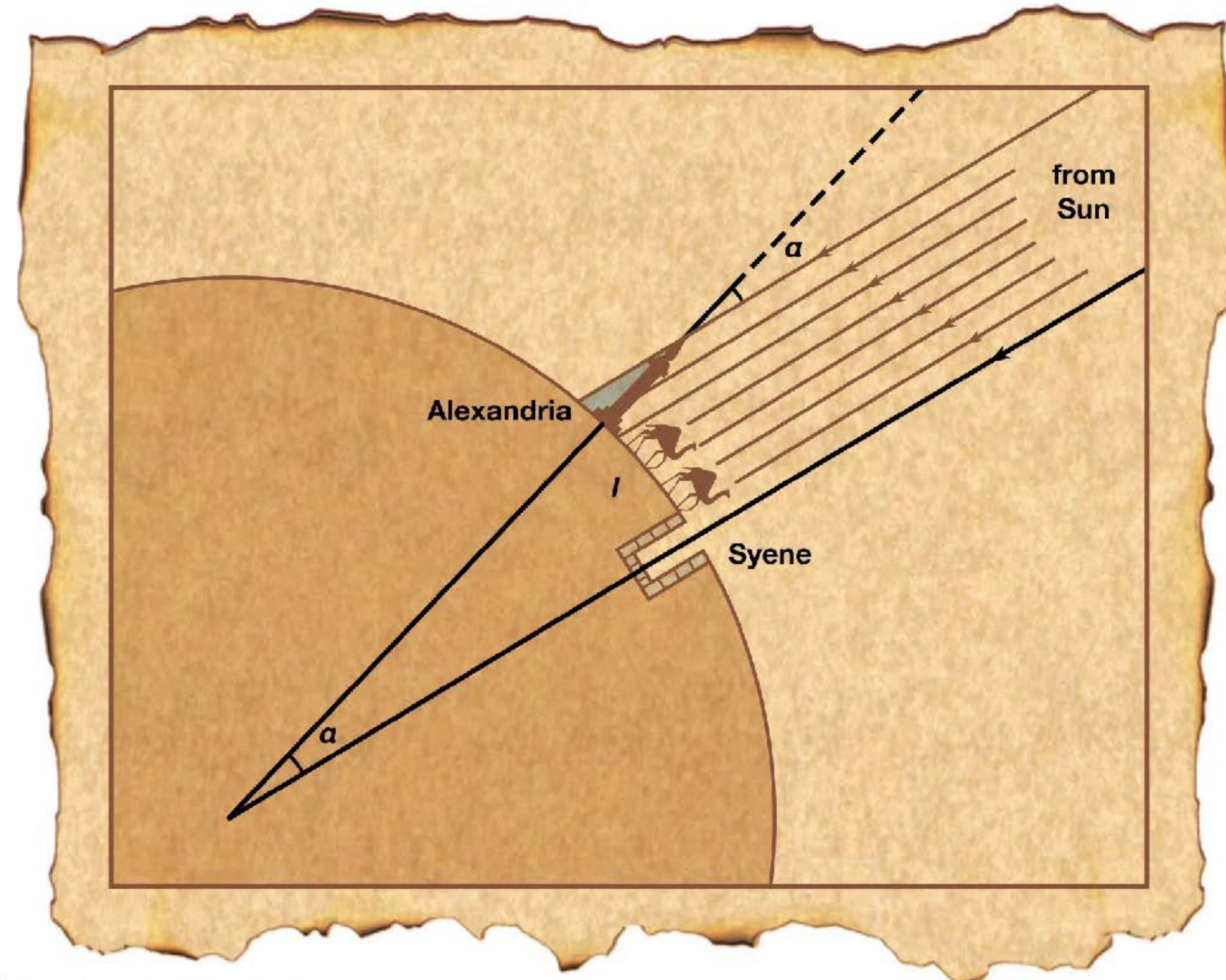
~500 v.C. - Griekenland

- Maar hoe groot is de Aarde dan?
- Afstand Alexandria - Syene
5000 stadia (787 km)

$$\alpha = 7^\circ \approx \frac{1}{50} \text{ cirkel}$$

$$5000 \text{ stadia} \times 50 = 250.000 \text{ stadia} \\ (\approx 40.000 \text{ km})$$

$$R_{\text{aarde}} \approx 40.000 \text{ km} / 2\pi \approx 6.370 \text{ km}$$



Ons Zonnestelsel

~500 v.C. - Griekenland

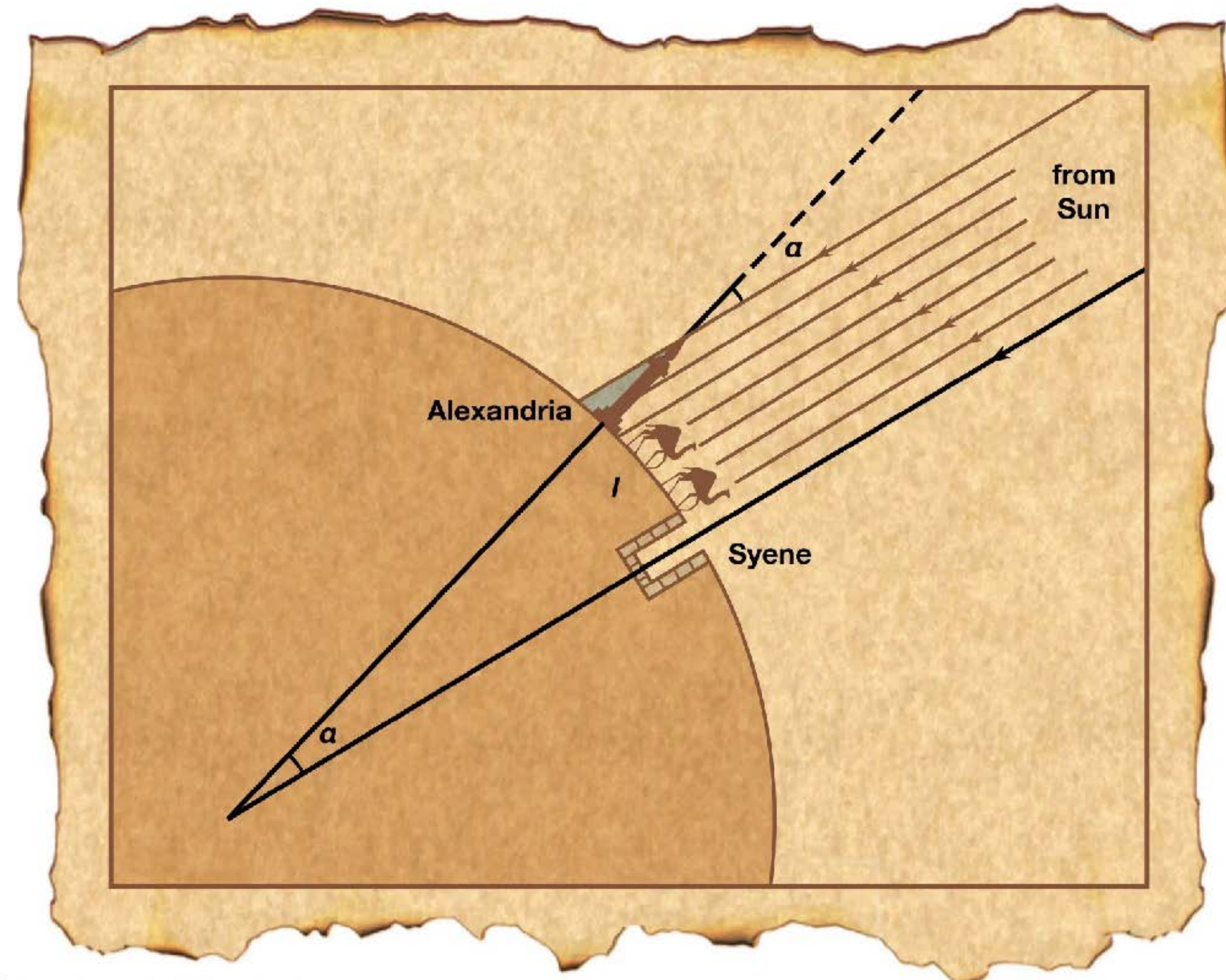
- Maar hoe groot is de Aarde dan?
- Afstand Alexandria - Syene
5000 stadia (787 km)

$$\alpha = 7^\circ \approx \frac{1}{50} \text{ cirkel}$$

$$5000 \text{ stadia} \times 50 = 250.000 \text{ stadia} \\ (\approx 40.000 \text{ km})$$

$$R_{\text{aarde}} \approx 40.000 \text{ km} / 2\pi \approx 6.370 \text{ km}$$

Maar 2% ernaast!



Ons Zonnestelsel

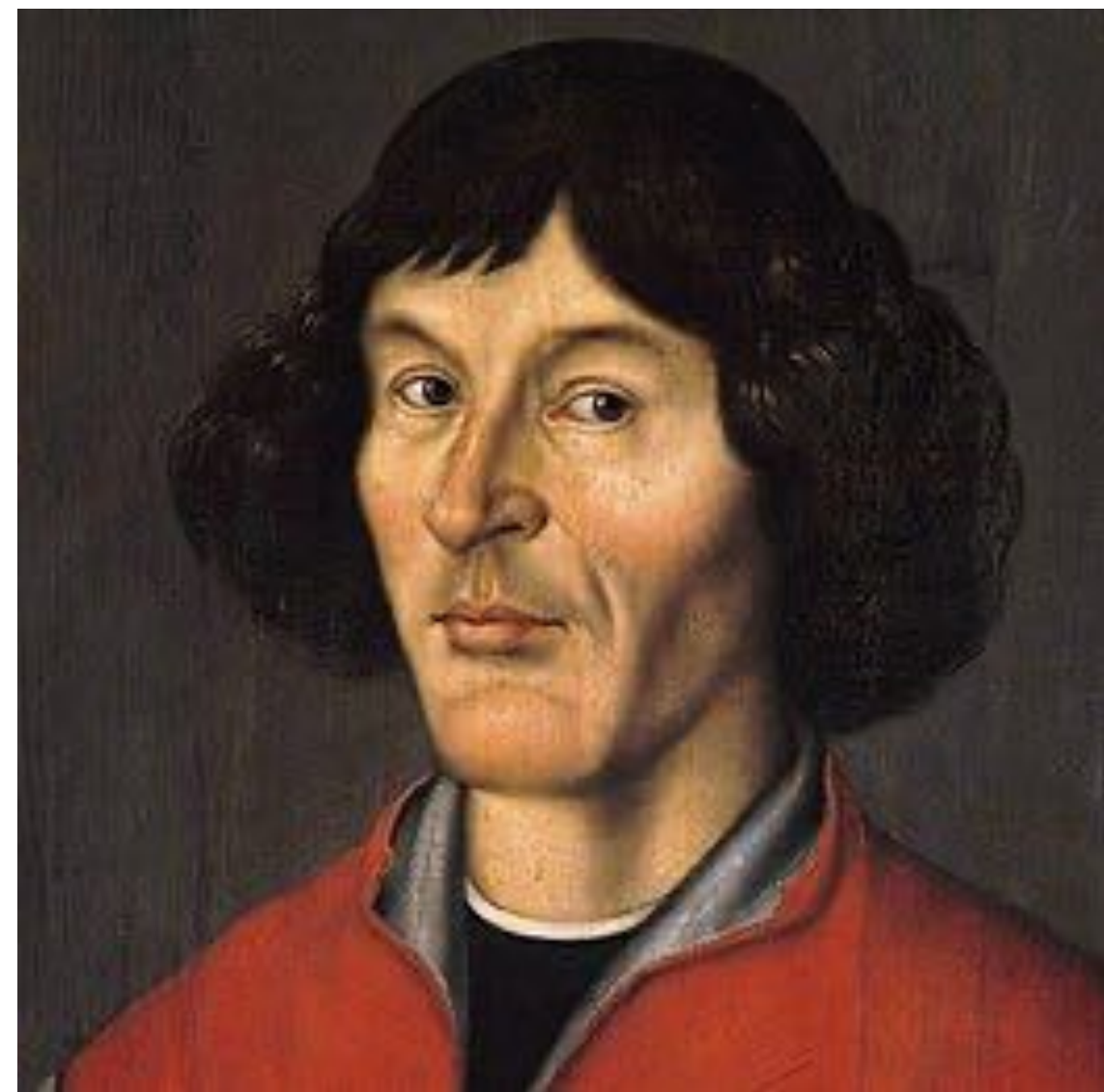
~1500 n.C. - Duitsland

- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend

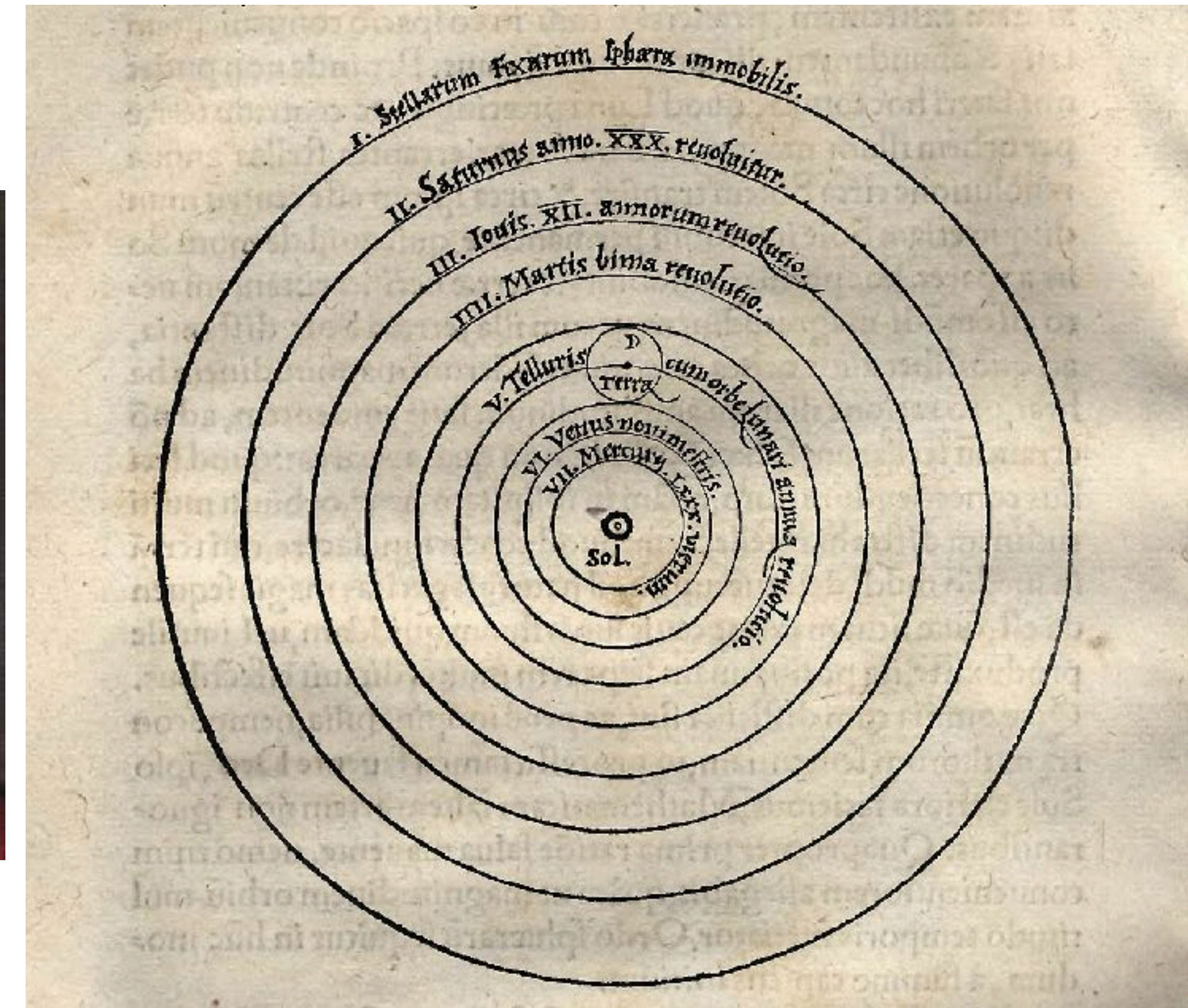
Ons Zonnestelsel

~1500 n.C. - Duitsland

- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend
- Copernicus bevestigd heliocentrisch wereldbeeld



Copernicus
(1473-1543)



Ons Zonnestelsel

~1500 n.C. - Duitsland

- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend
- Copernicus bevestigd heliocentrisch wereldbeeld
- Kepler bedacht methode om grootte afstand te schatten dankzij “transit”

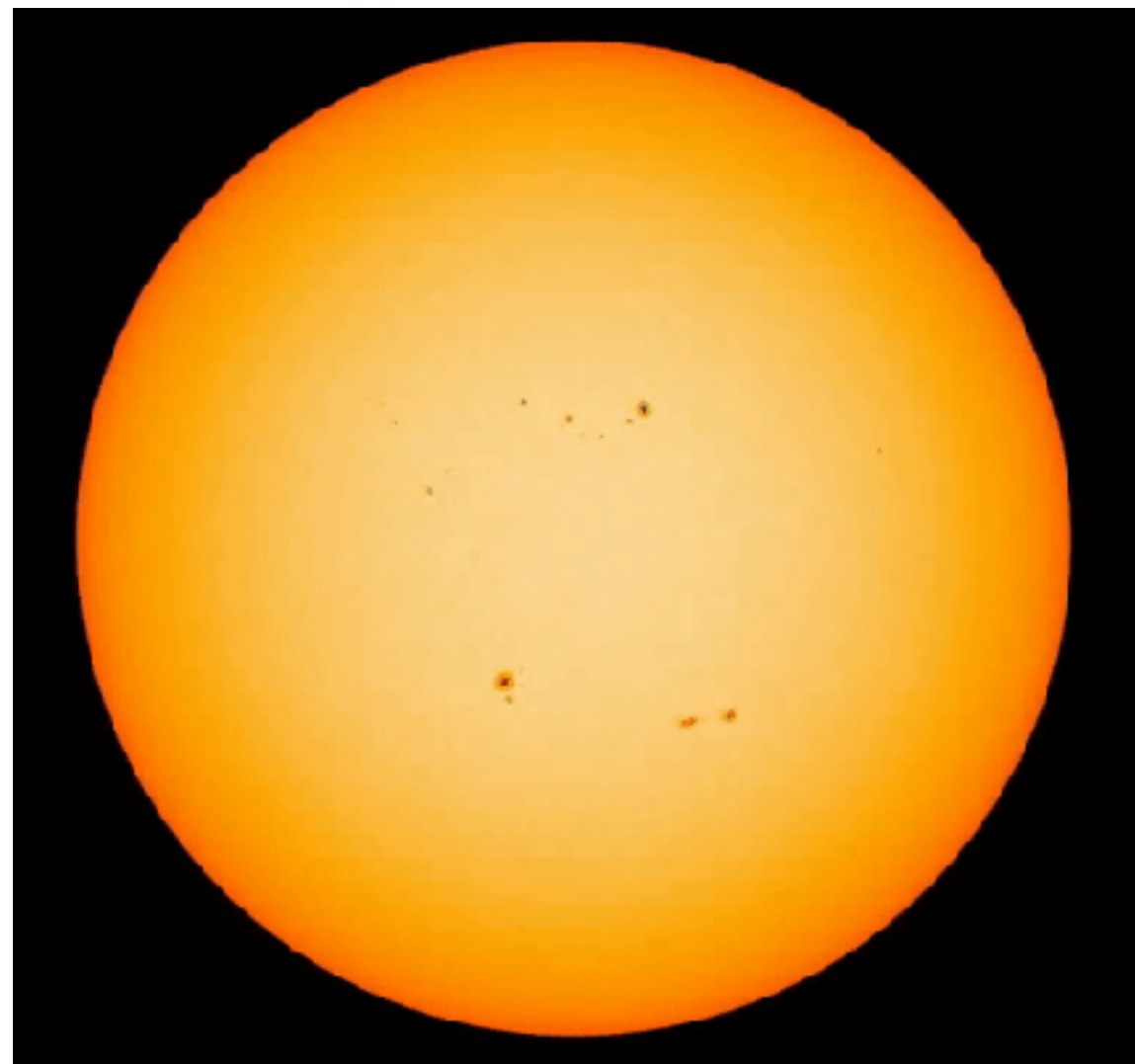


Kepler
(1571-1630)

Ons Zonnestelsel

~1500 n.C. - Duitsland

- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend
- Copernicus bevestigd heliocentrisch wereldbeeld
- Kepler bedacht methode om grootte afstand te schatten dankzij “transit”

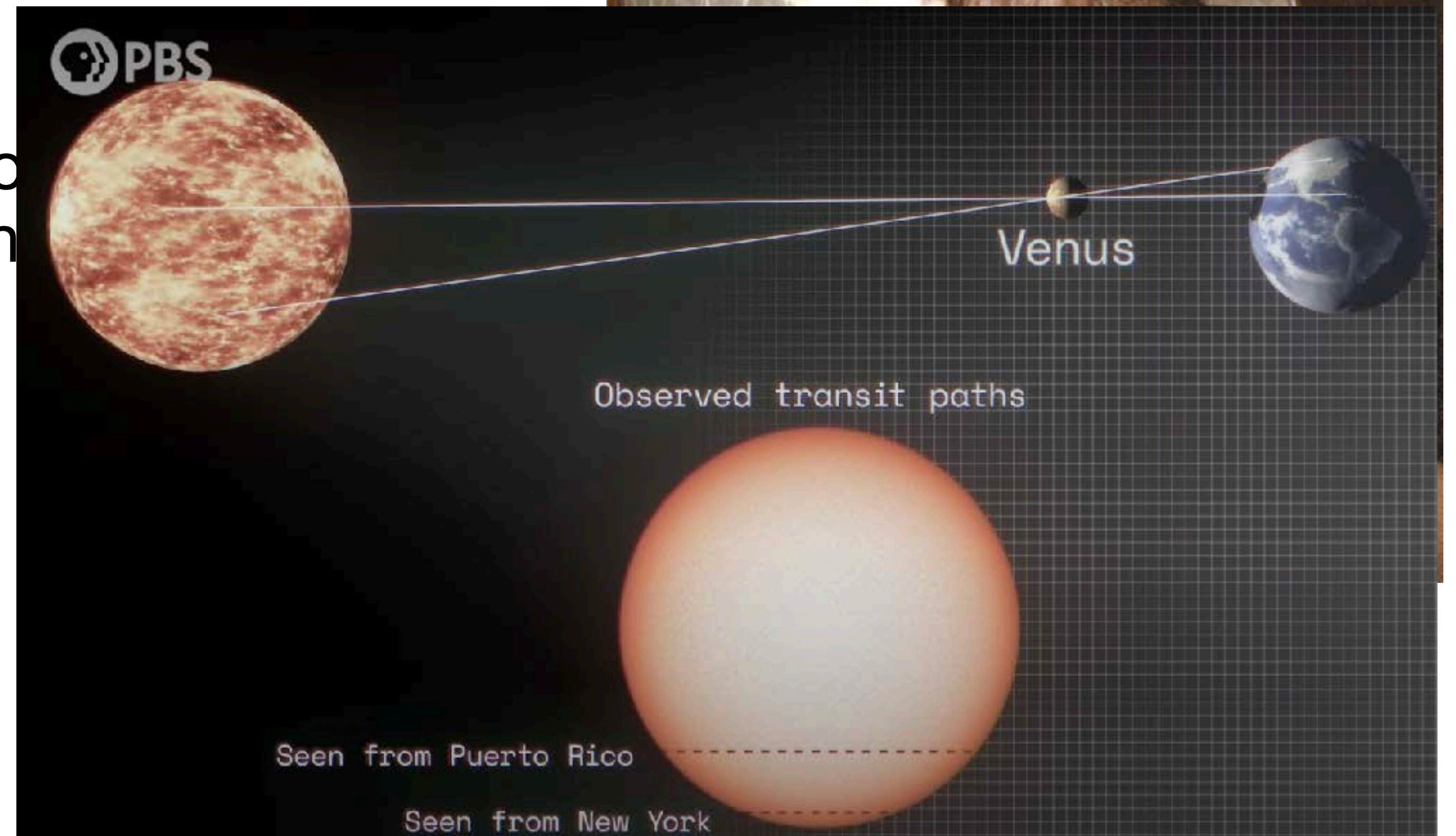
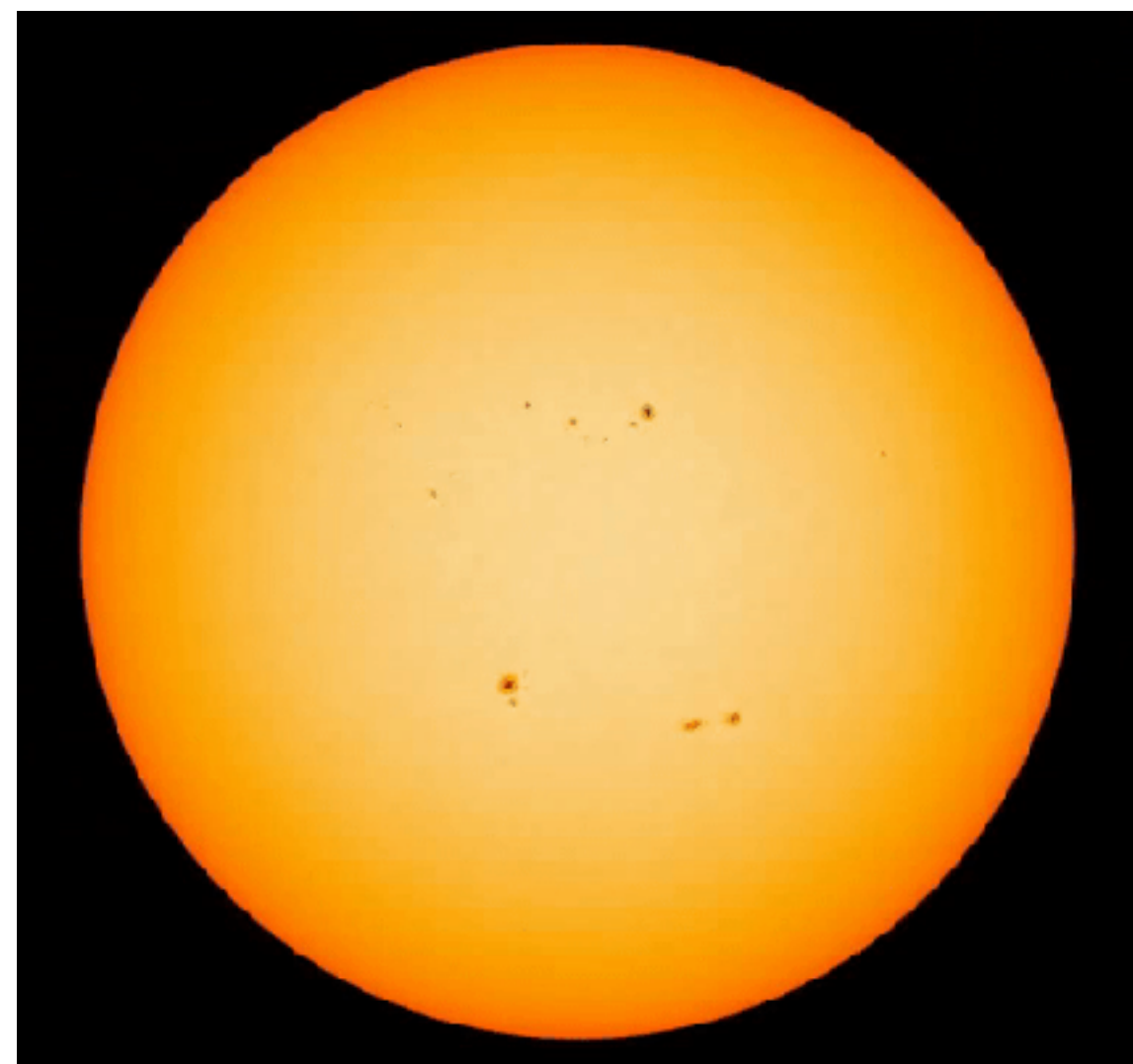


Kepler
(1571-1630)

Ons Zonnestelsel

~1500 n.C. - Duitsland

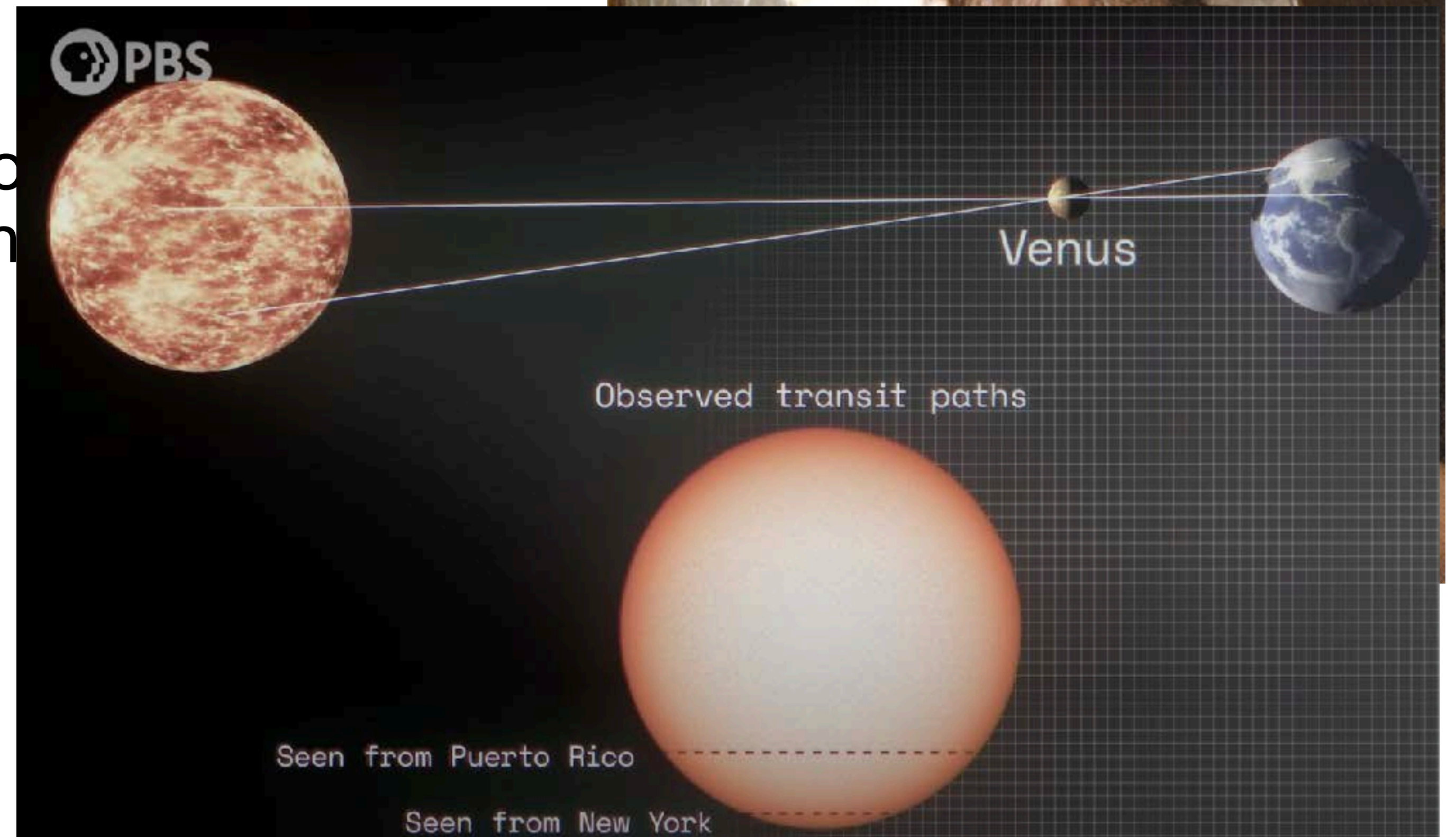
- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend
- Copernicus bevestigd heliocentrisch wereldbeeld
- Kepler bedacht methode om grote afstand te schatten dankzij "transits"



Ons Zonnestelsel

~1500 n.C. - Duitsland

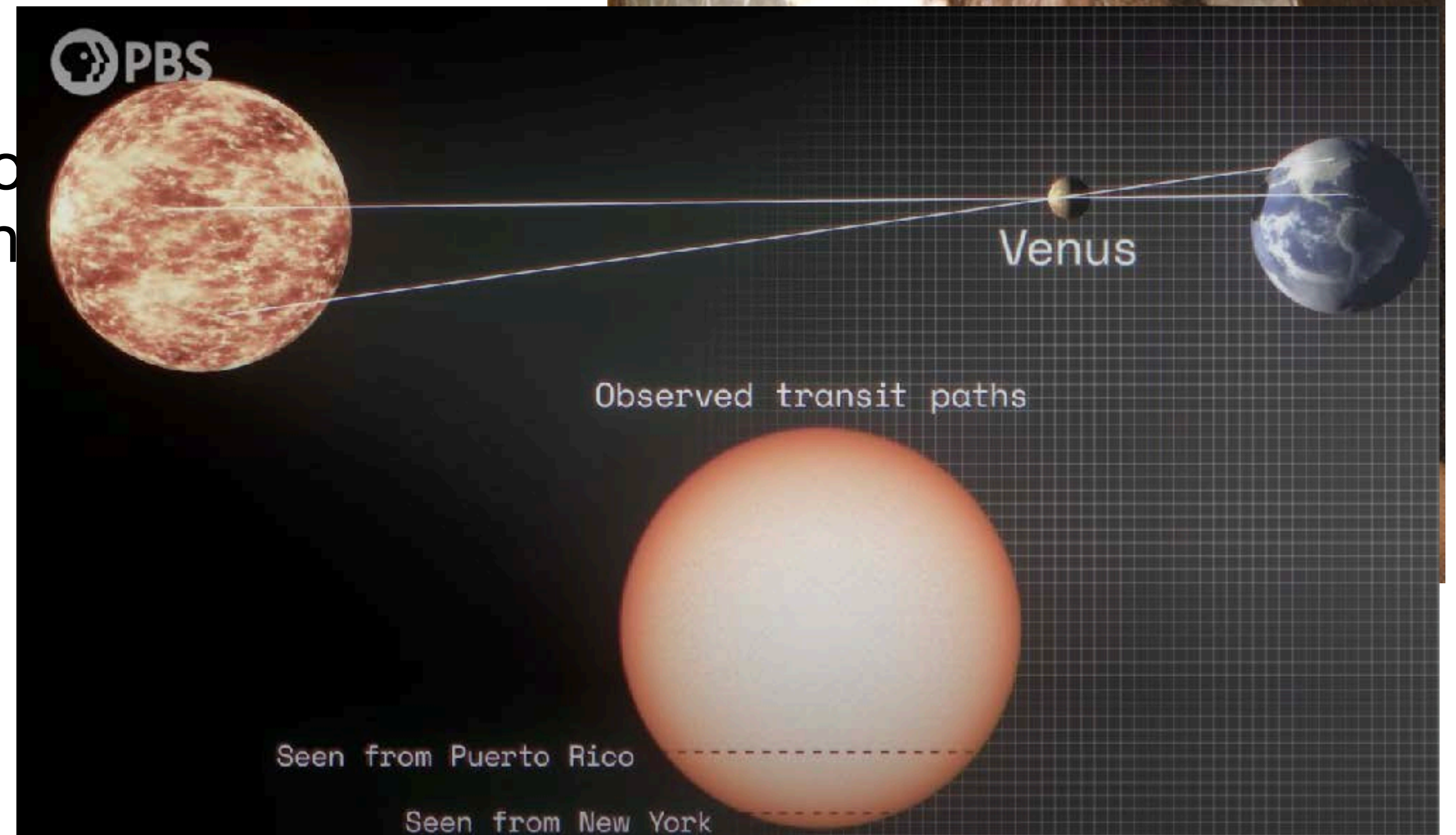
- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend
- Copernicus bevestigd heliocentrisch wereldbeeld
- Kepler bedacht methode om grote afstand te schatten dankzij "transits"
- Experiment is wereldwijd gedaan in 1761



Ons Zonnestelsel

~1500 n.C. - Duitsland

- Alleen afstand Aarde-Zon (1AU) nog onbekend
- Copernicus bevestigd heliocentrisch wereldbeeld
- Kepler bedacht methode om grote afstand te schatten dankzij "transits"
- Experiment is wereldwijd gedaan in 1761



Gemeten AU = 153.000.000 km

Moderne AU = 149.597.871 km

Planeet Formatie -> Theorie

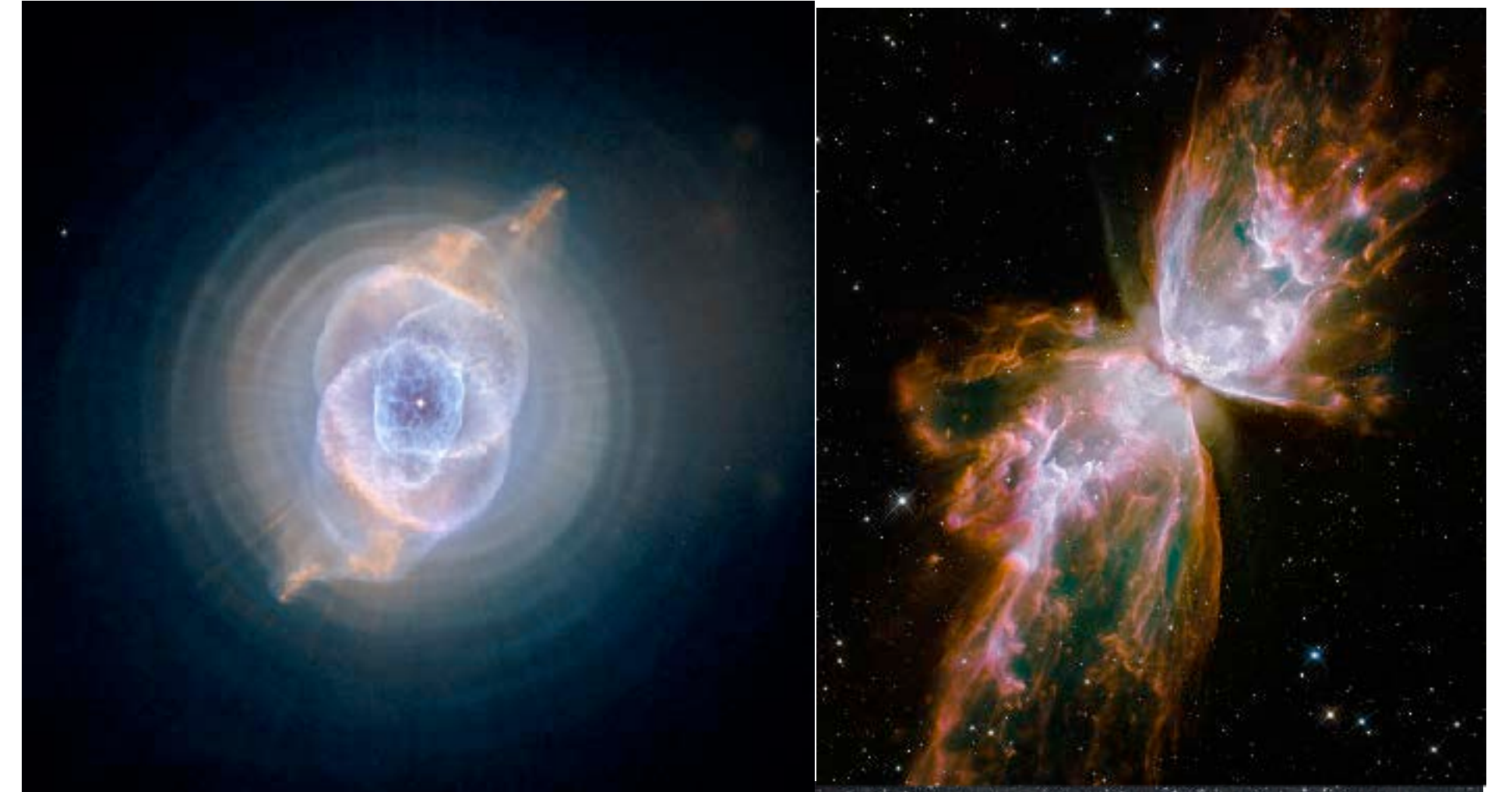
Serieuze theorieën > ~1600

- 'Nevel Hypothese': planeten vormden uit een wolk van gas die rond de zon draaide
- Swedenborg (1734): elementen uit de zon geslingerd, vormen planeten
- Kant (1755): wolken van gas roteren, storten ineem en worden platter door de zwaartekracht
- Laplace (1796): onafhankelijk een zelfde model, maar op kleinere schaal



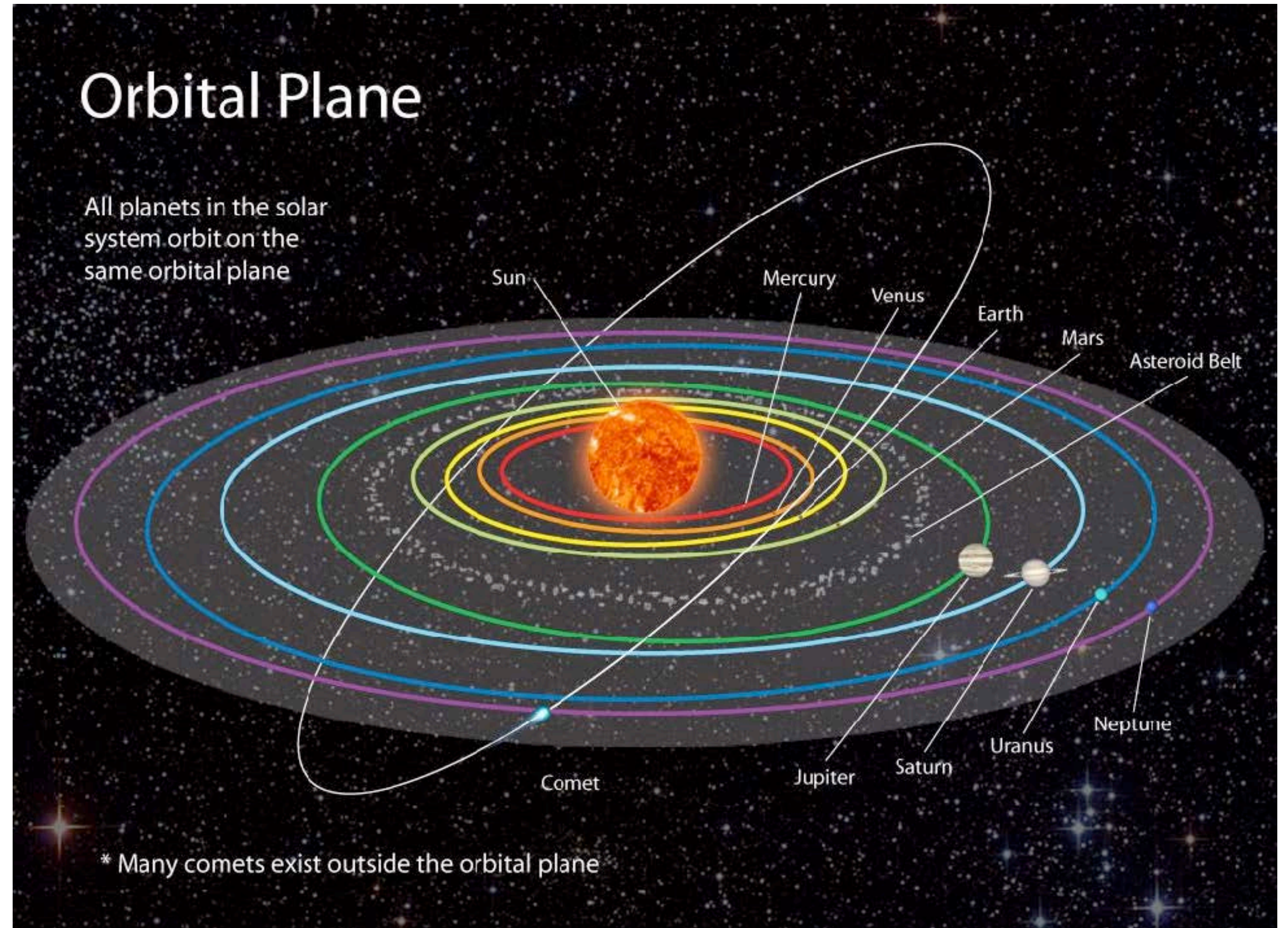
Planeet Formatie -> Theorie

- De term 'nevel' is problematisch
- 'Planetaire Nevel' was al geclaimd
- Oude sterren blazen hun buitenste lagen weg: ioniserende straling geeft prachtige kleuren
- Niets (?) te maken met planeten: eerste plaatjes (18e eeuw) waren wazige ronde vlekjes, en men dacht aan planeten
- Nog meer verwarring: in een eerder stadium spreekt men van een protoplanetaire nevel!



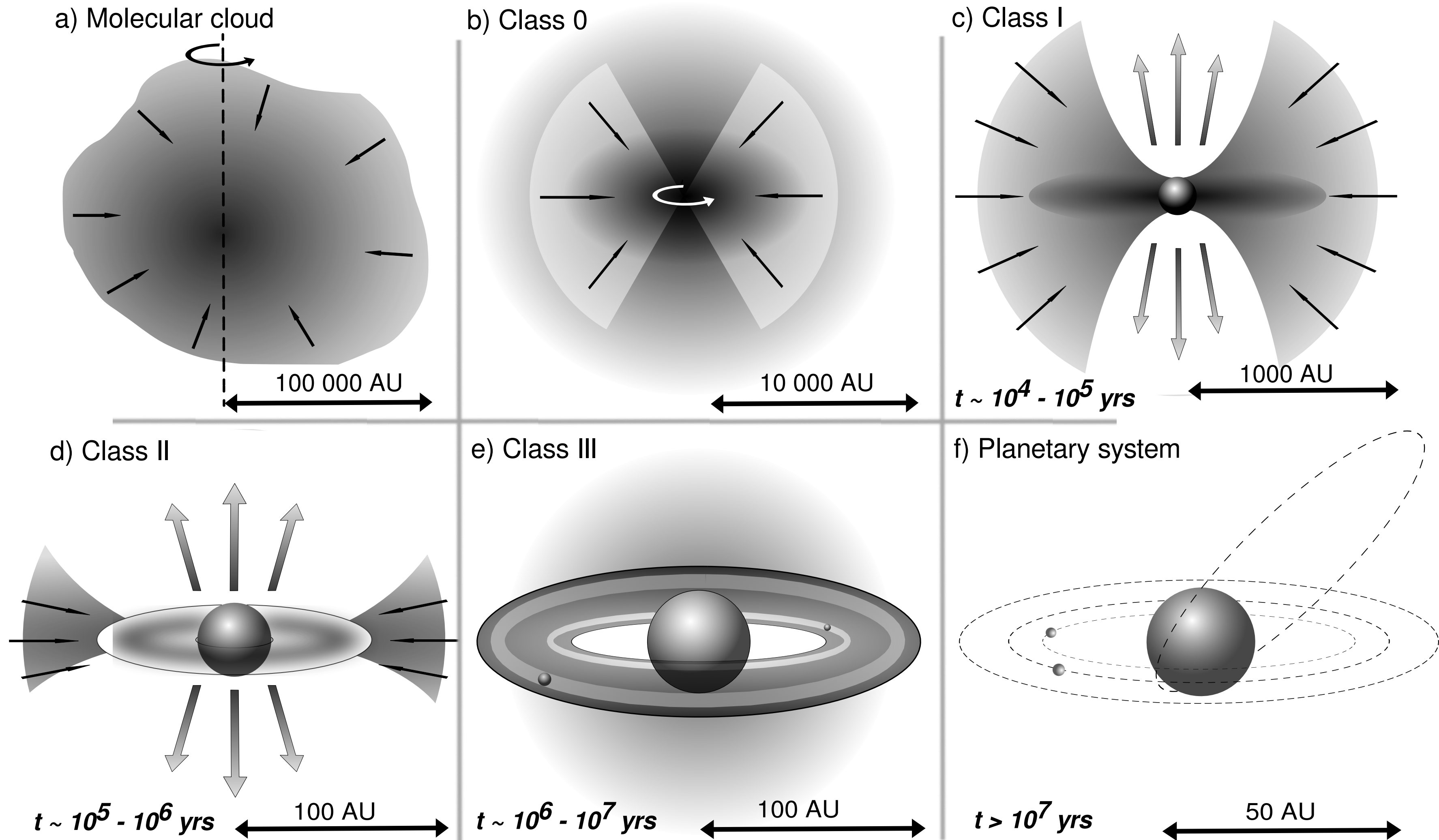
Planeet Formatie -> Theorie

- Grote hint -> alle planeten in “schijf”



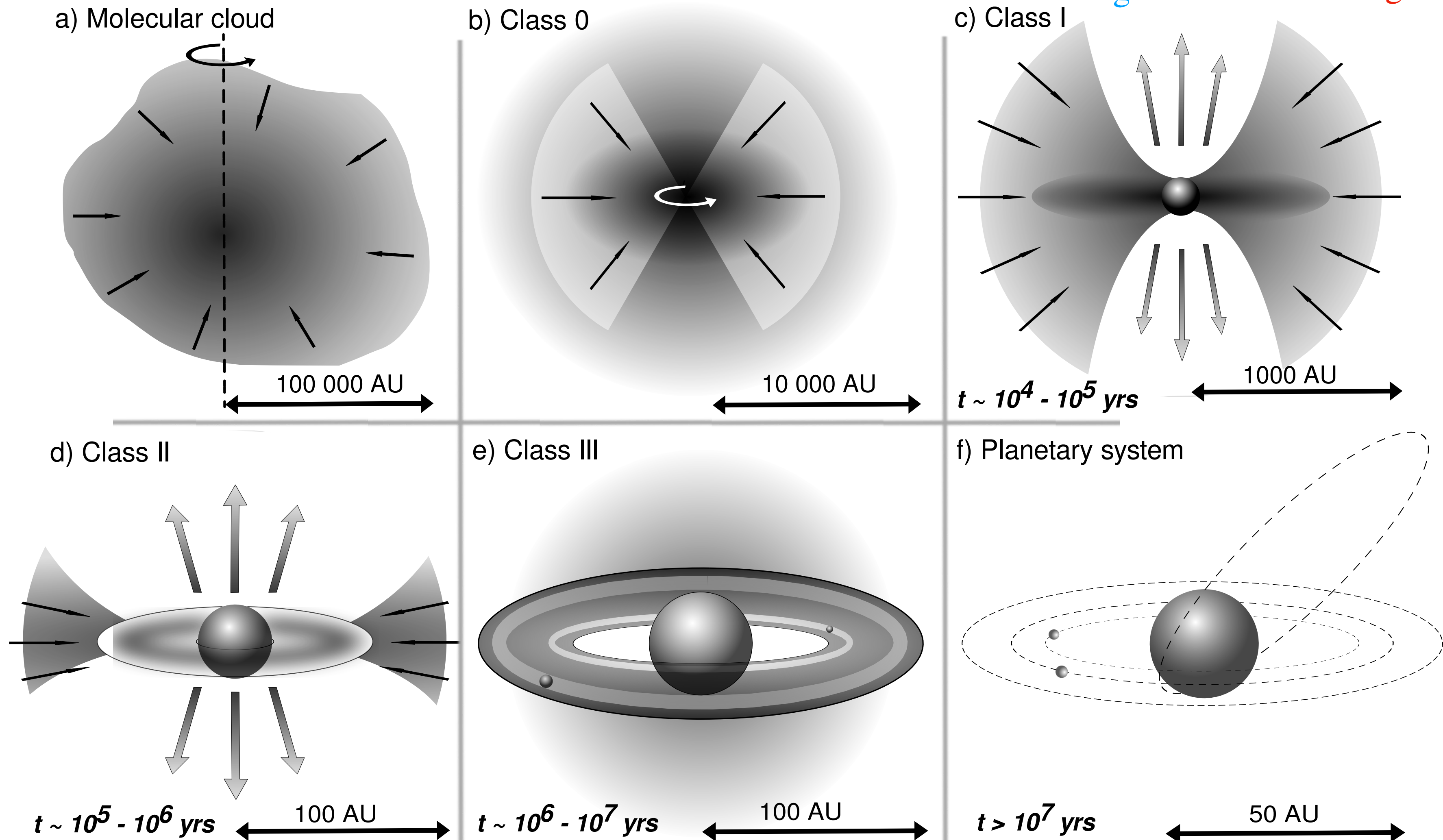
Planeet Formatie -> Theorie

Tijdschaal



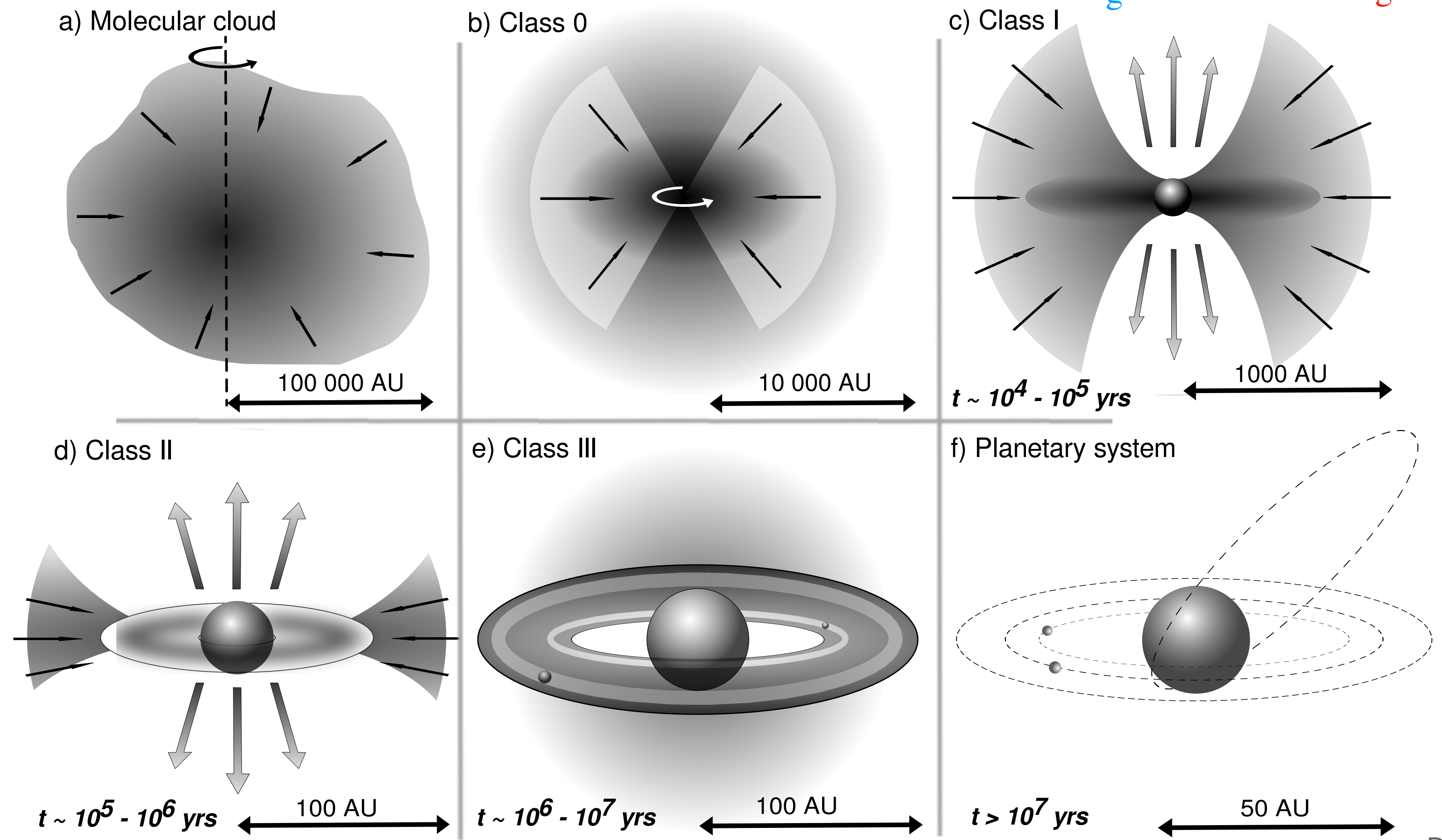
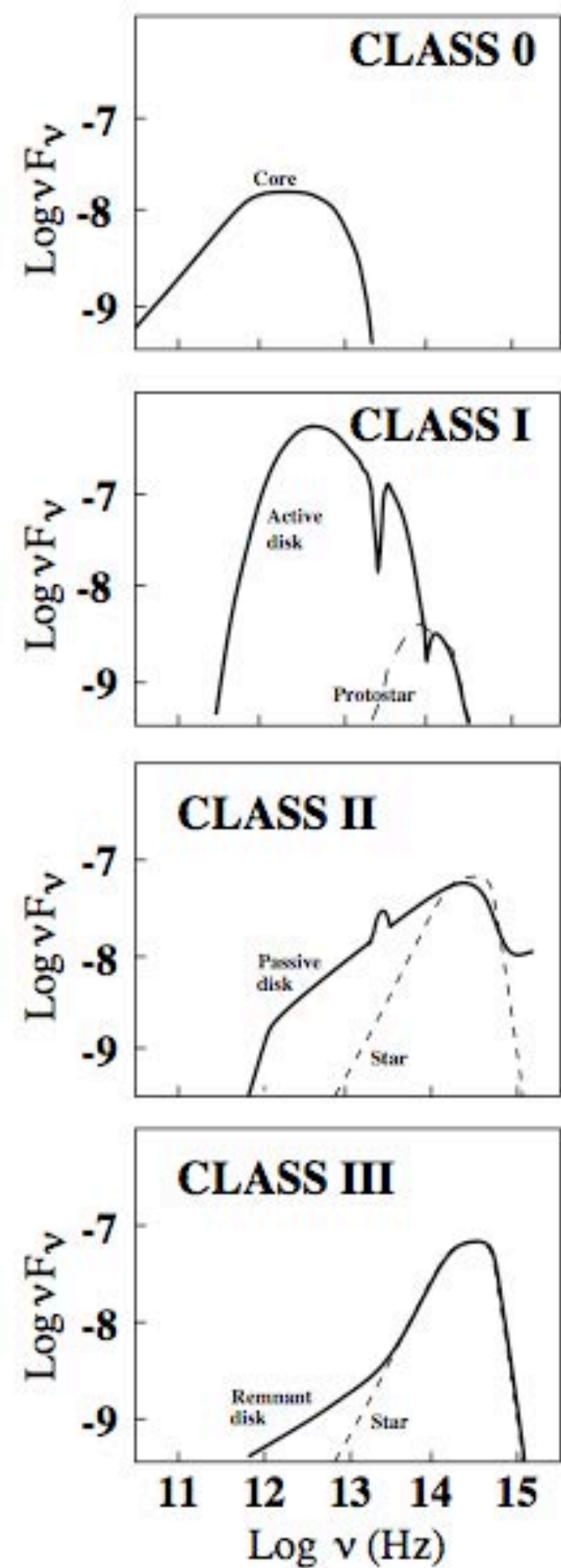
Planeet Formatie -> Theorie

Tijdschaal



Planeet Formatie -> Theorie

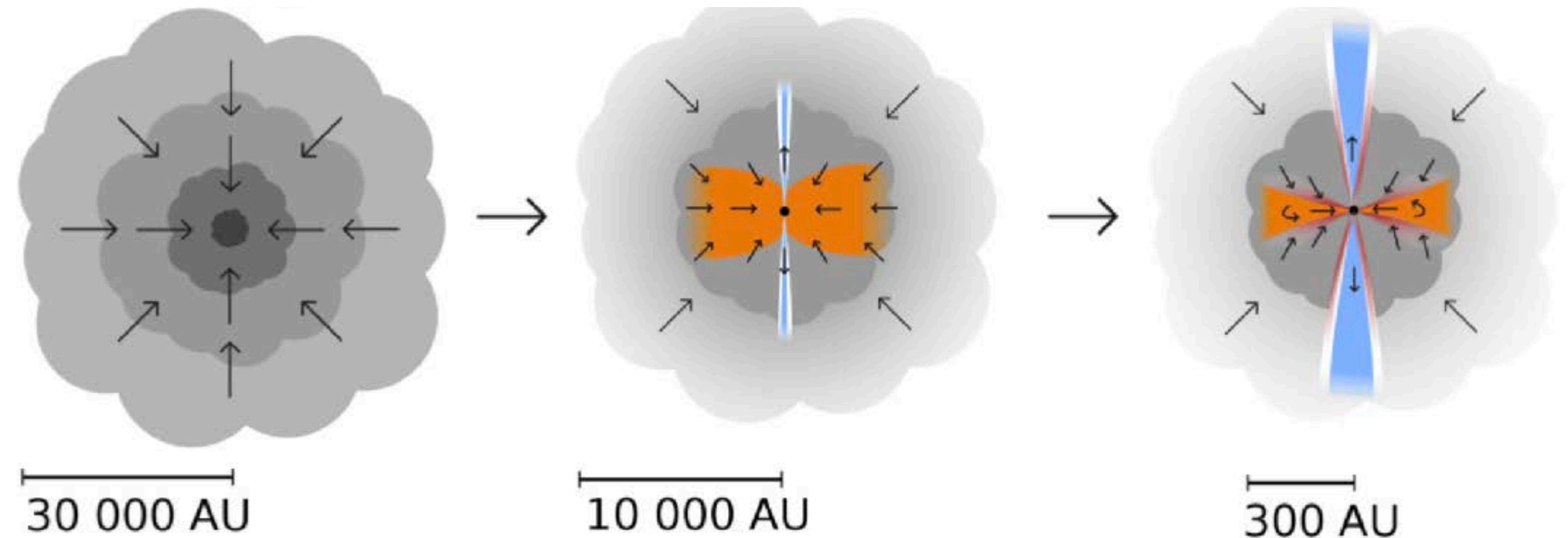
Tijdschaal

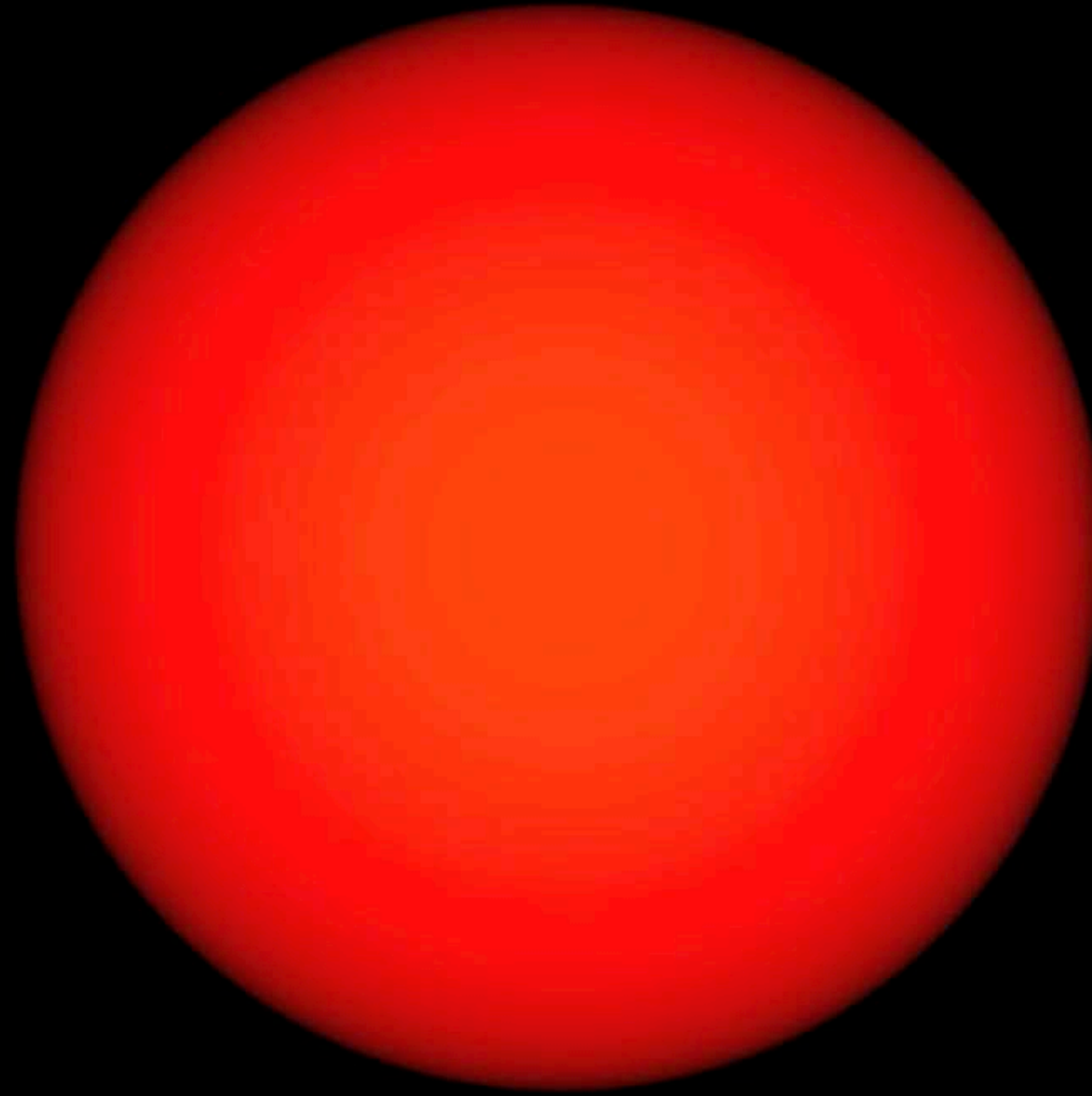


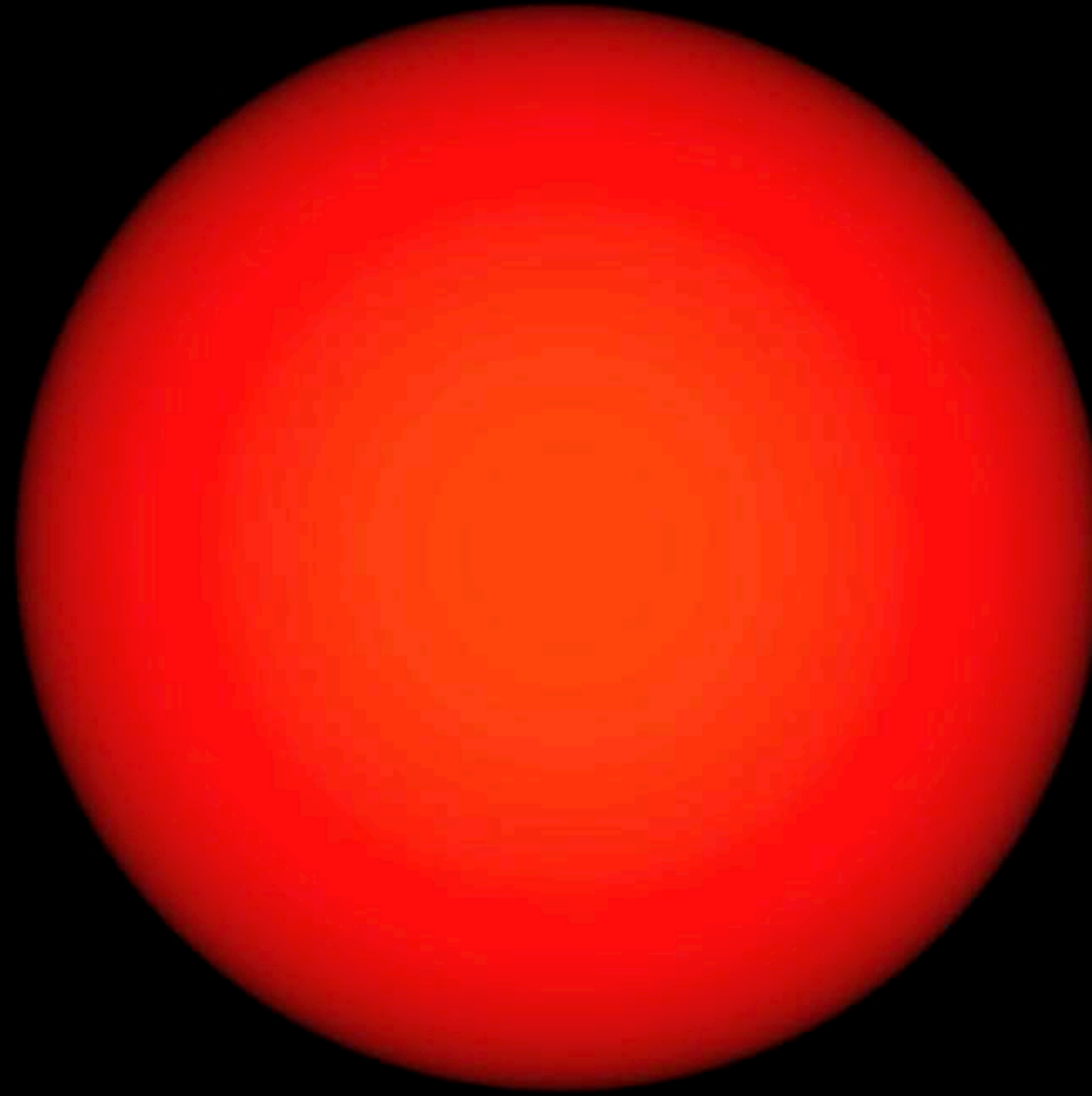
Planeet Formatie -> Theorie

Cloud Collapse

- Terugblik Cloud collapse
- Dichtheid boven kritische dichtheid
 - Supernova
 - Botsing tussen stelsels
- Versplintering door locale dichtheidsverschillen
- Behoud van impulsmoment



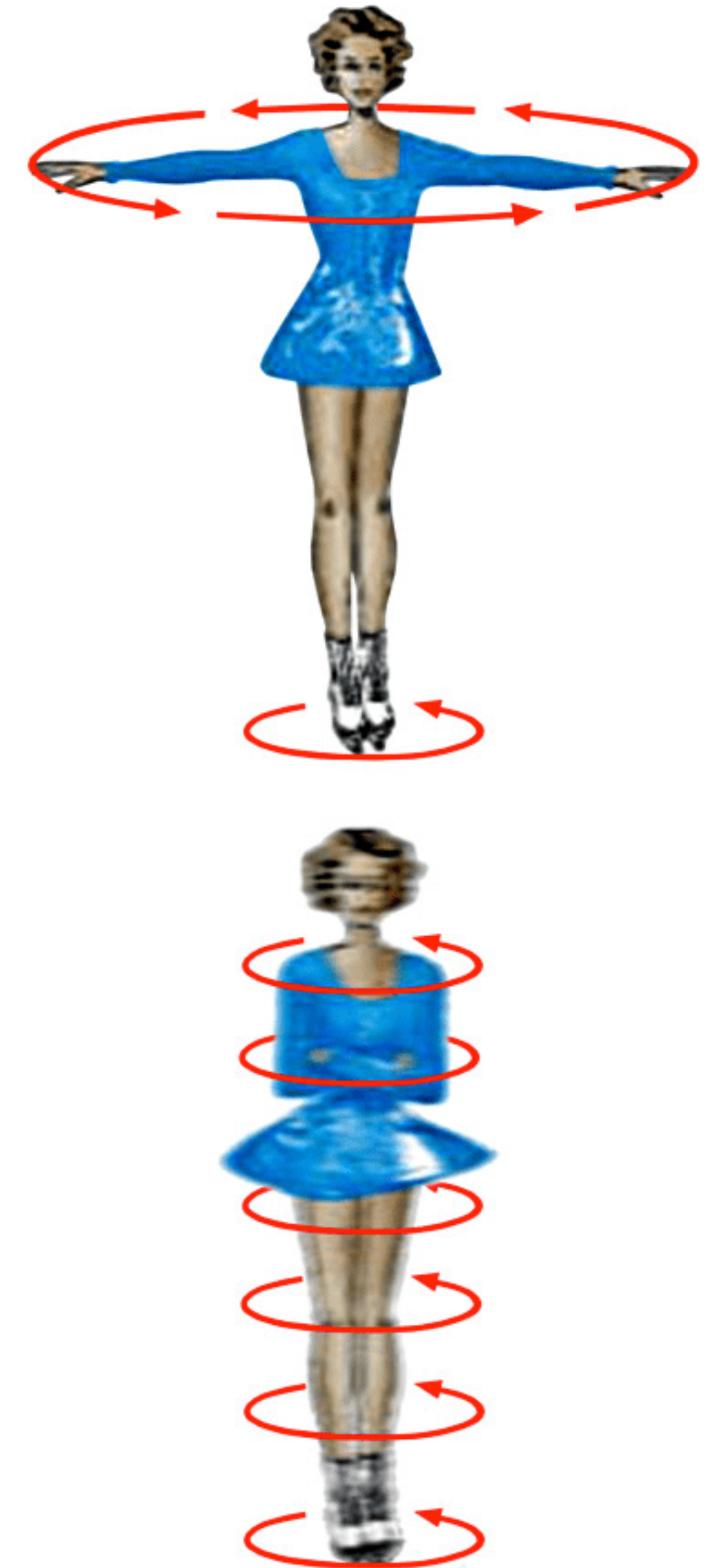




Planeet Formatie -> Theorie

Schijfvorming

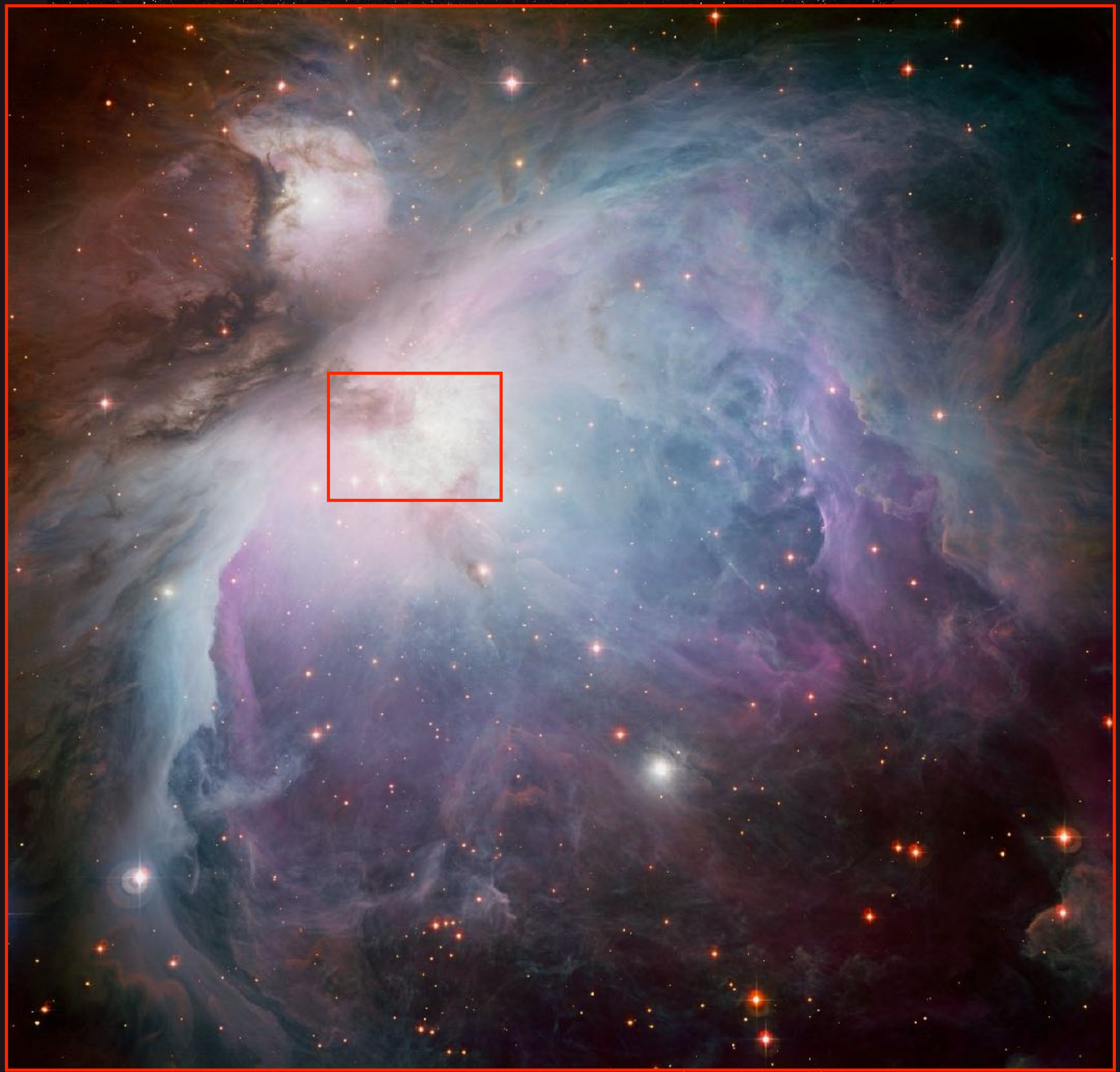
- Behoud van impulsmoment
 - Kleiner worden: rotatie gaat sneller
- Balans gravitationele kracht en centrifugerende kracht
 - Snelle rotatie maakt plat













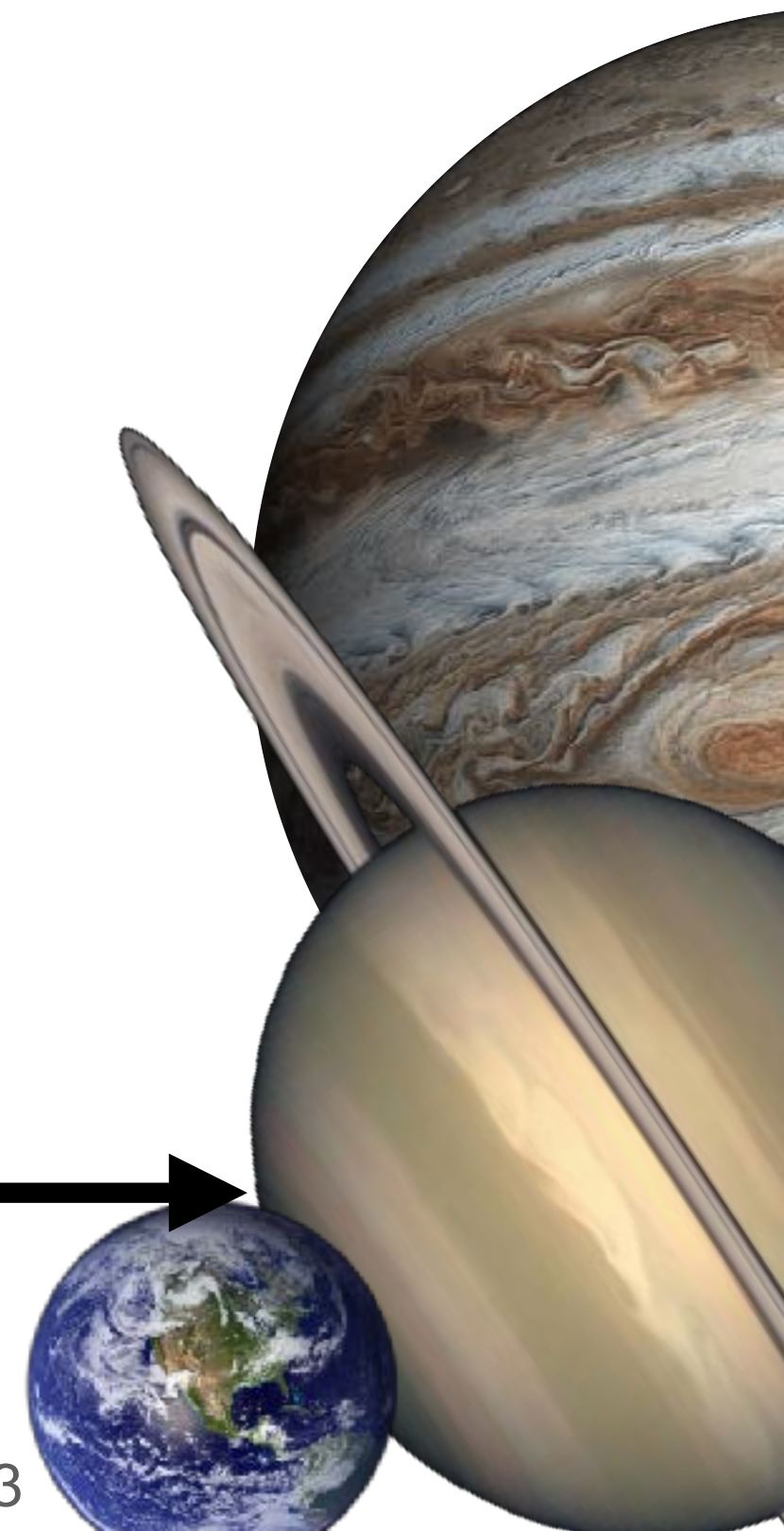
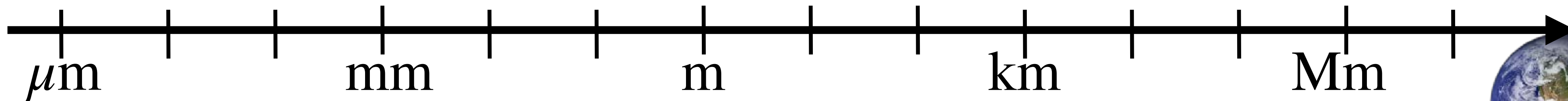




Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus

NASA/HST



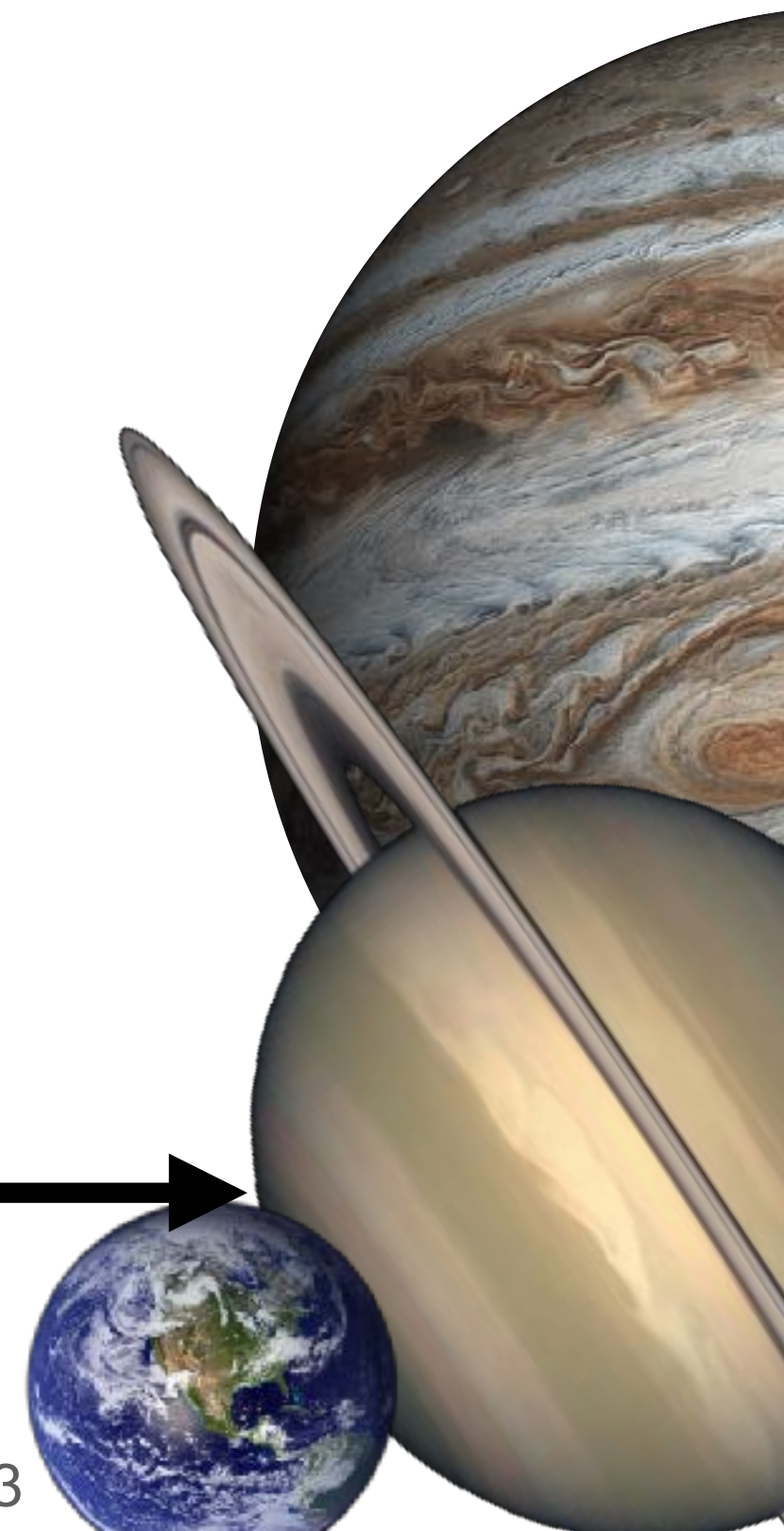
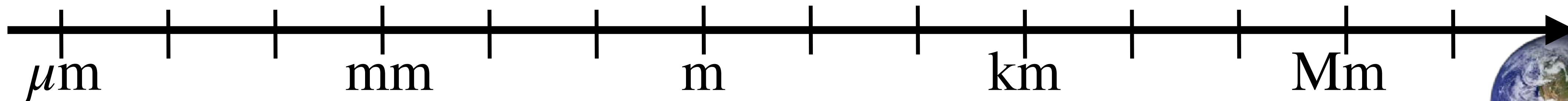
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus

NASA/HST

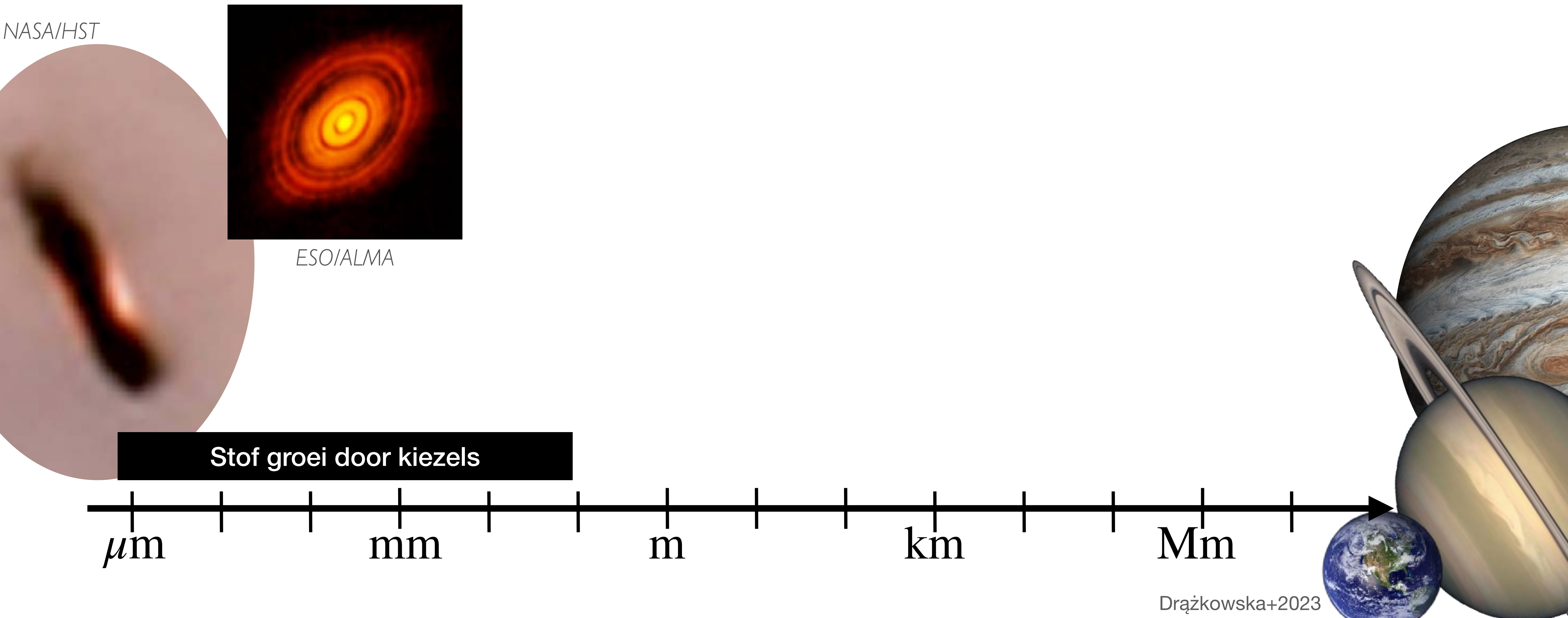


Stof groei door kiezels



Planeet Formatie -> Theorie

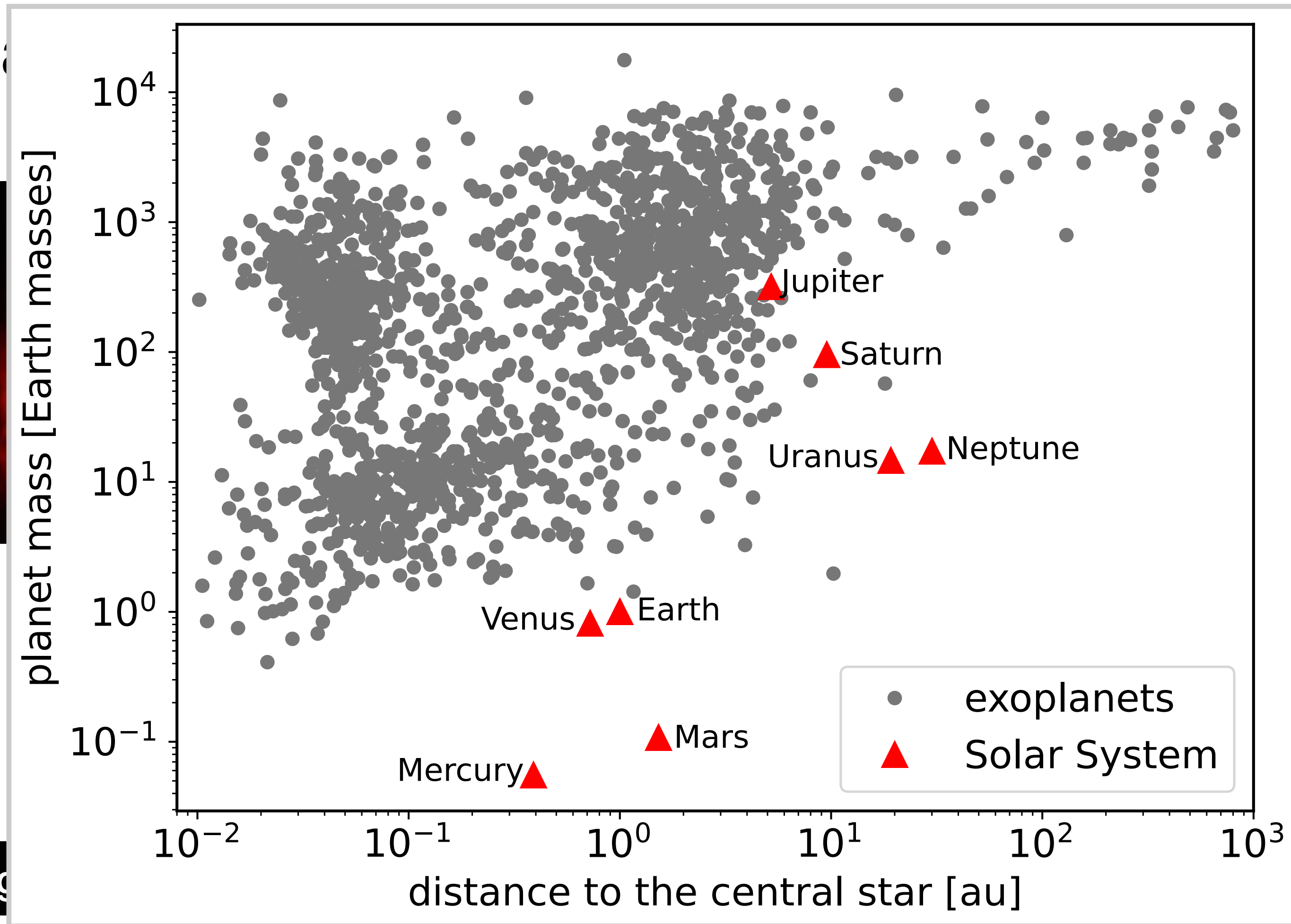
Van μm naar Gas reus



Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar

NASA/HST



Stof g

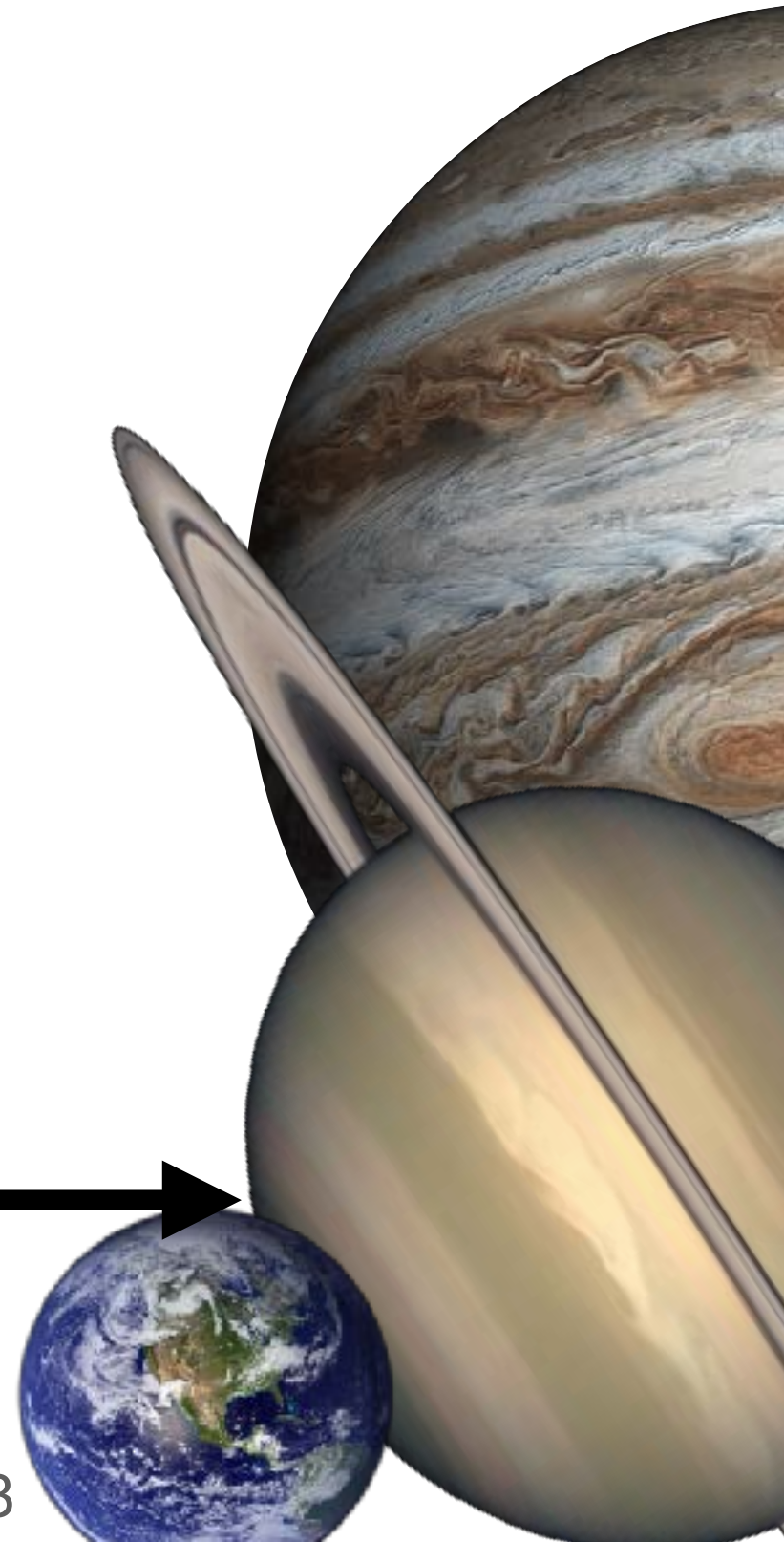
μm

mm

m

km

Mm



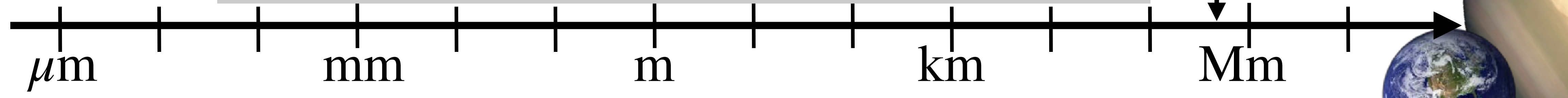
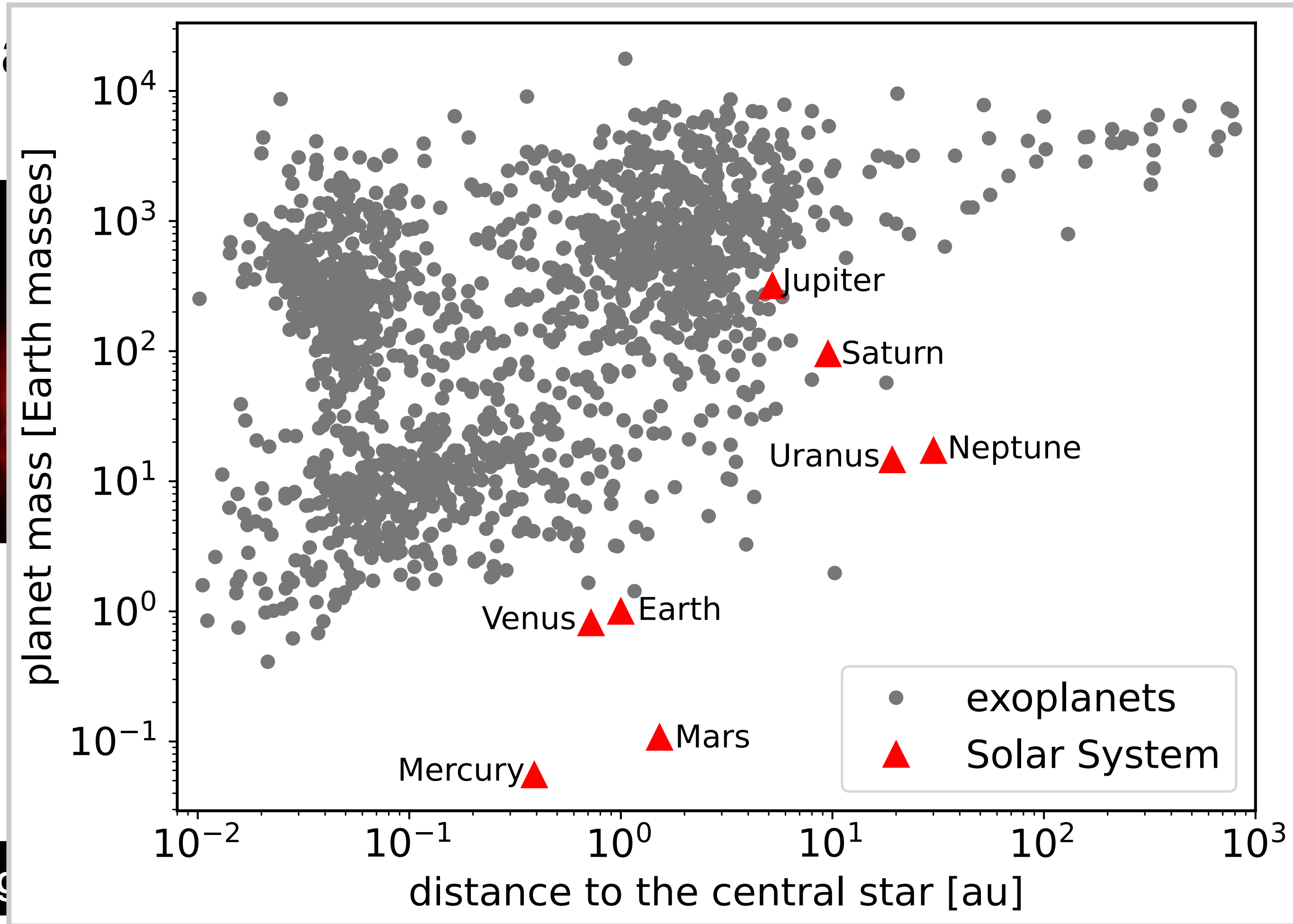
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar

