

Heelal de vrieskist in?

Gijs Nelemans/Paul Groot
Radboud Universiteit Nijmegen

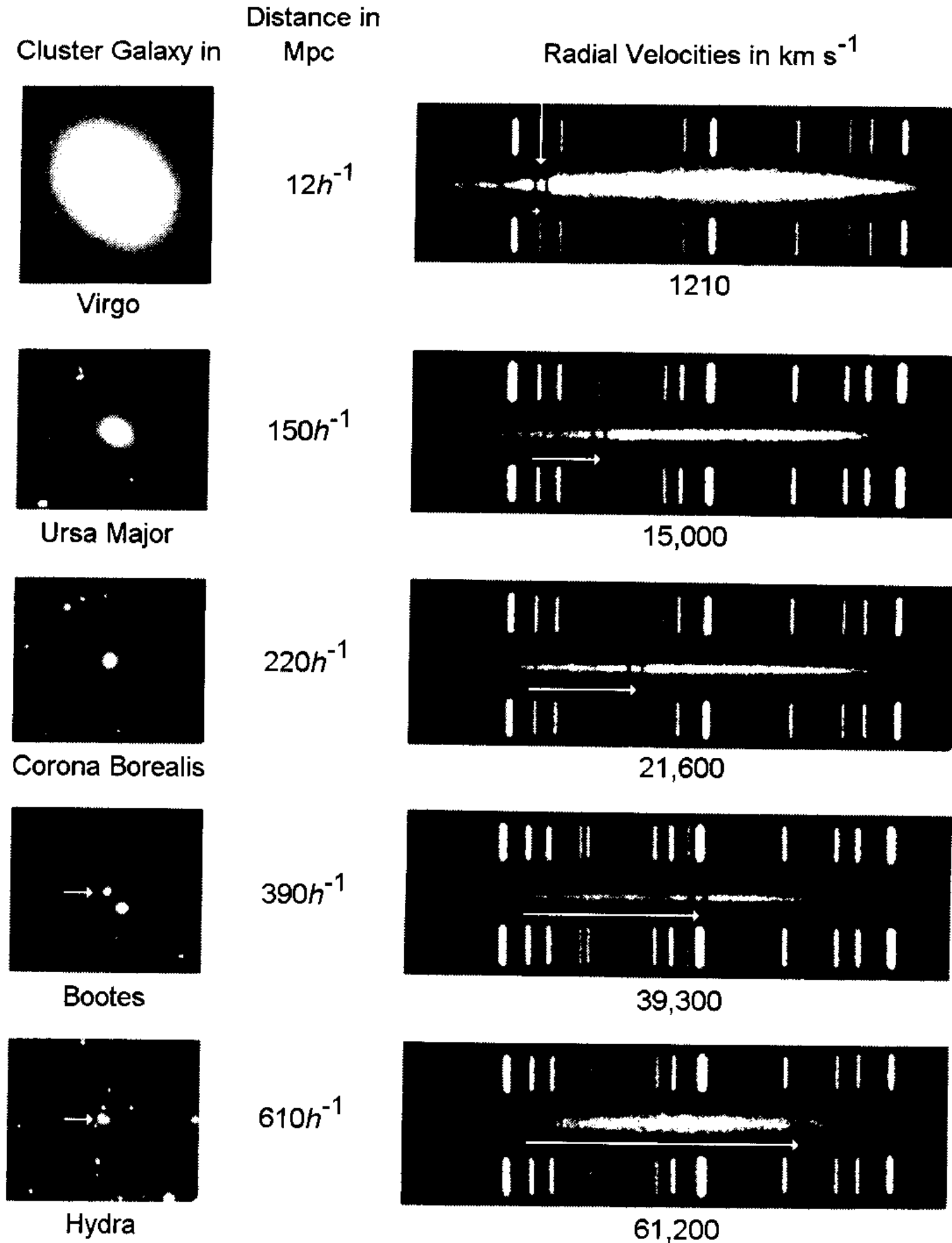
Radboud Universiteit Nijmegen



Het heelal

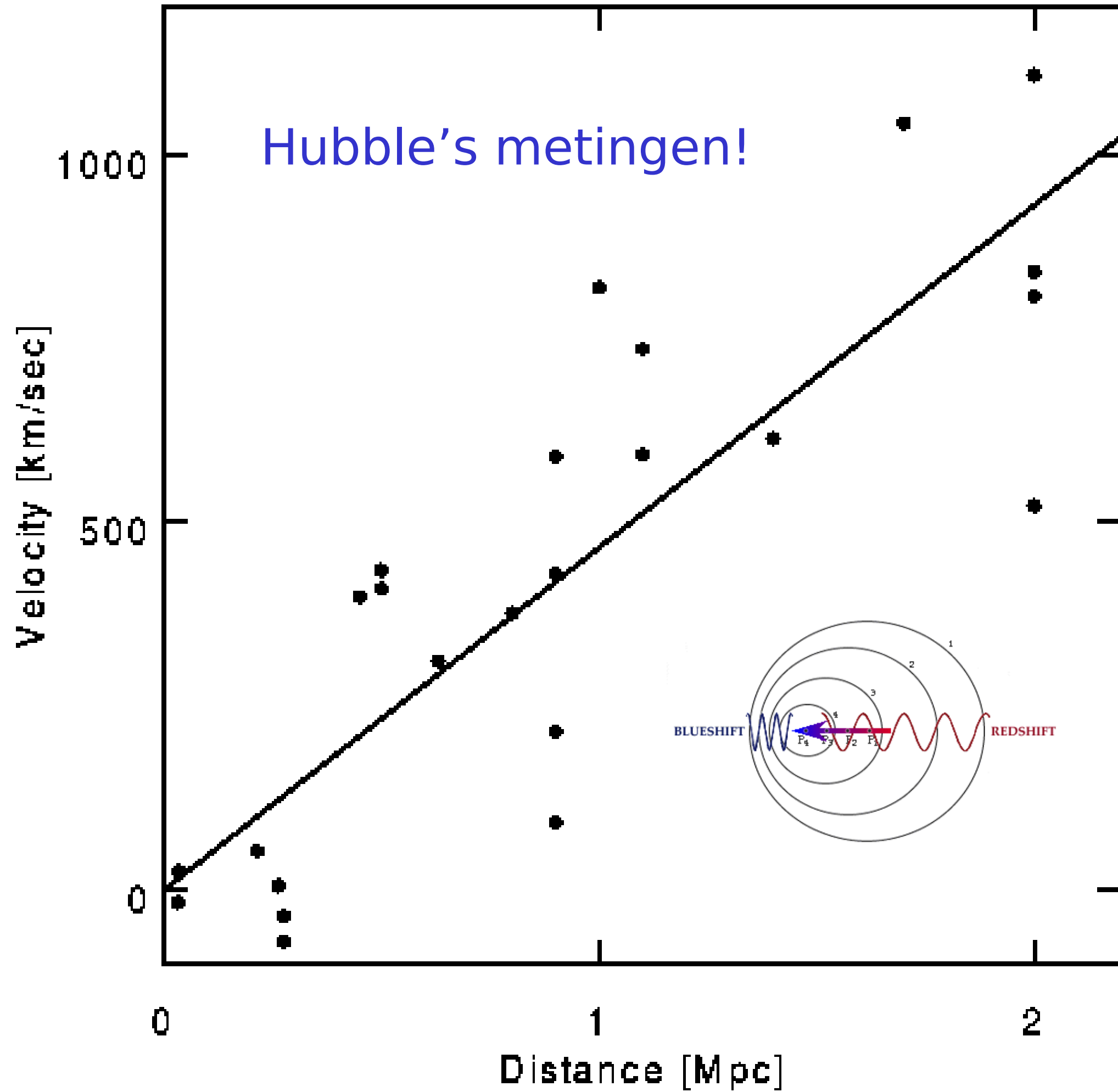


