Inleiding Astrofysica

Hoorcollege I

9 september 2019

Wat is astronomie?

Astronomie (ἀστρονομία) is een combinatie van de Griekse woorden ἀστρον (ster) en νομοσ (wet): Objecten aan de hemel gedragen zich niet willekeurig, maar kunnen wetmatig worden beschreven.

Toepassingen?

De oude Grieken

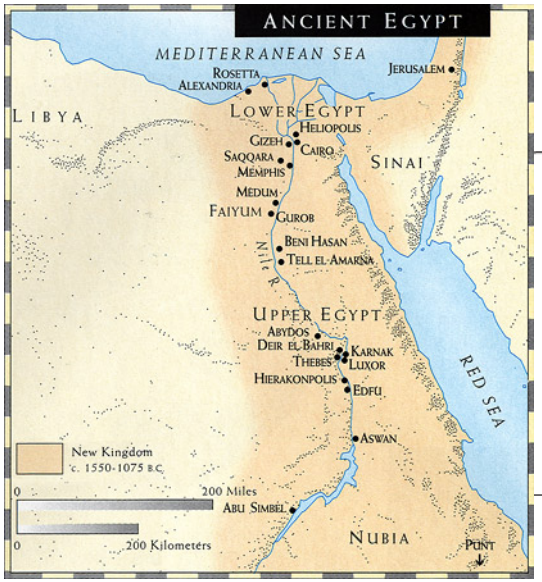
Aristoteles (384-322 v. Chr.): de Aarde is rond, want

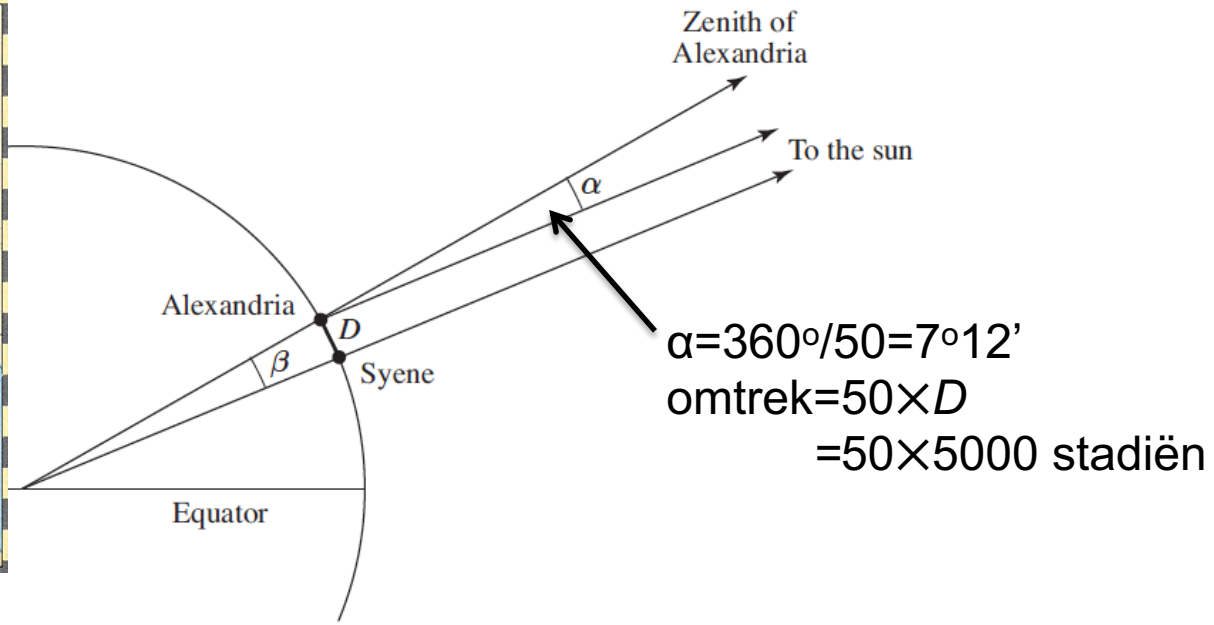
- zwaartekracht trekt dingen naar het centrum.
- de schaduw van de Aarde op de maan tijdens een eclips.
- welke sterren zichtbaar zijn als functie van breedte.
- er zijn olifanten in Marokko en India!?

Aristarchus (310-230 v. Chr.): de Aarde draait om de Zon!

Maar hoe groot is de Aarde? En hoe ver weg staan de Maan en de Zon?

Hoe groot is de Aarde?





Copyright © 2010 Pearson Education, Inc.

Figuur 2.2

Eratostenes(276-195 v. Chr) : de omtrek van de Aarde is 46,000km (werkelijke omtrek is 15% kleiner: 40,000km).

Wat is astrofysica?

Astrofysica *(volgens wikipedia)*

De *astrofysica* is het deel van de sterrenkunde dat de processen die zich afspelen in sterren probeert te verklaren met natuurkundige wetten; meer in het algemeen, probeert astrofysica de processen die in het heelal waarneembaar zijn te verklaren.

Sterrenkunde vs Natuurkunde

Vraag:

Wat is de belangrijkste kracht in het Heelal?

Sterrenkunde vs Natuurkunde

Vraag:

Wat is de belangrijkste kracht in het laboratorium?

Waarom astrofysica?

Vraag:

Waarom is sterrenkunde relevant voor natuurkundigen?

Waarom astrofysica?

Het Heelal is een uniek laboratorium:

- Zeer lage dichtheid → geen wrijving
- Extreme dichtheden/hoge temperaturen → (bijzondere) nucleaire processen
- Extreme zwaartekracht (veel en weinig) → nieuwe natuurkunde

Principe van Copernicus

Wij zijn geen bevoorrechte waarnemers

De natuurkunde op Aarde is dezelfde als elders in het Heelal:

- kennis van de fysica om het Heelal te *begrijpen*.
- het Heelal bestuderen om nieuwe fysica te *ontdekken*.

Principe van Copernicus

"Alle fysica is astrofysica"

Vincent Icke

Moderne astrofysica

Om het Heelal te kunnen begrijpen, hebben we veel moderne natuurkunde nodig.

- Algemene Relativiteitstheorie
- Kwantummechanica
- Kernfysica
- Deeltjesfysica

Deze onderwerpen worden pas in voldoende detail geïntroduceerd tijdens colleges in het 2e en 3e jaar en verder uitgewerkt tijdens colleges in de MSc fase…

Inleiding astrofysica

Dit college is anders dan de andere vakken

Geen detailleerde afleidingen/berekeningen, maar een focus op concepten.

We zullen dus vaak ‘$\propto$’ gebruiken in plaats van ‘=’

Het doel is een “inleiding” om de link met andere vakken in het curriculum te leggen.