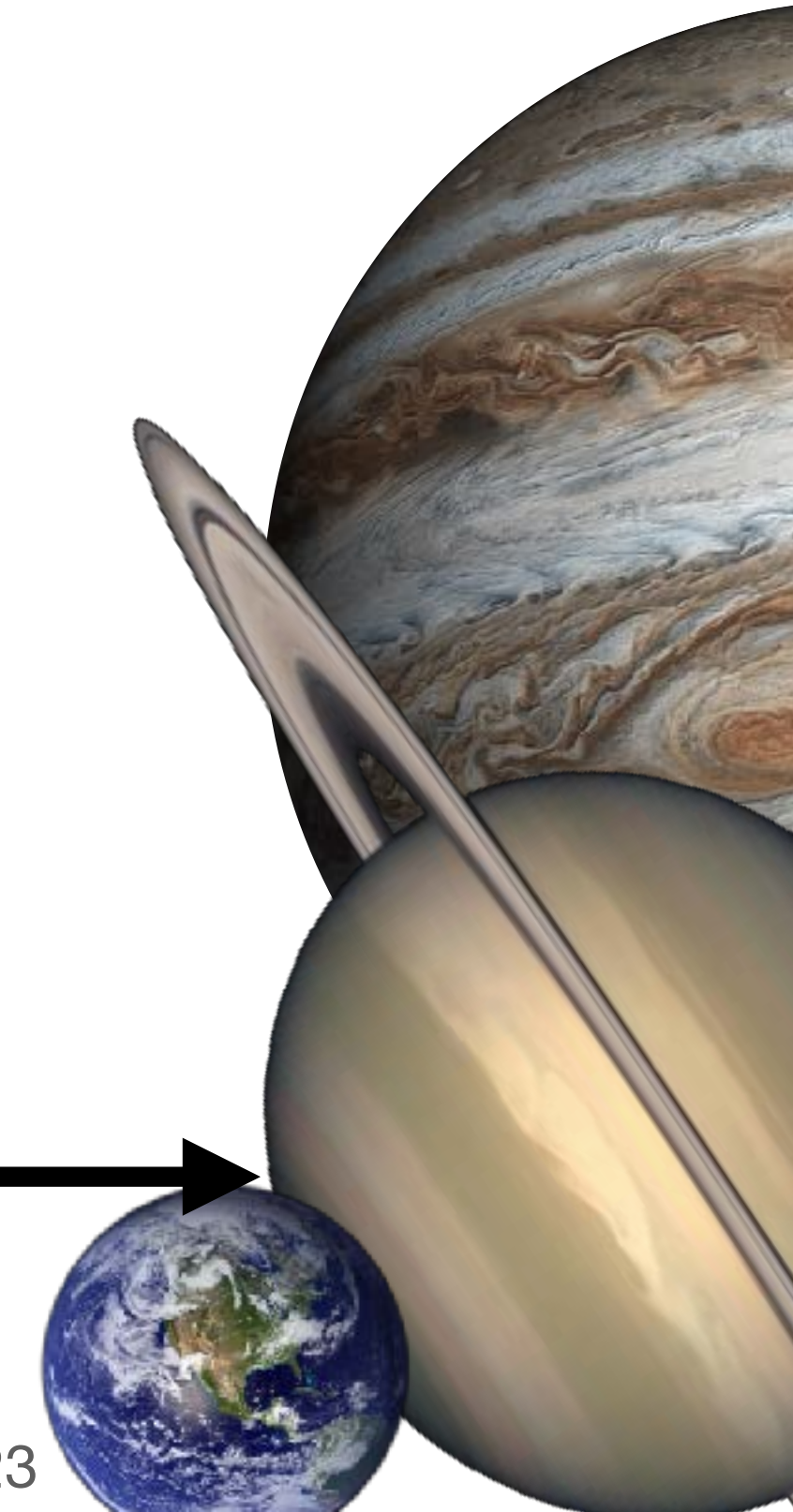
NASA/HST



Stof g



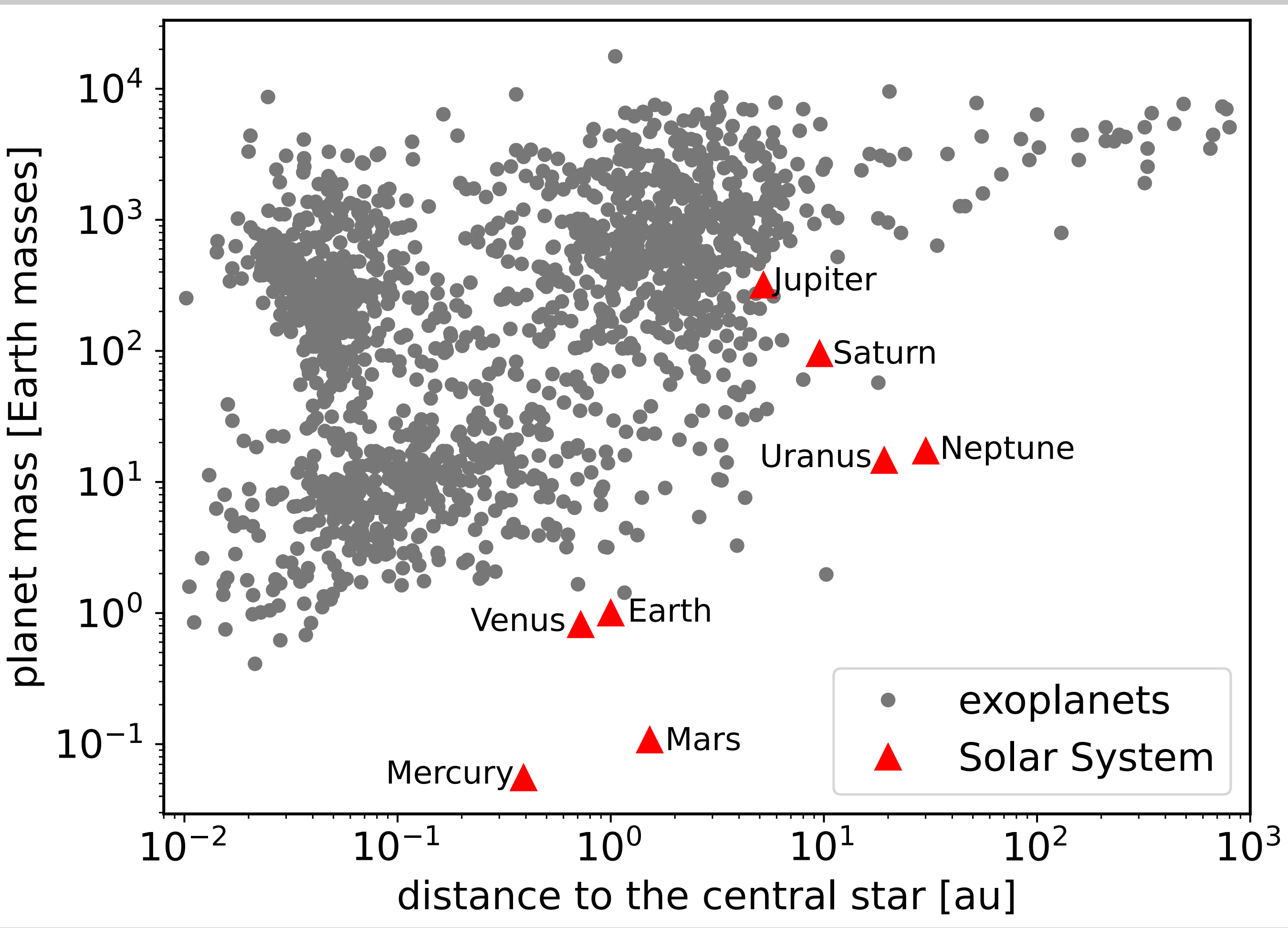
↓ Ceres



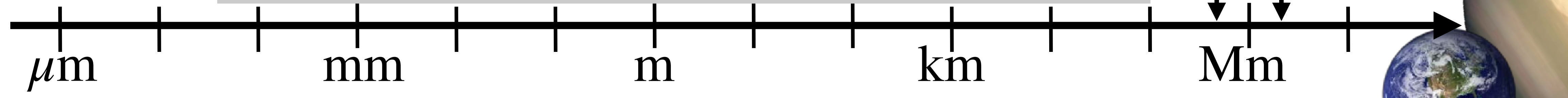
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar

NASA/HST



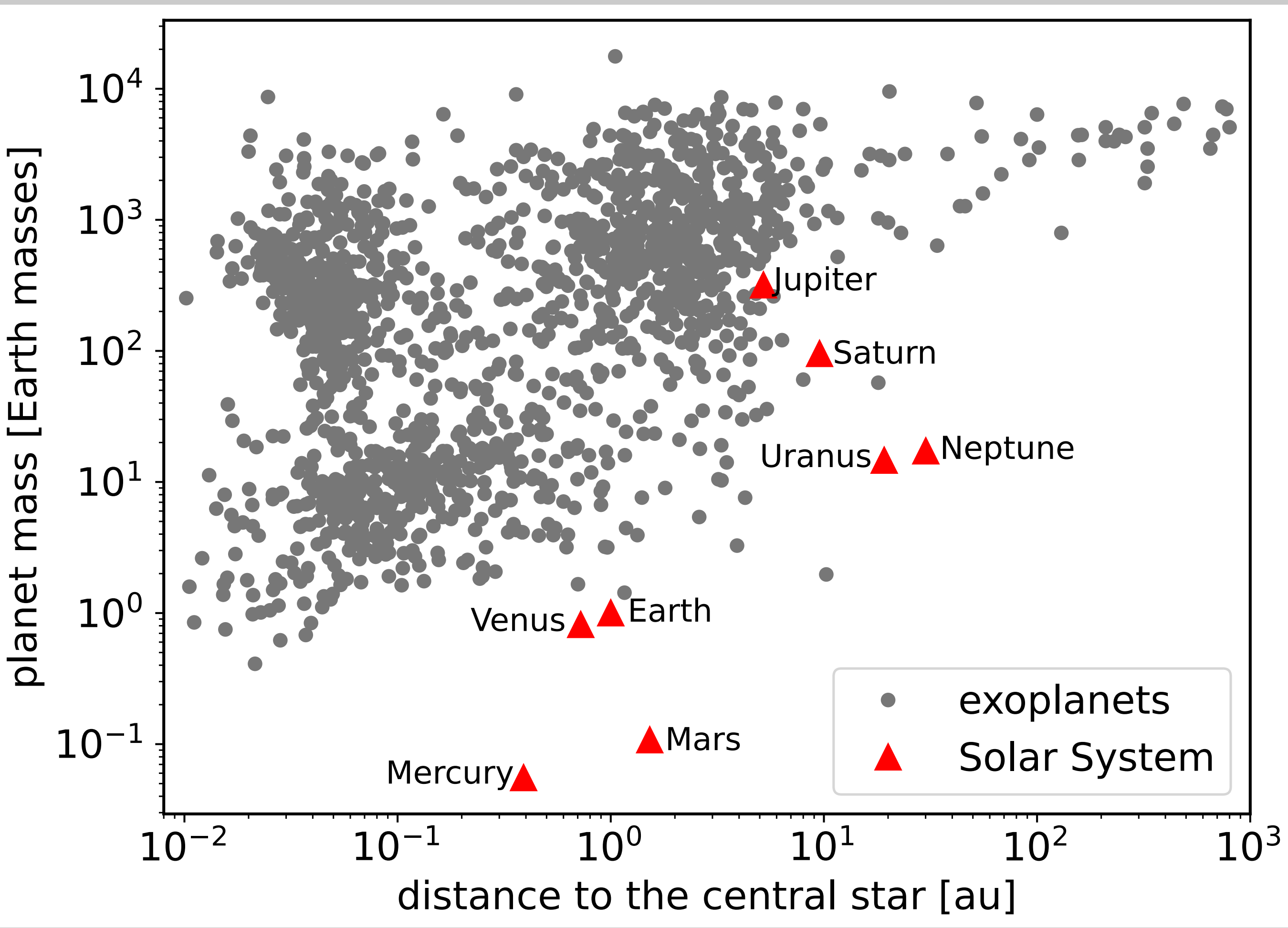
Stof g



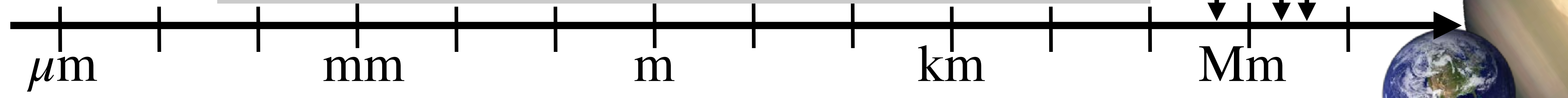
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar

NASA/HST



Stof g



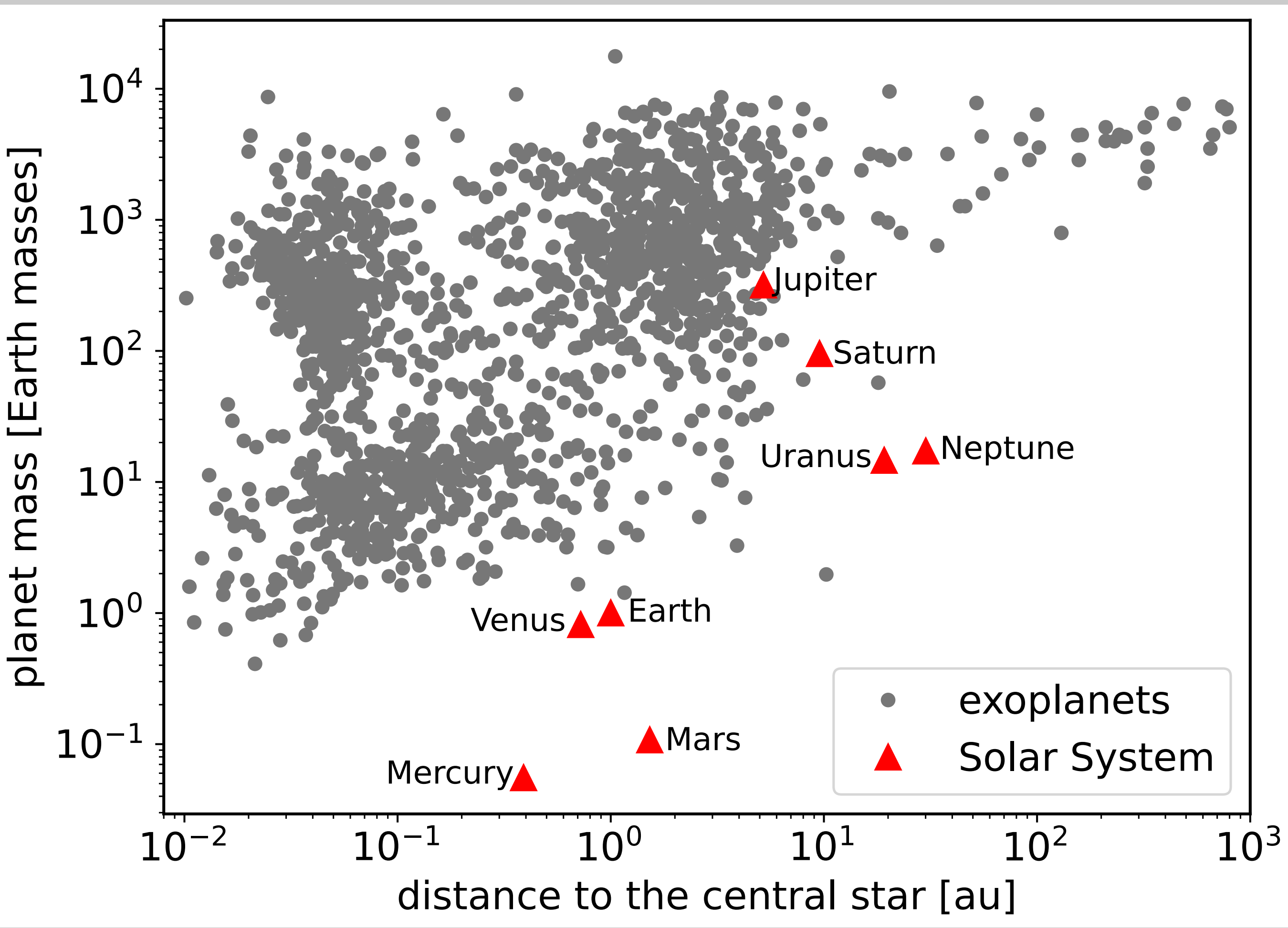
Ceres
Maan
Mars

Mm

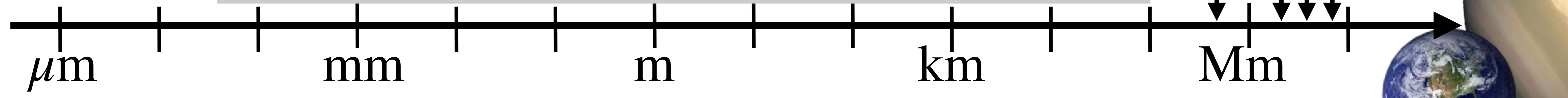
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar

NASA/HST



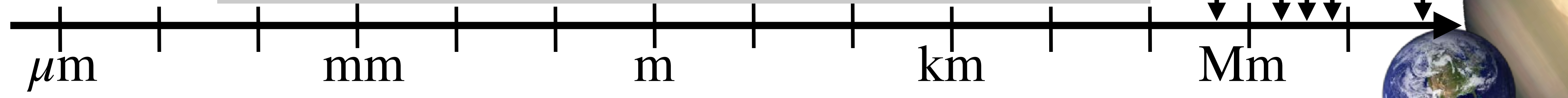
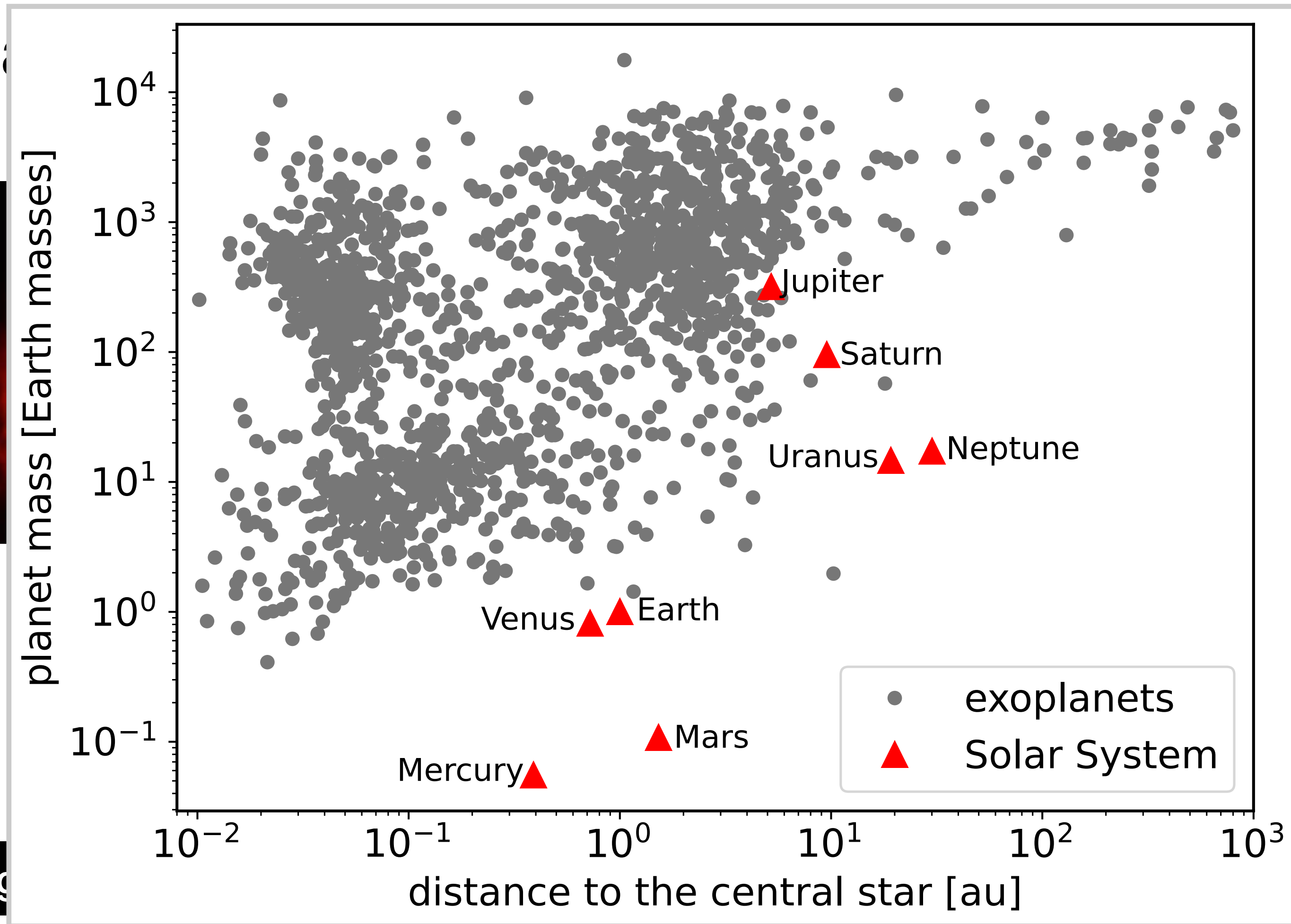
Stof g



Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar

NASA/HST

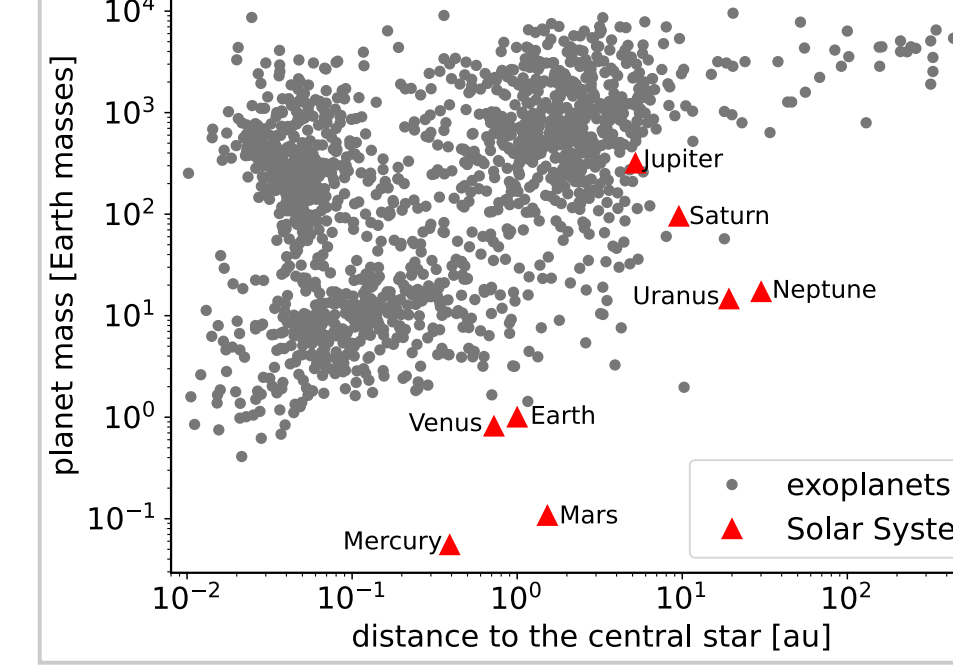


↓ Ceres
 ↓ Maan
 ↓ Mars
 ↓ Aarde
 ↓ Jupiter

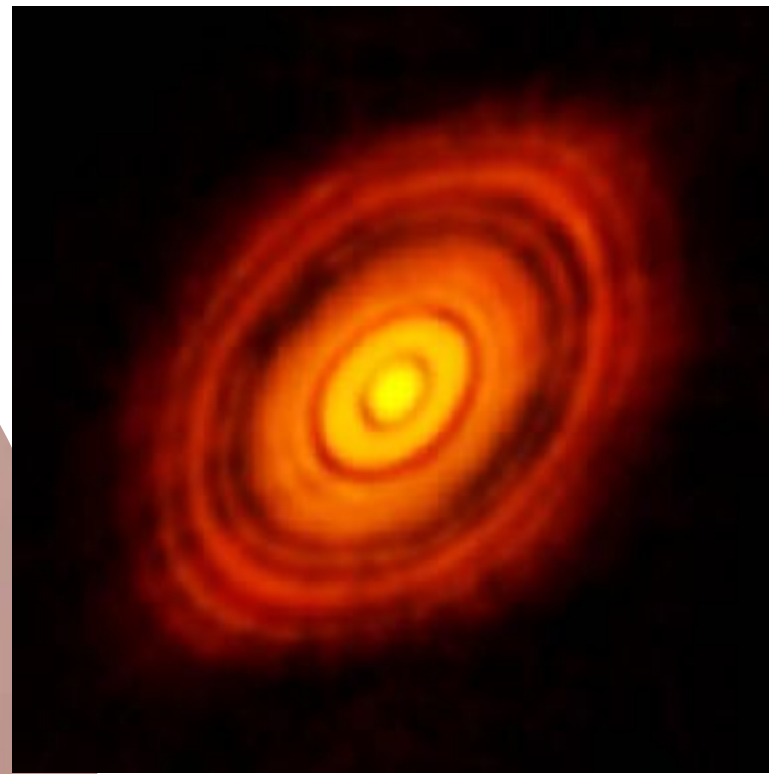


Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



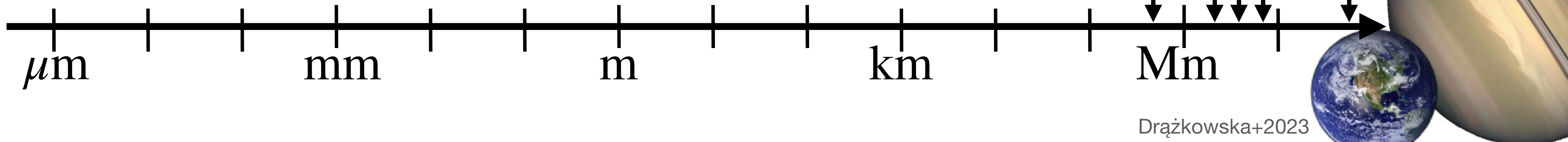
NASA/HST



ESO/ALMA

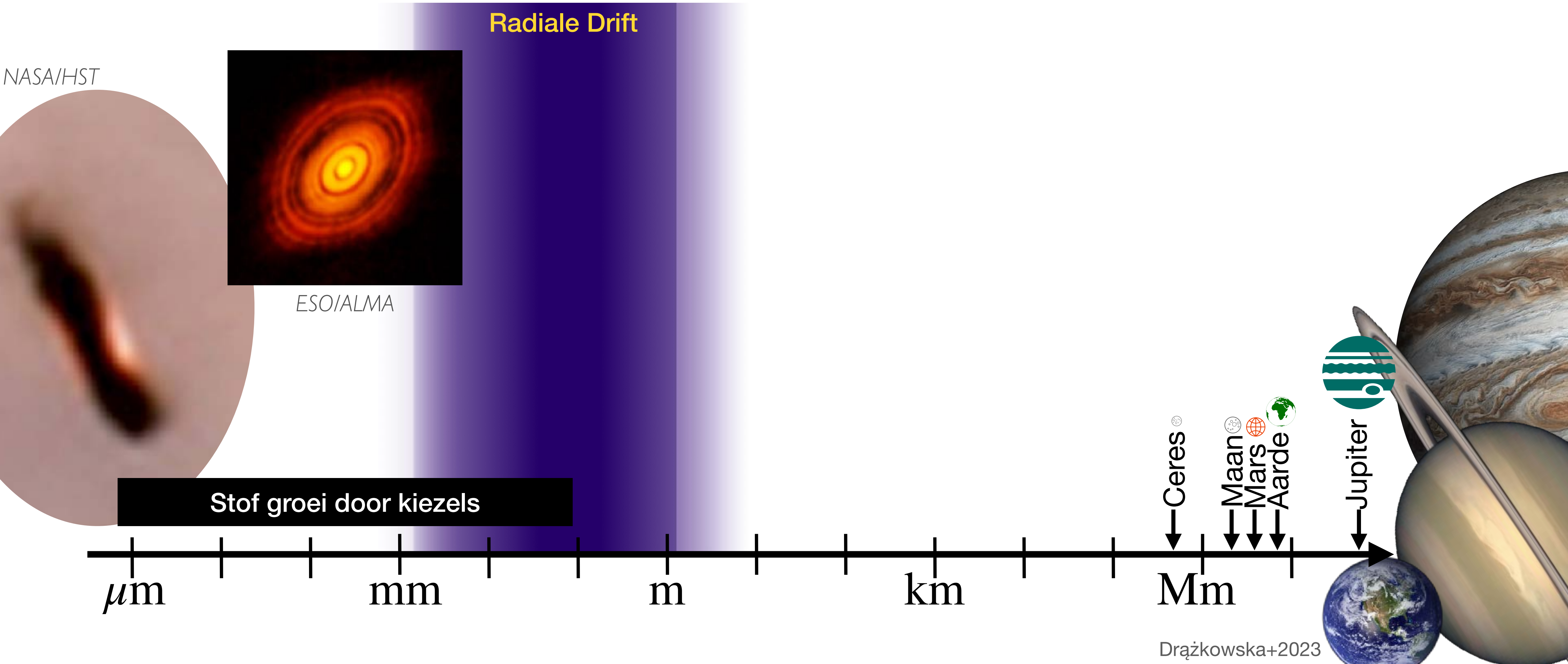
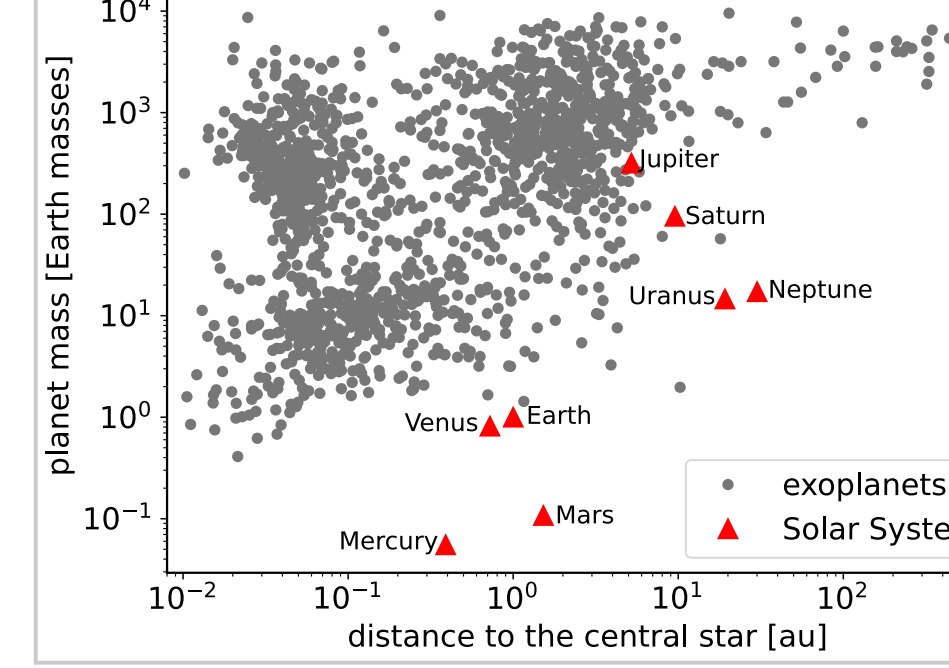


Stof groei door kiezels



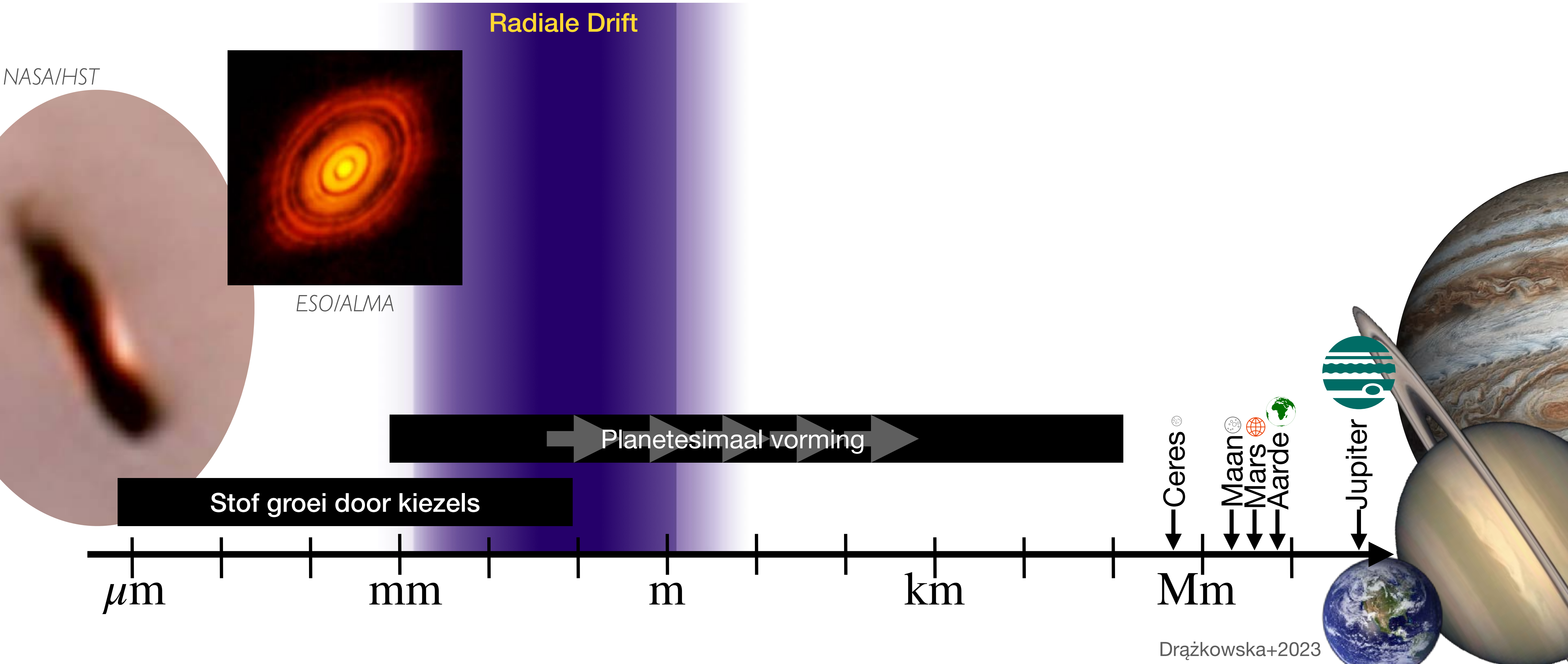
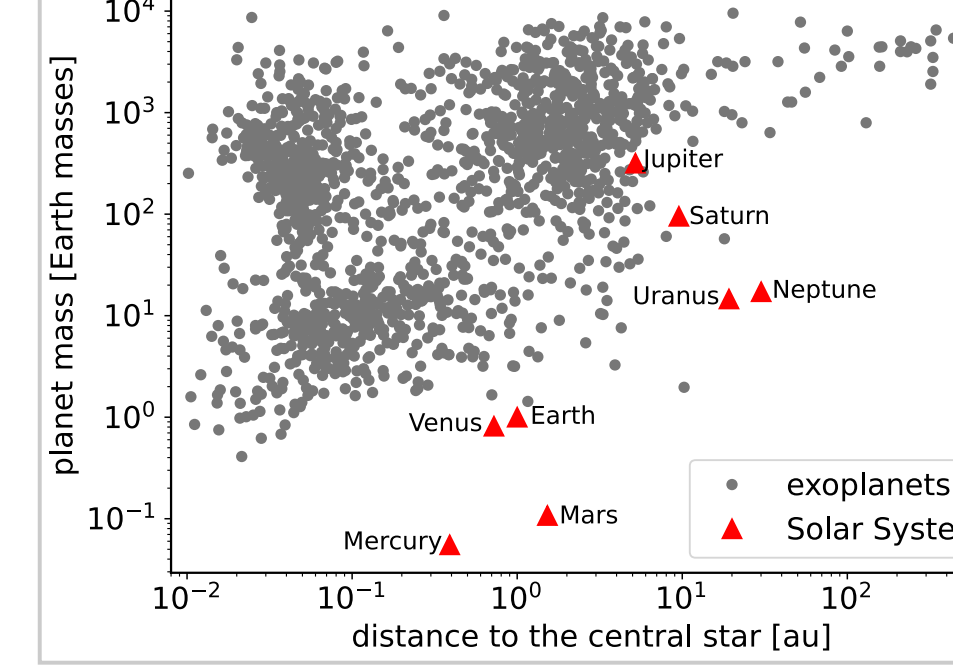
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



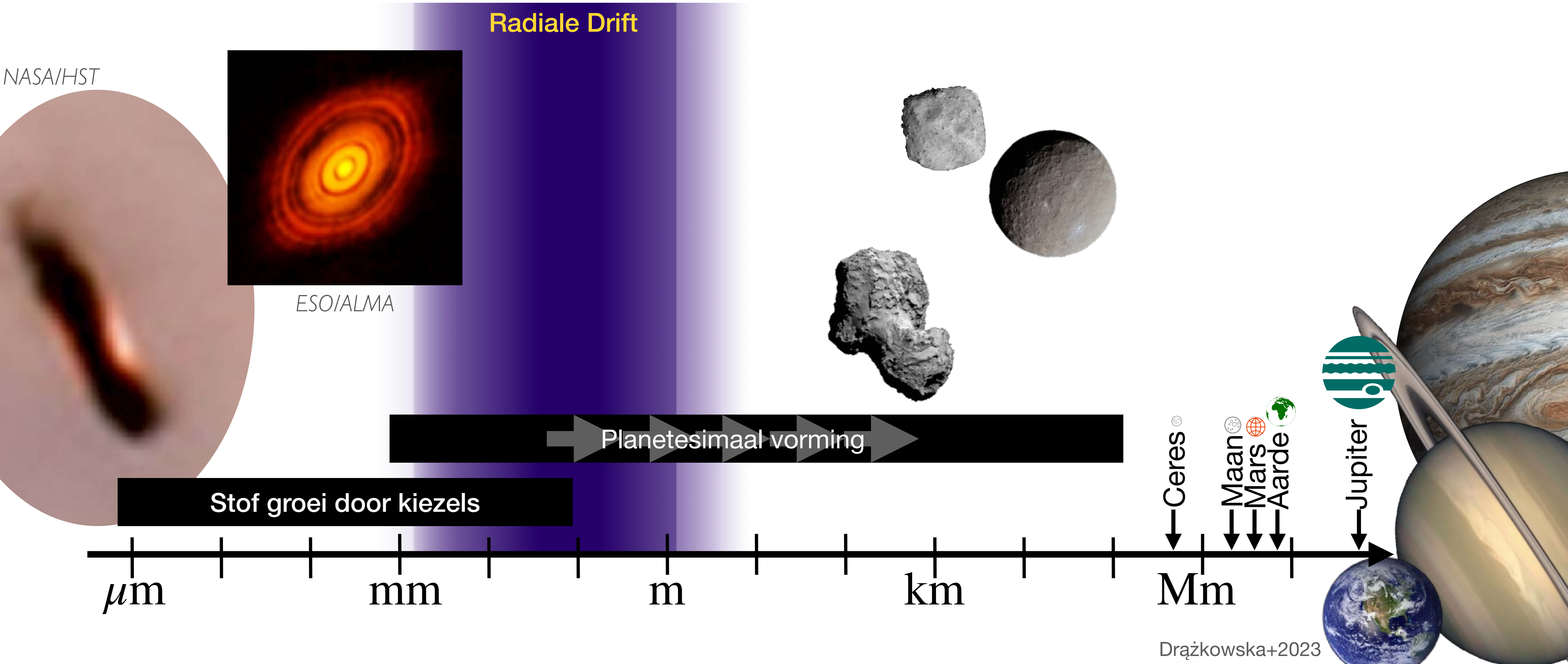
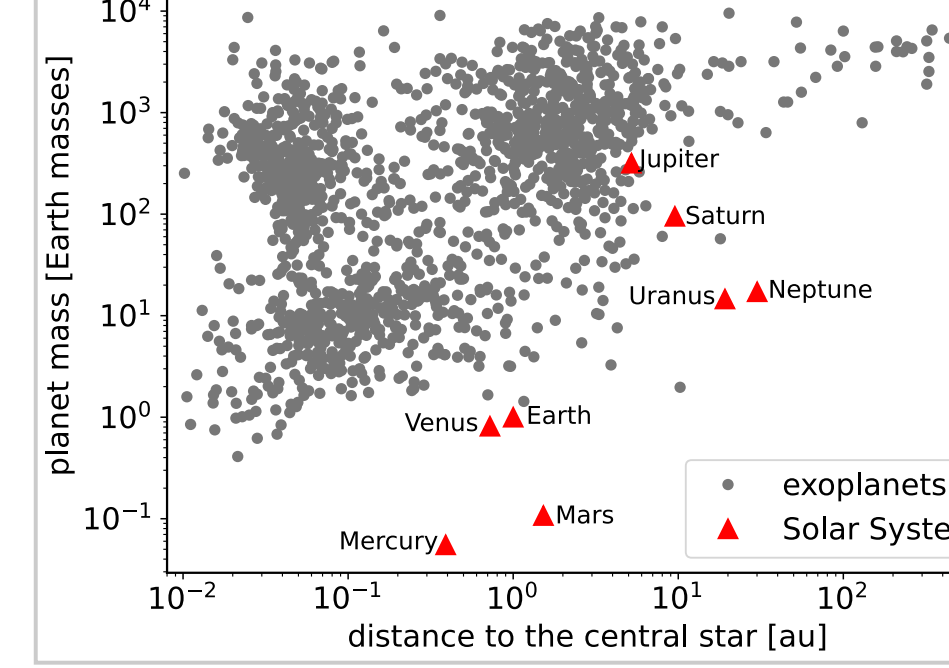
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



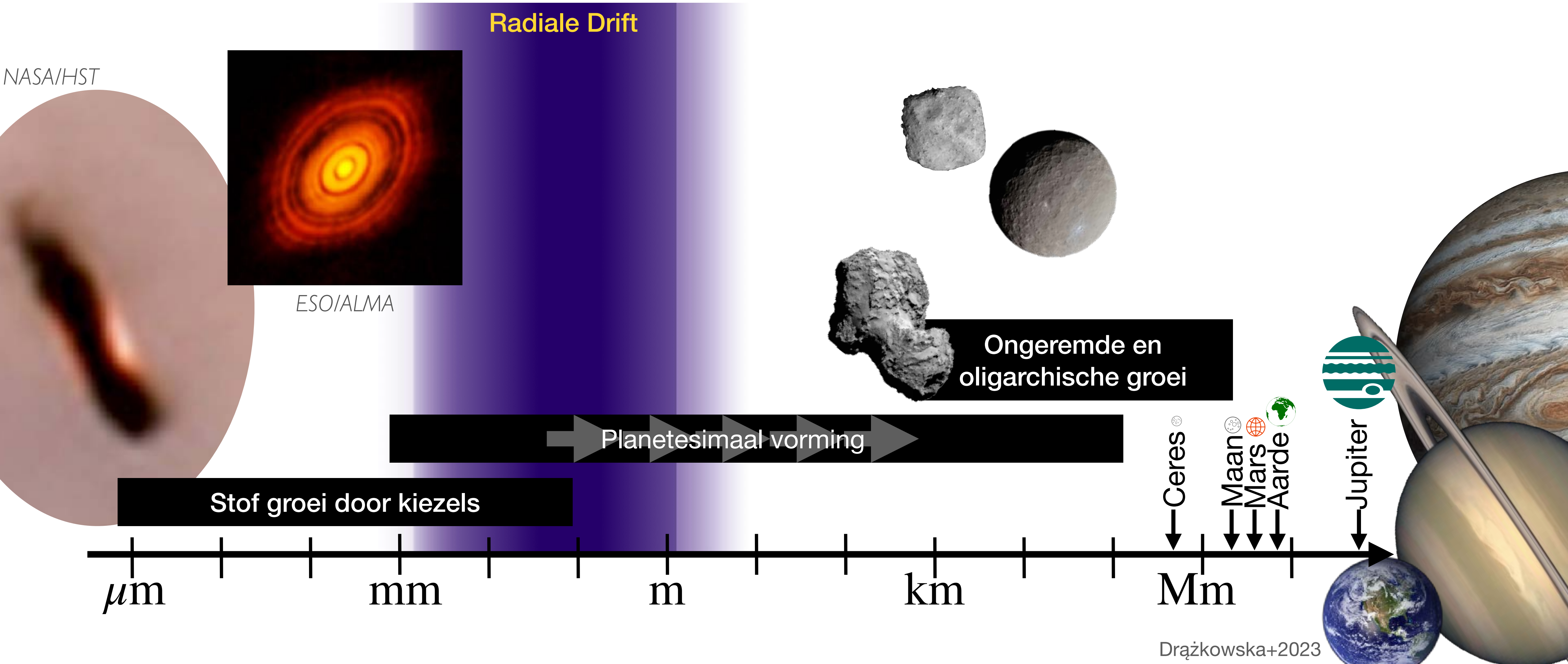
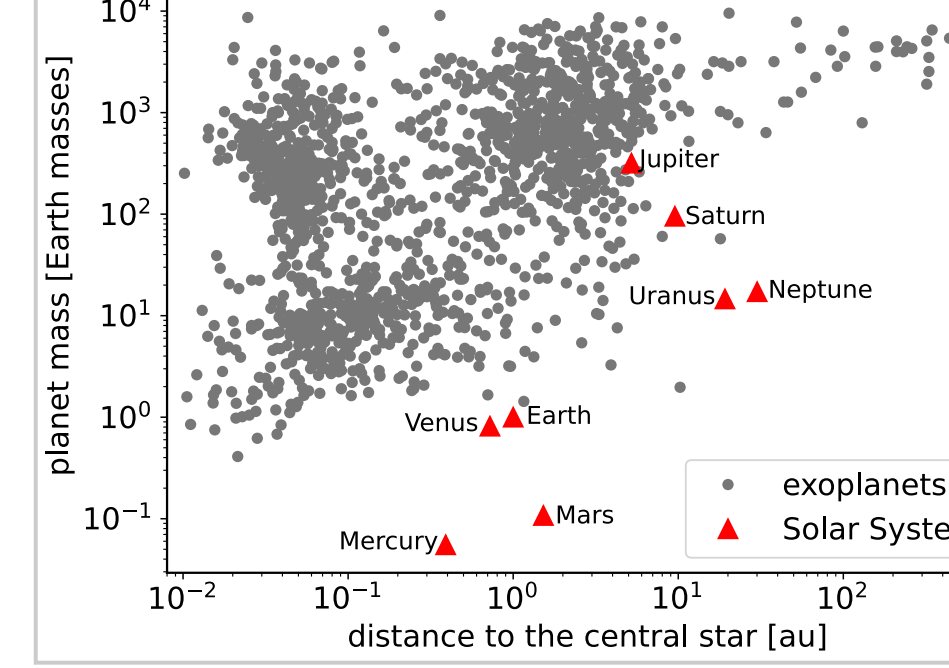
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



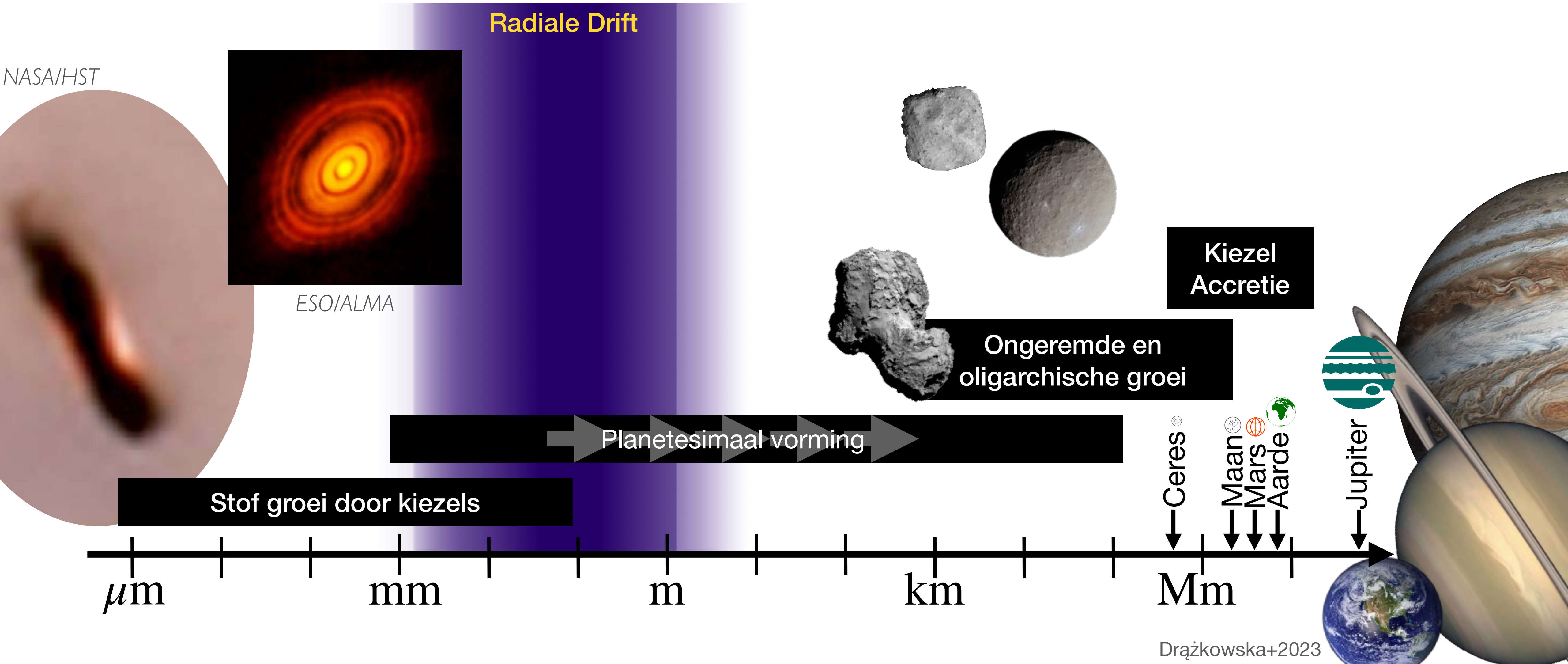
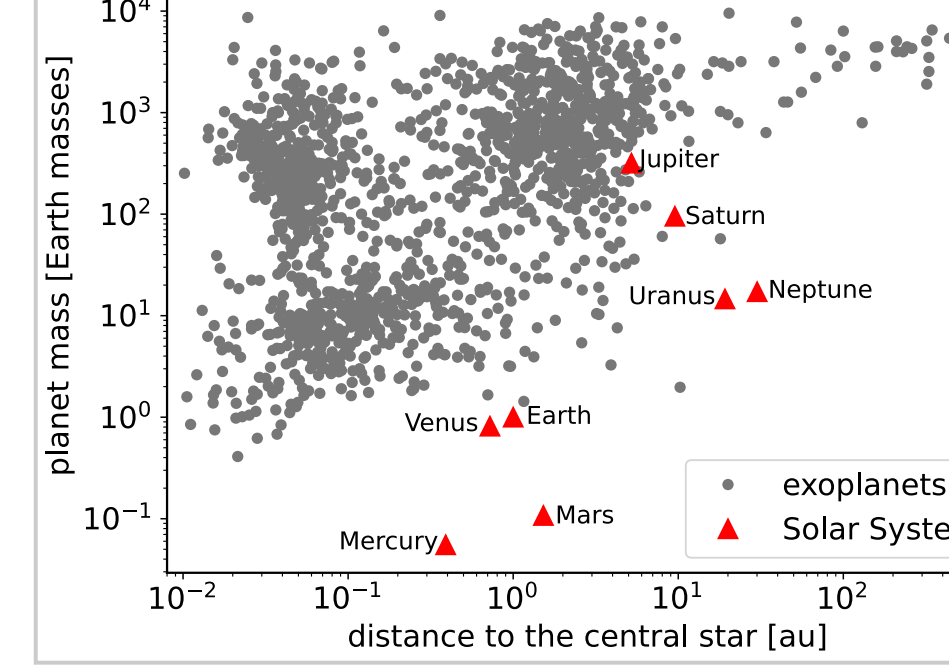
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



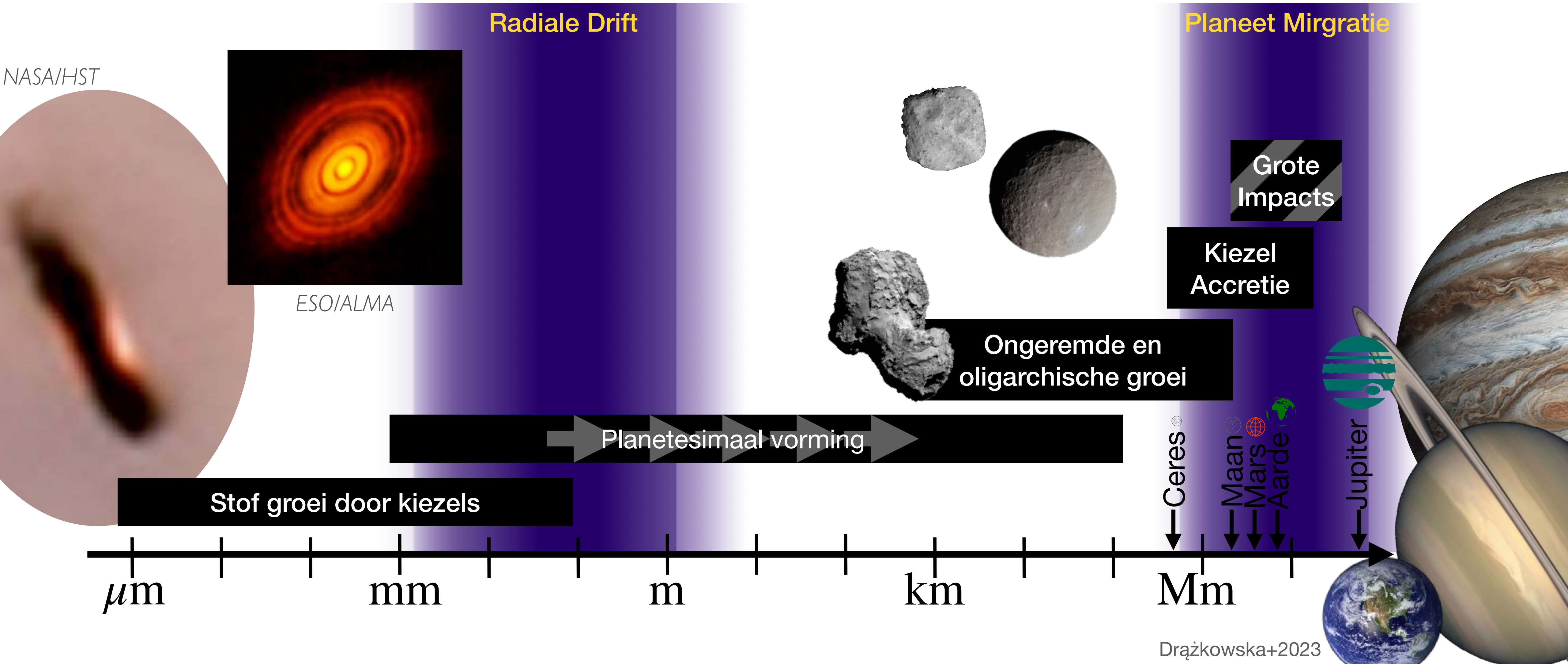
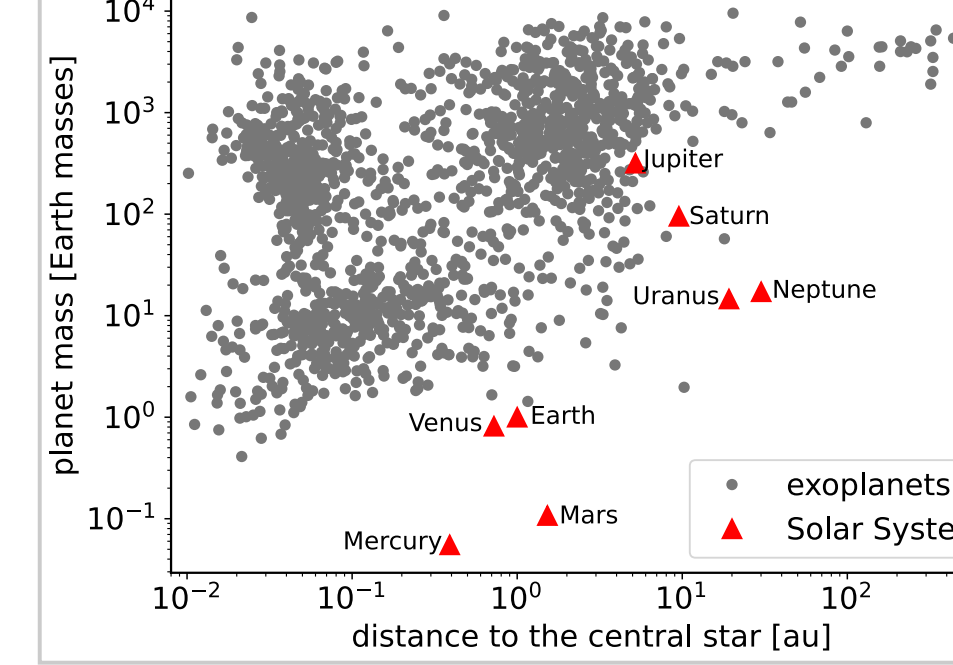
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



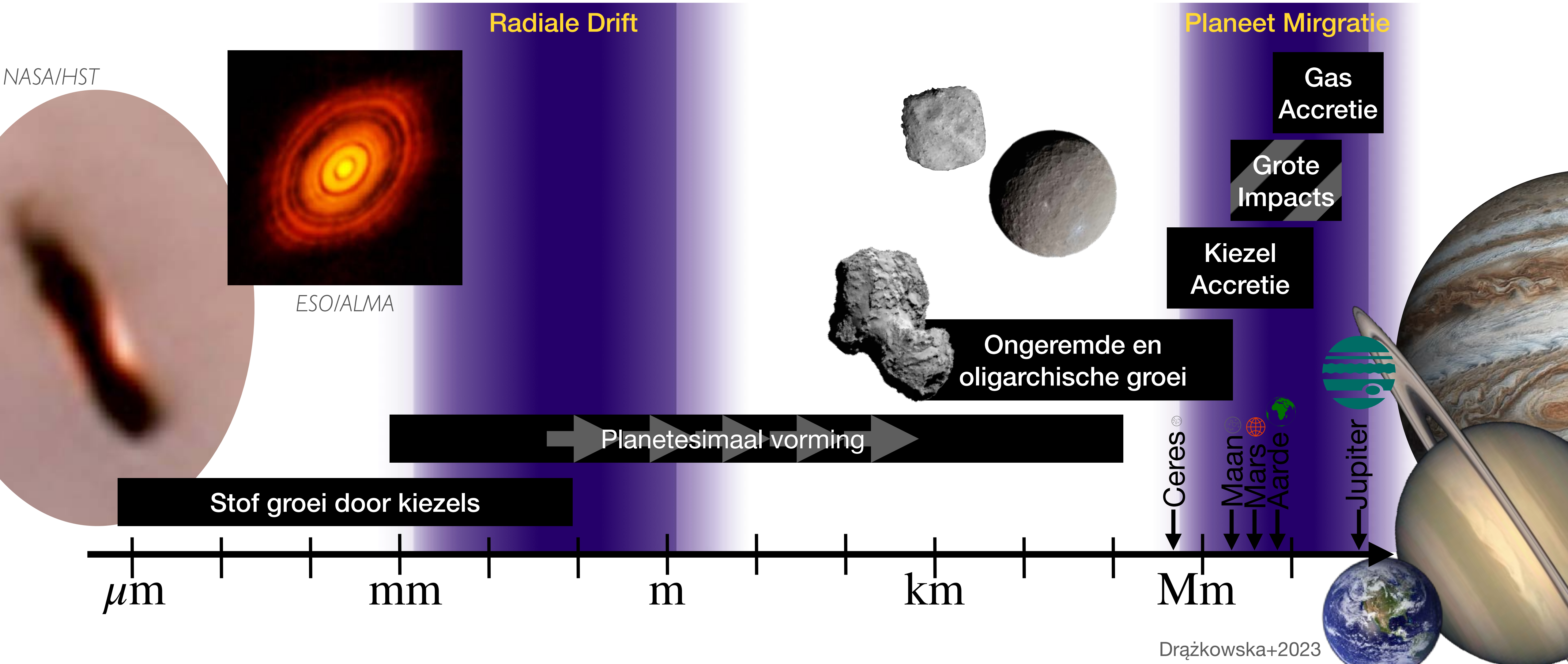
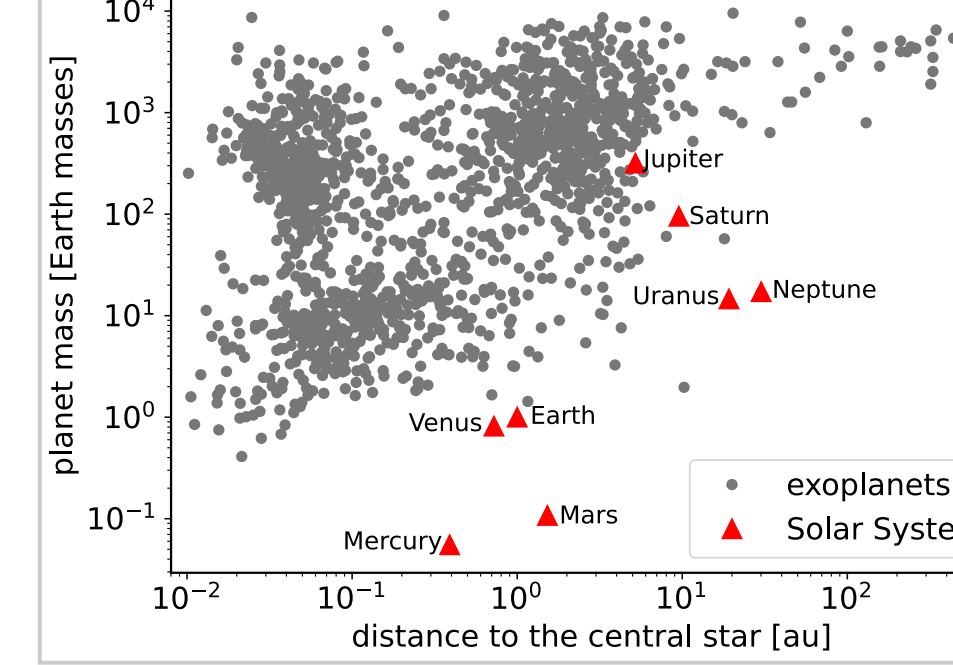
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



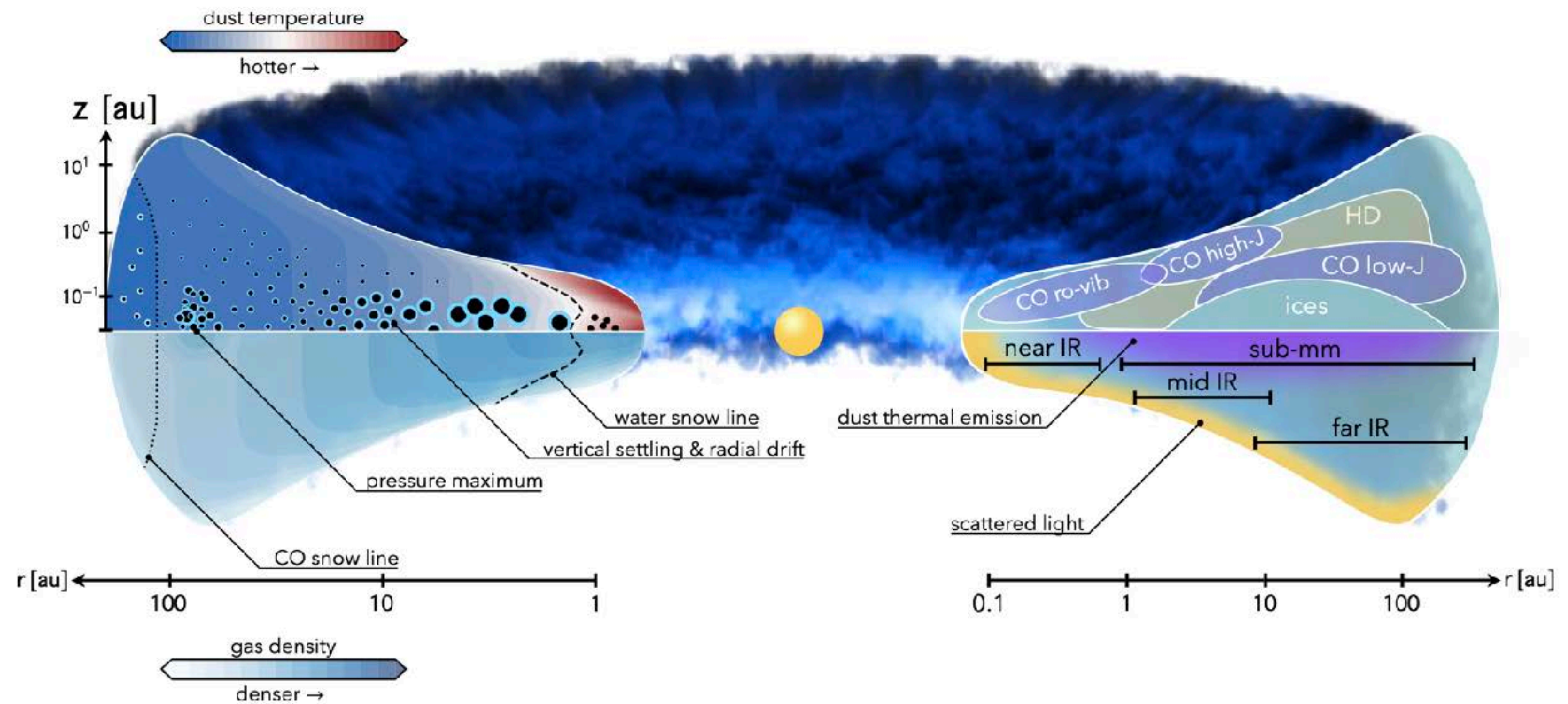
Planeet Formatie -> Theorie

Van μm naar Gas reus



Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

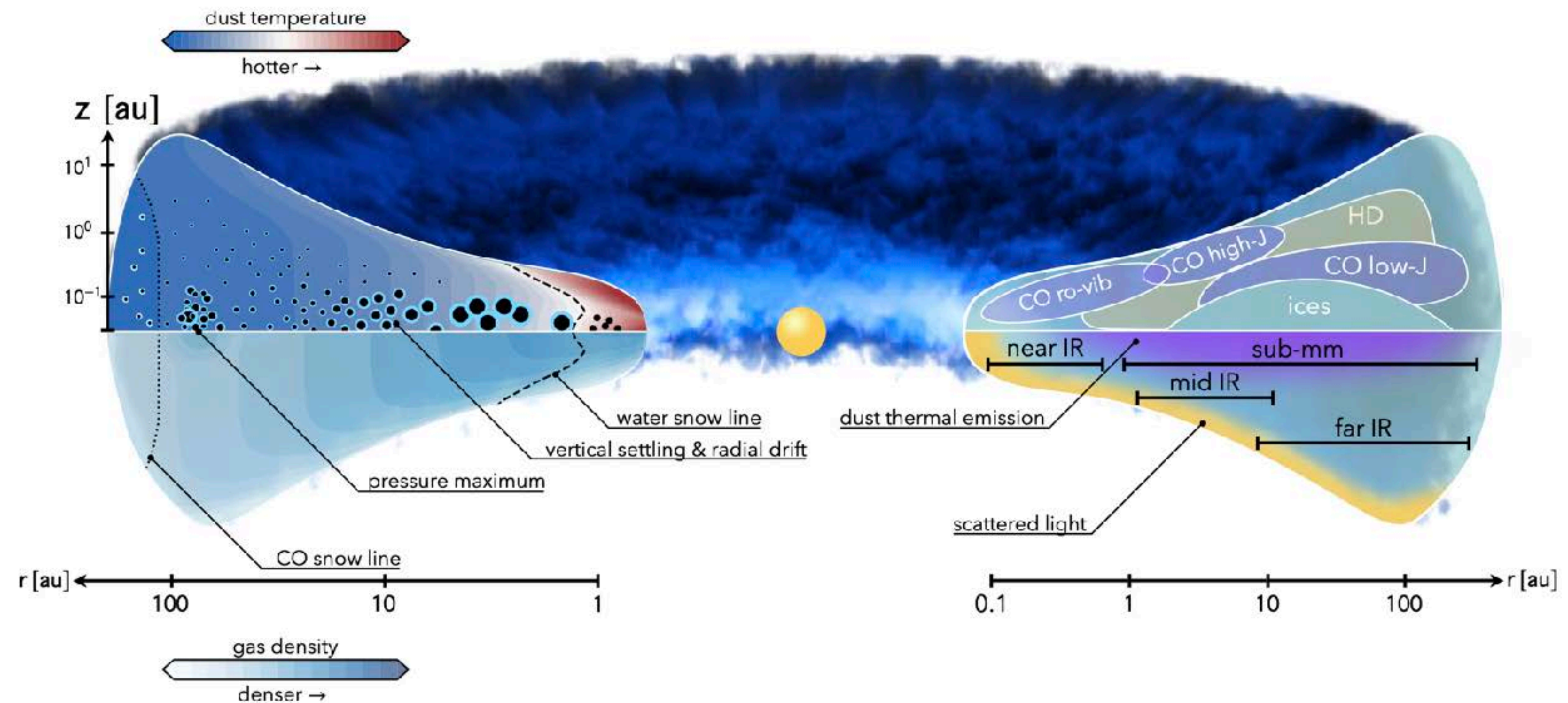


Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

1. Schijf bestaat vooral uit gas, ~1% van de massa is stof (ter grote van μm)

Ondersteuning gasdruk

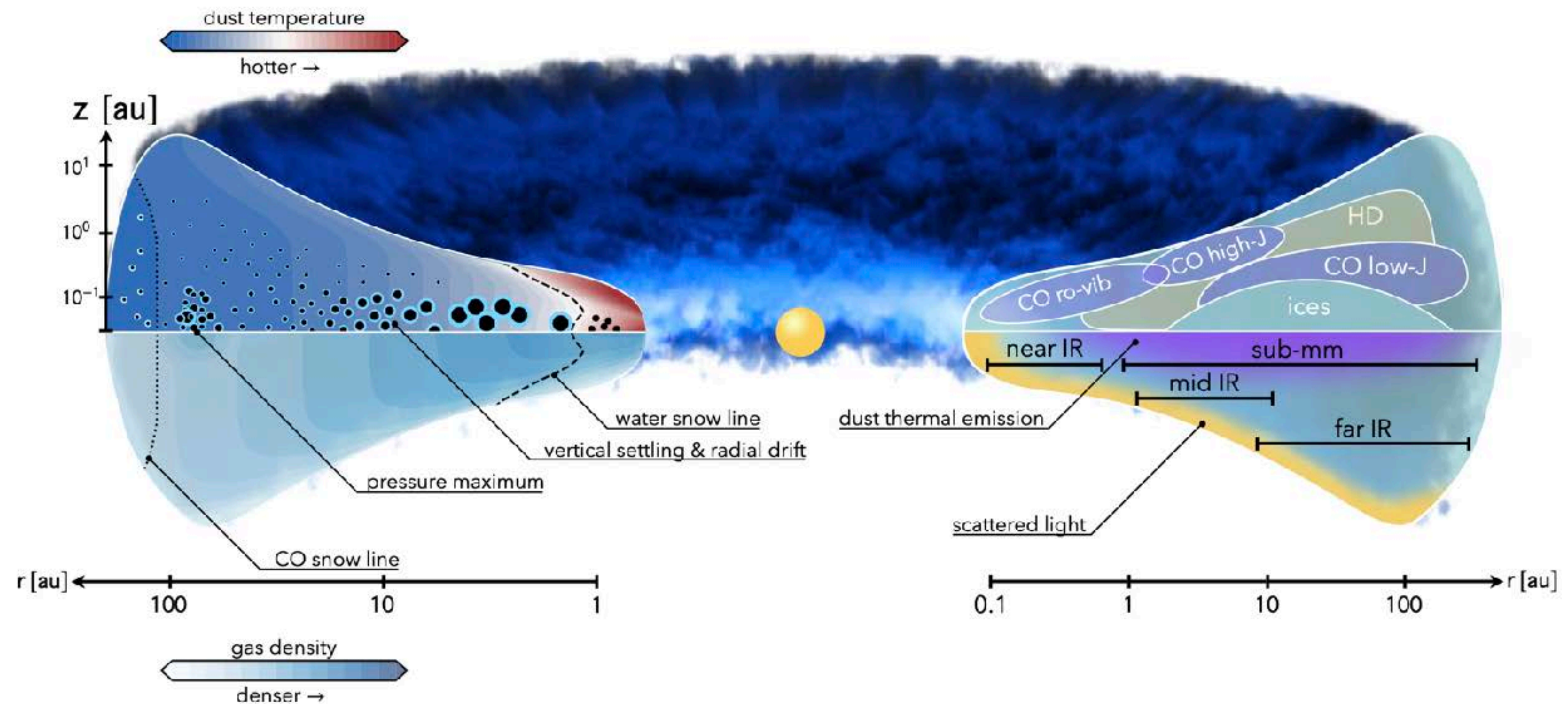


Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

1. Schijf bestaat vooral uit gas, ~1% van de massa is stof (ter grote van μm)
2. Totale massa:
 $M_d \sim 0.0001 - 0.1 M_{\odot}$

Ondersteuning gasdruk

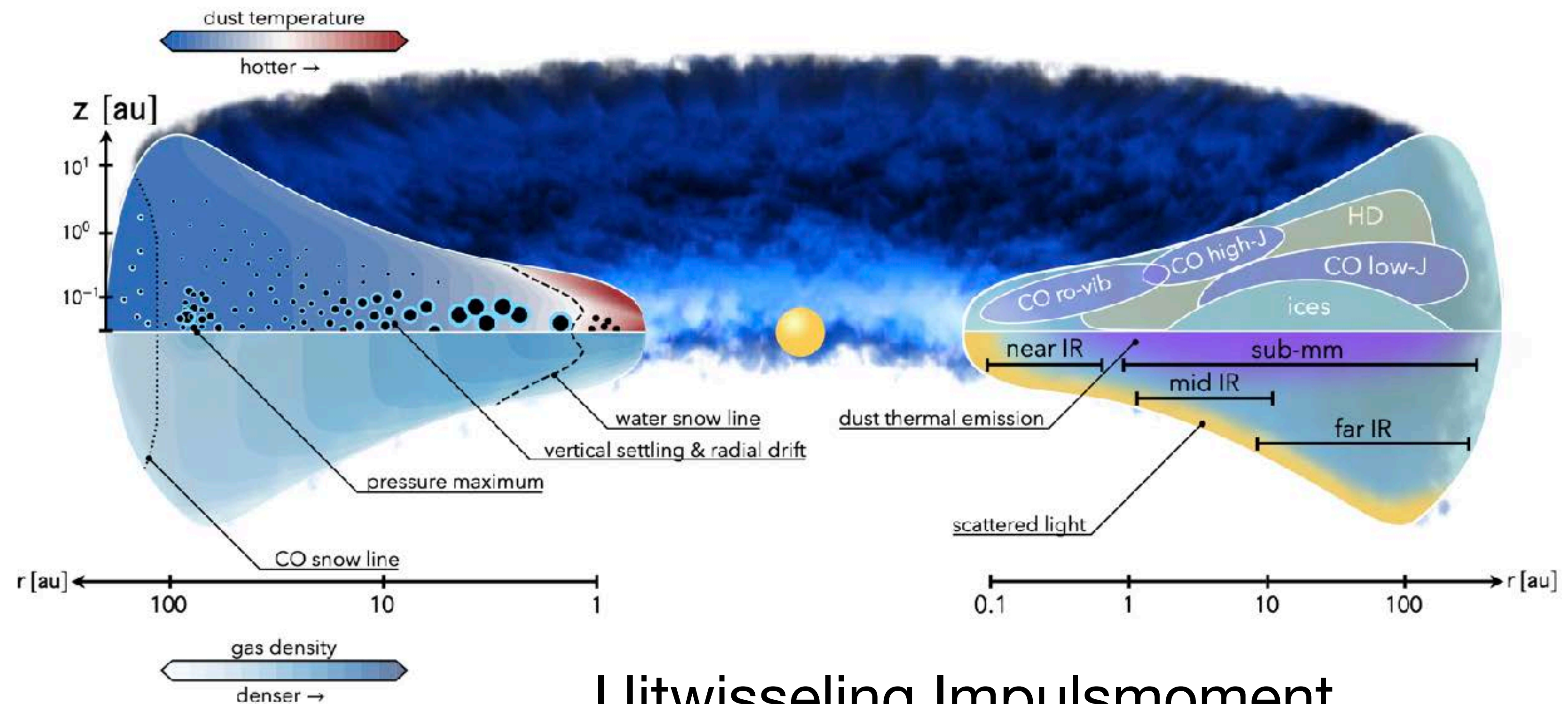


Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

1. Schijf bestaat vooral uit gas, ~1% van de massa is stof (ter grote van μm)
2. Totale massa:
 $M_d \sim 0.0001 - 0.1 M_{\odot}$
3. Accretie snelheid:
 $\sim 10^{-9} - 10^{-7} M_{\odot}/\text{yr}$

Ondersteuning gasdruk



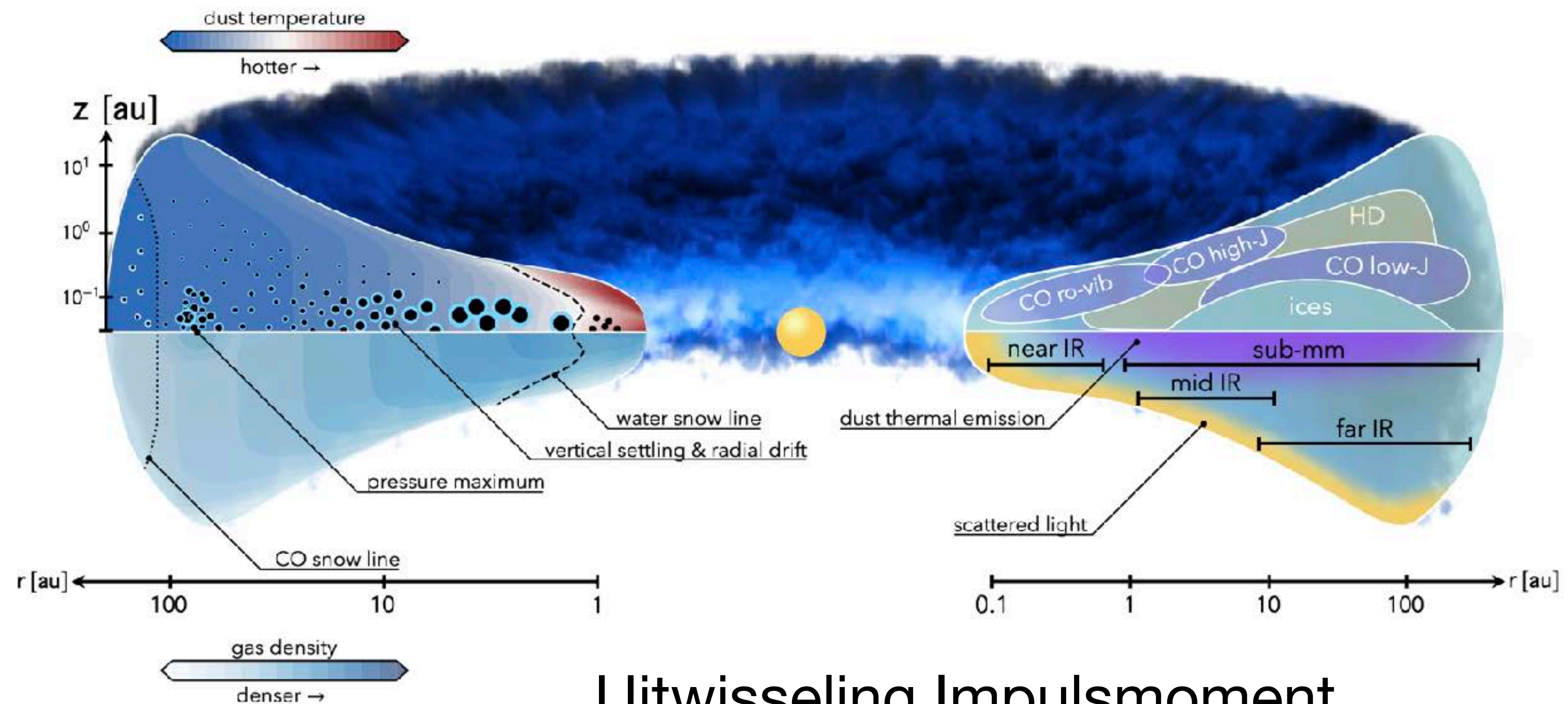
Uitwisseling Impulsmoment

Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

1. Schijf bestaat vooral uit gas, ~1% van de massa is stof (ter grote van μm)
2. Totale massa:
 $M_d \sim 0.0001 - 0.1 M_\odot$
3. Accretie snelheid:
 $\sim 10^{-9} - 10^{-7} M_\odot/\text{yr}$
4. Levensduur: een paar Myr

Ondersteuning gasdruk

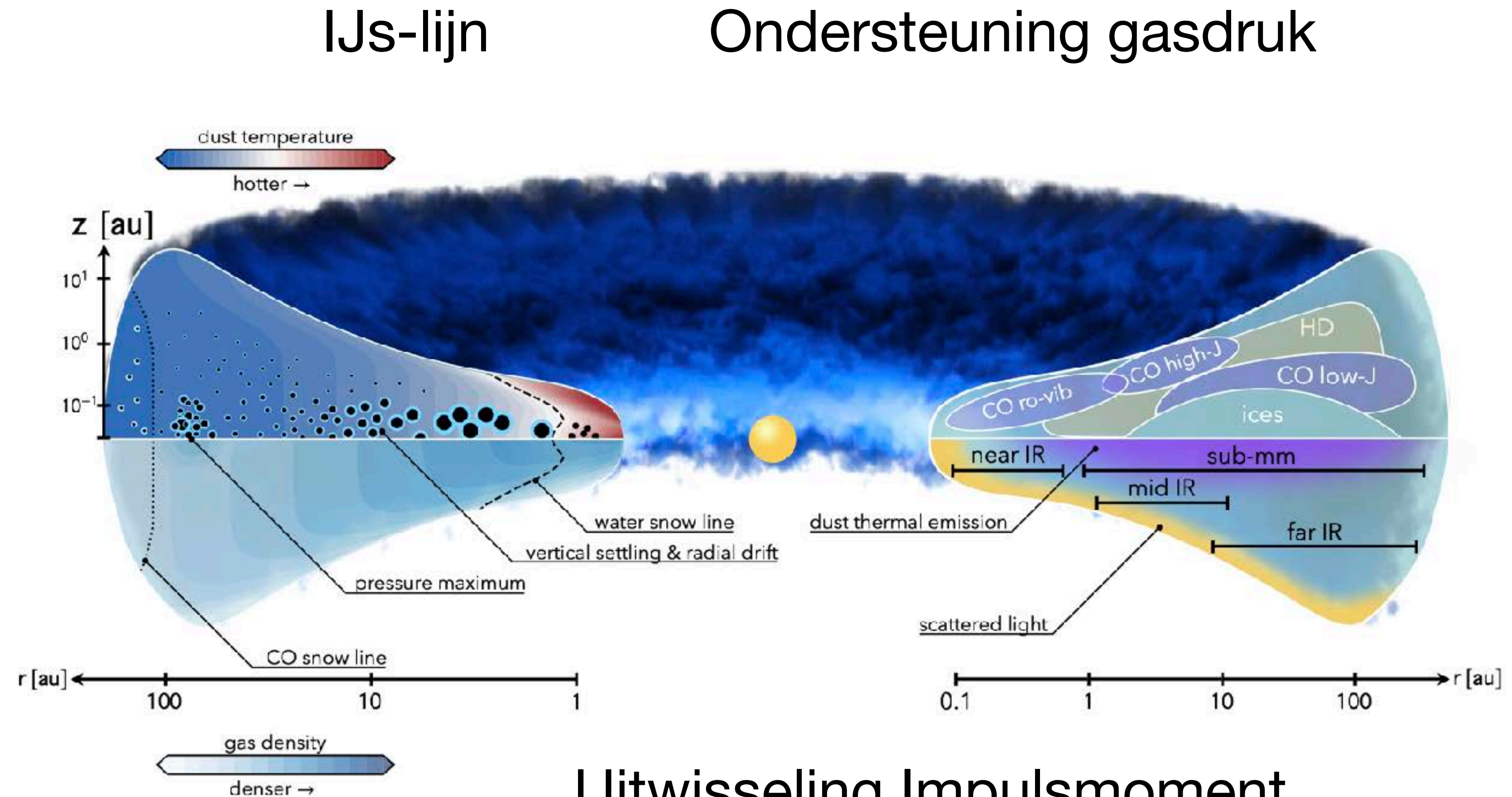


Uitwisseling Impulsmoment

Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

1. Schijf bestaat vooral uit gas, ~1% van de massa is stof (ter grote van μm)
2. Totale massa:
 $M_d \sim 0.0001 - 0.1 M_\odot$
3. Accretie snelheid:
 $\sim 10^{-9} - 10^{-7} M_\odot/\text{yr}$
4. Levensduur: een paar Myr
5. Grote: $\sim 100\text{AU}$

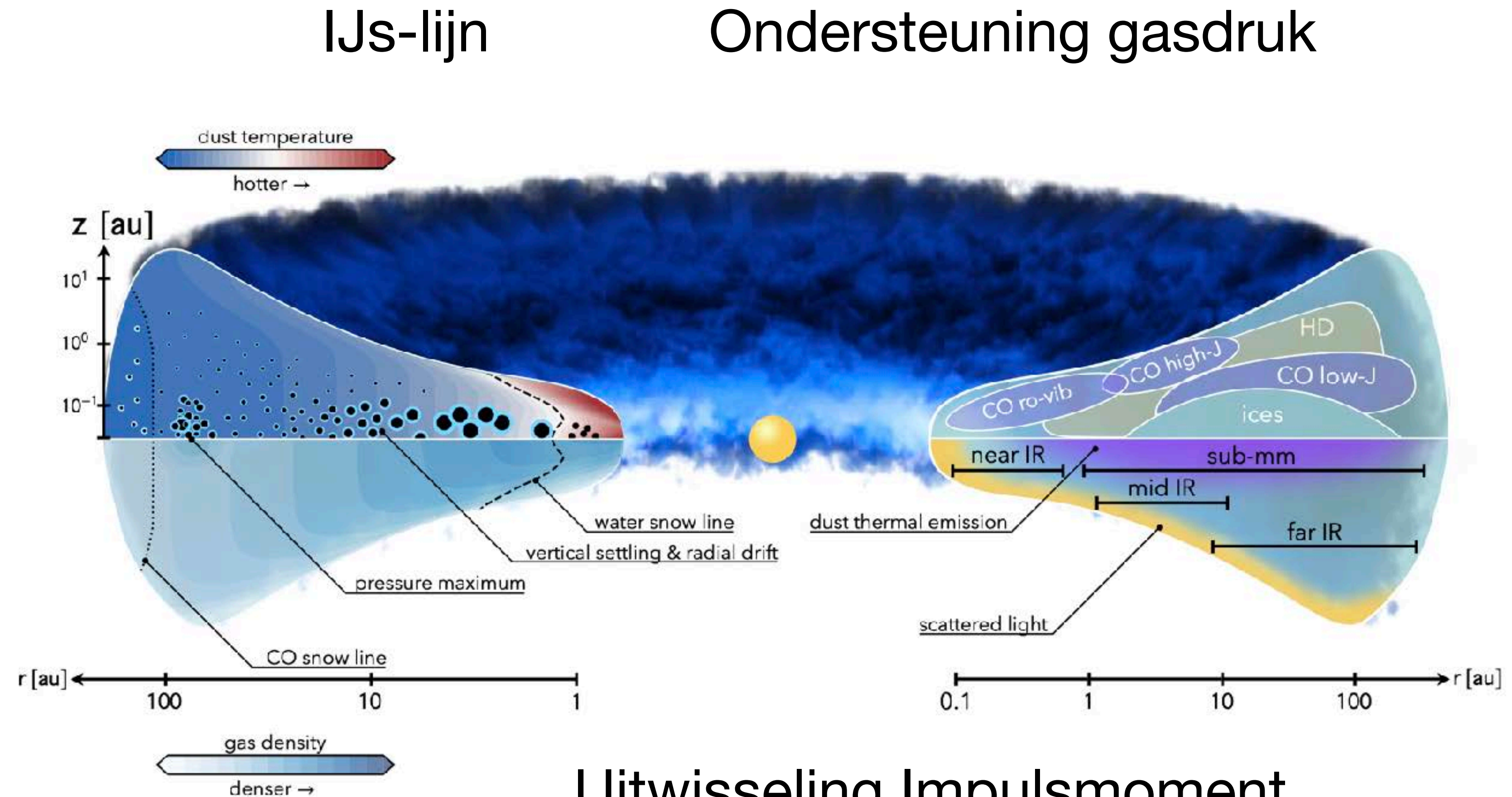


Uitwisseling Impulsmoment

Planeet Formatie -> Theorie

Schijf-eigenschappen

1. Schijf bestaat vooral uit gas, ~1% van de massa is stof (ter grote van μm)
2. Totale massa:
 $M_d \sim 0.0001 - 0.1 M_\odot$
3. Accretie snelheid:
 $\sim 10^{-9} - 10^{-7} M_\odot/\text{yr}$
4. Levensduur: een paar Myr
5. Grote: $\sim 100\text{AU}$
6. Hier zouden planeten moeten ontstaan



Uitwisseling Impulsmoment

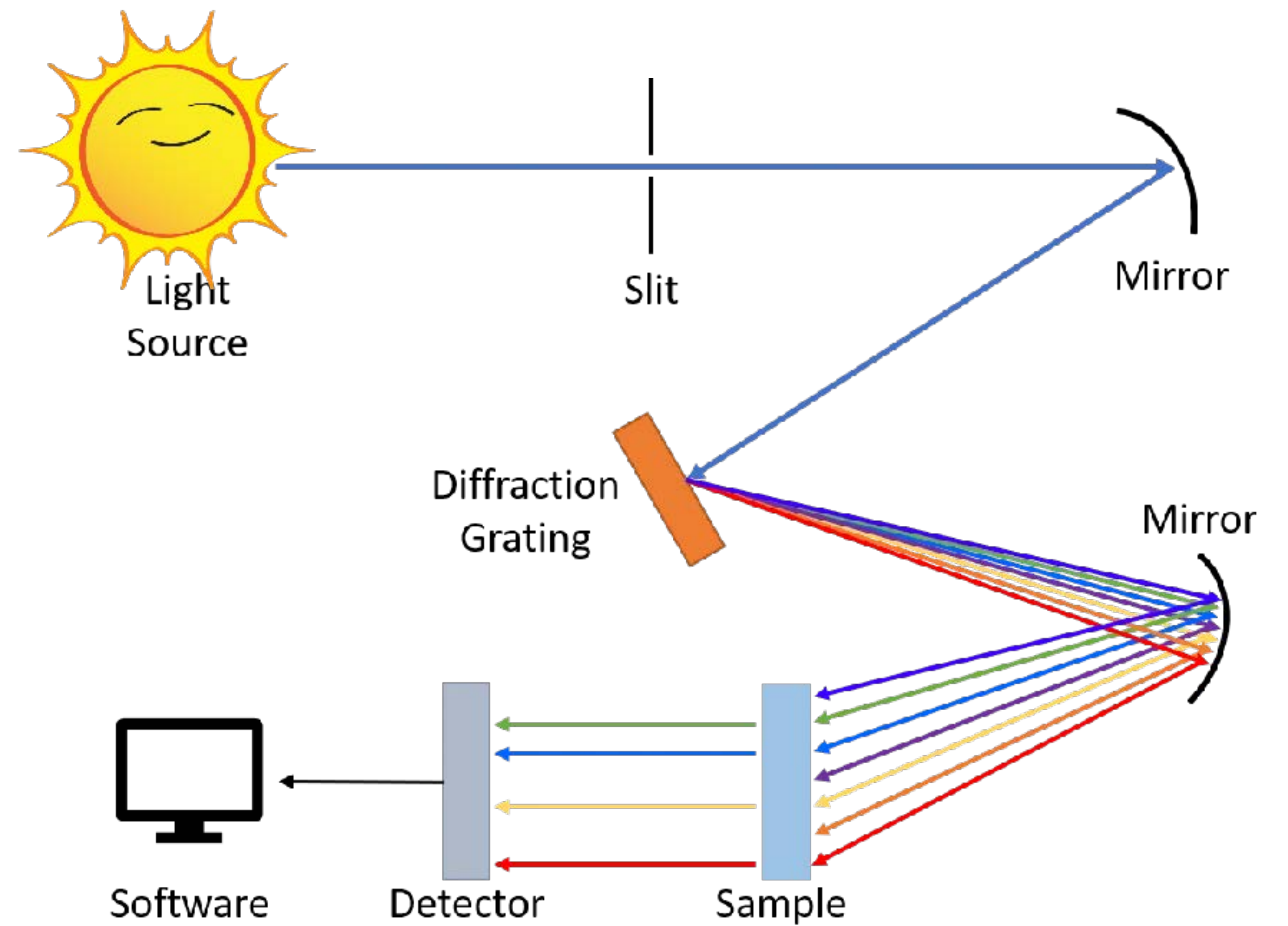
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



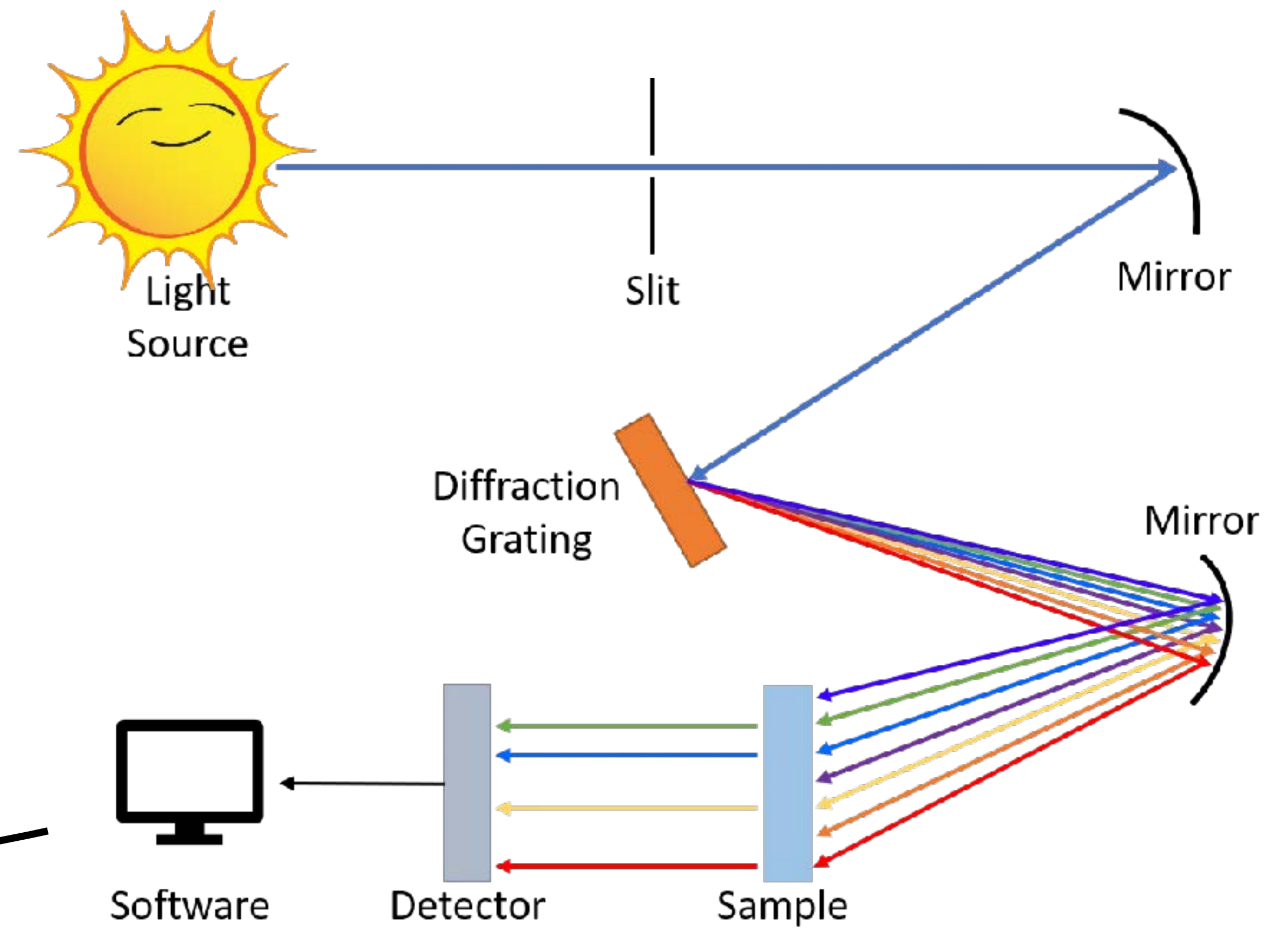
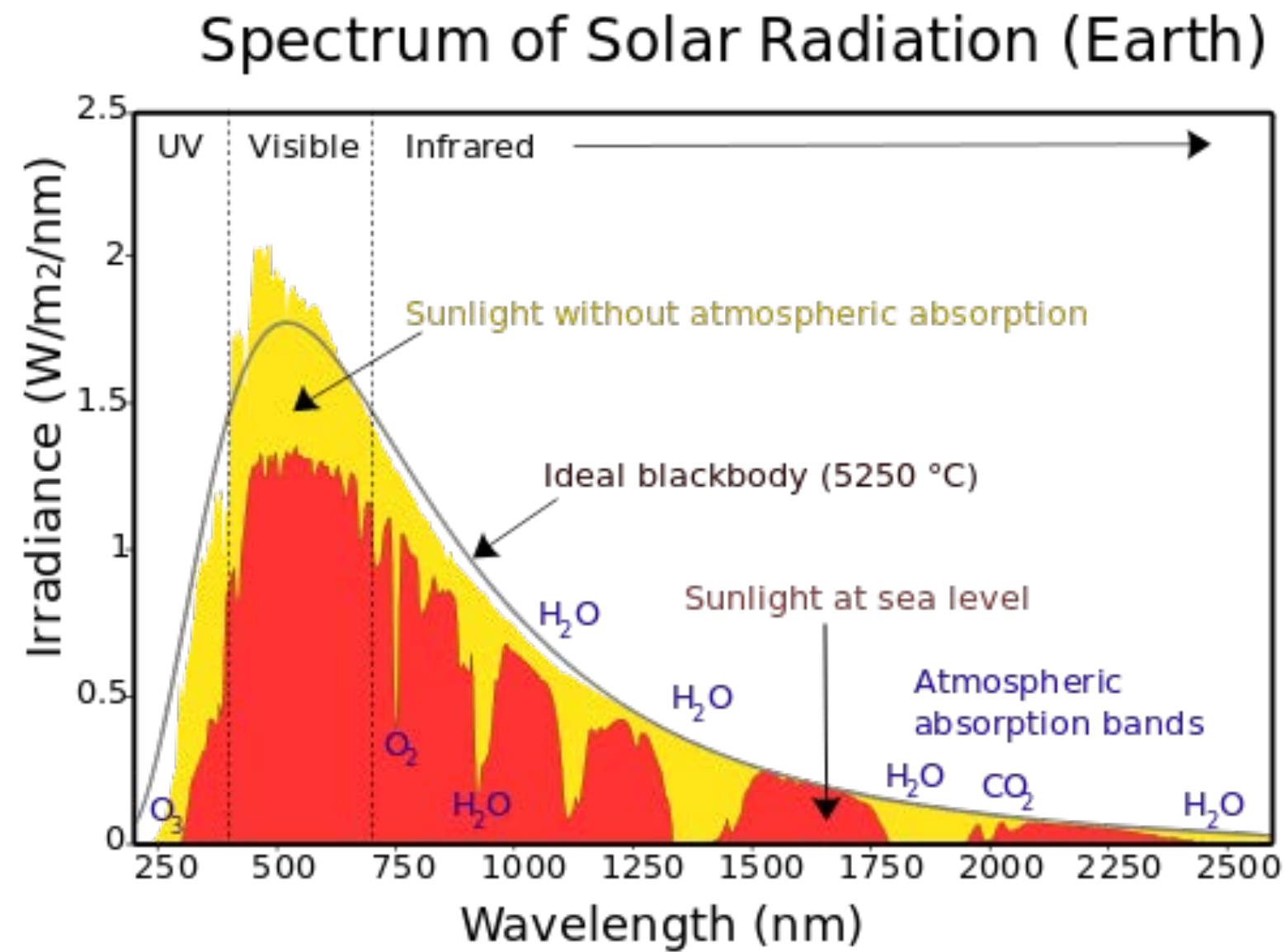
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