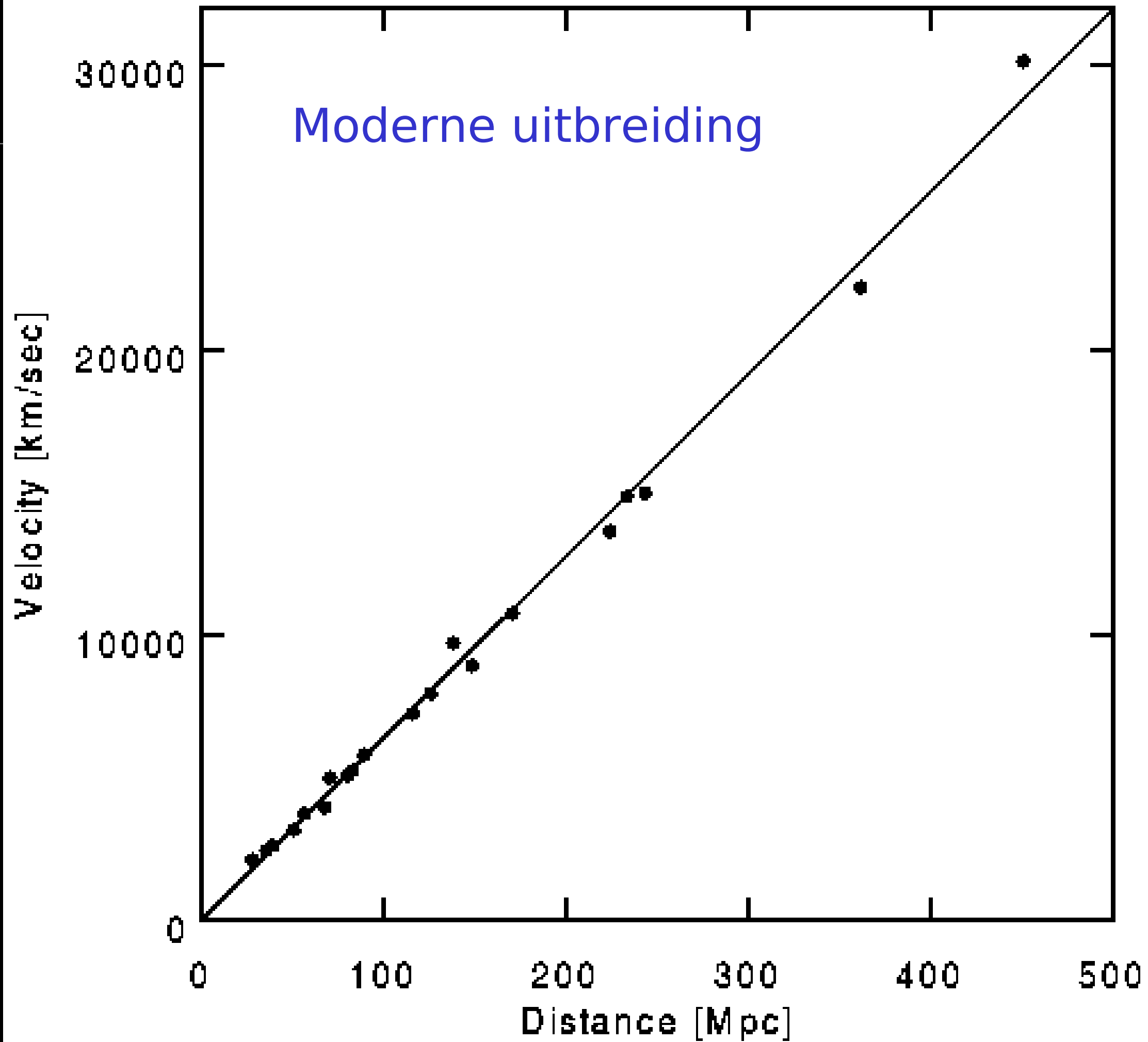
Dopplereffect en Uitdijing heelal



Wet van Hubble

$$v = H_o r$$

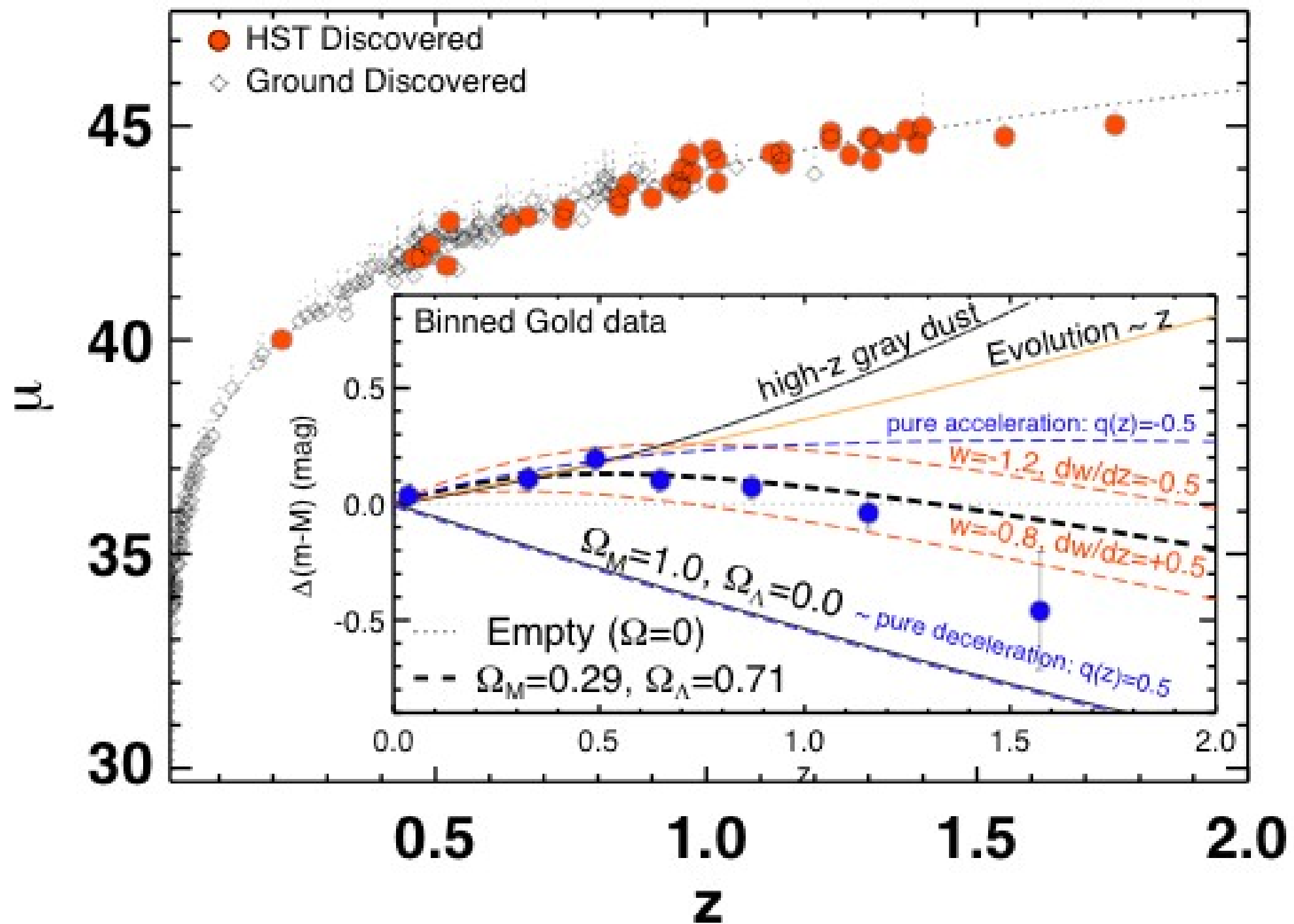




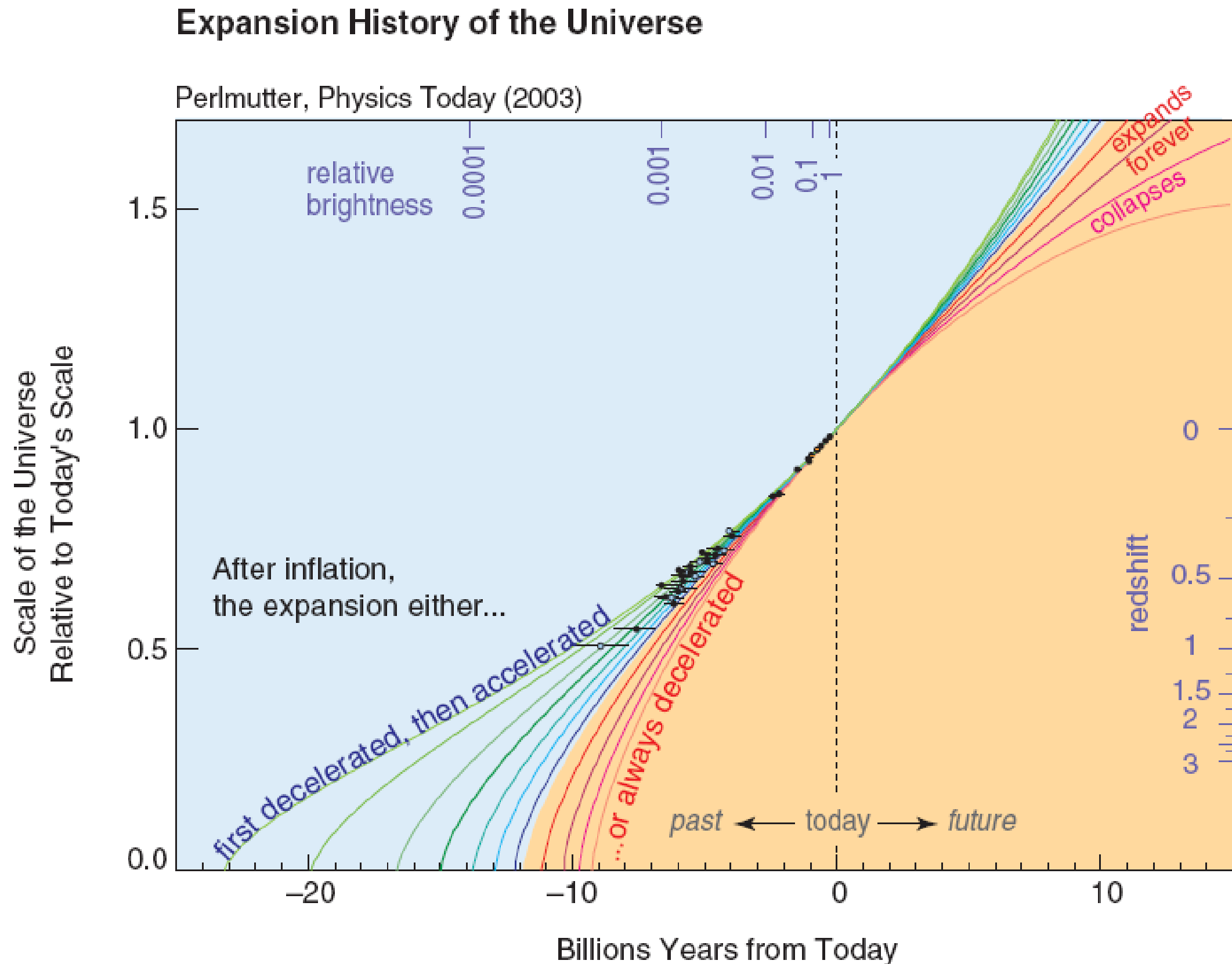
Type Ia supernovae