Inleiding Astrofysica

- **Doel:** het college Inleiding Astrofysica vormt de basis voor de studie sterrenkunde en fungeert als inleiding voor alle andere sterrenkunde colleges. Verschillende aspecten van de moderne sterrenkunde worden belicht alsmede de link met de natuurkunde.
- **Gerelateerde vakken in het eerste jaar:**
  - Praktische Sterrenkunde
  - Planetenstelsels
- **Gerelateerde vakken in het tweede jaar:**
  - Stars
  - Galaxies and Cosmology

Praktische informatie

- Docent: Prof. Dr. Henk Hoekstra
- Assistenten: Bas Zoutendijk, Aniek van Ogtrop, Christiaan Dik, Marieke Visscher, Amalia Villarrubia, Gerben Jolink en Silvan Toet
- 11 hoorcolleges; 6 werkcolleges
- Alle informatie op de website:

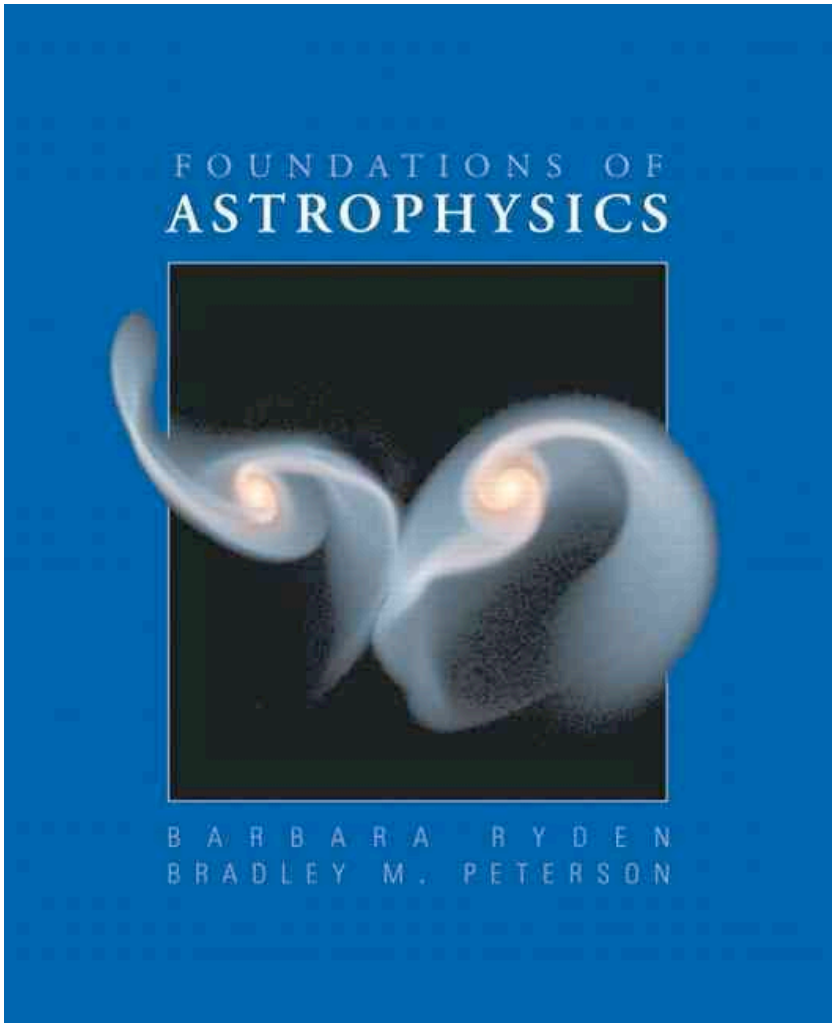
  http://strw.leidenuniv.nl/~hoekstra/TEACHING/IAF/IAF.html

Website

Op de website vind je:

- Schema van colleges
- Slides hoorcolleges
- Opgaves werkcolleges
- Oude tentamens

Foundations of Astrophysics



Het college is gebaseerd op “Foundations of Astrophysics”.

Lees de stof voor het college door zodat je al enige kennis van het onderwerp hebt.

Eventueel is “Astronomy: a physical perspective” (Kutner) te gebruiken als alternatief.

Toetsing

- Schriftelijk tentamen (je moet dit halen):
  - (30%) Deeltentamen op 22 oktober 2019
  - (70%) Eindtentamen op 23 december 2019
- Huiswerkbonus: Indien het gemiddelde huiswerkcijfer hoger is dan het tentamencijfer dan telt het tentamen voor 85% en het huiswerk voor 15%.
  - Cijfer=Max[0.85x(0.3D+0.7T)+0.15H,0.3D+0.7T]
- Als je het tentamen niet hebt gehaald, is er een schriftelijk hertentamen op 24 januari 2020; dit telt voor 100%.

Werkcolleges

- Er zijn 6 werkcolleges; onderverdeling in 6 werkgroepen.
- Registreer jezelf via blackboard!

  Geen registratie, geen indeling in werkgroep.
- Opgaves zijn twee weken van tevoren beschikbaar op de website.
- Elke opgave bevat één of meer inleveropgaves die voor aanvang van het desbetreffende werkcollege moeten worden ingeleverd om in aanmerking te komen voor de huiswerkbonus.
- Uitwerkingen worden **niet** elektronisch beschikbaar gesteld.

Onderwerpen hoorcolleges

- Zwaartekracht
- Interactie van straling en materie
- Detectie van licht
- Zon en het zonnestelsel
- Het zonnestelsel in perspectief
- Sterren
- Sterevolutie
- Melkweg en andere sterrenstelsels
- Kosmologie

Vragen?

Sterrenkunde is empirisch

Vraag:

Hoeveel sterren kun je met het blote oog zien?

Sterrenkunde is empirisch

Vraag:

Wat is het verste object dat je met het blote oog kunt zien?

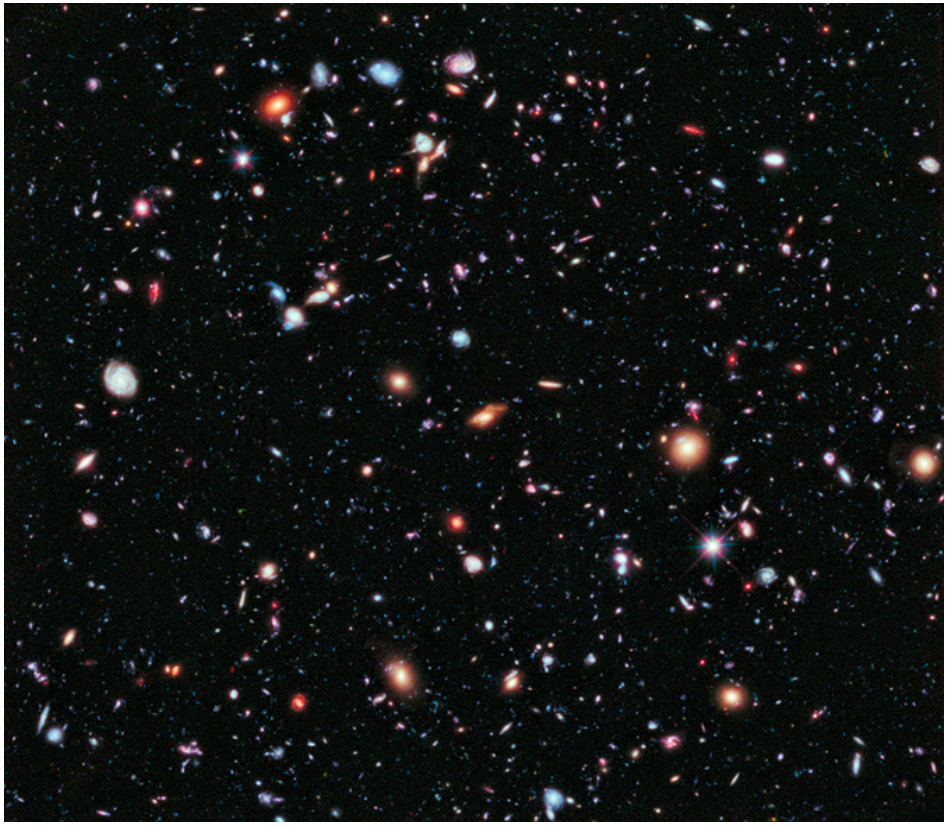
Sterrenkunde is empirisch

Vraag:

Hoeveel sterren zijn er in het waarneembare Heelal?

Dieper kijken

In het Ultra Deep Field zien we ~10.000 melkwegstelsels → 1.7×10^{11} zichtbare melkwegstelsels aan de hele hemel!