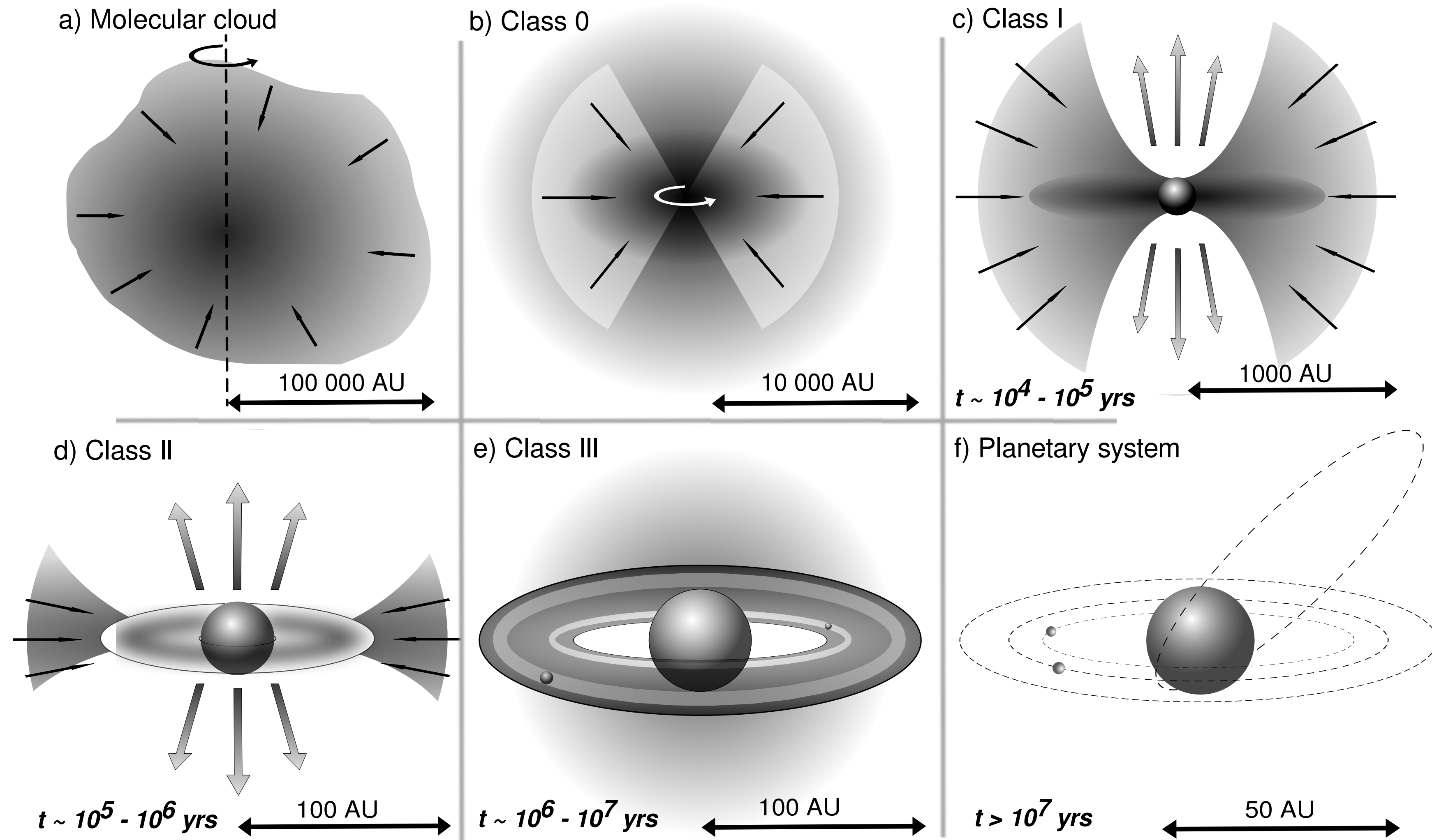
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



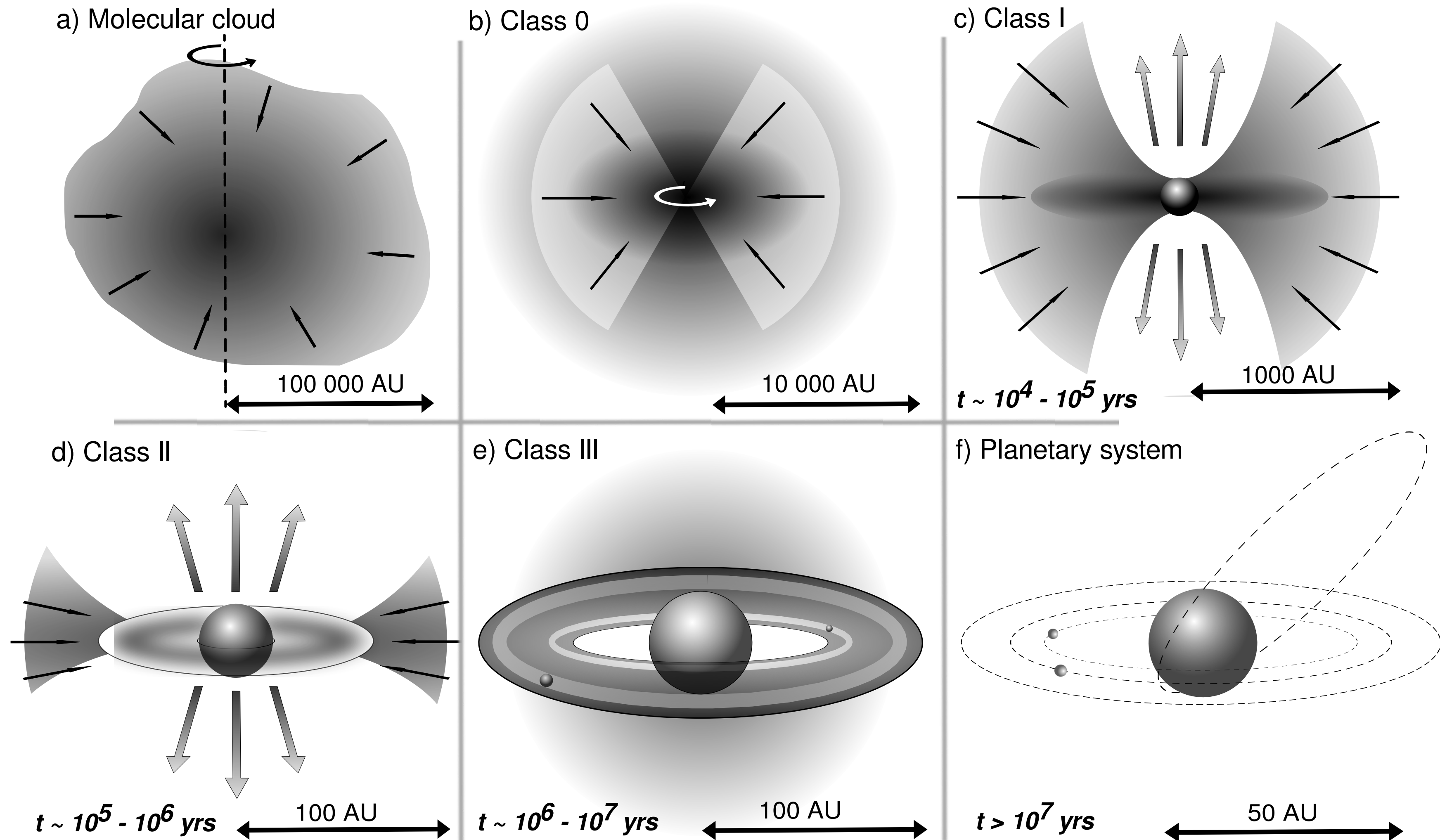
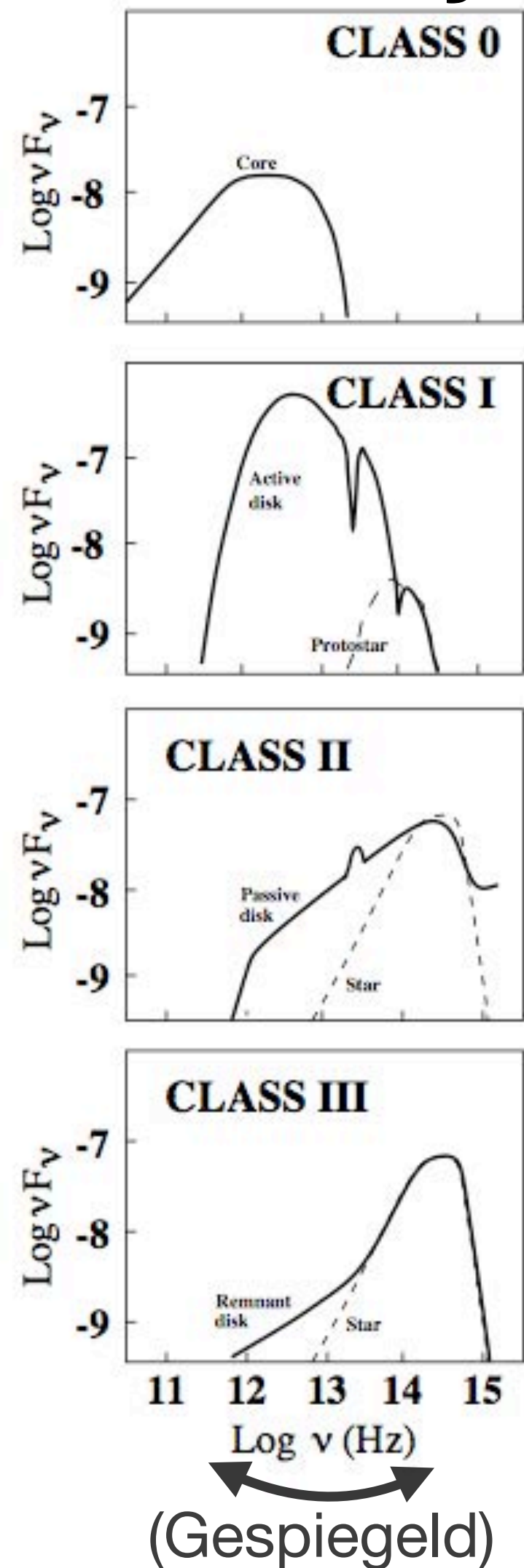
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



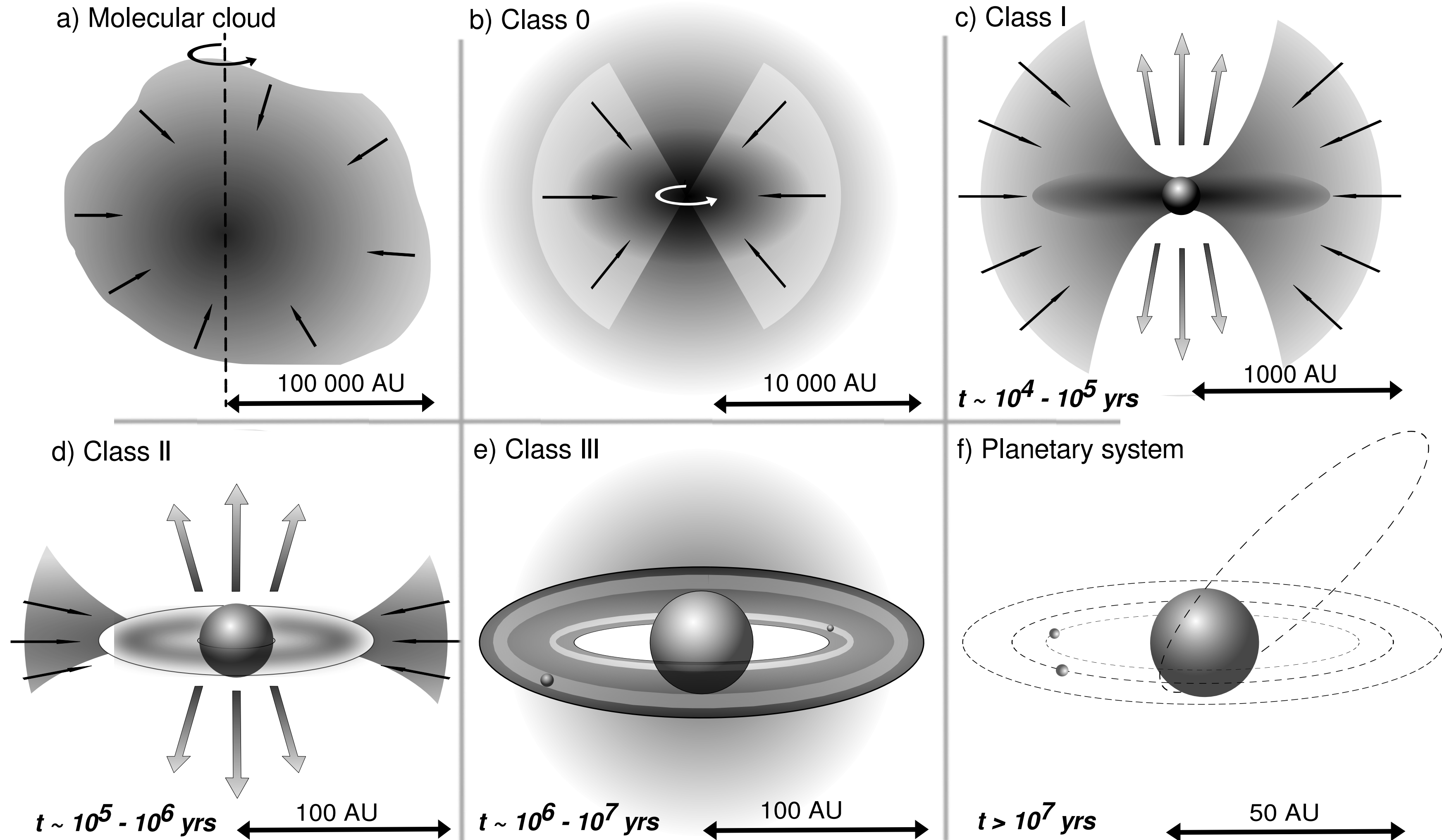
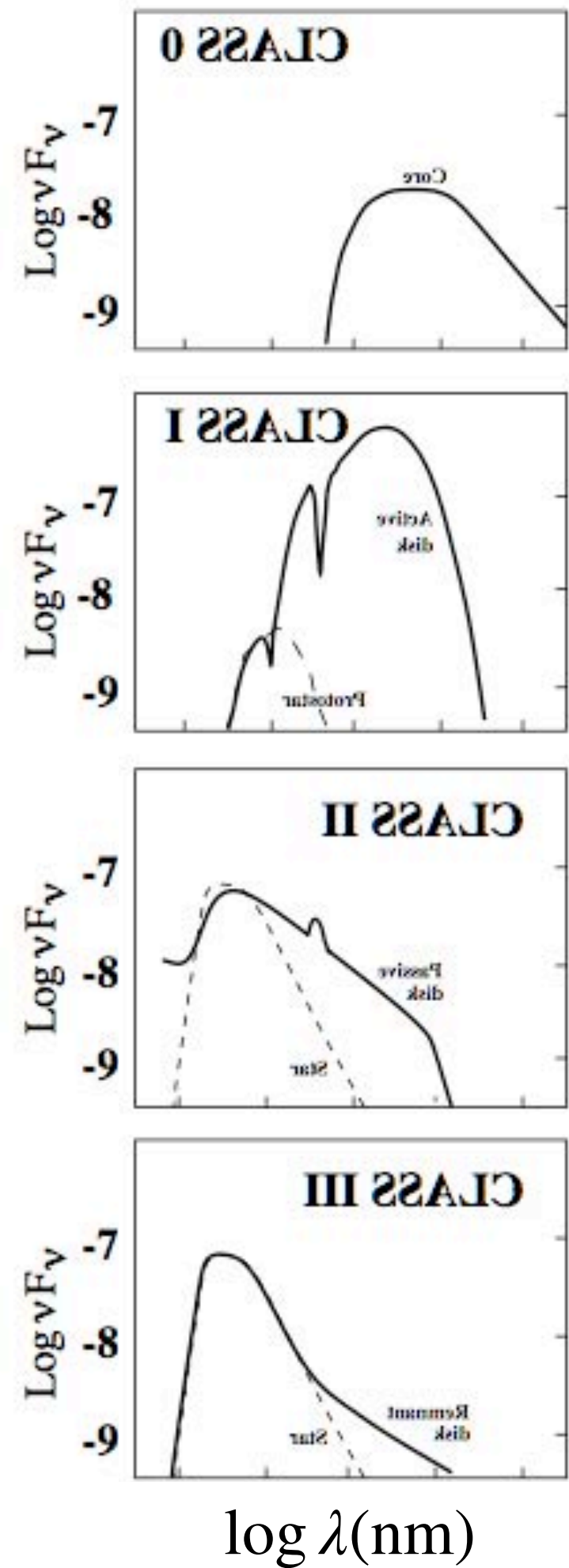
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



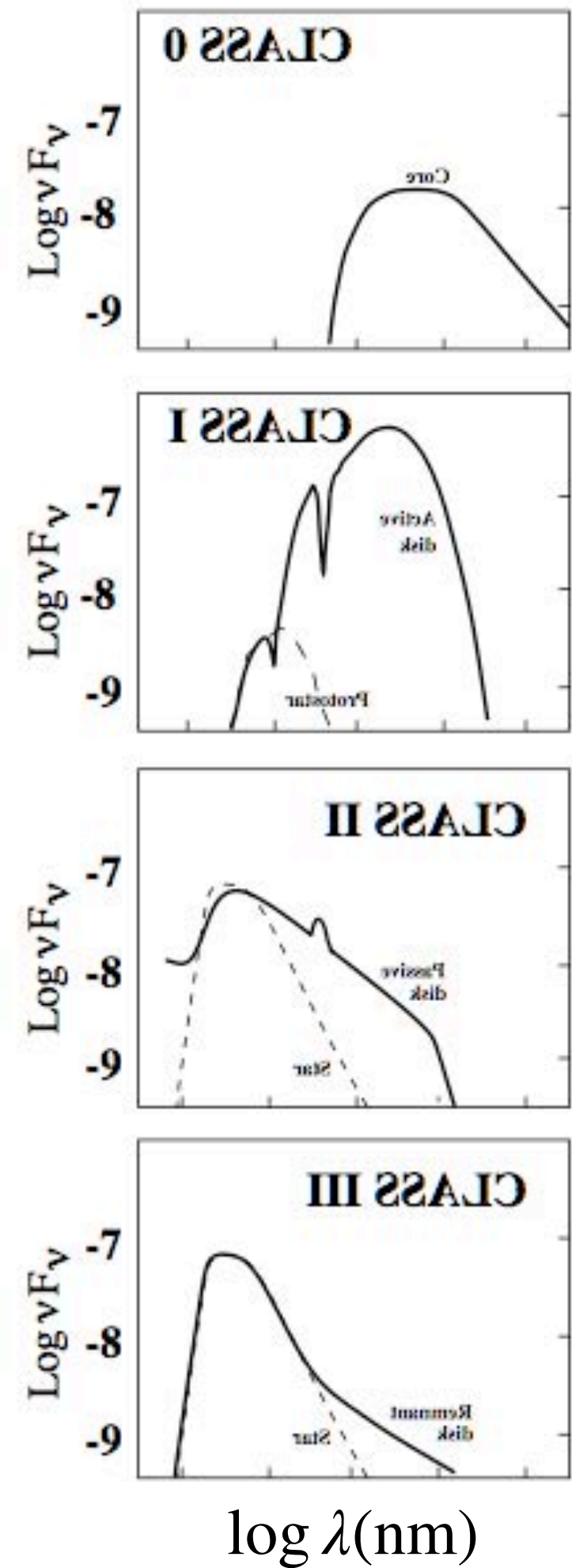
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zisprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



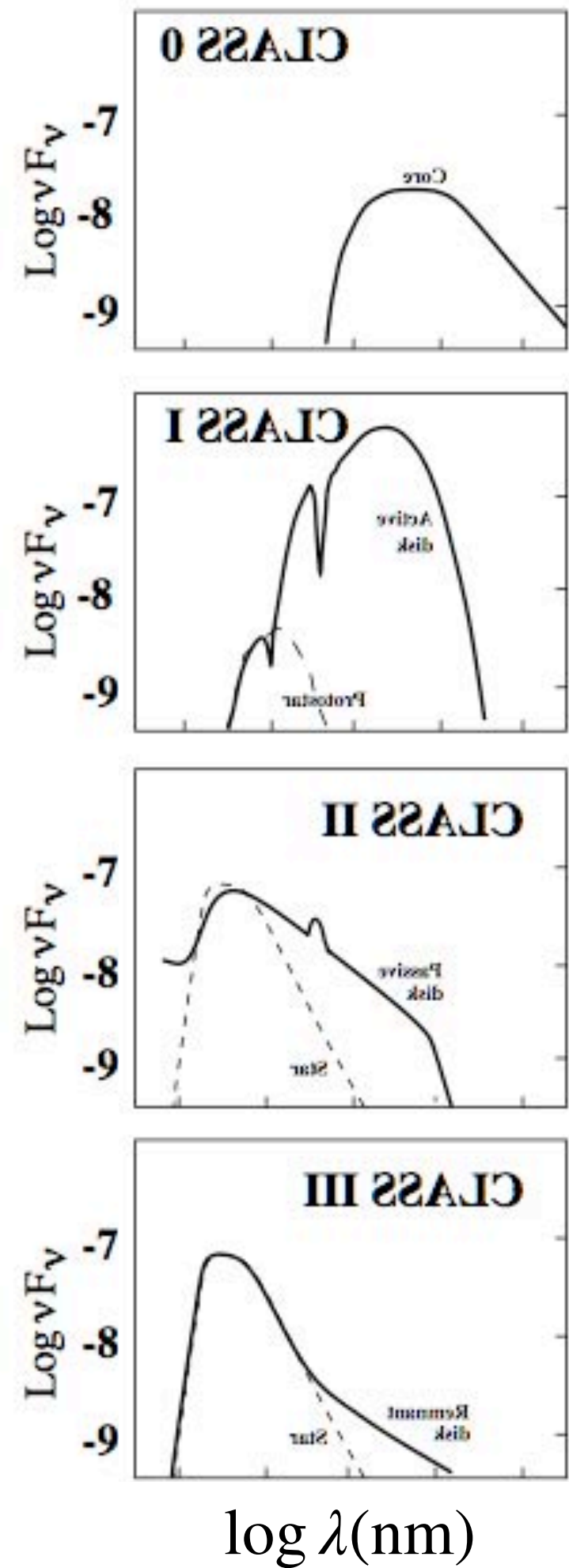
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zisprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

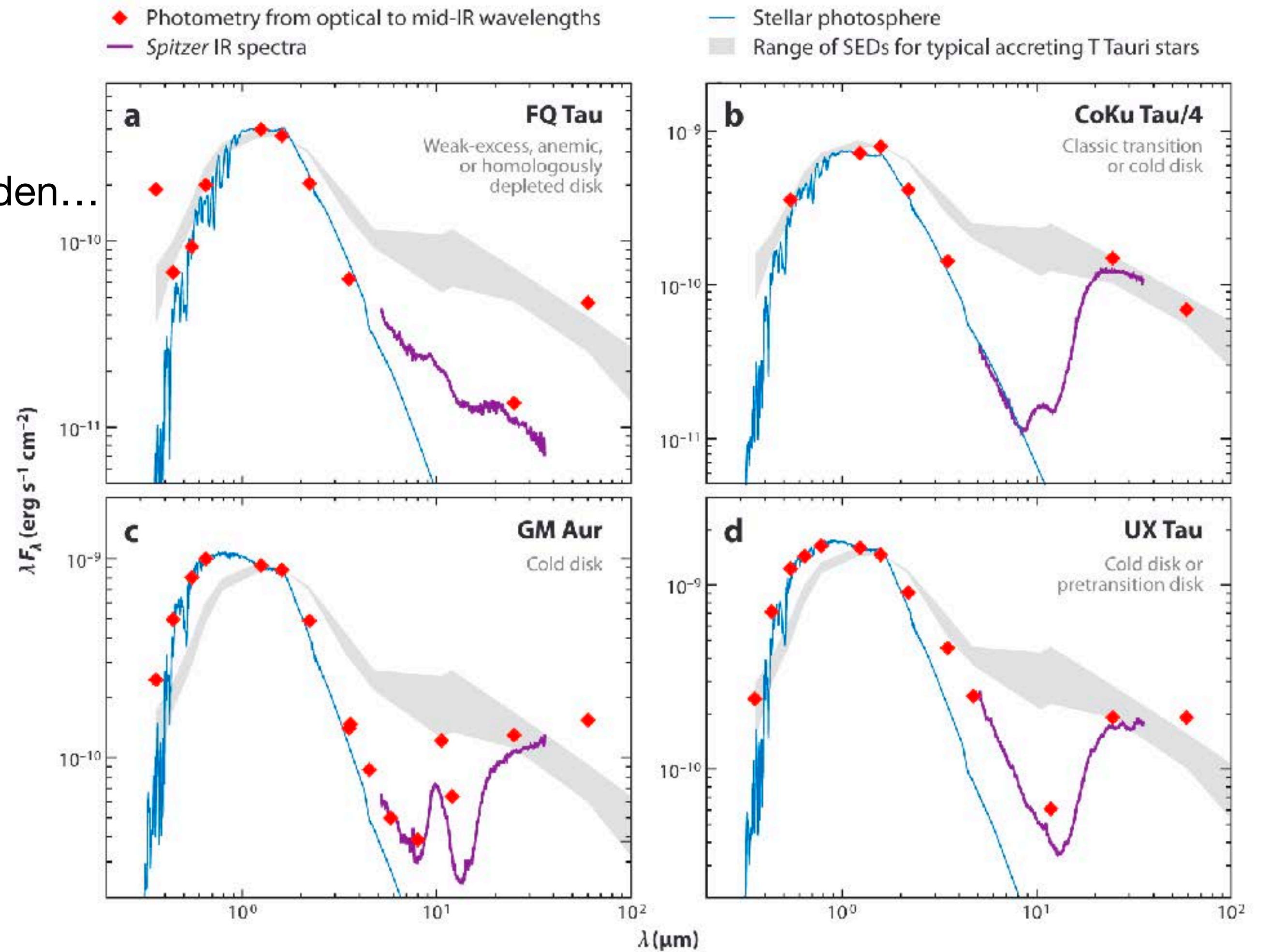


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

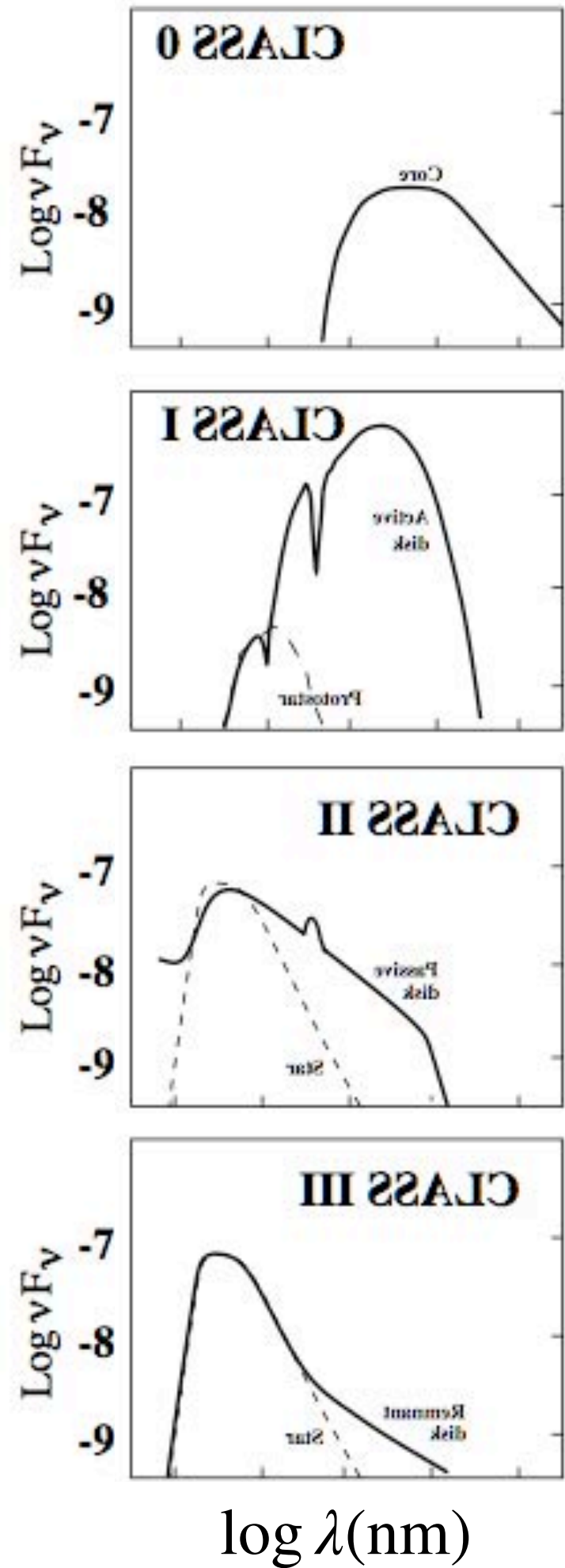


Tot ~2012 was dit alles wat we hadden...

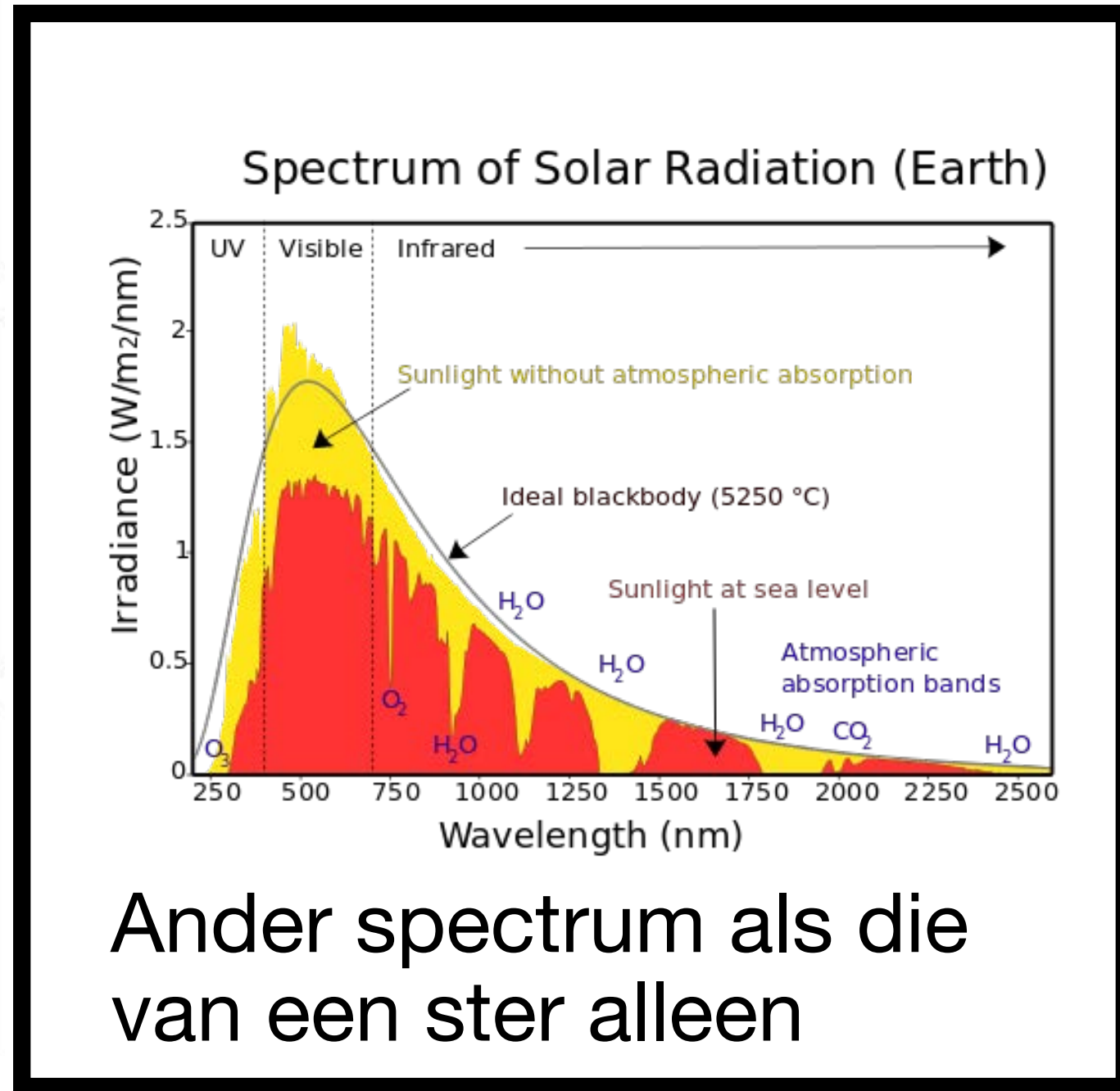


Planeet Formatie -> Observatie

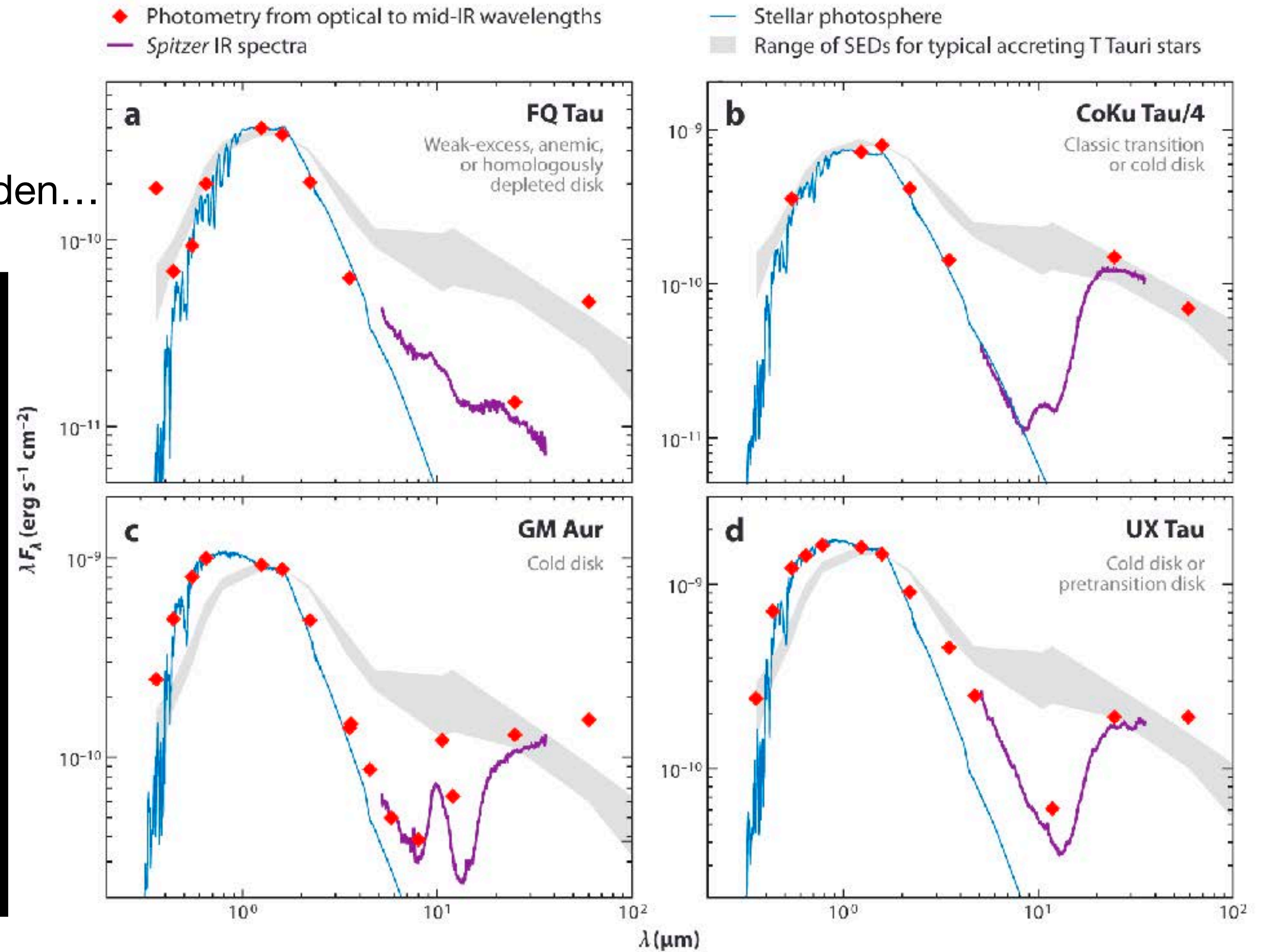
Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



Tot ~2012 was dit alles wat we hadden...

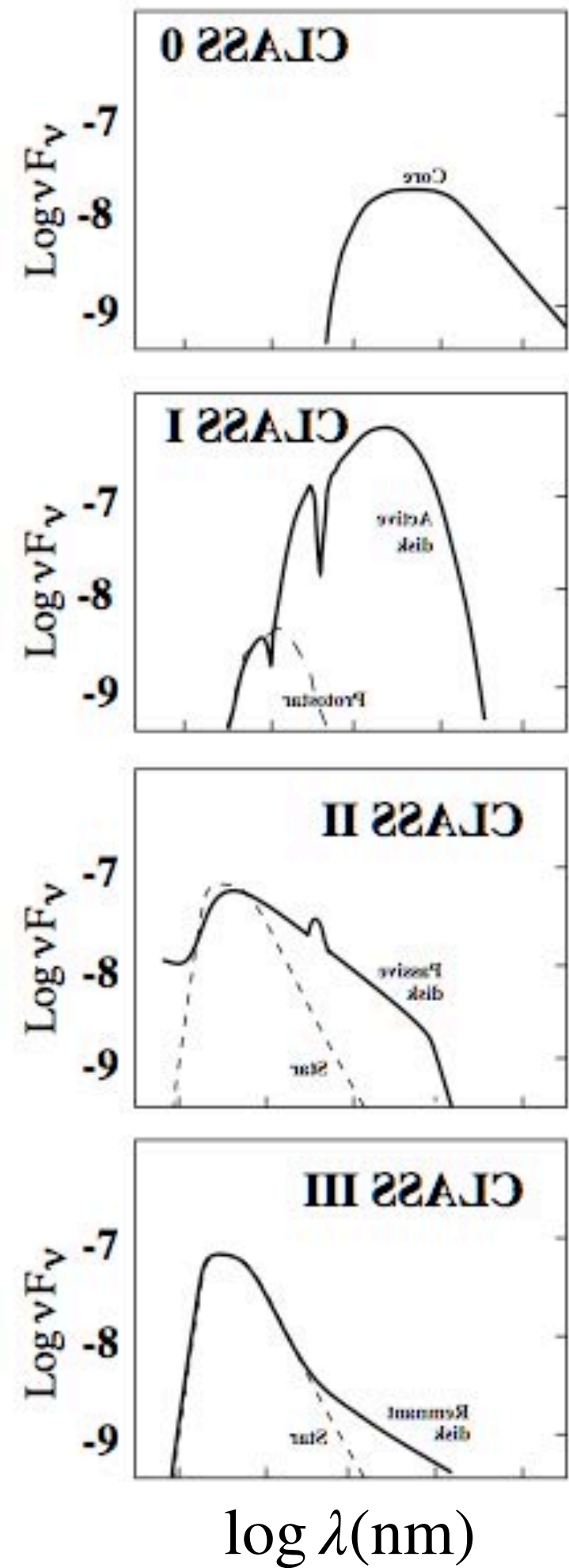


Ander spectrum als die van een ster alleen

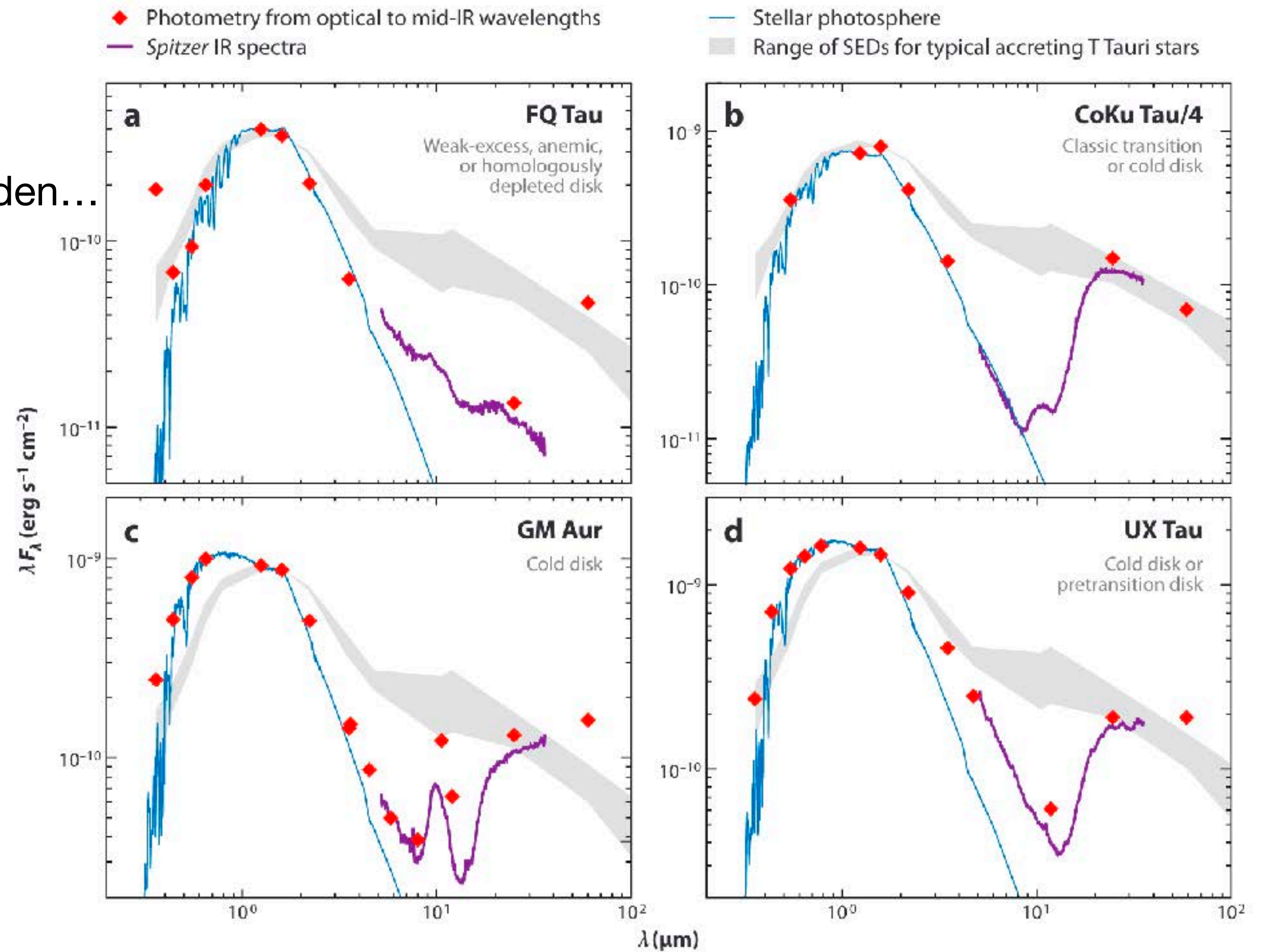


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zisprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

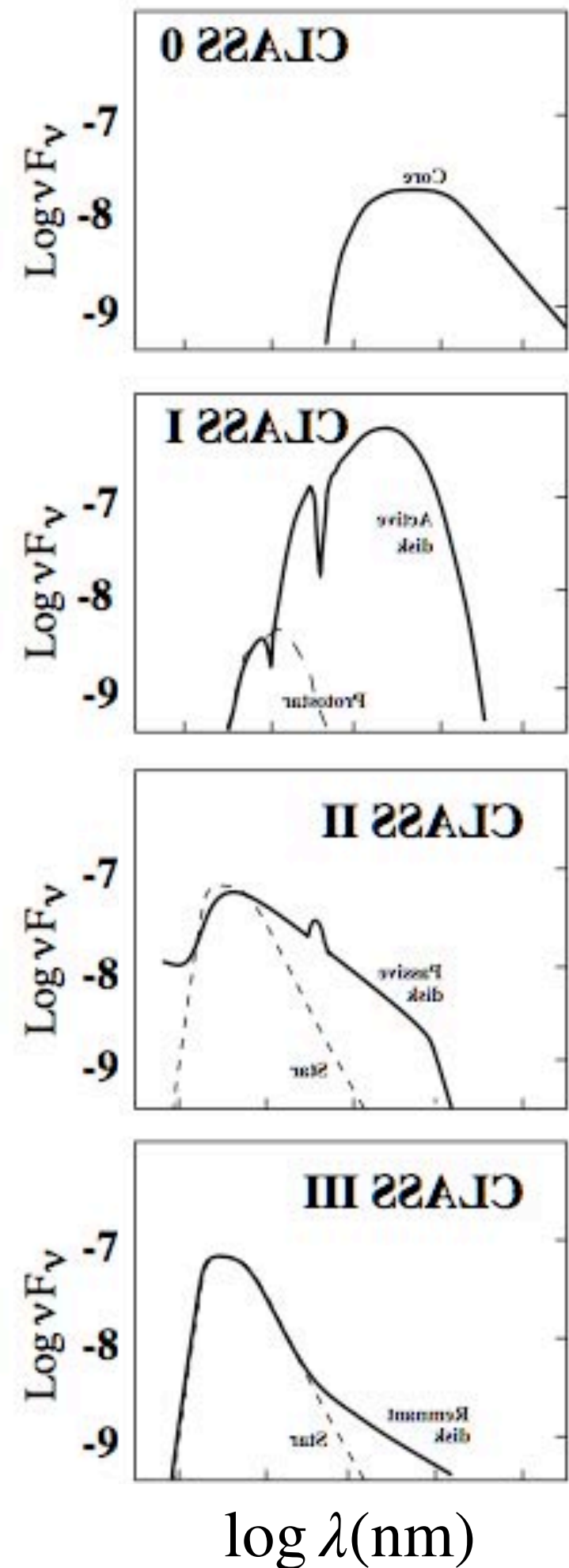


Tot ~2012 was dit alles wat we hadden...



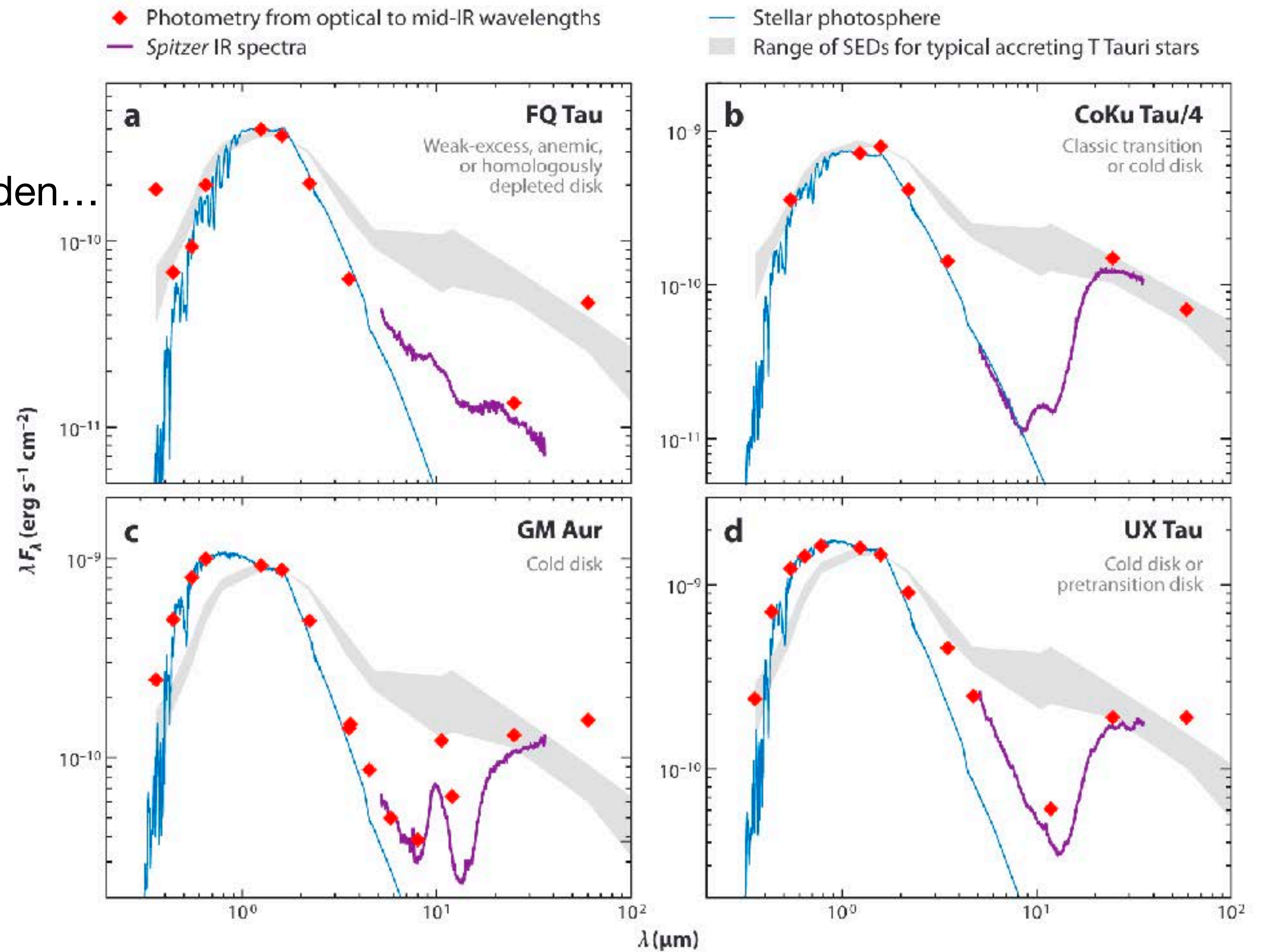
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zisprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



Tot ~2012 was dit alles wat we hadden...

Maar toen:



Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

Tot ~2012 was dit alles wat we hadden...

ALMA ~2013

Maar toen:



Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

Tot ~2012 was dit alles wat we hadden...

ALMA ~2013

Maar toen:

JWST ~2021

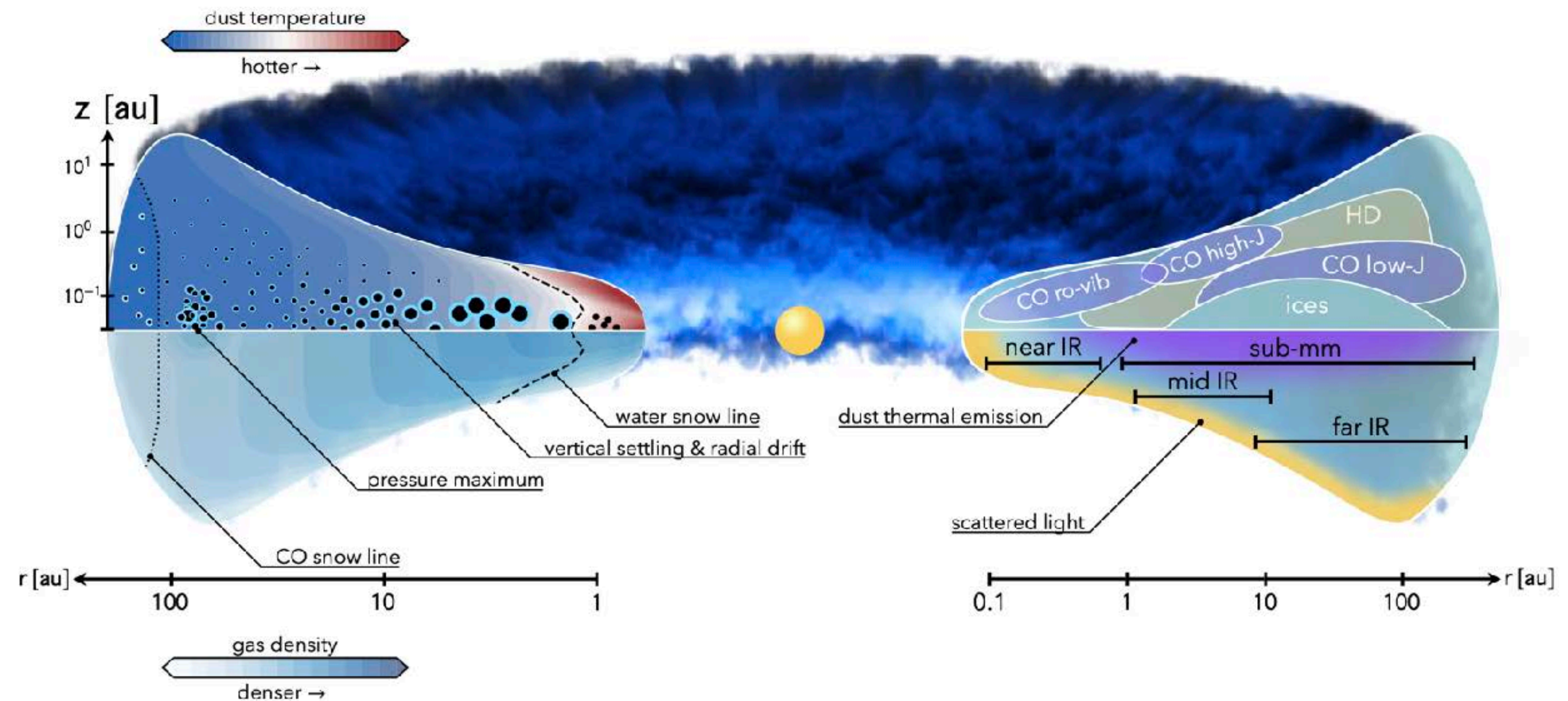


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

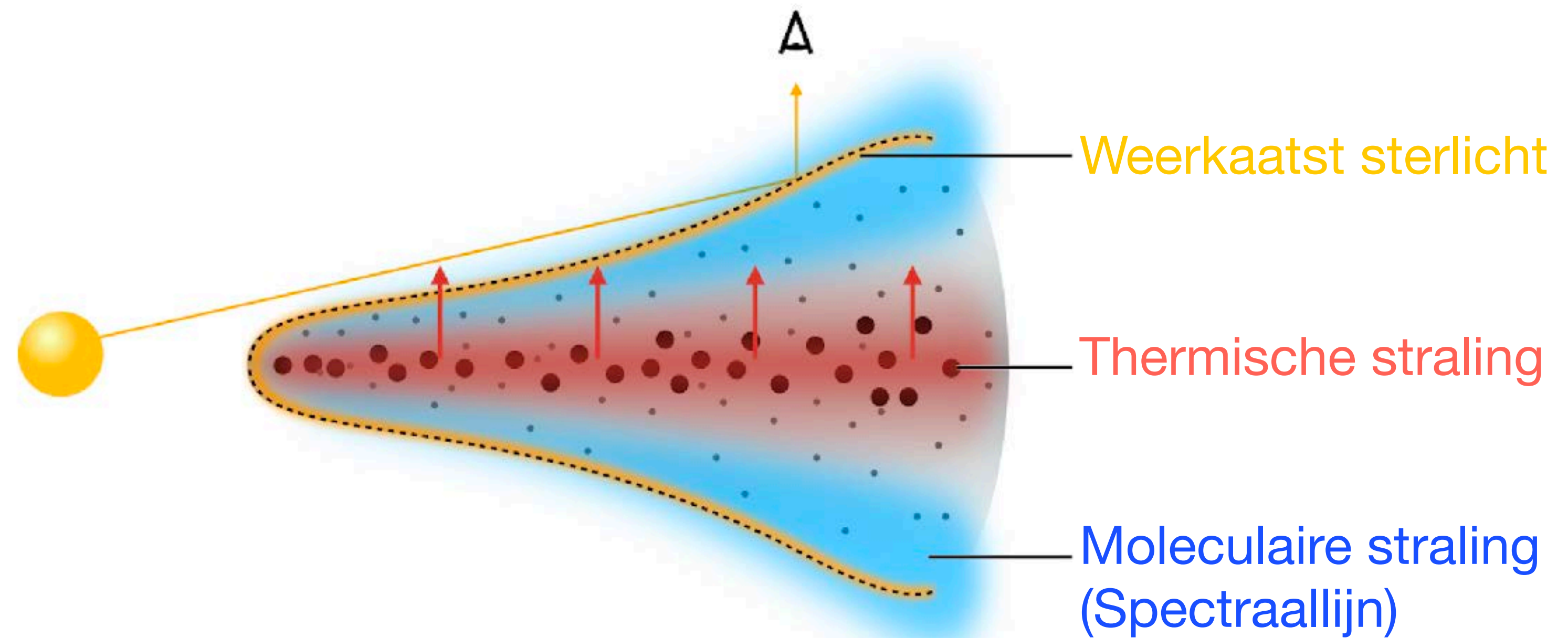
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



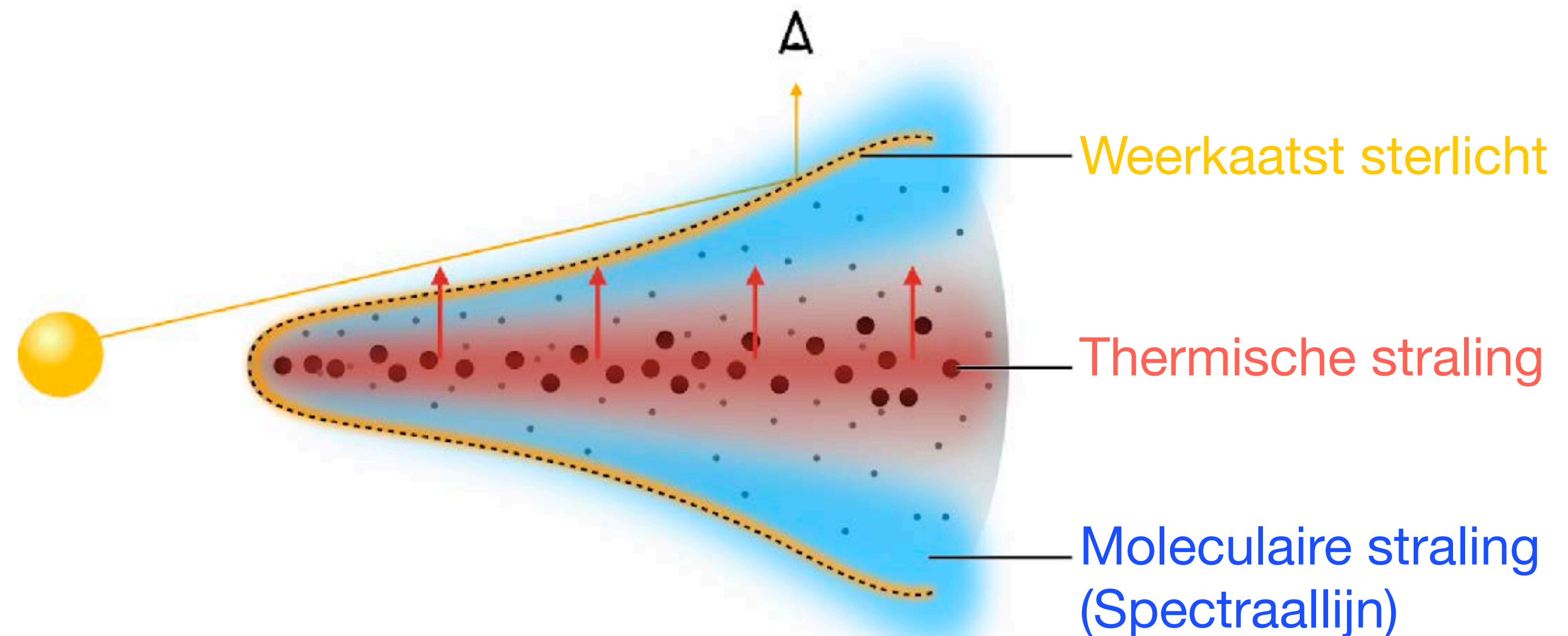
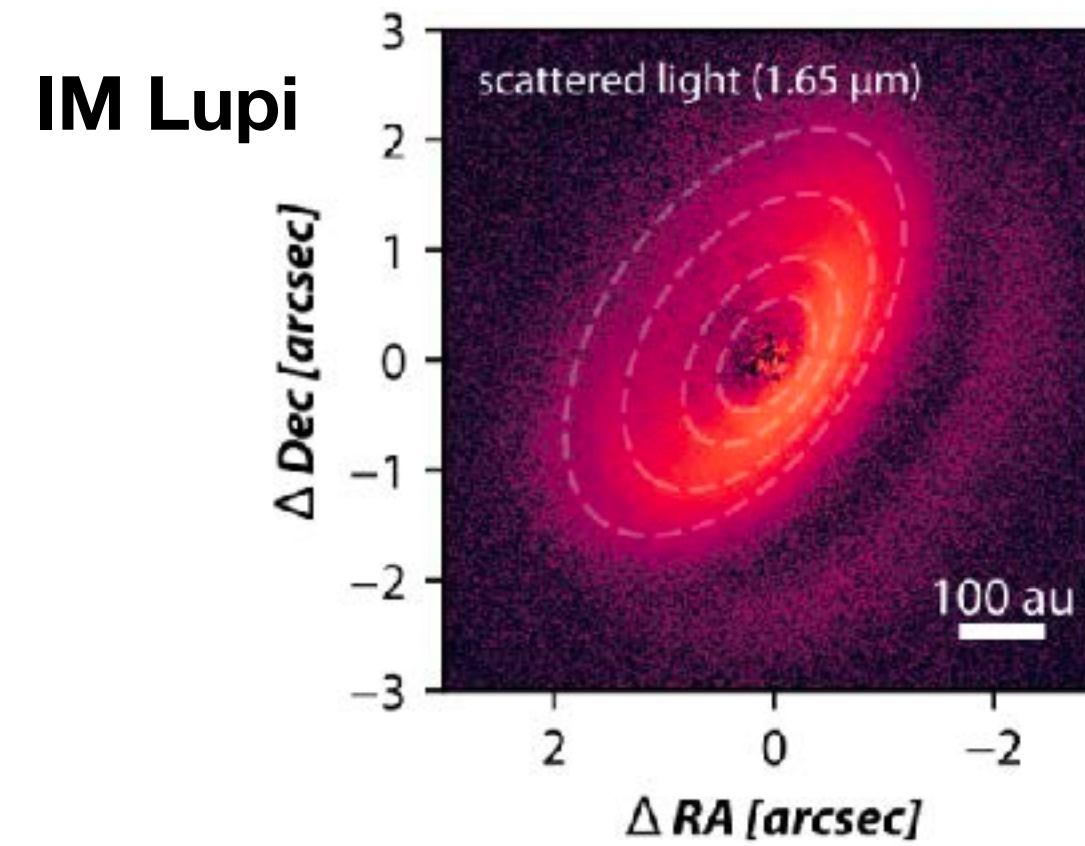
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



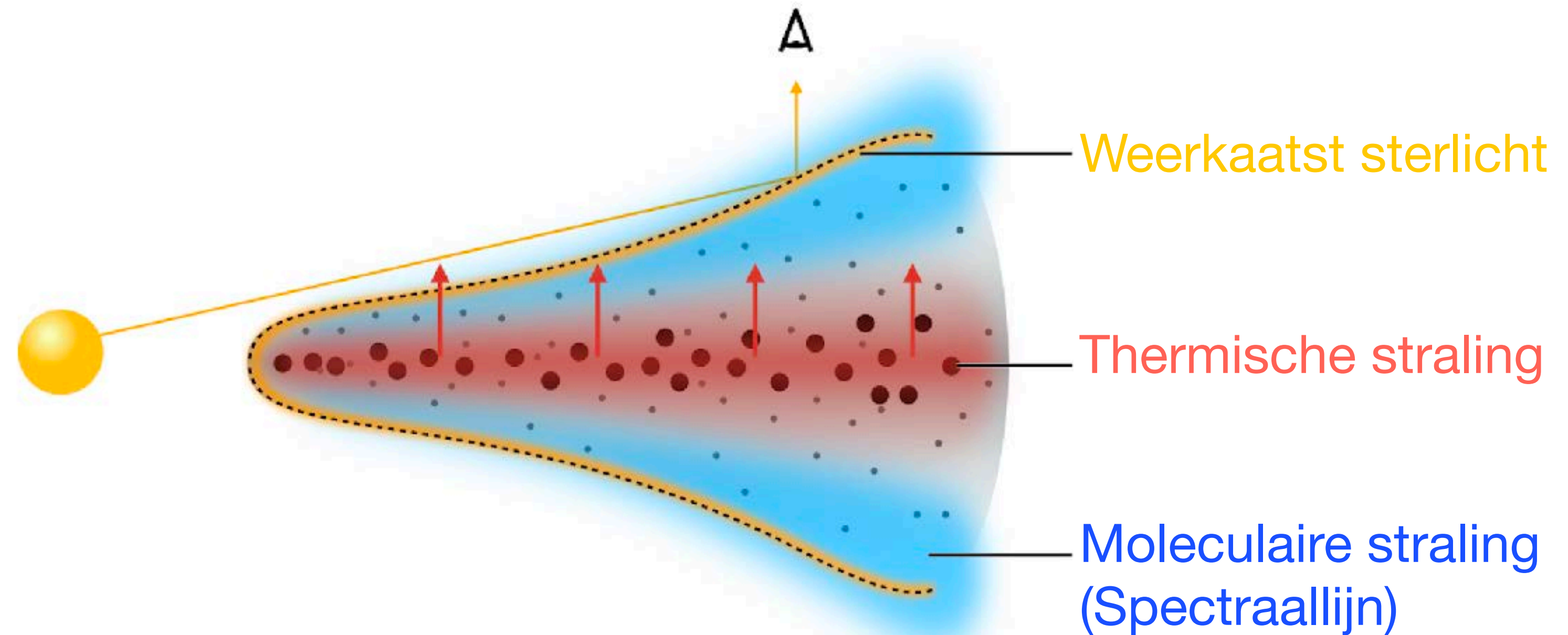
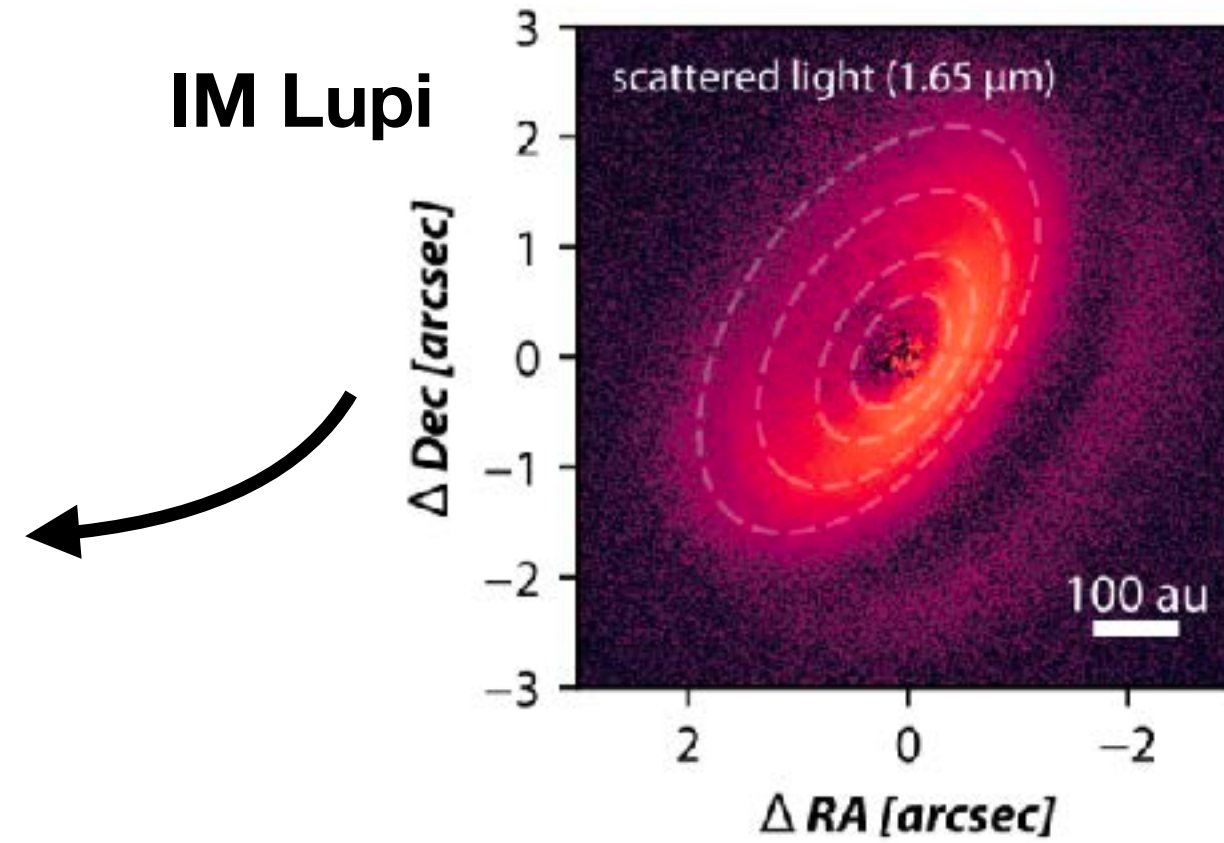
Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

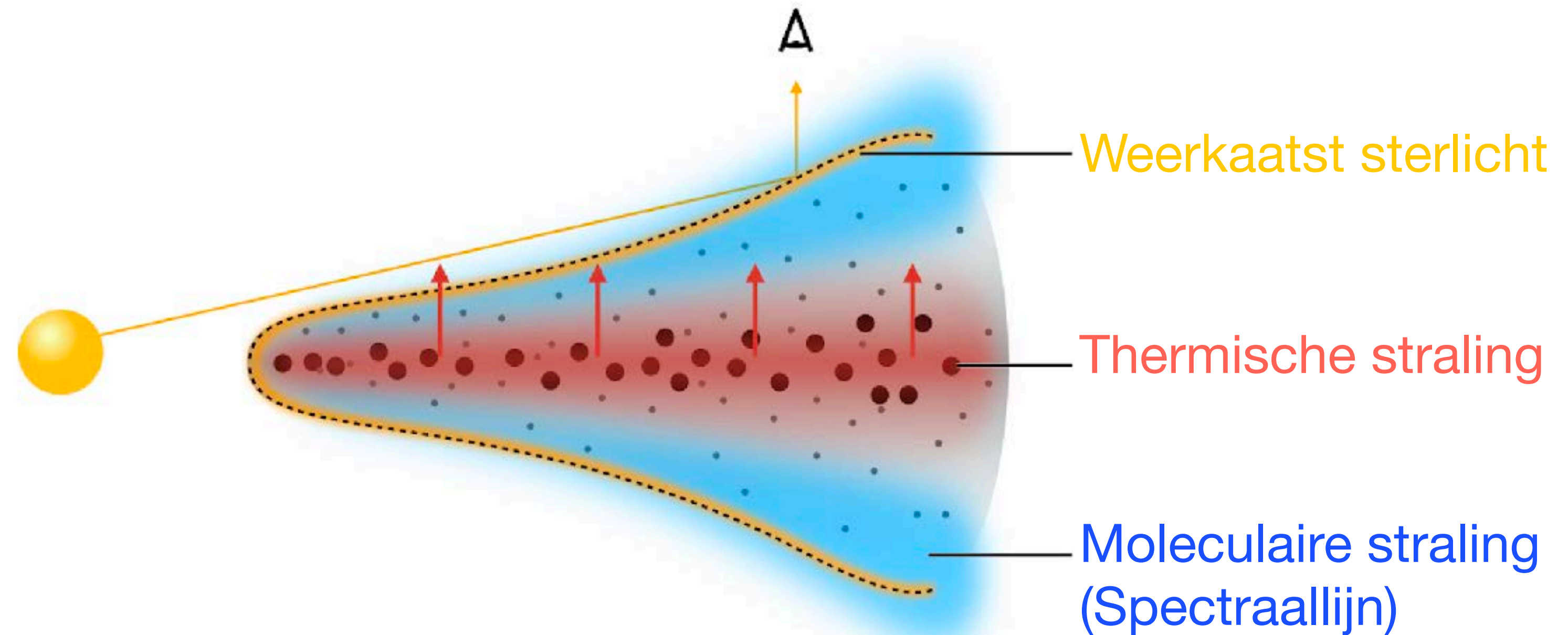
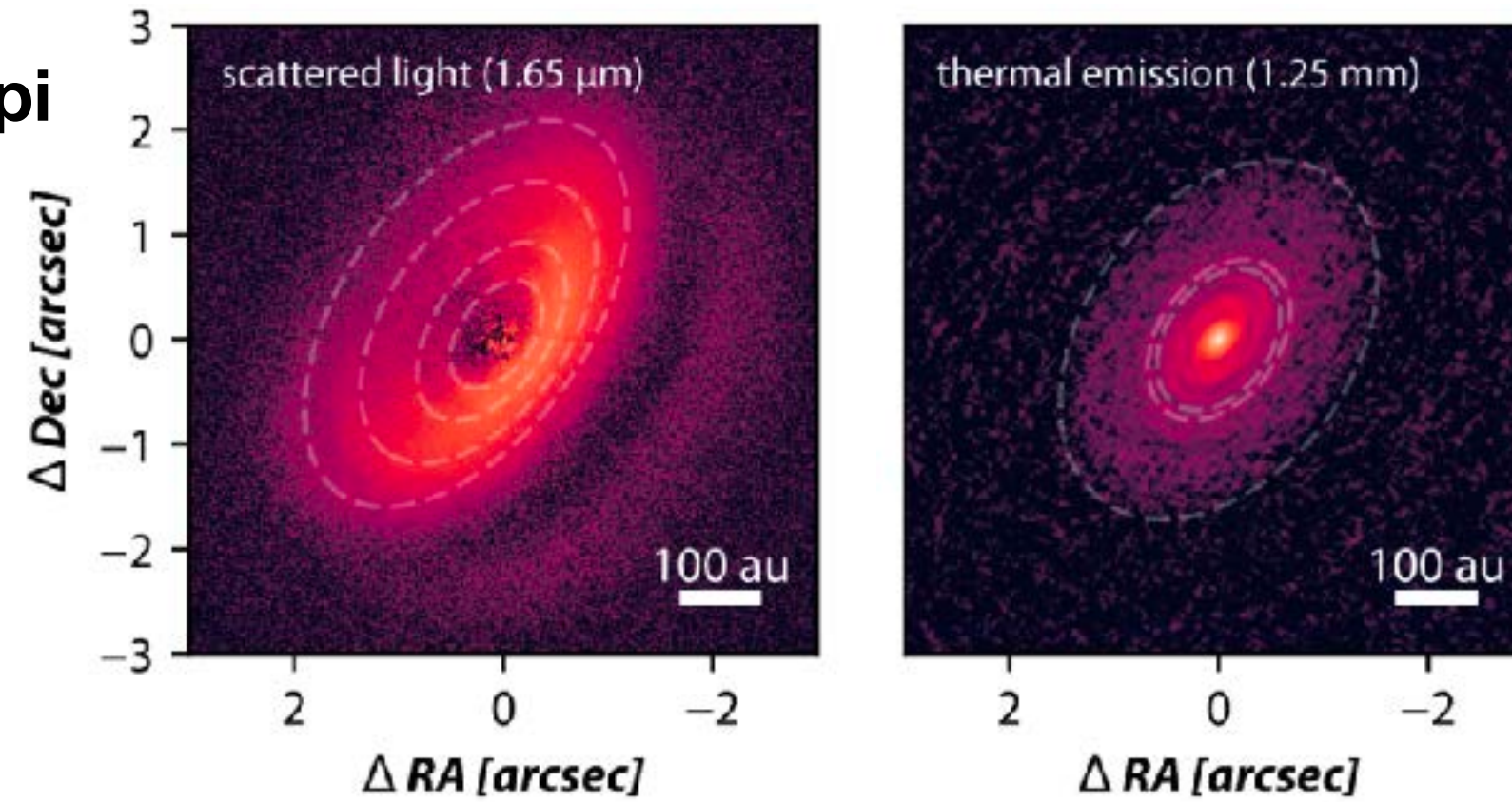


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

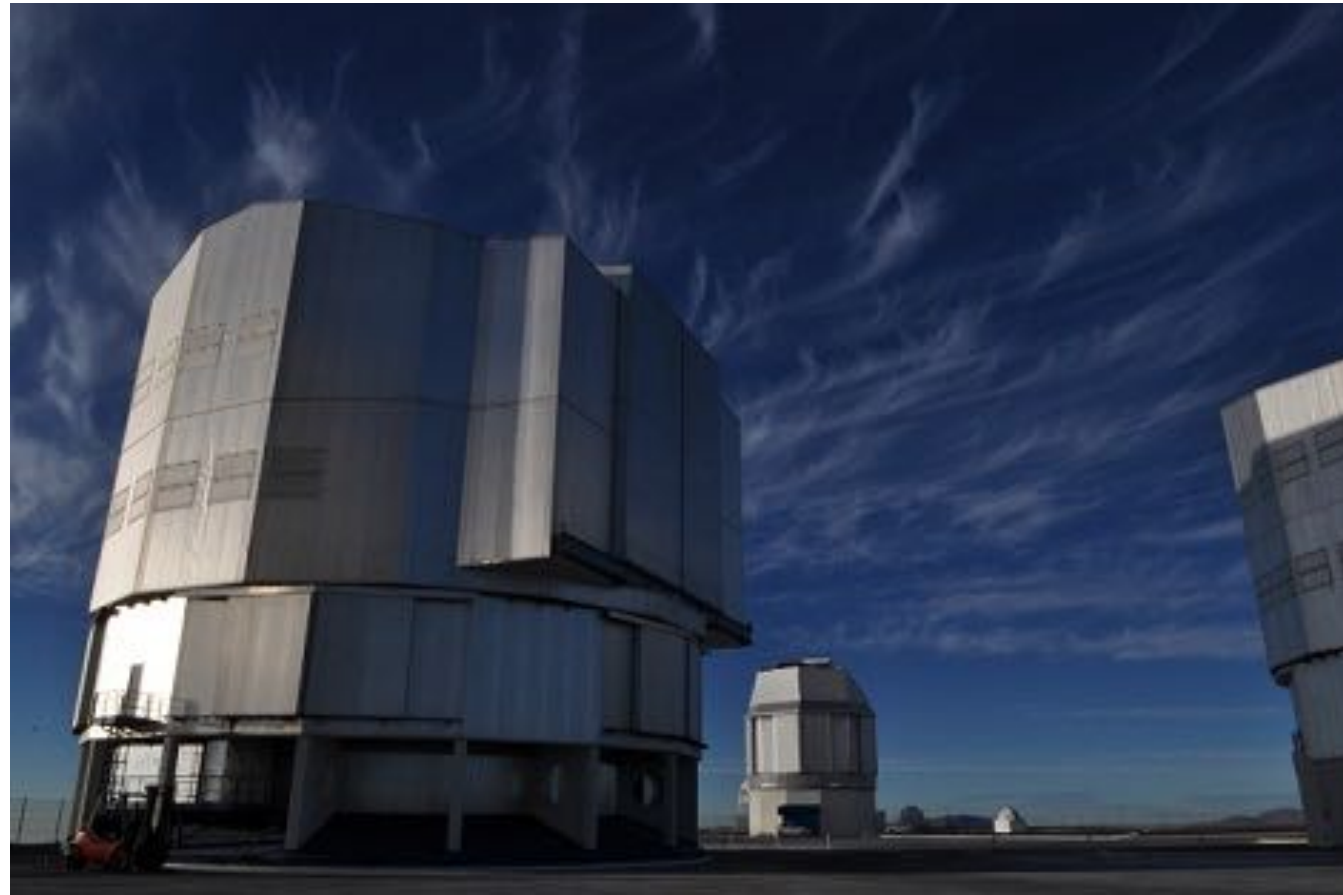


IM Lupi

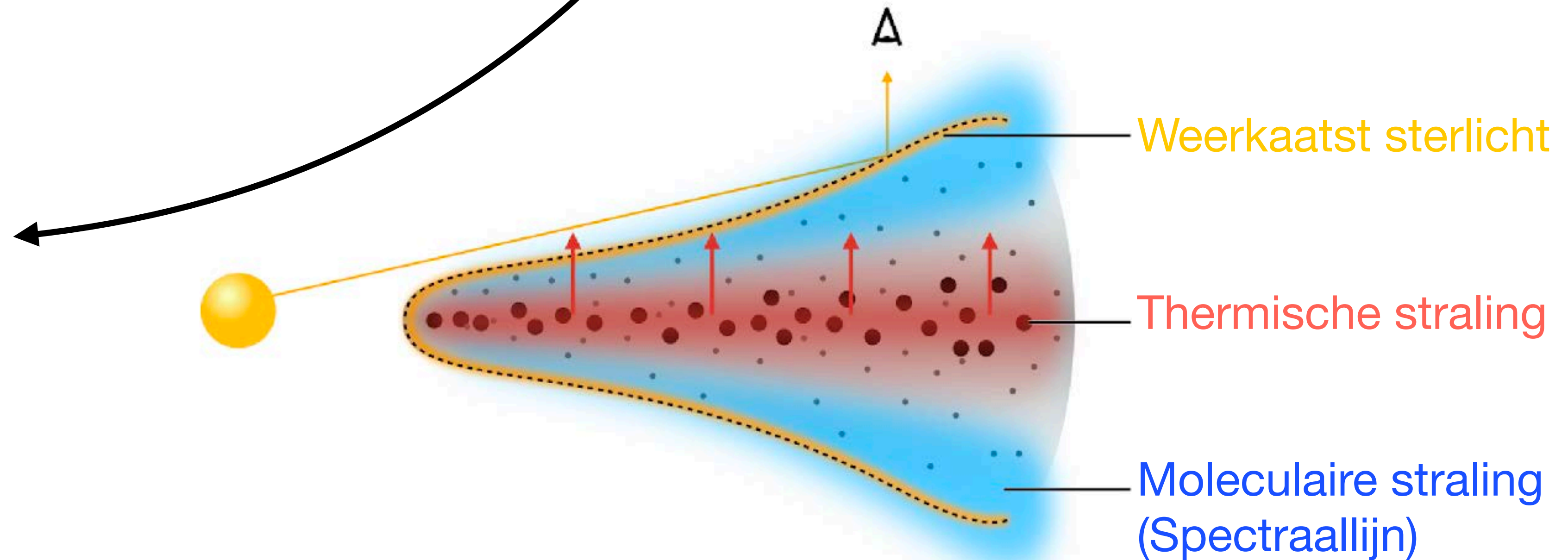
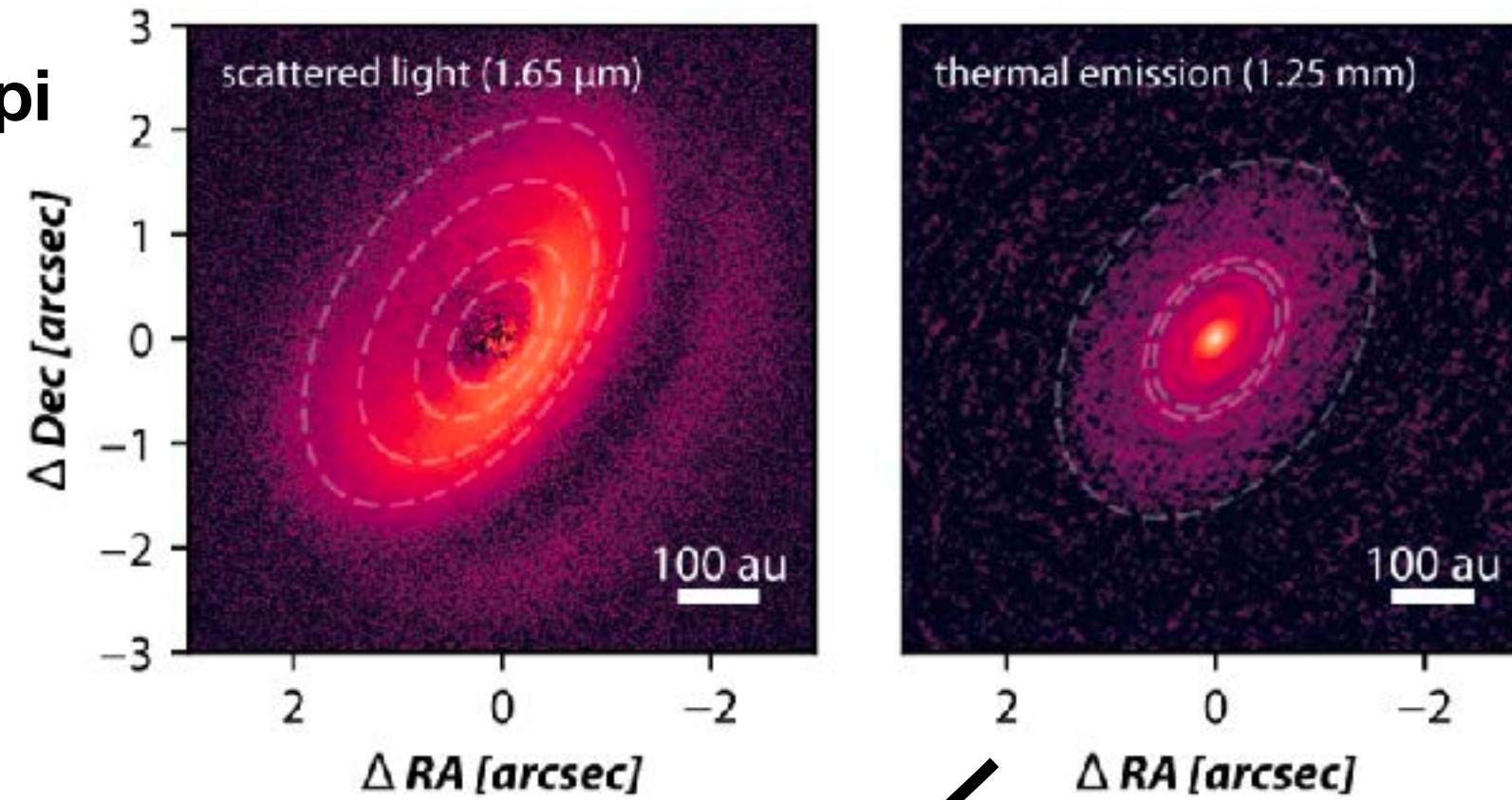


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

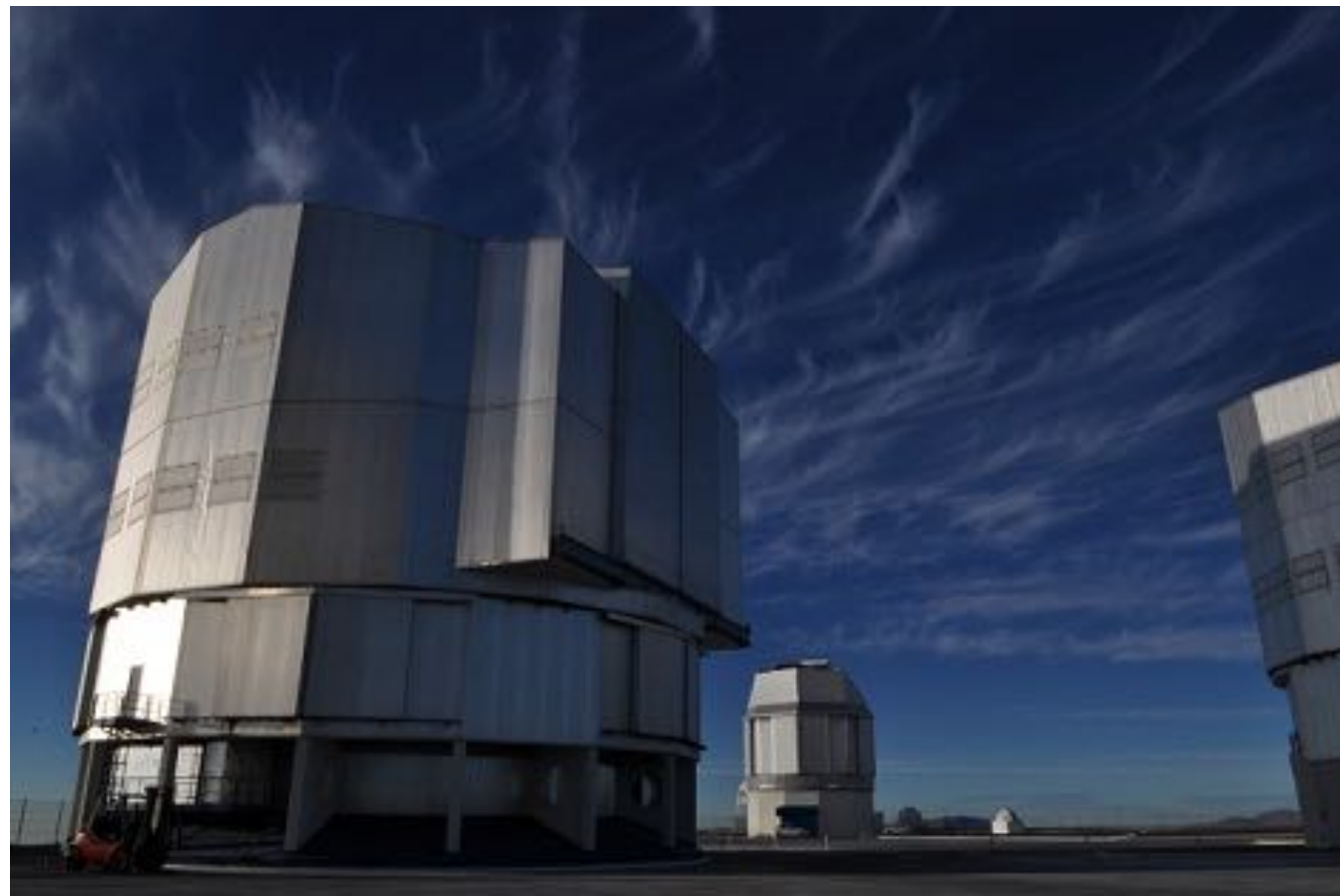


IM Lupi

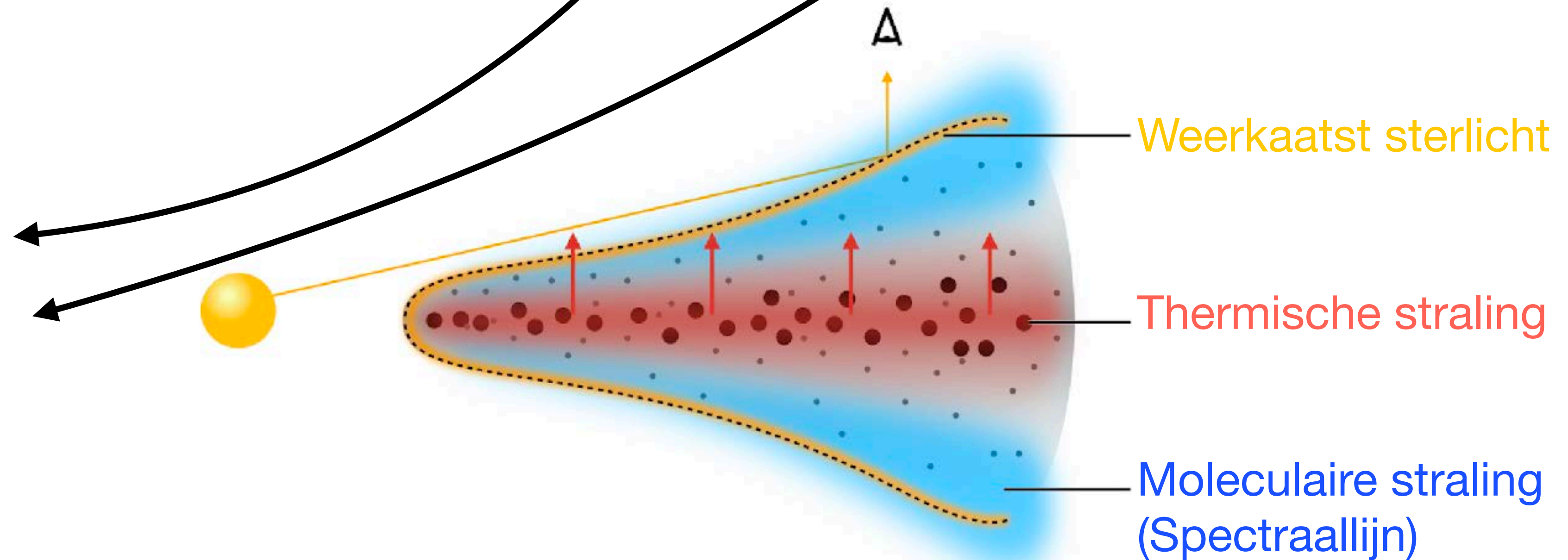
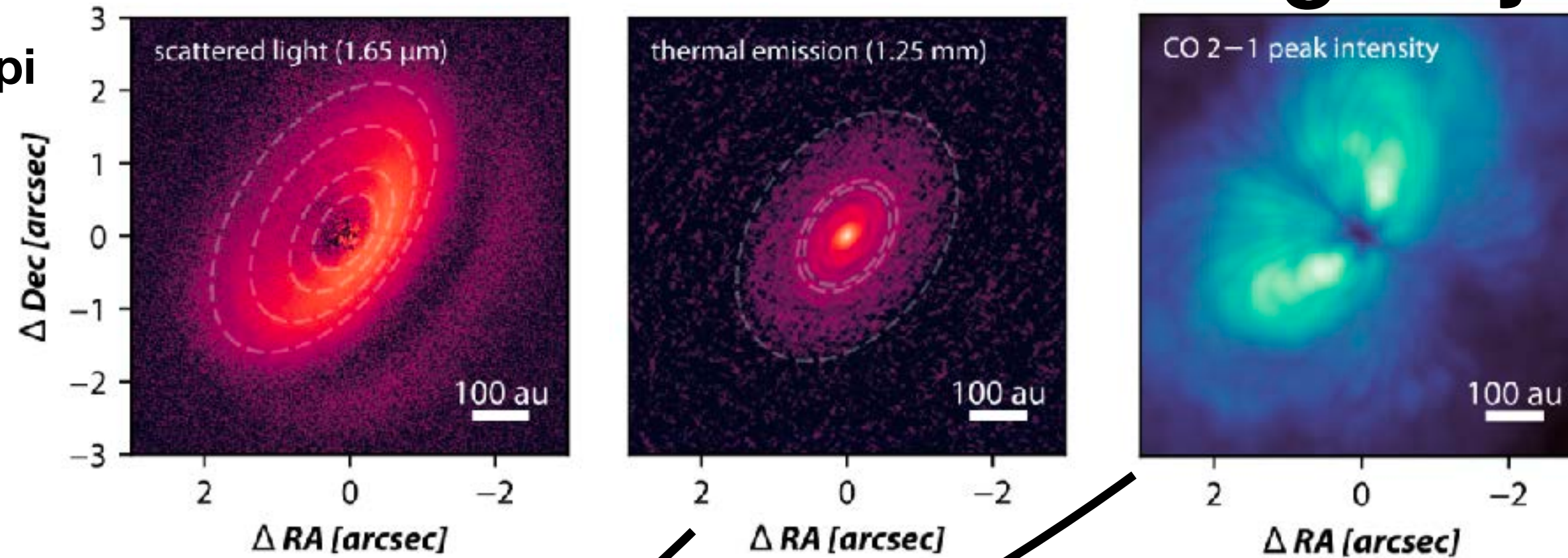


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

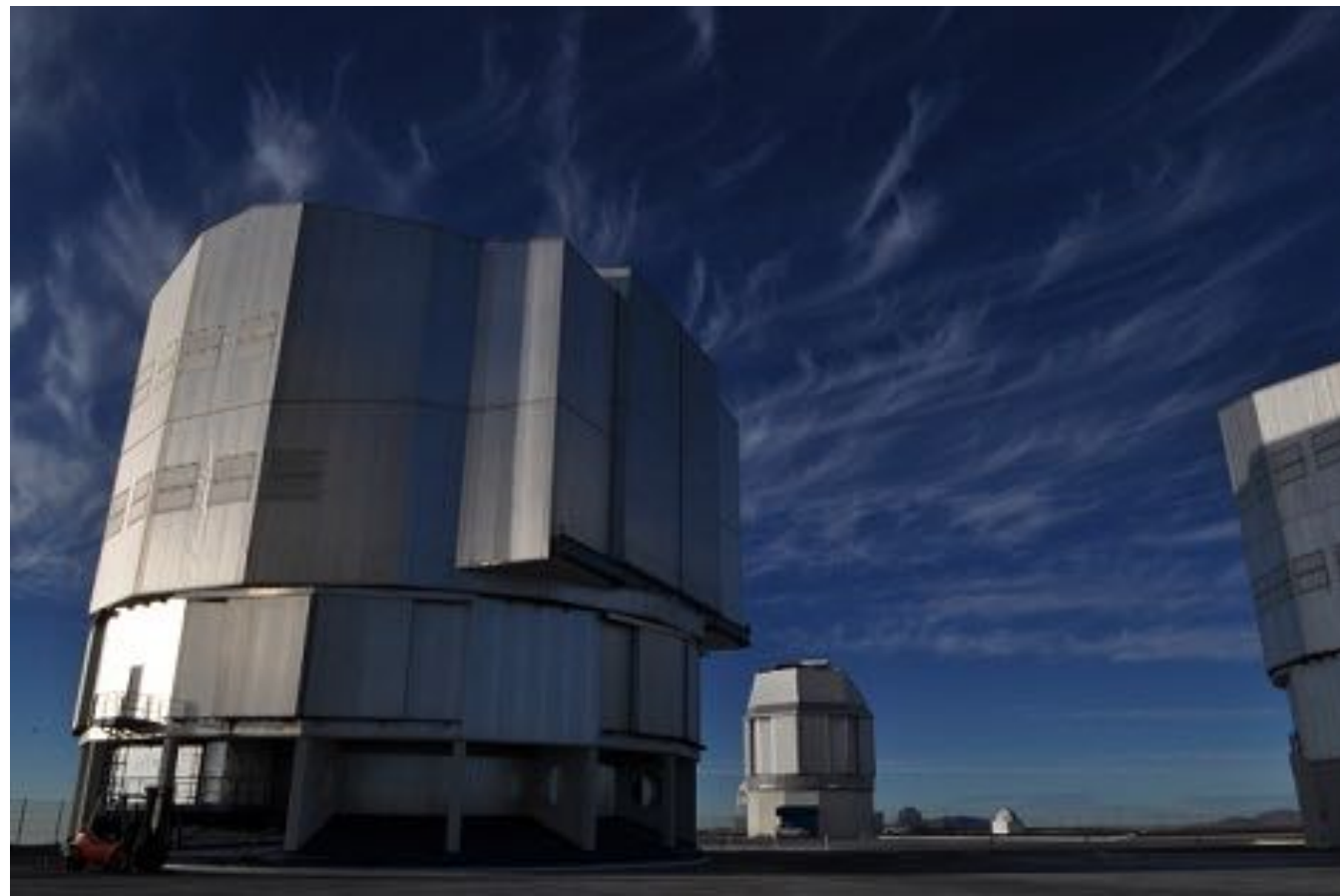


IM Lupi

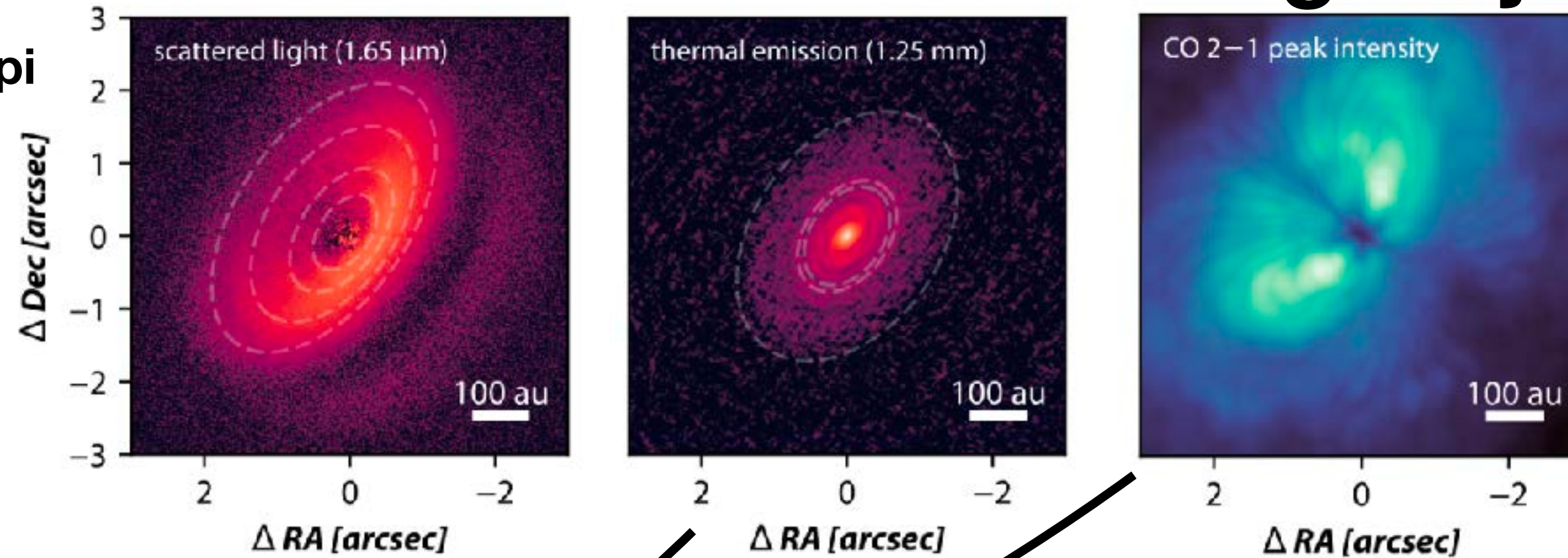


Planeet Formatie -> Observatie

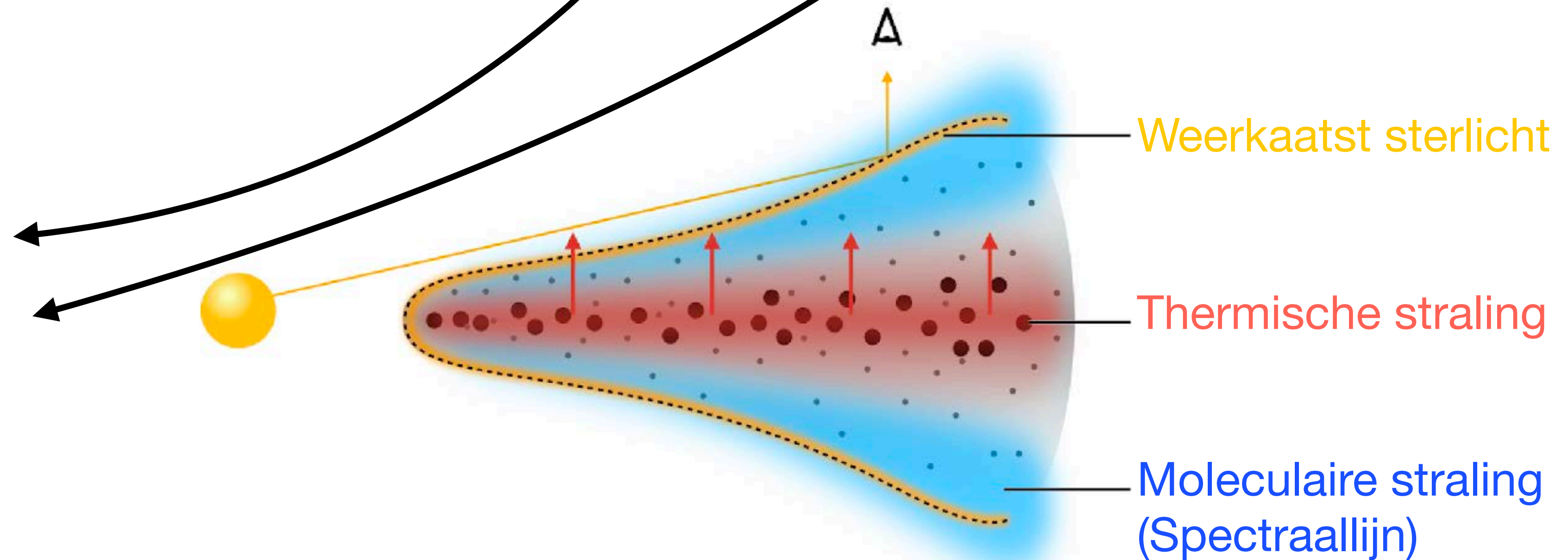
Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?