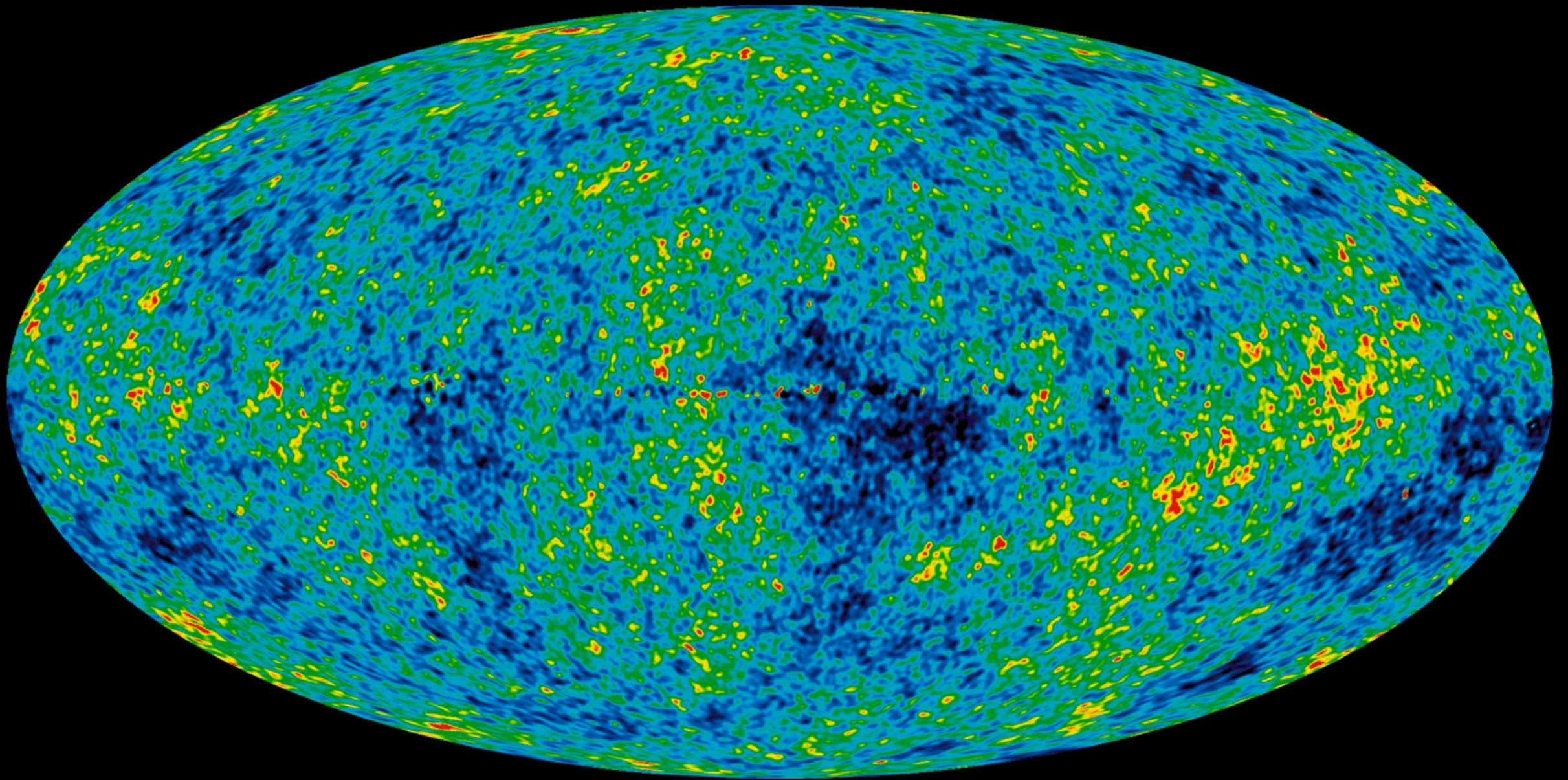
Versnelde uitzetting heelal



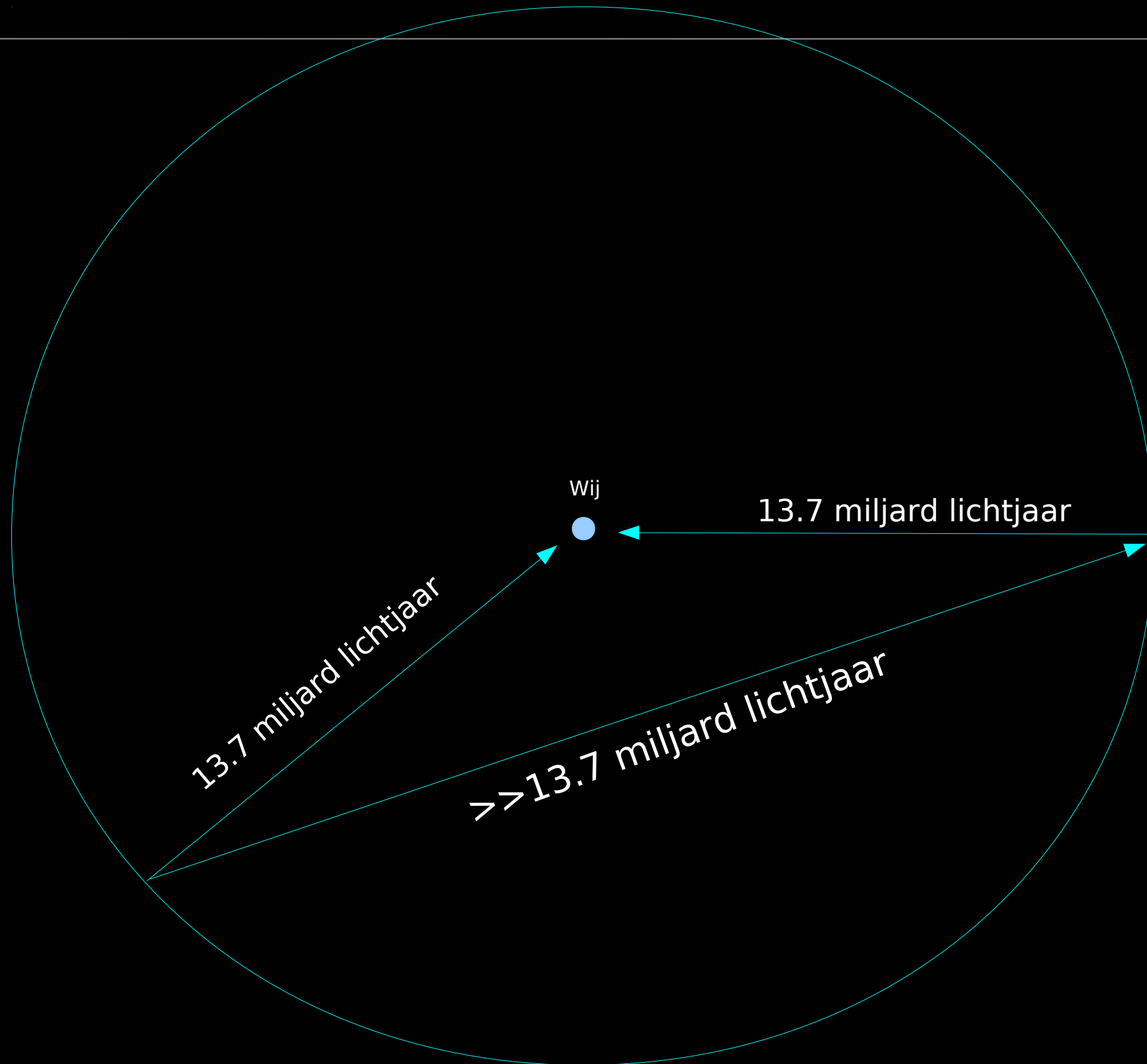
Verleden en toekomst



Het eerste licht: de microgolf achtergrond



Een probleem: *te* glad!



Causaliteitsprobleem