Sterrenkunde is empirisch

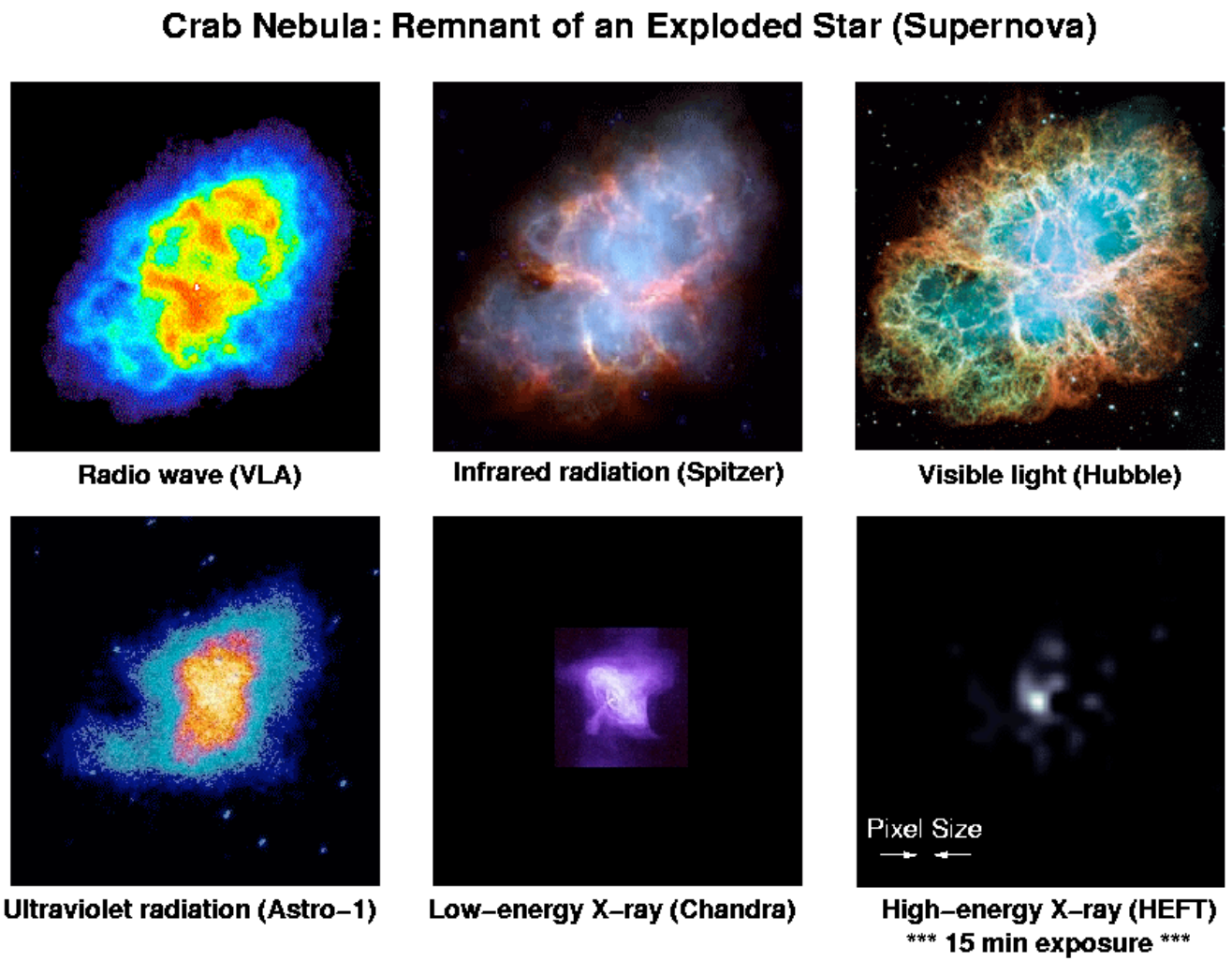
Vooruitgang wordt (deels) bepaald door ons vermogen om steeds beter naar het Heelal te kijken.

- Dieper en scherper kijken.
- Het hele elektromagnetisch spectrum waarnemen.
- Neutrino's waarnemen.
- Zwaartekrachtsgolven waarnemen.

Astrofysische vragen

- Hoe vormen sterren?
- Waarom “branden” sterren?
- Waarom hebben veel sterren planeten?
- Hoe vormen melkwegstelsels?
- Hoe werkt het Heelal?
- …