IM Lupi



Vormt er een $2-3 M_{\text{jup}}$ protoplaneet op 110 AU van de ster?

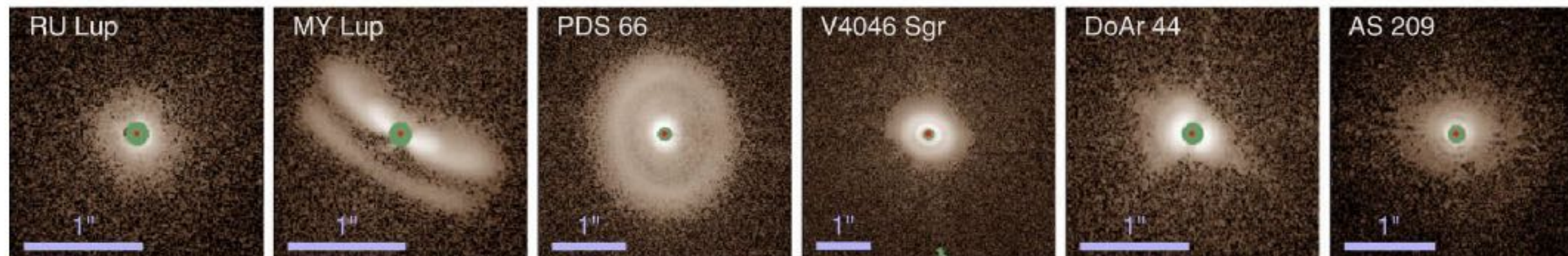
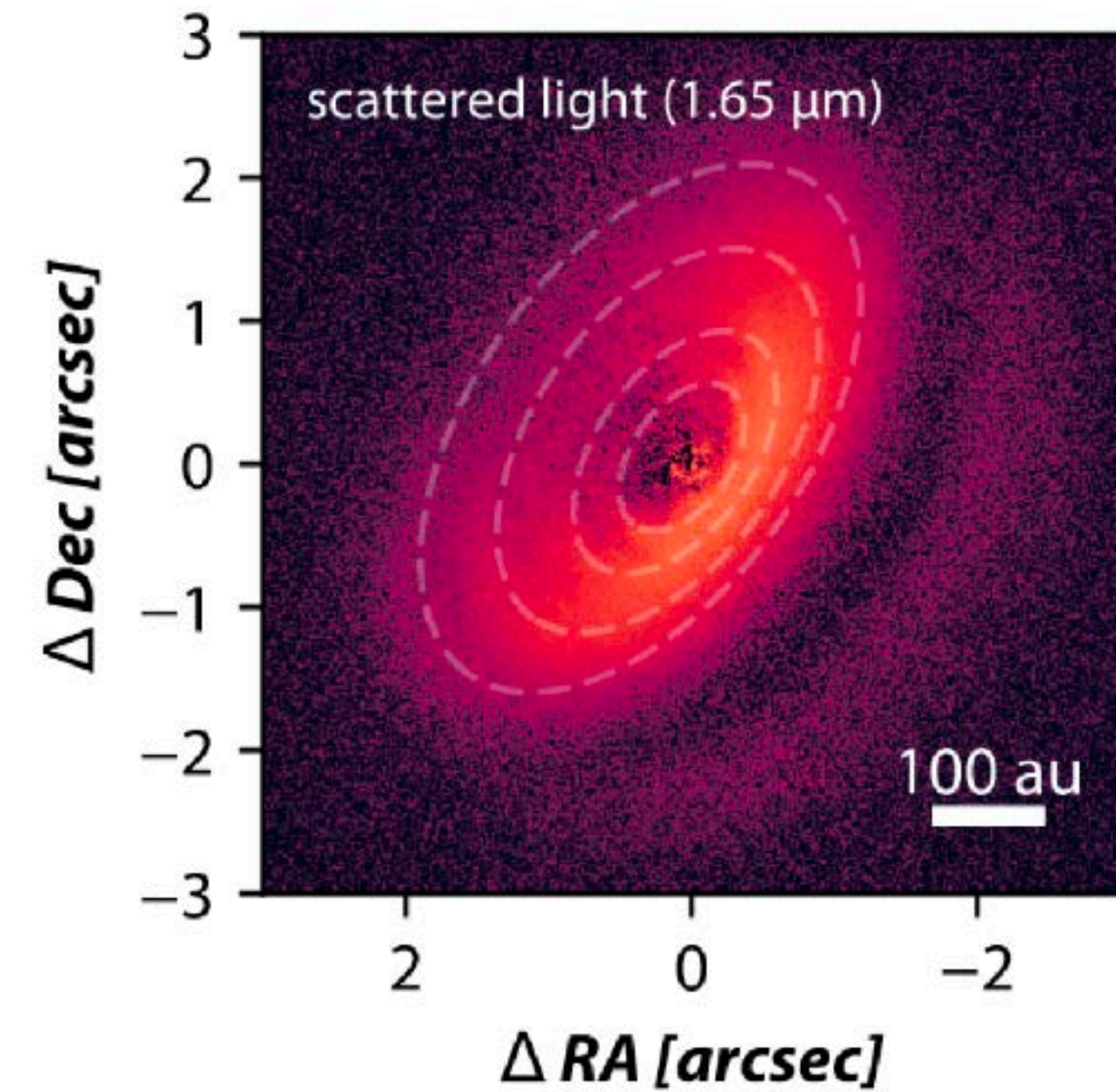
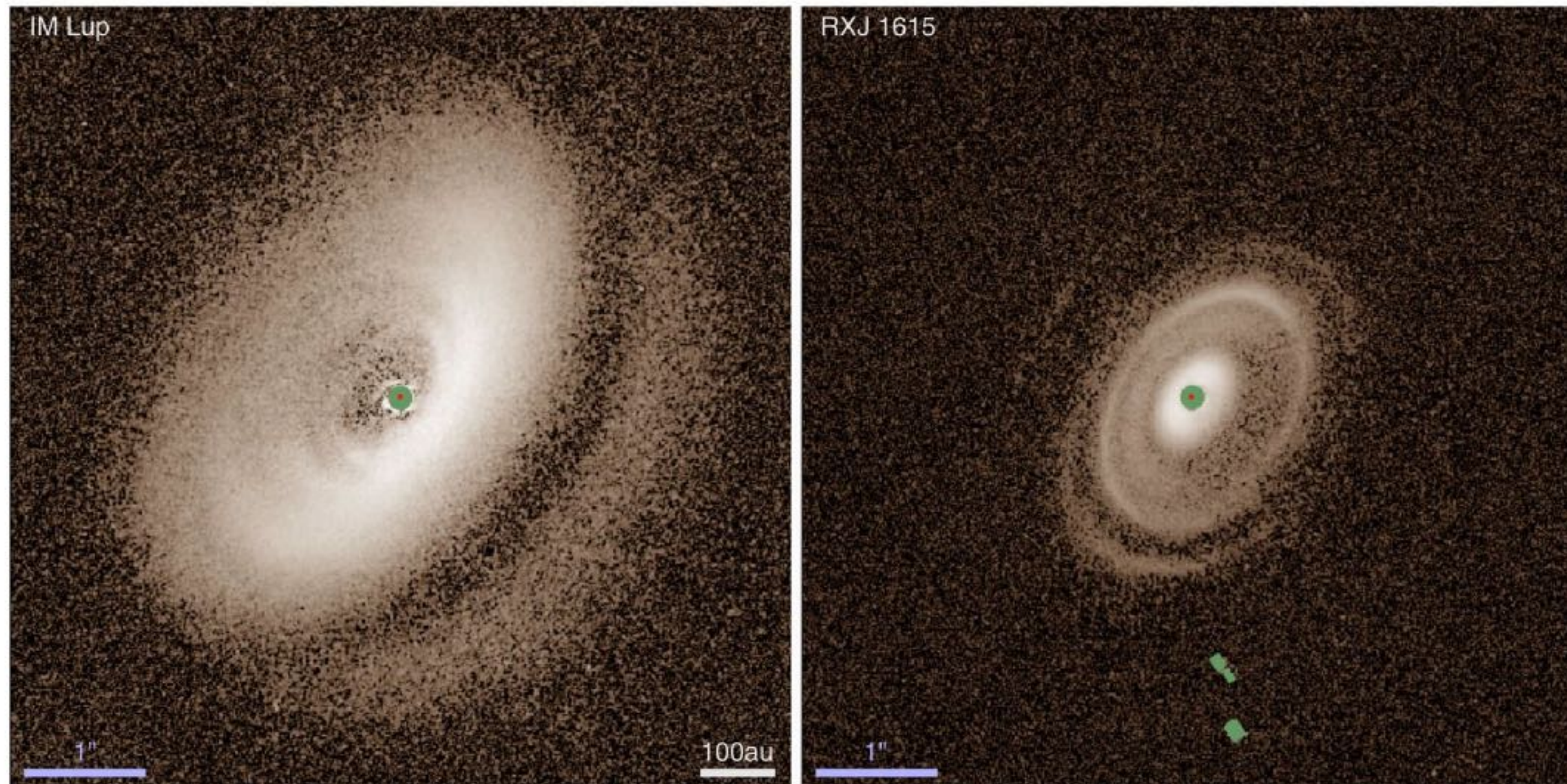


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 863:44 (23pp), 2018 August 10

Avenhaus et al.

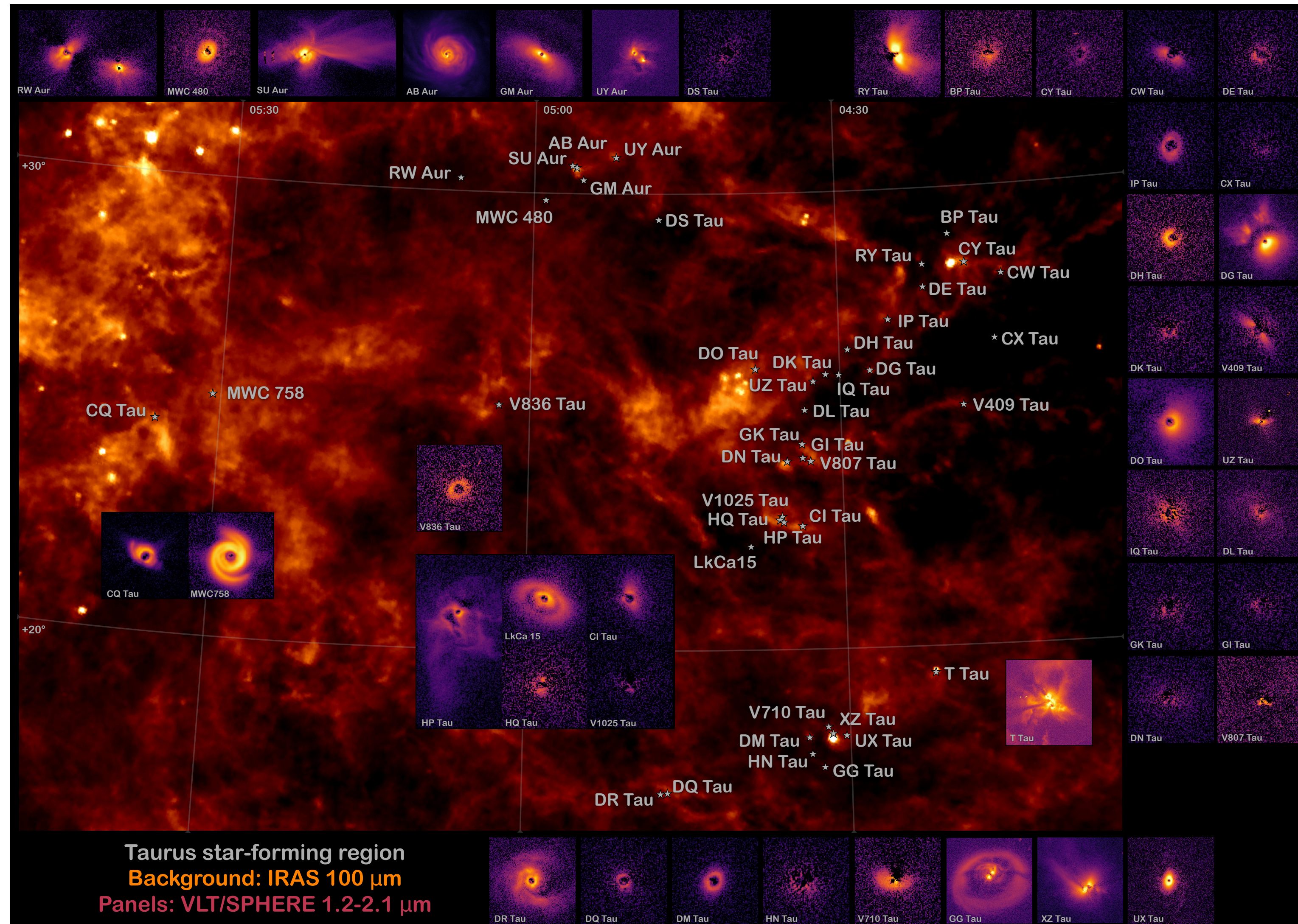


Planeet Formatie -> Observatie

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit? Wat zien we eigenlijk?

Observaties
gepubliceerd
vorige maand!

Ginski et al. 2024

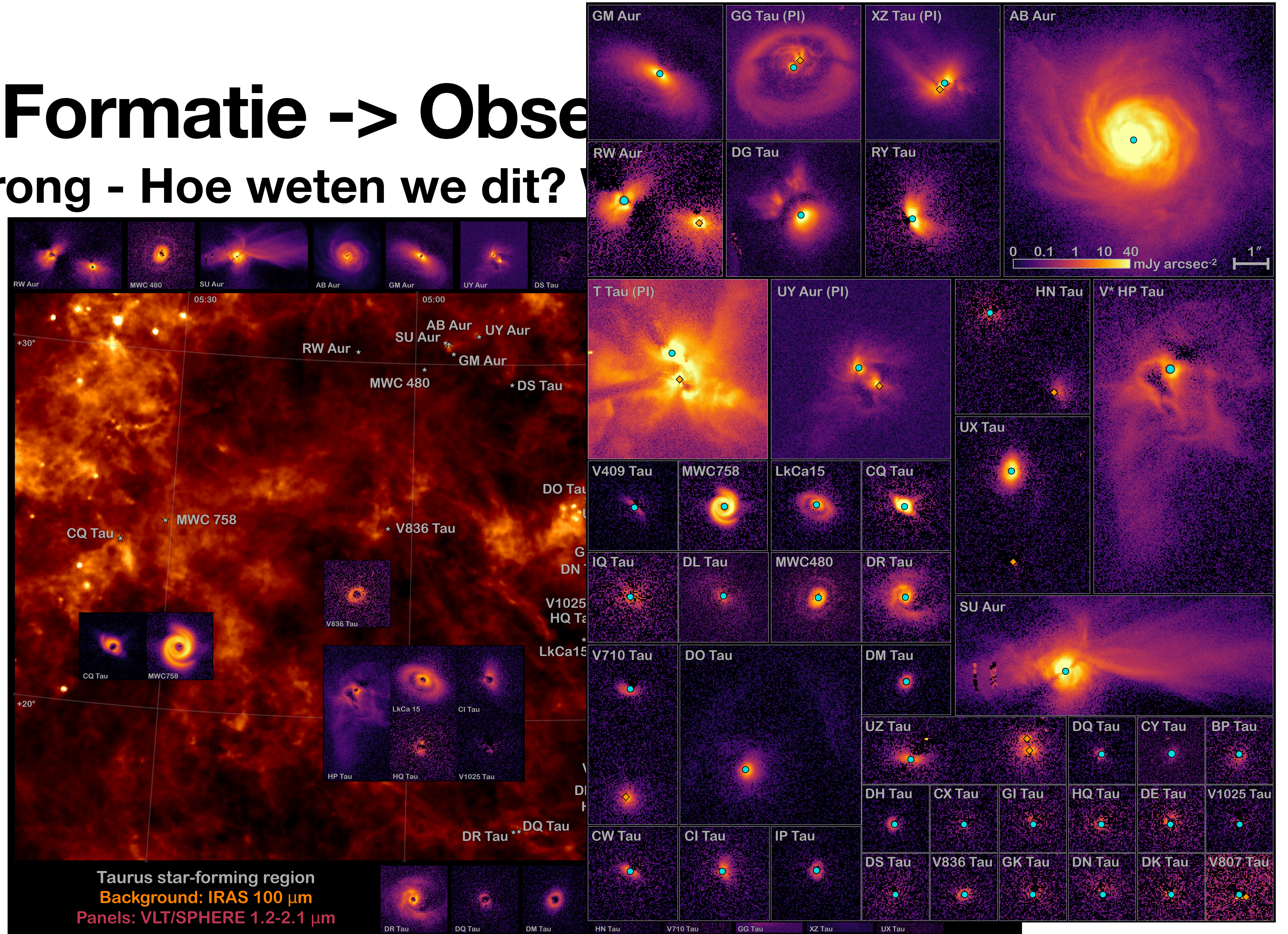


Planeet Formatie -> Observaties

Kleine zijsprong - Hoe weten we dit?

Observaties
gepubliceerd
vorige maand!

Ginski et al. 2024



Planeet Formatie -> Theorie

Evolutie Schijf -> Leeftijd erg kort $< 10^7$ Jr

Planeet Formatie -> Theorie

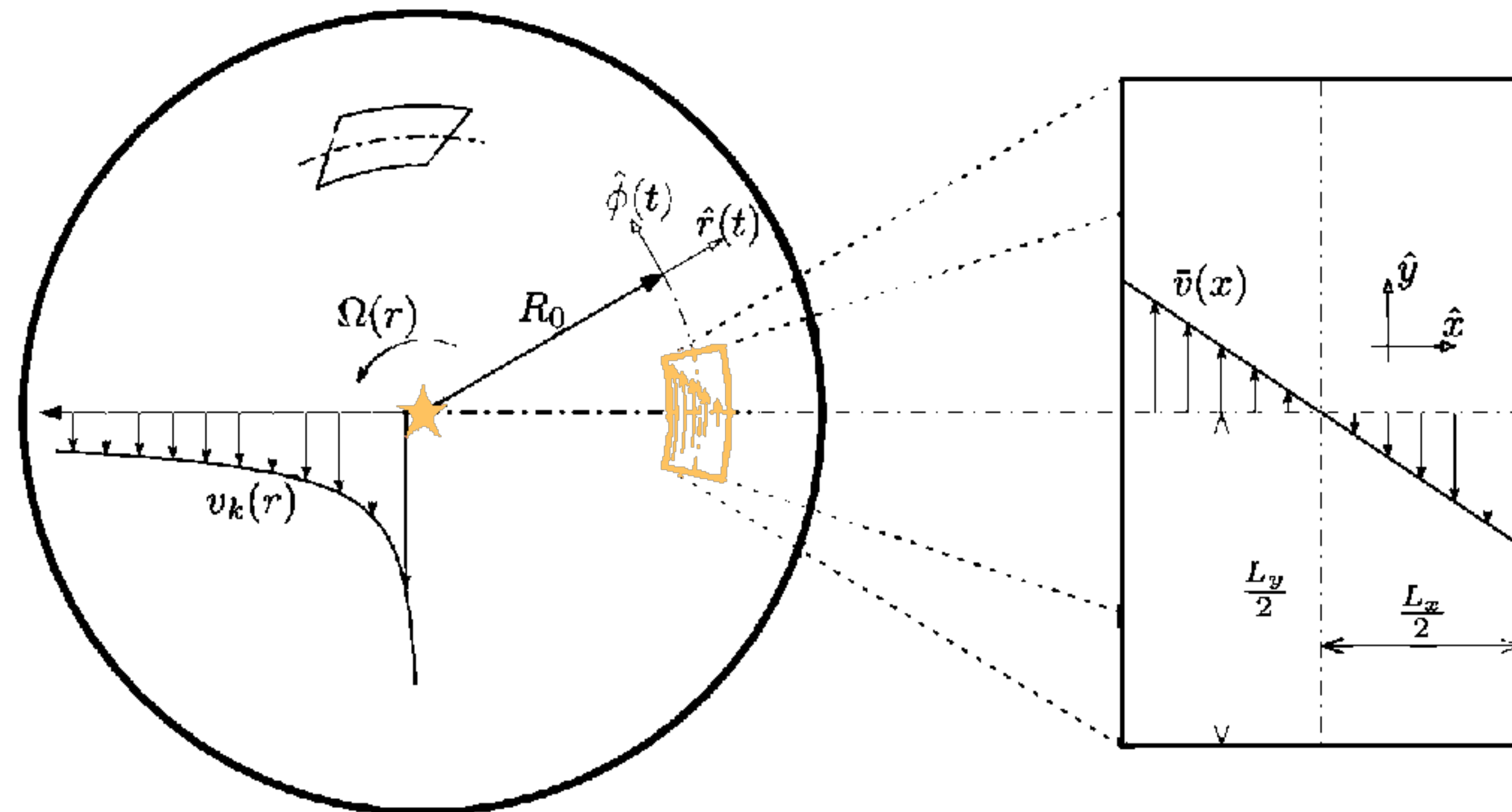
Evolutie Schijf -> Leeftijd erg kort $< 10^7$ Jr

- Gebaseerd op observaties!

Planeet Formatie -> Theorie

Evolutie Schijf -> Leeftijd erg kort $< 10^7$ Jr

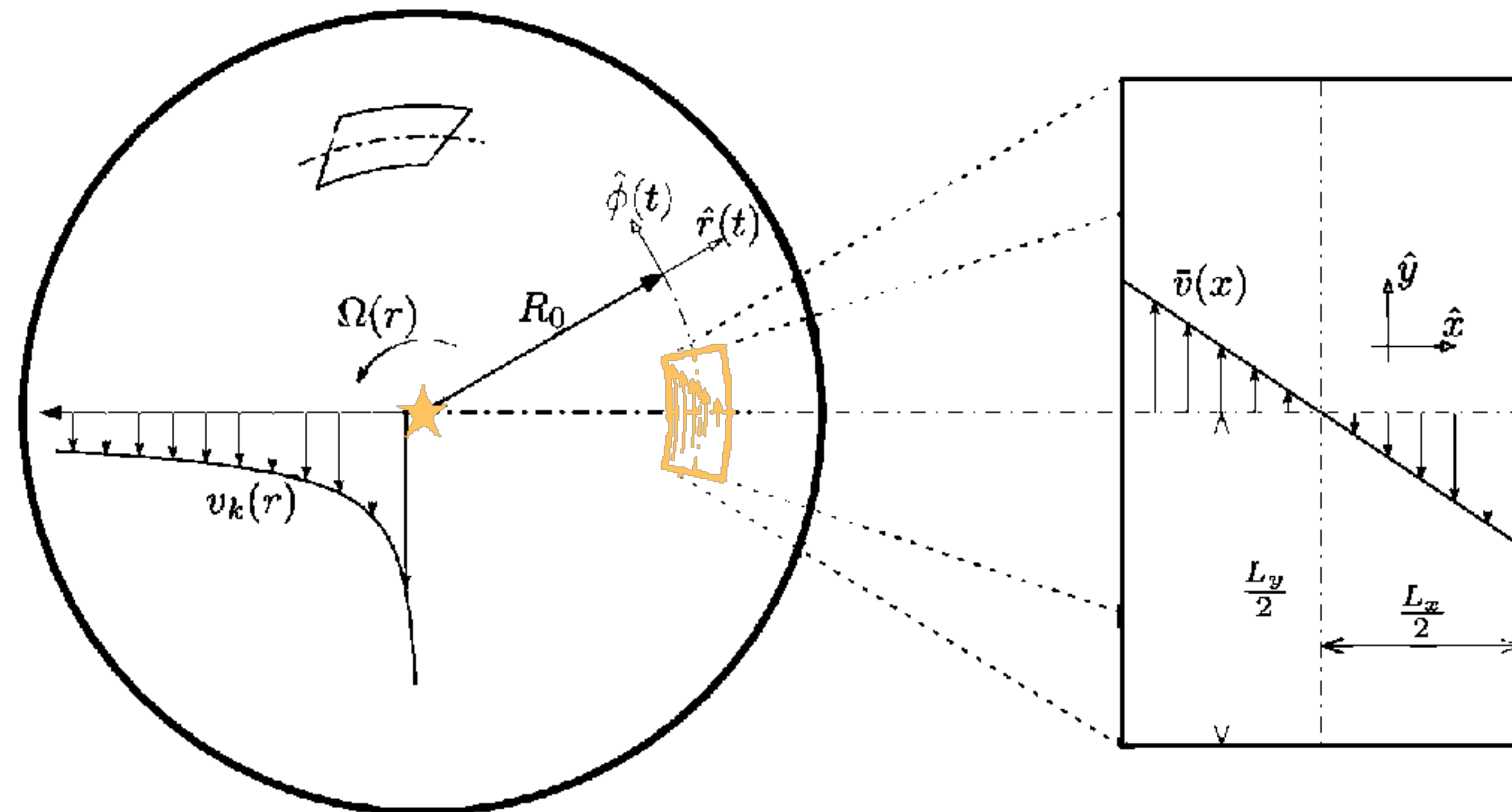
- Gebaseerd op observaties!
 - Kepler baan



Planeet Formatie -> Theorie

Evolutie Schijf -> Leeftijd erg kort $< 10^7$ Jr

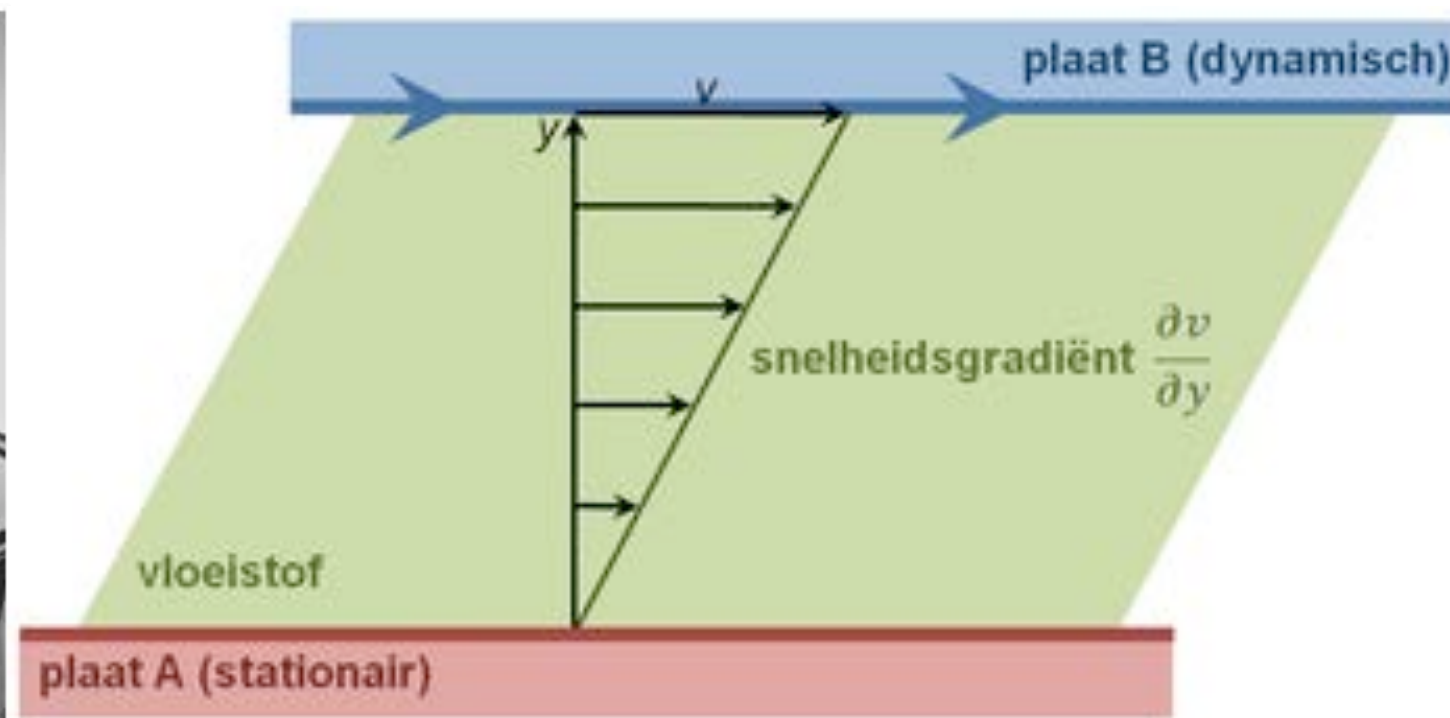
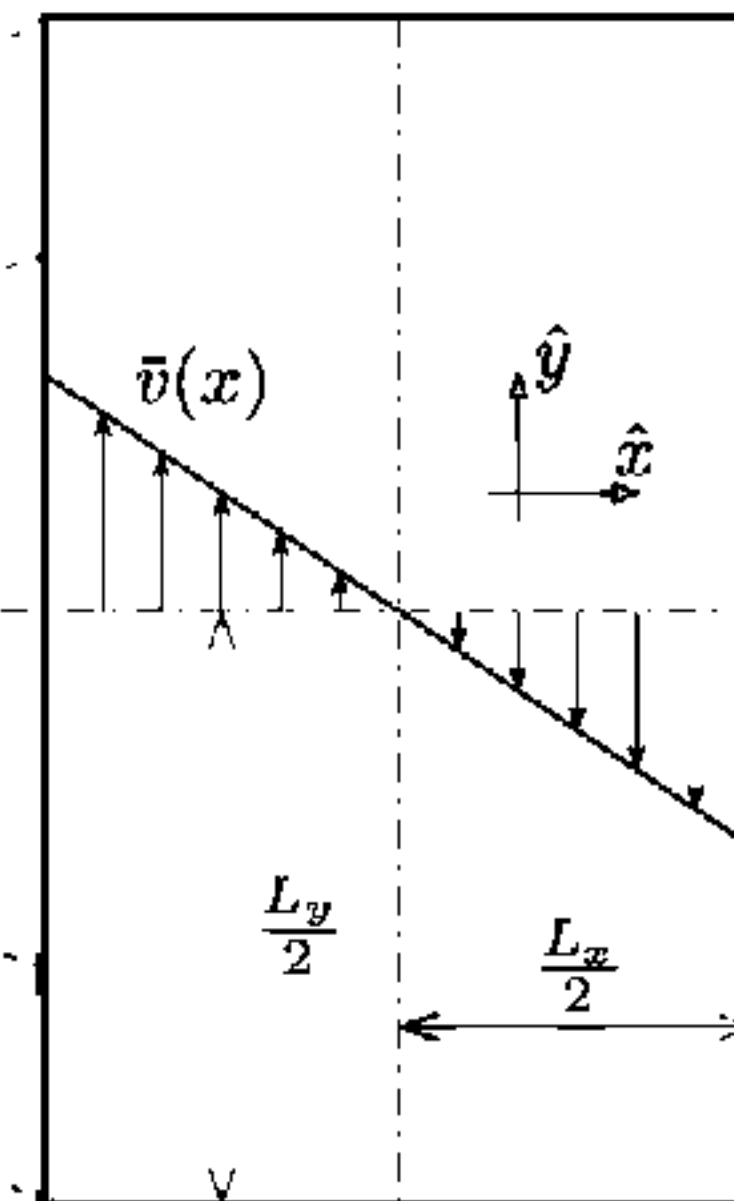
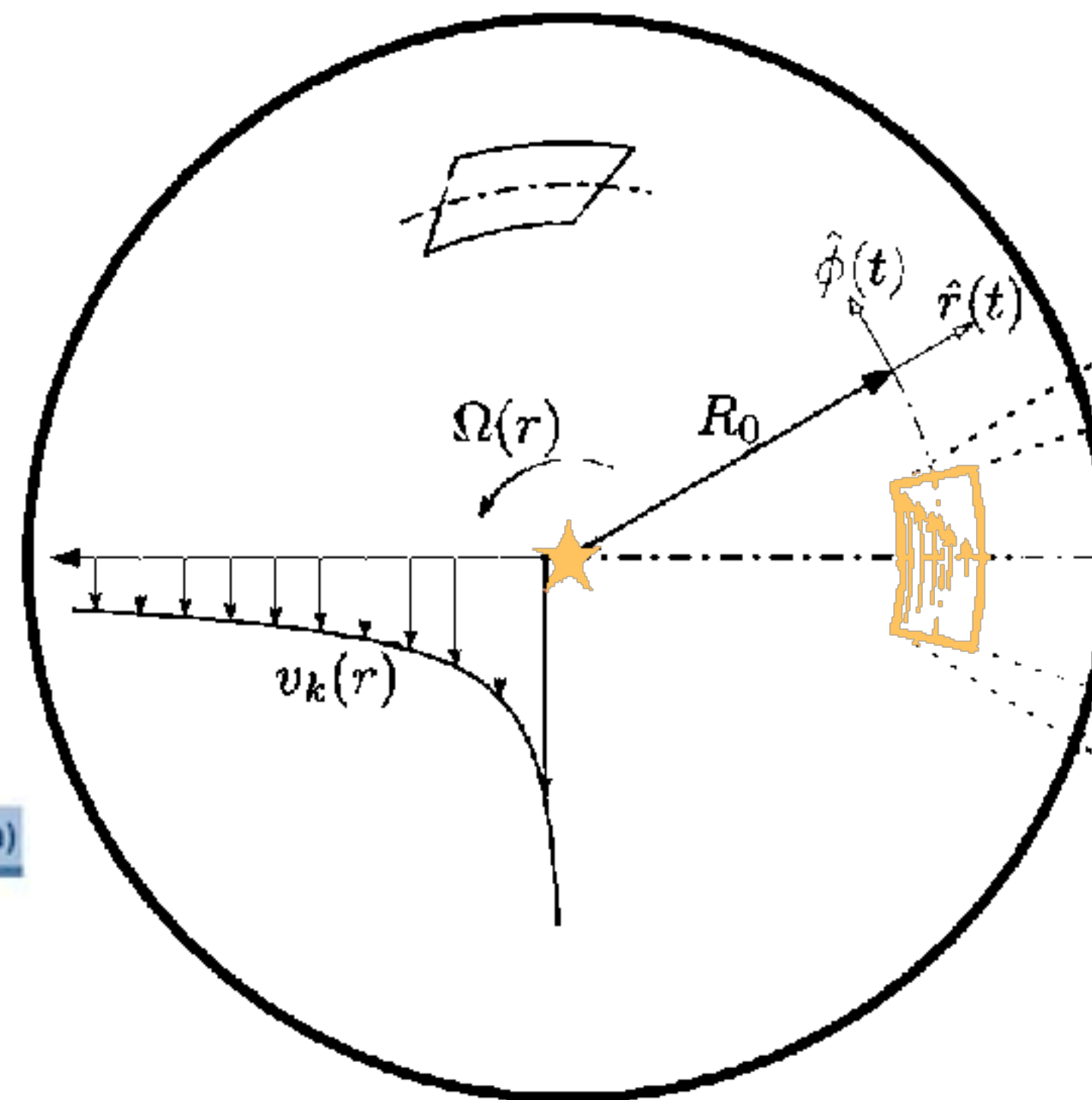
- Gebaseerd op observaties!
 - Kepler baan
 - Uitwisselen van het impulsmoment



Planeet Formatie -> Theorie

Evolutie Schijf -> Leeftijd erg kort $< 10^7$ Jr

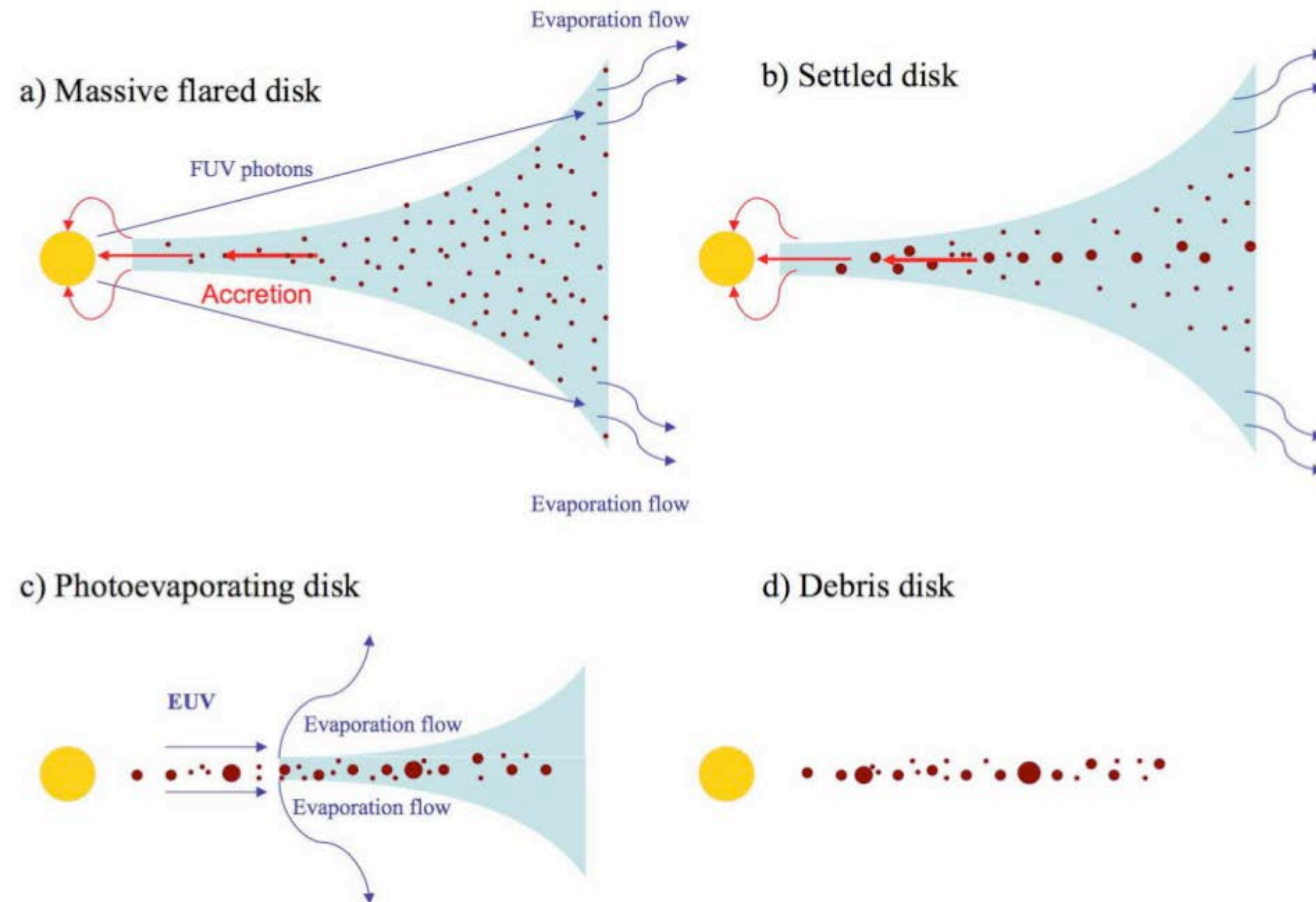
- Gebaseerd op observaties!
 - Kepler baan
 - Uitwisselen van het impulsmoment
 - Viscositeit (stroperigheid)
 - Turbulentie



Planeet Formatie -> Theorie

Evolutie Schijf -> Leeftijd erg kort $< 10^7$ Jr

- Gebaseerd op observaties!
 - Kepler baan
 - Uitwisselen van het impulsmoment
 - Viscositeit (stroperigheid)
 - Turbulentie
 - Fotoverdamping -> gas wordt wegblazen door de ster



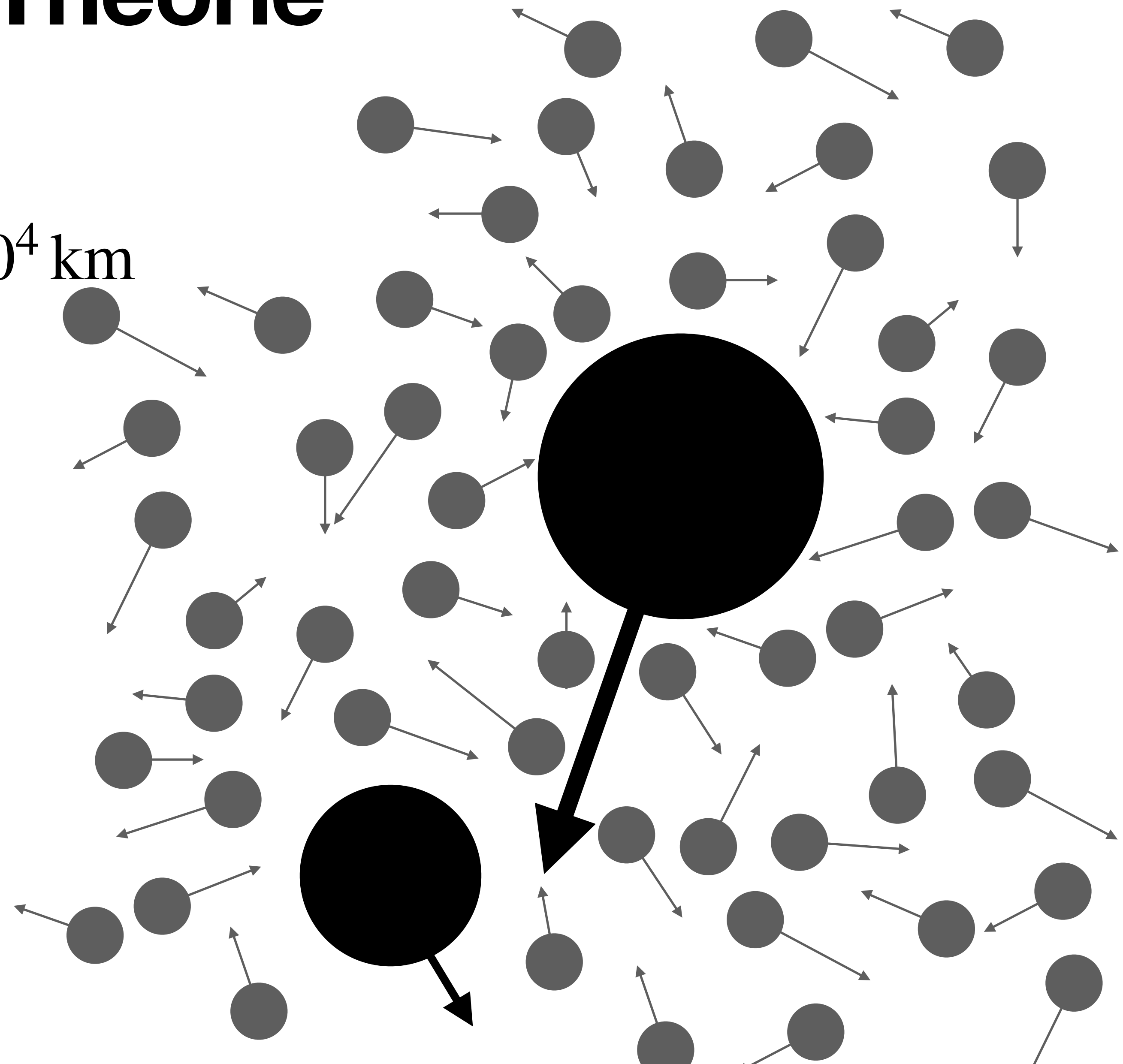
Planeet Formatie -> Theorie

Van Stof naar Planeten

- Evolutie Stof: van $\sim \mu\text{m}$ naar $\sim 10^4 \text{ km}$
- Neerdalen
 - Verschil in snelheid
 - Botsingen

Weerstand

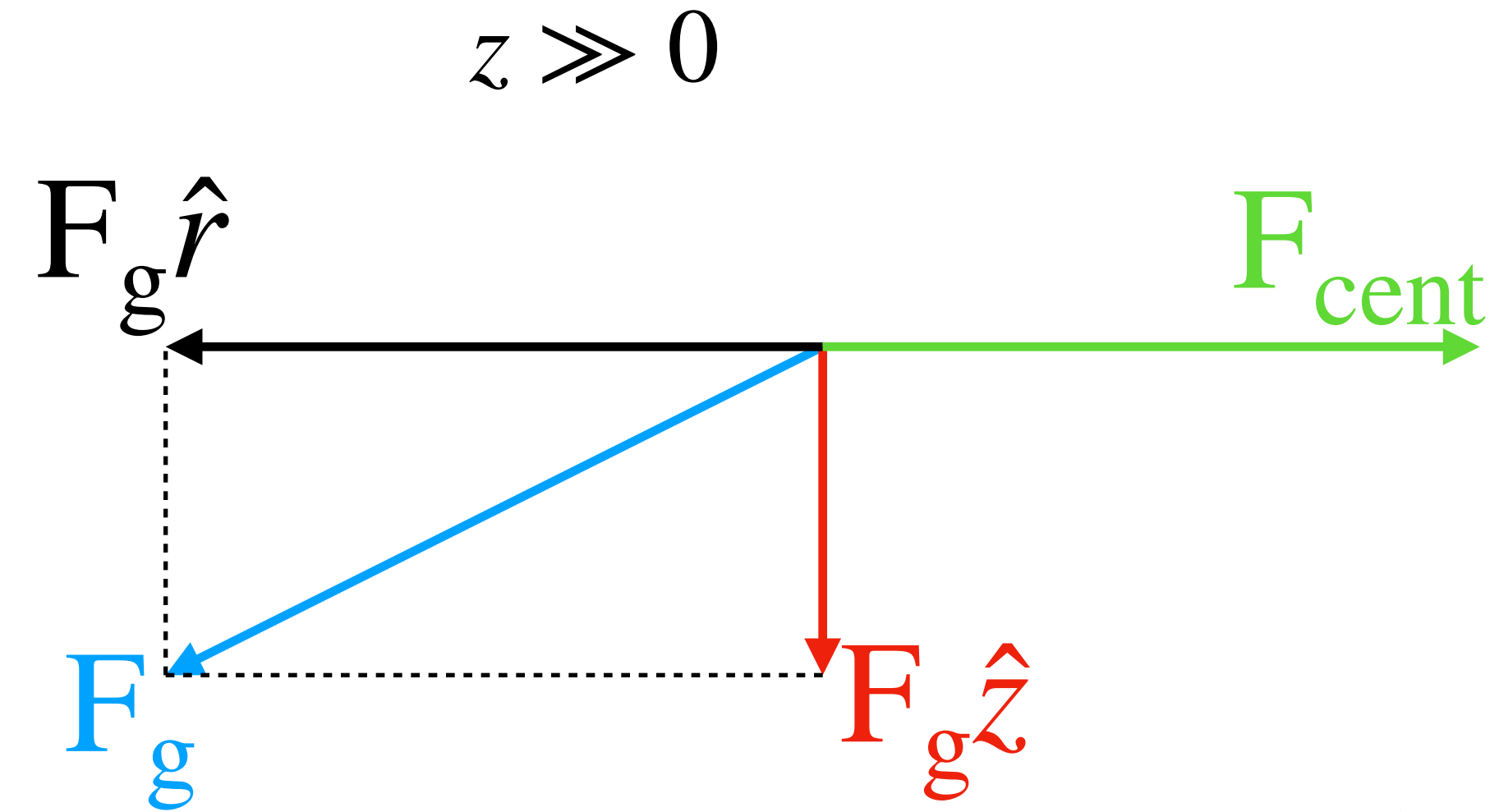
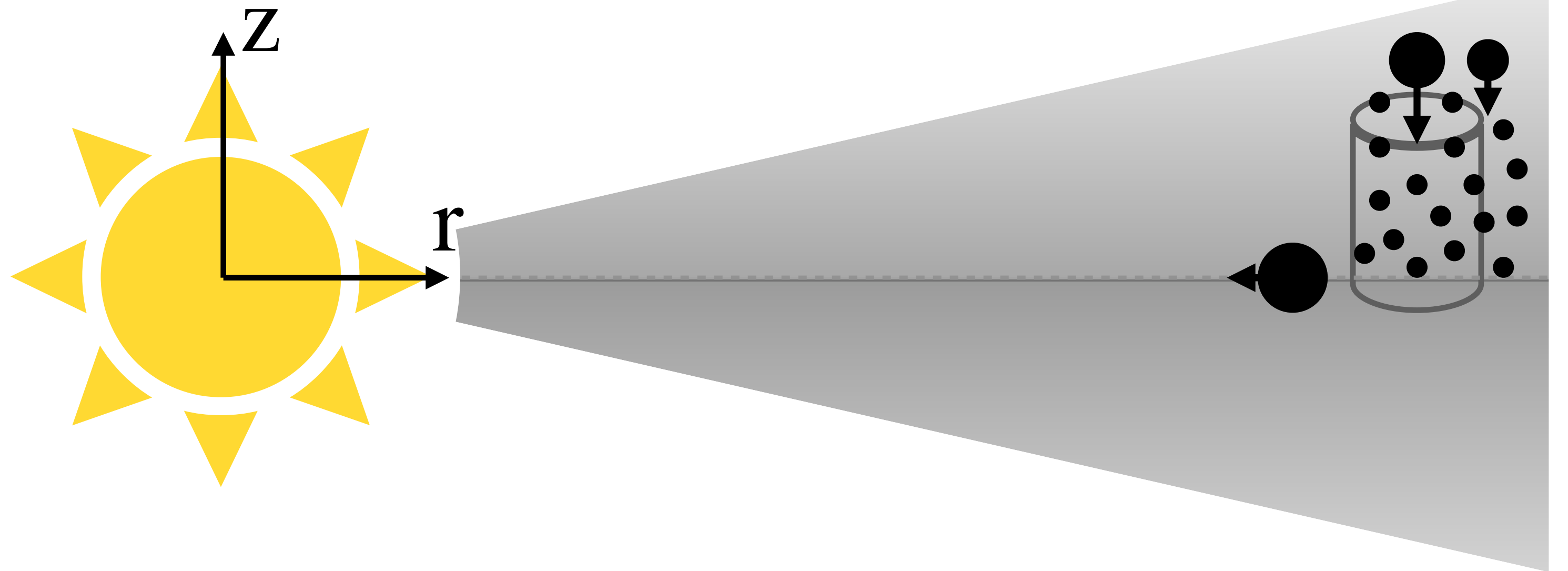
Voor grotere stof deeltjes neemt de massa M meer toe dan oppervlakte A ($M \propto R^3$ terwijl $A \propto R^2$), hierdoor worden grotere deeltjes minder snel gestopt τ_s door het gas.



Planeet Formatie -> Theorie

Van Stof naar Planeten

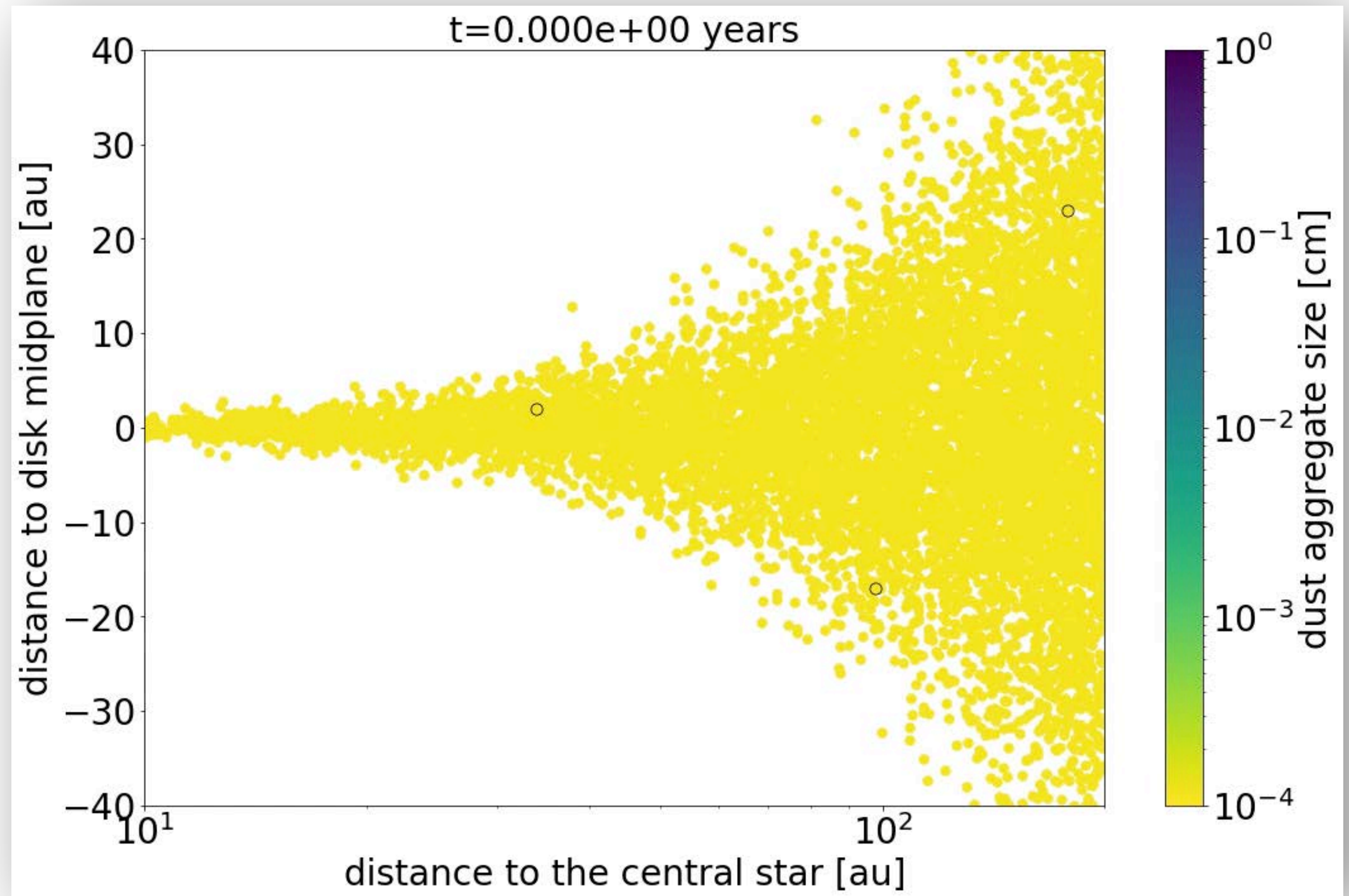
- Evolutie Stof: van $\sim \mu\text{m}$ naar $\sim 10^4 \text{ km}$
- Neerdalen
 - Verschil in snelheid
 - Botsingen



Planeet Formatie -> Theorie

Van Stof naar Planeten

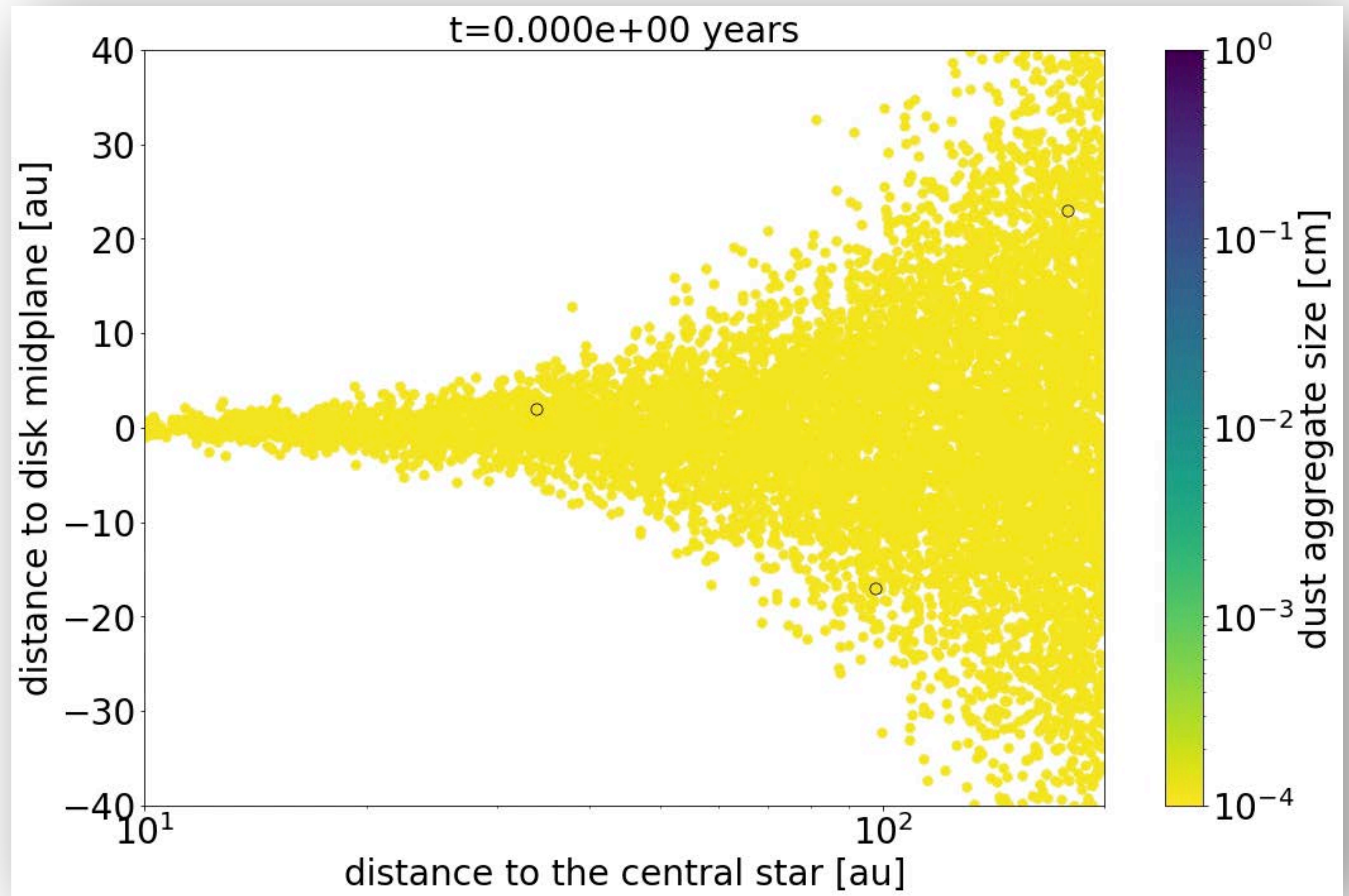
- Stof
- Neerdalen
 - Verschil in snelheid
- Botsingen



Planeet Formatie -> Theorie

Van Stof naar Planeten

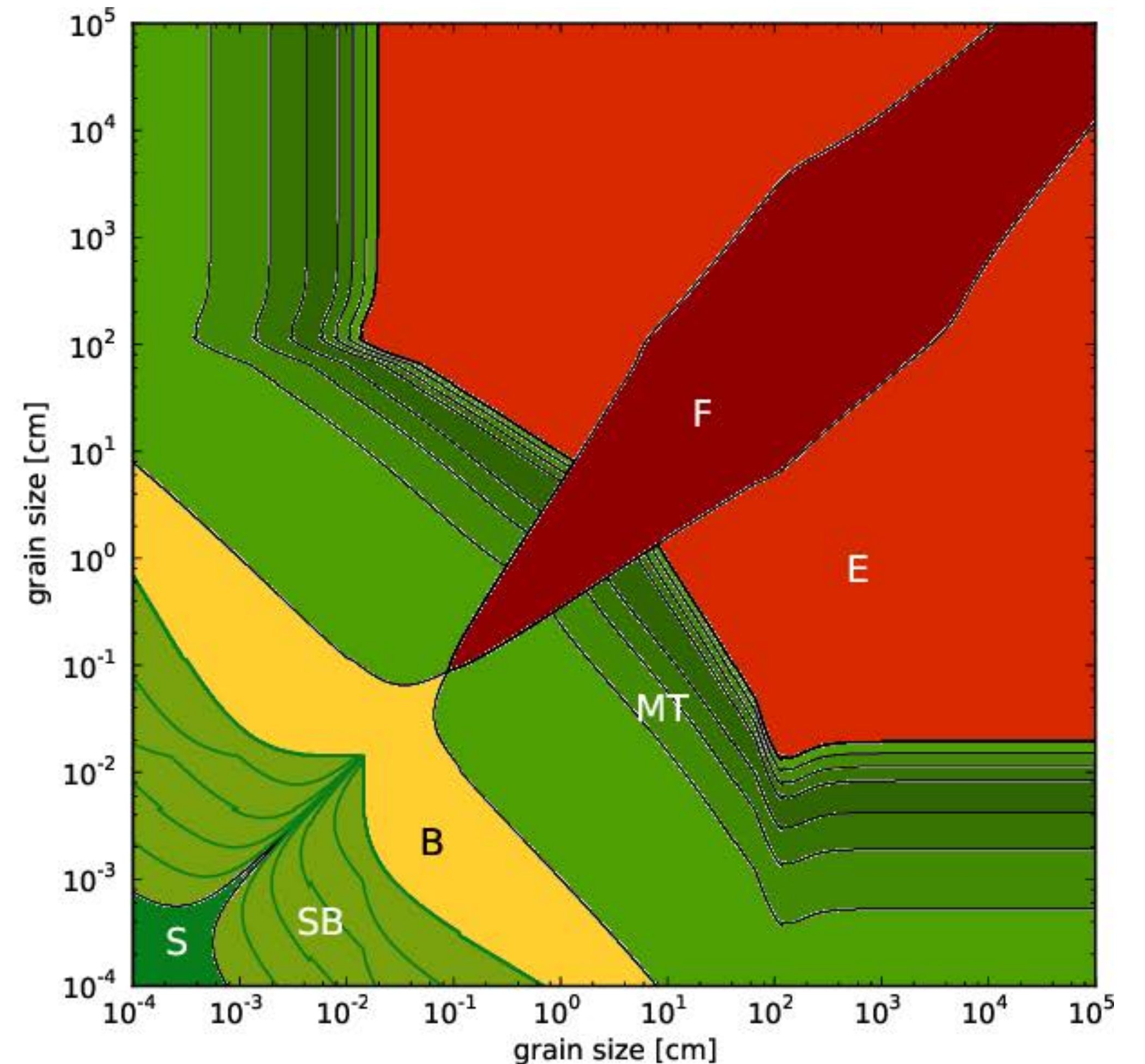
- Stof
- Neerdalen
 - Verschil in snelheid
- Botsingen



Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes

- Botsingen tussen stofdeeltjes
 - Plakken
 - Stuiteren
 - Erosie
 - Fragmentatie
- Factoren
 - IJs
 - Chemische samenstelling
 - Elektrostatische eigenschappen
 - Porositeit



Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes

**High speed videos of falling charged
grains with planet-like behavior**

DOI: 10.1038/NPHYS3396

*Victor Lee, Scott Waitukaitis,
Marc Miskin and Heinrich Jaeger*

University of Chicago

Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes

**High speed videos of falling charged
grains with planet-like behavior**

DOI: 10.1038/NPHYS3396

*Victor Lee, Scott Waitukaitis,
Marc Miskin and Heinrich Jaeger*

University of Chicago

Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes



Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes



Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes

- Botsingen tussen stofdeeltjes
 - Plakken
 - Stuiteren
 - Erosie
 - Fragmentatie
- Factoren
 - IJs
 - Chemische samenstelling
 - Elektrostatische eigenschappen
 - Porositeit



Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes

- Botsingen tussen stofdeeltjes
 - Plakken
 - Stuiteren
 - Erosie
 - Fragmentatie
- Factoren
 - IJs
 - Chemische samenstelling
 - Elektrostatische eigenschappen
 - Porositeit



Planeet Formatie -> Theorie

Groei stofdeeltjes

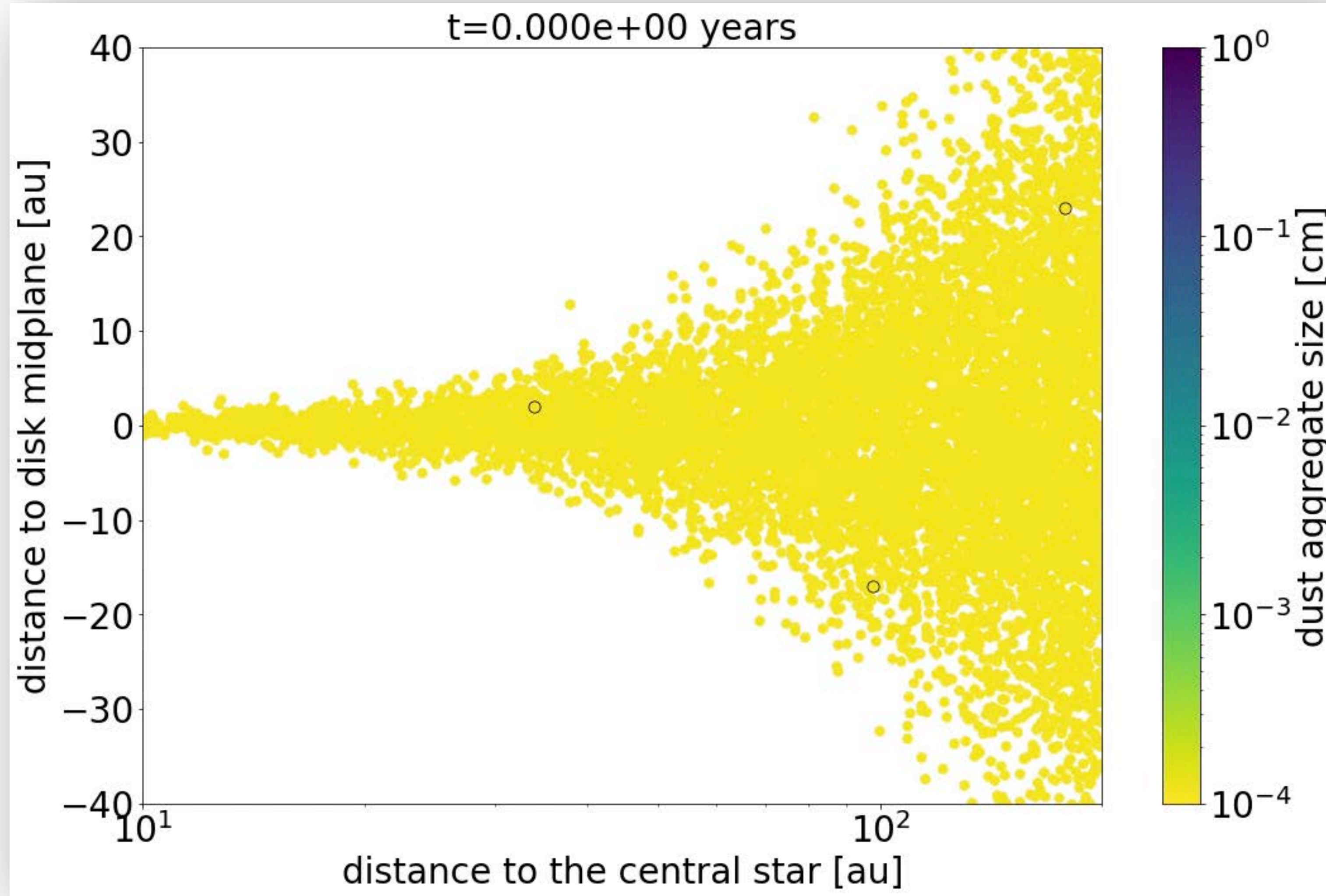
- Botsingen tussen stofdeeltjes
 - Plakken
 - Stuiteren
 - Erosie
 - Fragmentatie
- Factoren
 - IJs
 - Chemische samenstelling
 - Elektrostatische eigenschappen
 - Porositeit



Fragmentatie
Barrière

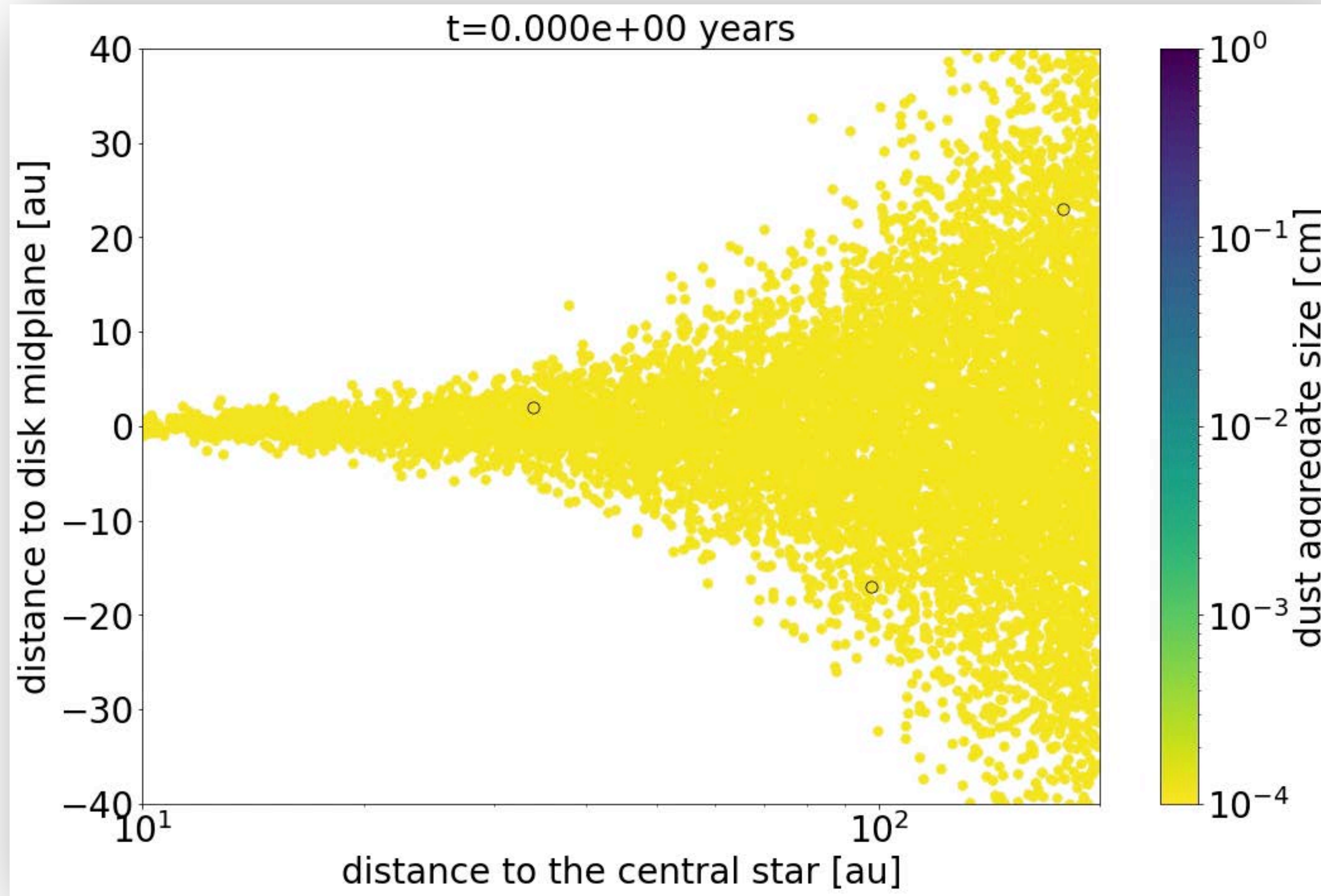
Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift



Planeet Formatie -> Theorie

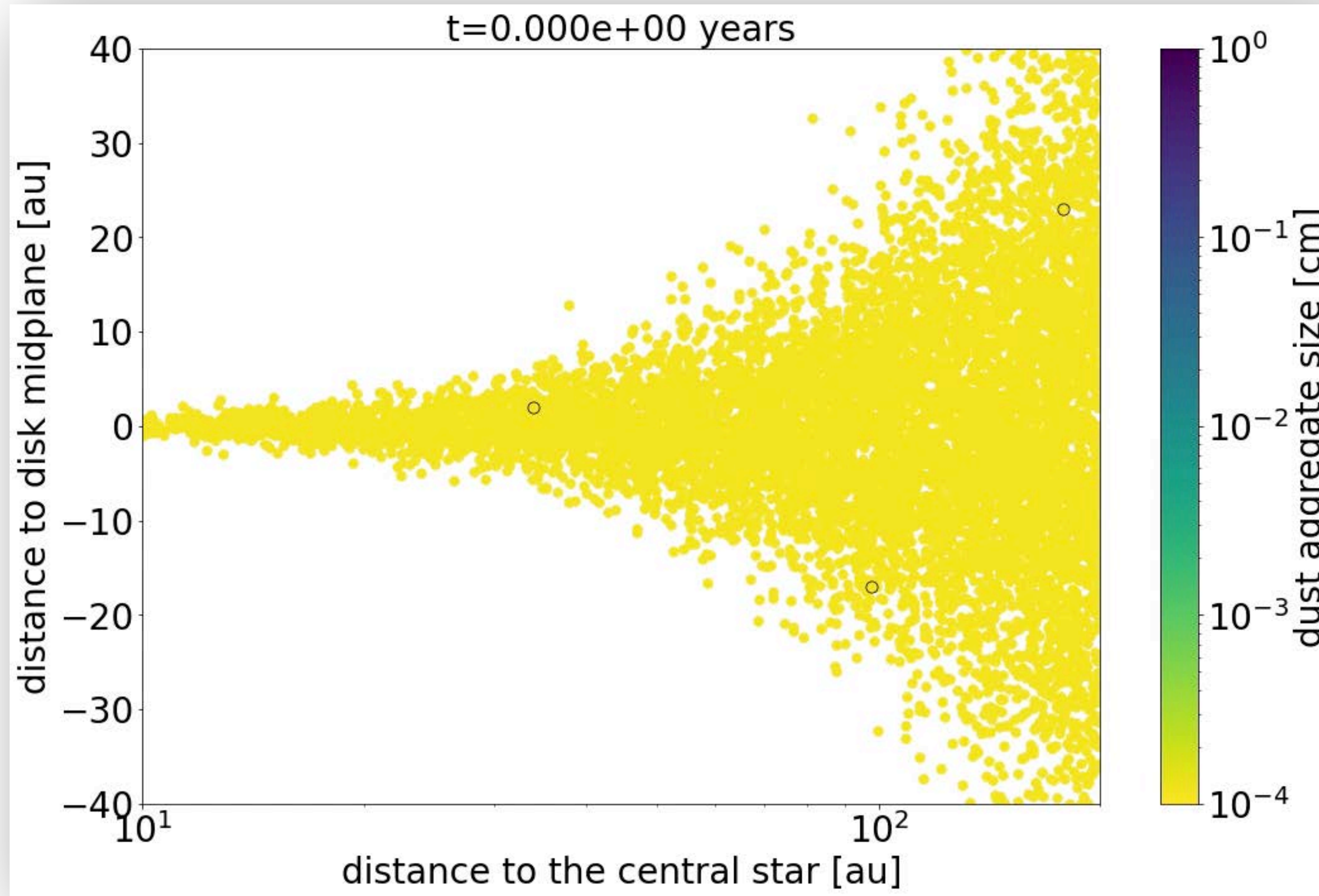
Stofdrift



Vorige Simulatie: Stof beweegt naar binnen!

Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift



Vorige Simulatie: Stof beweegt naar binnen!

Maar waarom???

Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

Planeet Formatie -> Theorie

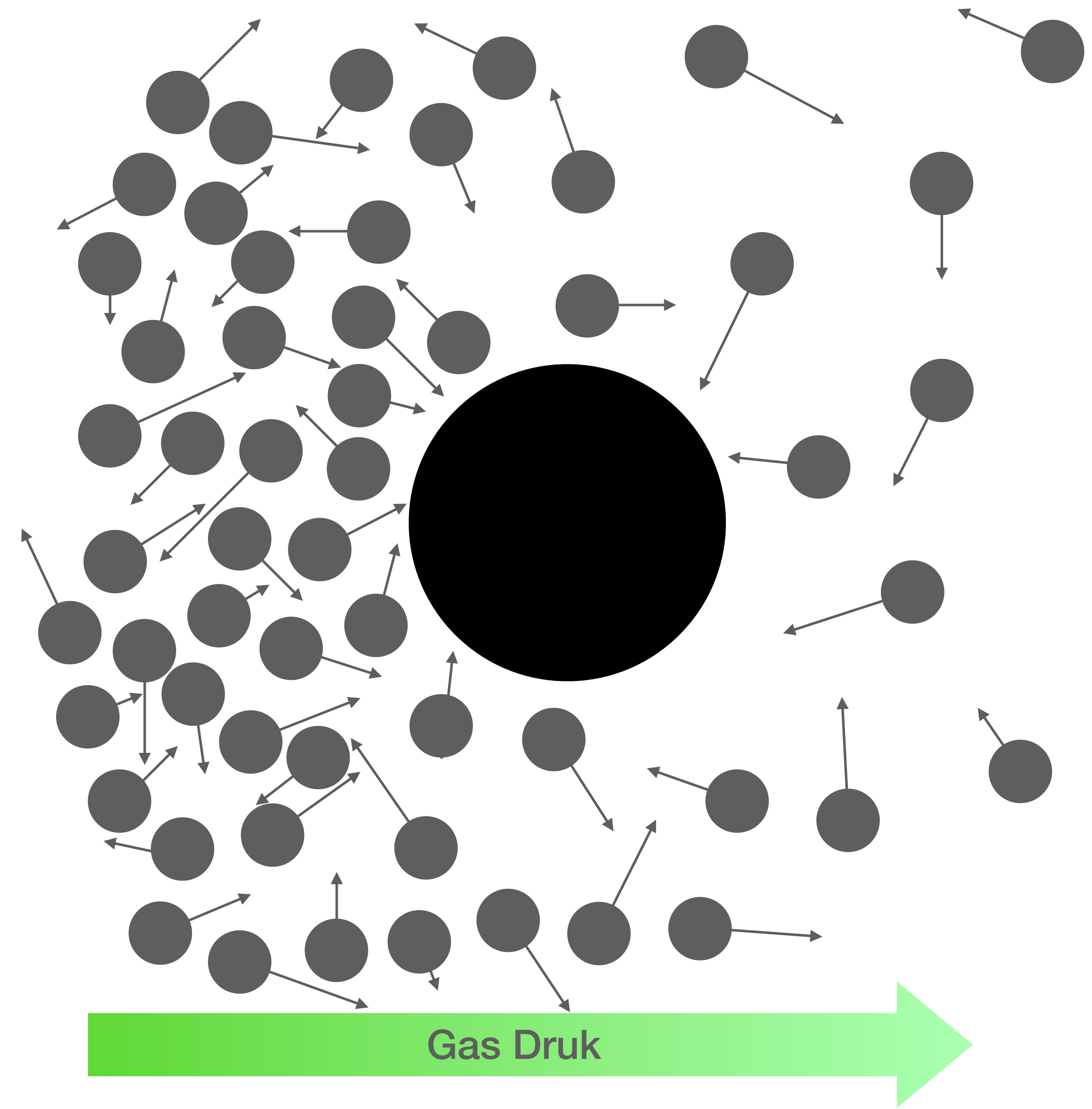
Stofdrift

- Interactie tussen stofdeeltjes en gas

Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

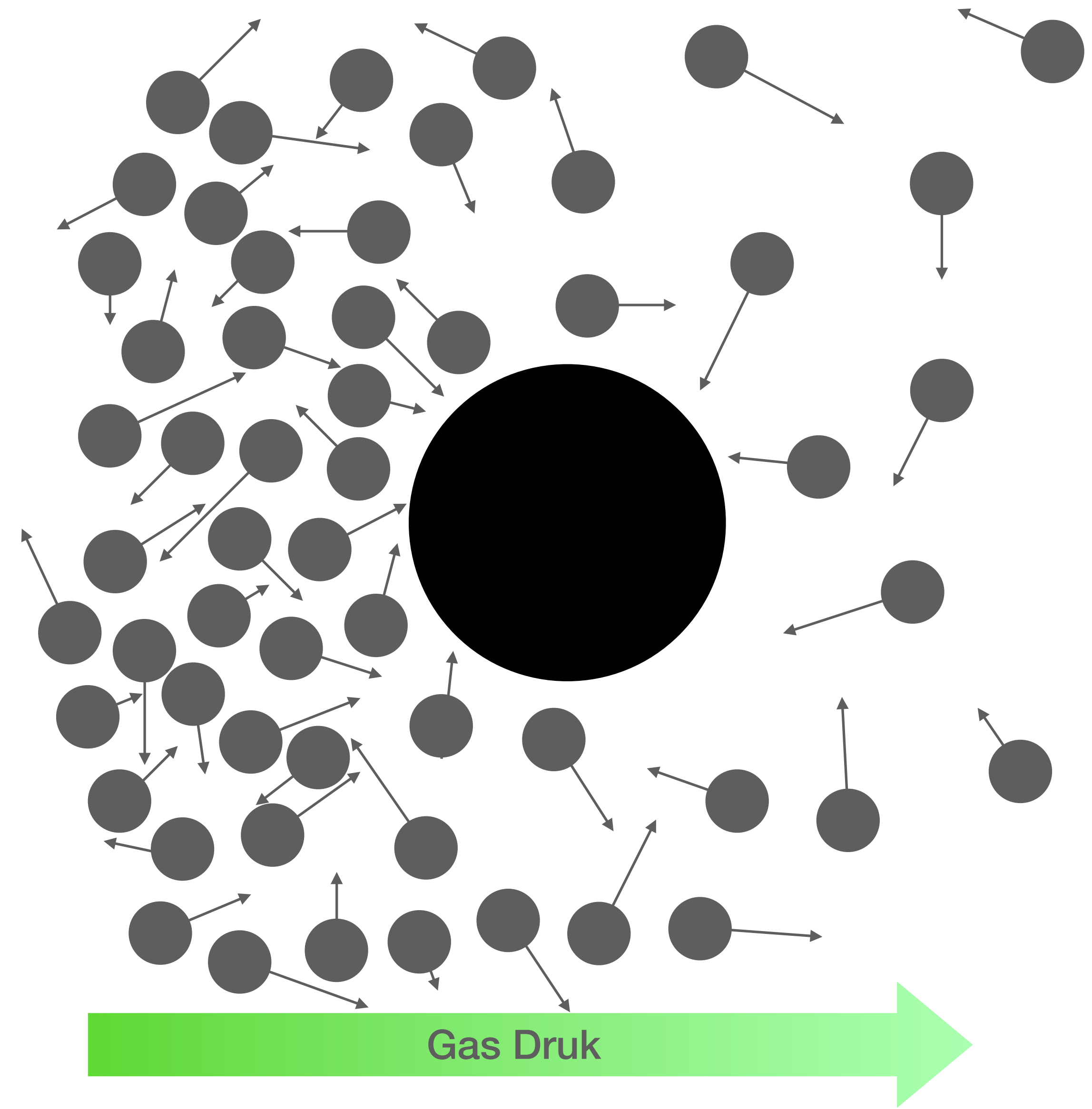
- Interactie tussen stofdeeltjes en gas
- Ondersteuning van gasdruk



Planeet Formatie -> Theorie

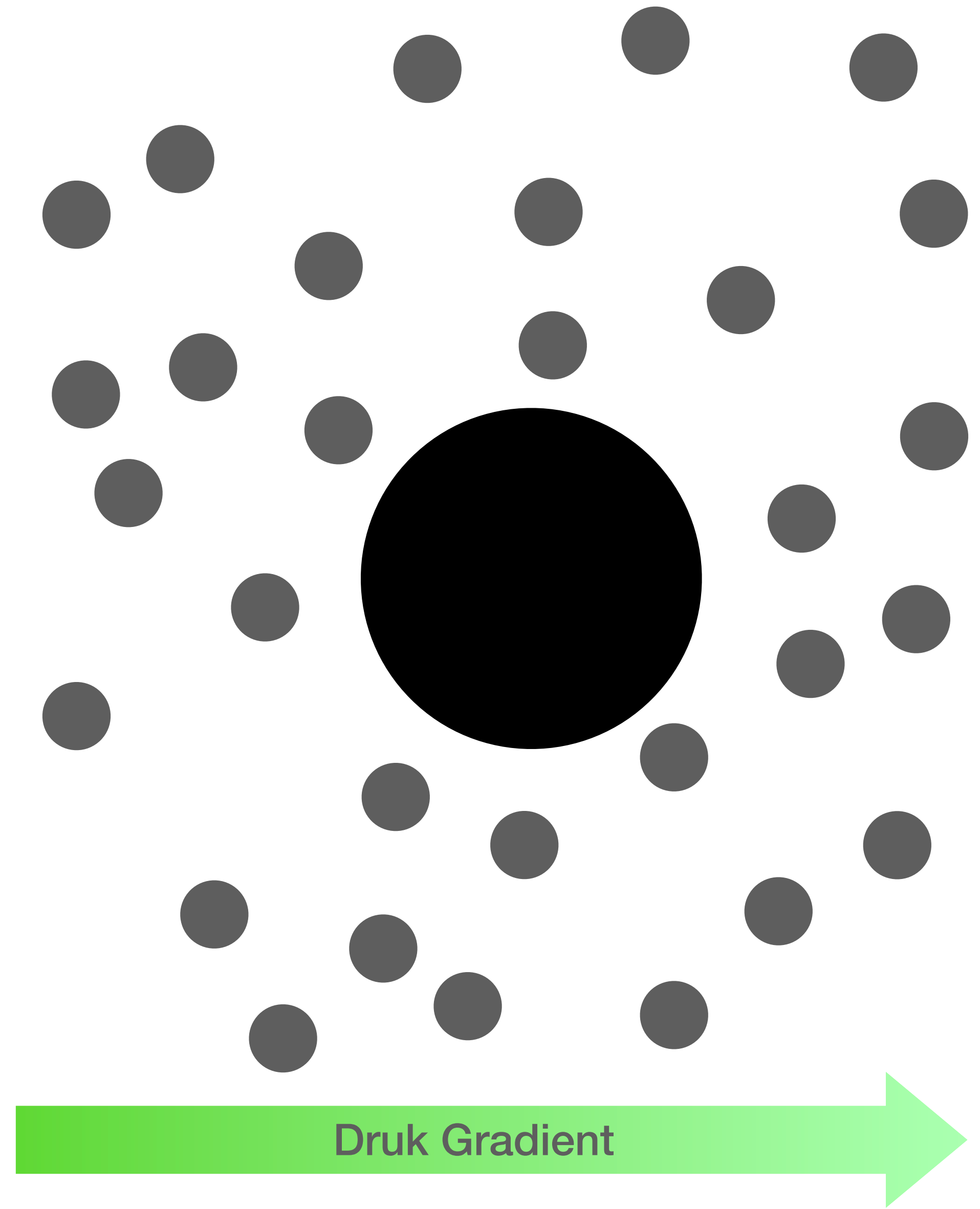
Stofdrift

- Interactie tussen stofdeeltjes en gas
- Ondersteuning van gasdruk
- Stof voelt geen gasdruk