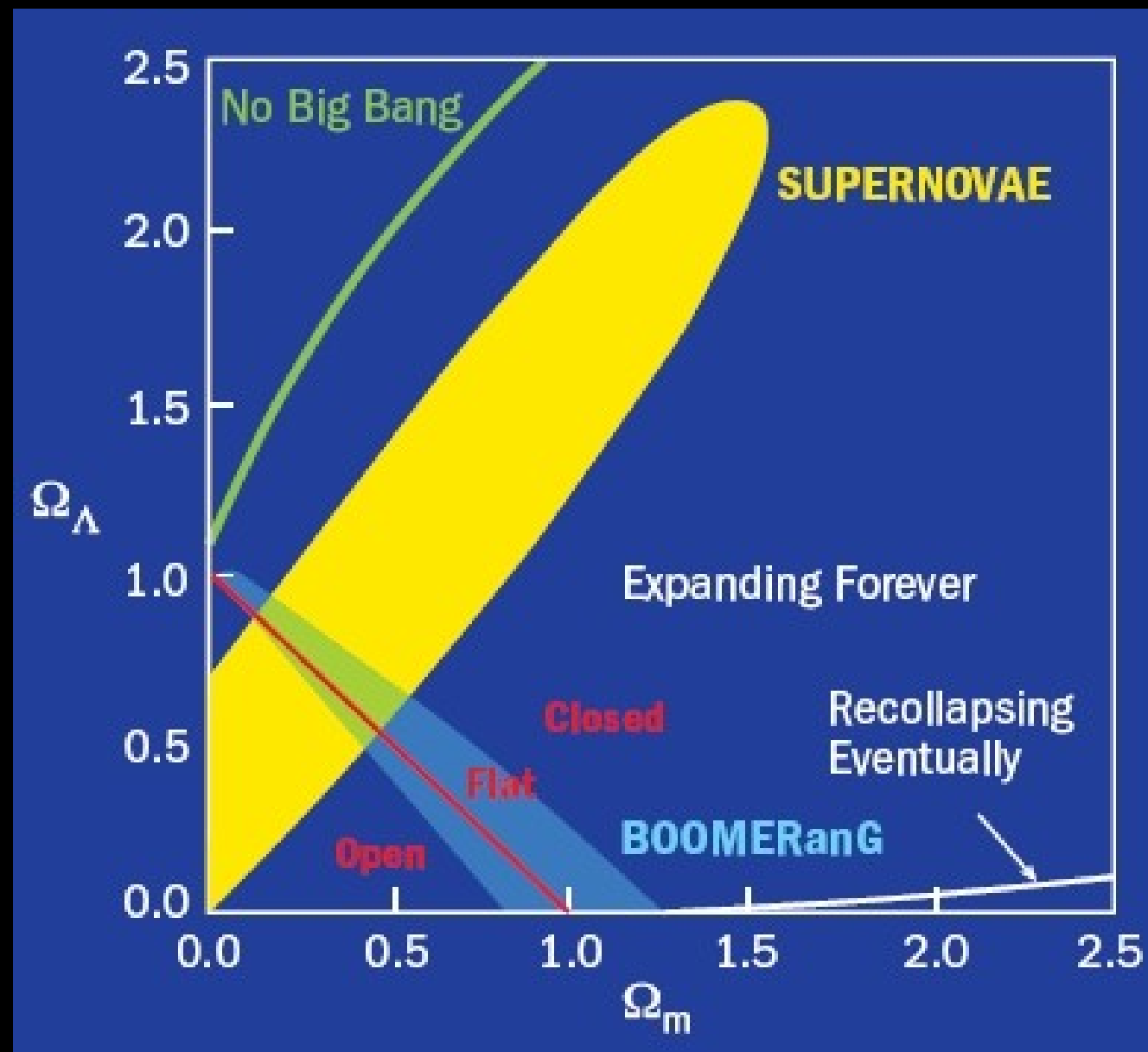
Verschillende delen van achtergrondstraling *NIET* in causaal contact

Waarom dan toch dezelfde eigenschappen?

Eerdere fase wel in contact geweest: inflatie

Gladheids 'problem'