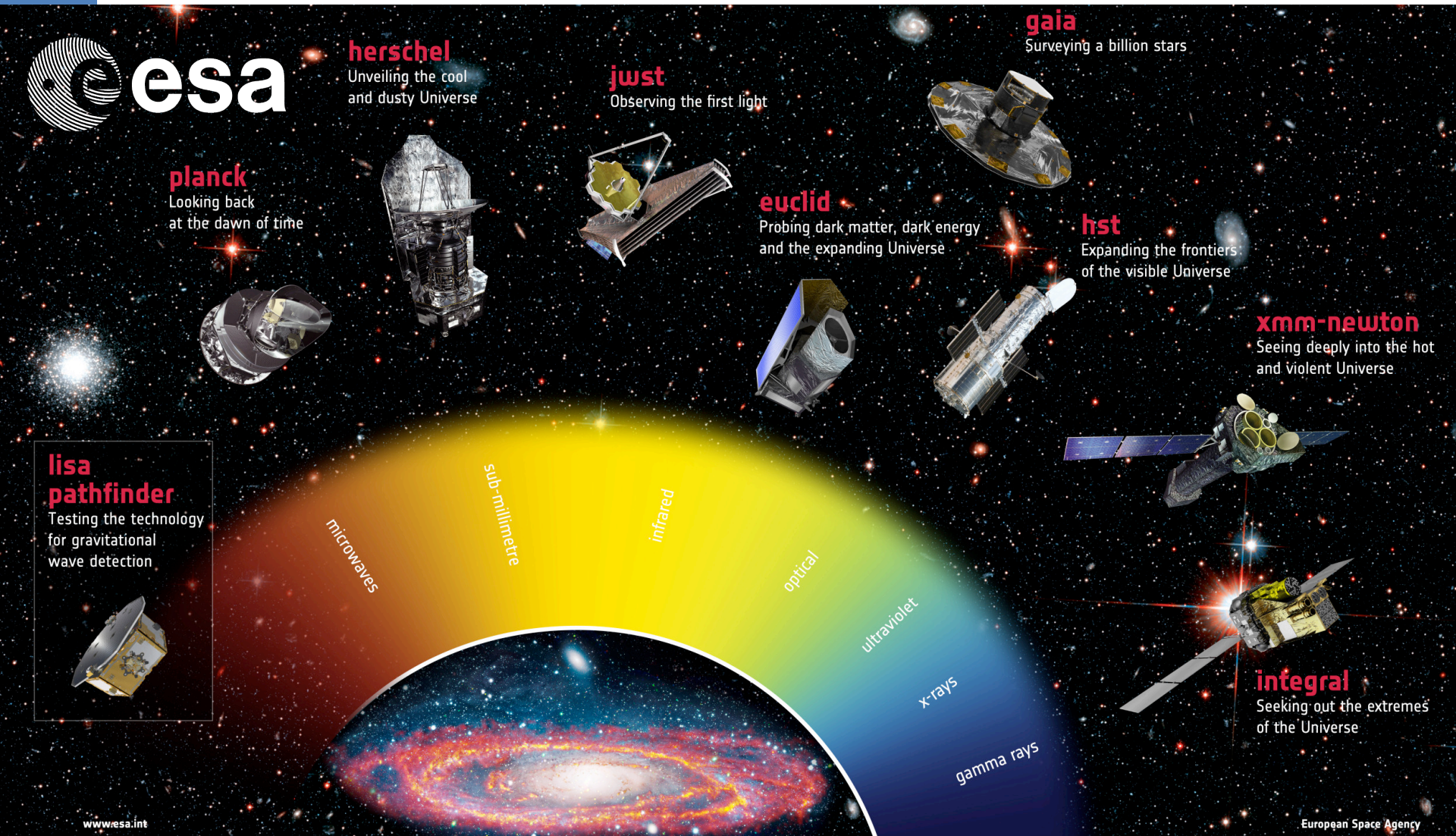
Andere golflengte → andere processen



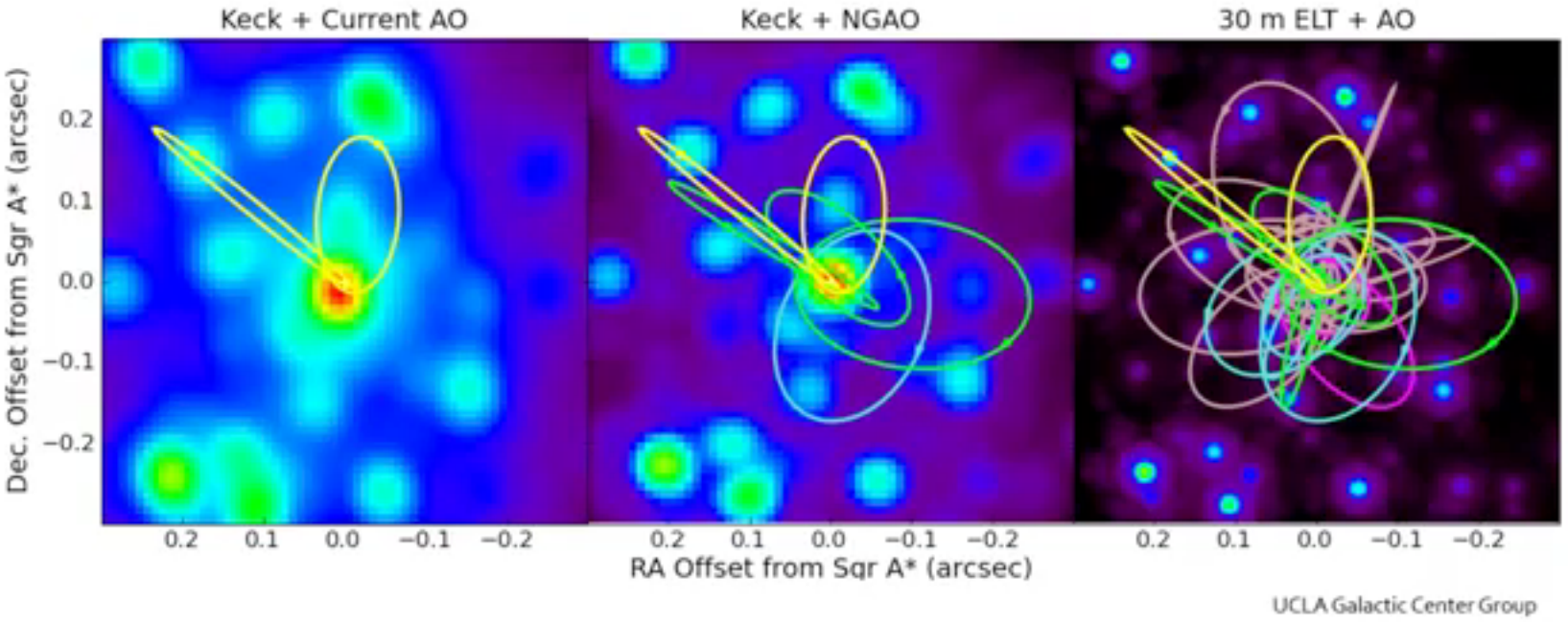
Andere golflengte → andere processen

Betere/andere telescopen

Betere/andere telescopen



Scherper kijken



De sterren in het centrum bewegen rond een zwaar, maar onzichtbaar object Sagittarius A* met een massa van $4.1 \times 10^6 M_\odot$ → een **supermassief zwart gat**!

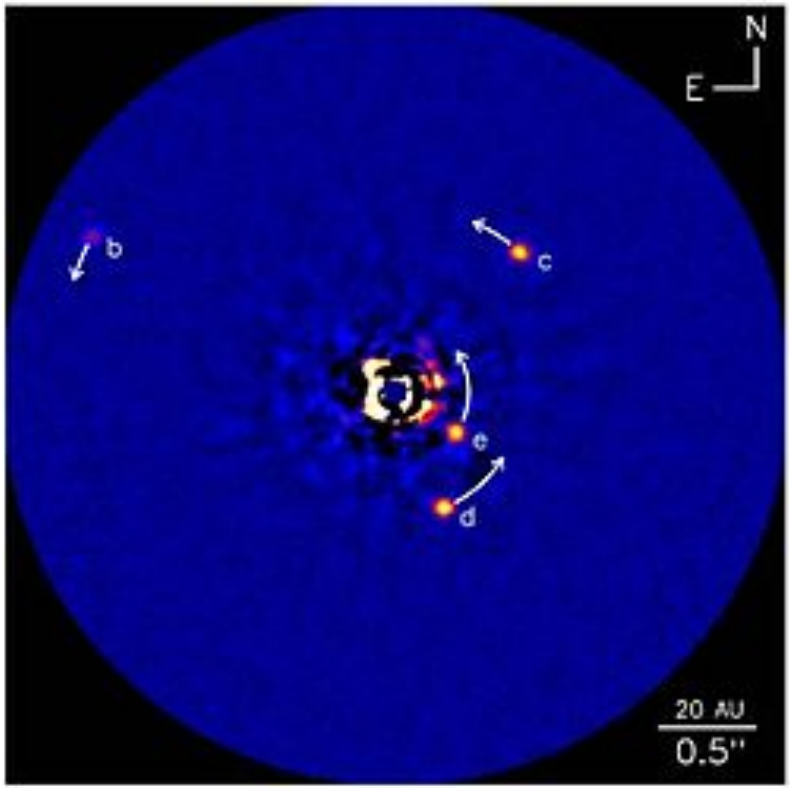
Scherper kijken

“Schaduw” van een zwart gat met een massa van $6{,}5 \times 10^9 M_\odot$ in Messier 87 (op een afstand van 53,5 miljoen lichtjaar) waargenomen met de Event Horizon Telescope.