Planeet Formatie -> Theorie

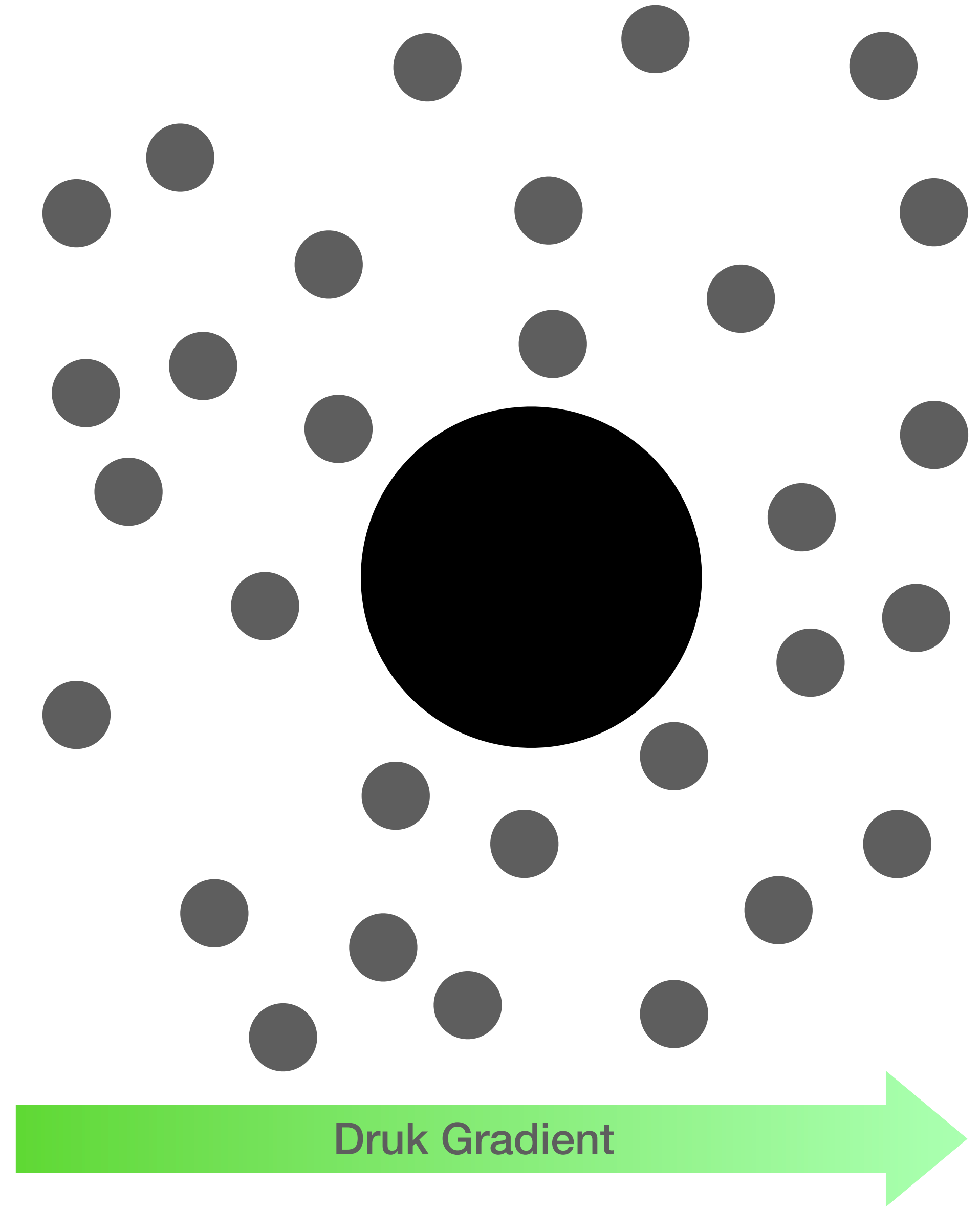
Stofdrift



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

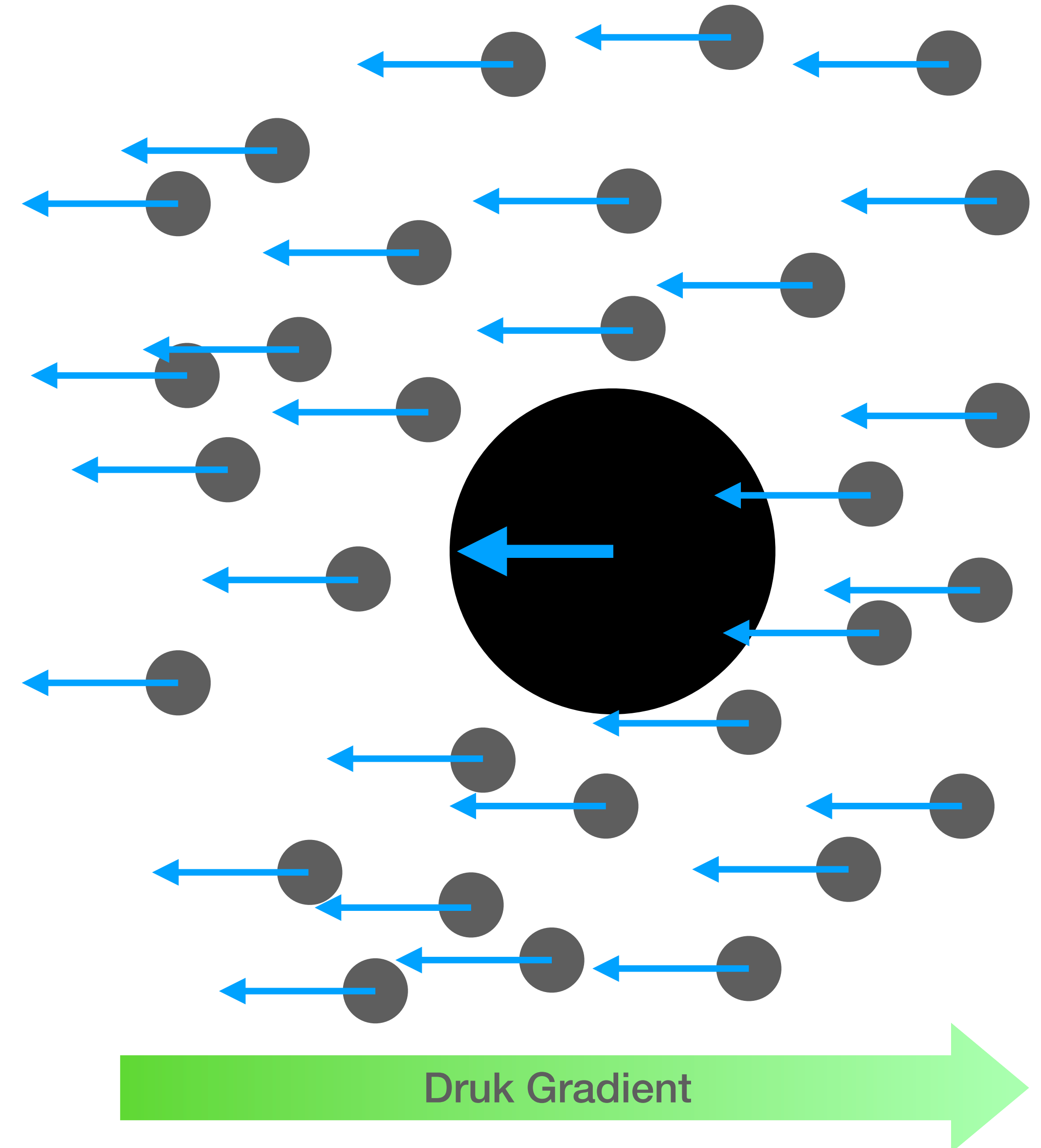
- Stof voelt geen gasdruk



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

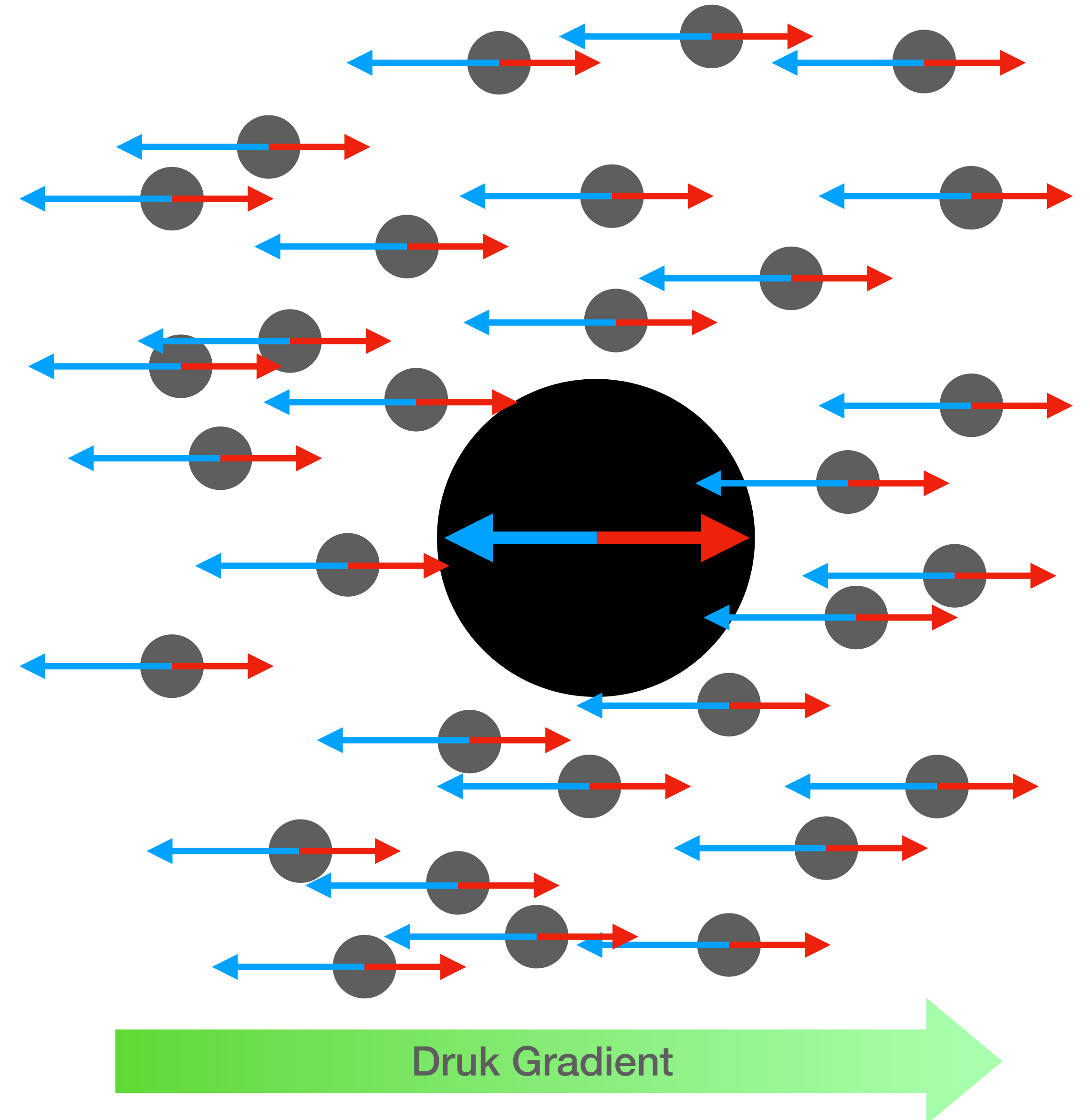
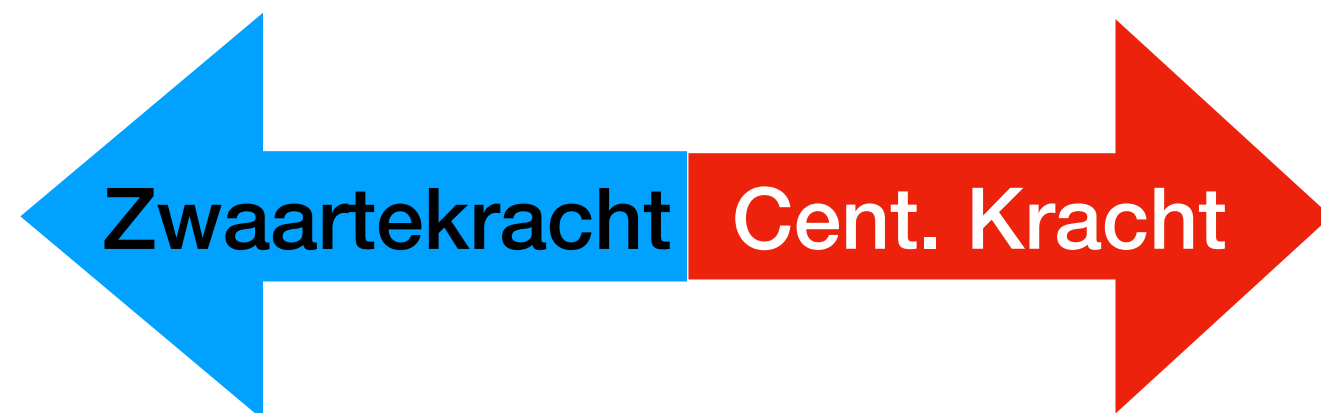
- Stof voelt geen gasdruk



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

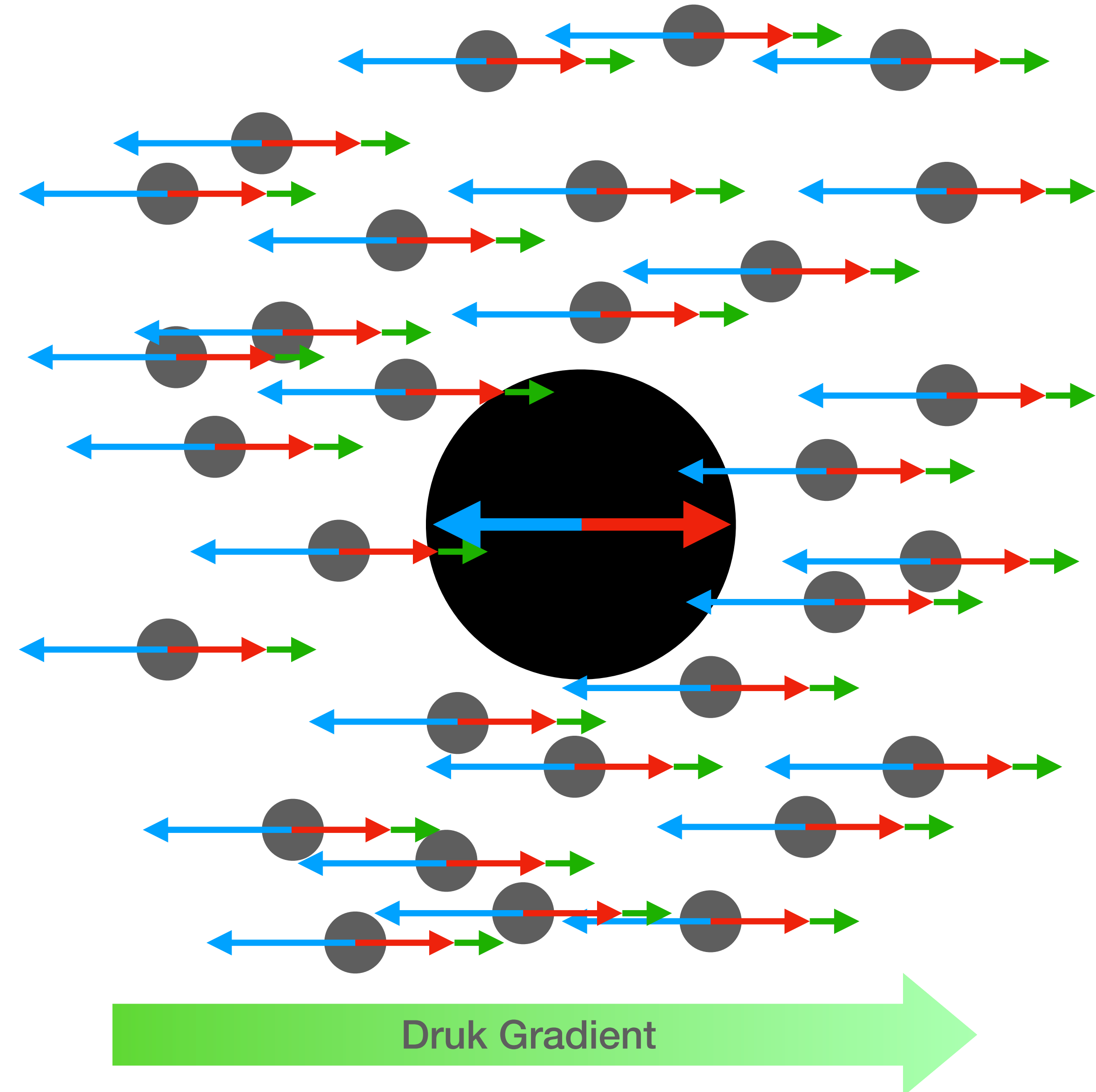
- Stof voelt geen gasdruk



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

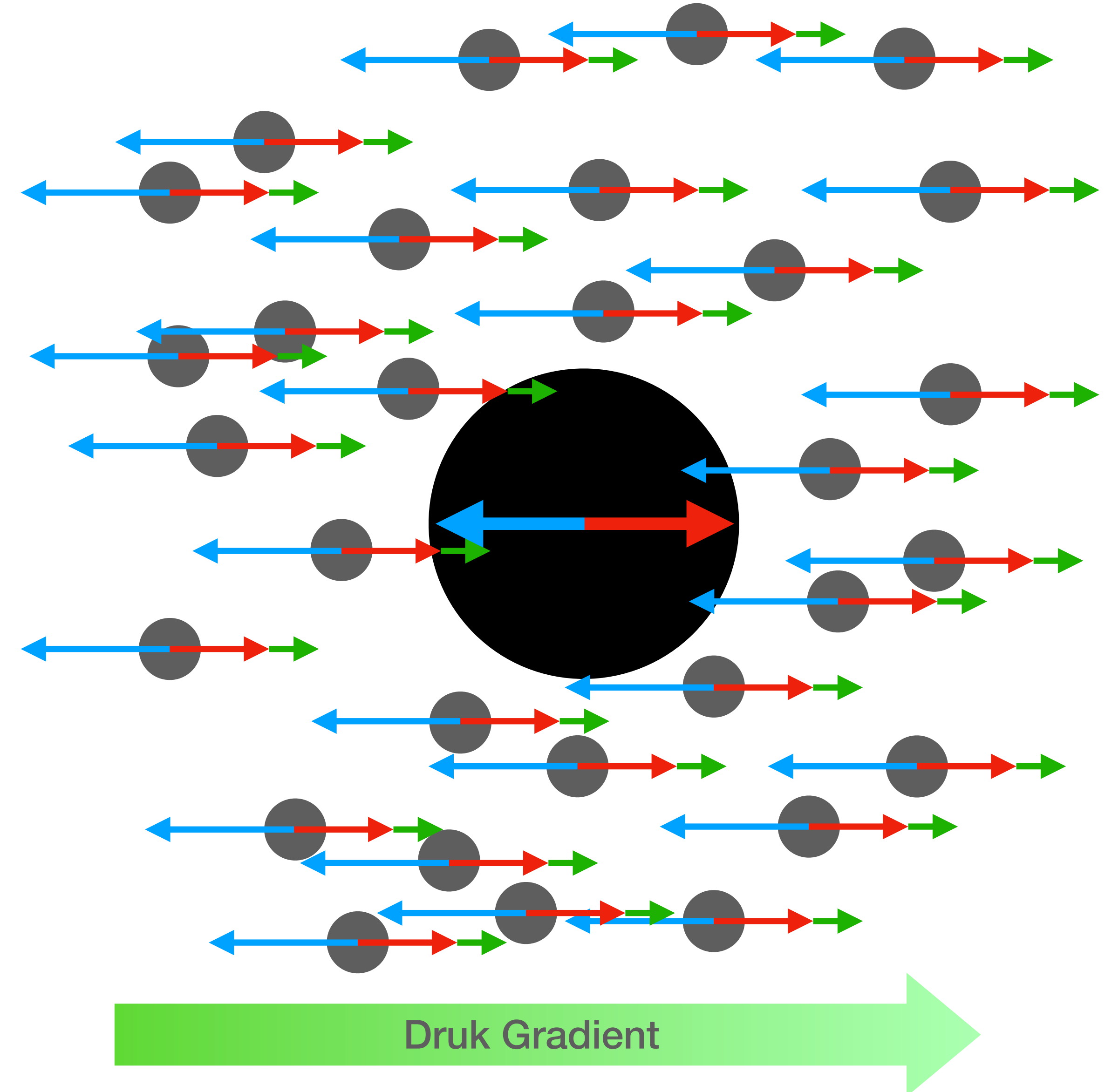
- Stof voelt geen gasdruk



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

- Stof voelt geen gasdruk



Centrifugerende Kracht \Leftrightarrow Baansnelheid

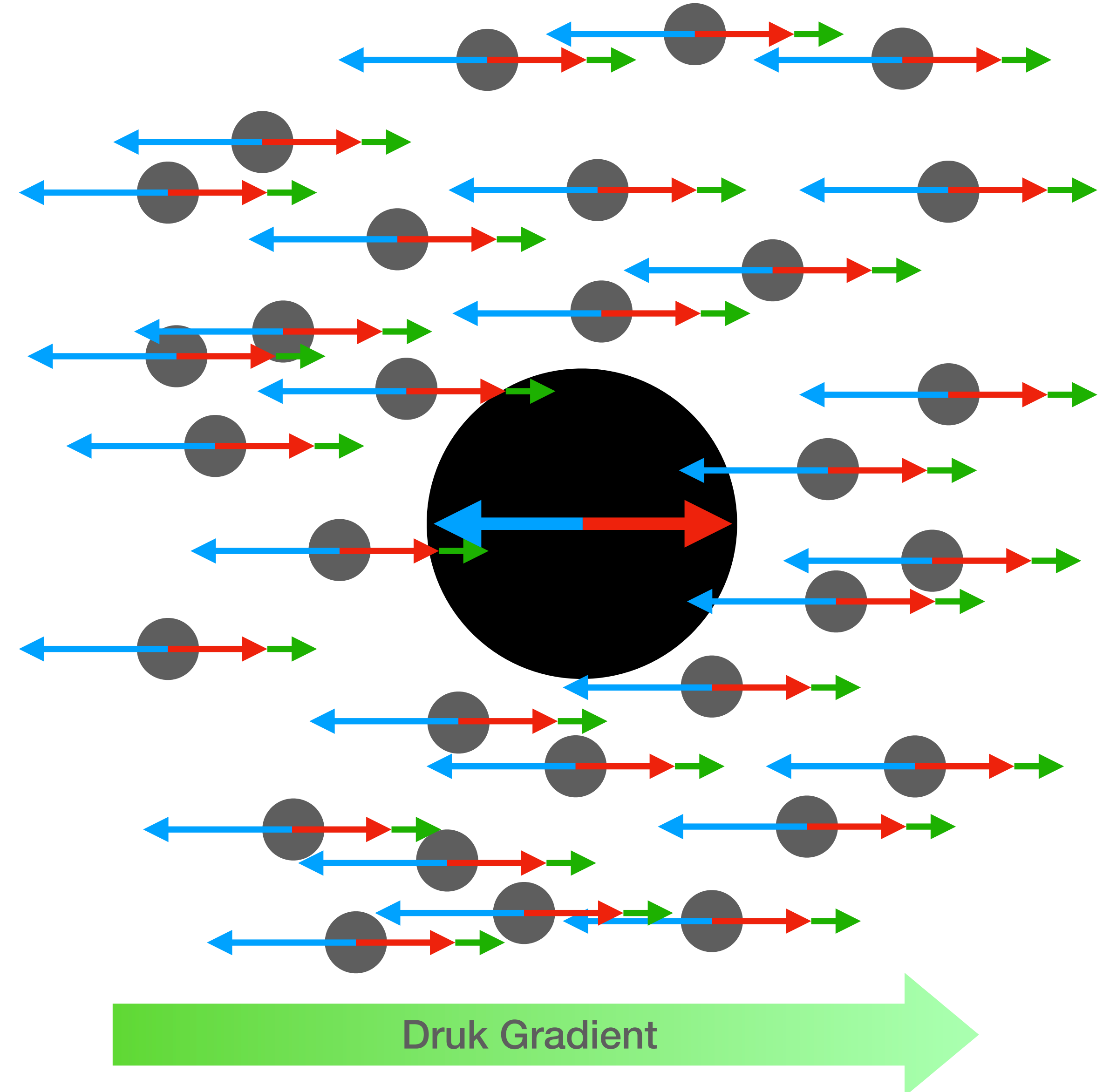


Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

- Stof voelt geen gasdruk
- Als gas wordt tegengehouden door drukgradiënt: Baansnelheid is kleiner

$$v_{b(\text{stof})} > v_{b(\text{gas})}$$



Centrifugerende Kracht \Leftrightarrow Baansnelheid

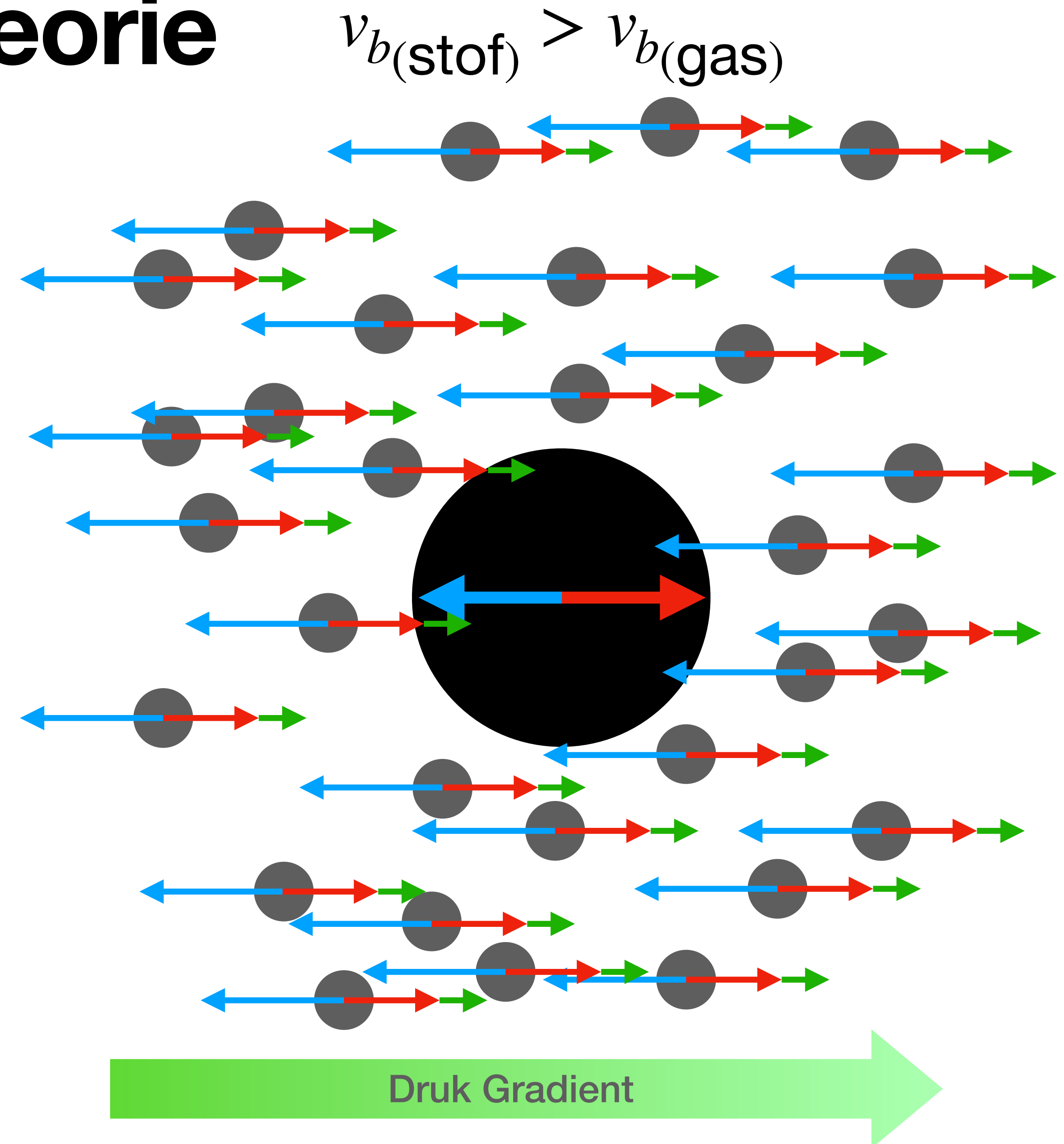


Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

- Stof voelt geen gasdruk
- Als gas wordt tegengehouden door drukgradiënt: Baansnelheid is kleiner
- Stof verliest energie door snelheidsverschil

Centrifugerende Kracht \Leftrightarrow Baansnelheid

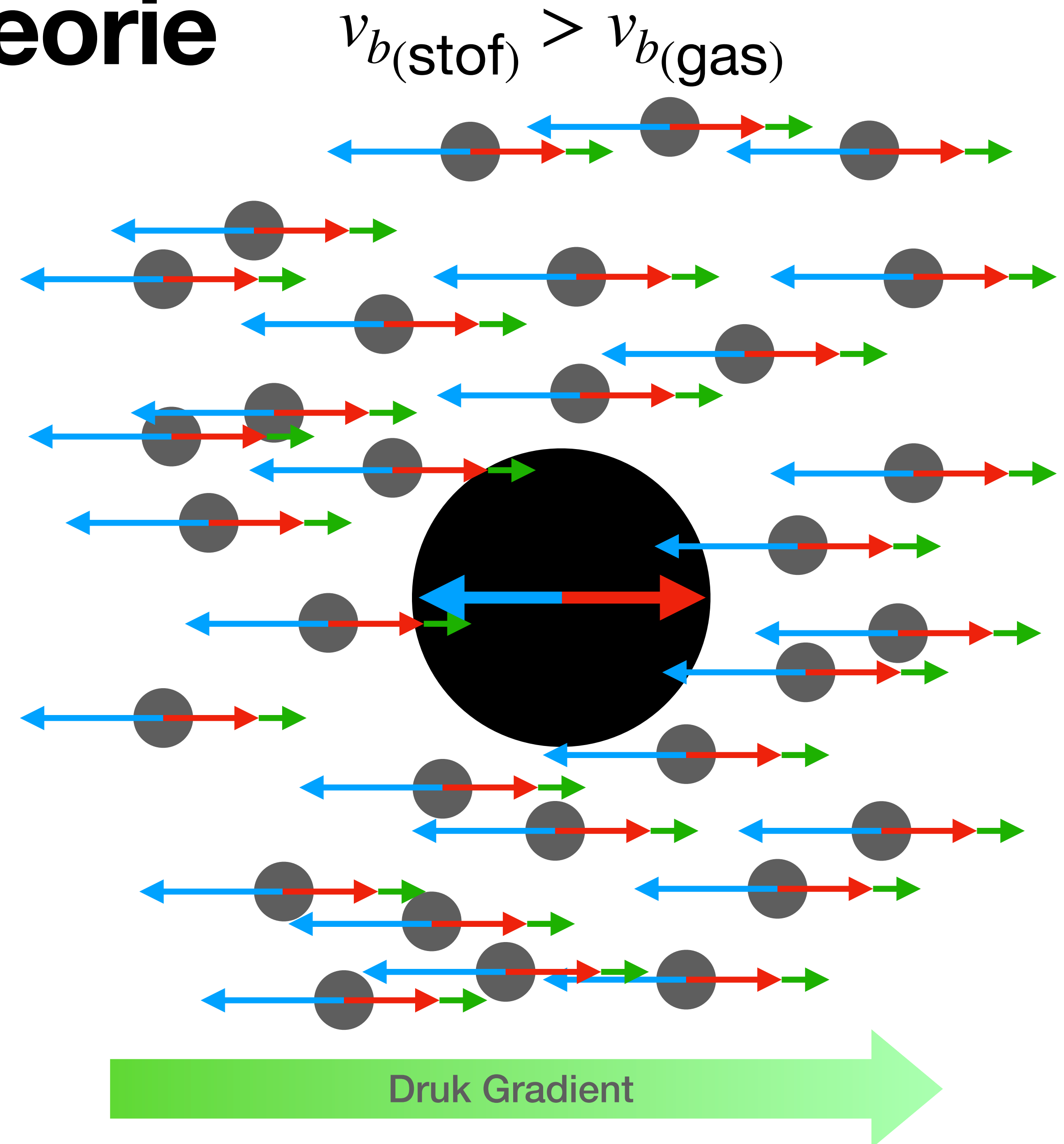


Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

- Stof voelt geen gasdruk
- Als gas wordt tegengehouden door drukgradiënt: Baansnelheid is kleiner
- Stof verliest energie door snelheidsverschil
- Stof valt richting de ster

Centrifugerende Kracht \Leftrightarrow Baansnelheid



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

- Stof voelt geen gasdruk
- Als gas wordt tegengehouden door drukgradiënt: Baansnelheid is kleiner
- Stof verliest energie door snelheidsverschil
- Stof valt richting de ster

Voor kiezels van 1 meter groot gebeurt dit in een paar rondjes

Centrifugerende Kracht \Leftrightarrow Baansnelheid



Planeet Formatie -> Theorie

Stofdrift

- Stof voelt geen gasdruk
- Als gas wordt tegengehouden door drukgradiënt: Baansnelheid is kleiner
- Stof verliest energie door snelheidsverschil
- Stof valt richting de ster

Voor kiezels van 1 meter groot gebeurt dit in een paar rondjes

Radiale Drift (Meter Grote)
Barrière

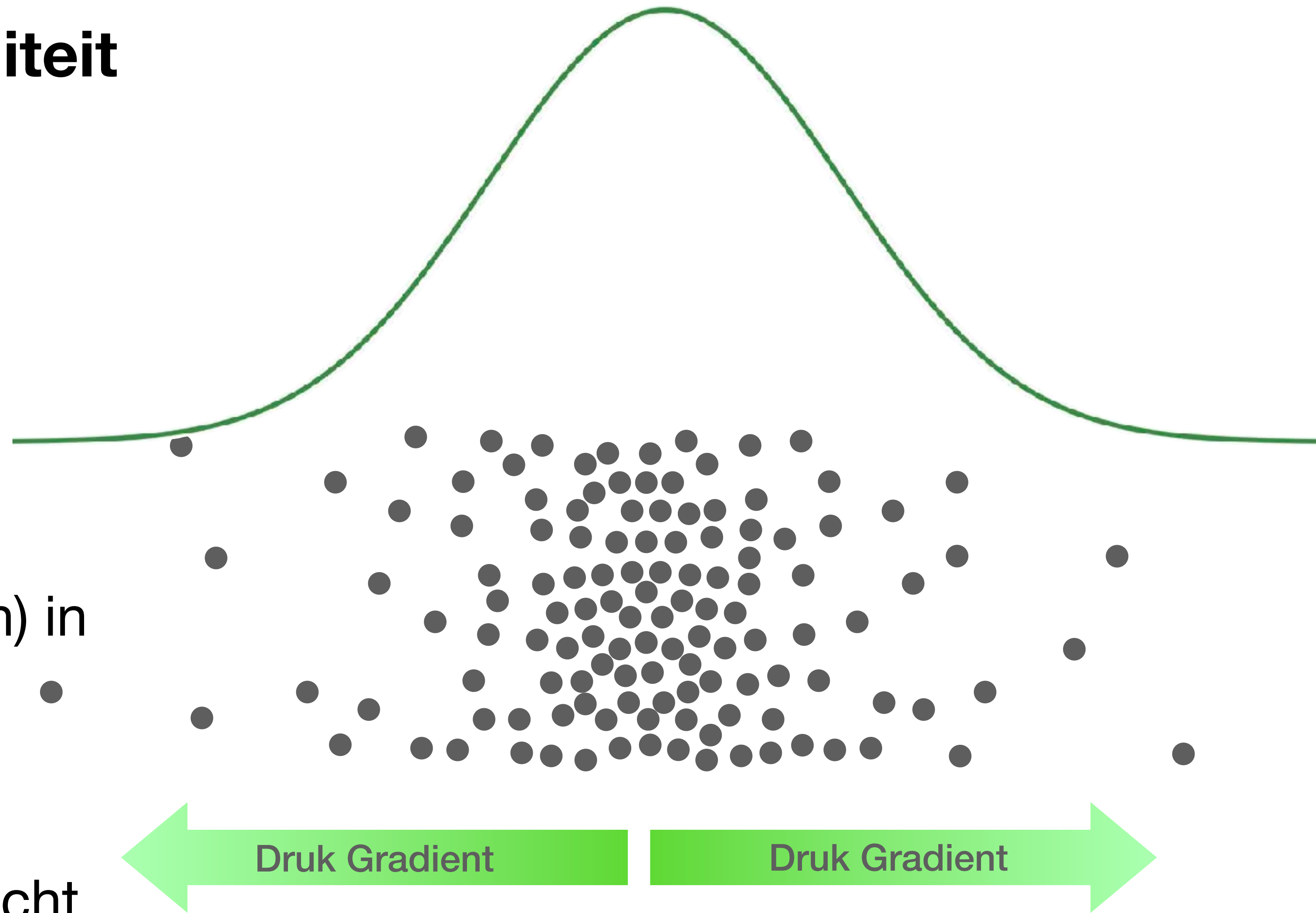
Centrifugerende Kracht \Leftrightarrow Baansnelheid



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

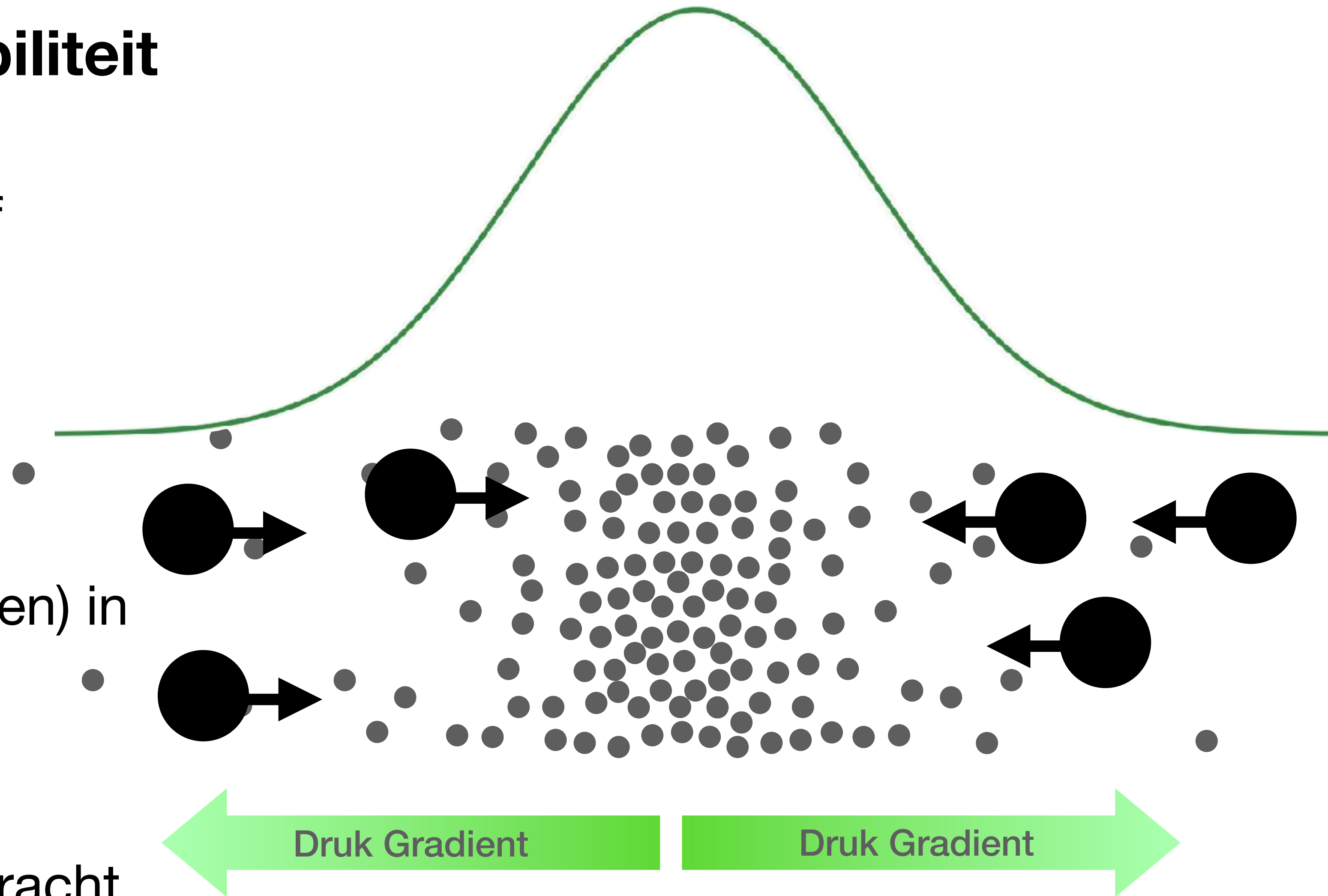
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

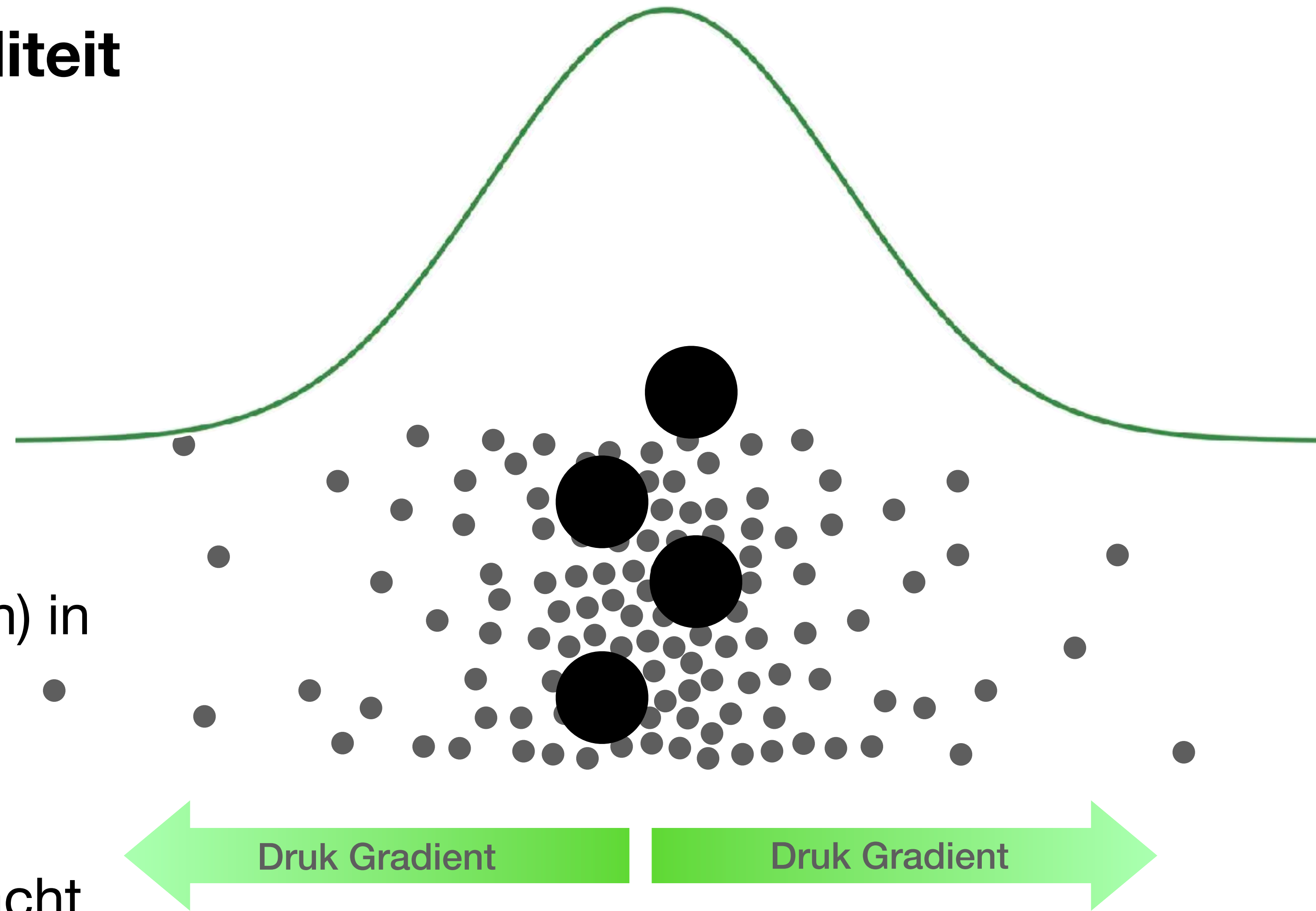
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

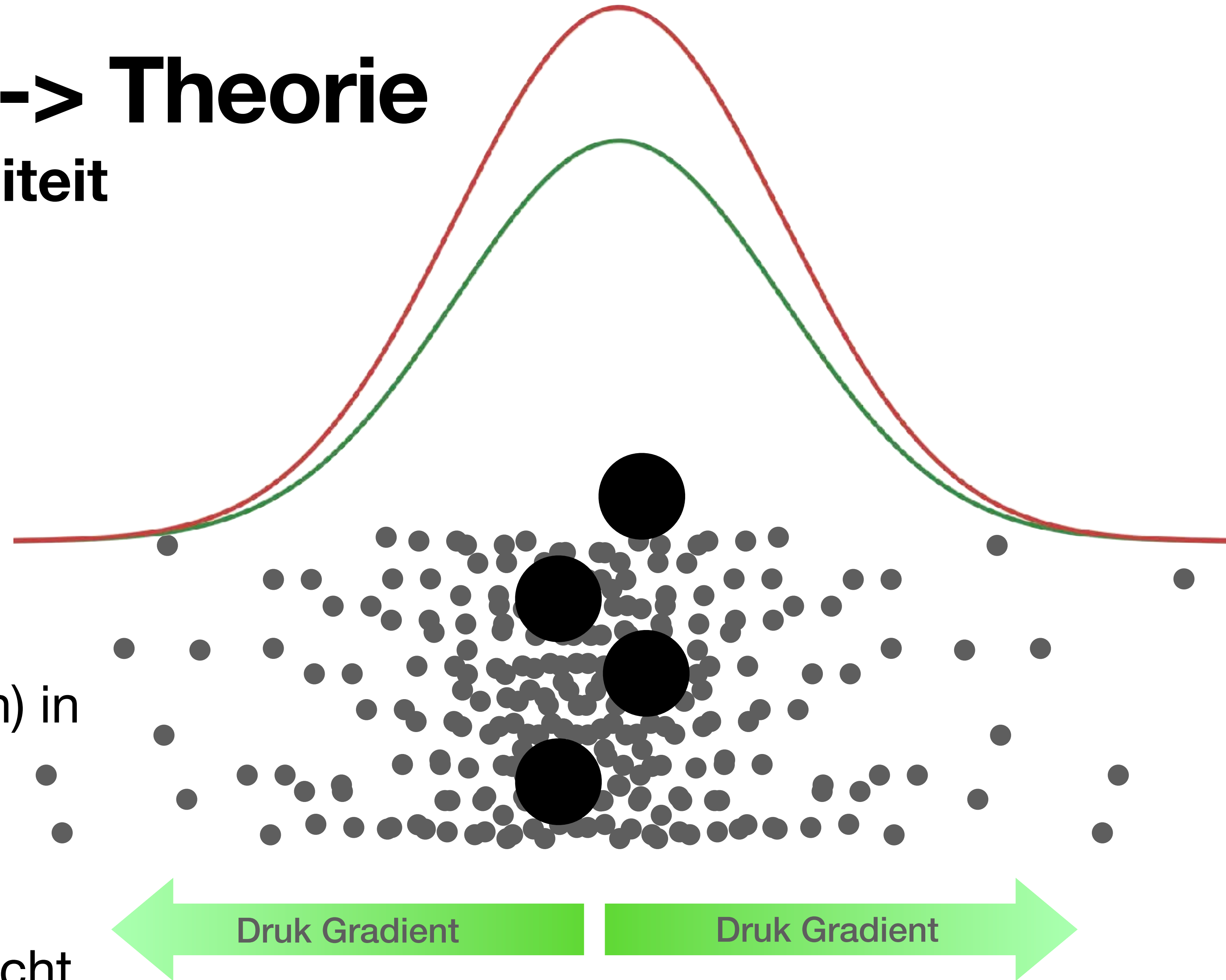
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

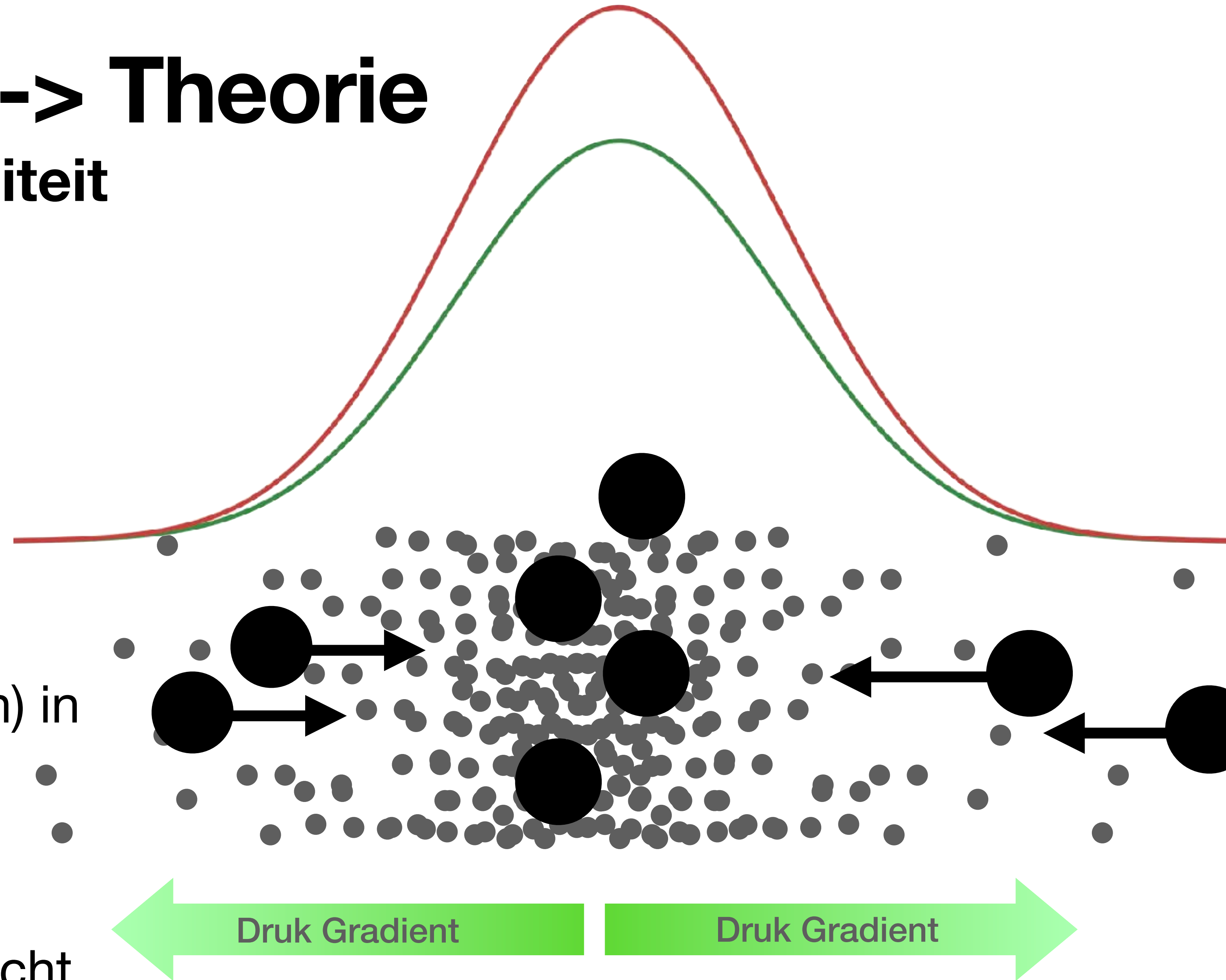
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

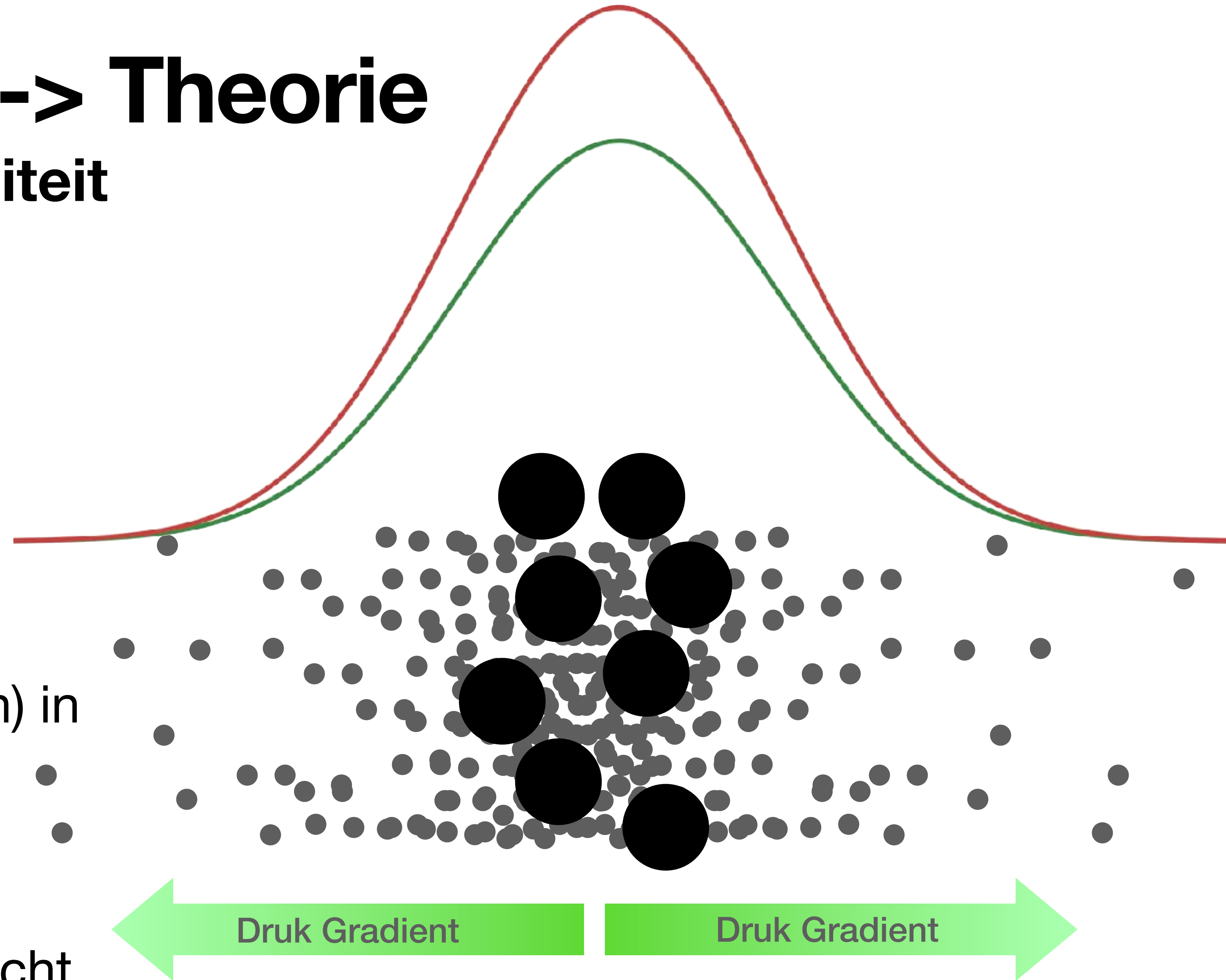
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

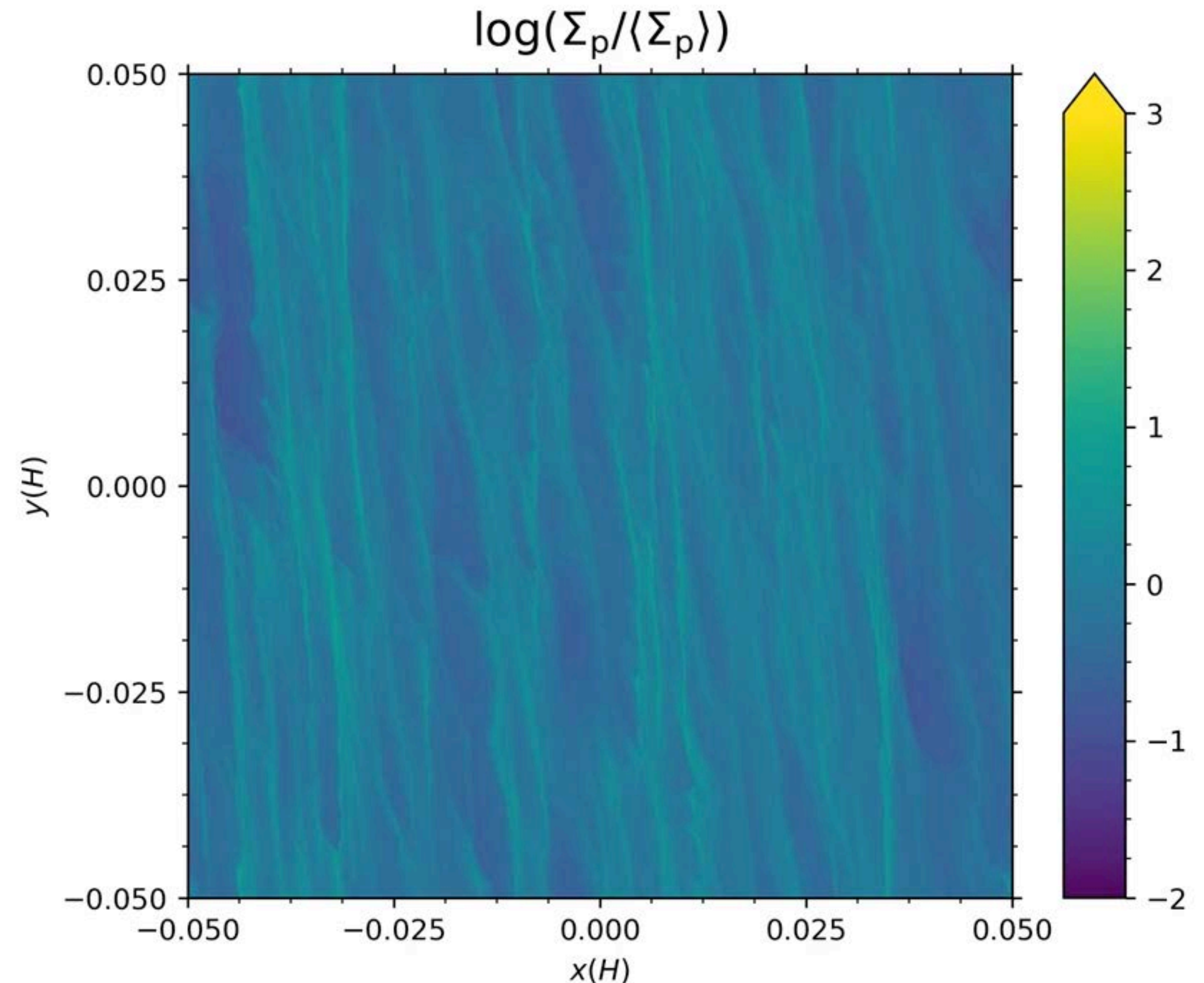
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

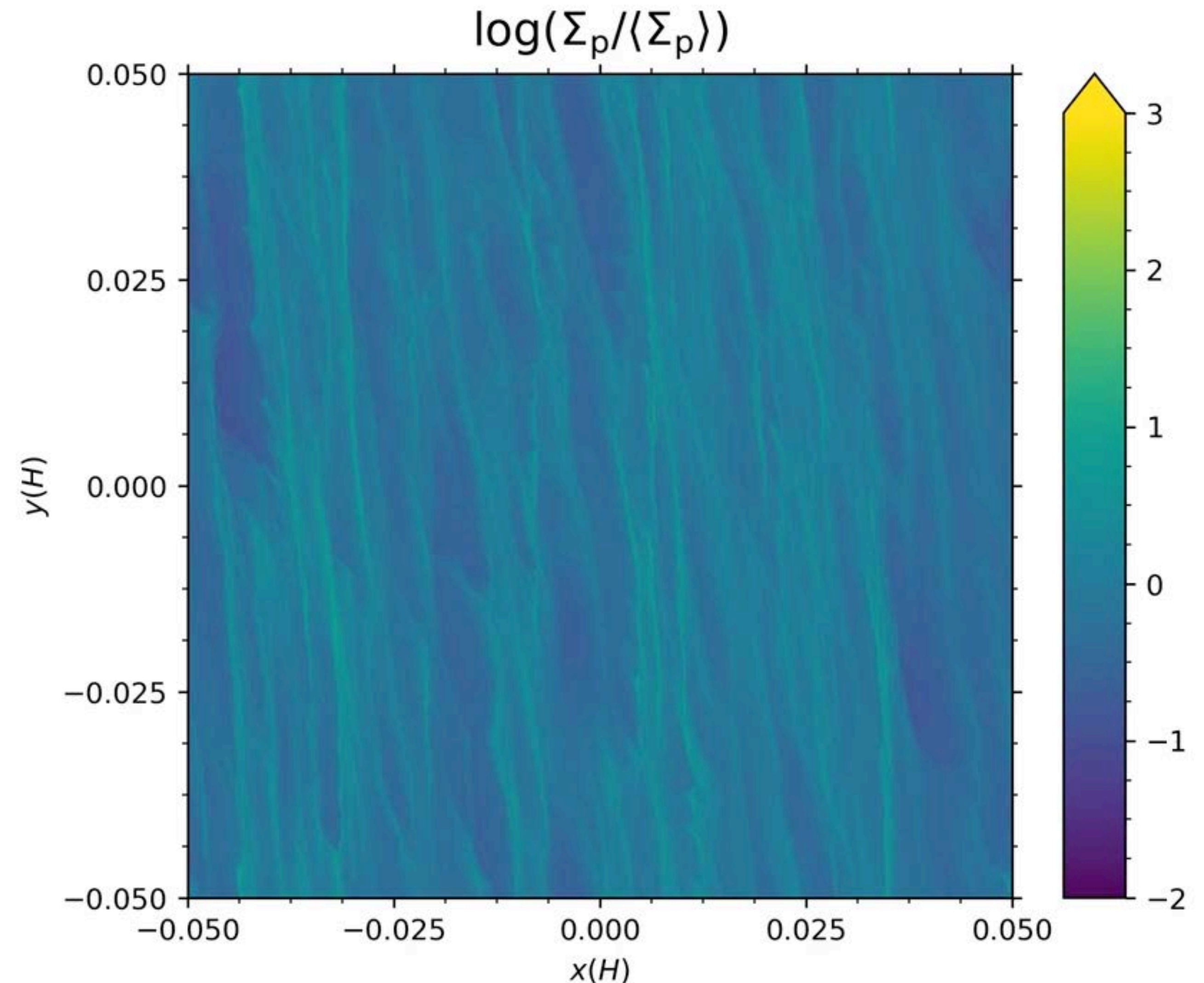
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Hydrodynamische Instabiliteit

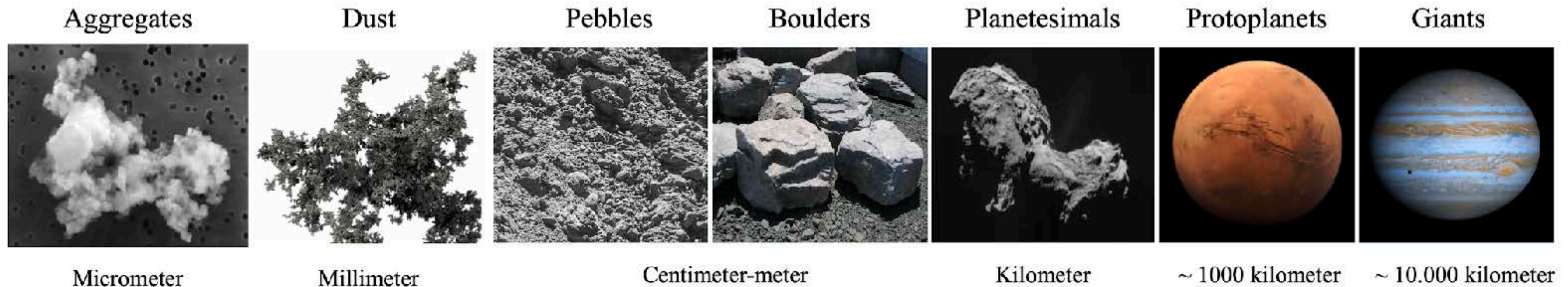
- Interactie tussen gas en stof
- Terugkoppeling (3e wet van Newton)
- Positieve feedback-loop
- Kleine perturbaties (afwijkingen) in dichtheid groeien snel
- Samenklonteren van stof
- Ineenstorting door zwaartekracht



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

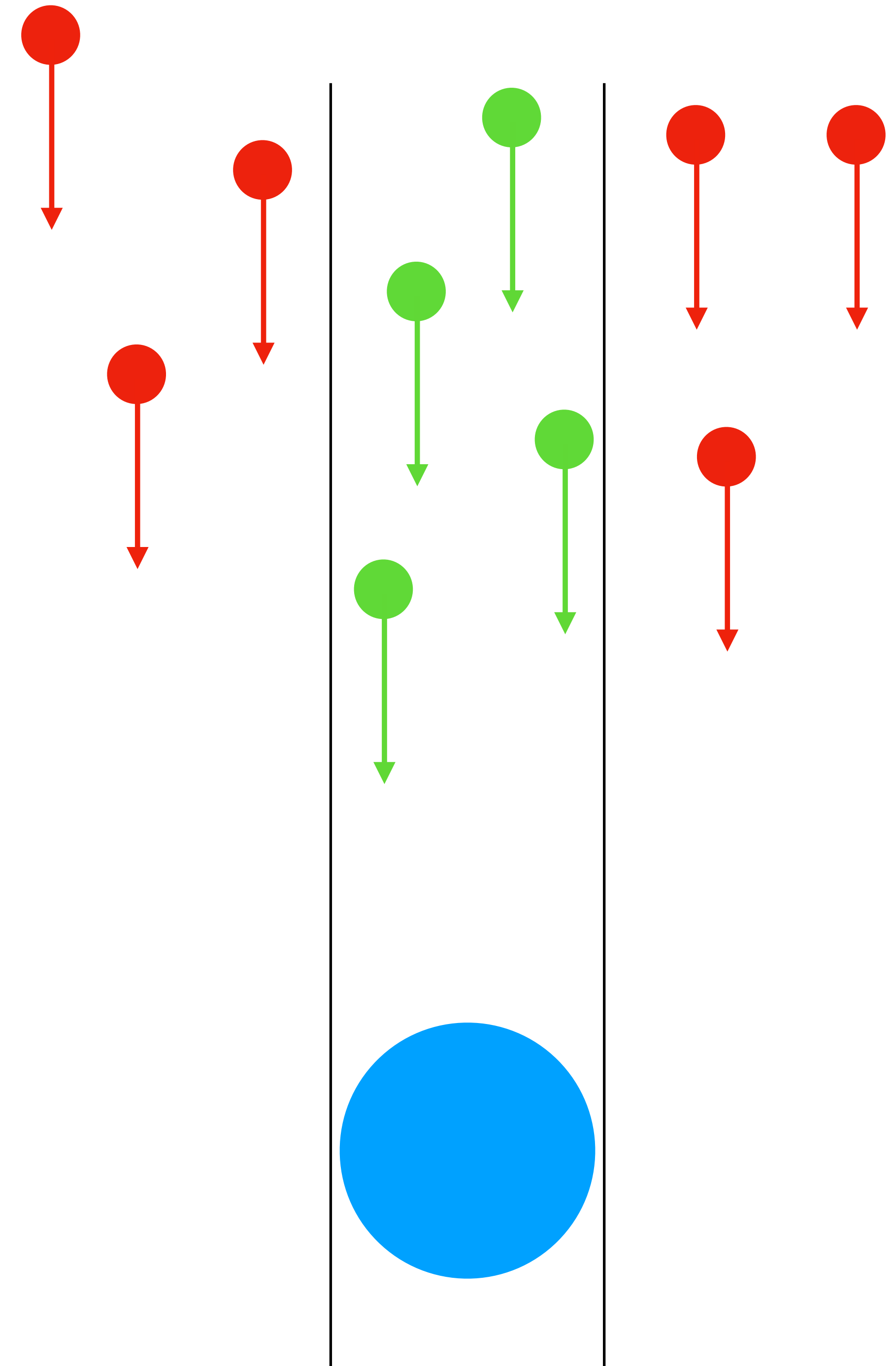
- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

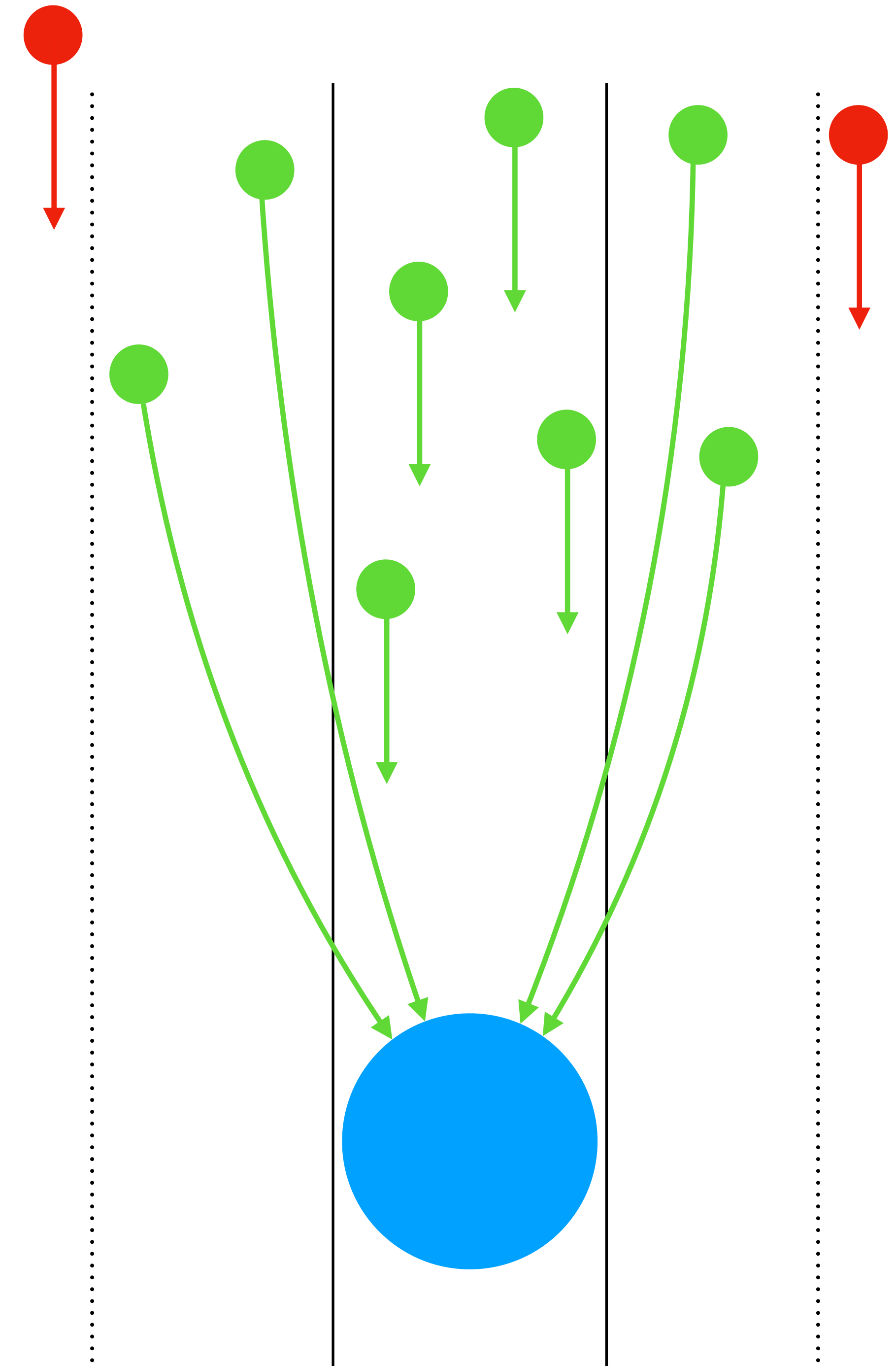
- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiesel) Accretie

- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas

Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiesel) Accretie

- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Aggregates



Micrometer

Dust



Millimeter

Pebbles



Centimeter-meter

Boulders



Planetesimals



Kilometer

Protoplanets



~ 1000 kilometer

Giants

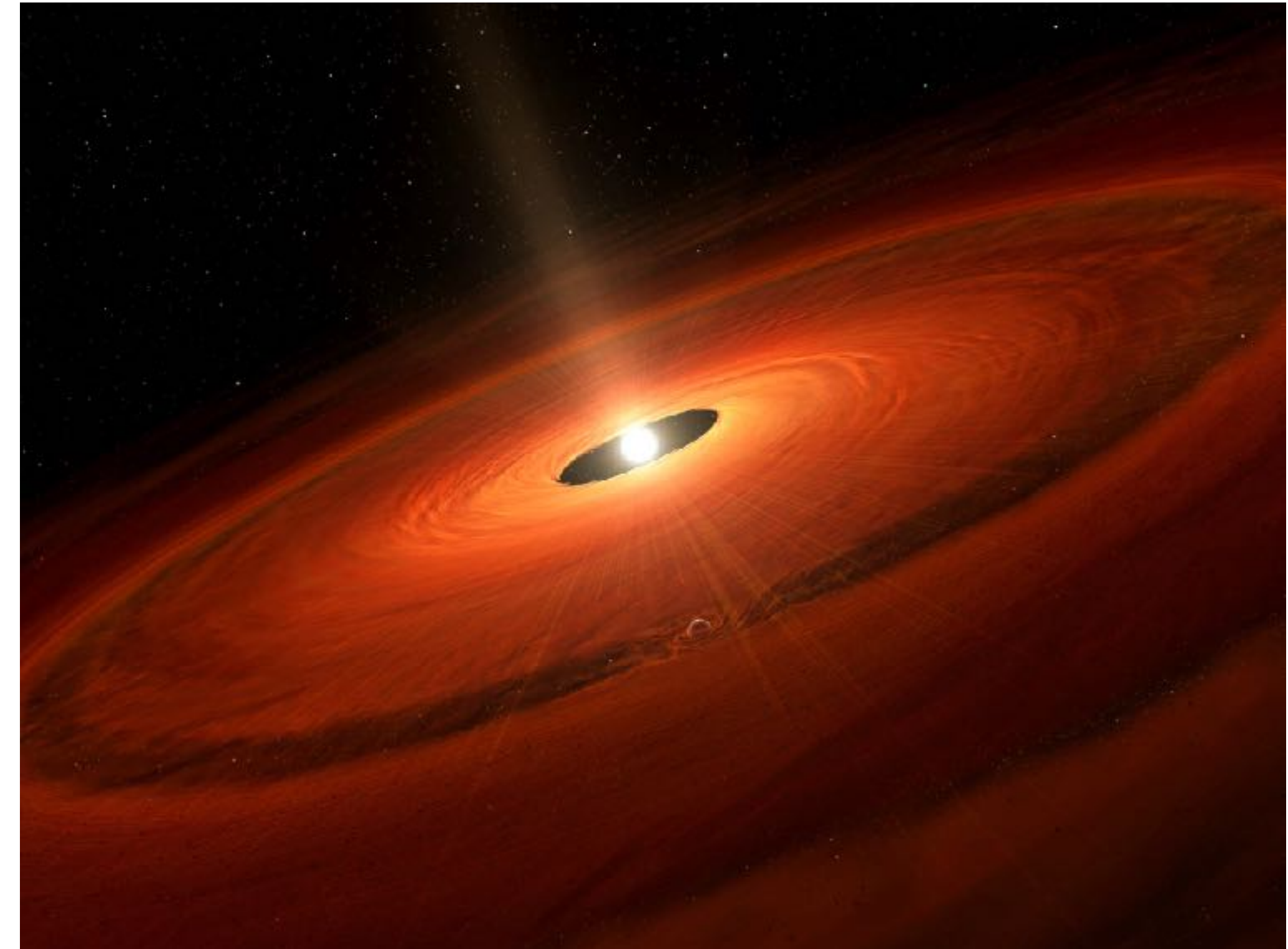


~ 10.000 kilometer

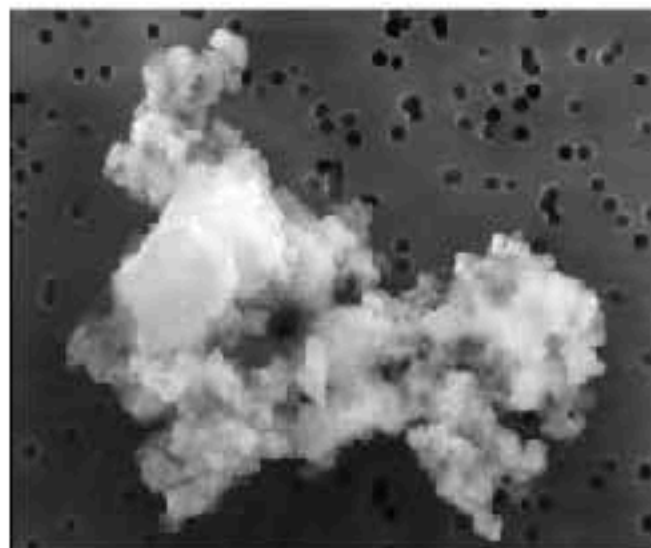
Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Aggregates



Micrometer

Dust



Millimeter

Pebbles



Centimeter-meter

Boulders



Planetesimals



Kilometer

Protoplanets



~ 1000 kilometer

Giants

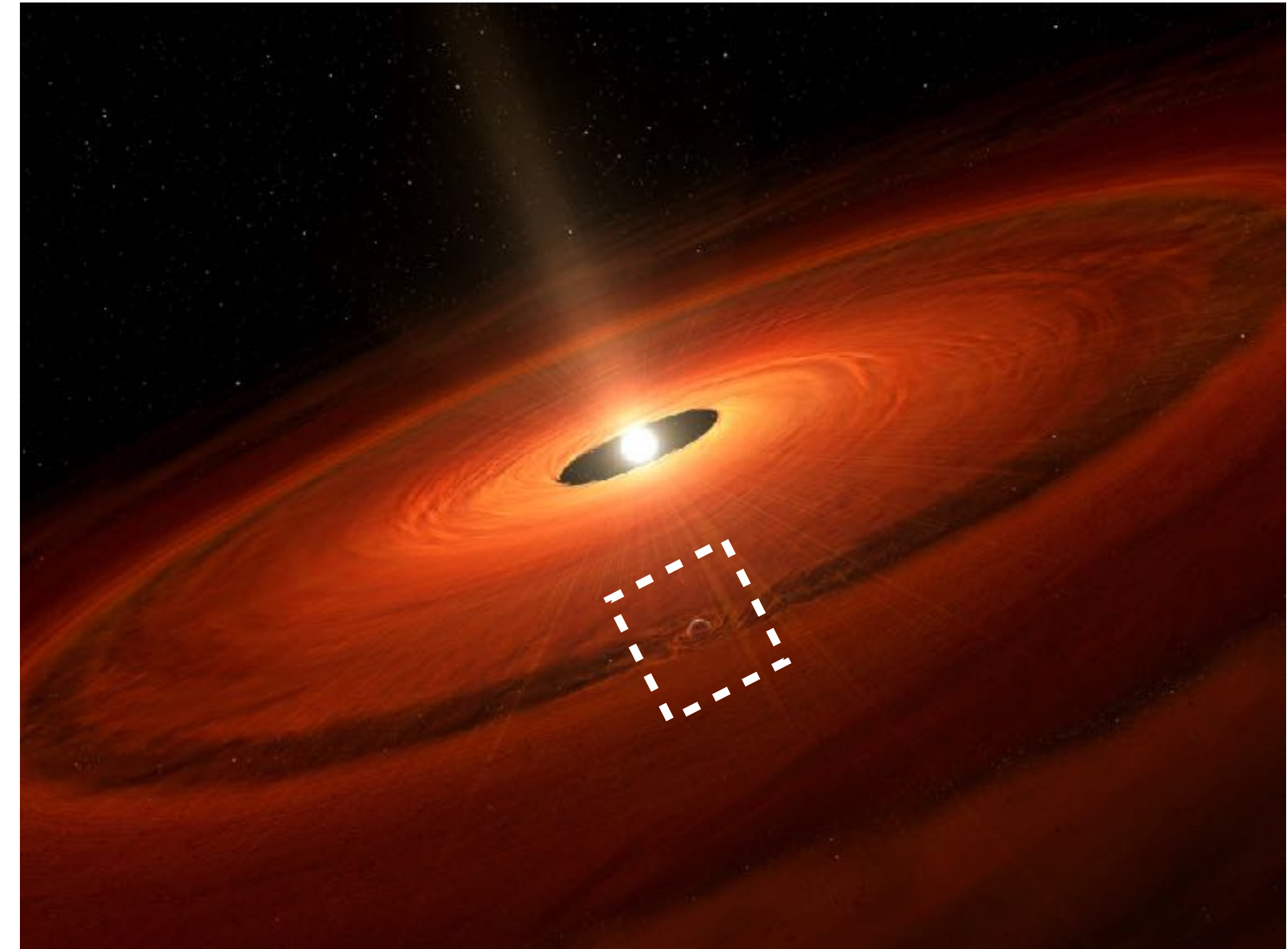


~ 10.000 kilometer

Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiesel) Accretie

- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Aggregates



Micrometer

Dust



Millimeter

Pebbles



Centimeter-meter

Boulders



Planetesimals



Kilometer

Protoplanets



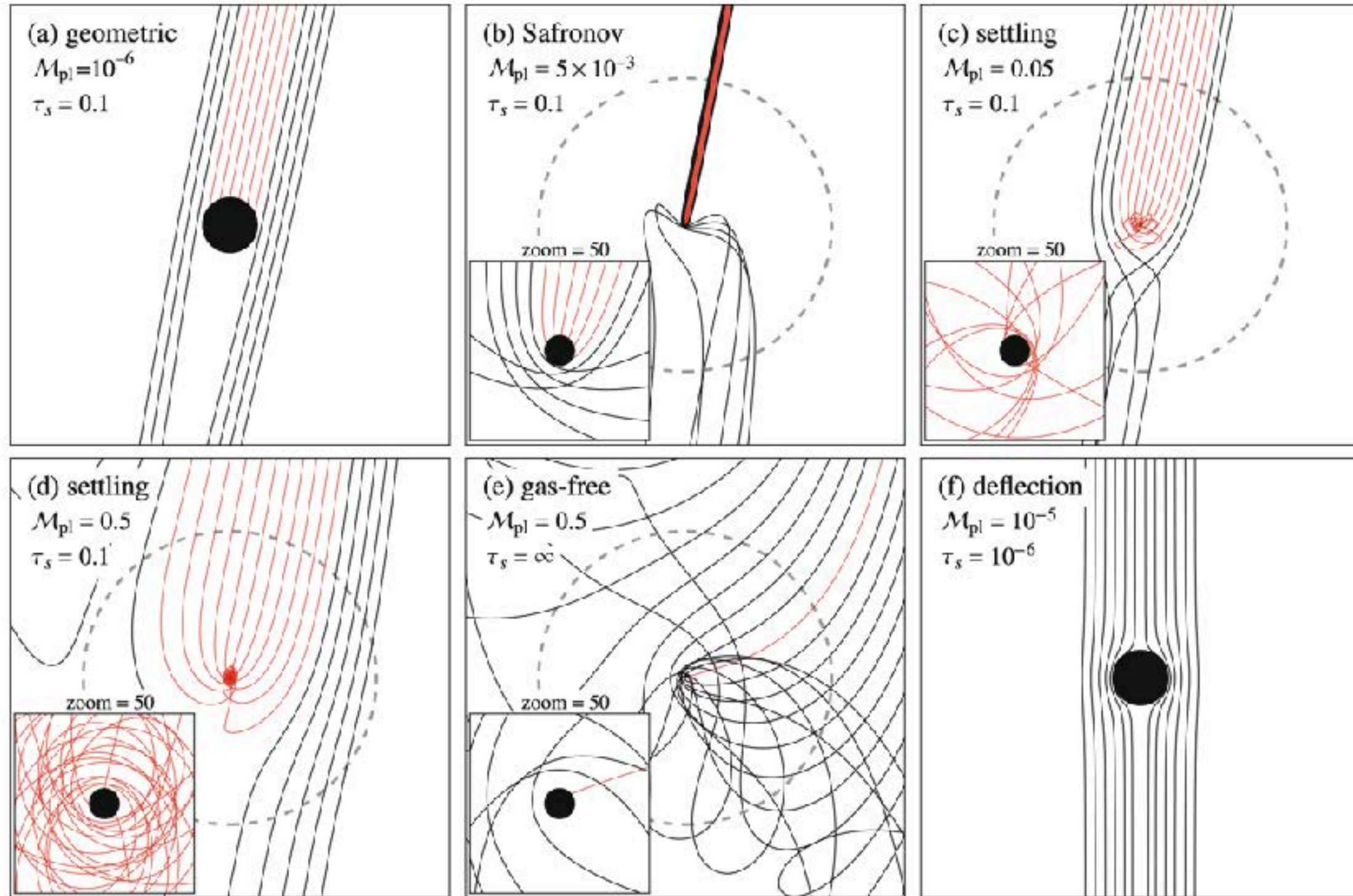
~ 1000 kilometer

Giants

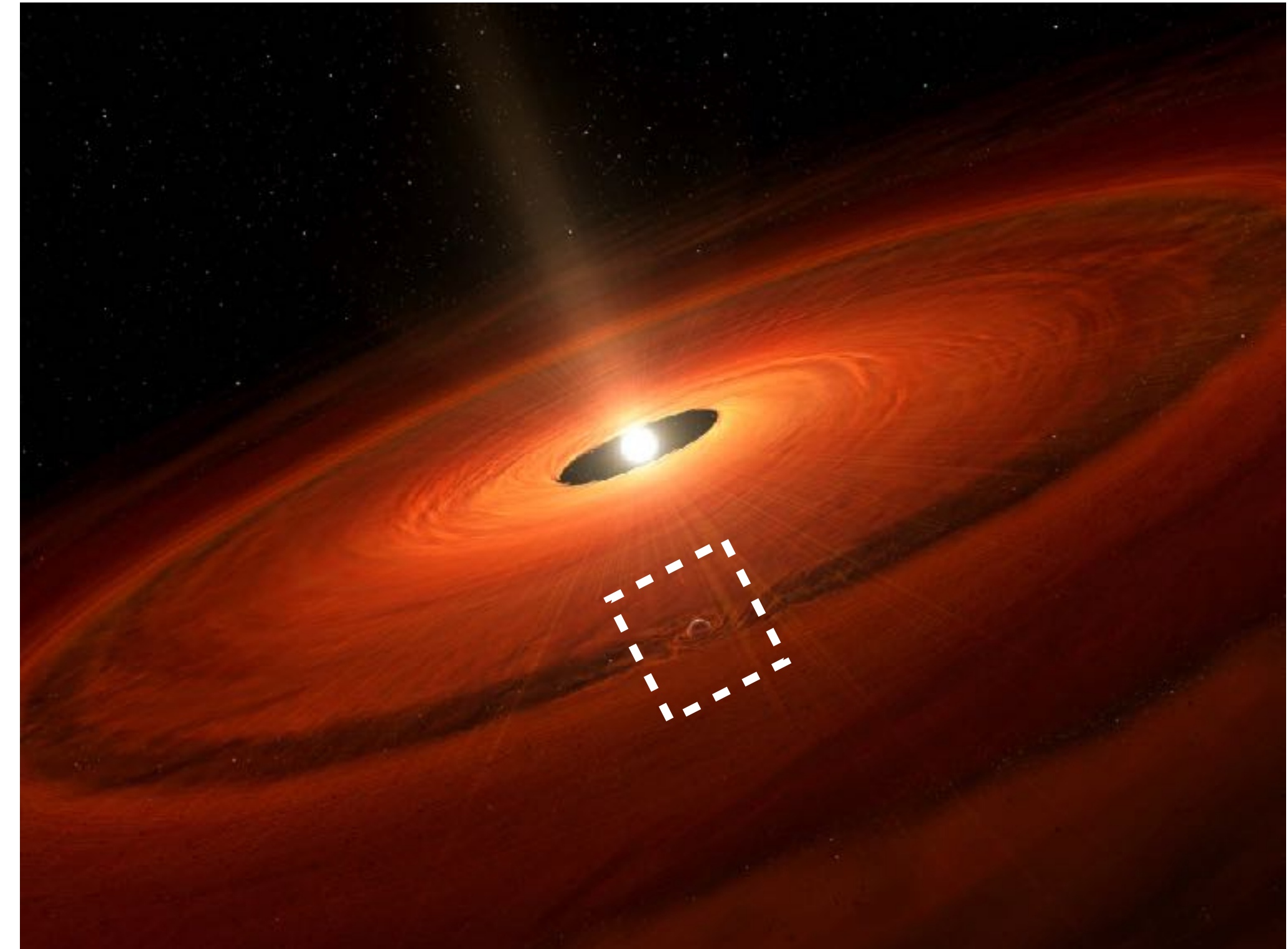


~ 10.000 kilometer

Planet Formatie -> Theorie



Ormel 2017



Aggregates

Dust

Pebbles

Boulders

Planetesimals

Protoplanets

Giants



Micrometer

Millimeter

Centimeter-meter

Kilometer

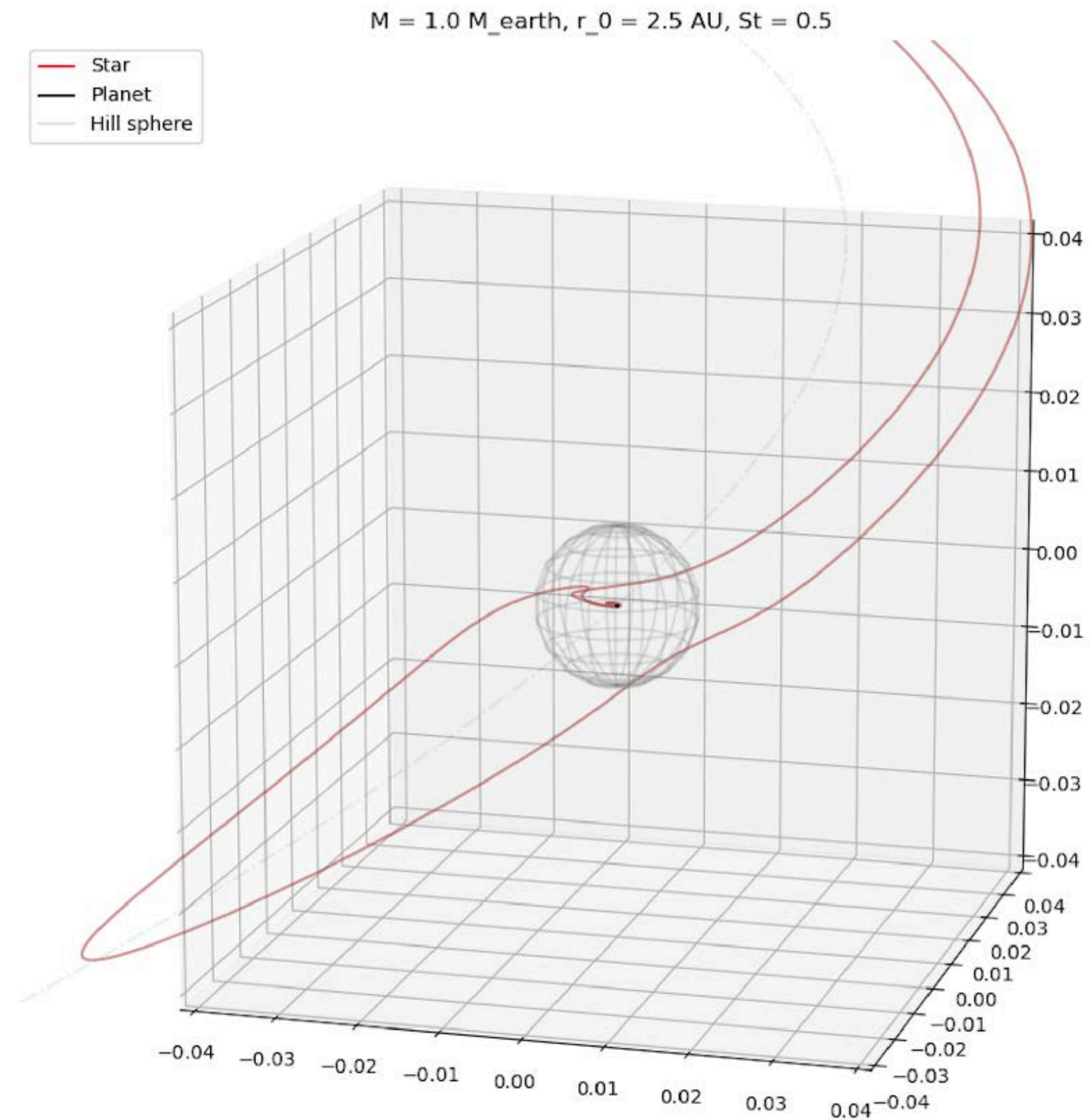
~ 1000 kilometer

~ 10.000 kilometer

Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

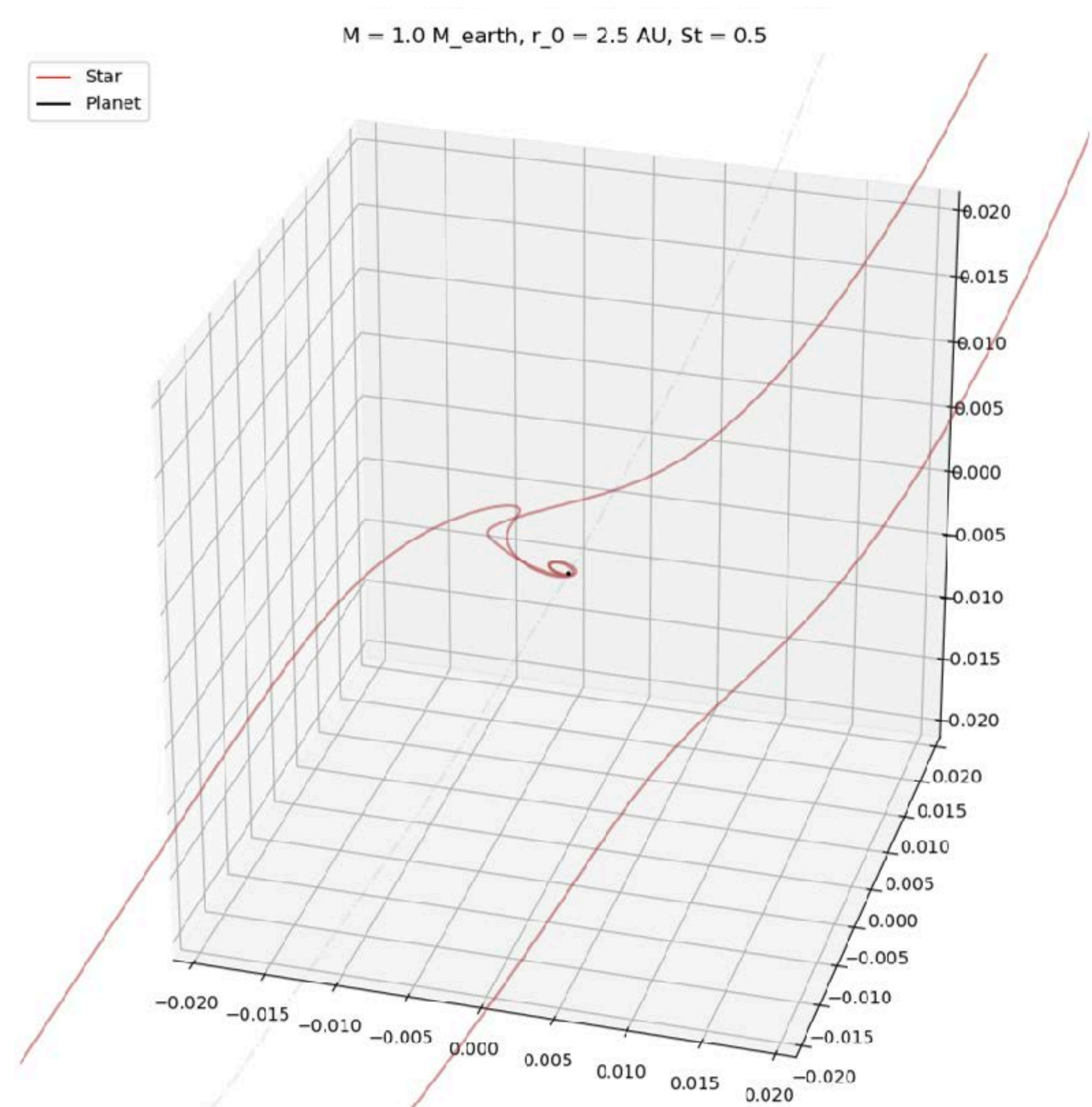
- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

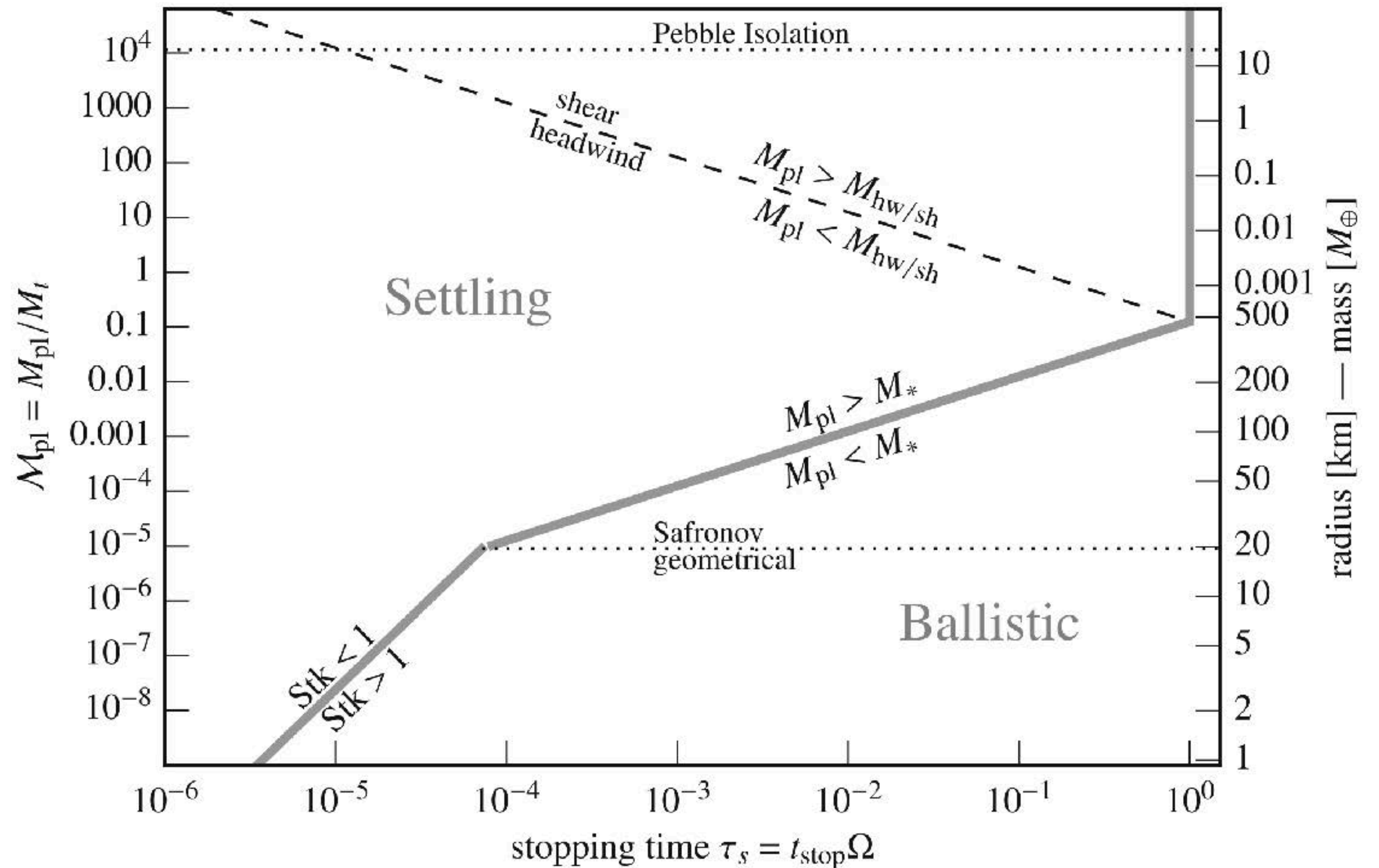
- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

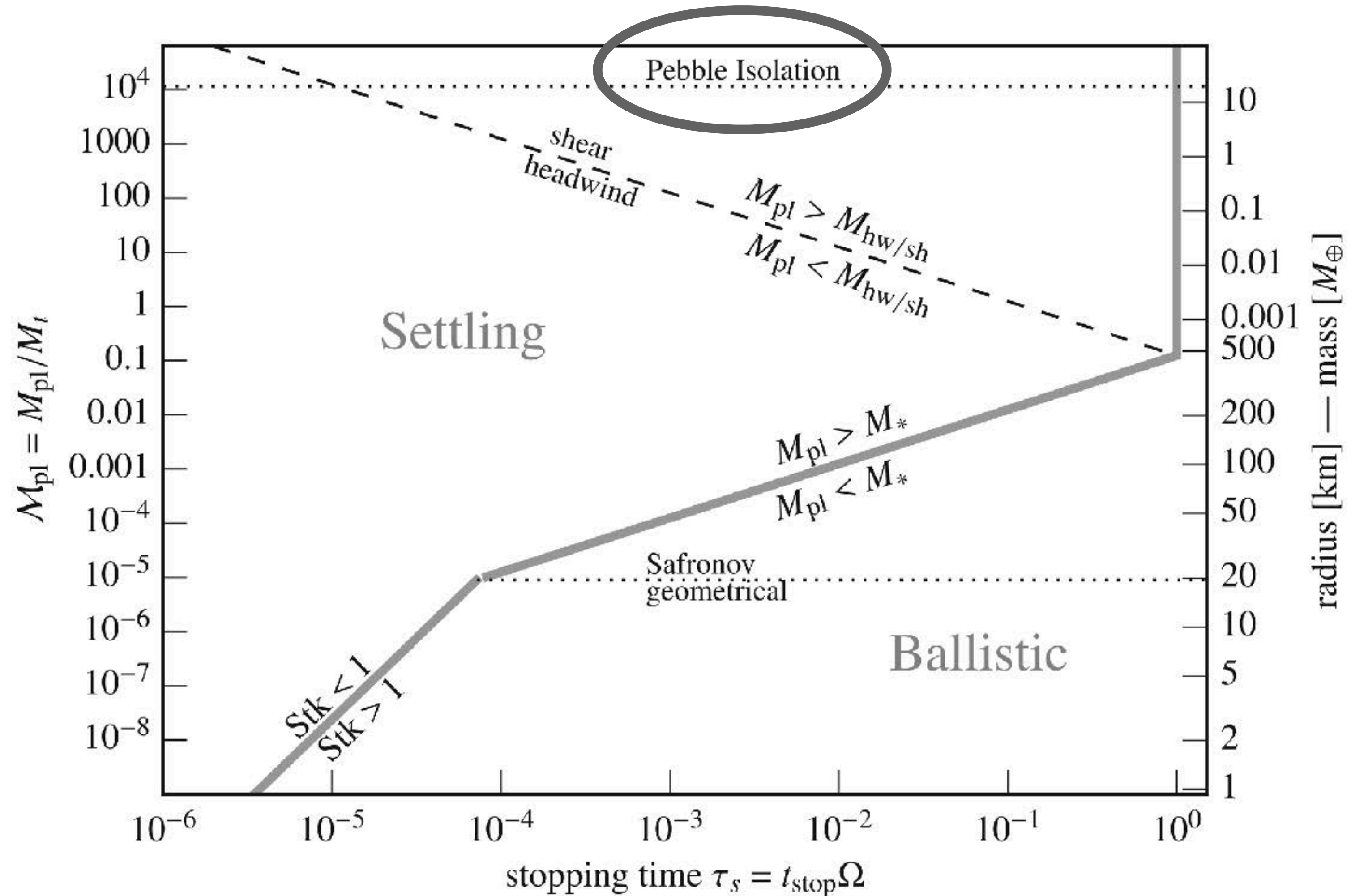
- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas



Planeet Formatie -> Theorie

Pebble (Kiezel) Accretie

- Gravitationele aantrekking
- Accretie radius is groter door combinatie zwaartekracht en gas
- Tot Isolation Mass



Planeet Formatie -> Theorie

Gas Accretie

- Core (kern) accretie
- Accretie radius
- Runaway Growth
- Opent een gat in de accretieschijf
- Verdwijnen gas uit accretie schijf

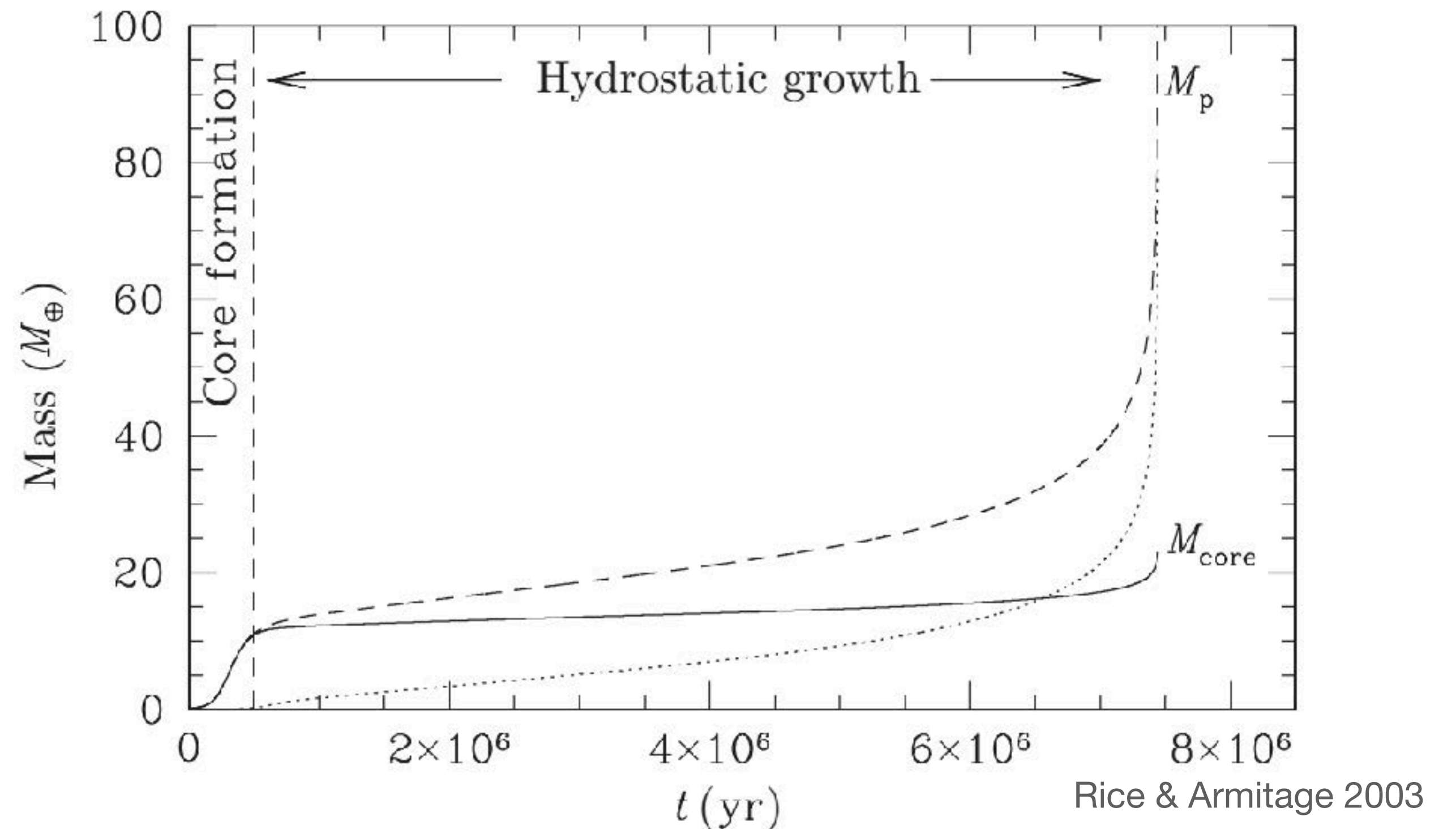
Planeet Formatie -> Theorie

Gas Accretie

- Core (kern) accretie
- Accretie radius
- Runaway Growth
- Opent een gat in de accretieschijf
- Verdwijnen gas uit accretie schijf

Probleem: Tijd

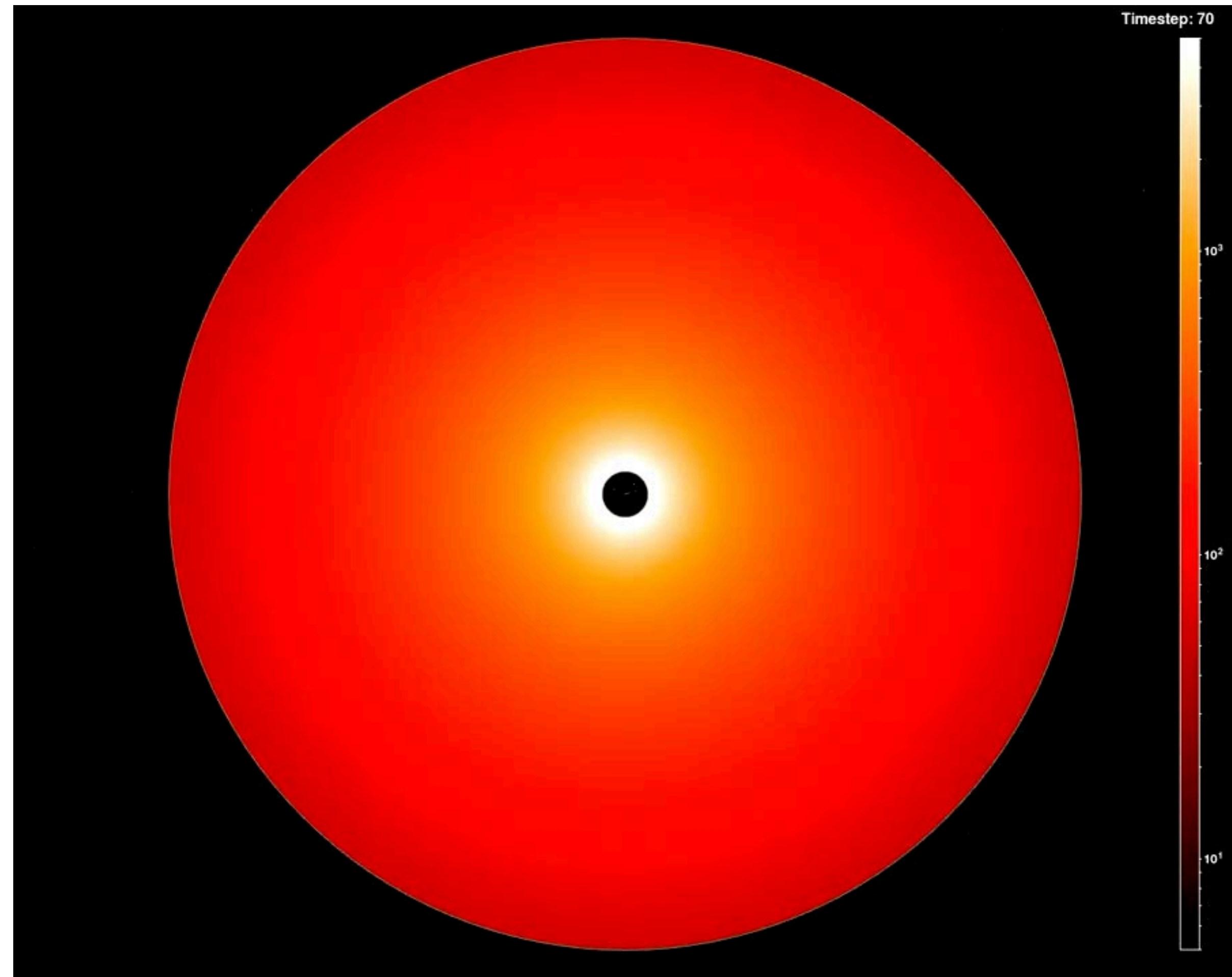
- Tijd nodig voor Jupiter: $\sim 10^7$ jr $\sim 10^6$ rondjes
- Baan van Neptunus: 10^6 rondjes $\sim 10^8$ jr
- Schijf leeftijd: $< 10^7$ jr



Planeet Formatie -> Theorie

Gravitationele Instabiliteit

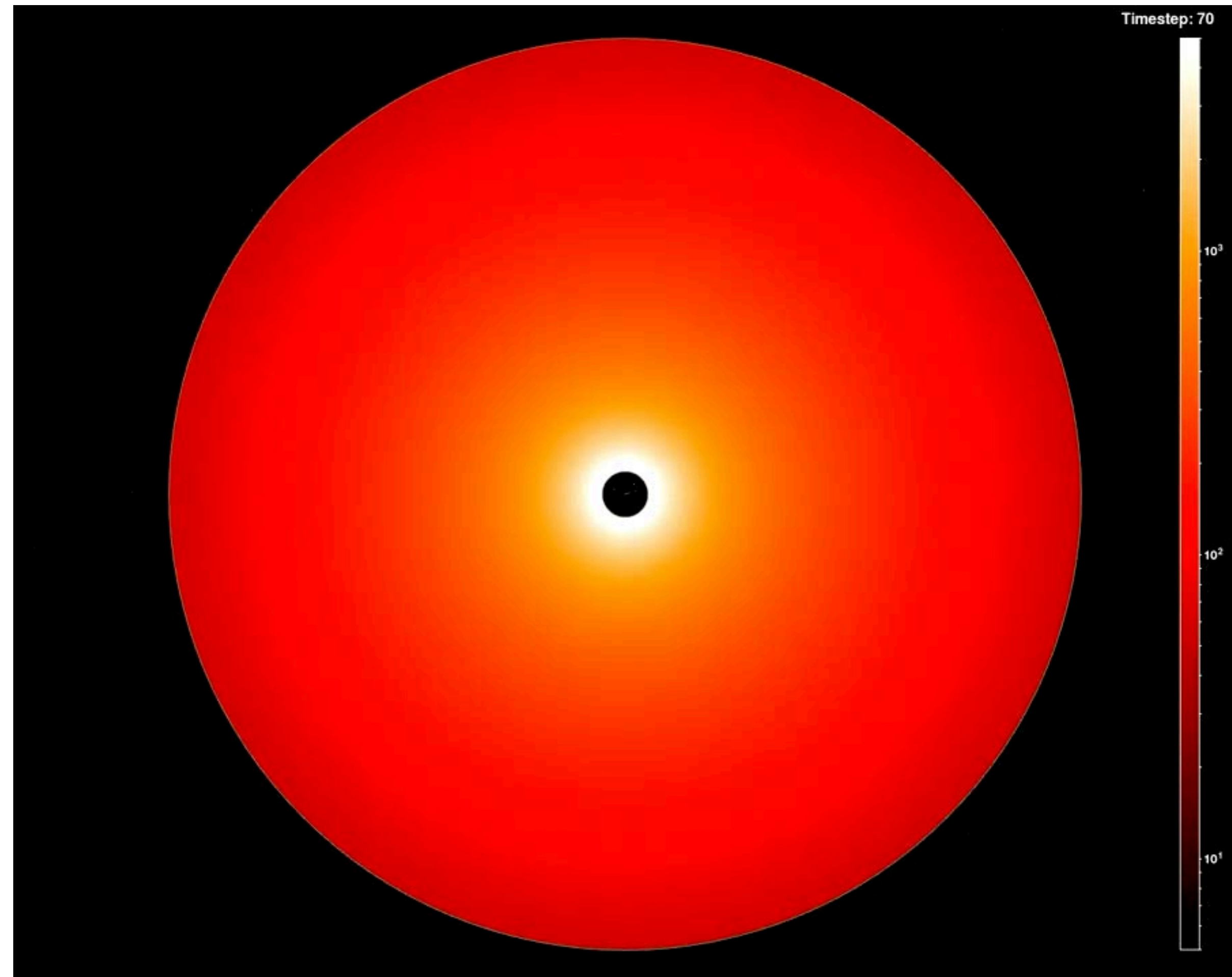
- Gerard Kuiper (1951)
- Zware, koude schijf is niet stabiel
- Duurt maar een paar rotaties, dus snel!