$$\Omega = 1.00\dots\dots\dots$$

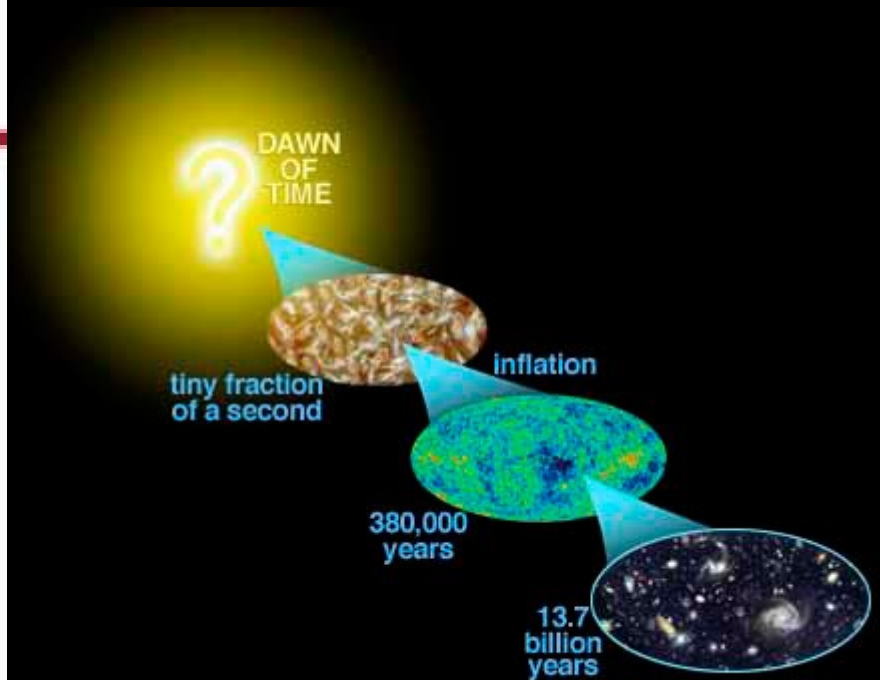
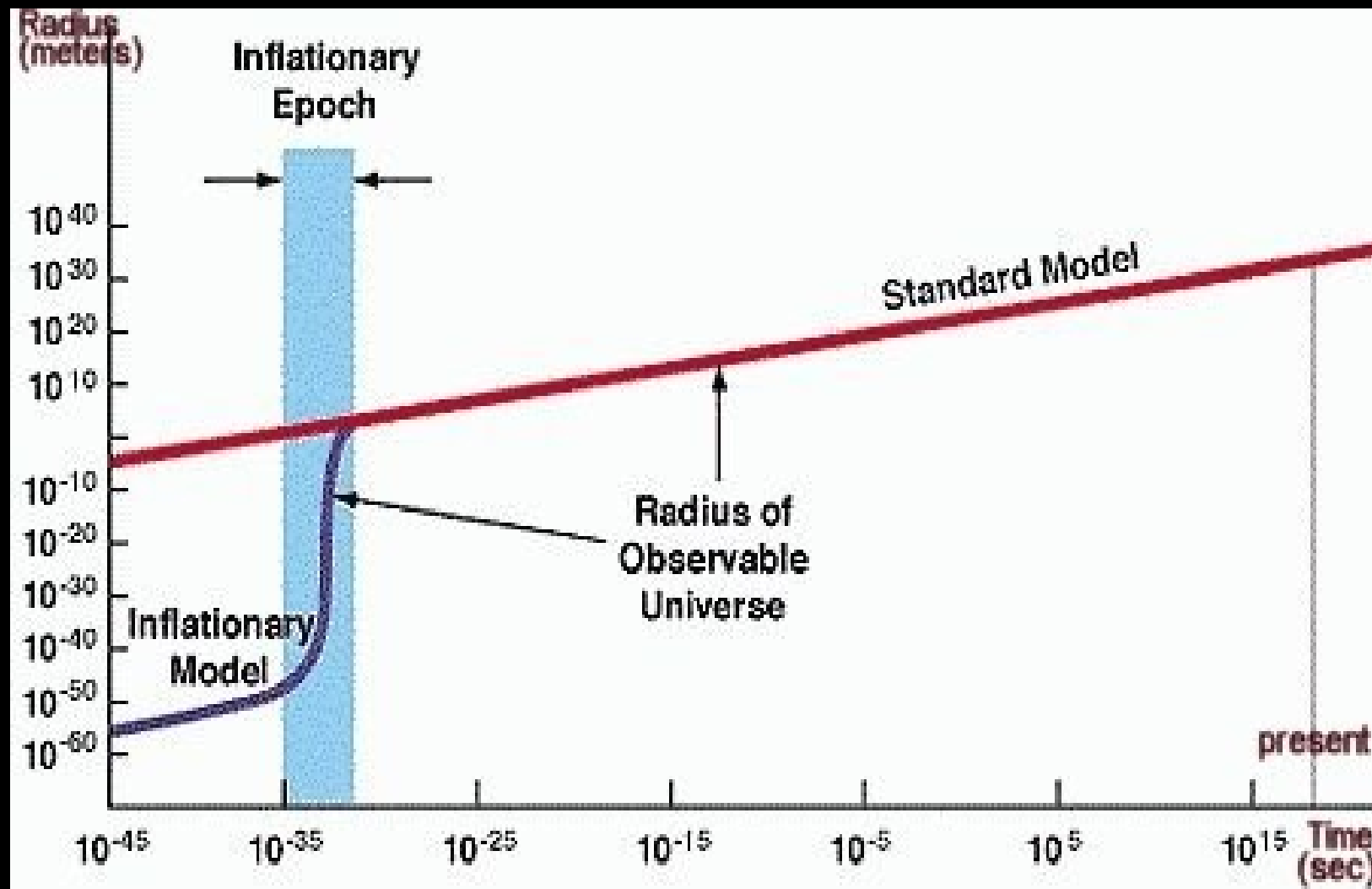


Gladheids 'probleem'