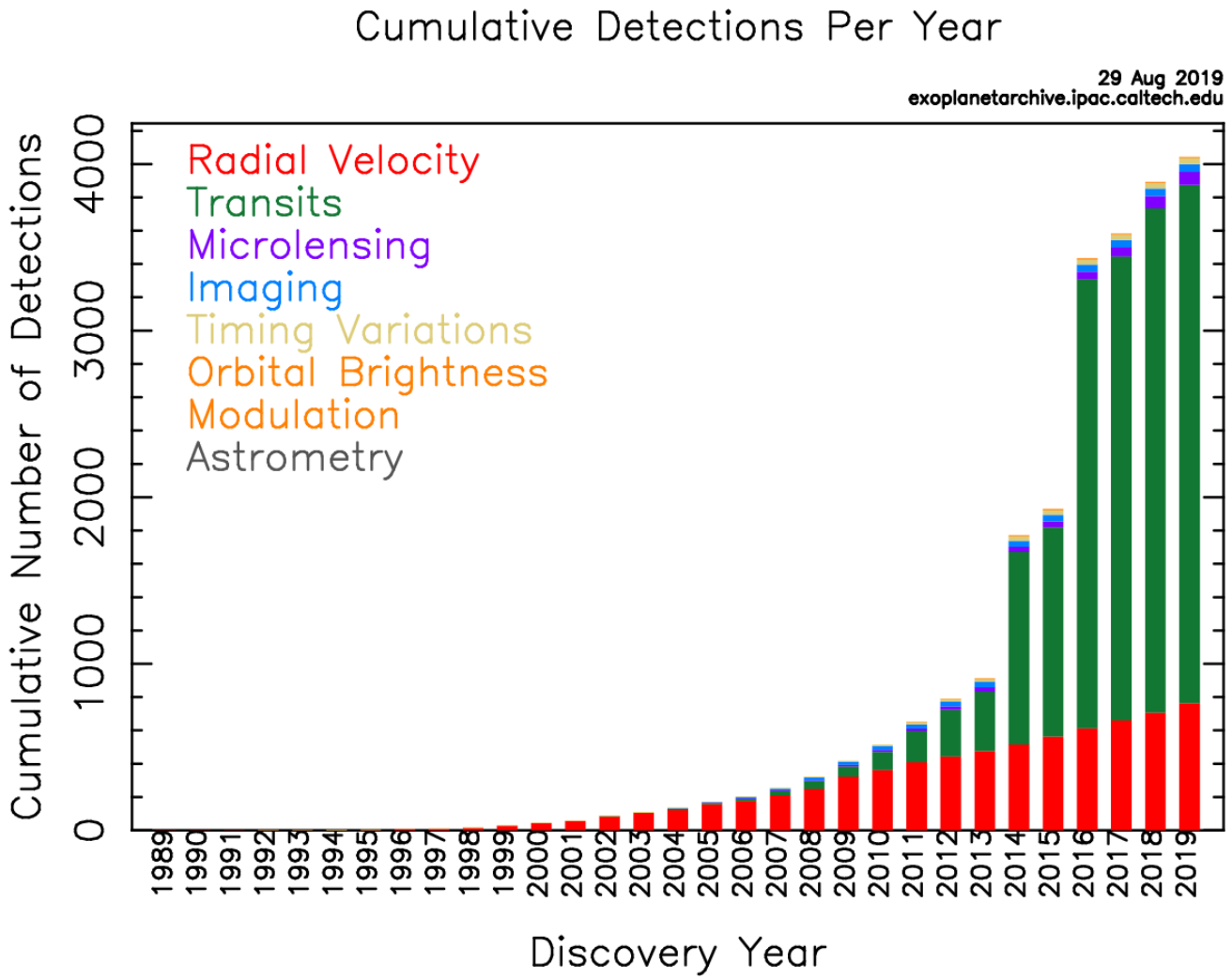
Scherper kijken

Direct Imaging: het direct waarnemen van een exoplaneet vergt heel scherpe foto's (adaptieve optiek) en onderdrukking van het sterlicht (coronograaf)

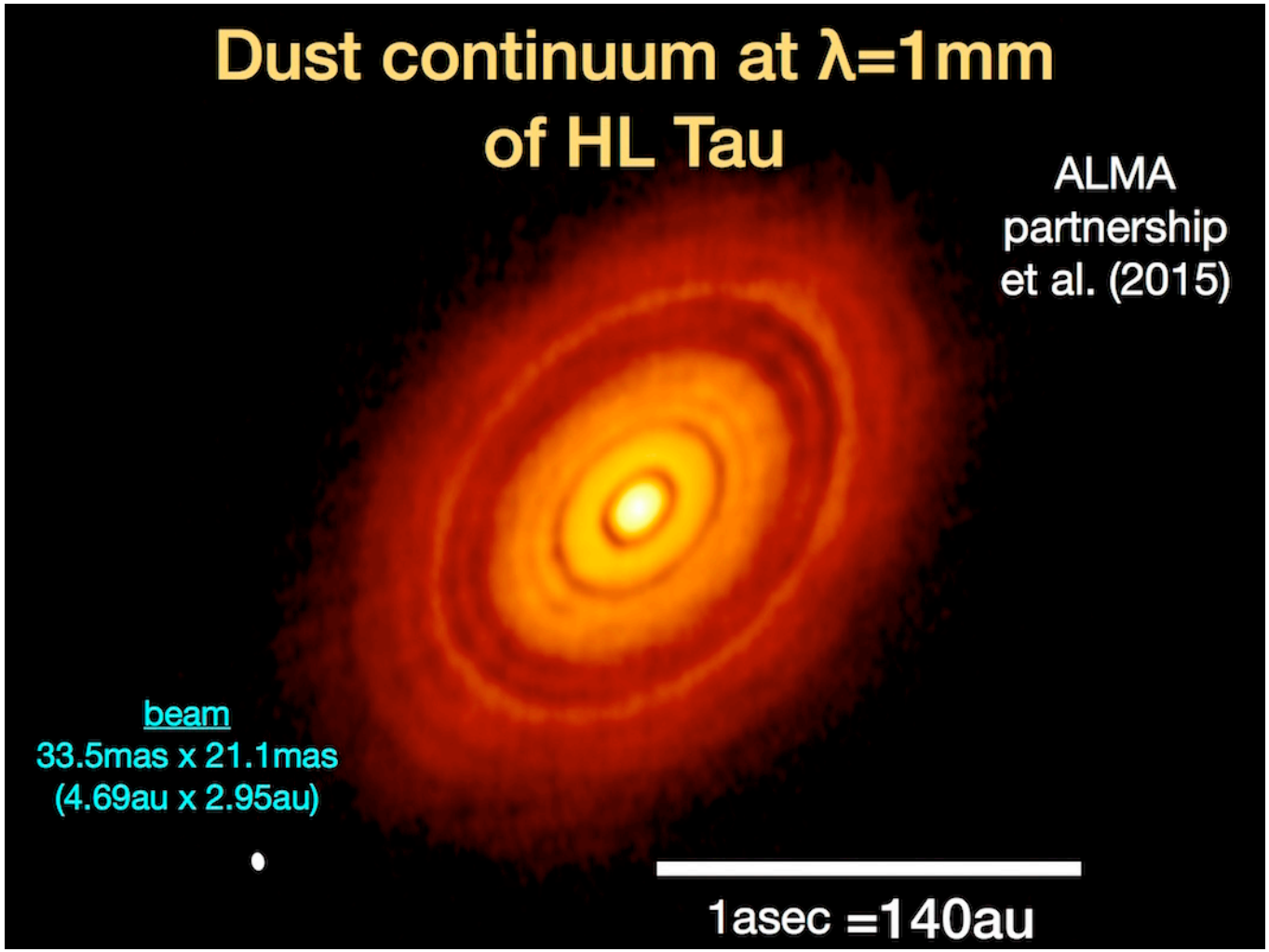
Dit werkt vooral goed bij jonge planeetsystemen die nog warm zijn van formatie: zoals hete Jupiters.