Planeet Formatie -> Theorie

Gravitationele Instabiliteit

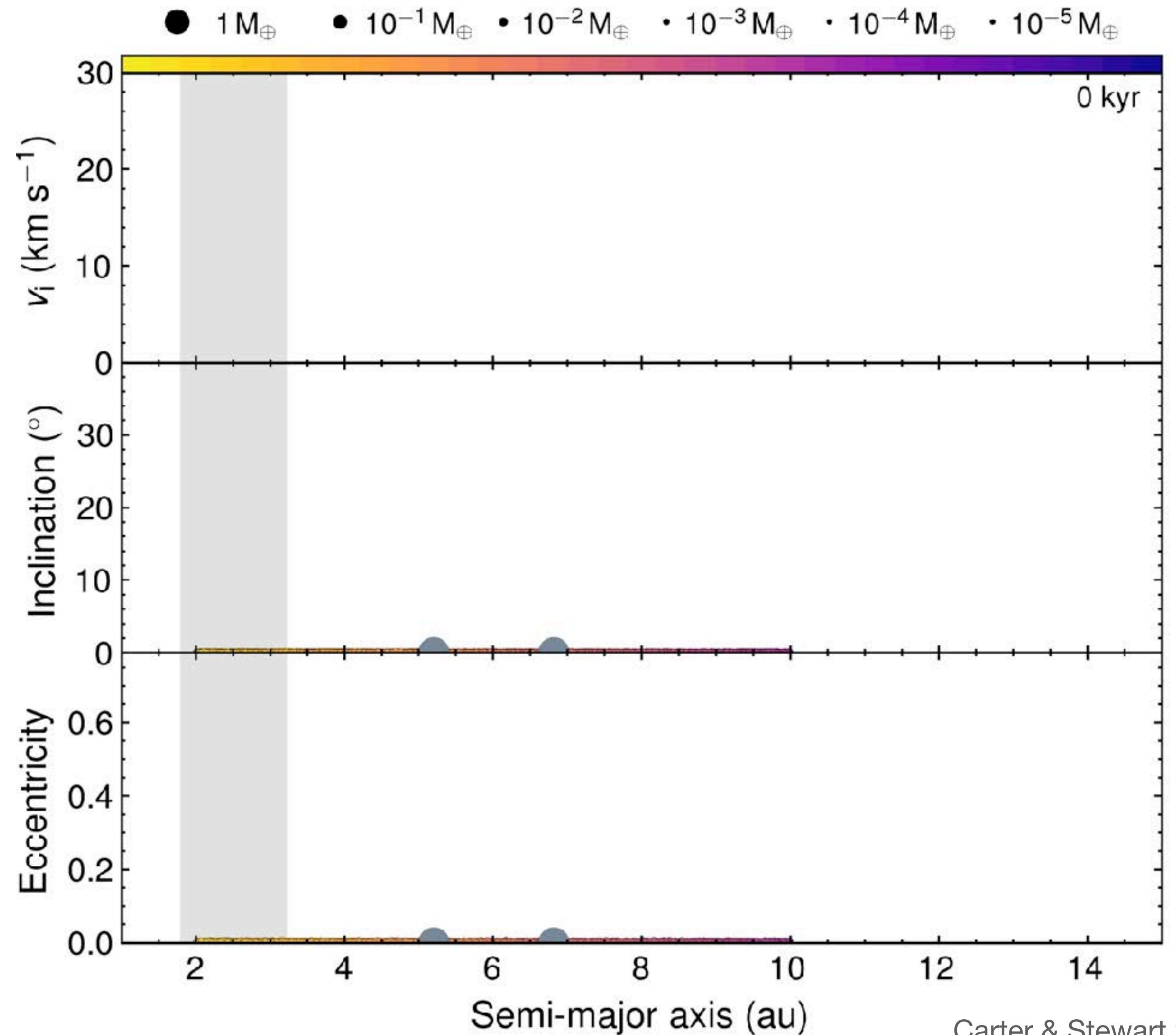
- Gerard Kuiper (1951)
- Zware, koude schijf is niet stabiel
- Duurt maar een paar rotaties, dus snel!



Planeet Formatie -> Theorie

Planetesimal accretie

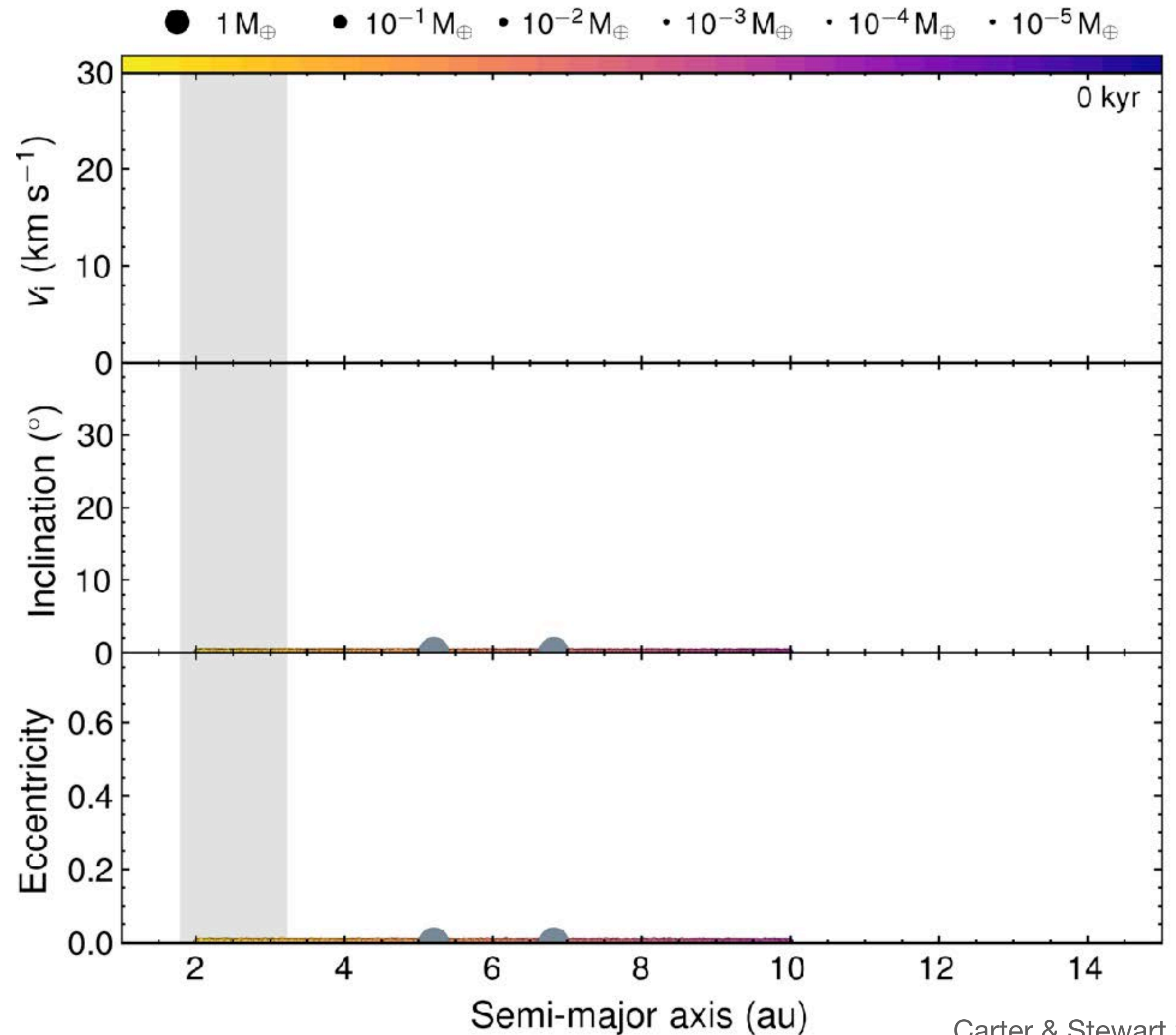
- Botsingen tussen planetesimals
- Giant impact
- Formatie Maan



Planeet Formatie -> Theorie

Planetesimal accretie

- Botsingen tussen planetesimals
- Giant impact
- Formatie Maan

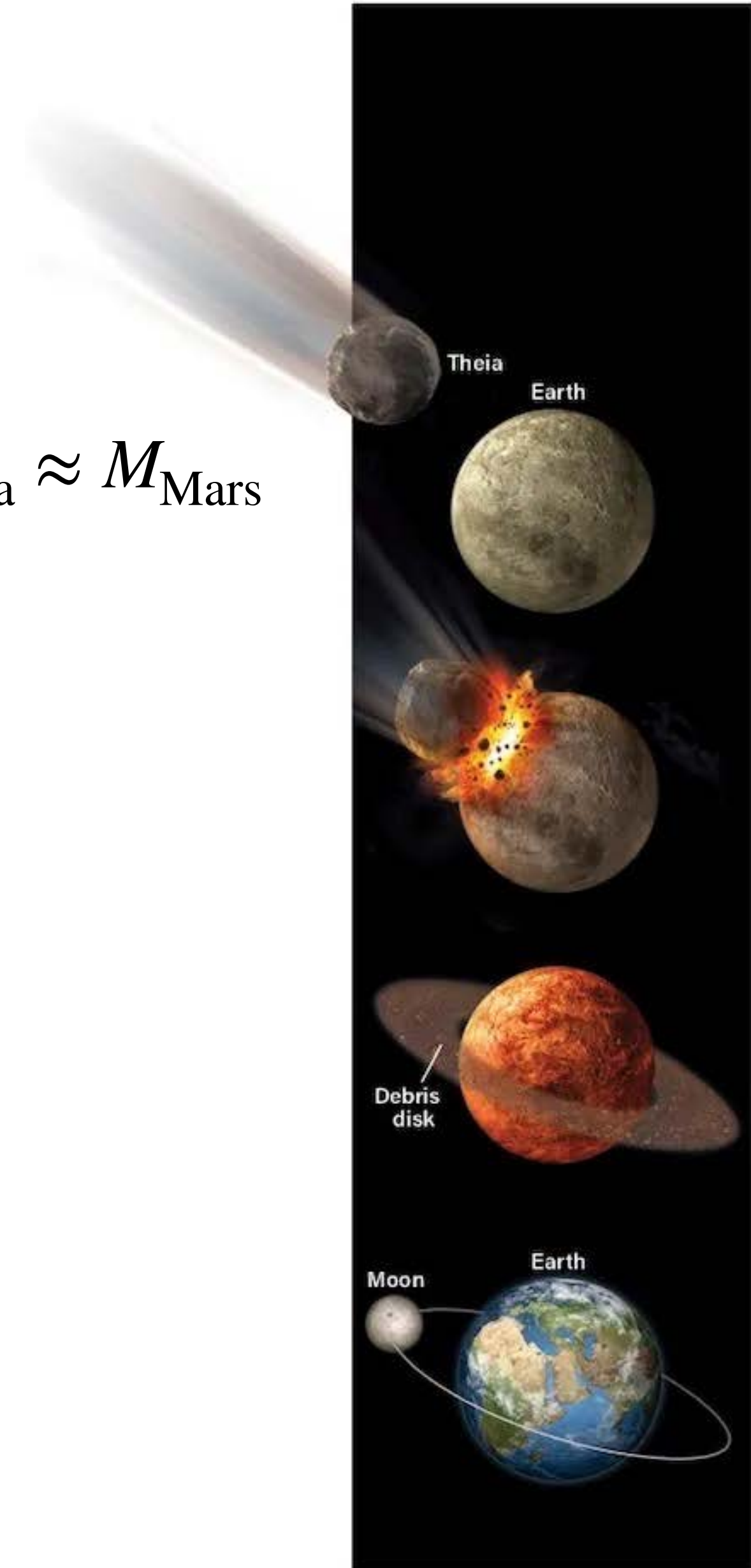


Formatie Maan

Formatie Maan

- Giant Impact
- Botsing met 'Theia' vanuit L4/L5

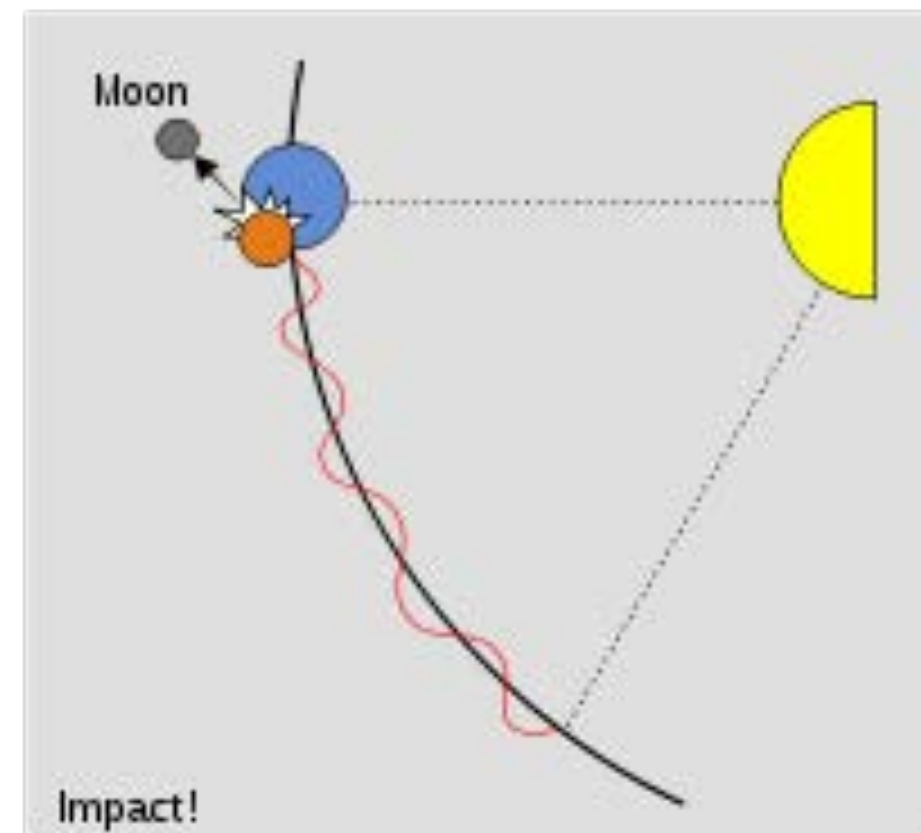
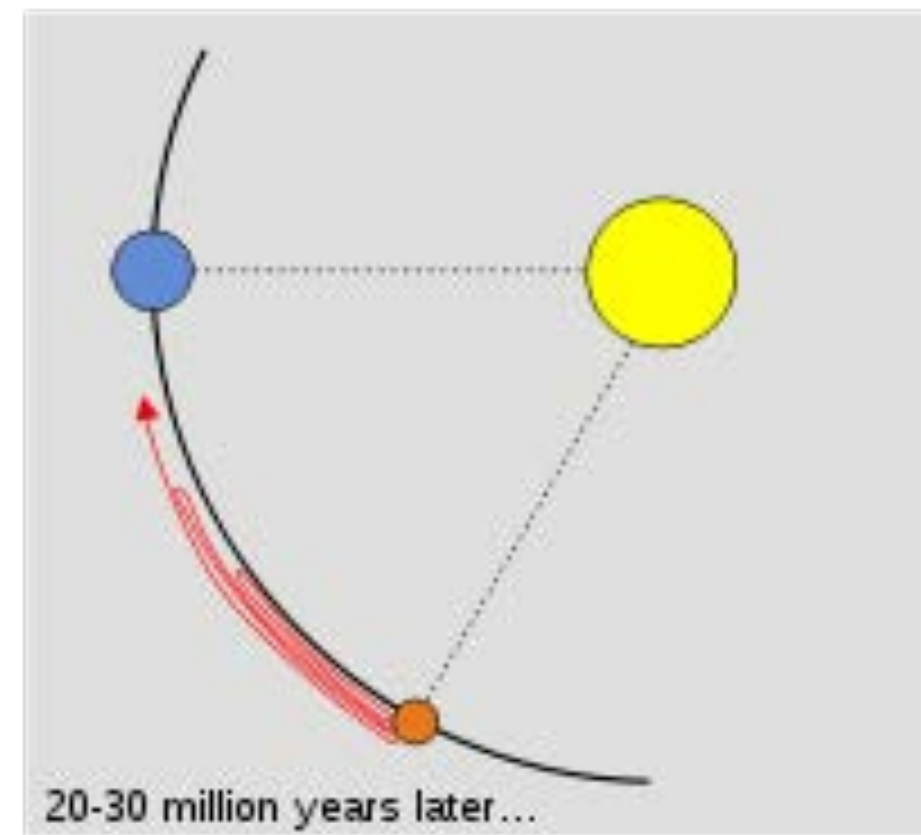
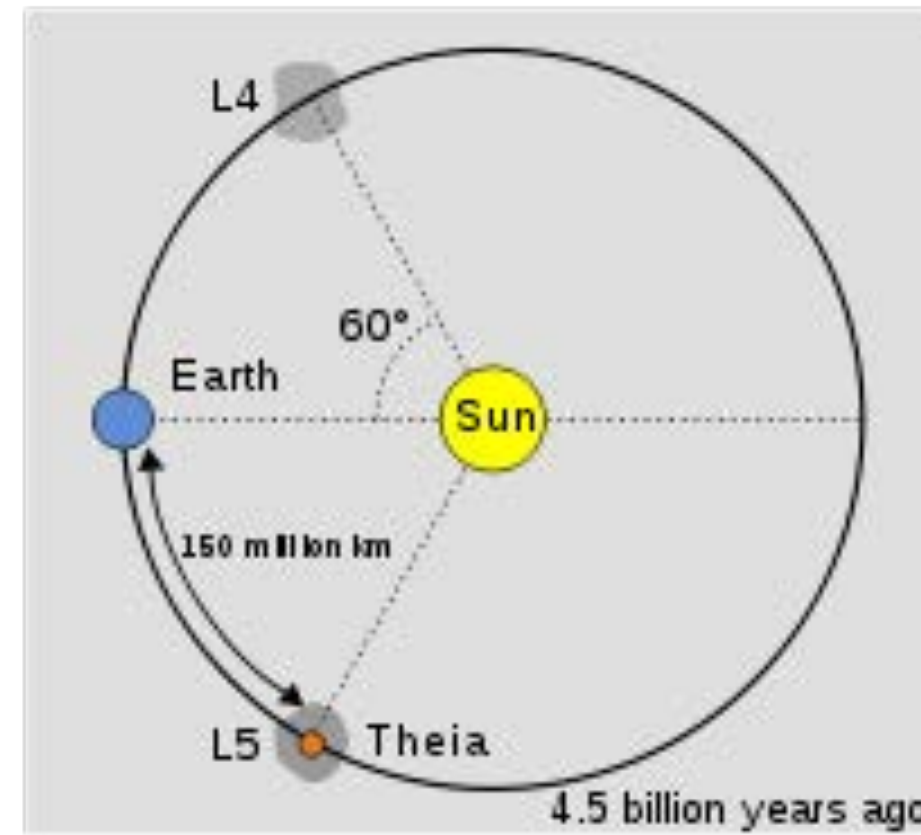
$$M_{\text{Theia}} \approx M_{\text{Mars}}$$



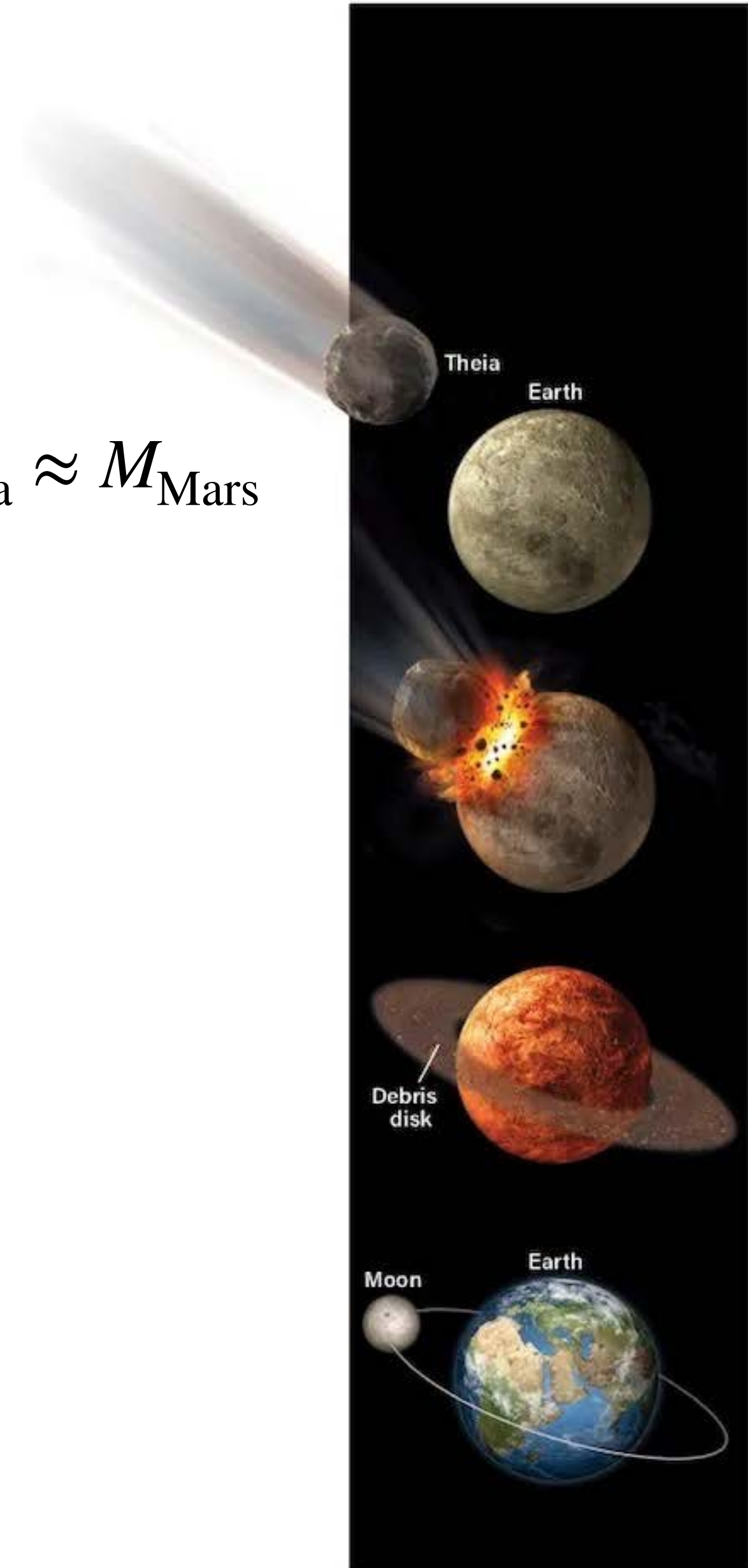
Artist Impression - Roen Kelly

Formatie Maan

- Giant Impact
- Botsing met 'Theia' vanuit L4/L5



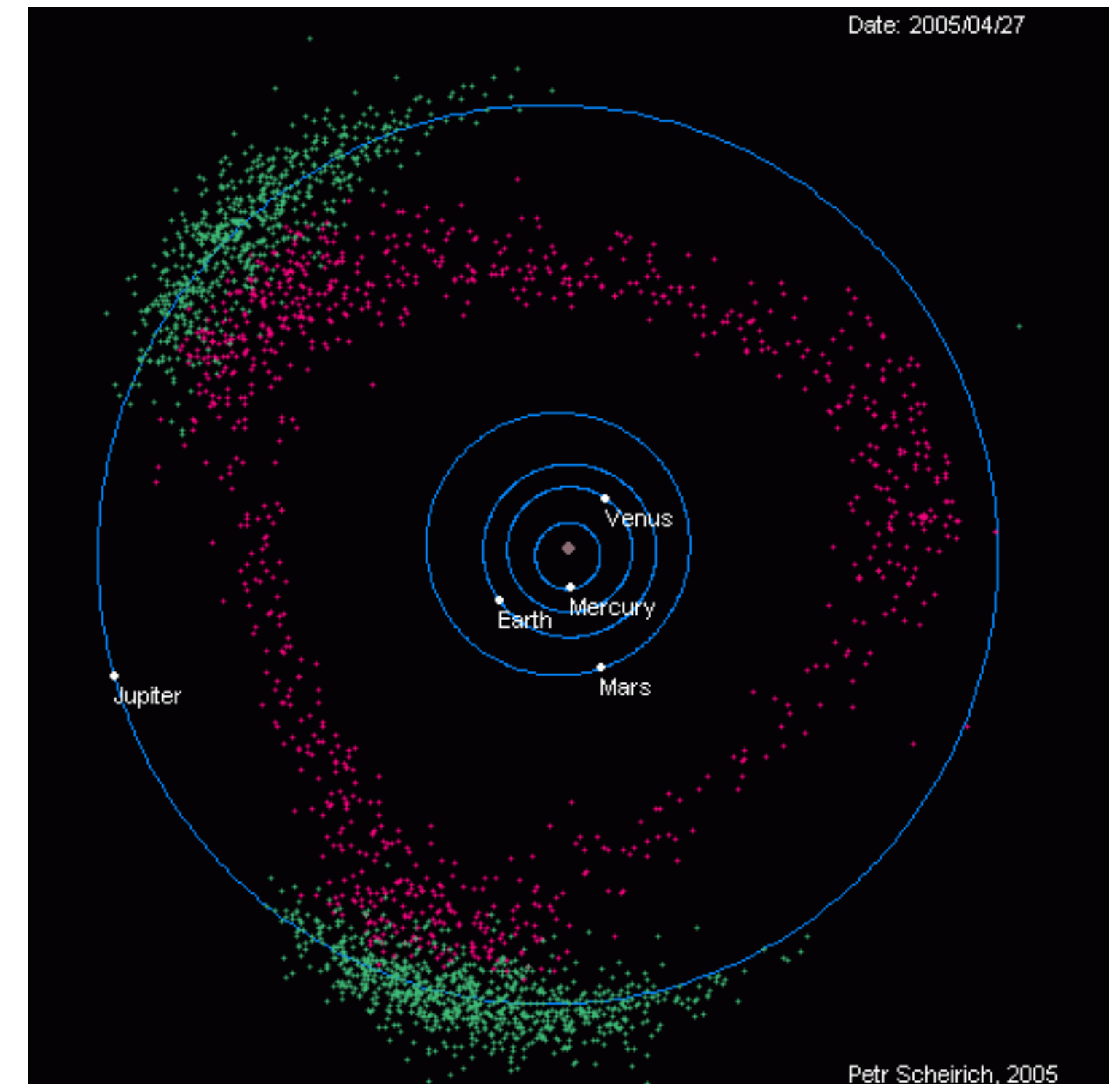
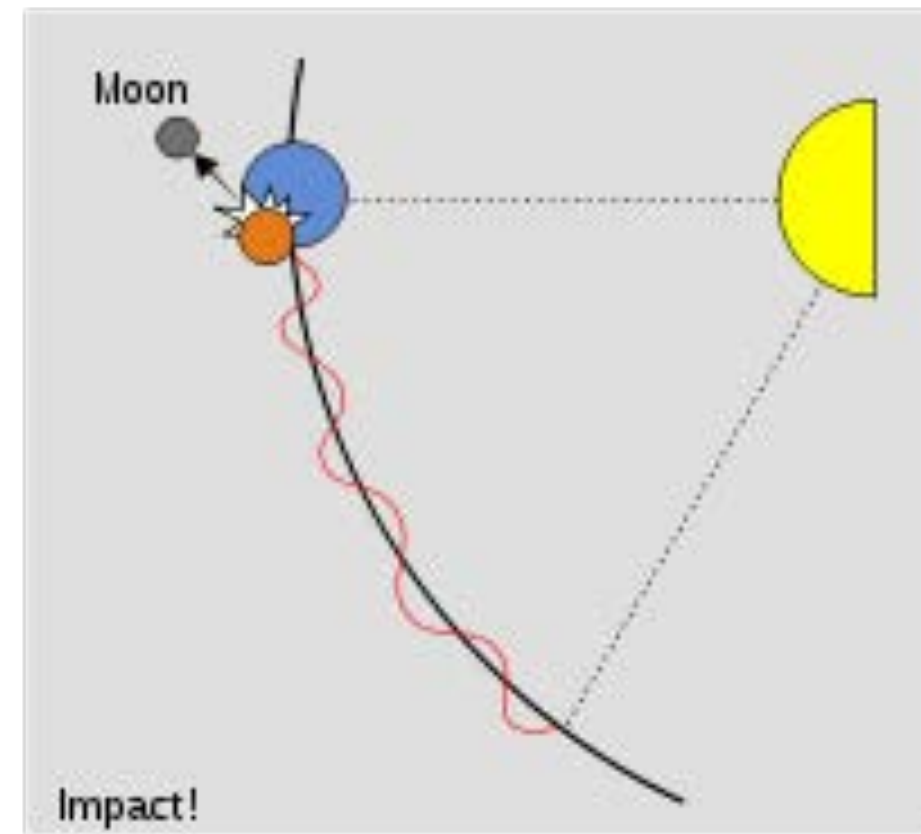
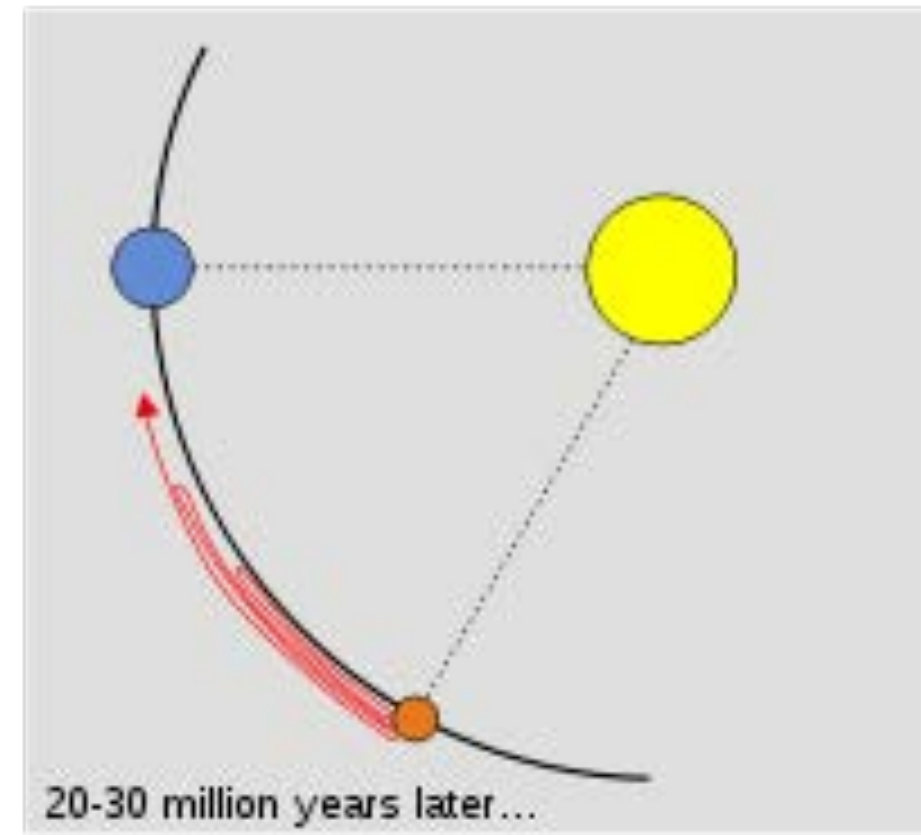
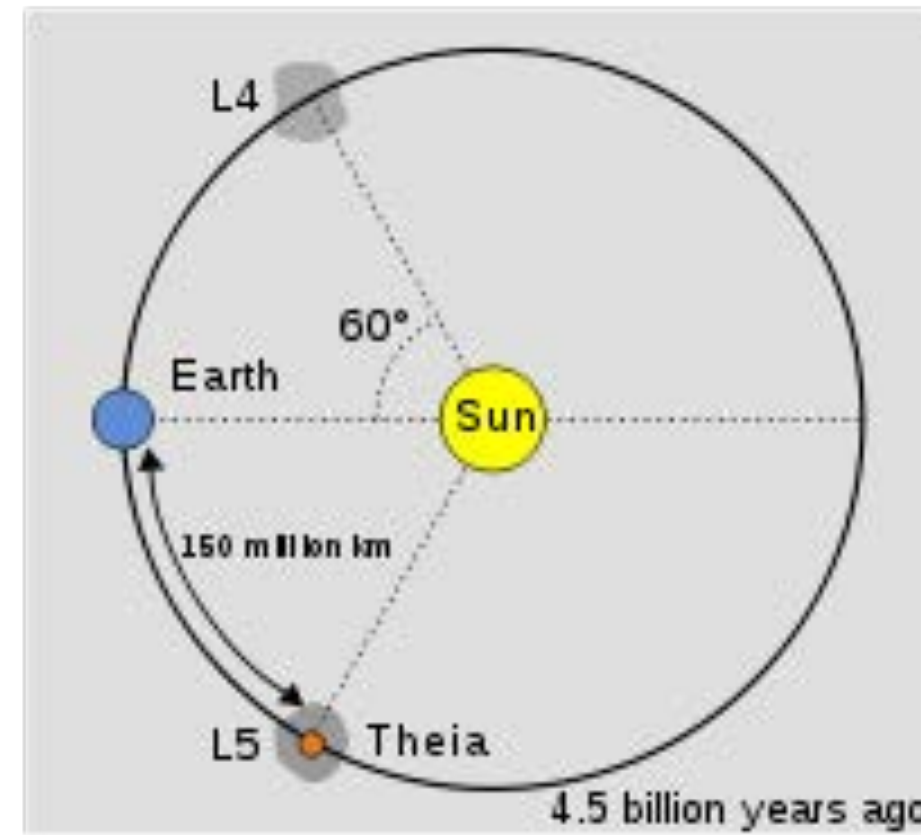
$$M_{\text{Theia}} \approx M_{\text{Mars}}$$



Artist Impression - Roen Kelly

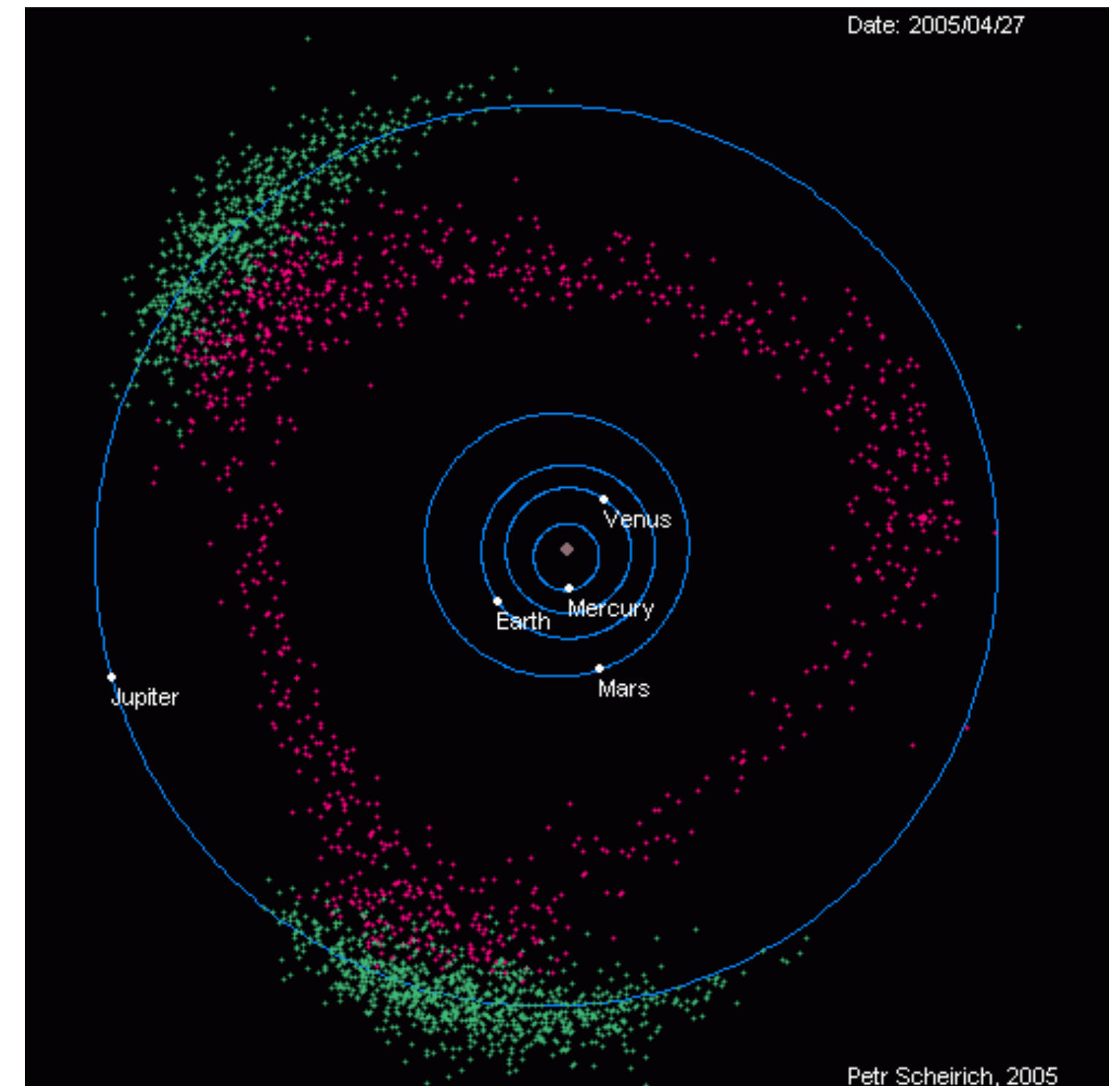
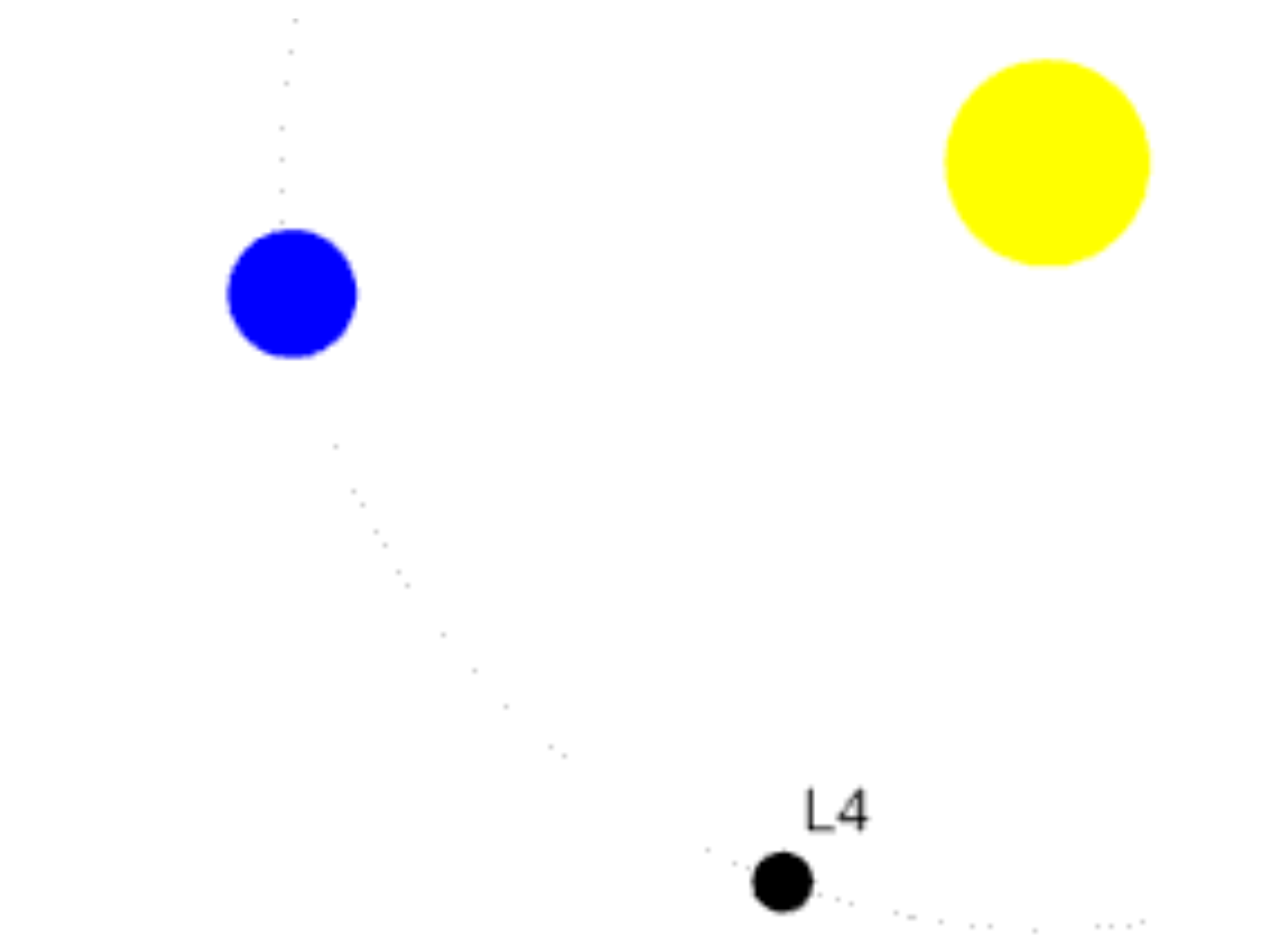
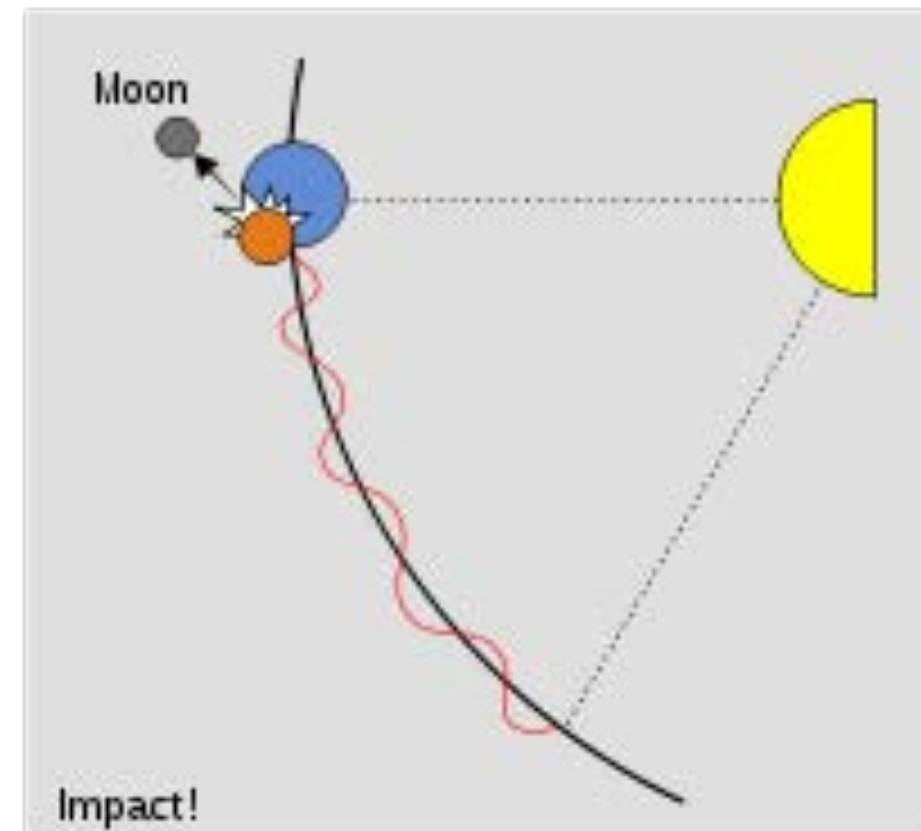
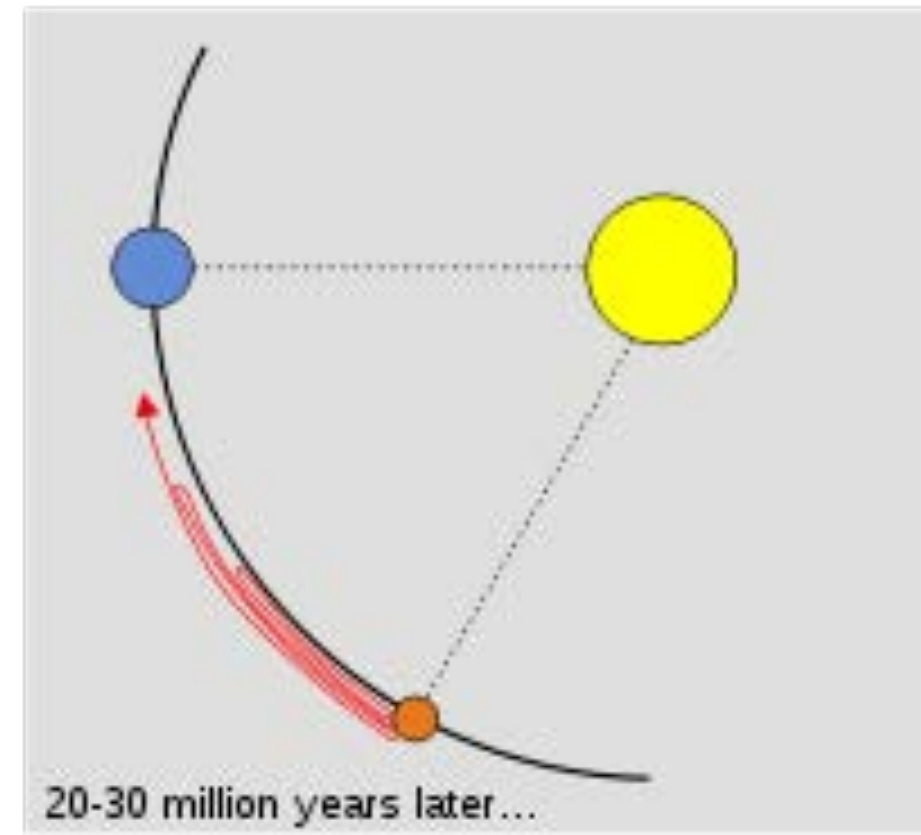
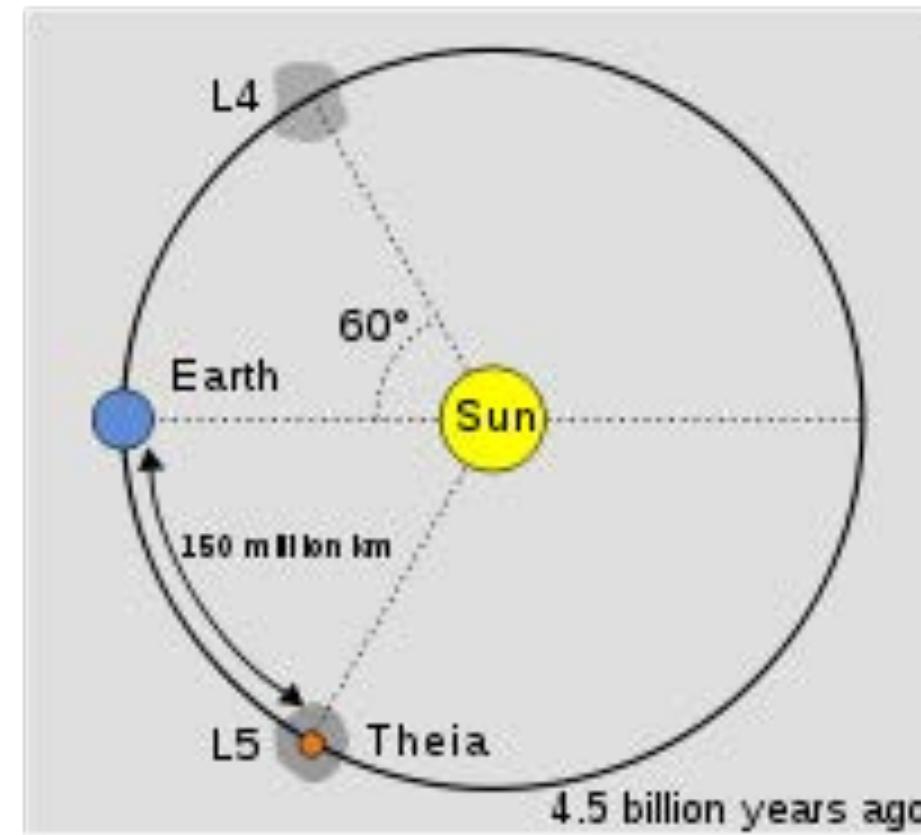
Formatie Maan

- Giant Impact
- Botsing met 'Theia' vanuit L4/L5



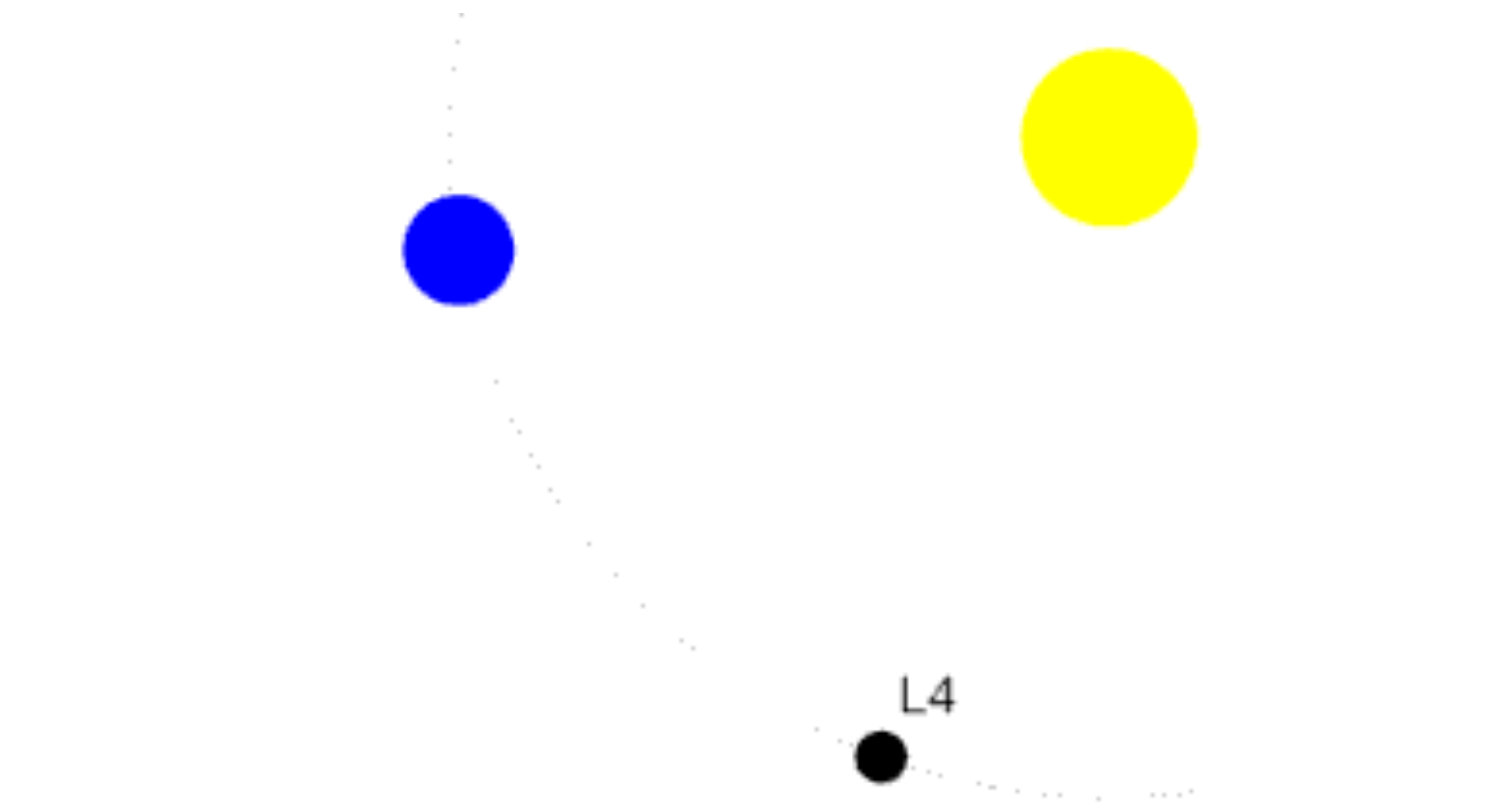
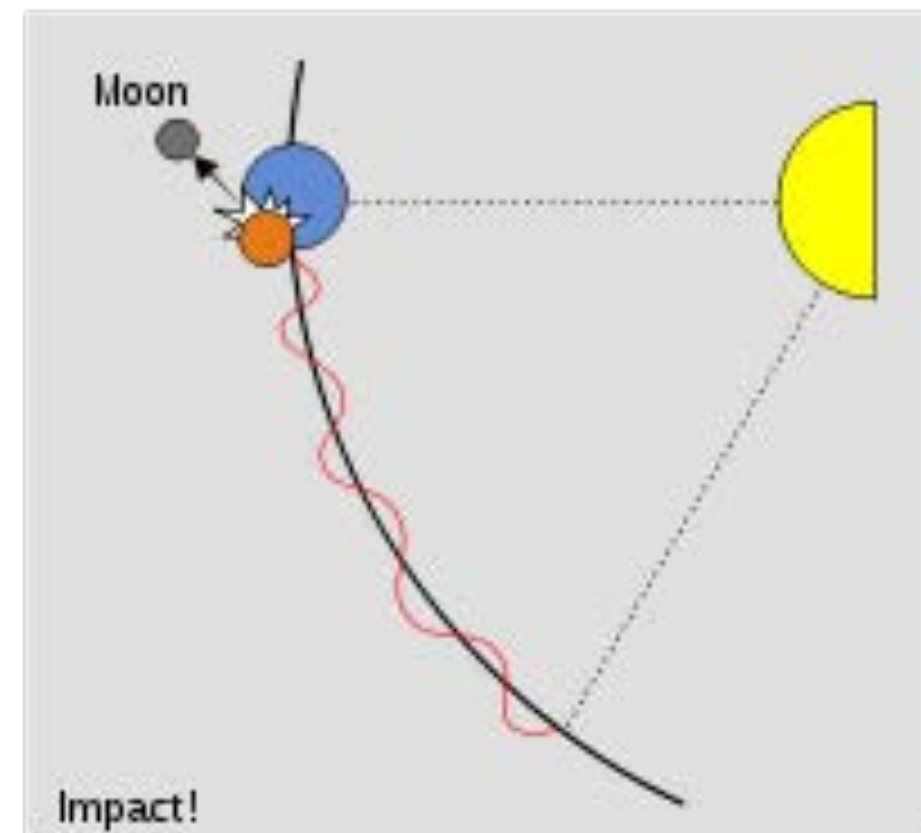
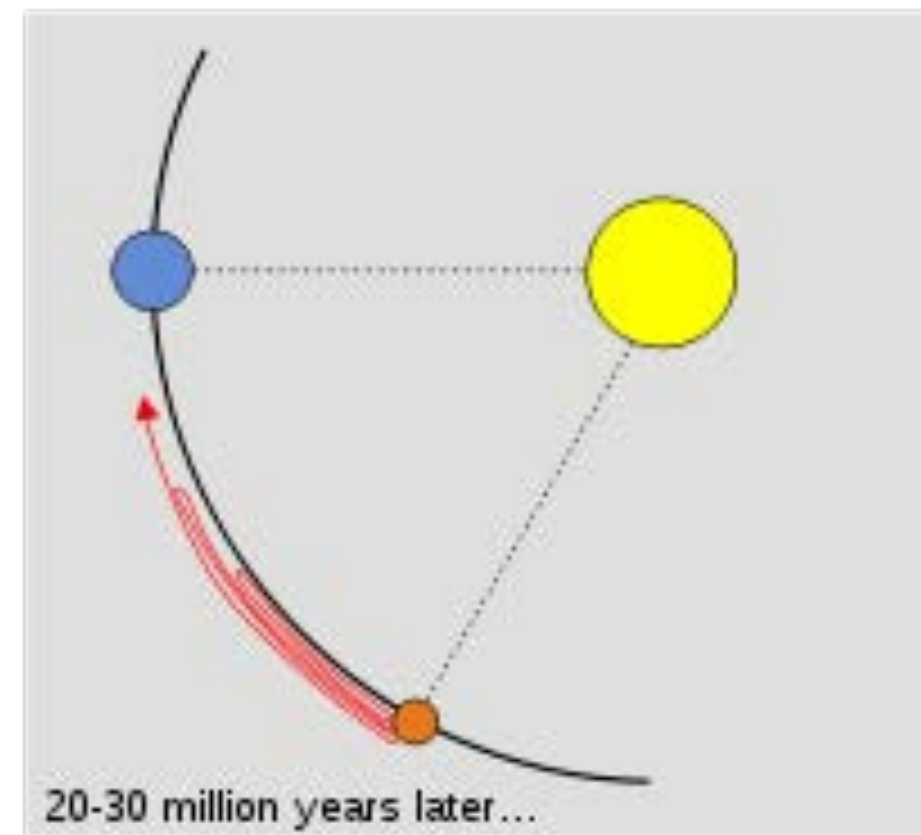
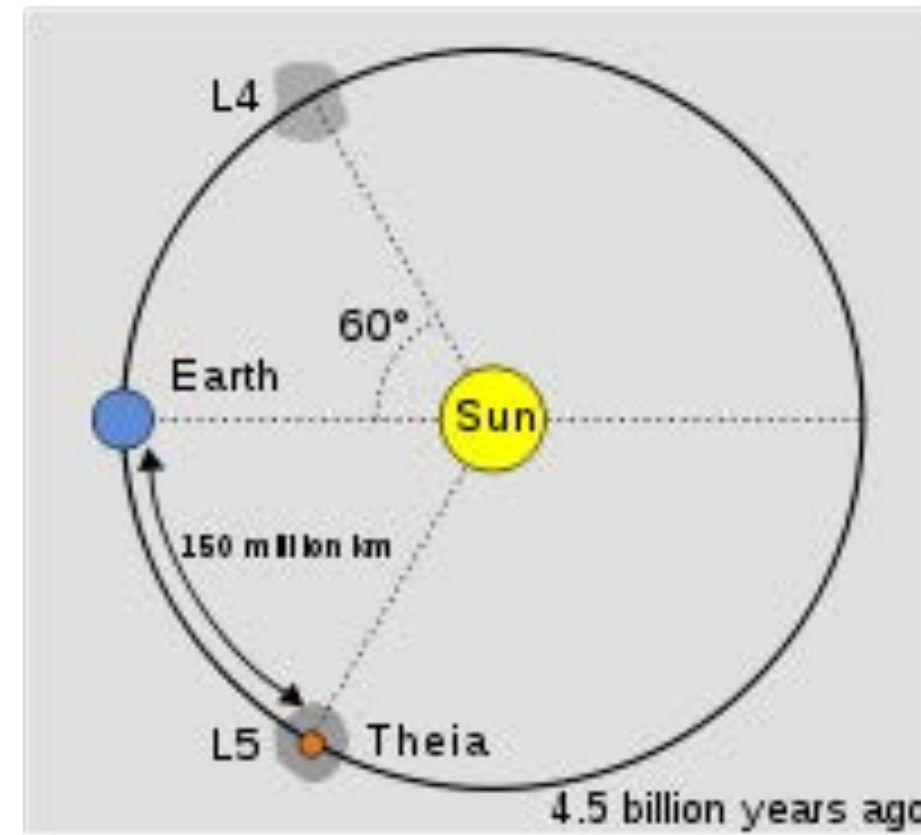
Formatie Maan

- Giant Impact
- Botsing met 'Theia' vanuit L4/L5



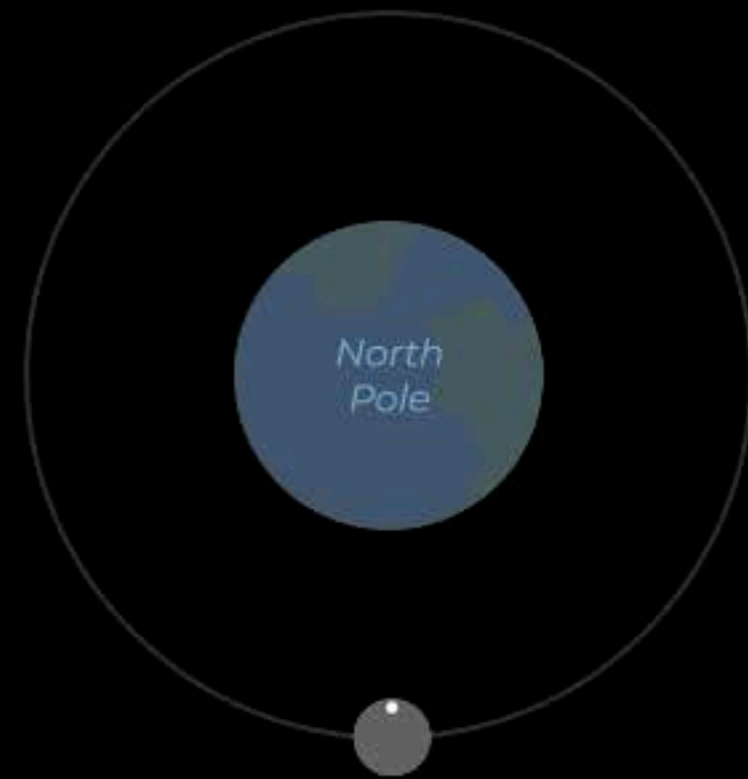
Formatie Maan

- Giant Impact
- Botsing met 'Theia' vanuit L4/L5
- Volgens recente simulaties zou de maan binnen 24 uur gevormd zijn
- Bewijzen:
 - Carbon Dating
 - Dichtheid
 - Ijzer-percentages (samenstelling)

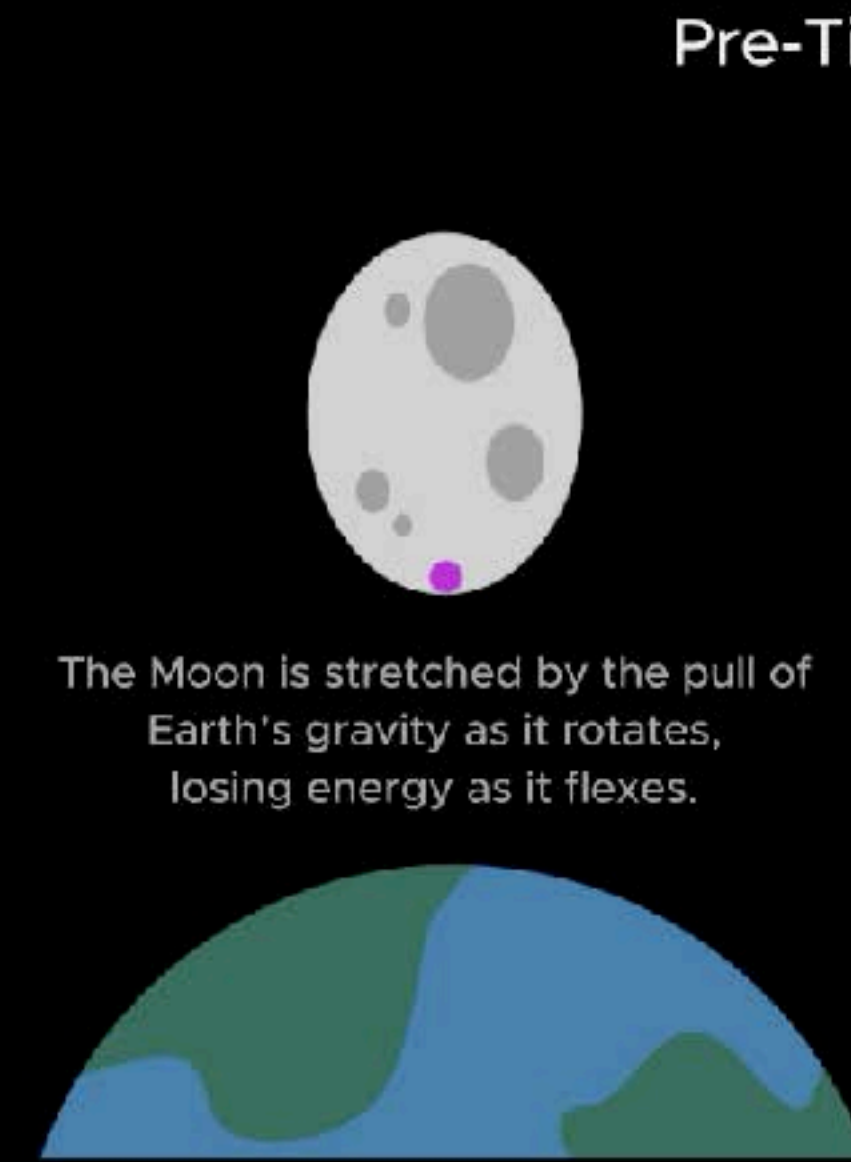


De maan

Synchrone rotatie -> Getijden krachten

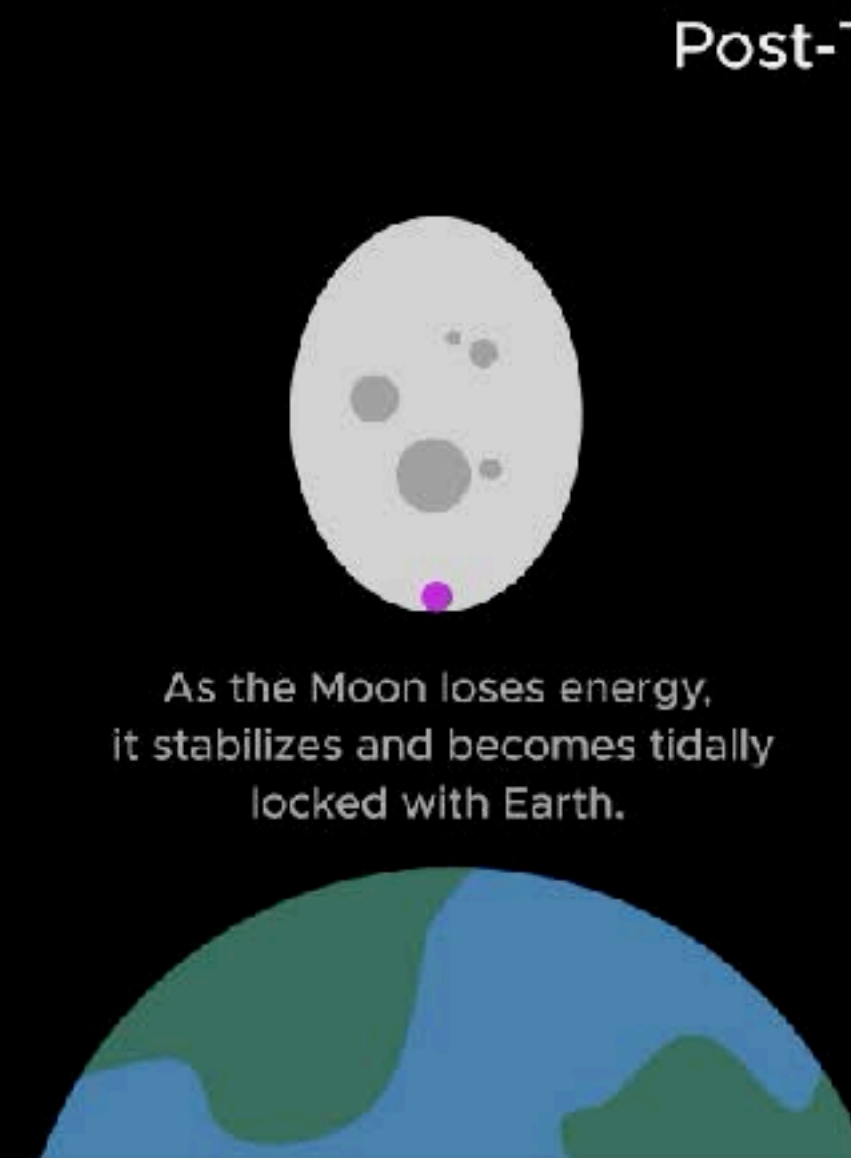
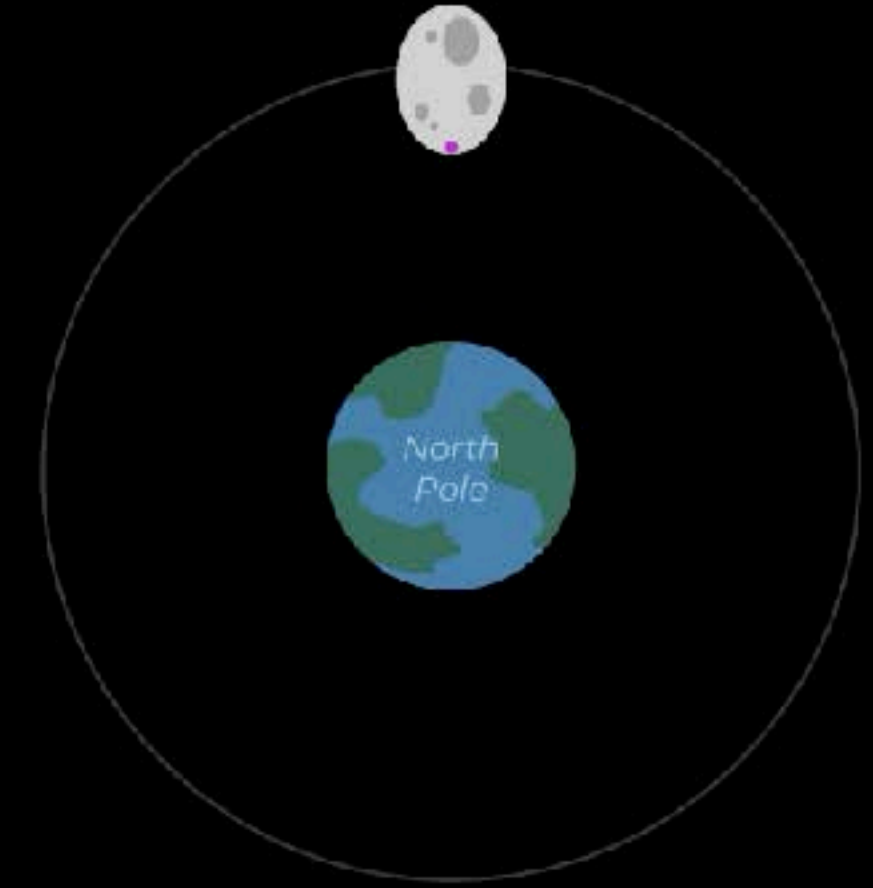


Moon after formation

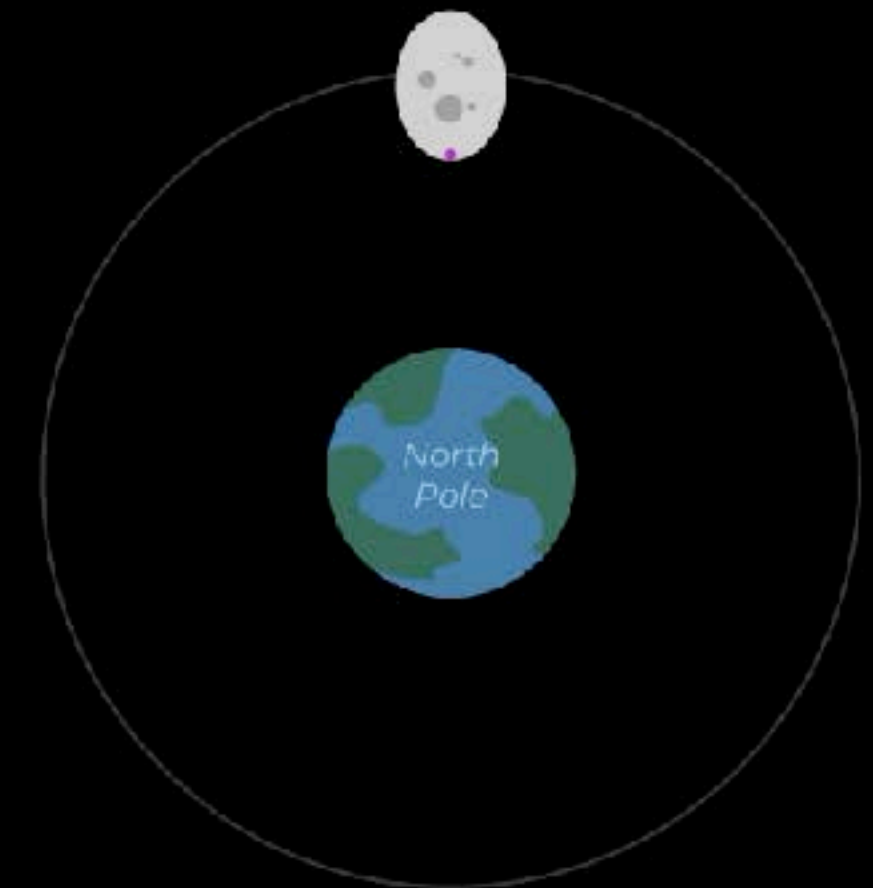


Not to scale

Pre-Tidal Locking

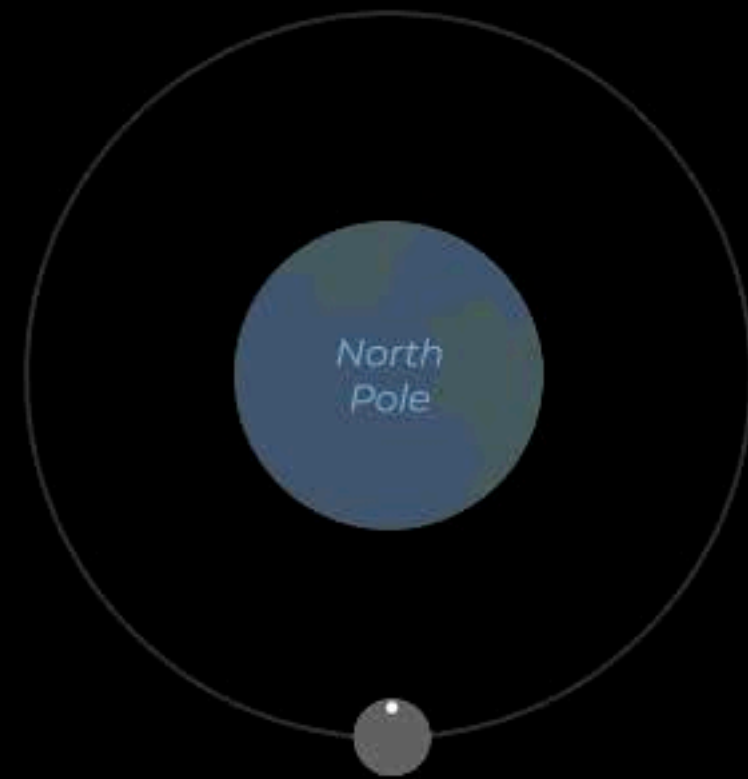


Post-Tidal Locking

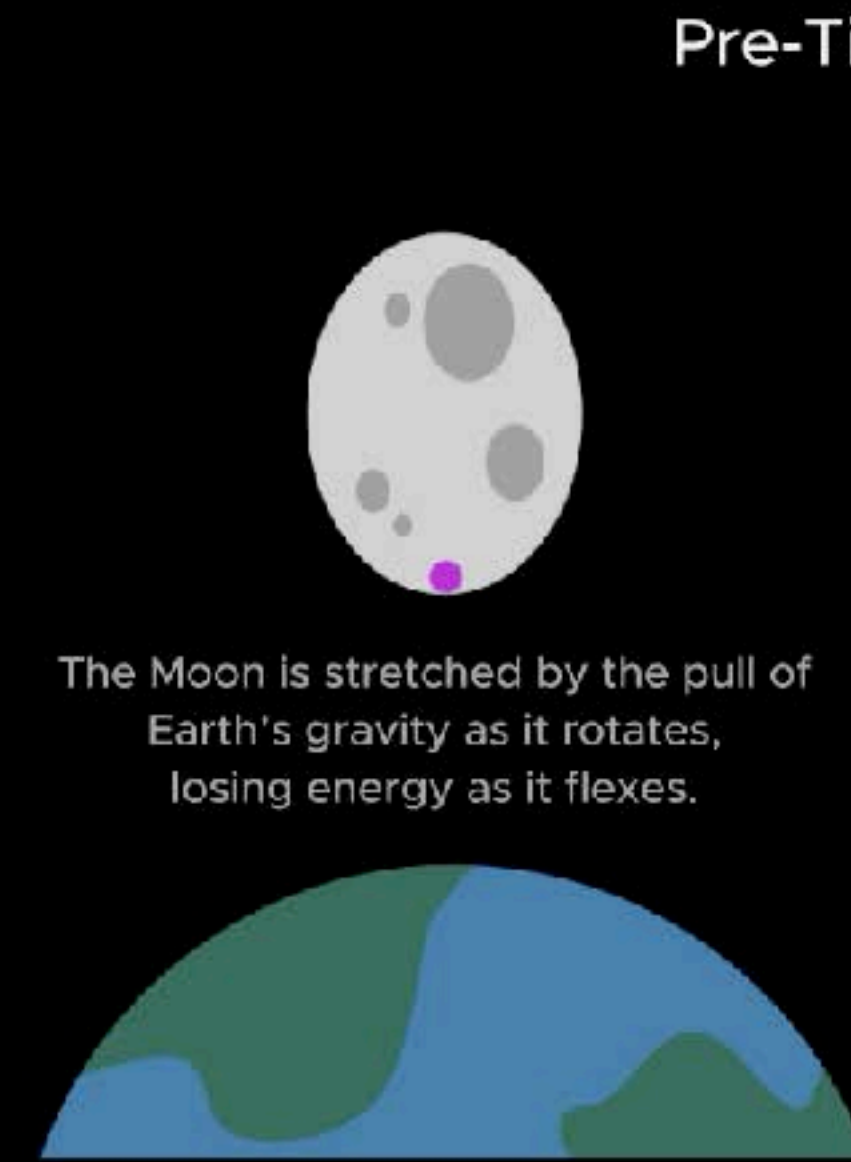


De maan

Synchrone rotatie -> Getijden krachten

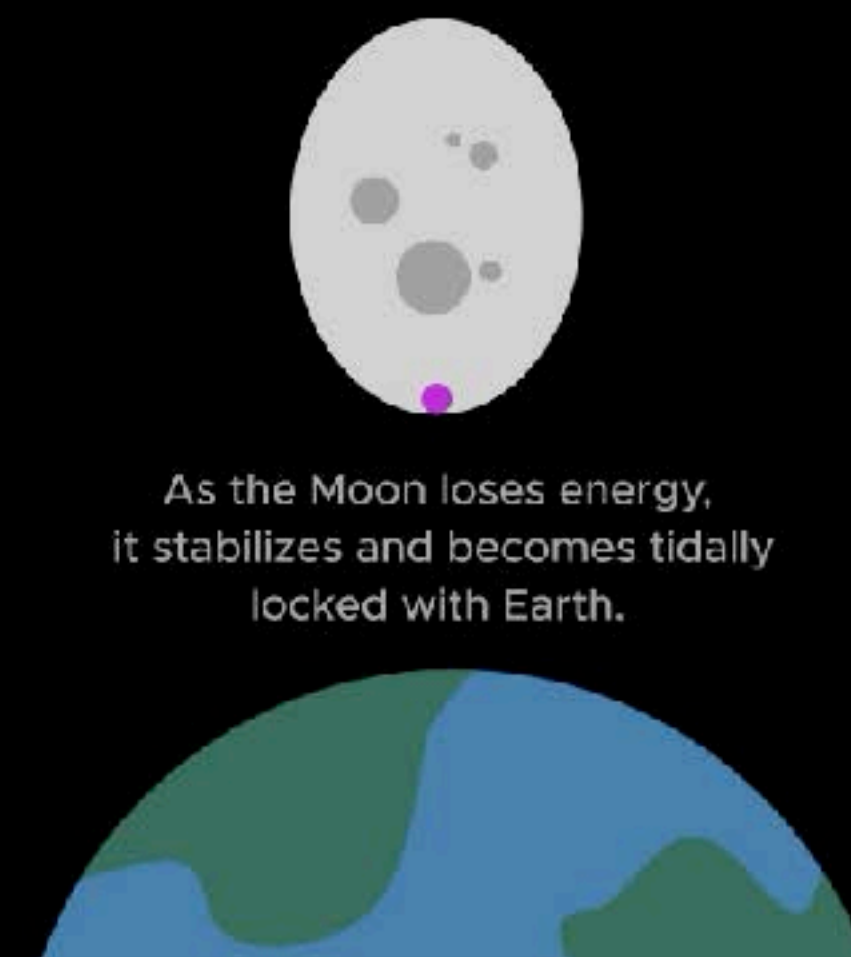
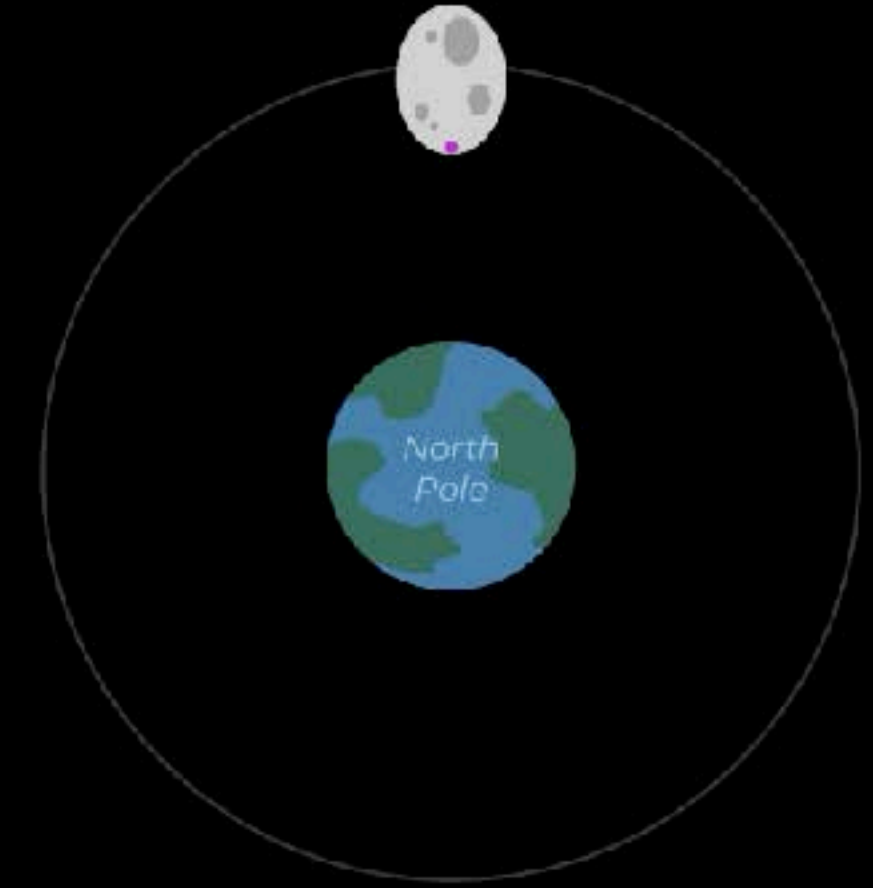