$$\Omega = 1.00\dots\dots\dots$$

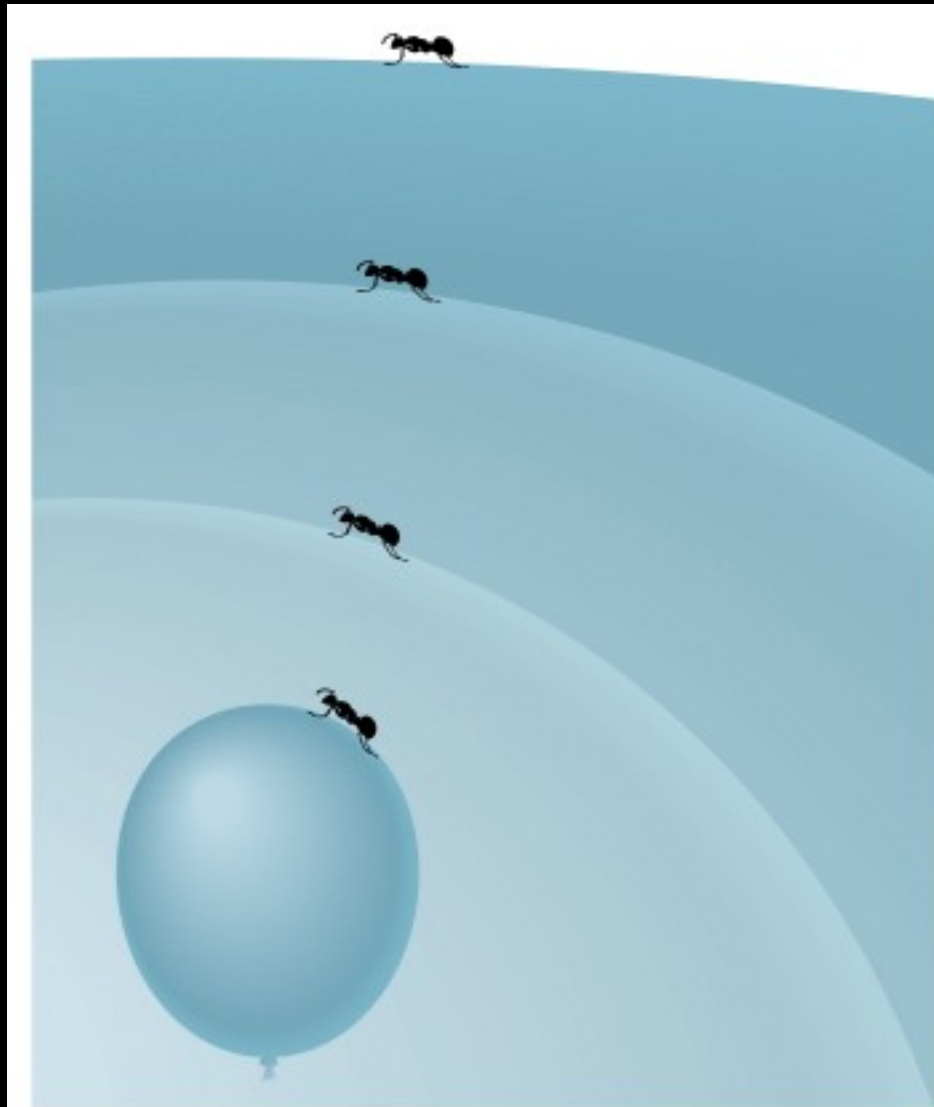


Inflatie

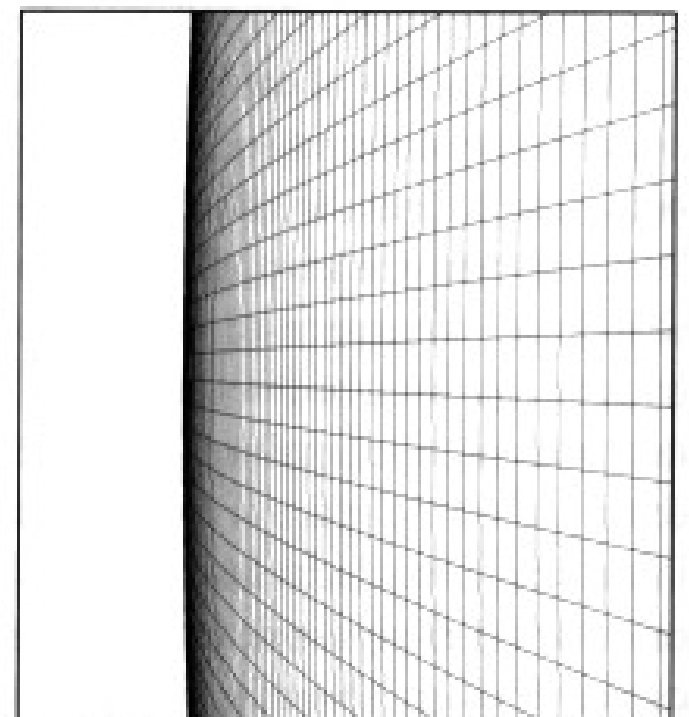
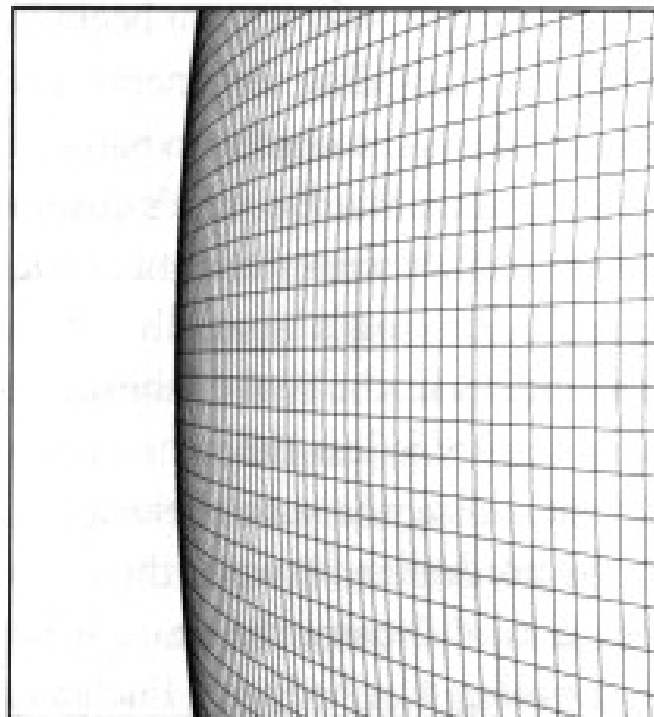
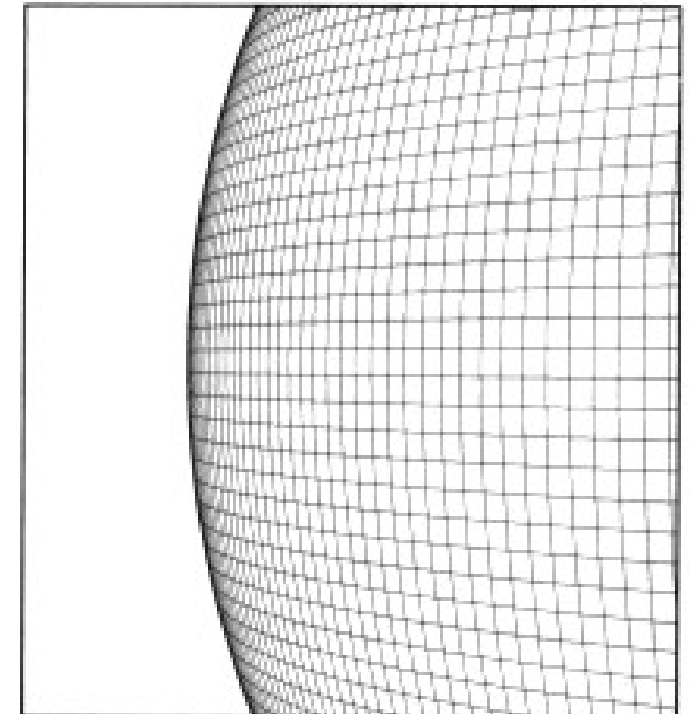
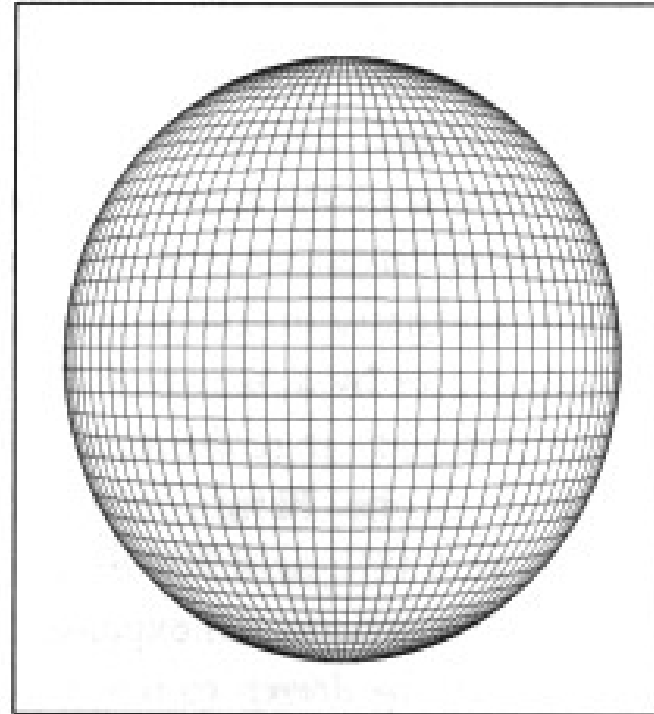


Een hele korte, gigantische expansie van het Heelal, heel vroeg na de Oerknal

Inflatie



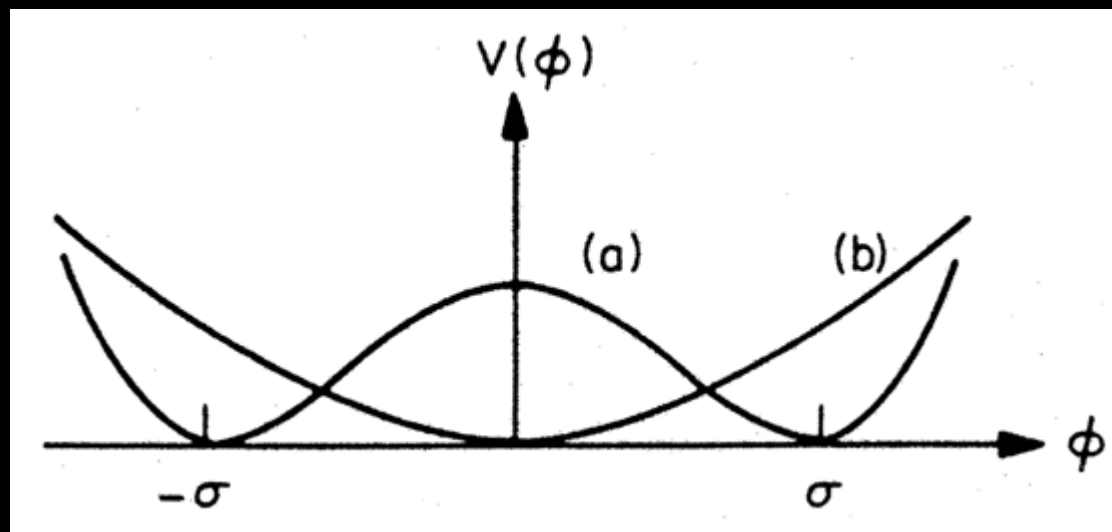
Copyright © Addison Wesley.



Inflatie: Oorzaak?