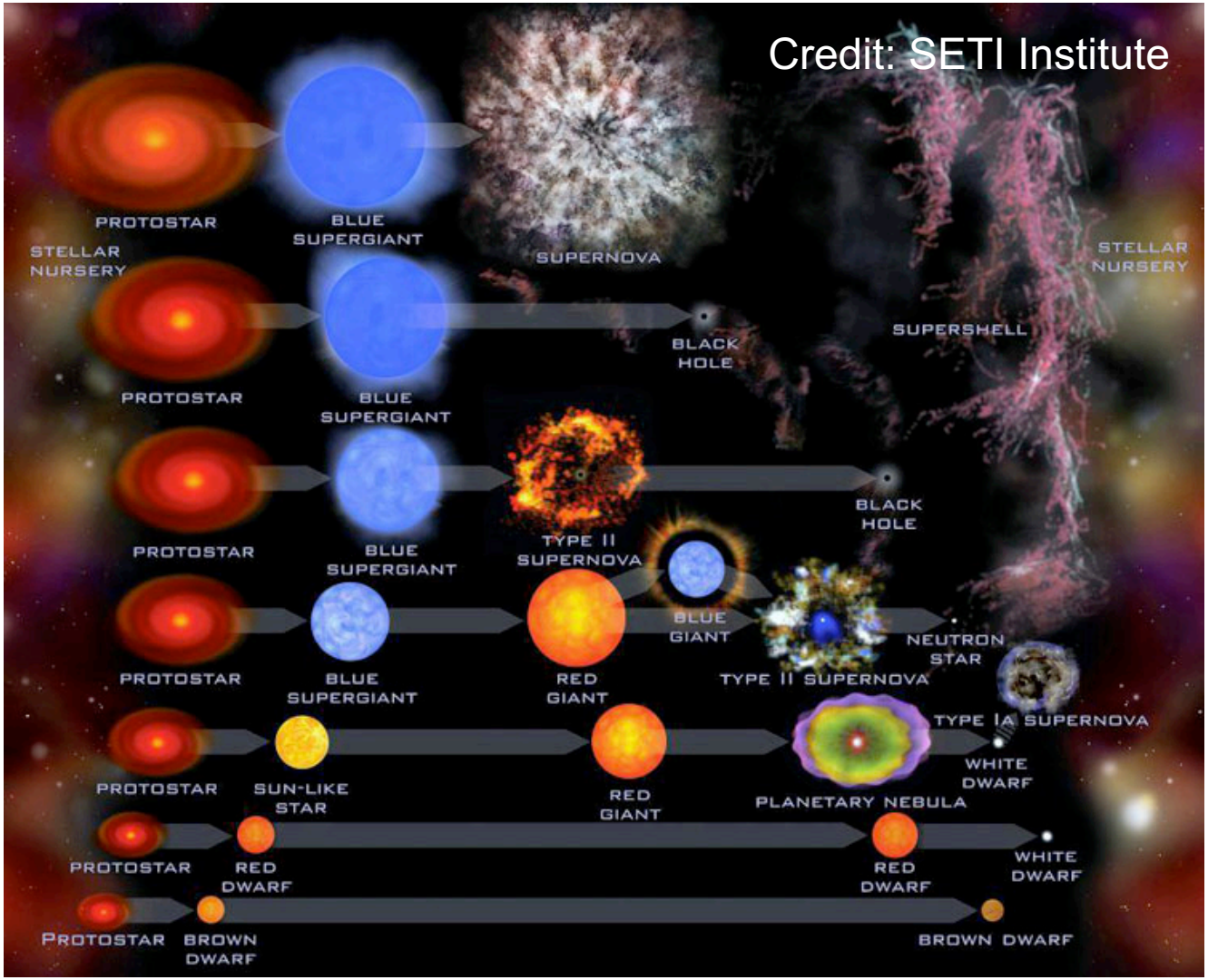
Er zijn heel veel planeten!



Hoe vormen planeten (en sterren)?



Hoe evolueren sterren?



Moderne kosmologie

Dankzij technologische ontwikkelingen is ons beeld van het Heelal in de afgelopen eeuw enorm veranderd.

Statisch Heelal bestaande uit de Melkweg (Kapteyn, 1922)

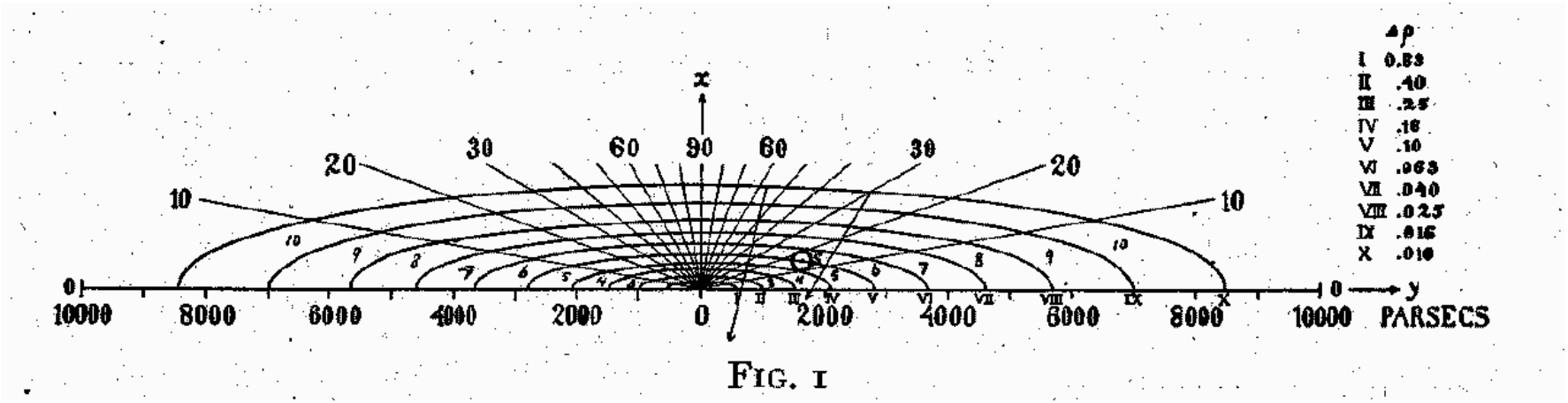
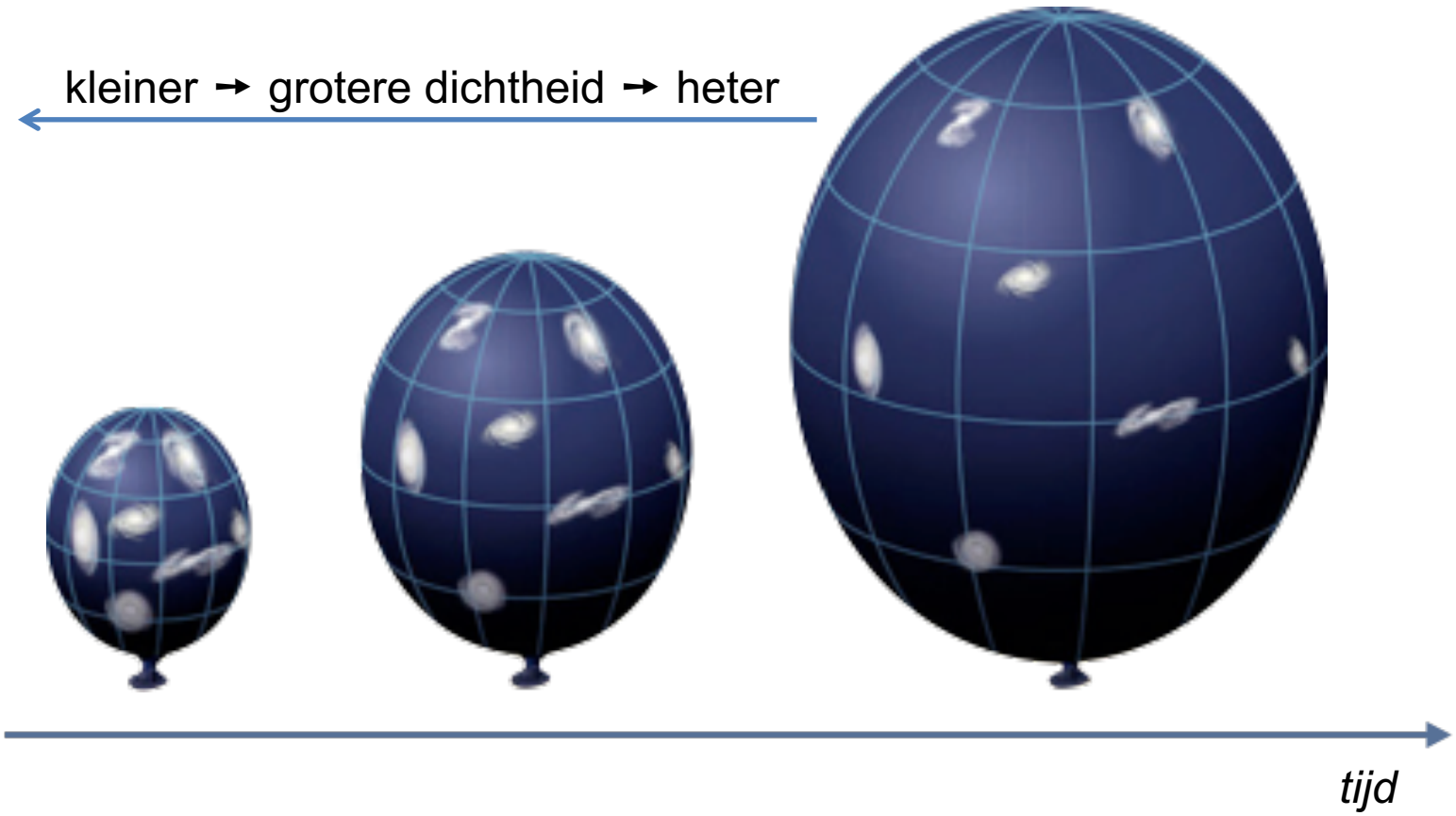