Moon after formation

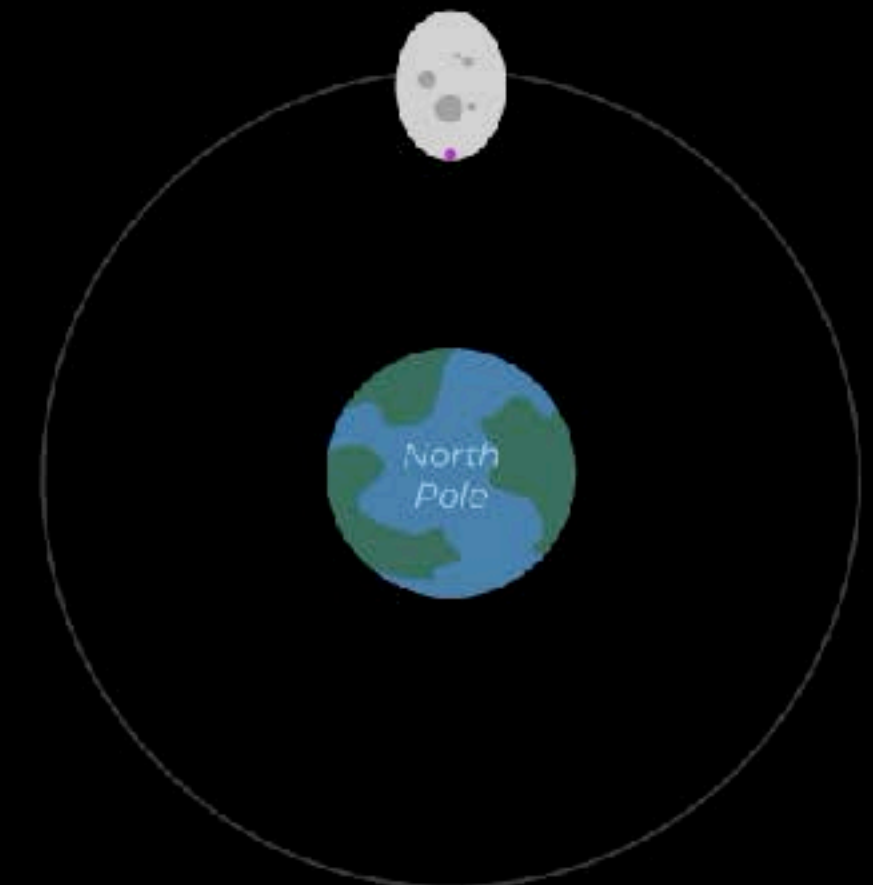


Not to scale

Pre-Tidal Locking



Post-Tidal Locking



Migratie

Voor gas dissipatie

Type I Migratie

Spiraalgolven

Koppel door druk verschil in de spiraalgolven

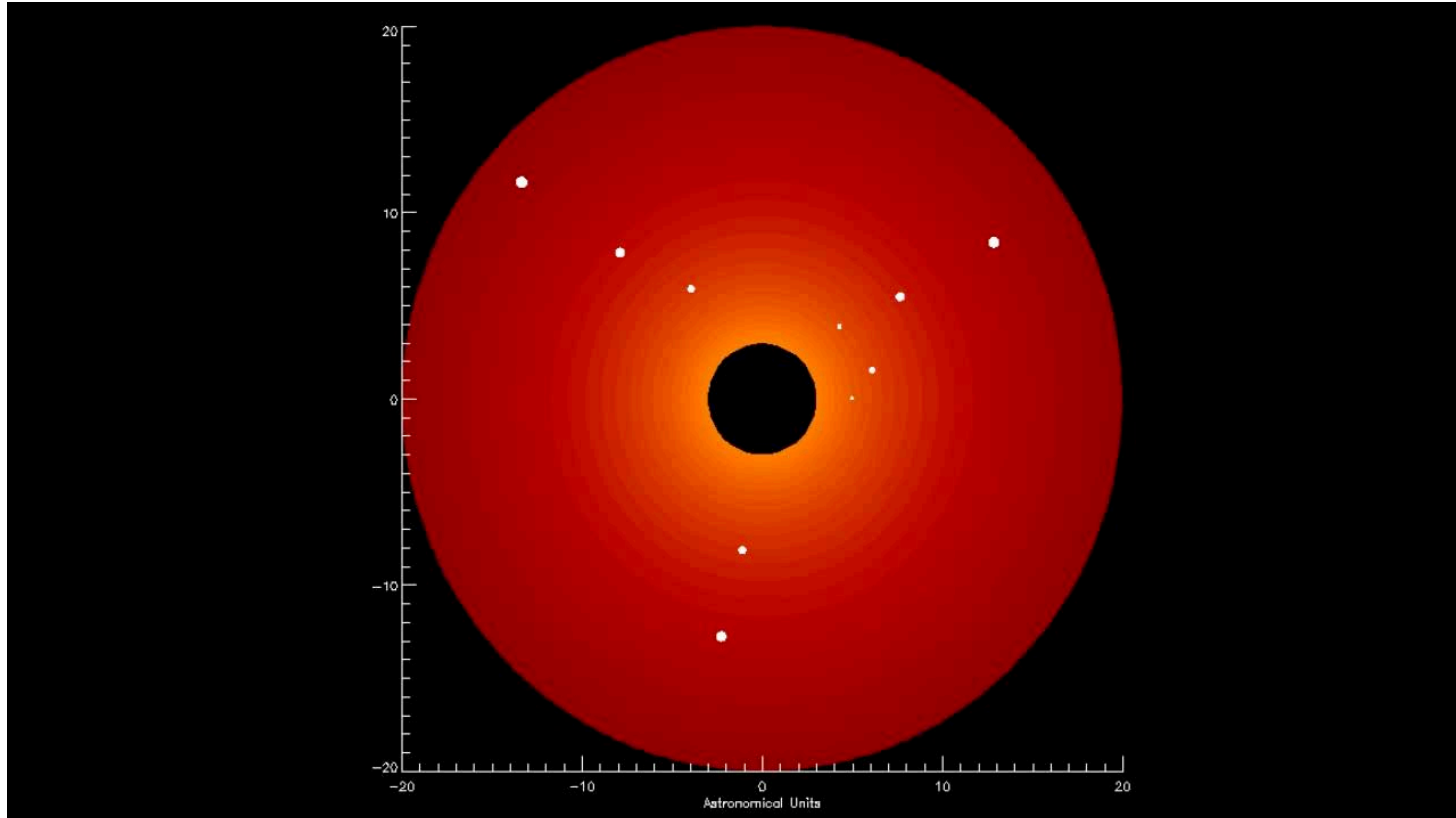
Type II Migratie

Gat vorming in schijf

Gat verplaatst door viscositeit

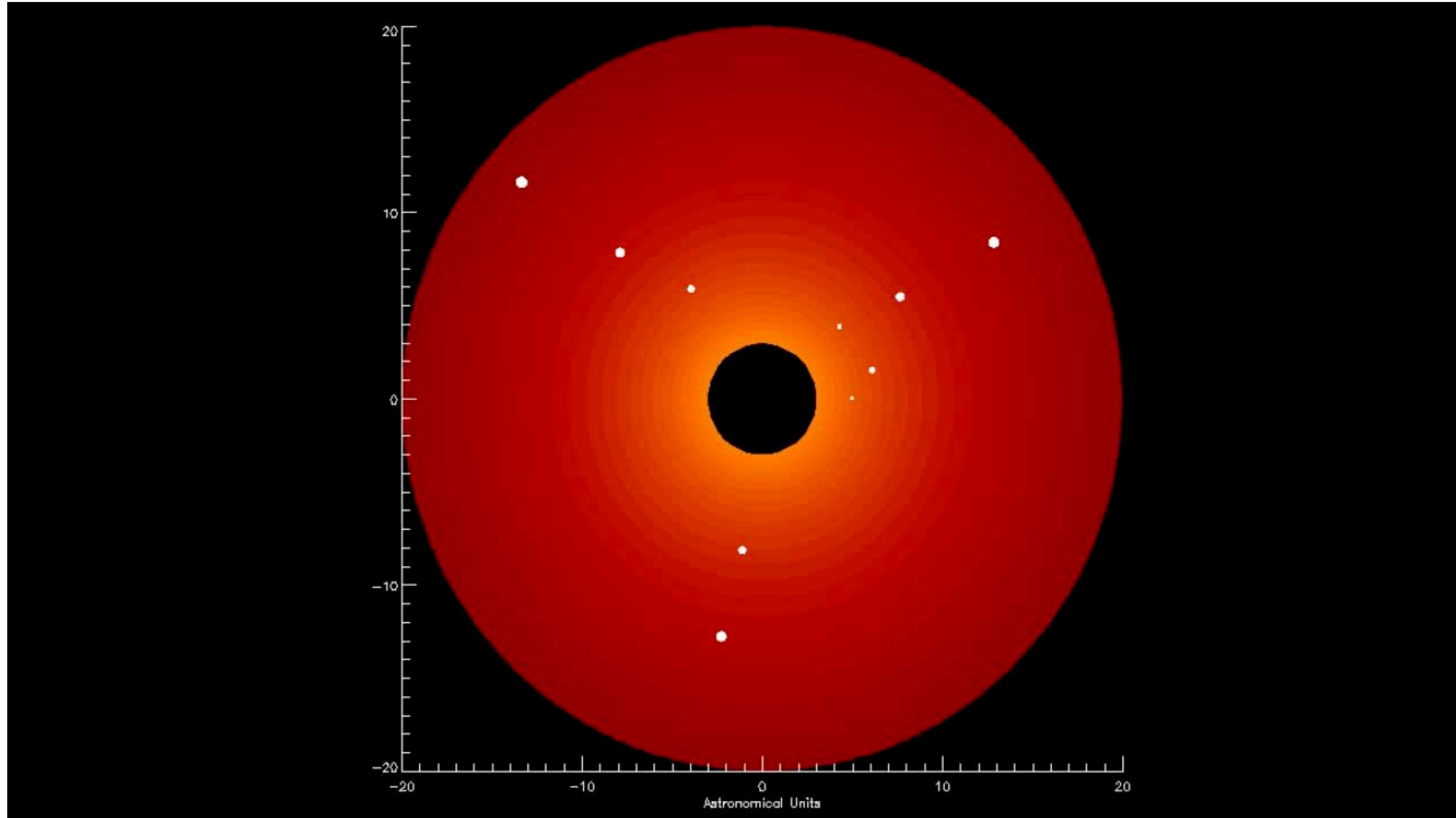
Migratie

Type I



Migratie

Type I



Migratie

Voor gas dissipatie

Type I Migratie

Spiraalgolven

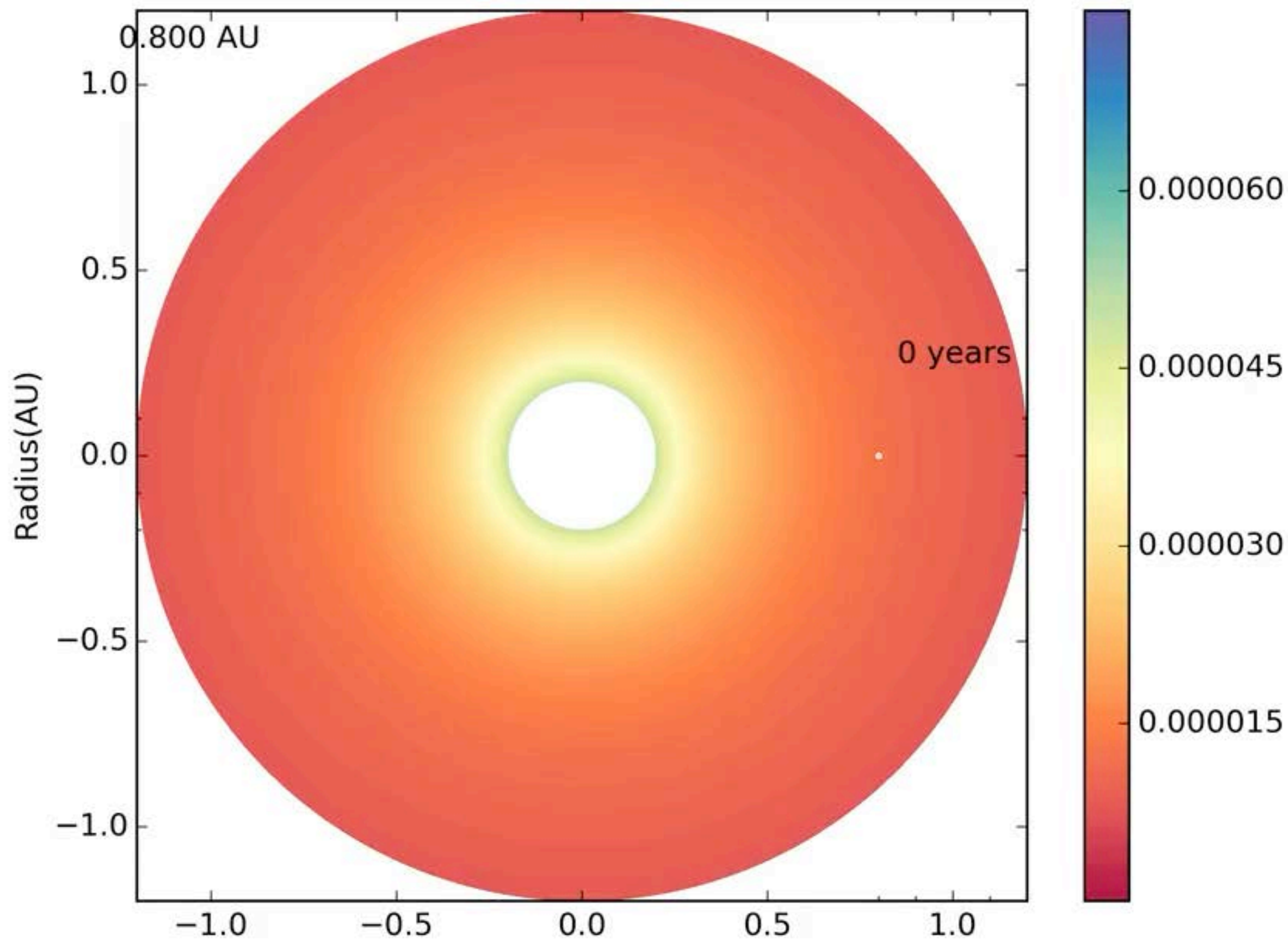
Koppel door druk verschil in de spiraalgolven

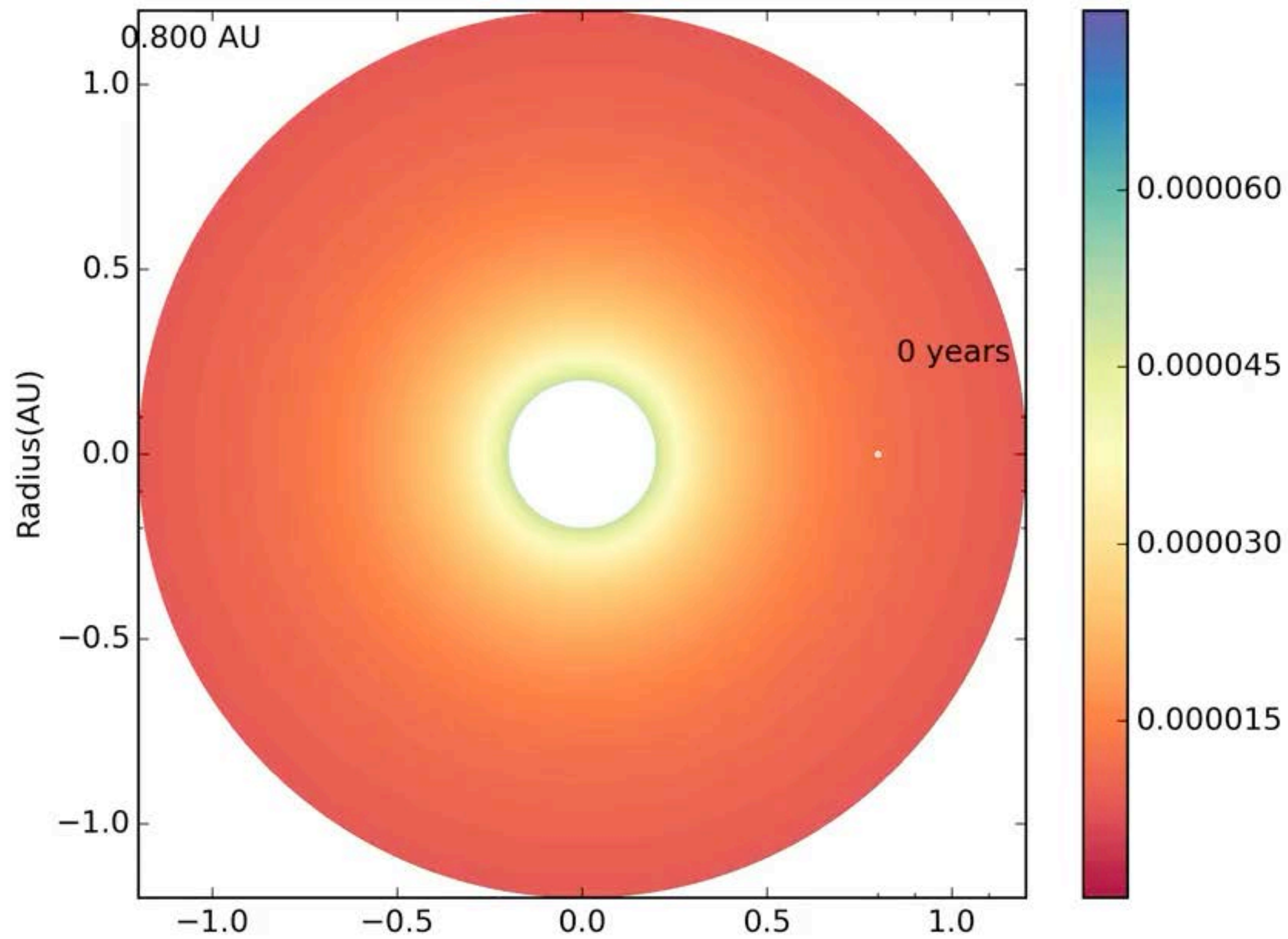
Type II Migratie

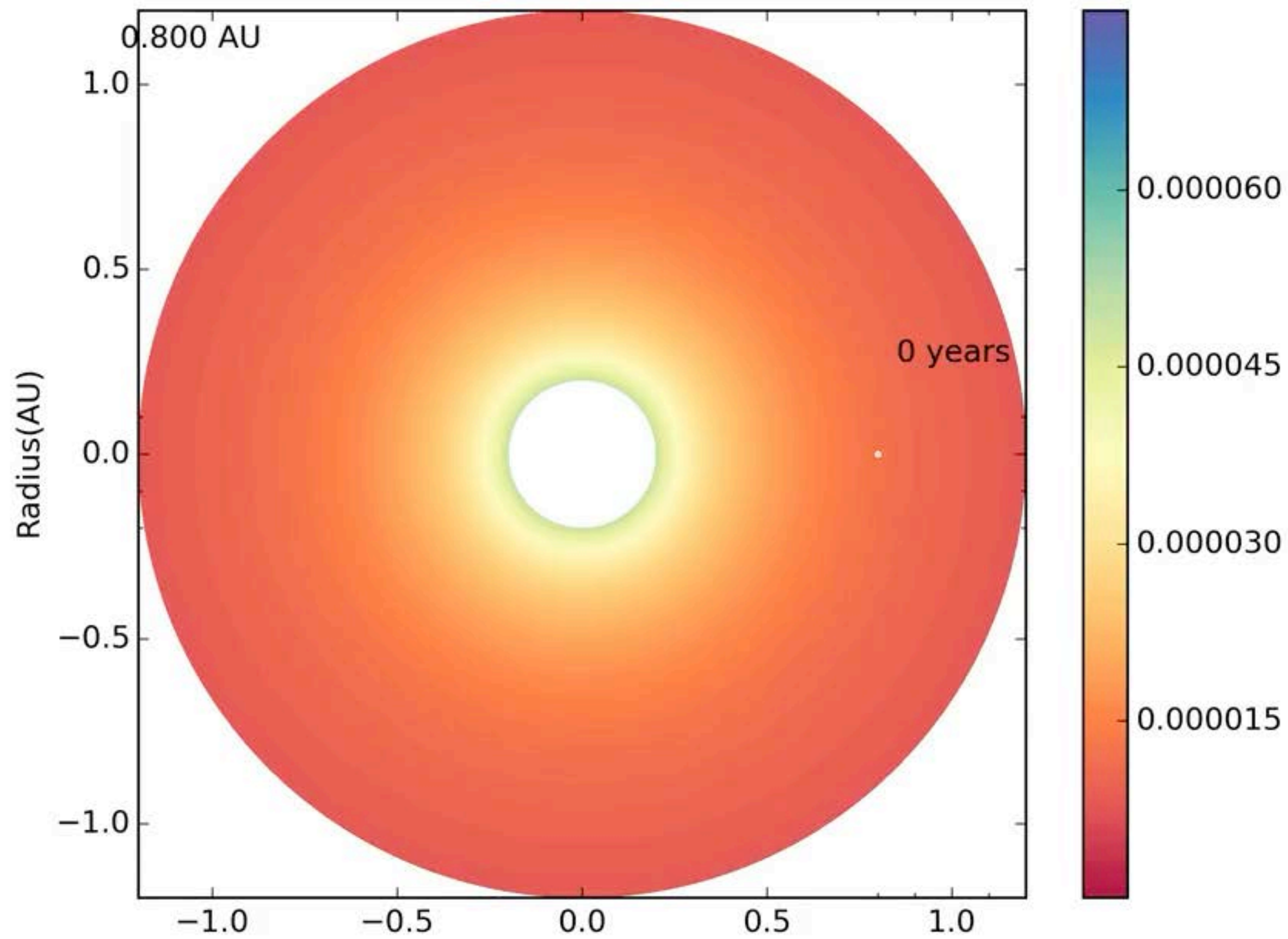
Gat vorming in schijf

Gat verplaatst door viscositeit

Migratie Type II







Migratie

Na gas dissipatie

Onstabiele banen

- Grand Tack Hypothese
- Nice Model

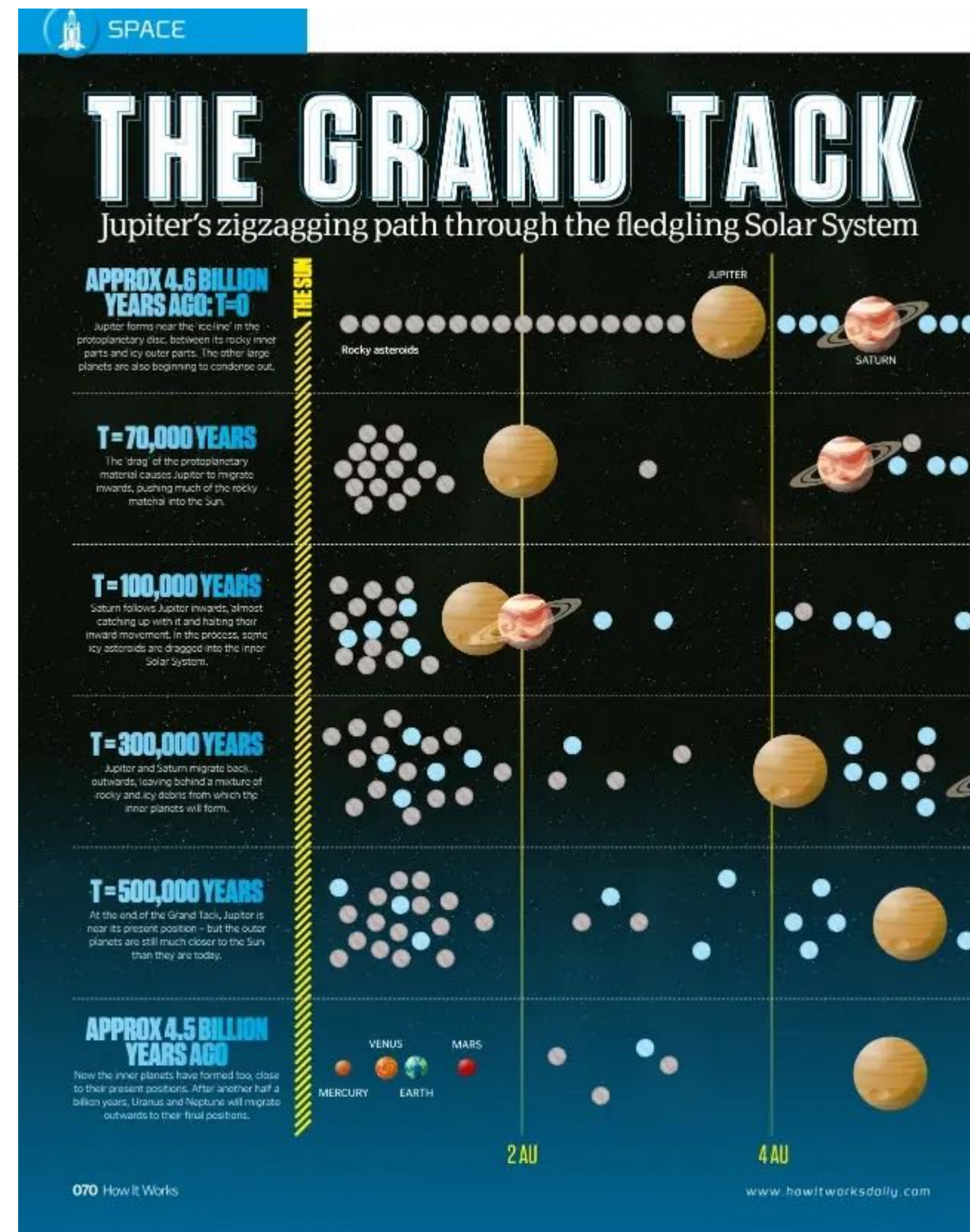
Resonantie Ketting

Trappist systeem

Planeet-Planeet scattering (verstrooiing)

Hoge eccentriciteit

Getijden dissipatie (Energieverlies door getijde-krachten)



Migratie

Na gas dissipatie

Onstabiele banen

- **Grand Tack Hypothese**
- **Nice Model**

Resonantie Ketting

Trappist systeem

Planeet-Planeet scattering (verstrooiing)

Hoge eccentriciteit

Getijden dissipatie (Energieverlies door getijde-krachten)

Migratie

Na gas dissipatie

Onstabiele banen

- Grand Tack Hypothese
- Nice Model

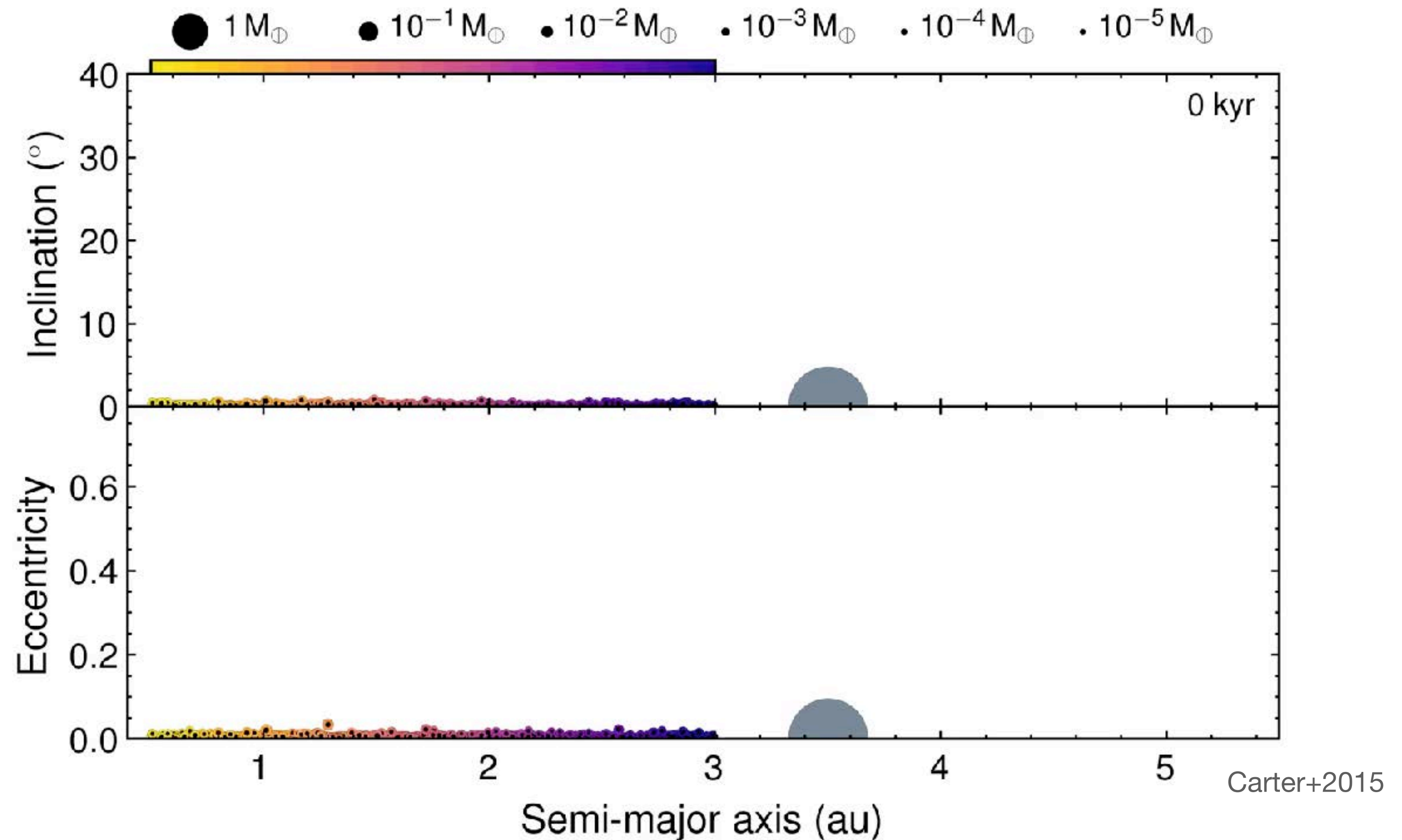
Resonantie Ketting

Trappist systeem

Planeet-Planeet scattering (verstrooiing)

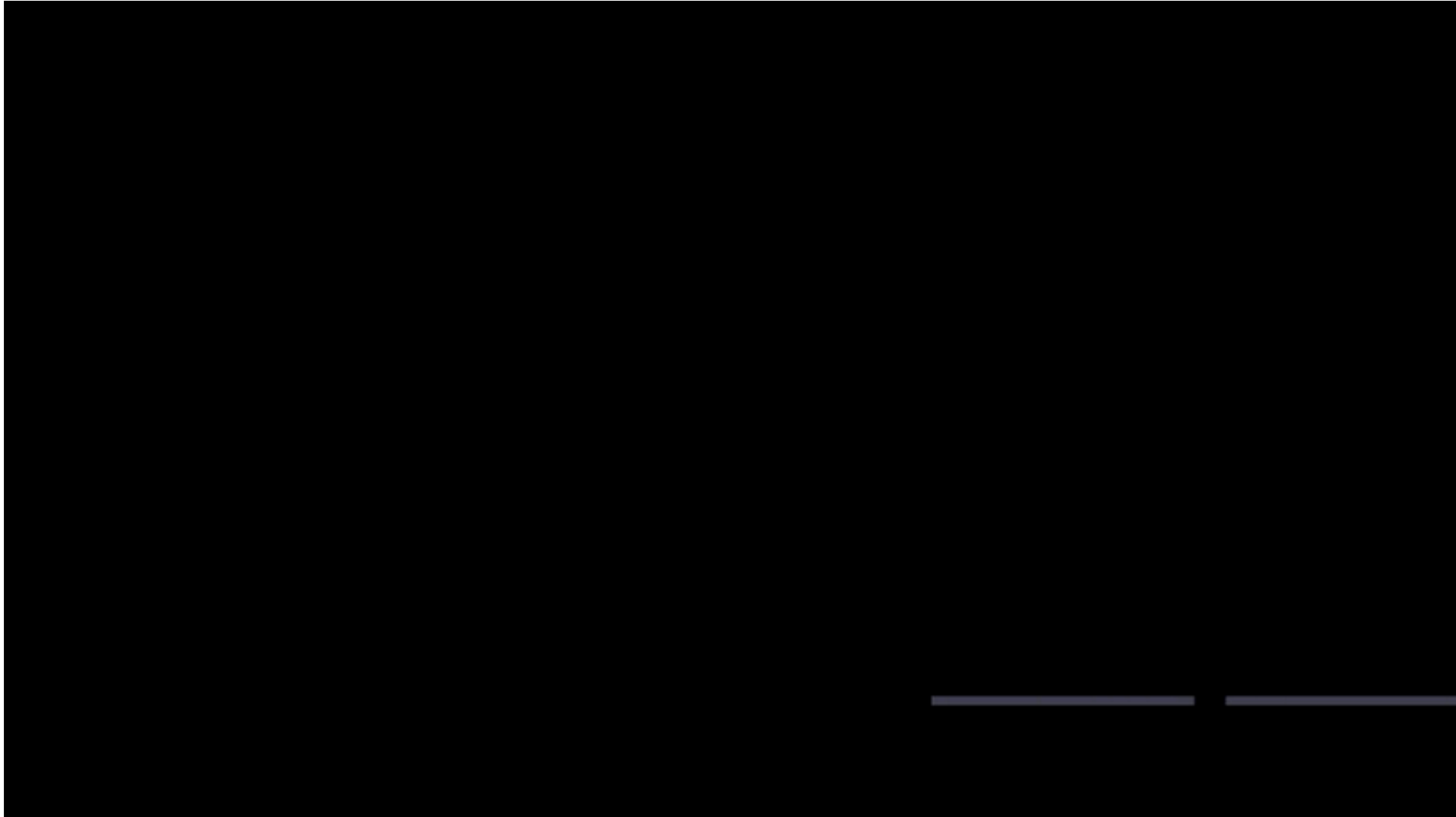
Hoge eccentriciteit

Getijden dissipatie (Energieverlies door getijde-krachten)



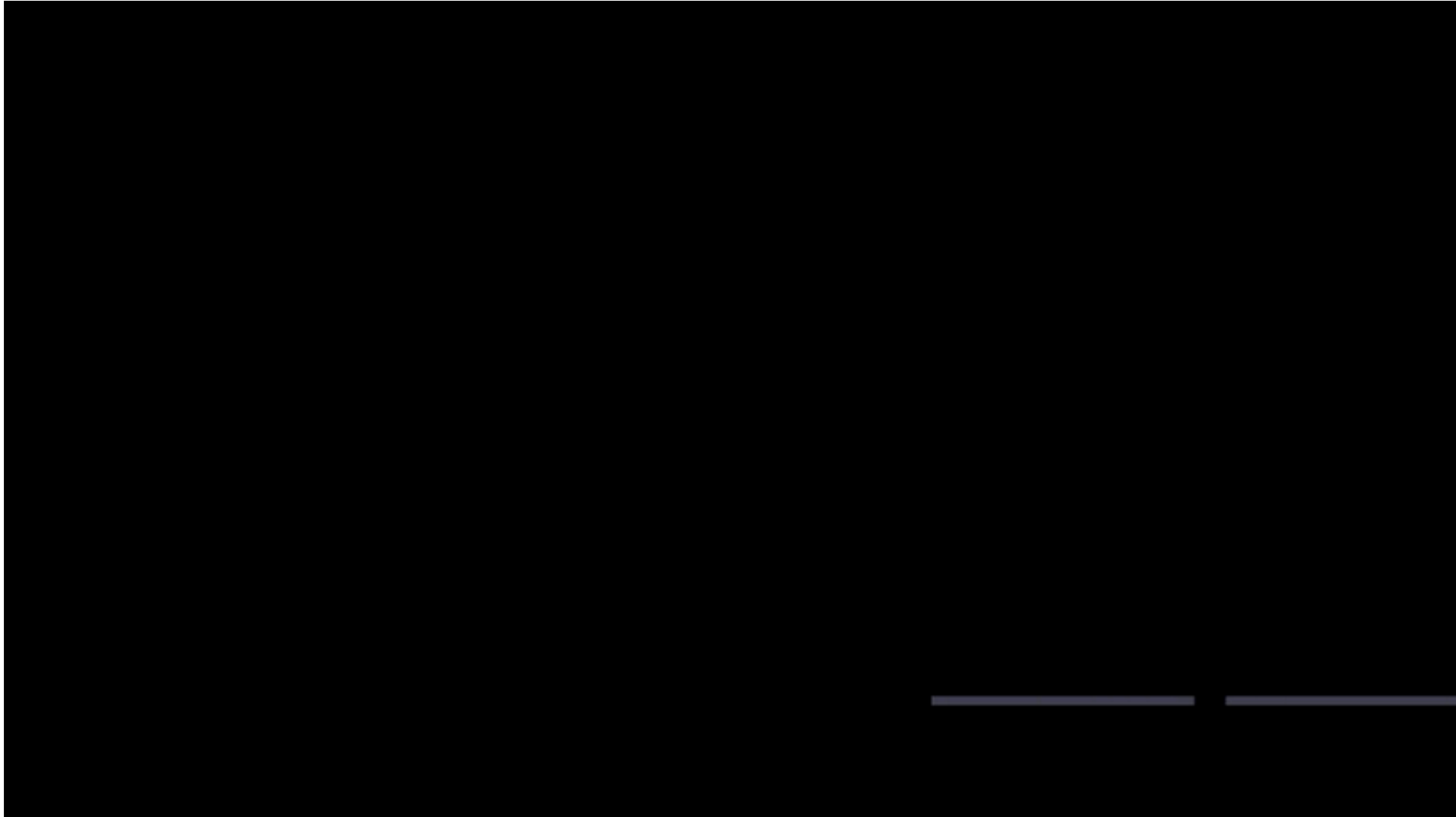
Migratie

Resonantie Ketting: Trappist



Migratie

Resonantie Ketting: Trappist



Migratie

Na gas dissipatie

Onstabiele banen ($3^{(+)}$ -body problem)

- **Grand Tack Hypotheses**
- **Nice Model**

Resonantie Ketting

Trappist systeem

Planeet-Planeet scattering (verstrooiing)

Hoge eccentriciteit

Getijden dissipatie (Energie verlies door getijden krachten)

Migratie

Na gas dissipatie

Onstabiele banen ($3^{(+)}$ -body problem)

- Grand Tack Hypotheses
- Nice Model

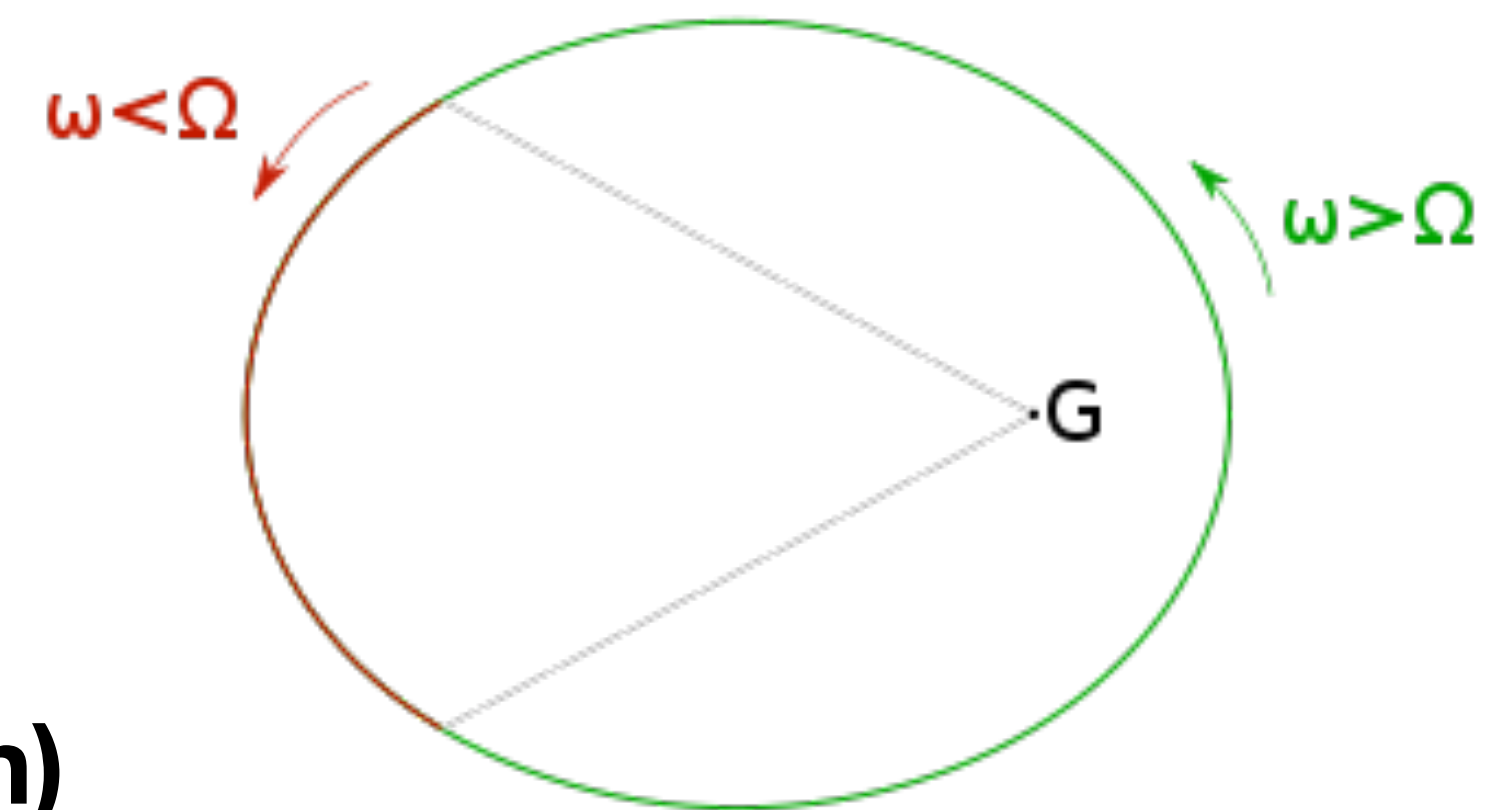
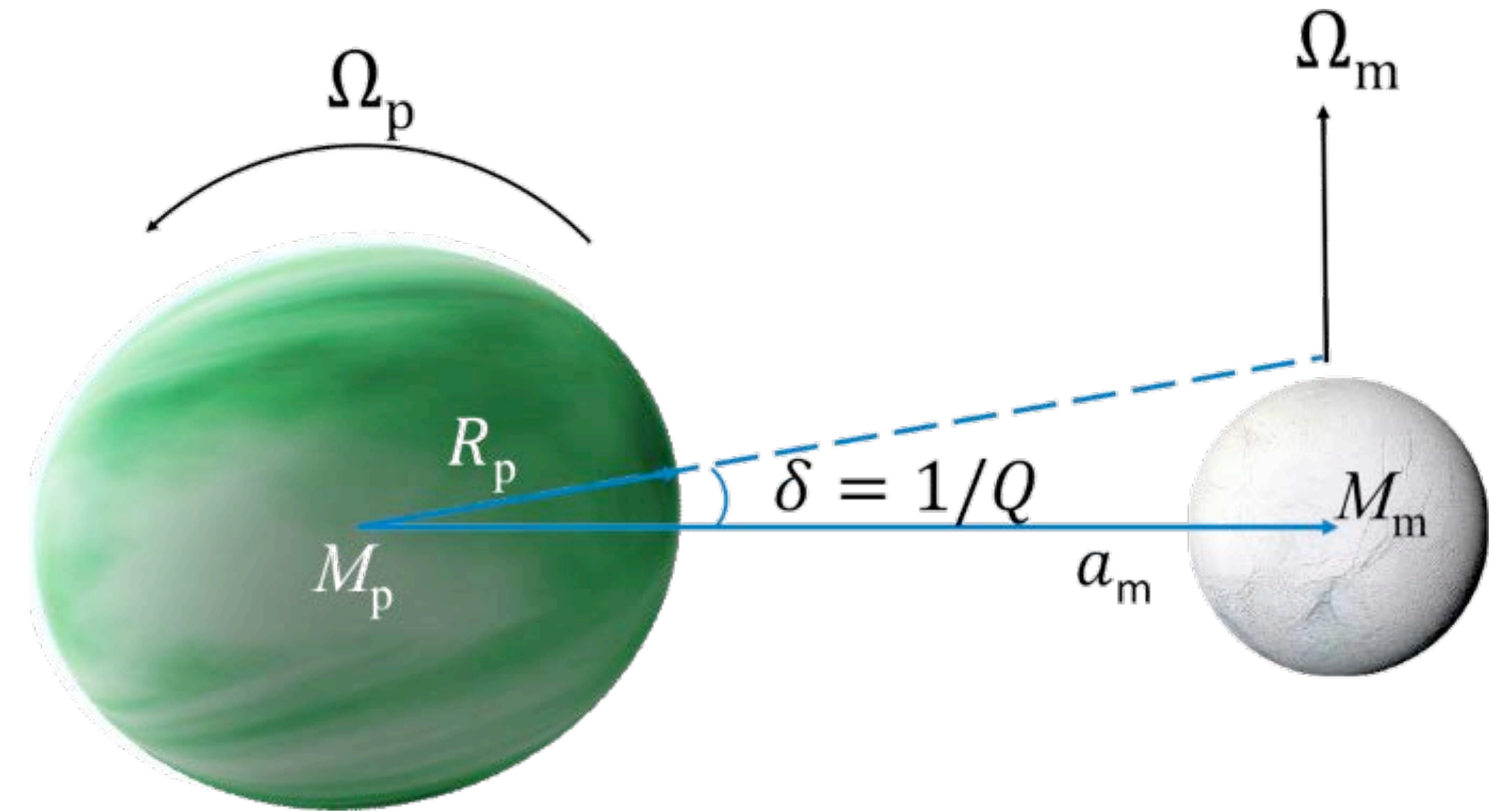
Resonantie Ketting

Trappist systeem

Planeet-Planeet scattering (verstrooiing)

Hoge eccentriciteit

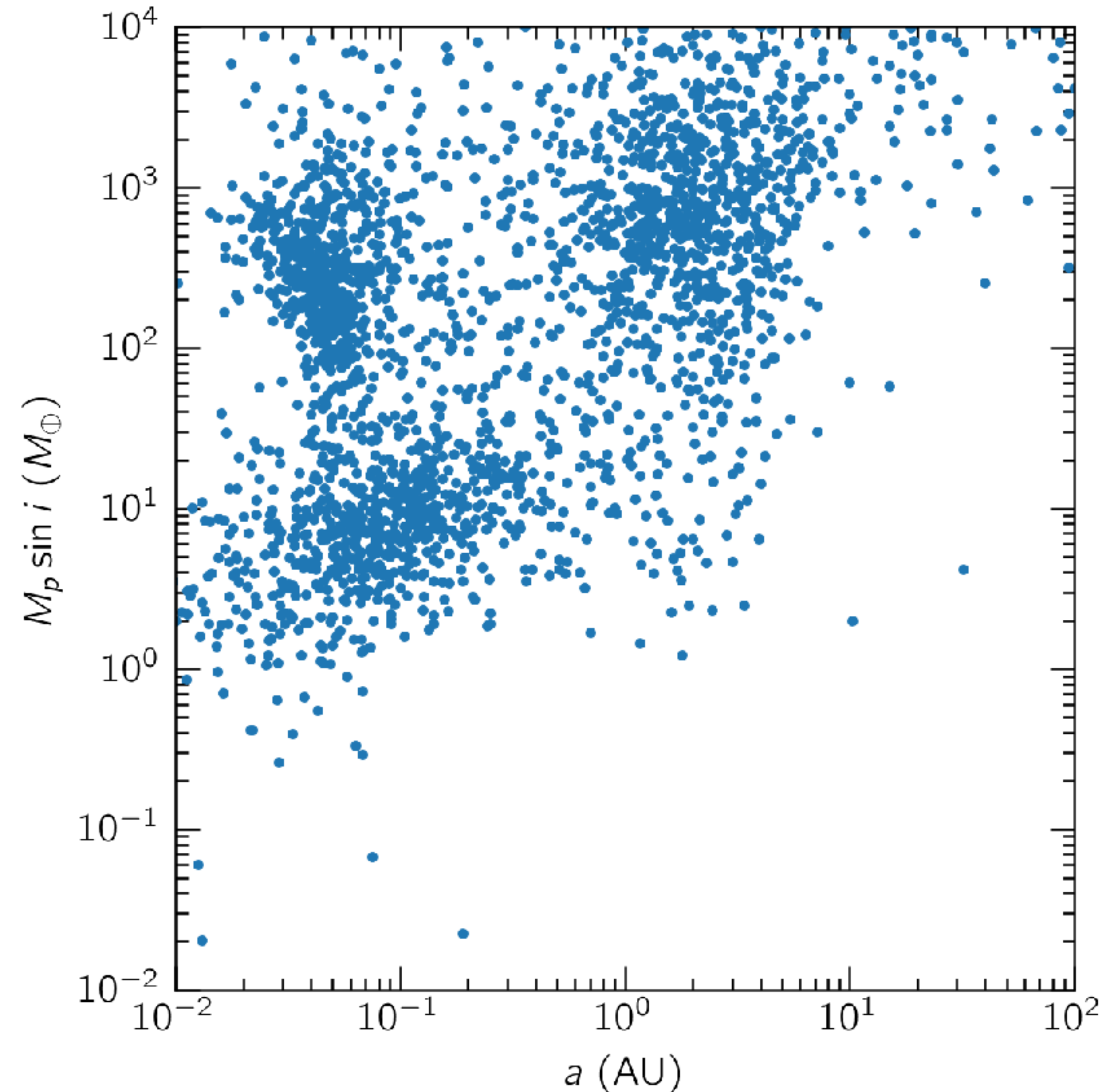
Getijden dissipatie (Energie verlies door getijden krachten)



We zijn niet alleen!?

Exoplaneten

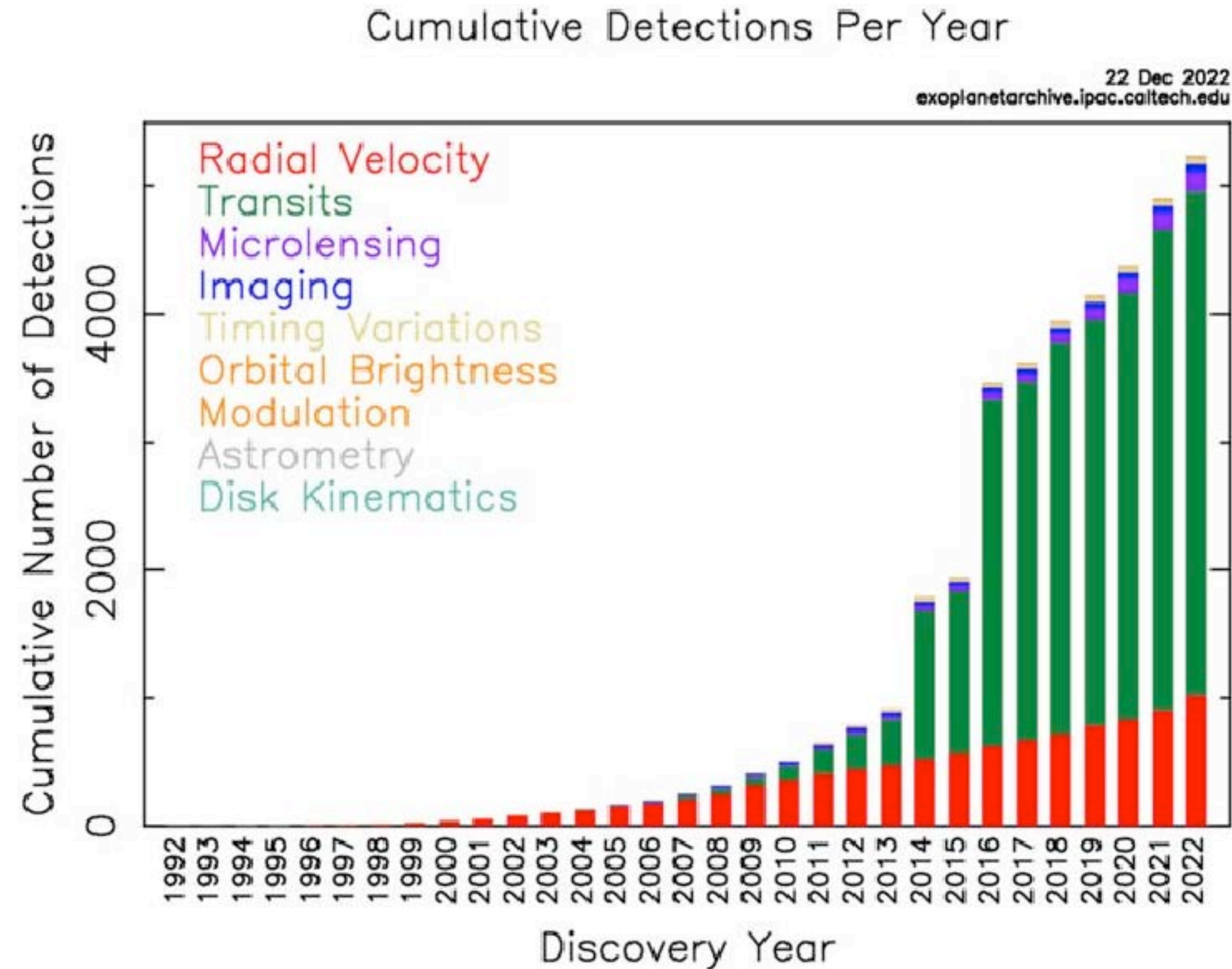
- 1992: eerste exoplaneten rond een pulsar
- 1995: eerste exoplaneet rond een zonachtige ster
- Nu: 5612 exoplaneten!



We zijn niet alleen!?

Exoplaneten

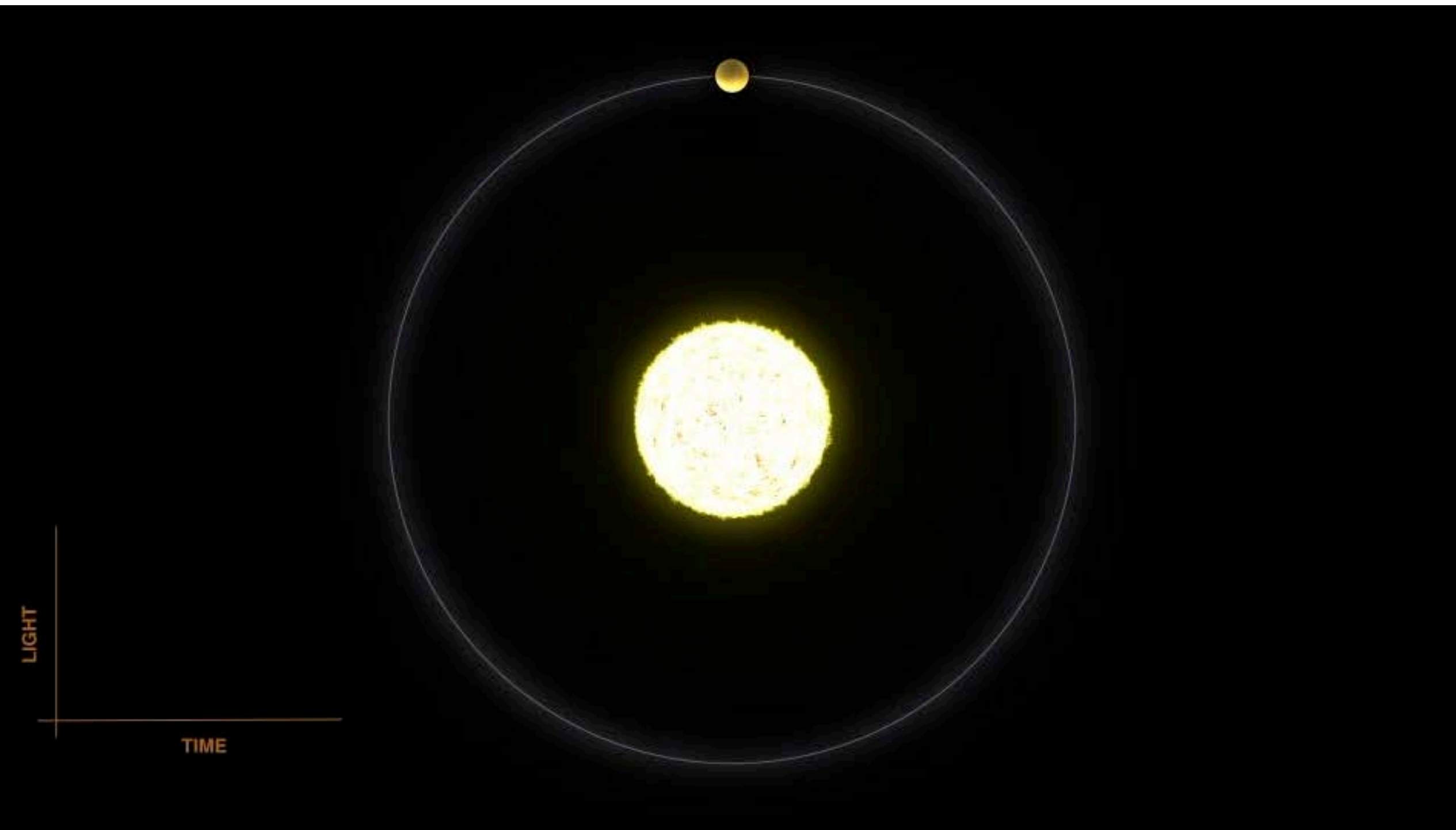
- 1992: eerste exoplaneten rond een pulsar
- 1995: eerste exoplaneet rond een zonachtige ster
- Nu: 5612 exoplaneten!



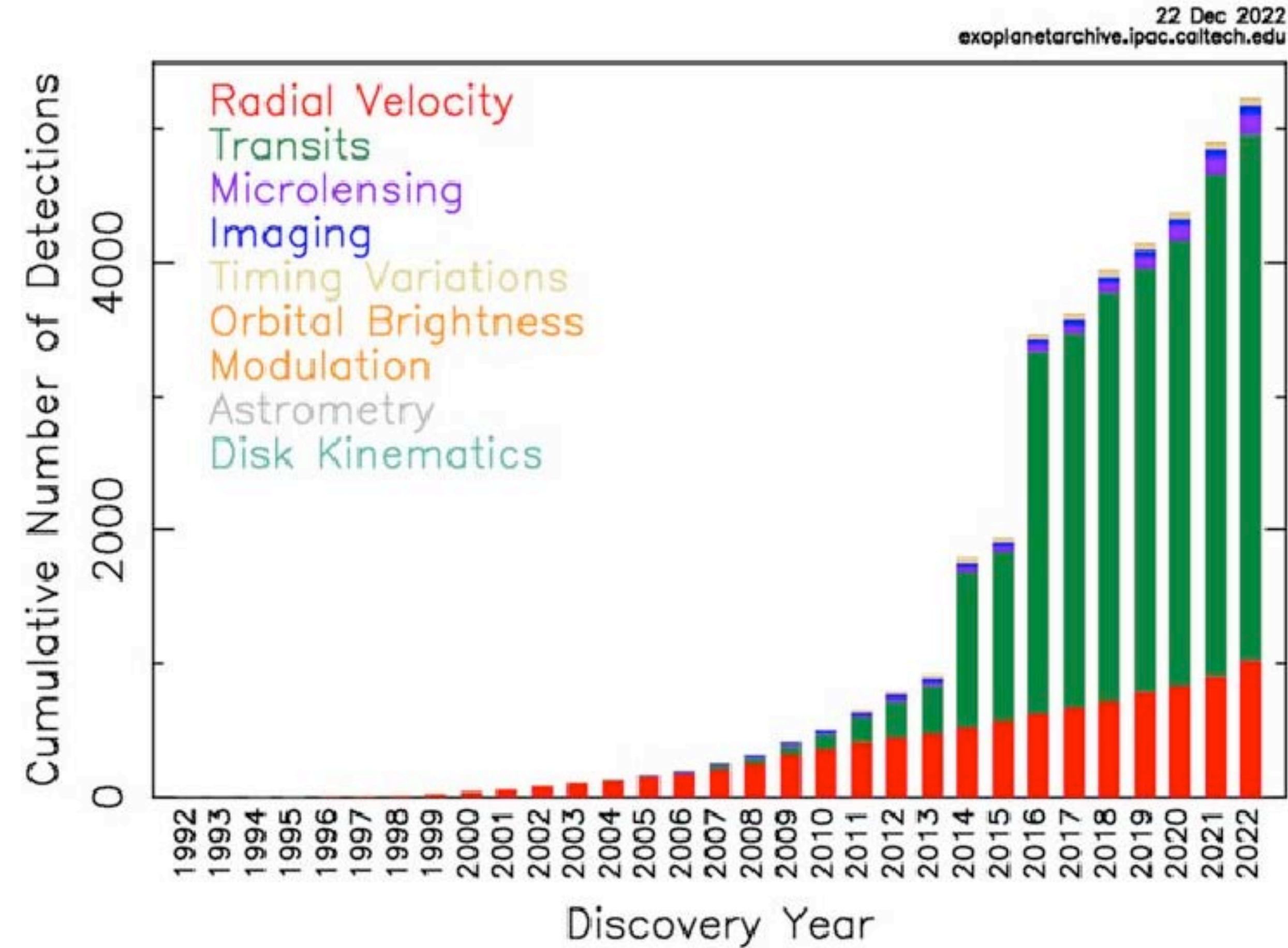
We zijn niet alleen!?

Exoplaneten

Transits

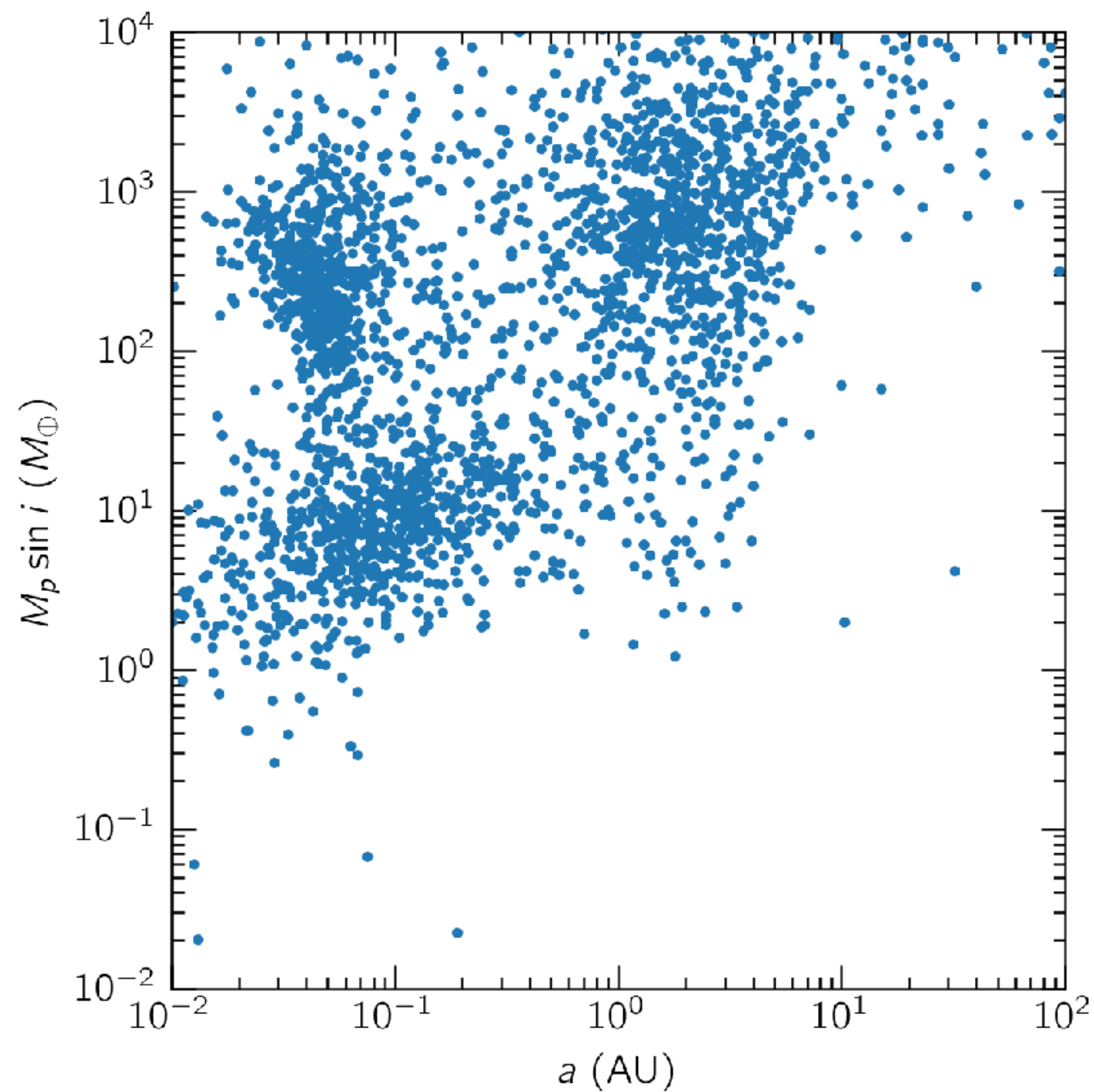


Cumulative Detections Per Year



We zijn niet alleen!?

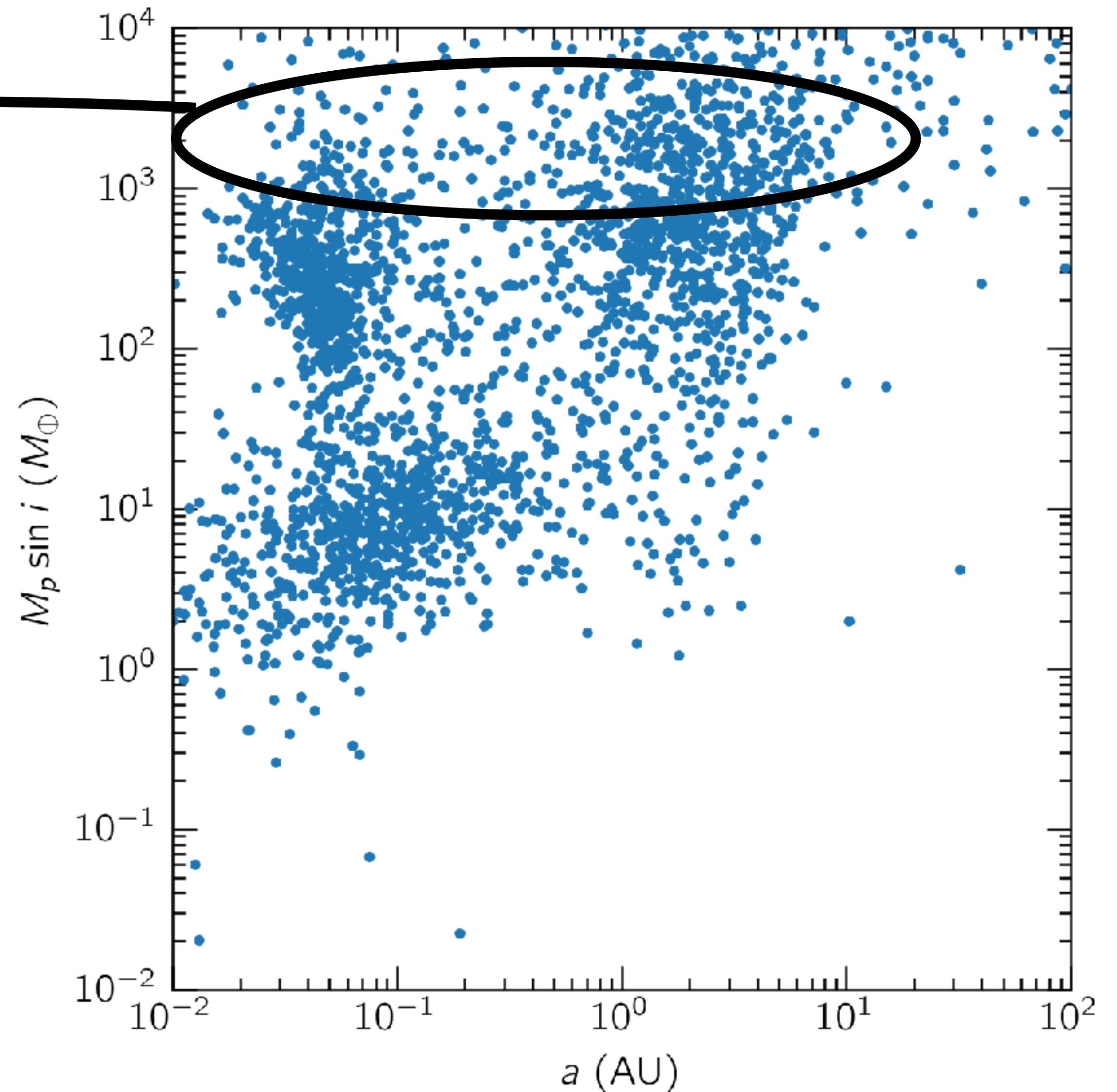
Exoplaneten



We zijn niet alleen!?

Exoplaneten

Super-Jupiters: gasreuzen tot wel 13 keer de massa van Jupiter

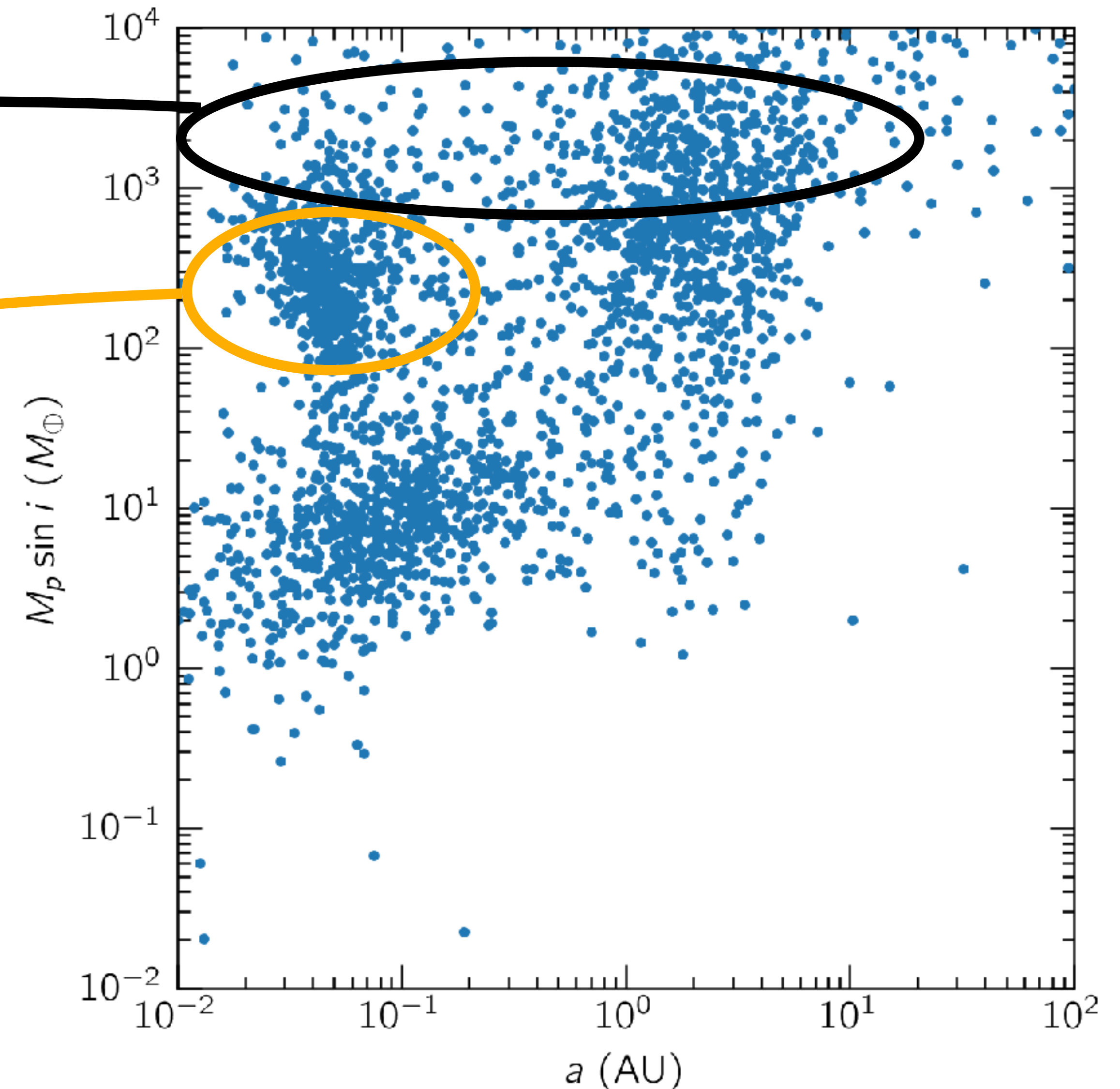


We zijn niet alleen!?

Exoplaneten

Super-Jupiters: gasreuzen tot wel 13 keer de massa van Jupiter

“Hot Jupiters”: gasreuzen met periode kleiner dan 10 dagen



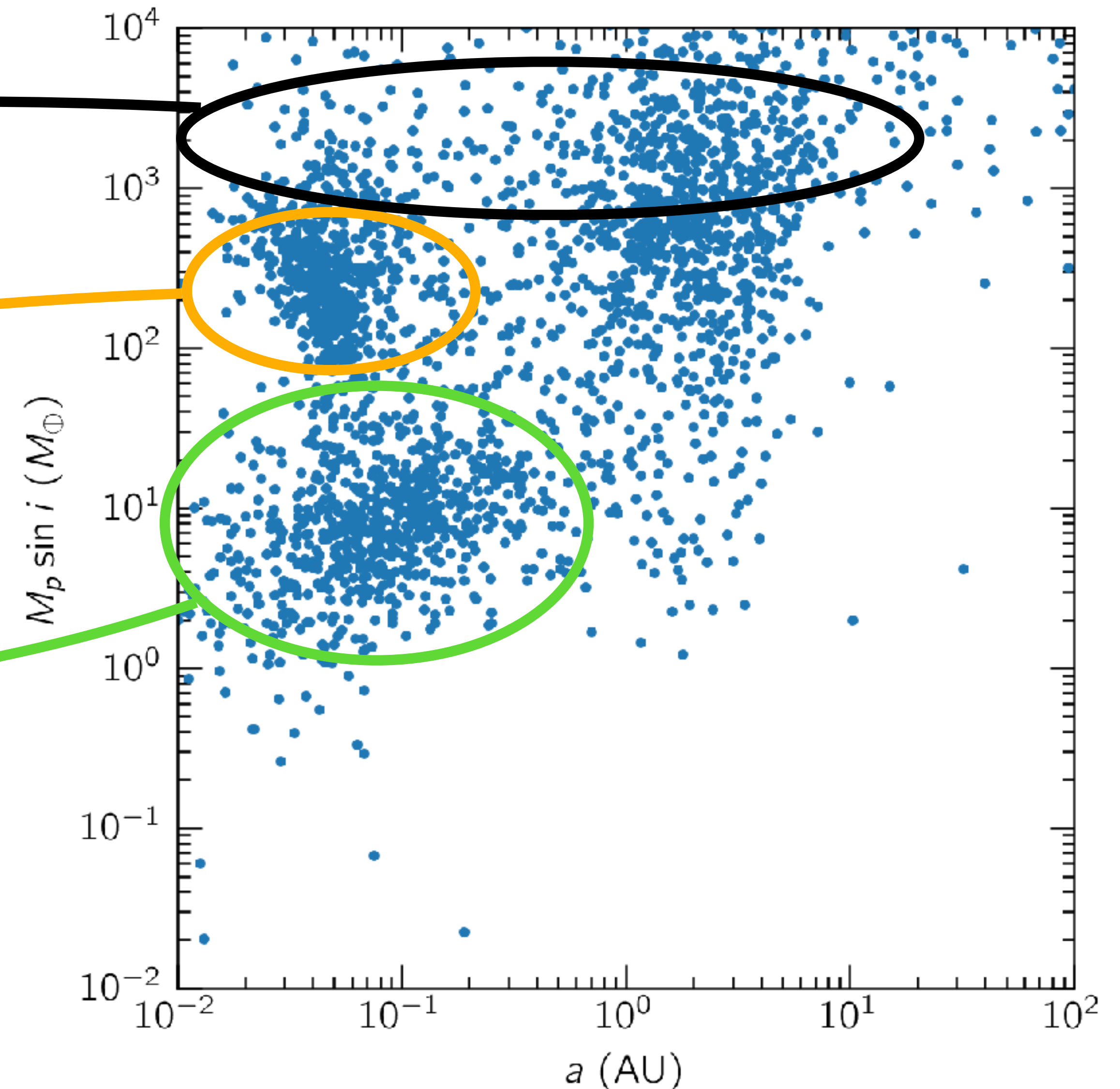
We zijn niet alleen!?

Exoplaneten

Super-Jupiters: gasreuzen tot wel 13 keer de massa van Jupiter

“Hot Jupiters”: gasreuzen met periode kleiner dan 10 dagen

Super-Aardes: rotsachtige planeten een paar keer zwaarder dan de Aarde



We zijn niet alleen!?

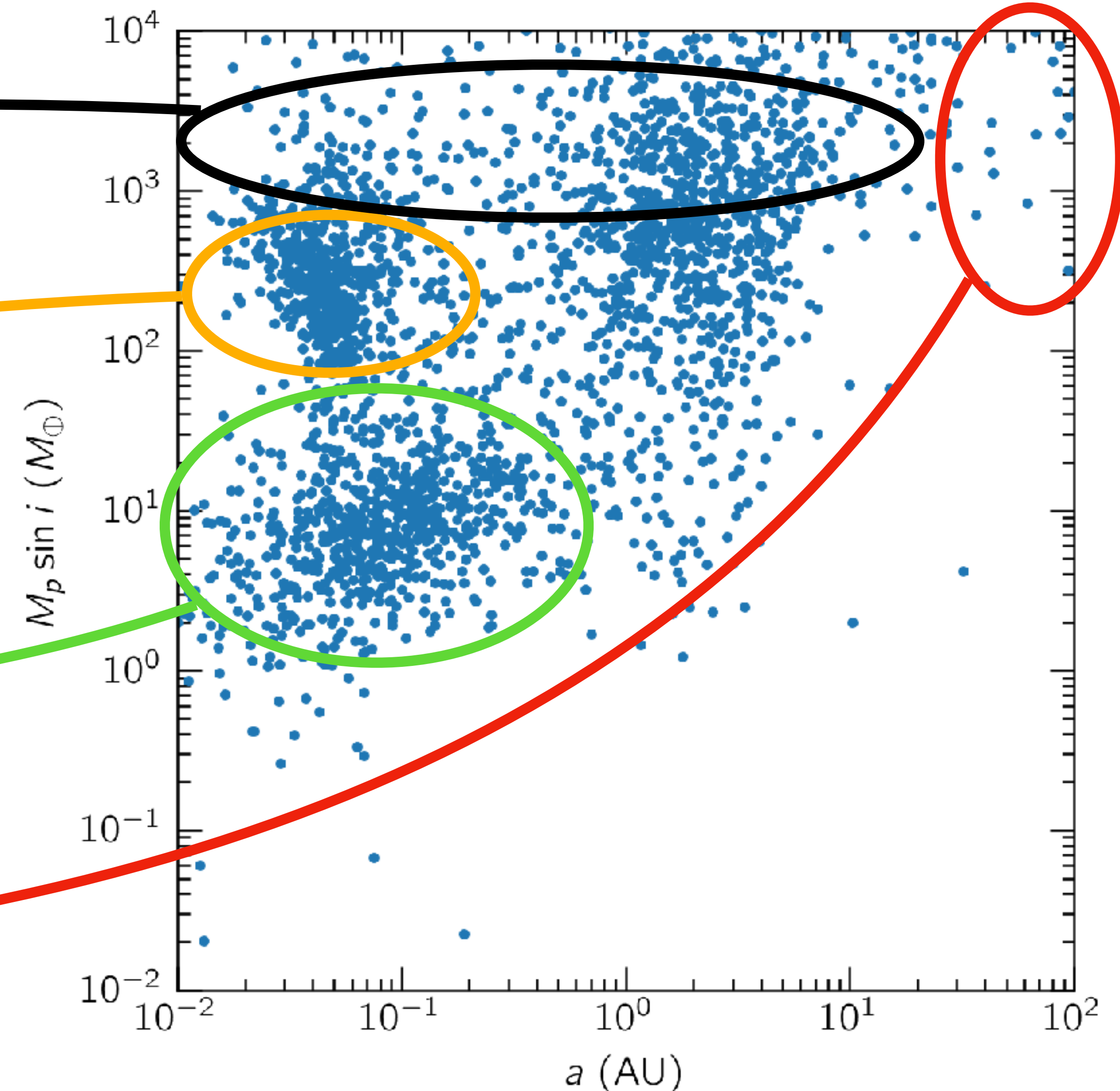
Exoplaneten

Super-Jupiters: gasreuzen tot wel 13 keer de massa van Jupiter

“Hot Jupiters”: gasreuzen met periode kleiner dan 10 dagen

Super-Aardes: rotsachtige planeten een paar keer zwaarder dan de Aarde

Reuzen op extreem lange periodes



We zijn niet alleen!?

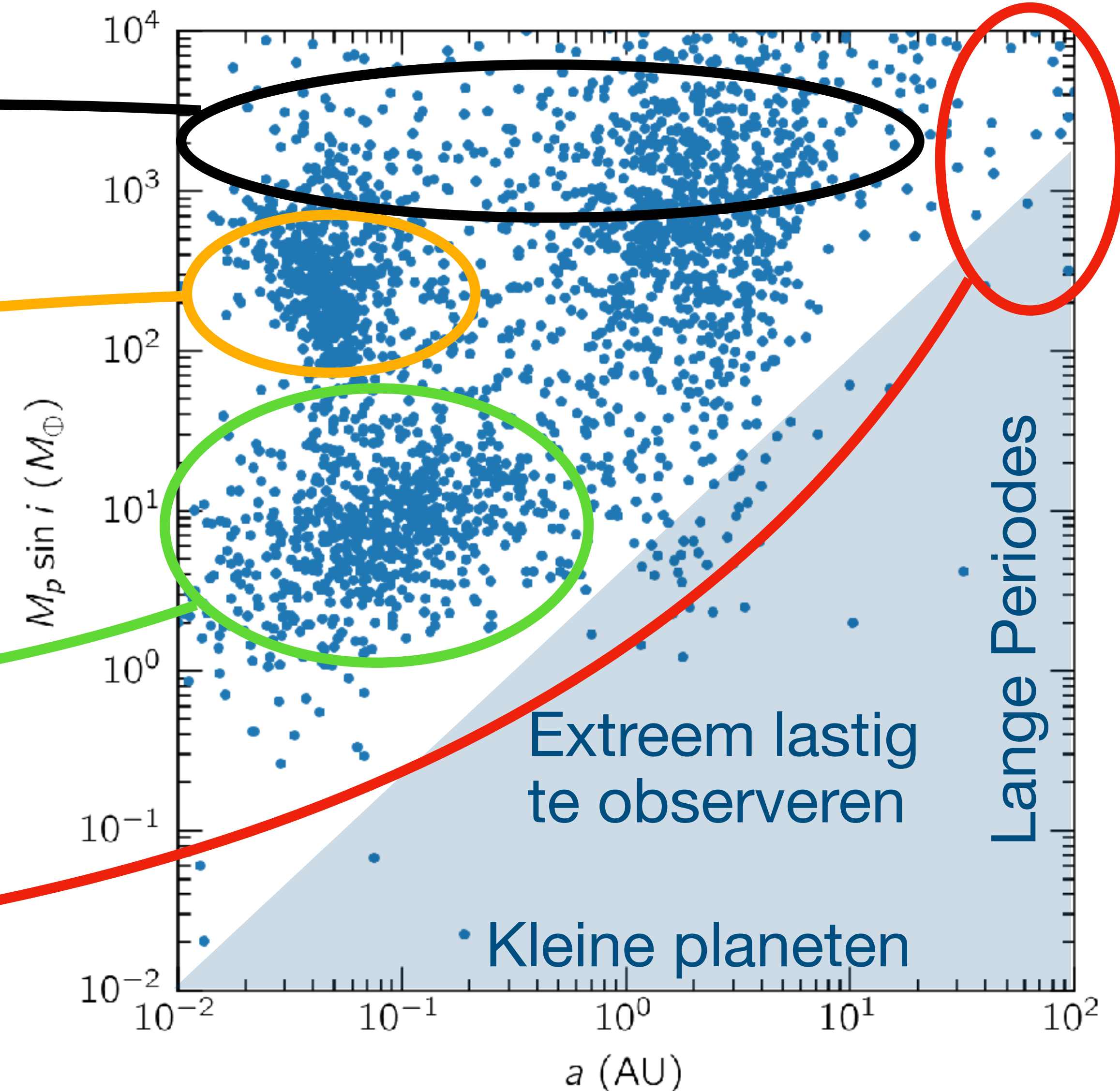
Exoplaneten

Super-Jupiters: gasreuzen tot wel 13 keer de massa van Jupiter

“Hot Jupiters”: gasreuzen met periode kleiner dan 10 dagen

Super-Aardes: rotsachtige planeten een paar keer zwaarder dan de Aarde

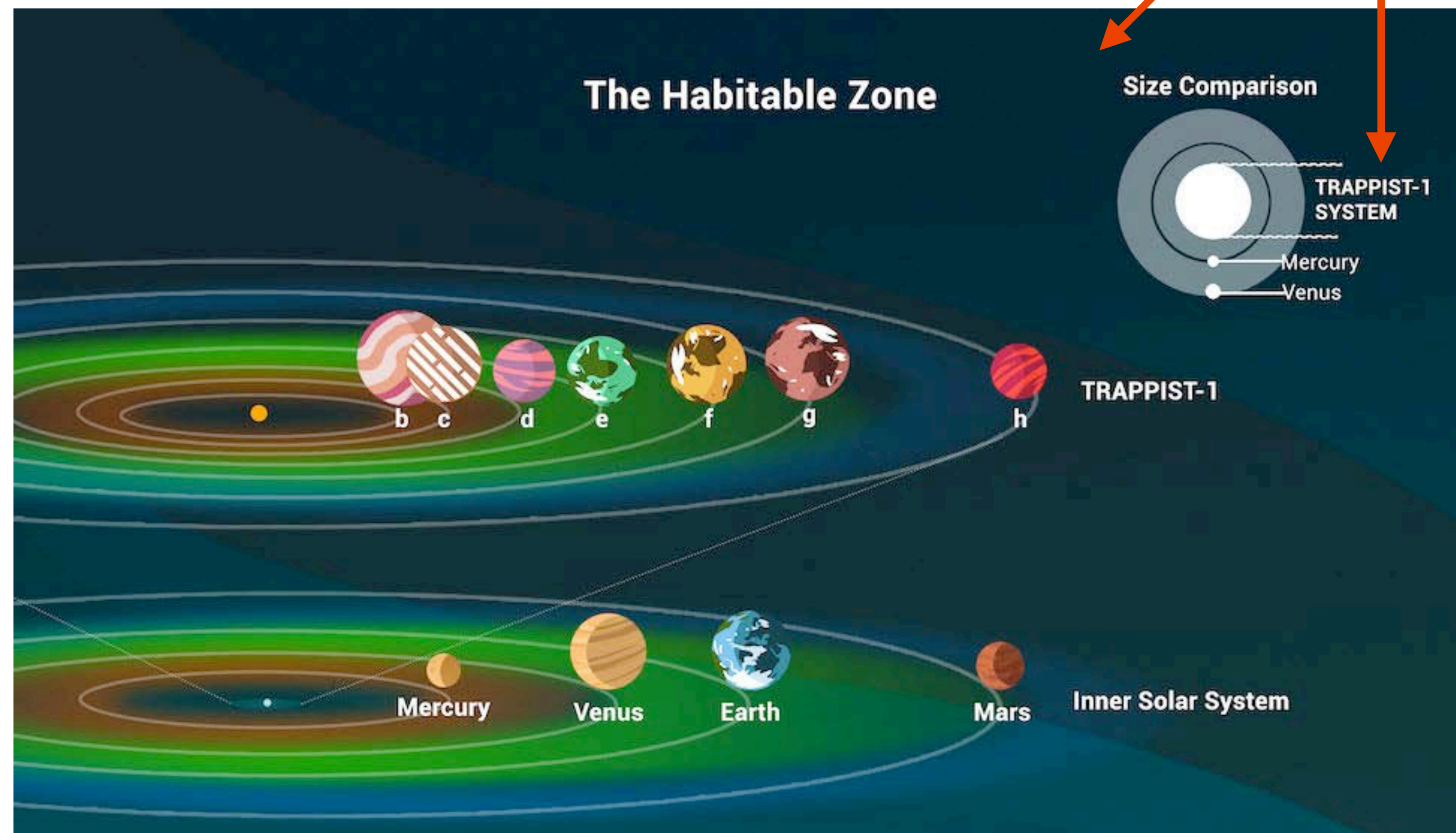
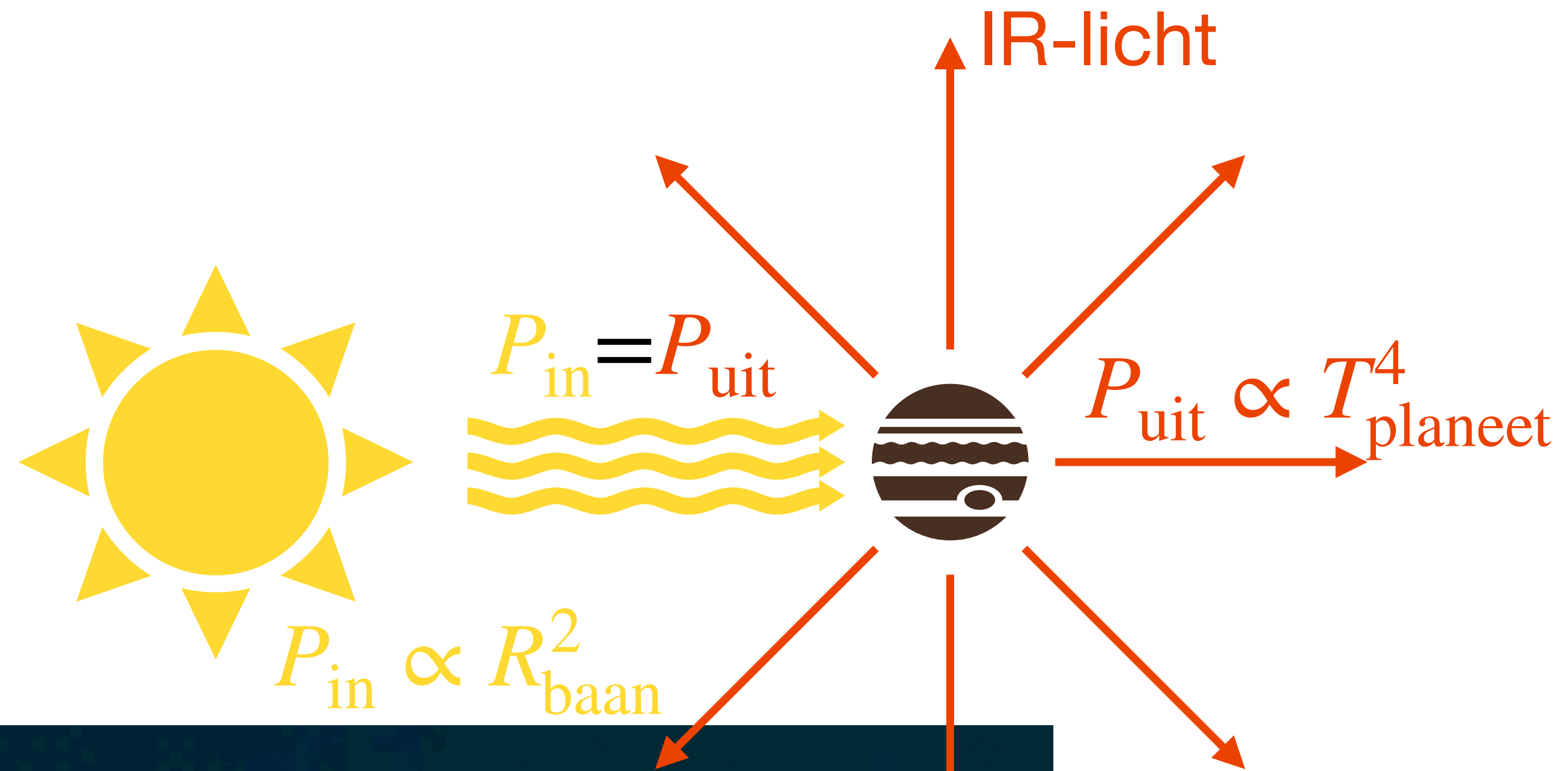
Reuzen op extreem lange periodes



Leefbare Zone

Vloeibaar water

- Temperatuur is afhankelijk van de afstand tussen de ster en planeet
- Complex door:
 - Albedo
 - Broeikas effect



Leven op een andere planeet?

Leven op een andere planeet?



Te heet!

NASA: illustratie

Leven op een andere planeet?



Te heet!

Of

NASA: illustratie

Leven op een andere planeet?



Te heet!

Of

Te koud!



Enceladus, maan van saturnus

NASA: illustratie

Leven op een andere planeet?

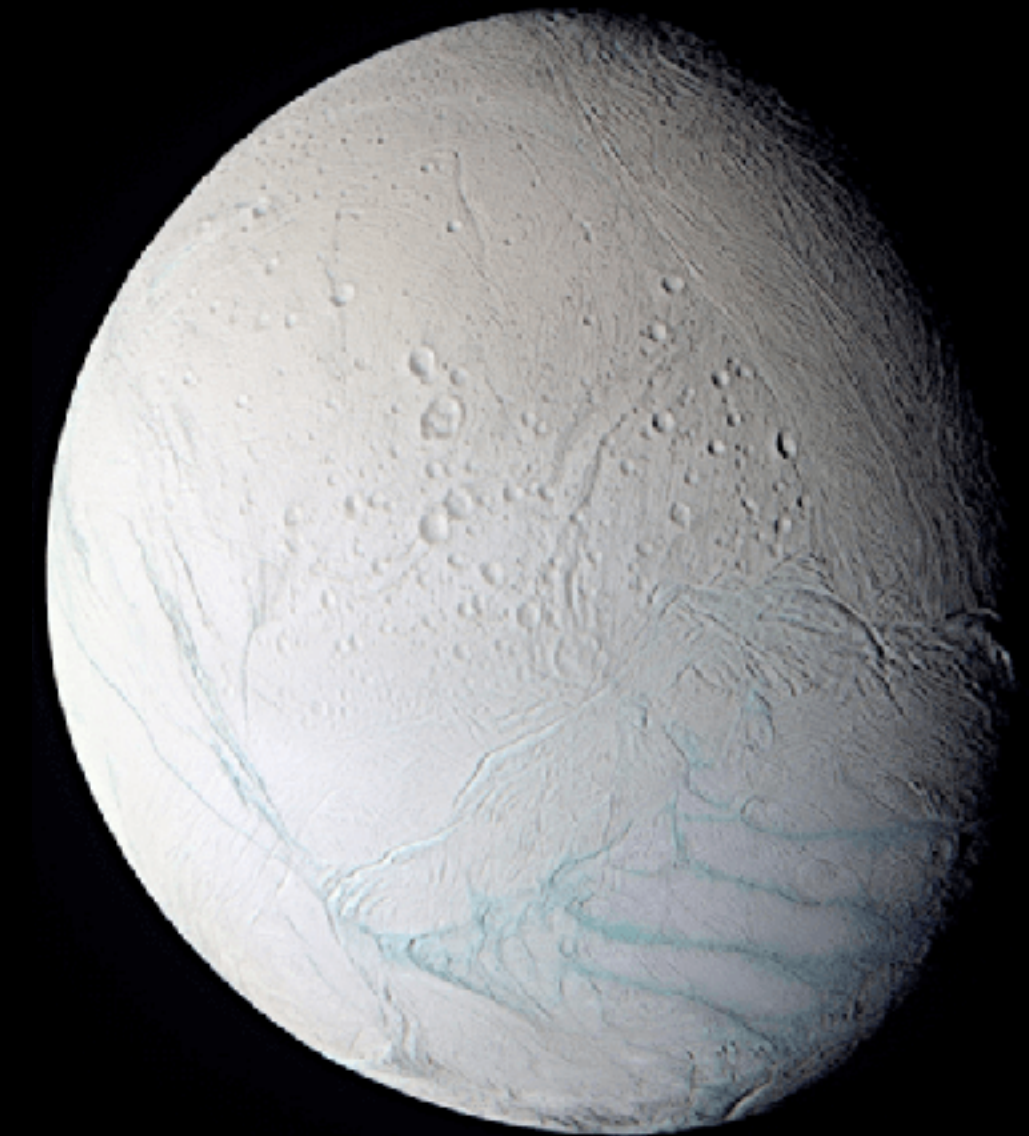
Enceladus, maan van saturnus



Te heet!

Of

Te koud!



Of toch niet!

NASA: illustratie

Leven op een andere planeet?

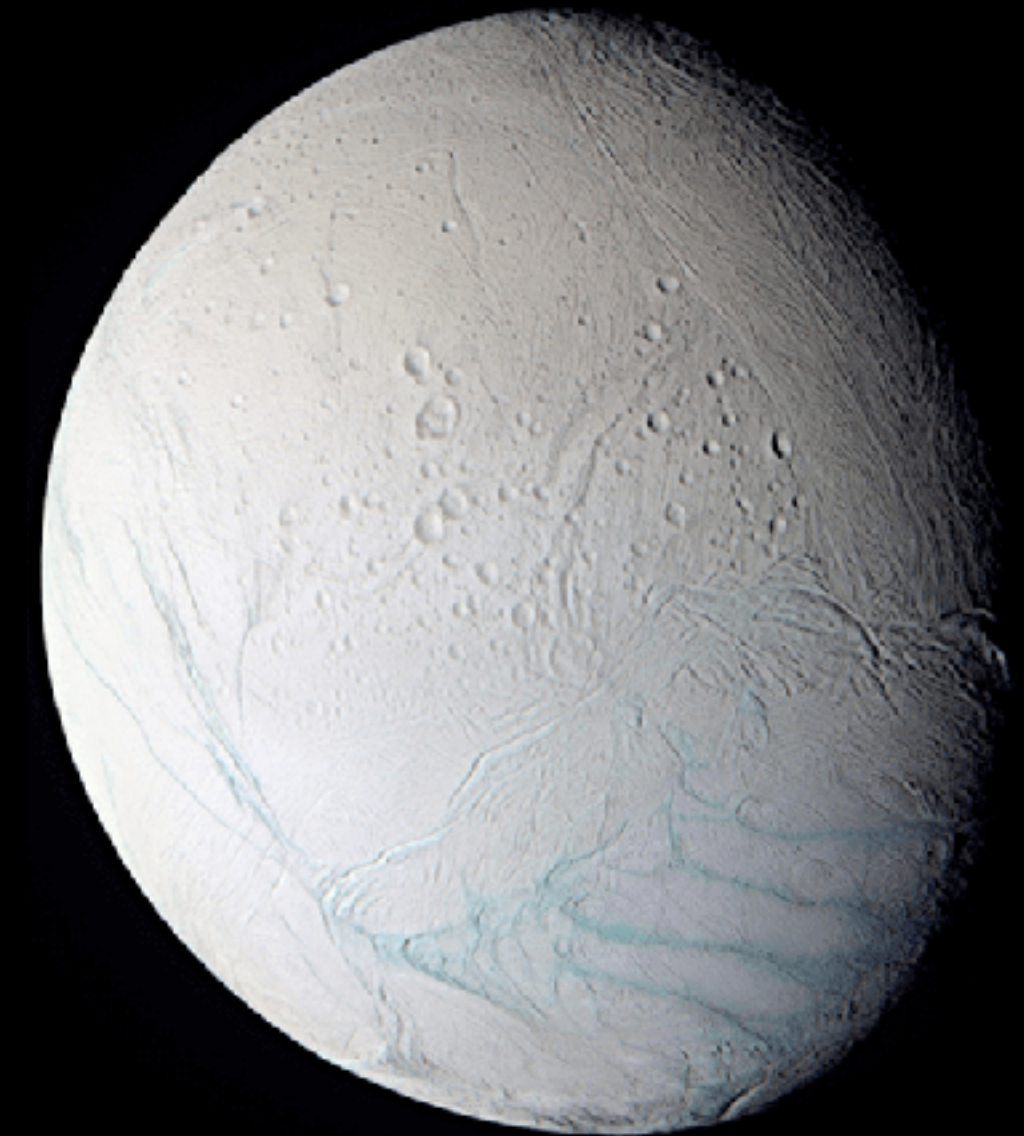
Enceladus, maan van saturnus



Te heet!

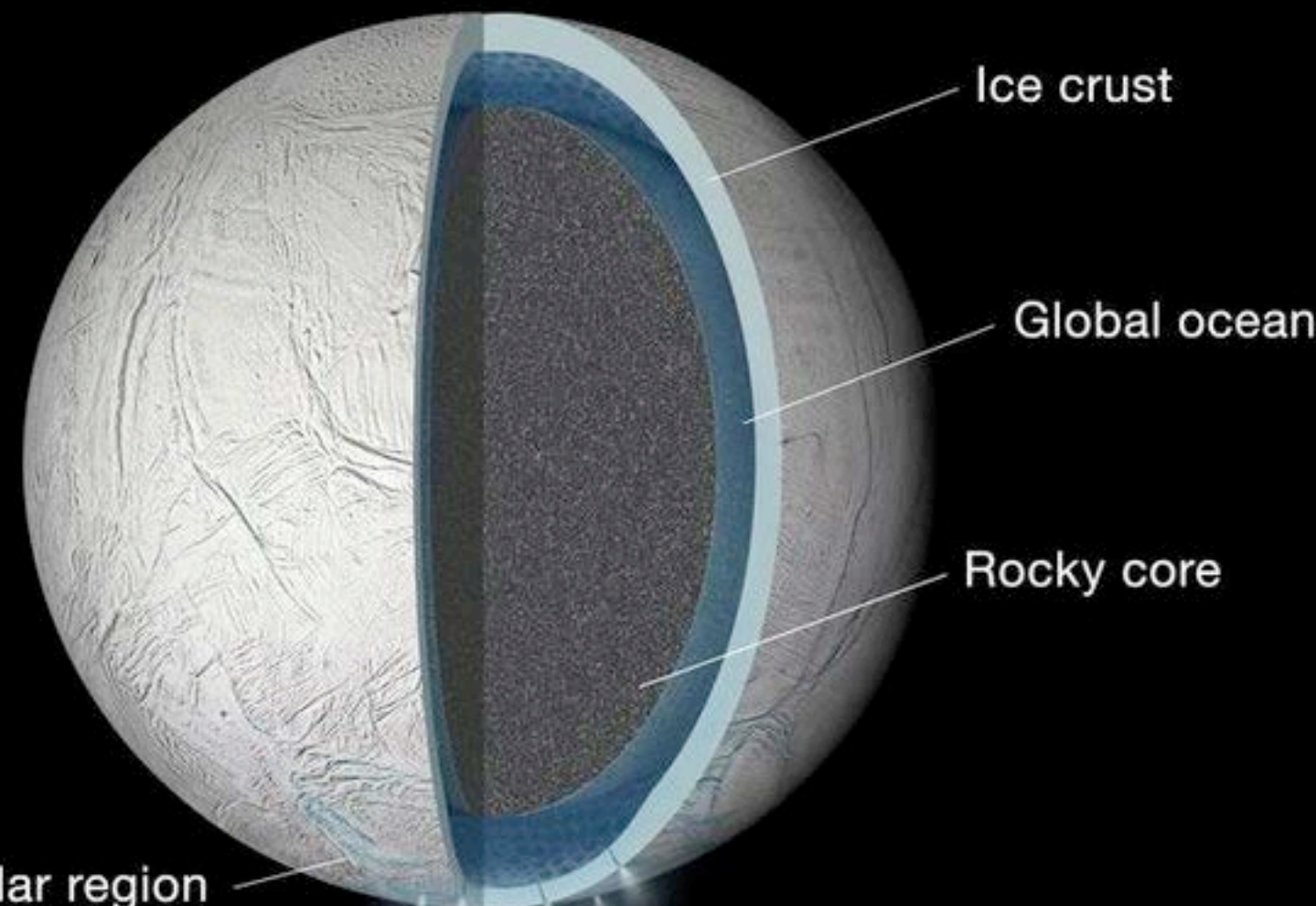
Of

Te koud!