Als $P = -\rho$ (of meer algemeen: $-\rho < P < -1/3\rho$):

$$R(t) \propto e^t$$



Ideaal gas:

$$P \propto \rho$$

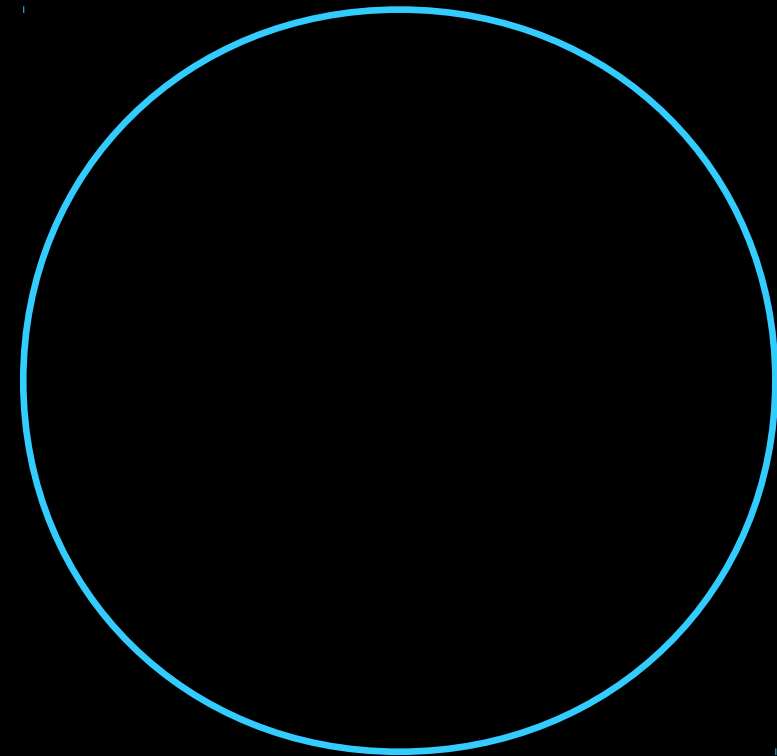
Uitzetting heelal: horizon

- ▶ Heelal heeft begin (oerknal)

- ▶ Licht reist met lichtsnelheid

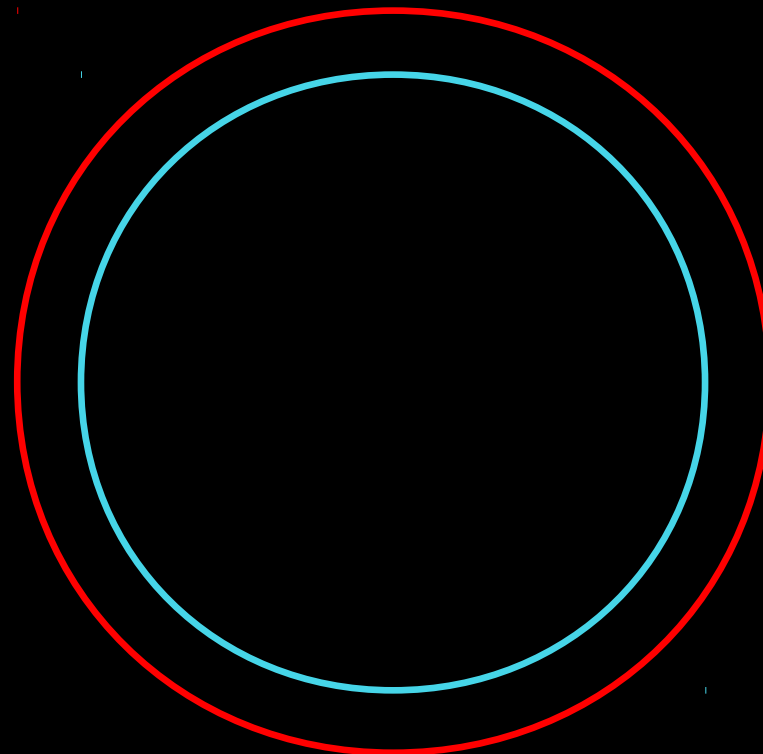
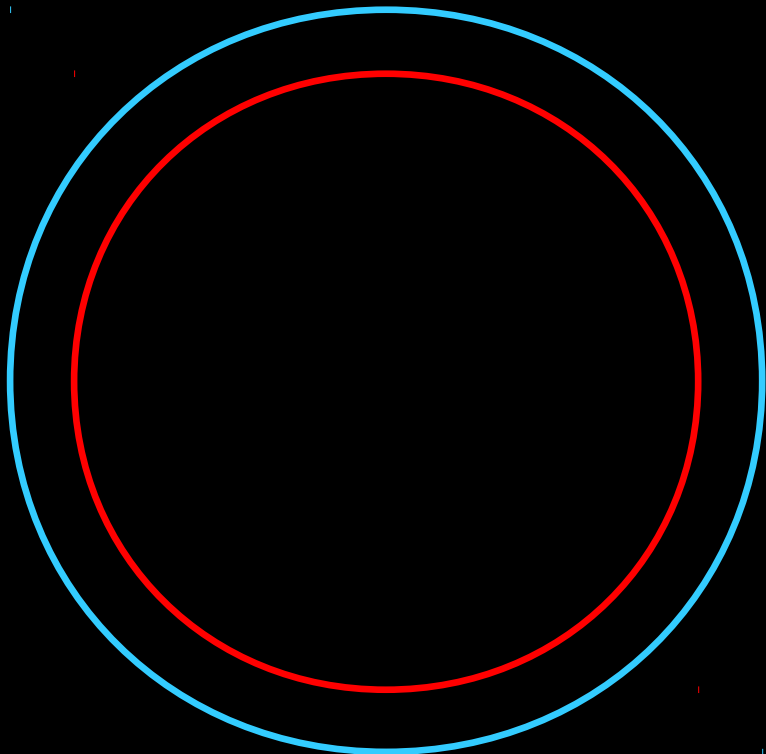
→ maximale afstand waarvandaag licht ons kan bereiken (horizon)

- ▶ Neemt toe in de tijd



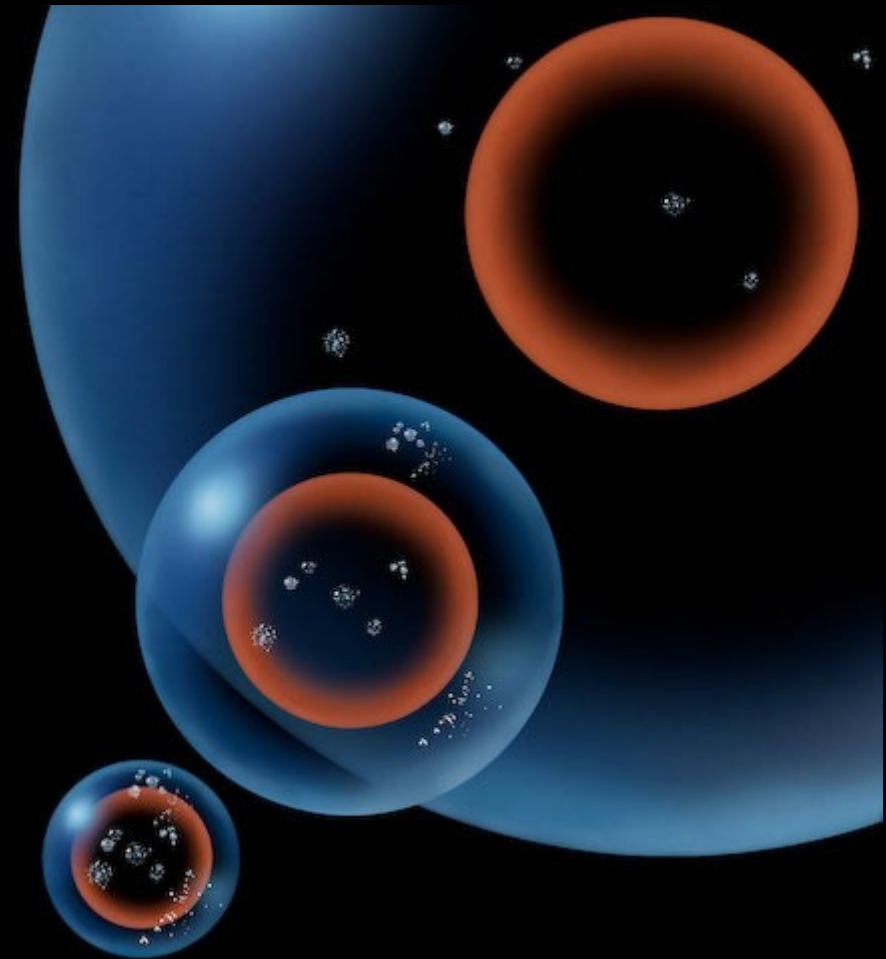
Gevolgen voor de horizon

- ▶ Uitzetting heelal: afstanden worden steeds groter
- ▶ Wat gaat sneller
 - ▶ Toename horizon?
 - ▶ Toename afstanden?