FIG. 1

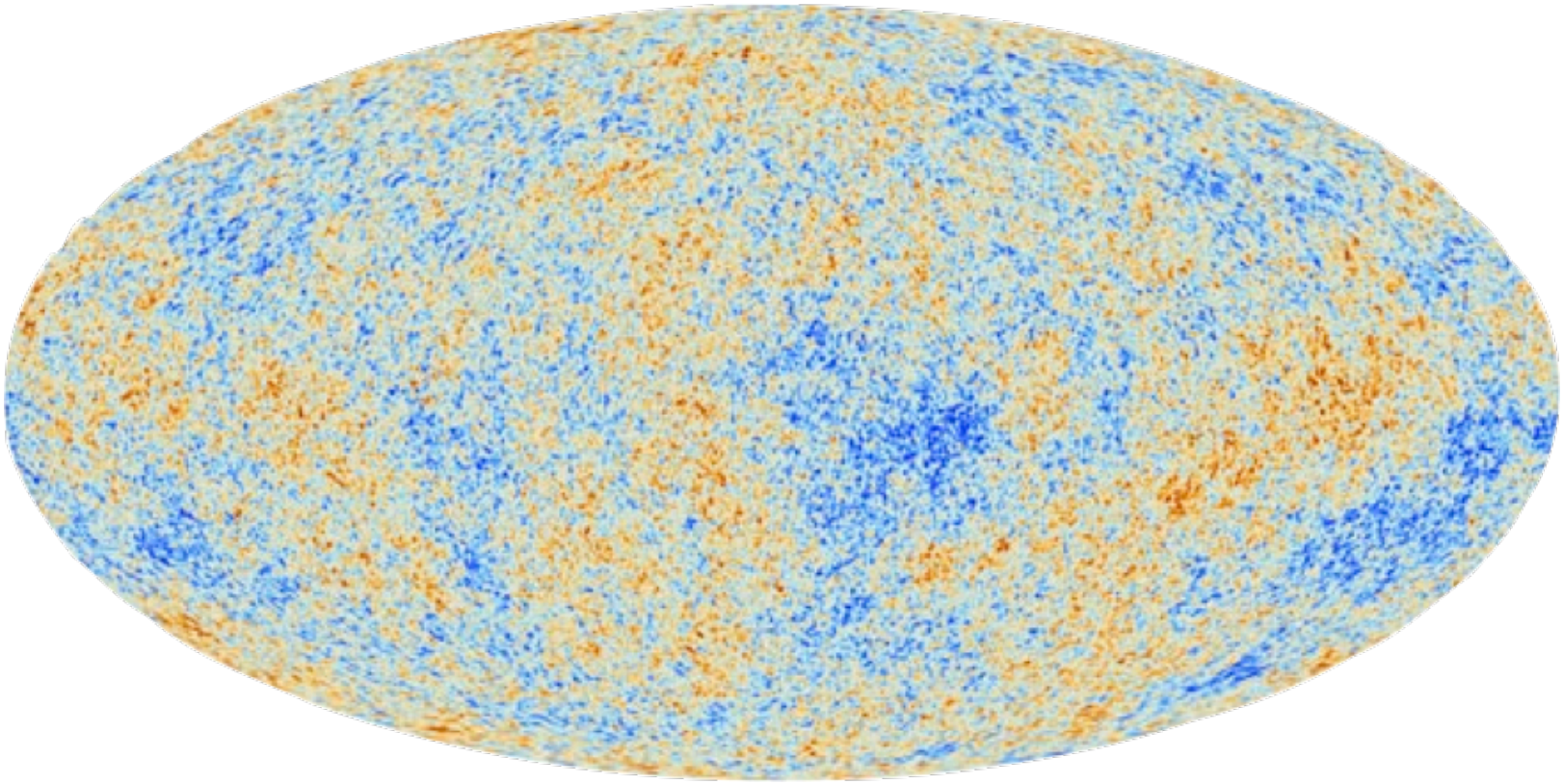
Moderne kosmologie

Uitdijend Heelal + Oerknal (Lemaître 1927, Hubble 1929)



Moderne kosmologie

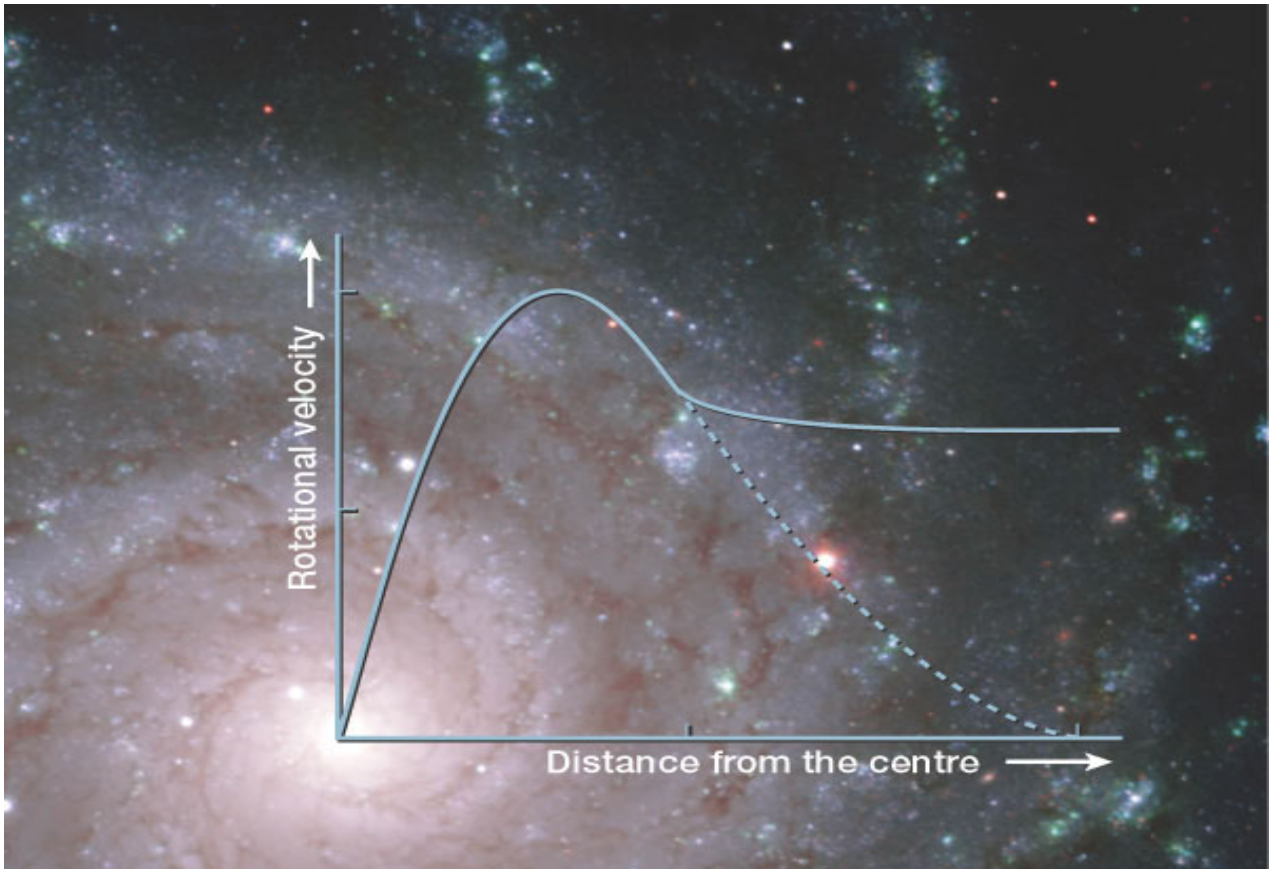
Kosmische achtergrond straling (Penzias & Wilson 1964)