NASA: illustratie

Global Ocean on Saturn's Moon ENCELADUS

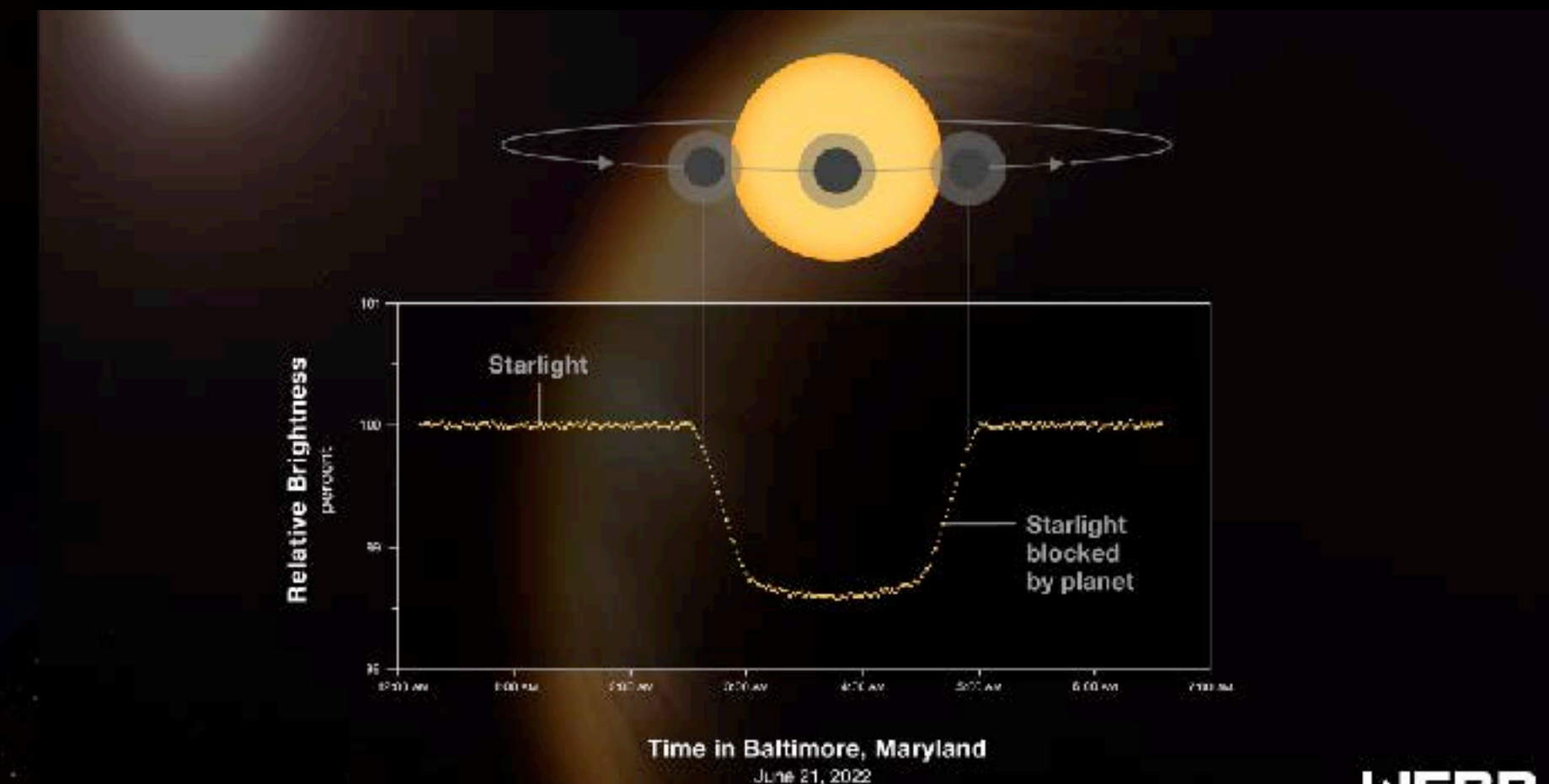
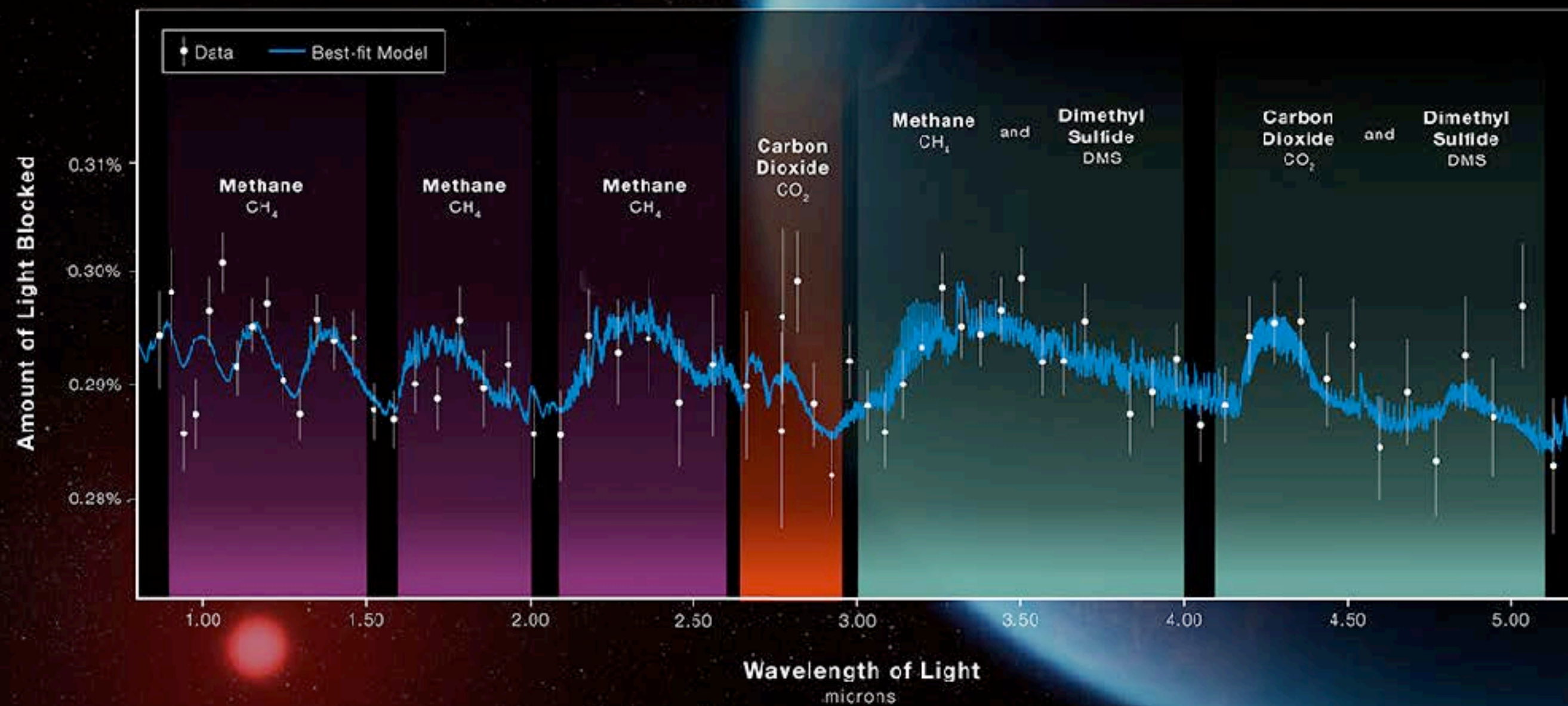
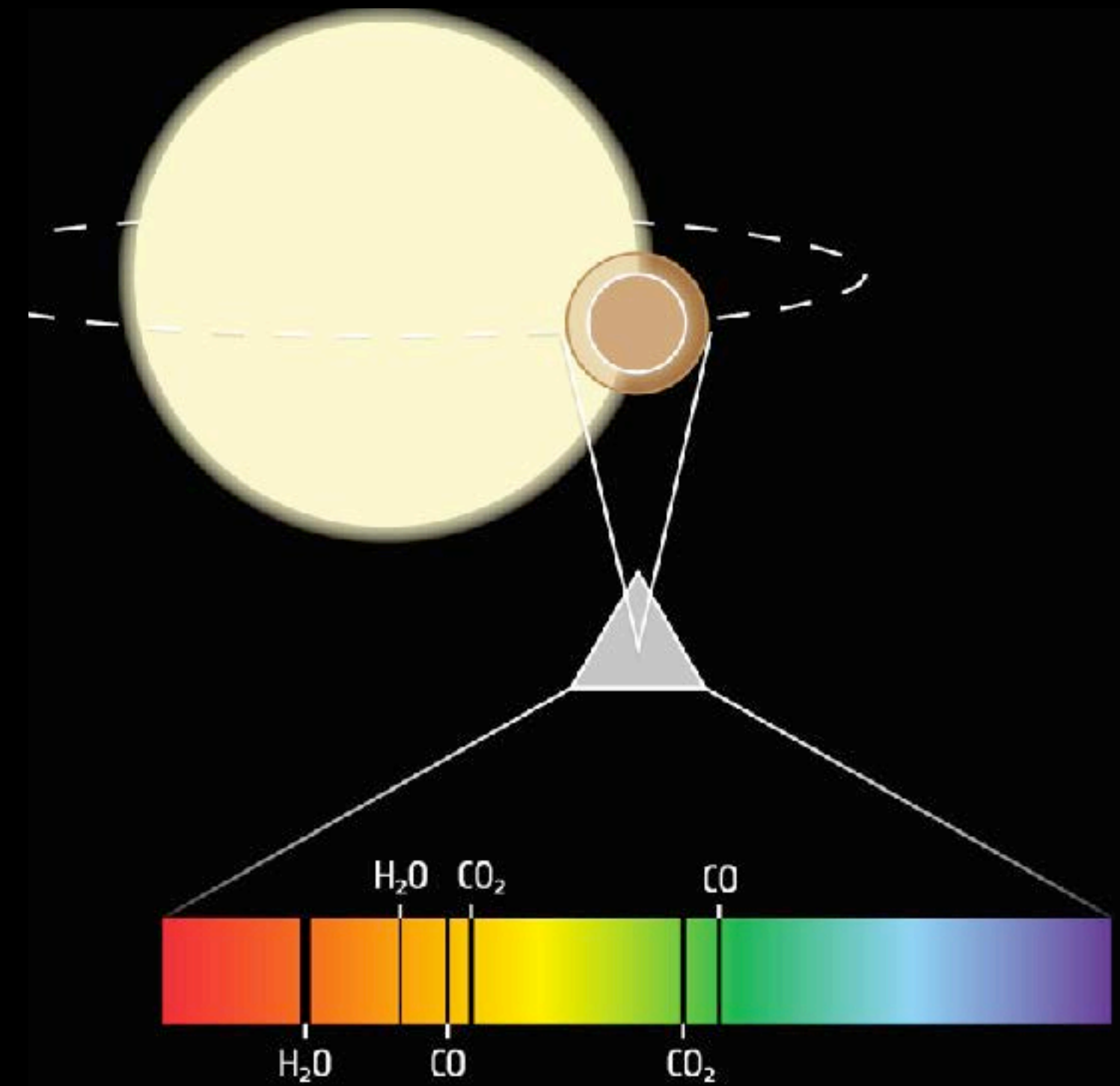


* Thickness of layers is not to scale

Of toch niet!

Leven op een andere planeet?

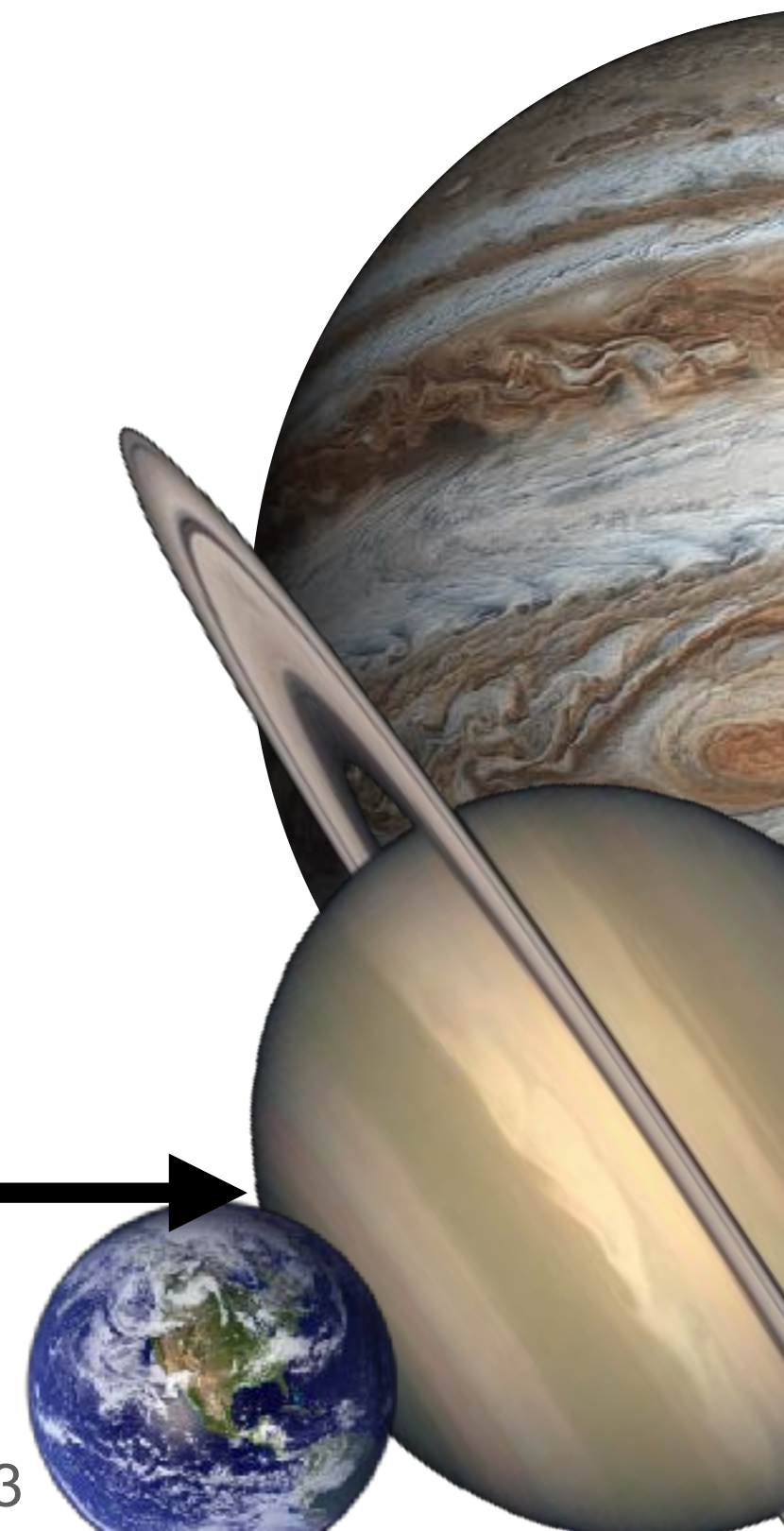
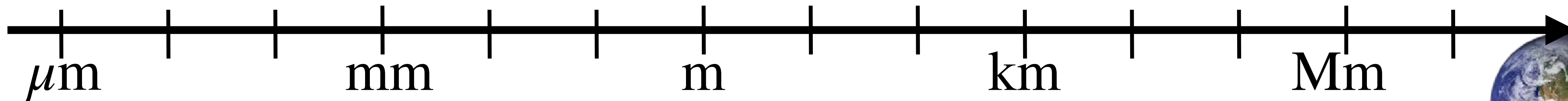
Bio-signatures: Tekens van leven



Samenvatting

Van μm naar Gas reus

NASA/HST



Drażkowska+2023

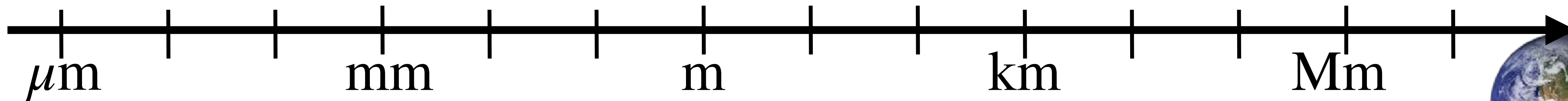
Samenvatting

Van μm naar Gas reus

NASA/HST



Stof groei door kiezels

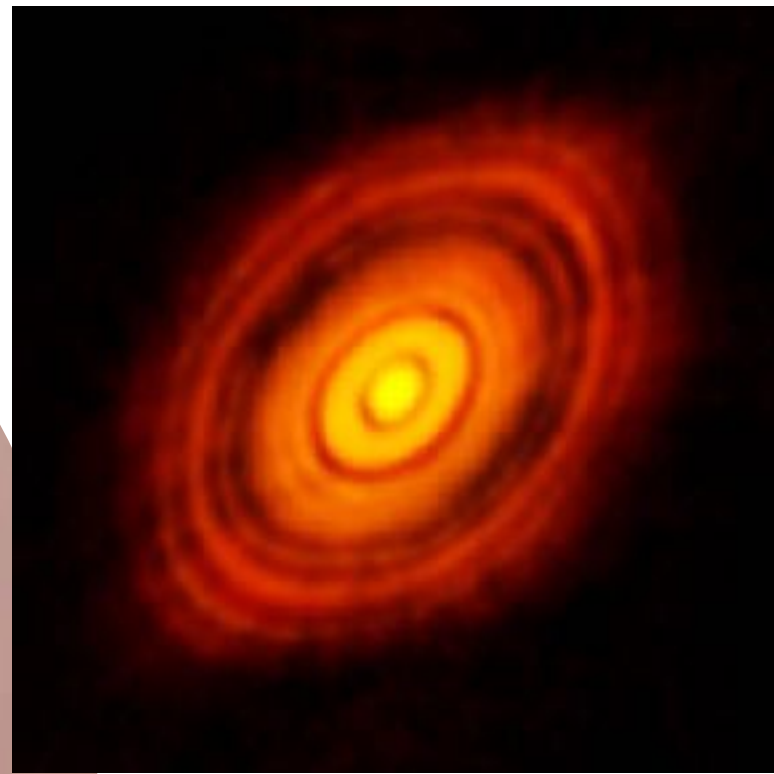


Drażkowska+2023

Samenvatting

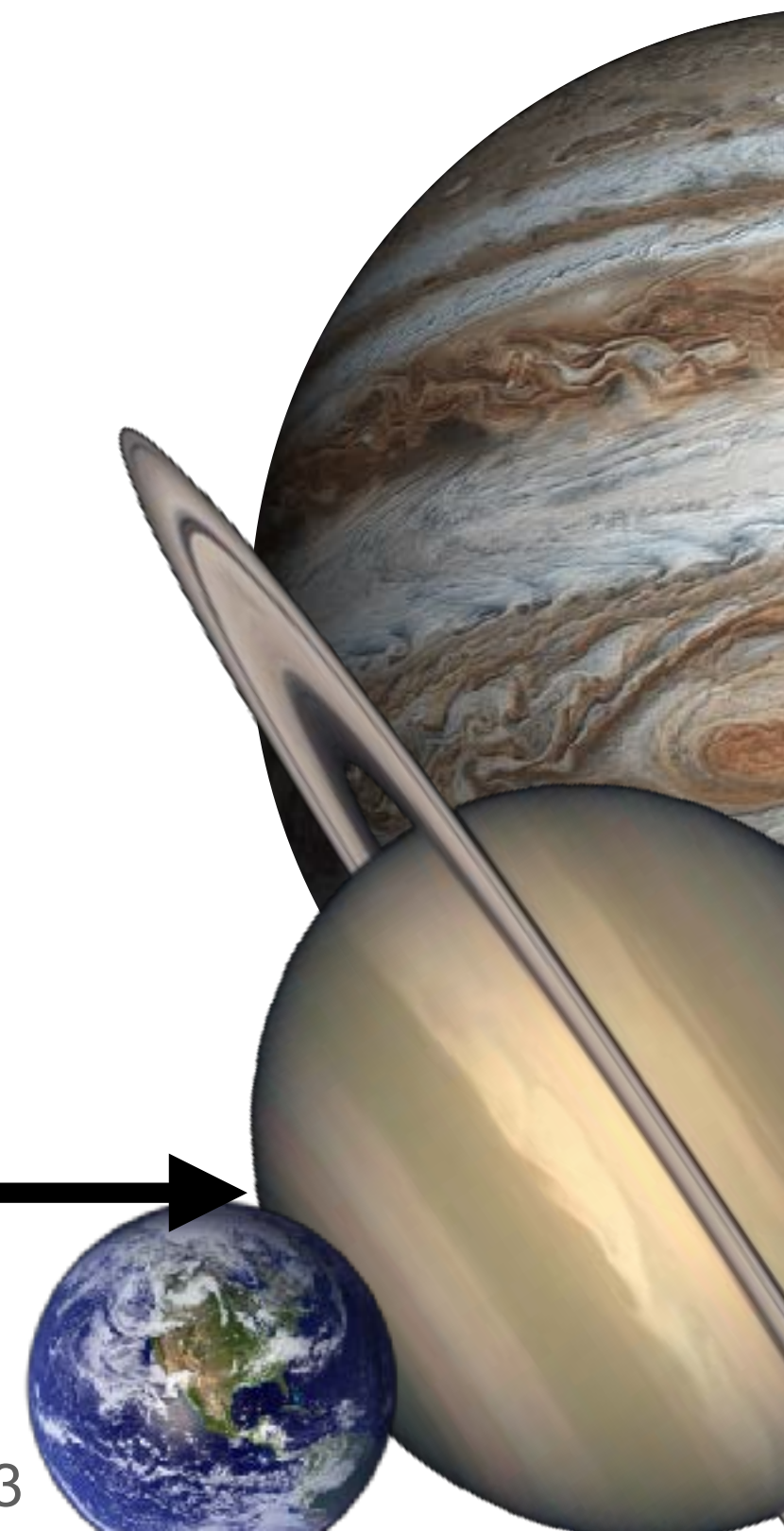
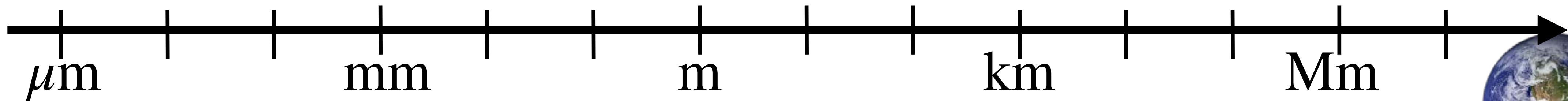
Van μm naar Gas reus

NASA/HST



ESO/ALMA

Stof groei door kiezels



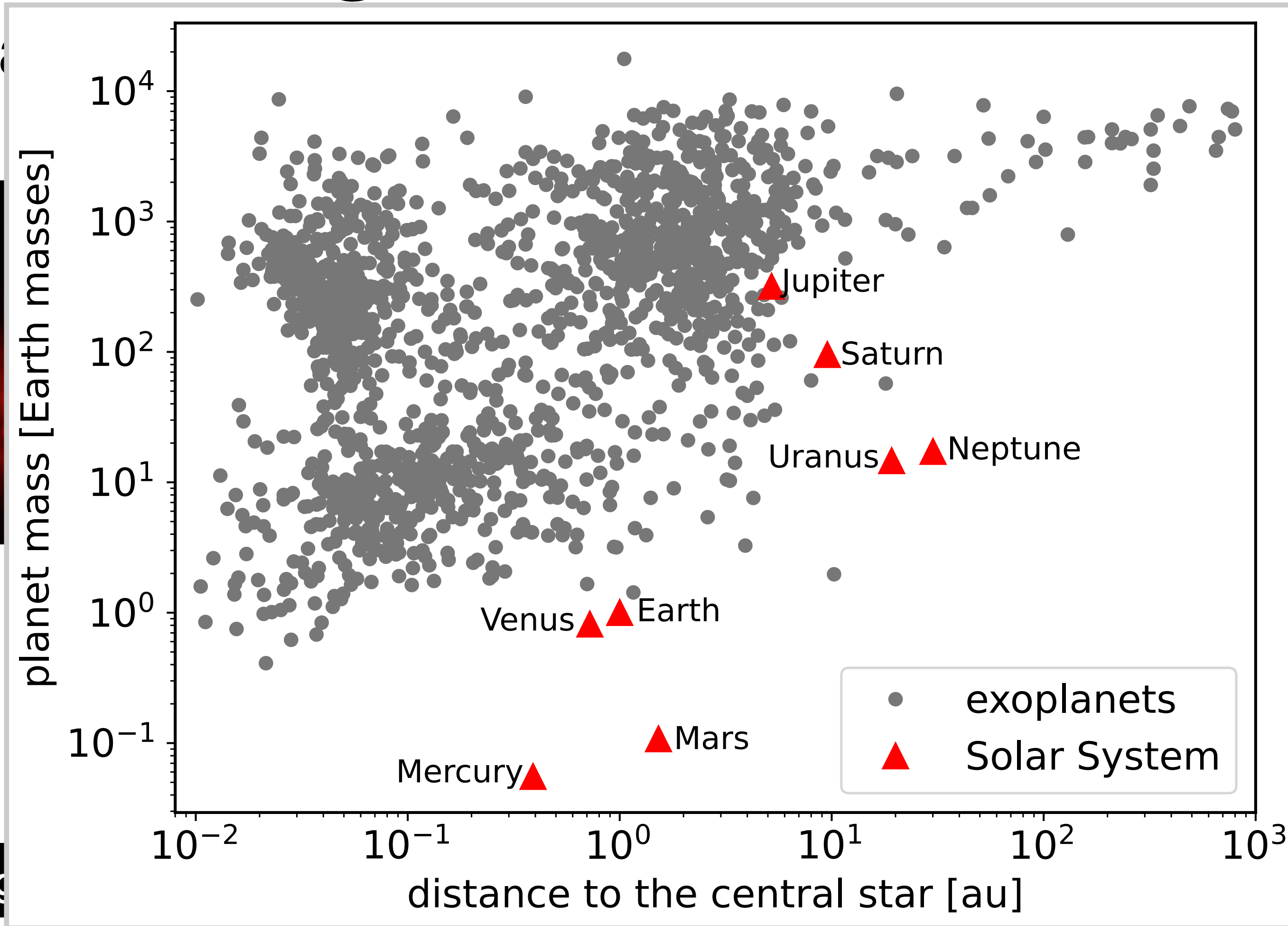
Samenvatting

Van μm naar

NASA/HST



Stof g



μm

mm

m

km

Mm



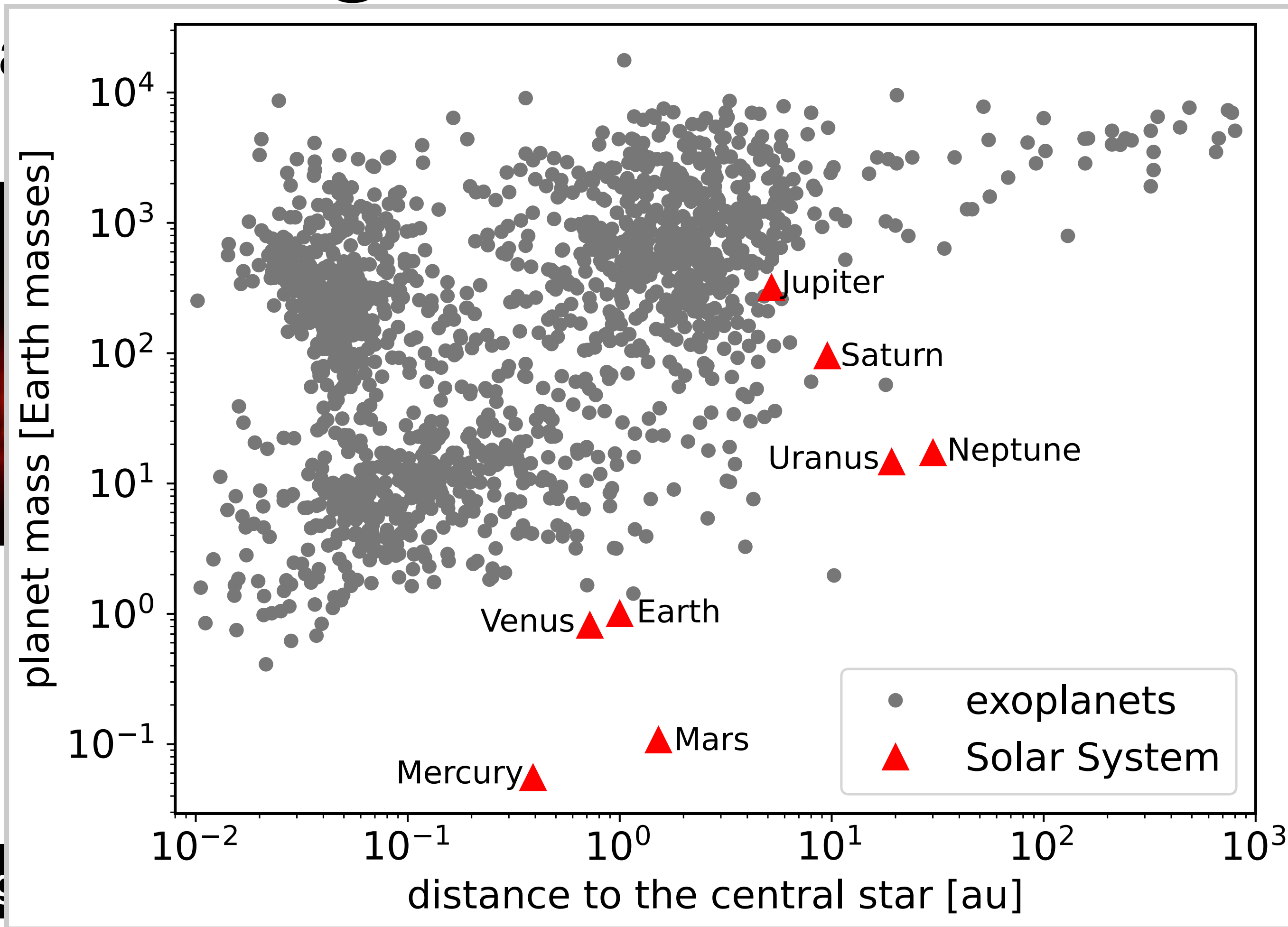
Samenvatting

Van μm naar

NASA/HST



Stof g



μm

mm

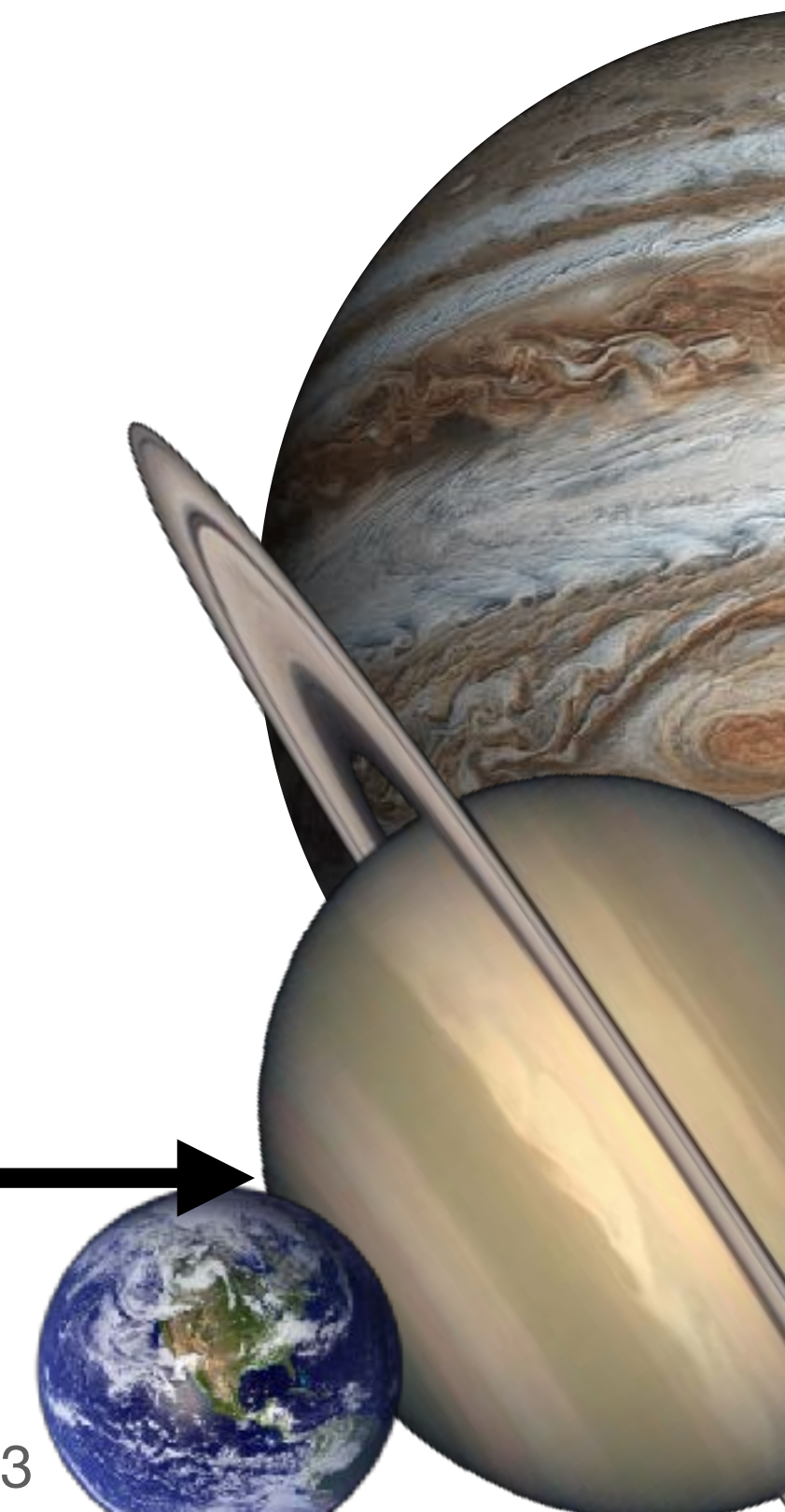
m

km

Mm

Ceres

Drażkowska+2023



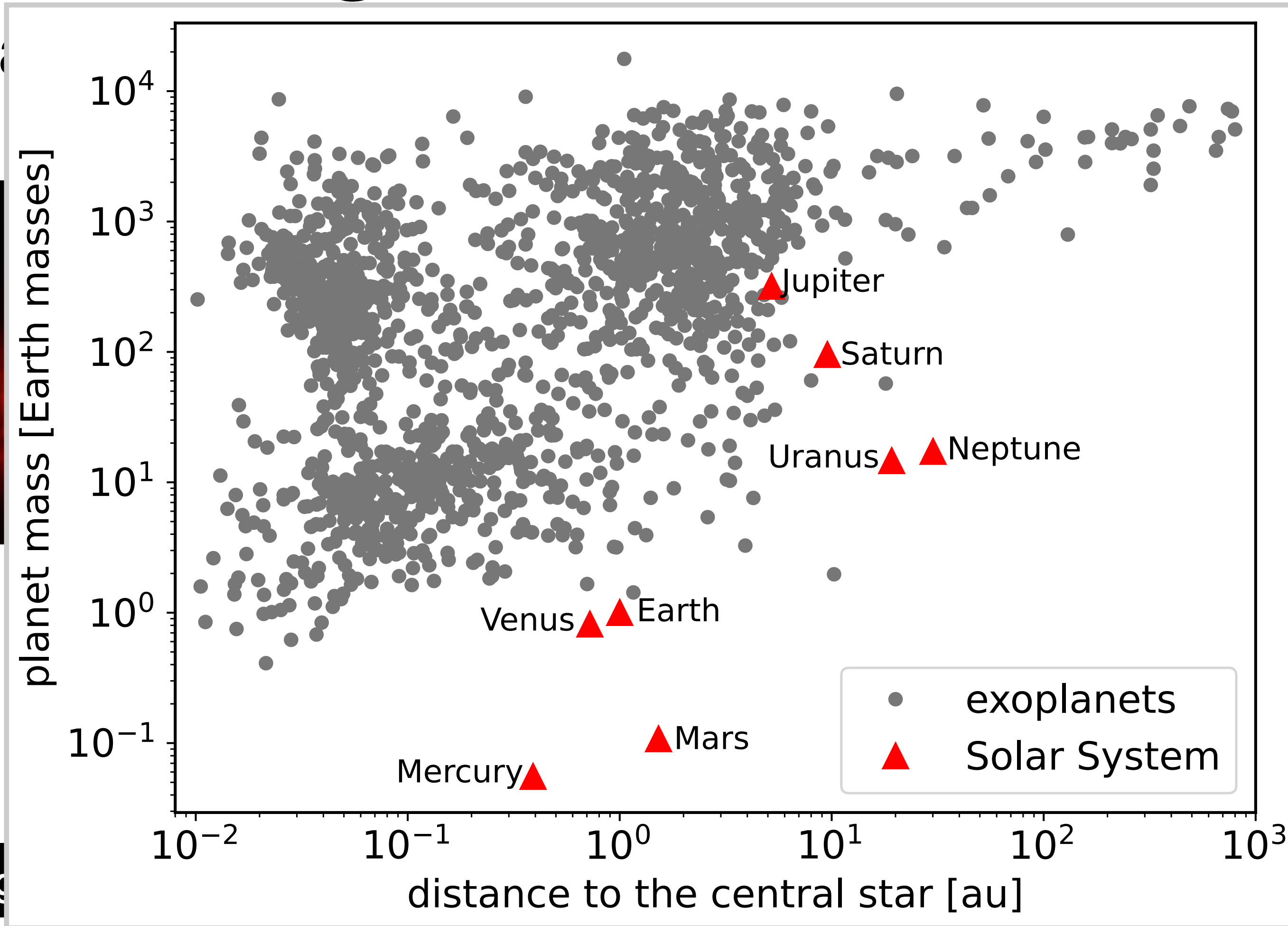
Samenvatting

Van μm naar

NASA/HST



Stof g



μm

mm

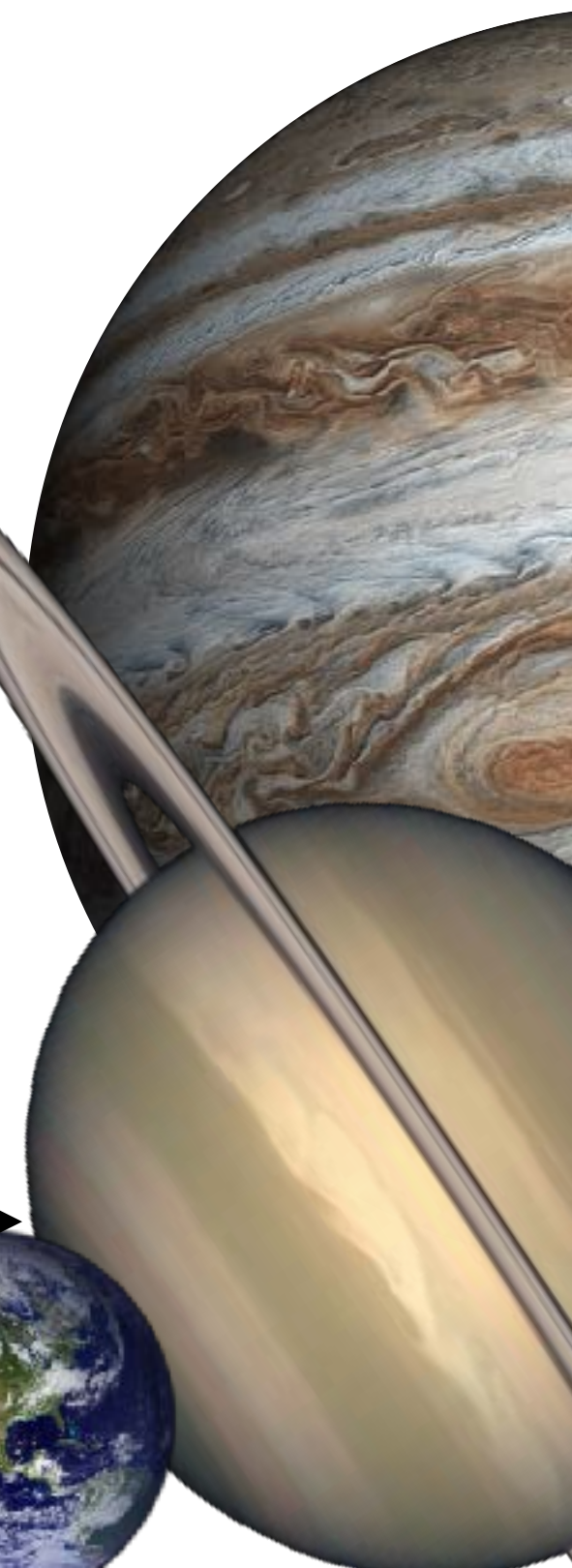
m

km

Mm

Ceres

Maan



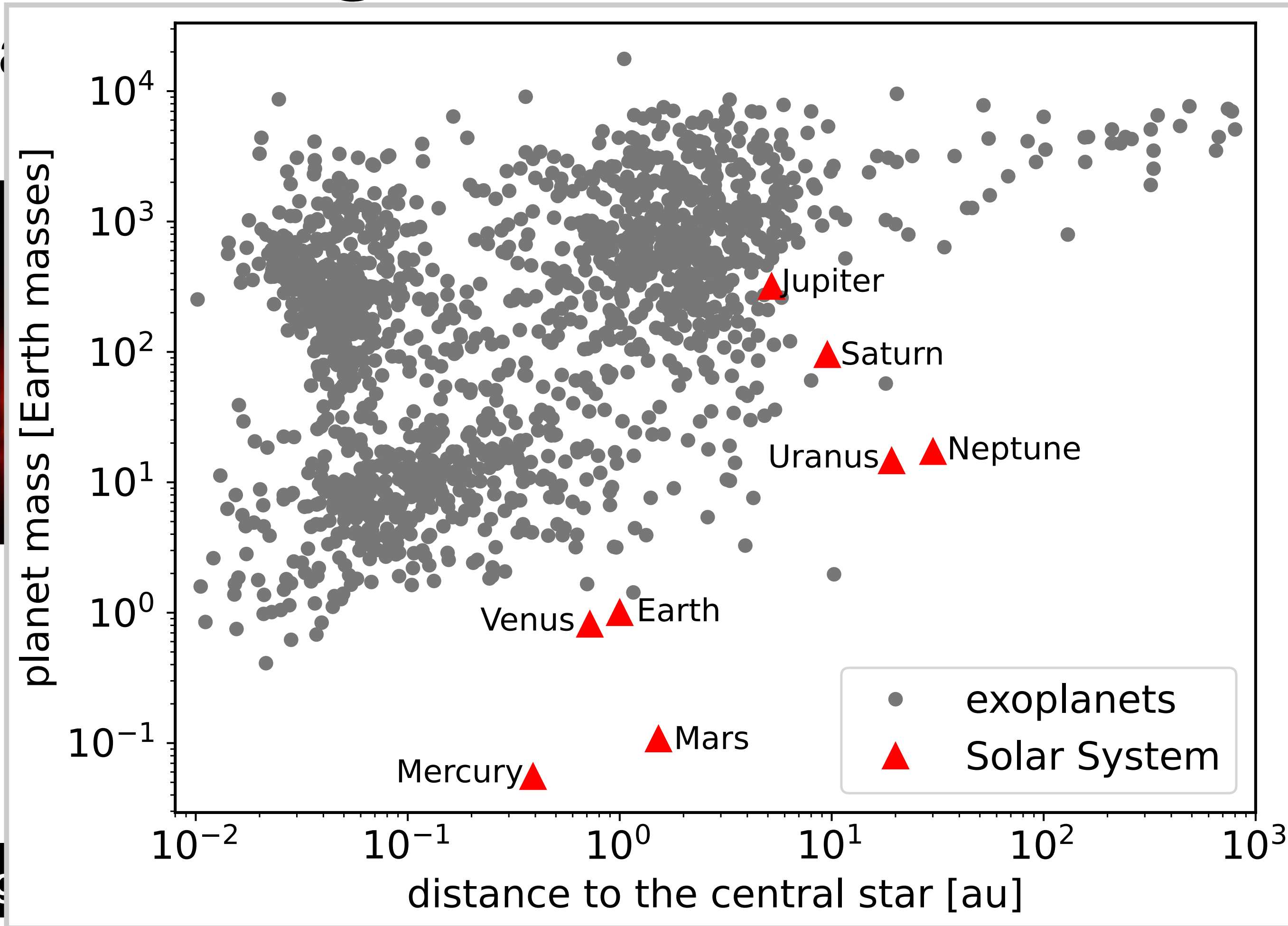
Samenvatting

Van μm naar

NASA/HST



Stof g



μm

mm

m

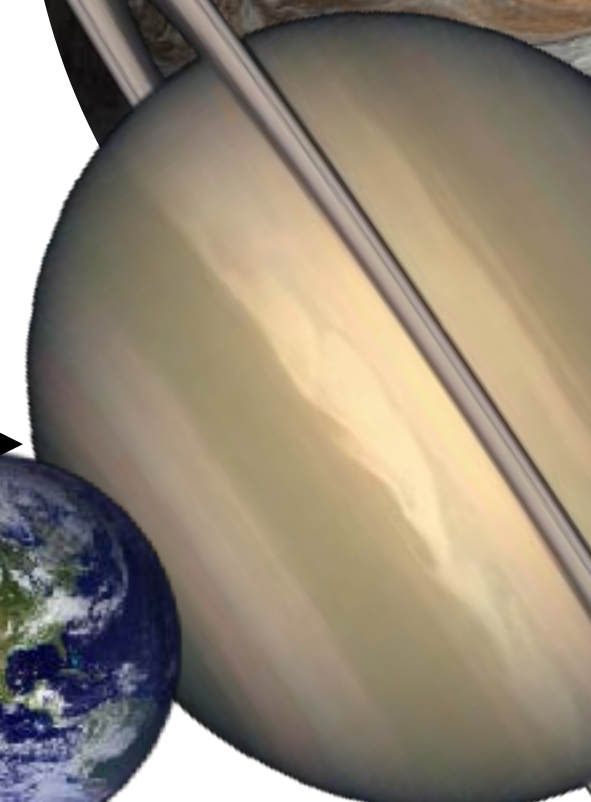
km

Mm

Ceres

Maan

Mars



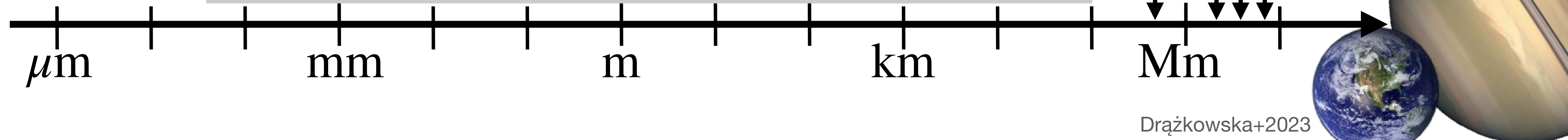
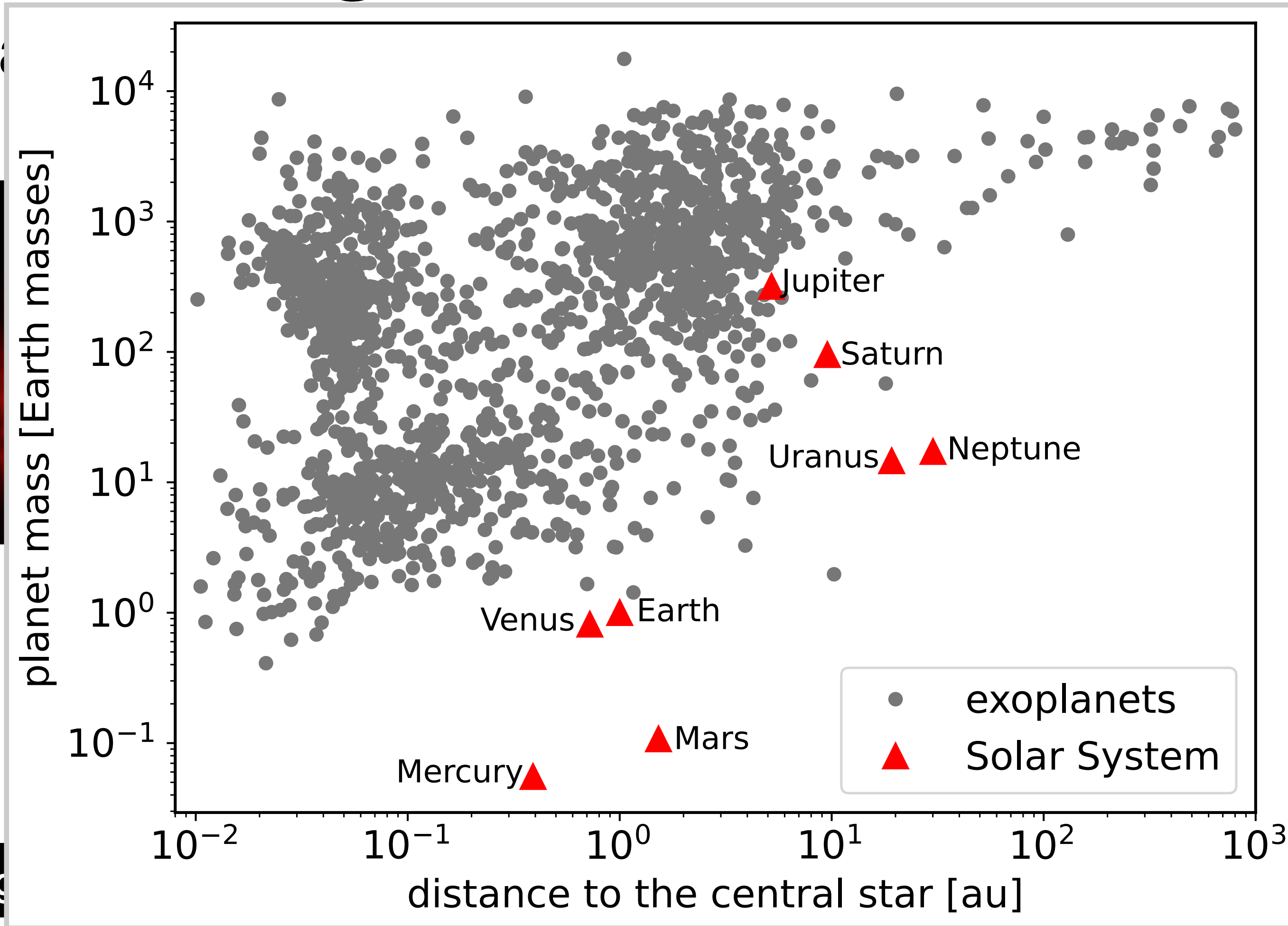
Samenvatting

Van μm naar

NASA/HST



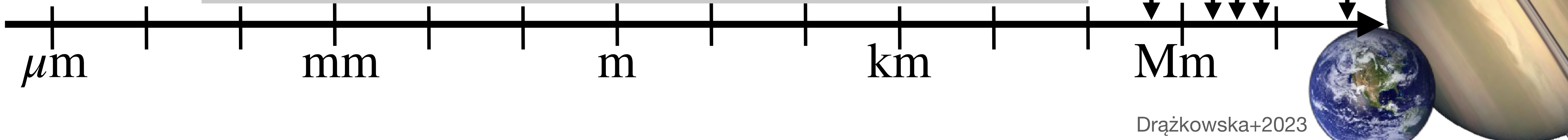
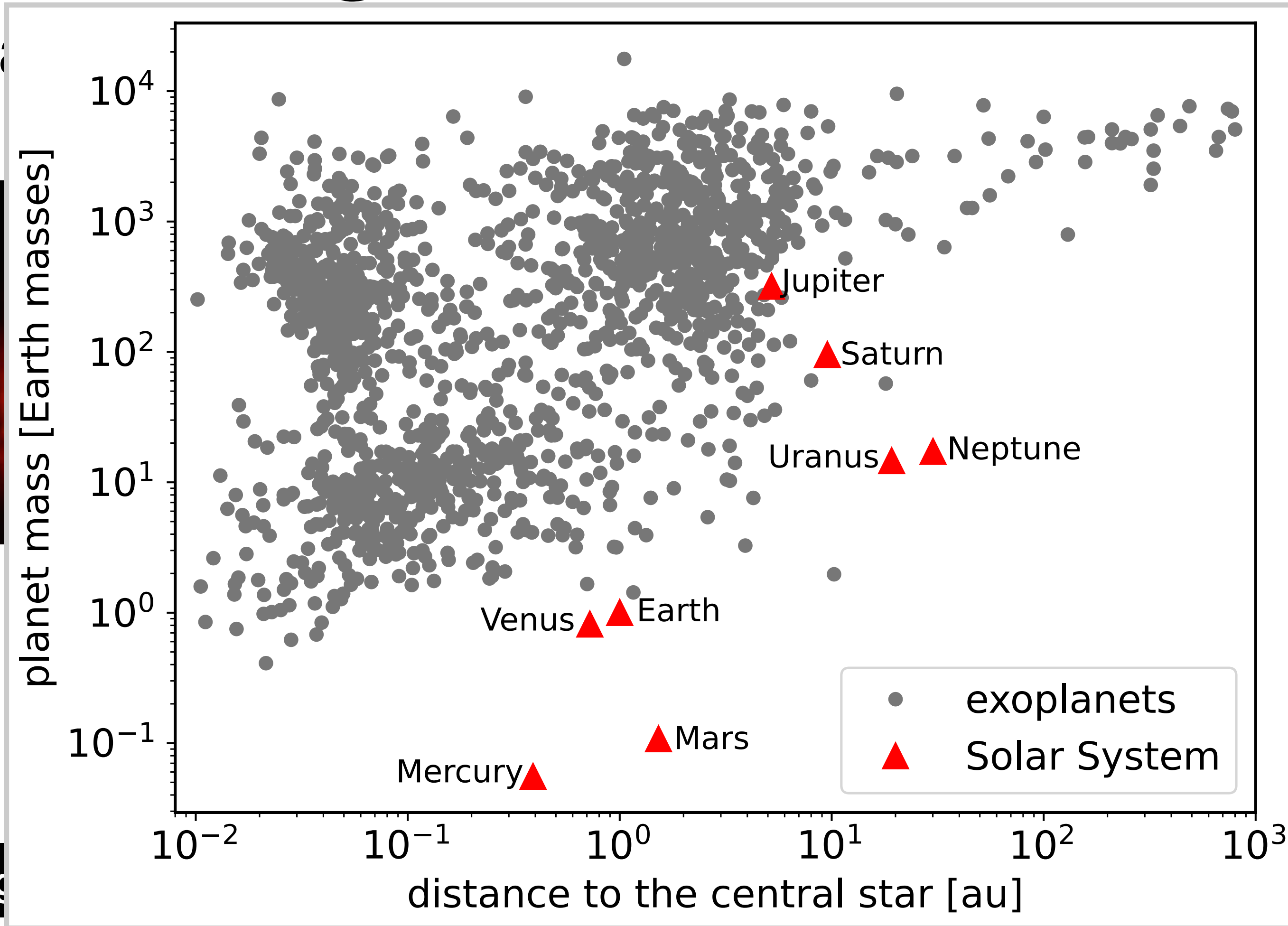
Stof g



Samenvatting

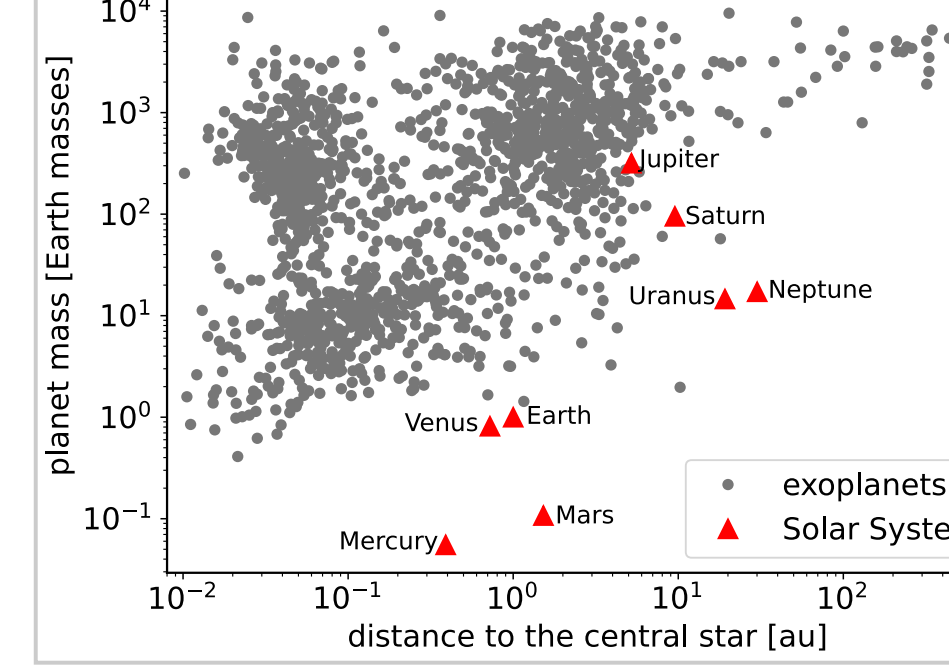
Van μm naar

NASA/HST

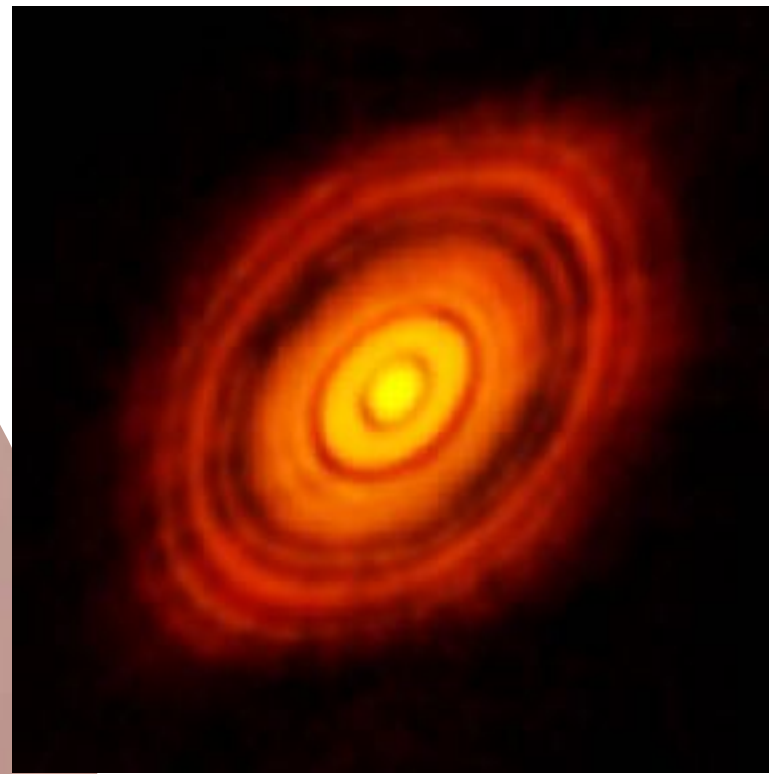


Samenvatting

Van μm naar Gas reus

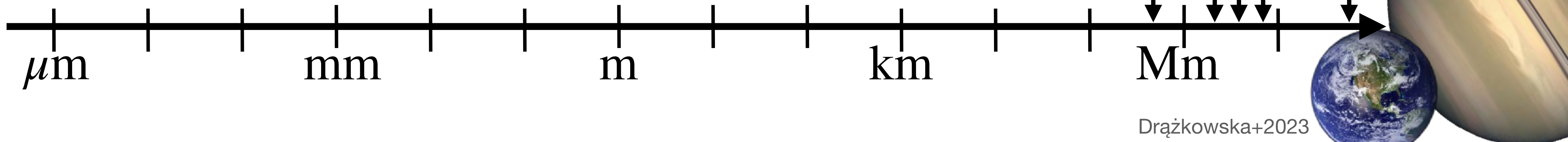


NASA/HST



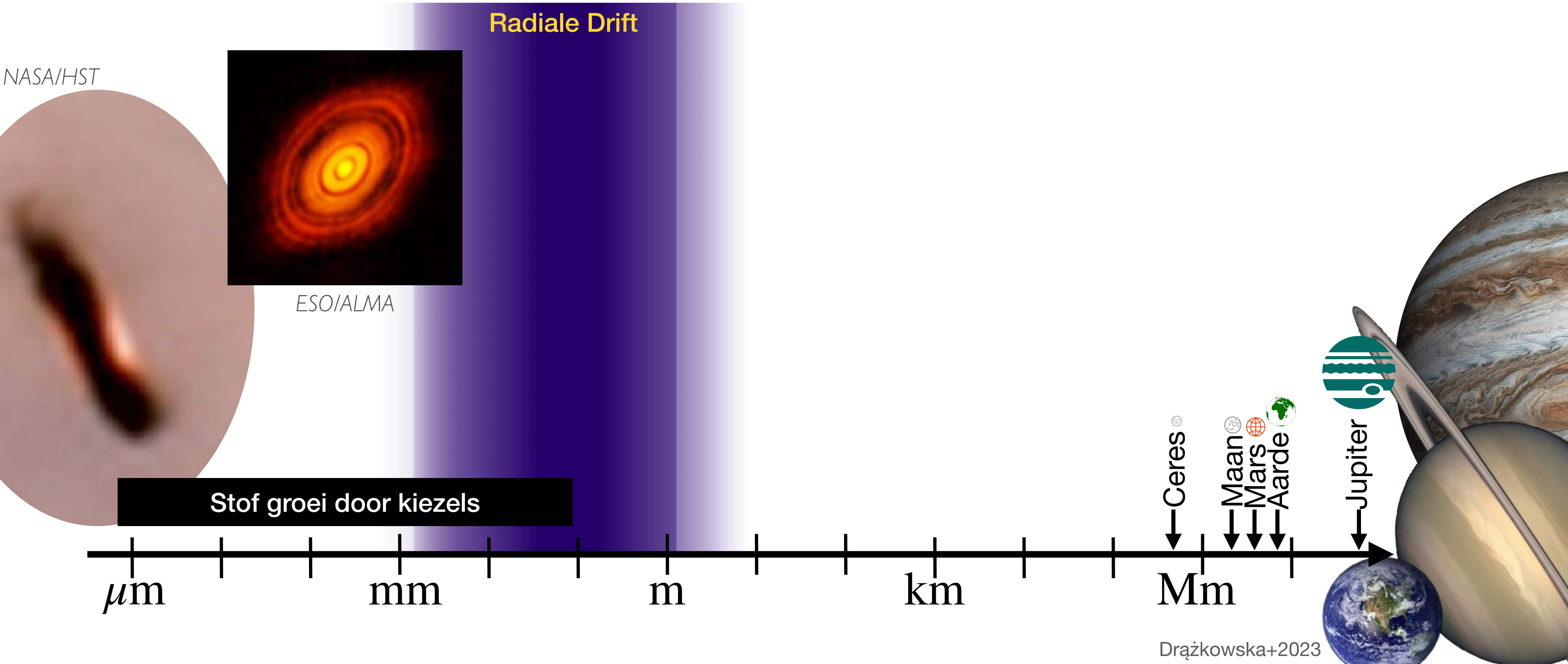
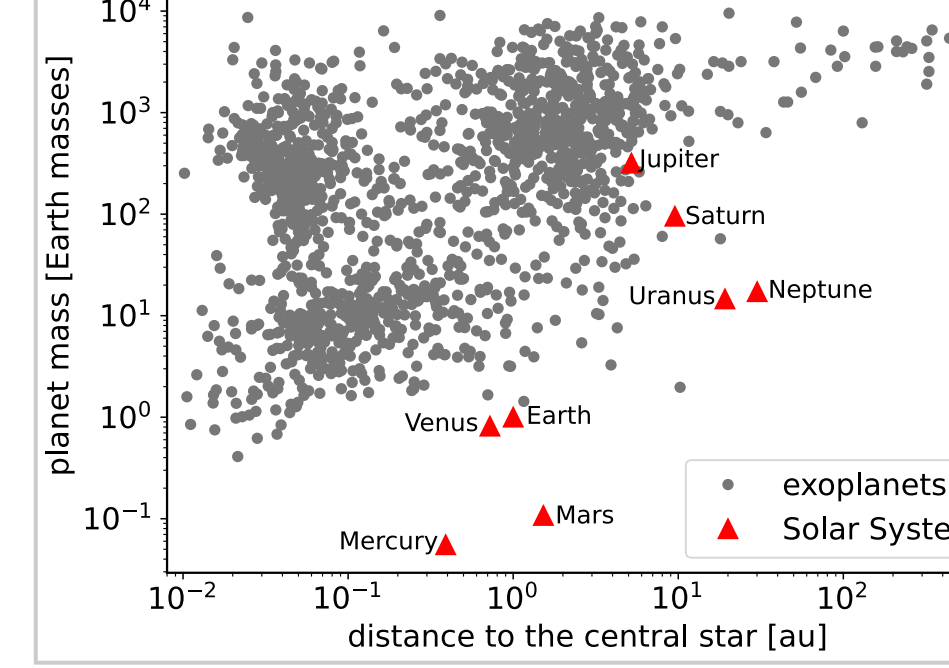
ESO/ALMA

Stof groei door kiezels



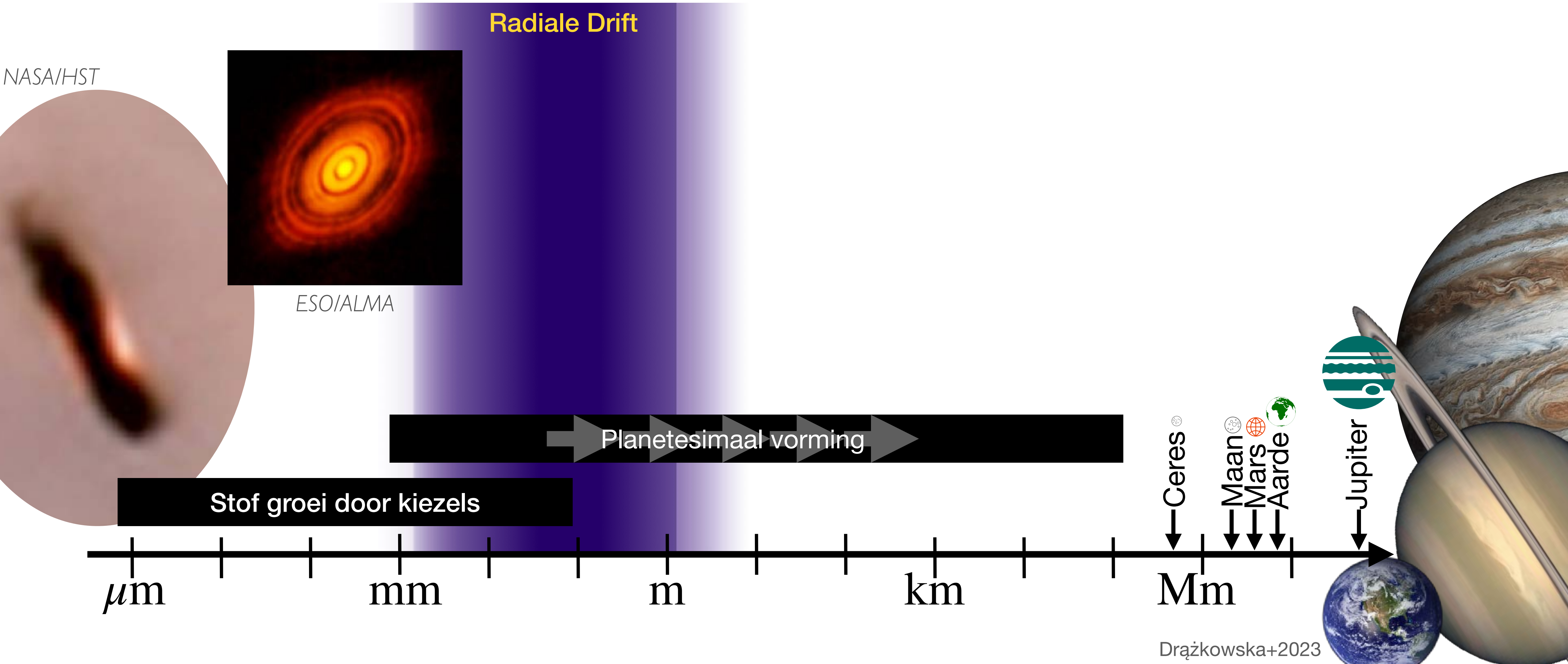
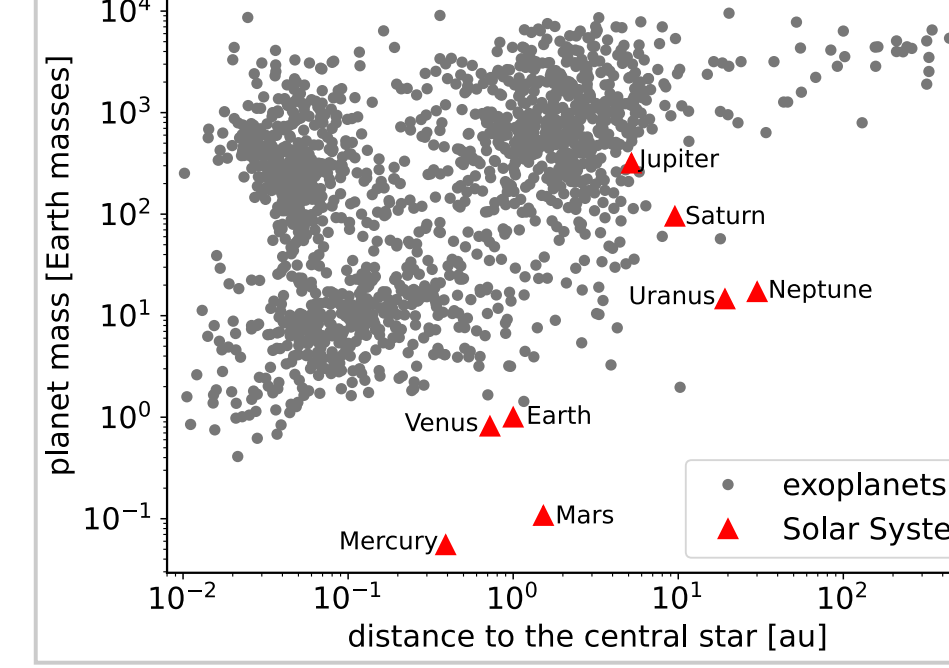
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



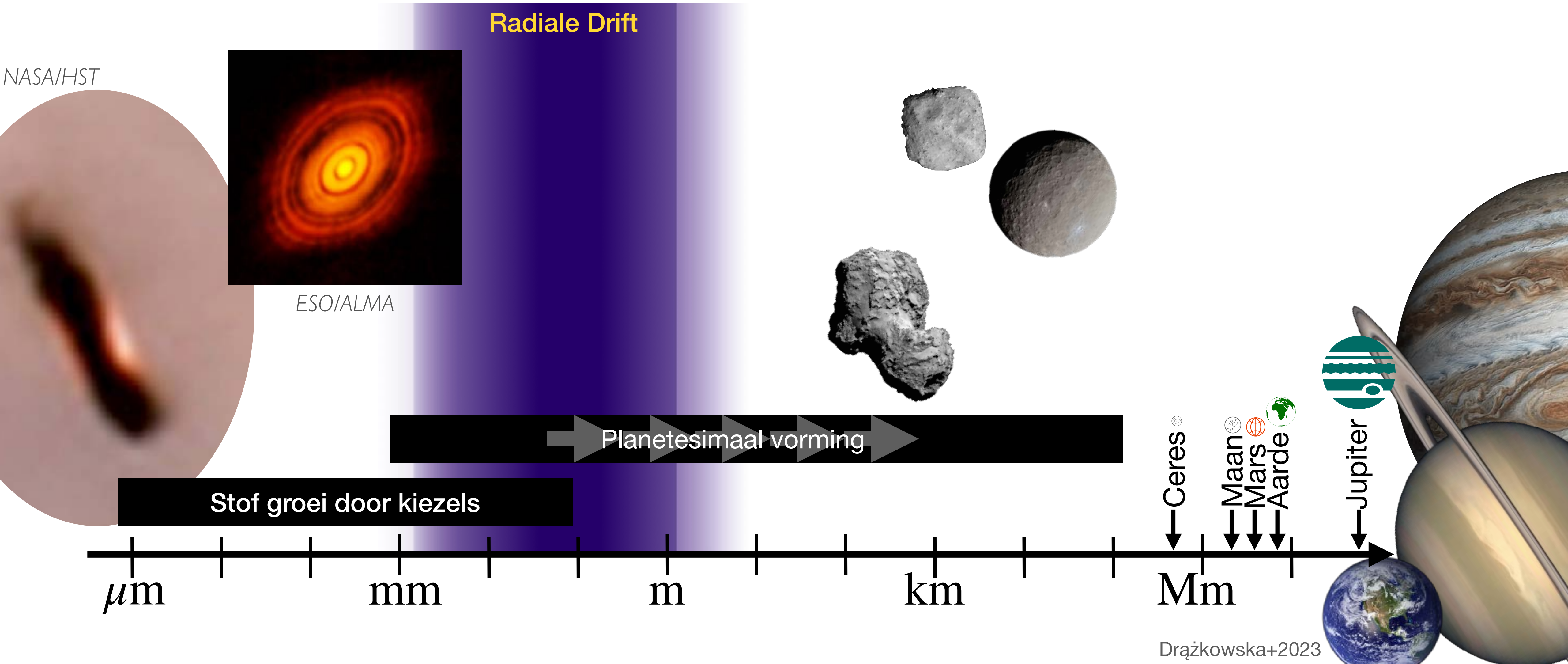
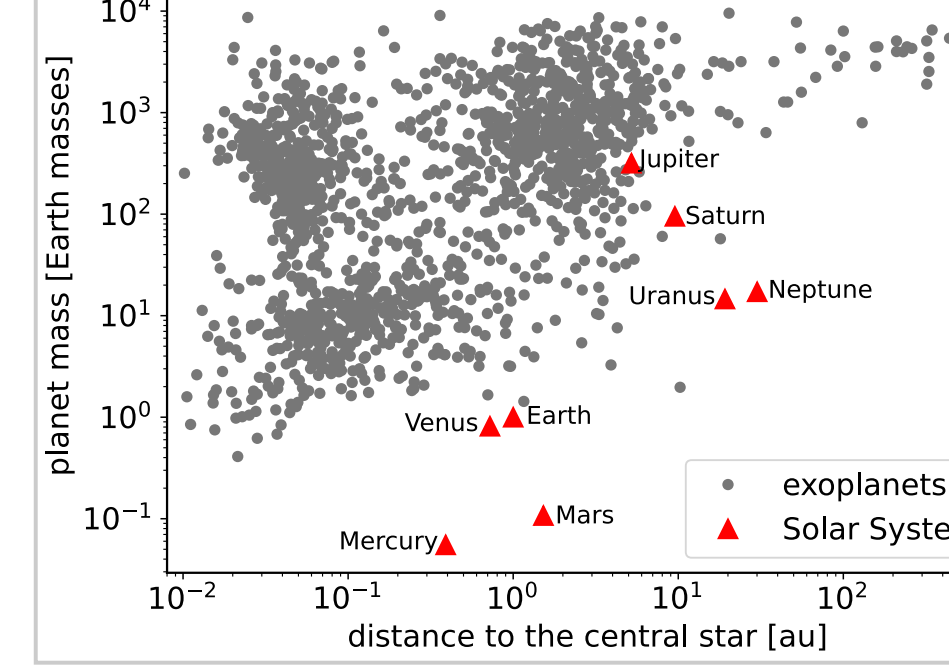
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



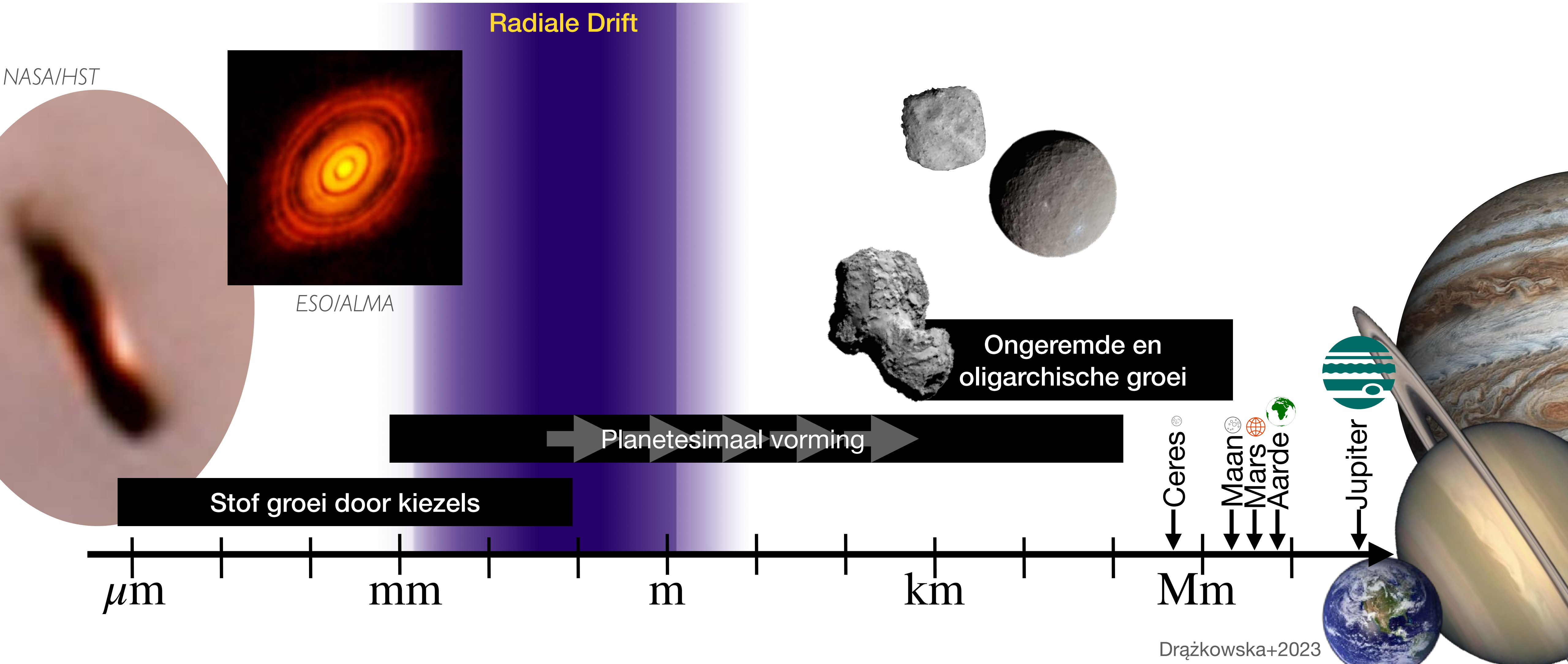
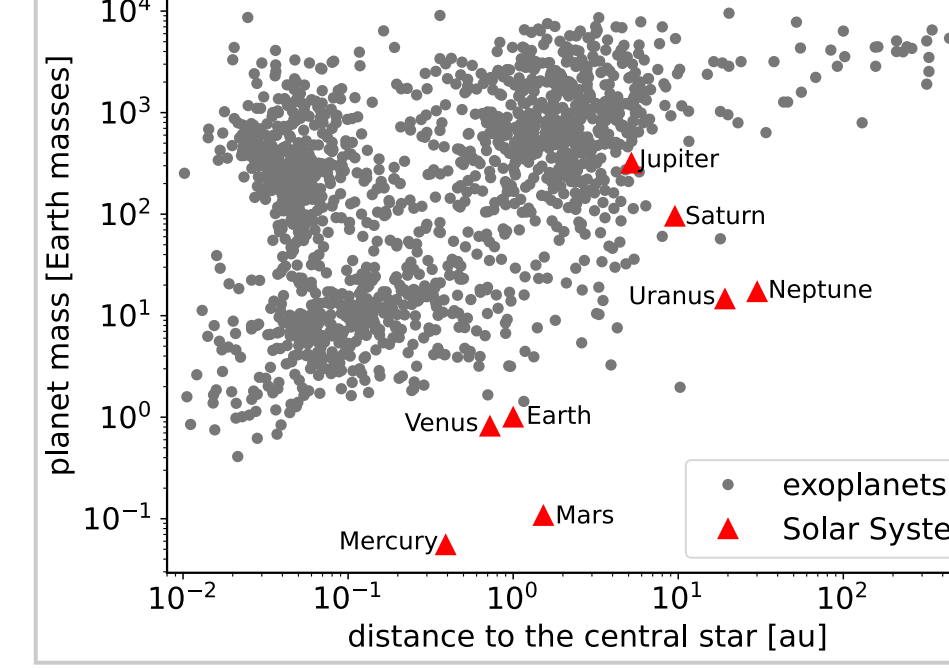
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



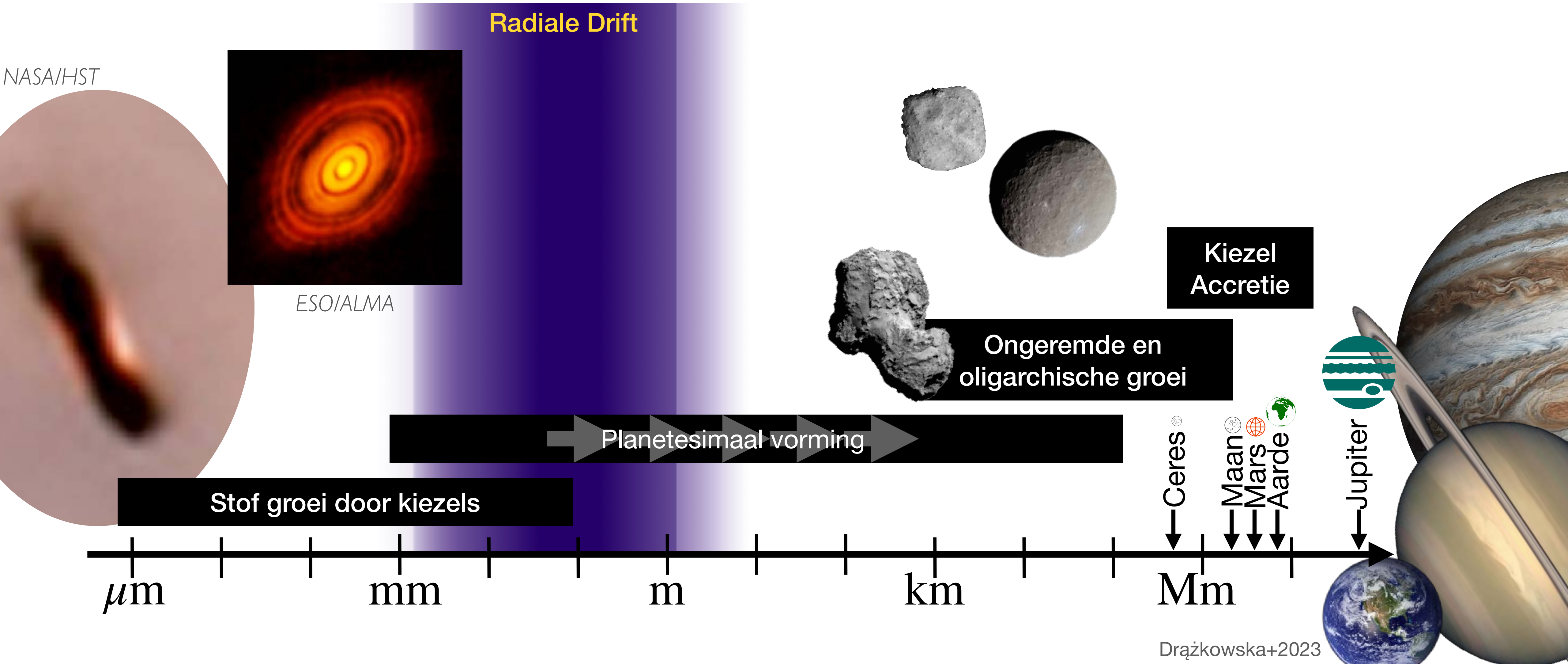
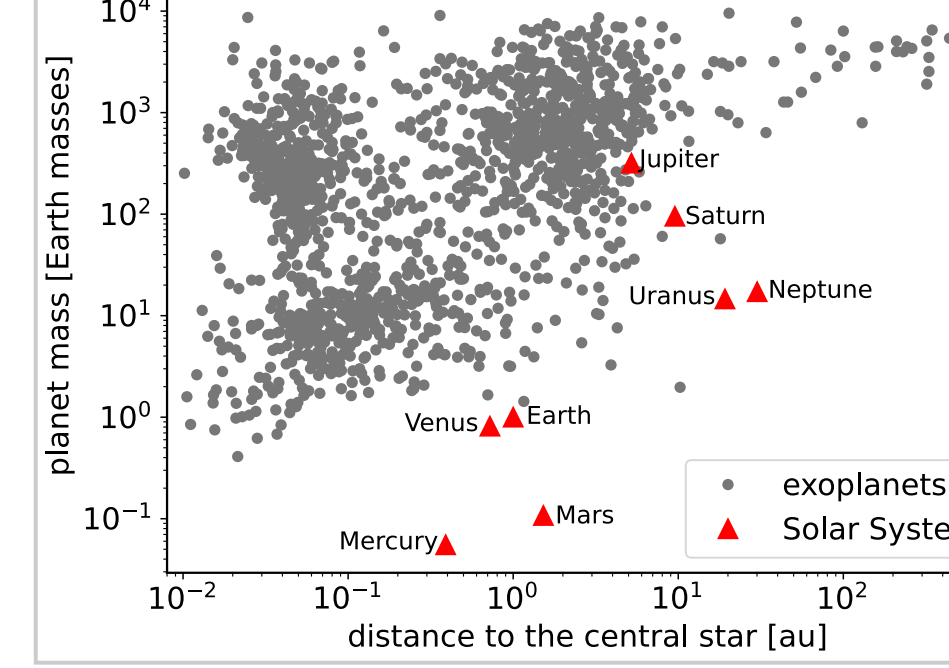
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



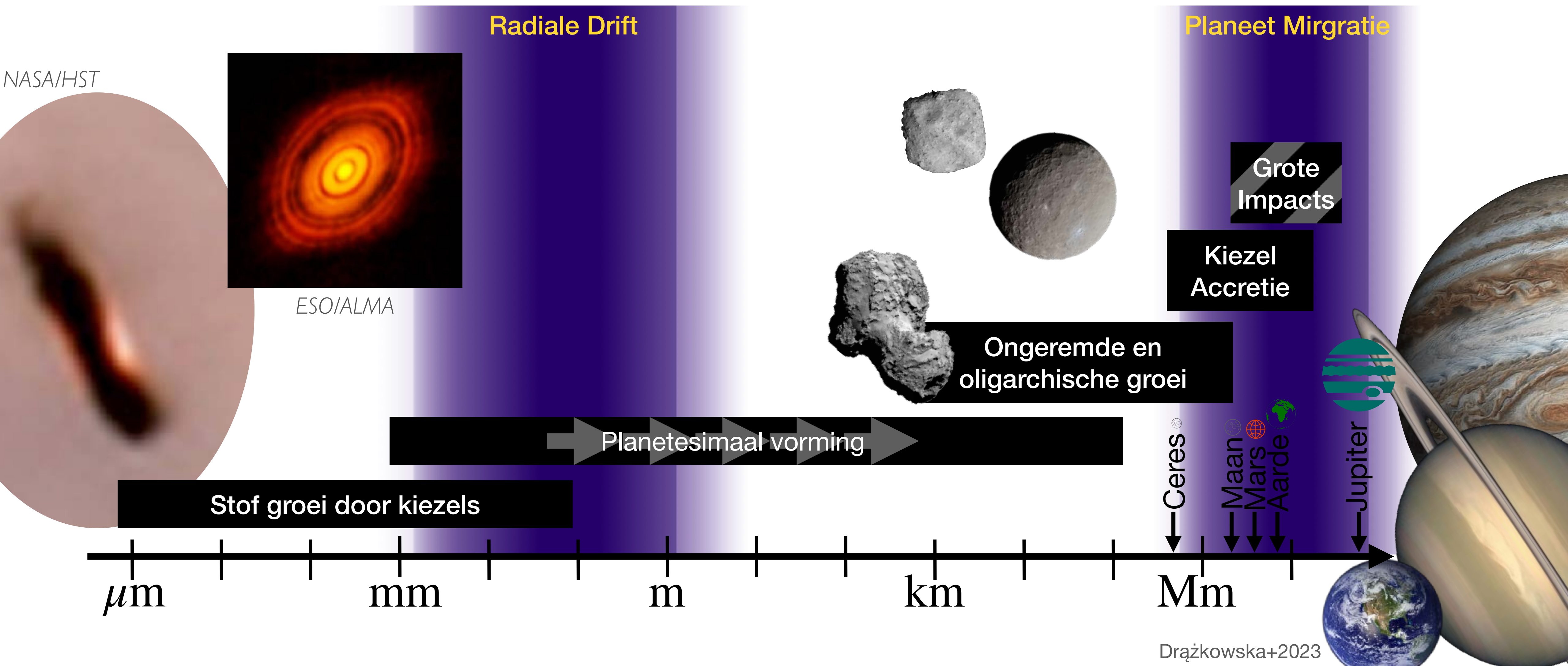
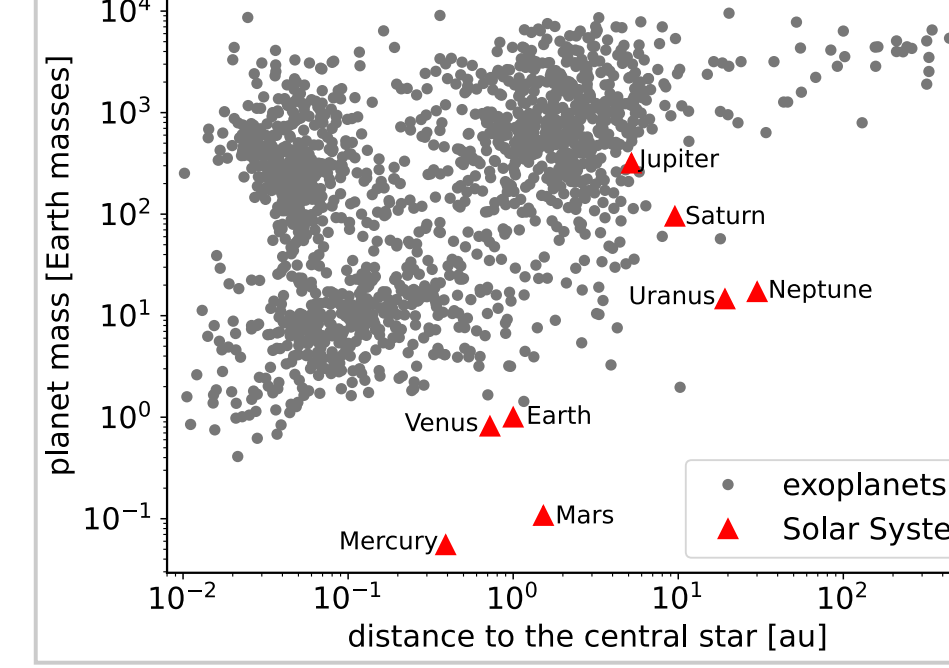
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



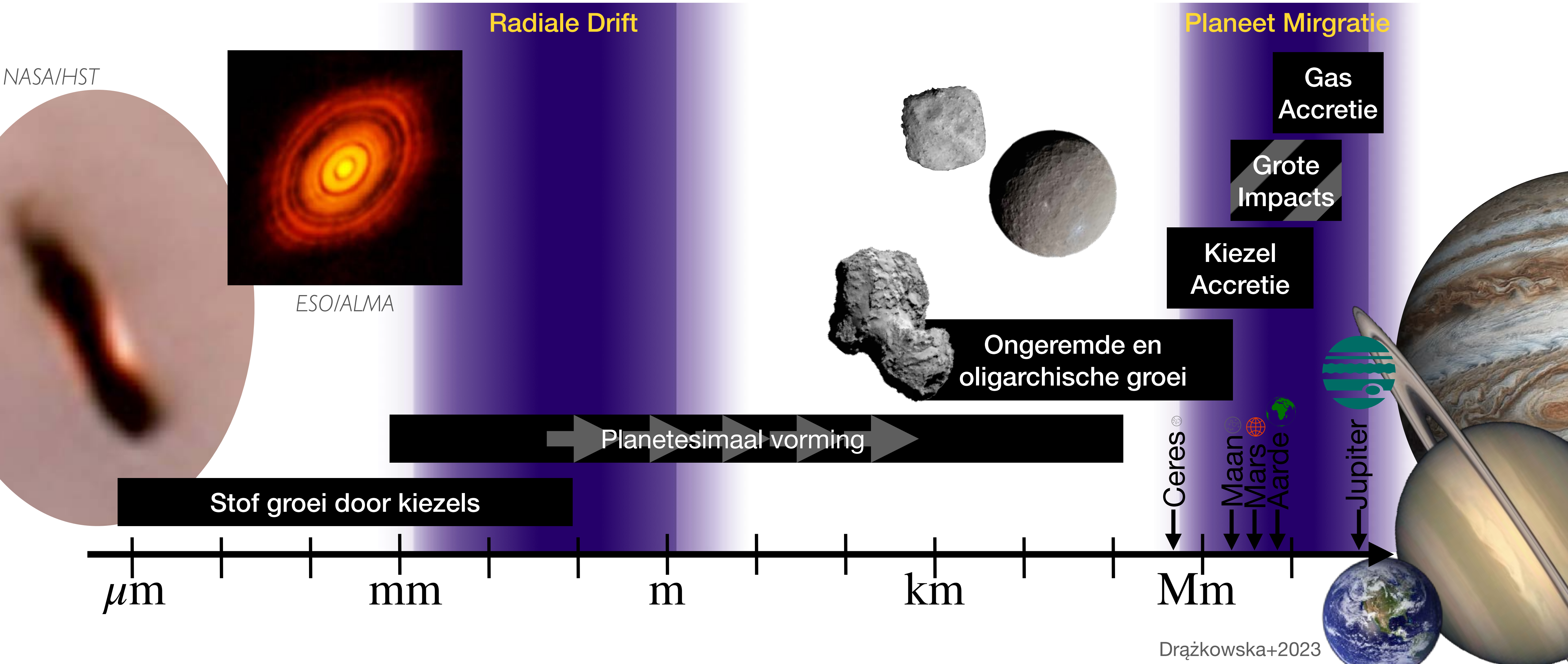
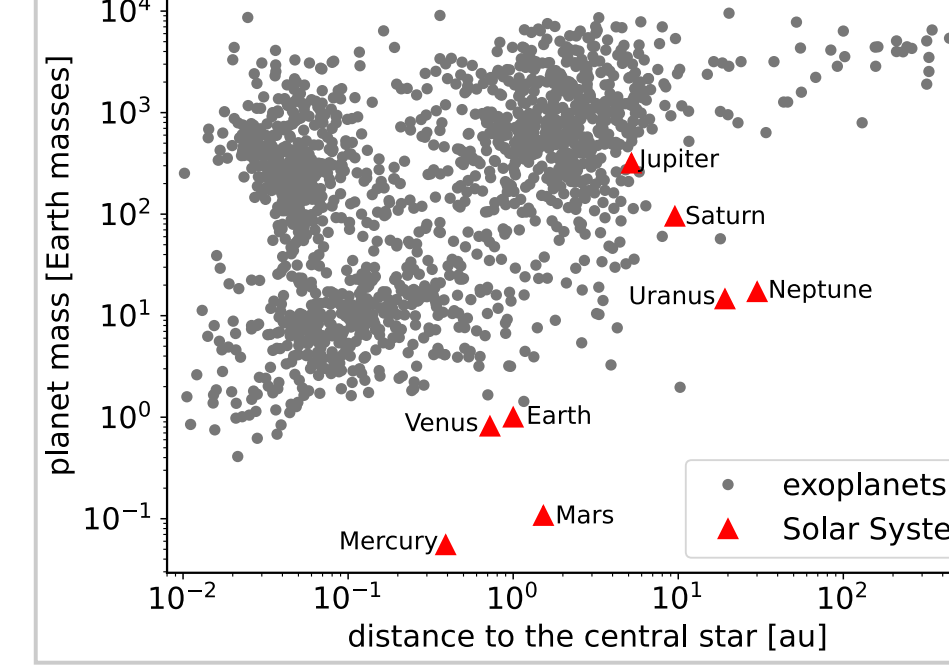
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



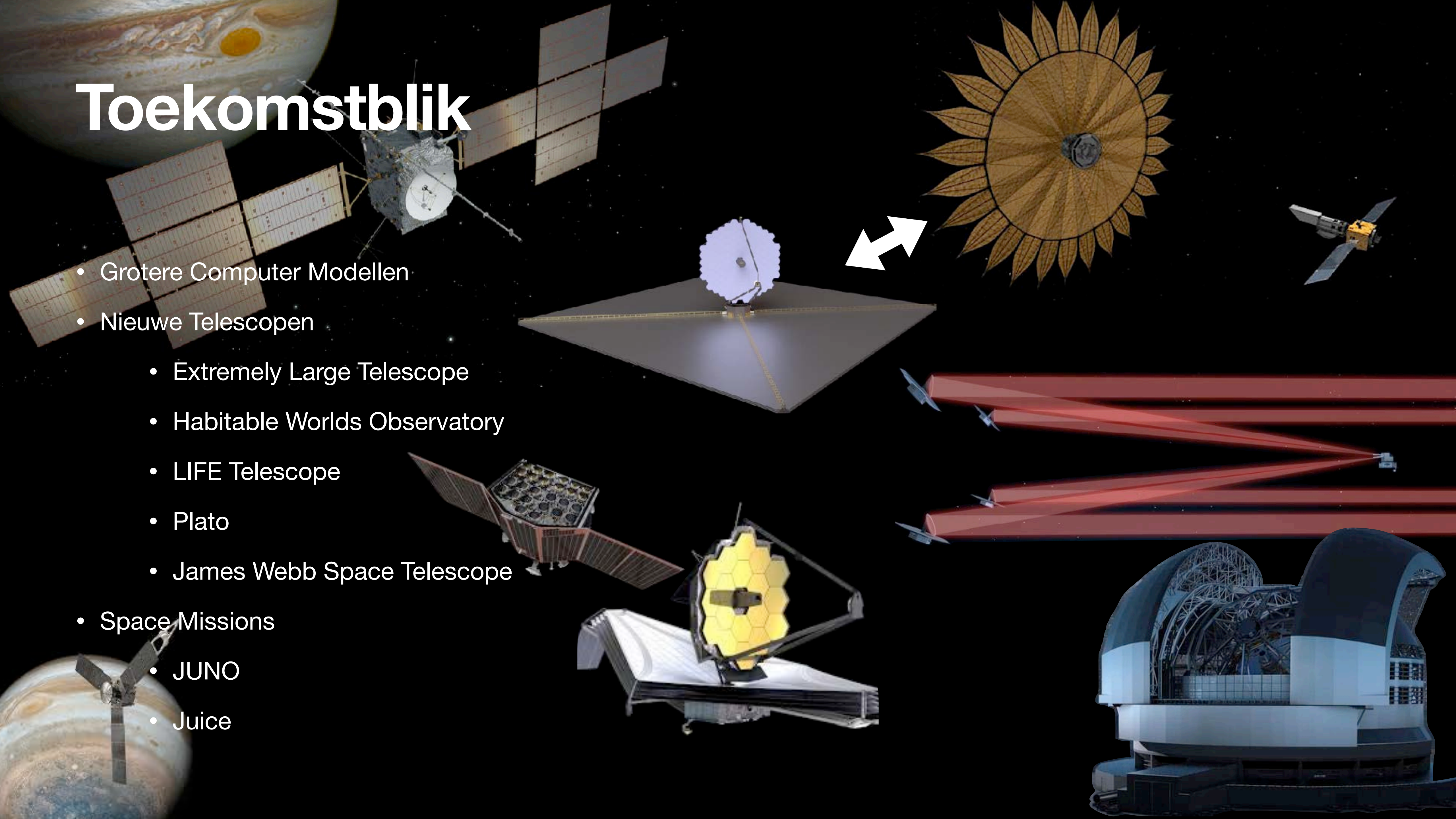
Samenvatting

Van μm naar Gas reus



Toekomstblik

- Grotere Computer Modellen
- Nieuwe Telescopen
 - Extremely Large Telescope
 - Habitable Worlds Observatory
 - LIFE Telescope
 - Plato
 - James Webb Space Telescope
- Space Missions
 - JUNO
 - Juice



Extra: Migratie

Resonantie Ketting: De ringen van Saturnus



Extra: Migratie

Resonantie Ketting: De ringen van Saturnus