Gevolgen voor de horizon

- ▶ Met versnelde uitzetting heelal nemen uiteindelijk afstanden sneller toe....
- ▶ Sterrenstelsels die we nu zien, verdwijnen “uit zicht”

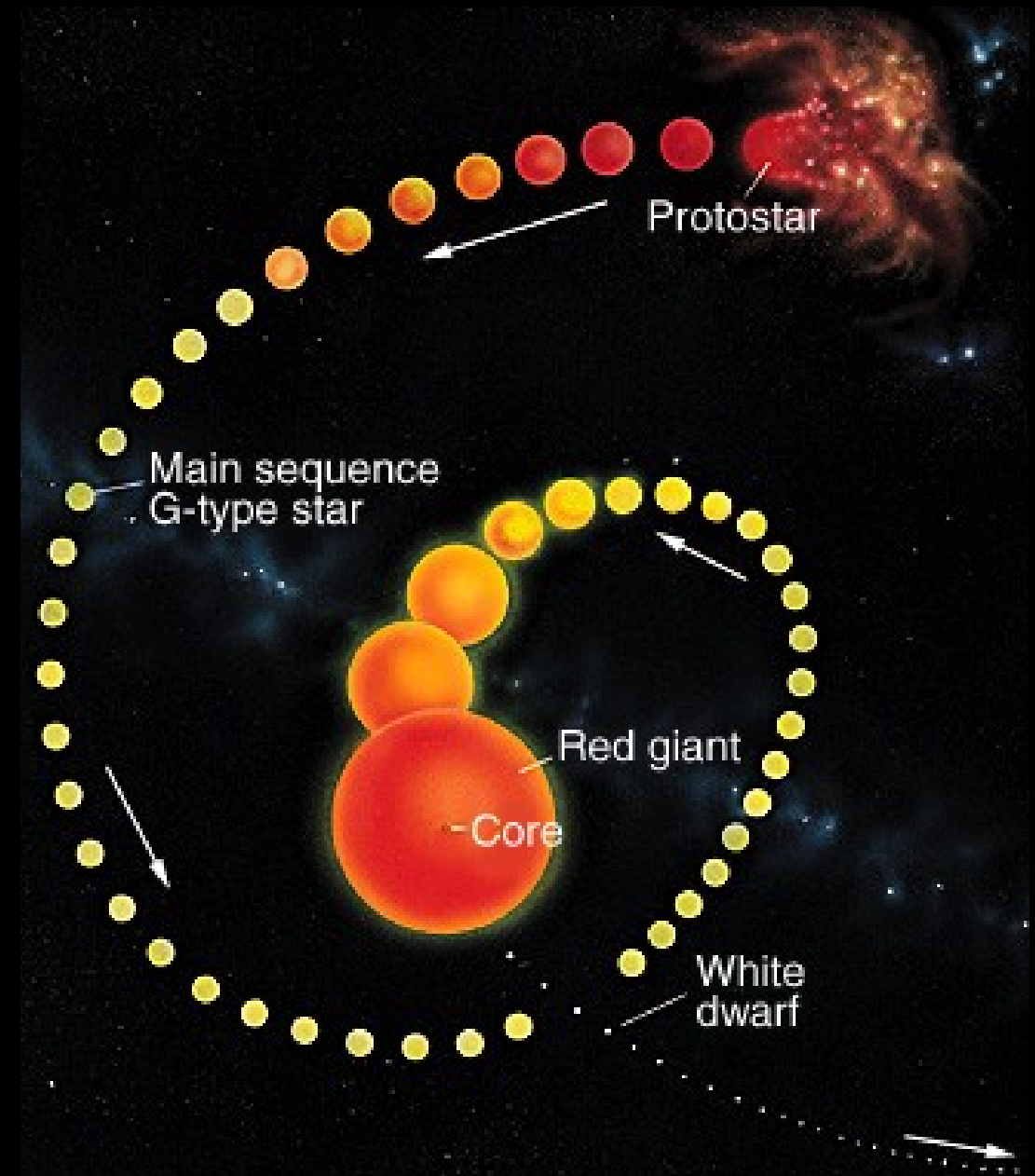


Levenscyclus sterren

- Sterren vormen uit interstellaire wolken

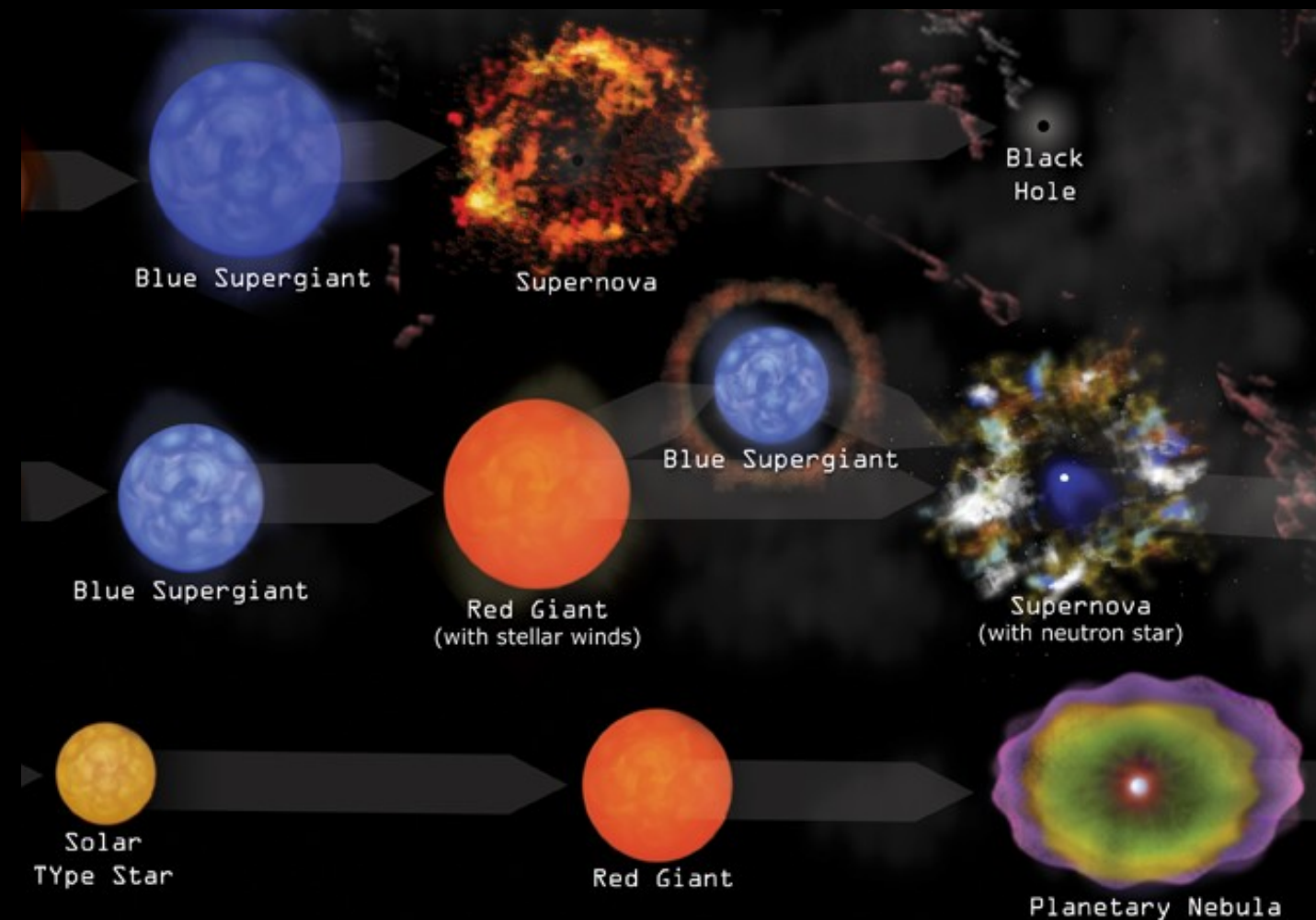


- Tijden hun evolutie verliezen ze weer massa (maar minder)
- Steeds minder gas, meer compacte objecten
- Uiteindelijk alleen witte dwergen, neutronensterren, zwarte gaten en planeten



Optie 1: kosmologische constante

- ▶ Alle materie in compacte objecten
- ▶ Proton verval (10^{36} jaar)
- ▶ Hawking straling en verdwijnen zwarte gaten (10^{100} jaar!)
- ▶ Uiteindelijk alleen straling



Optie 2: fantoom-energie

- ▶ Donkere energie neemt steeds verder toe
- ▶ Heelal gaat steeds sneller versneld uitzetten
- ▶ Uiteindelijk “Big rip”
- ▶ Uitzetting neemt zodanig toe dat objecten uit elkaar worden getrokken
- ▶ Melkwegstelsels, sterren, planeten, moleculen, zelfs atomen...