Recente resultaten van de *Planck* satelliet

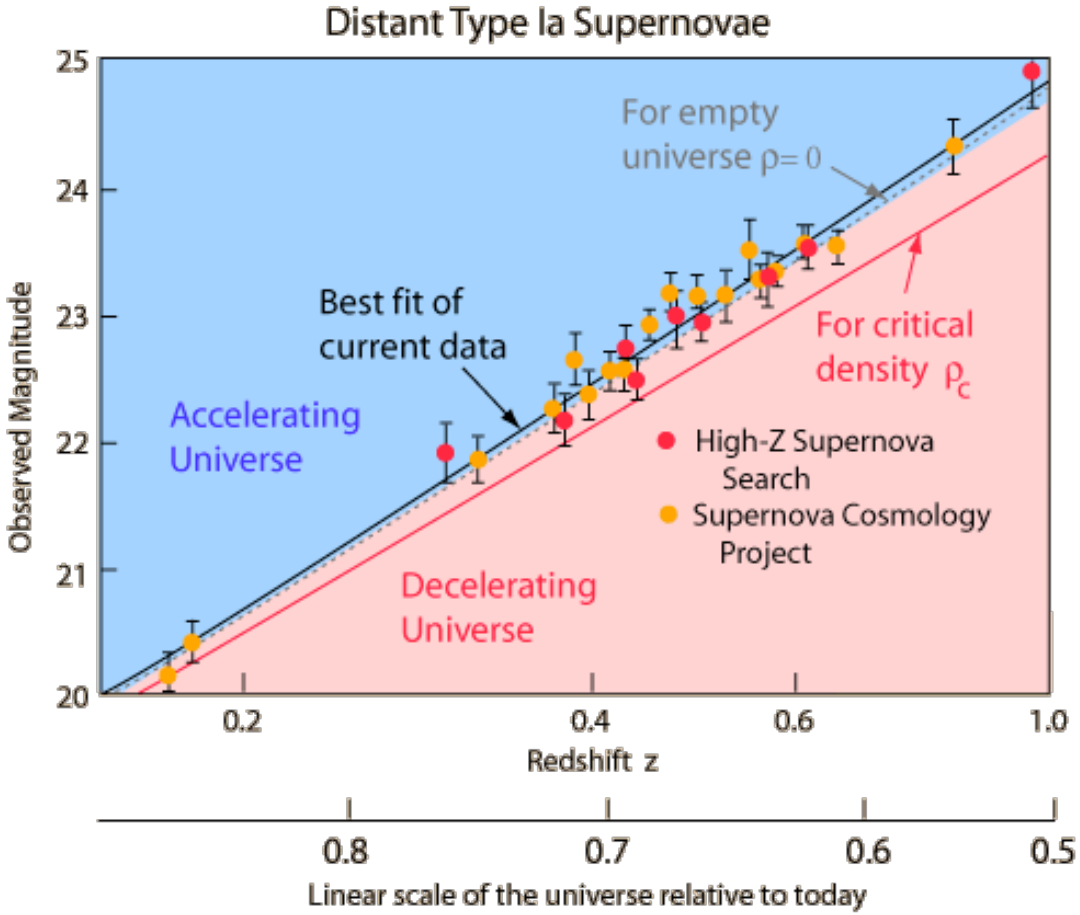
Moderne kosmologie

Ontdekking van donkere materie (ca. 1980)

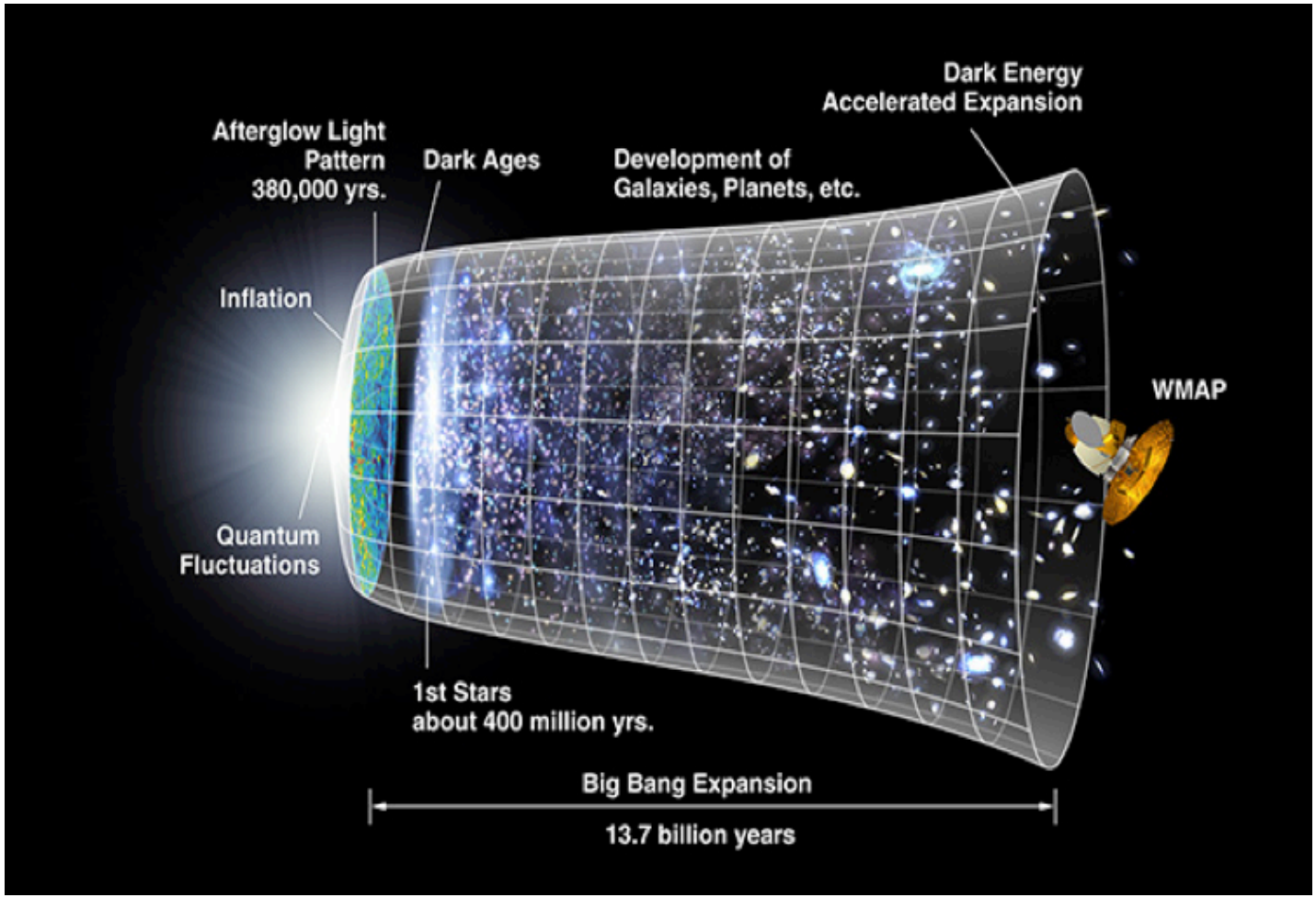


Moderne kosmologie

Ontdekking van donkere energie (1998)



Nog veel open vragen!



Vragen?

Geschiedenis van de sterrenkunde

Lees hoofdstuk 2 over Griekse sterrenkunde
(je hoeft geen afleidingen te bestuderen)