

Wim Lintsen

-----

Cursus

De grote vragen van de Kosmos

Deel 1

De inventaris van het heelal

# Cursus grote vragen Kosmos

## **Waarom bestaat er überhaupt een heelal?**

1. Omdat dit een heelal is uit vele.
2. Omdat dit het enige heelal is, onderworpen aan unieke, eeuwige en absolute natuurwetten.
3. Omdat het heelal ontworpen is.
4. Omdat er intelligente waarnemers zijn die het bestaan van een heelal kunnen bevestigen.
5. Omdat het heelal zichzelf verklaart/creëert, inclusief zijn wetten.
6. Puur door toeval

# Cursus grote vragen Kosmos

## **INDELING CURSUS**

1. De inventaris van het heelal
2. De methode van de wetenschap
3. Het nieuwe paradigma van de kosmologie
4. Vele heelallen of één heelal?  
Of een heelal dat zichzelf verklaart?

# Cursus grote vragen Kosmos

## **Deel 1 van de cursus:**

### **DE INVENTARIS VAN HET HEELAL**

met als onderwerpen:

1. Planeten en sterren; melkwegstelsels en zwarte gaten (heel kort)
2. Ruimte en tijd; materie en energie
3. Het heelal als geheel

# Cursus grote vragen Kosmos

## **1. PLANETEN EN STERREN, MELKWEG- STELSELS EN ZWARTE GATEN**

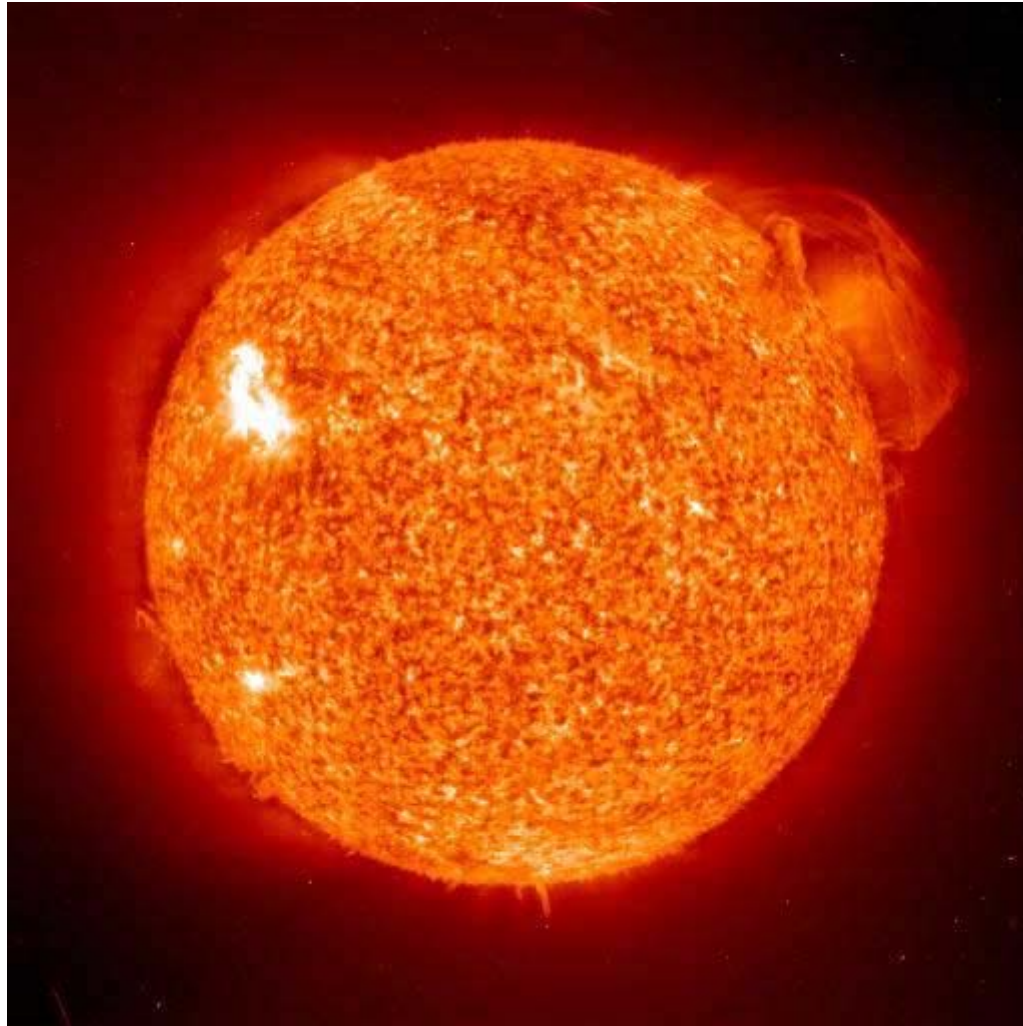
Voorbeelden van

- Planeten
- Sterren
- Melkwegstelsels
- Zwarte gaten

De acht planeten: Mercurius, Venus, Terra,  
Mars, Jupiter, Saturnus, Uranus, Neptunus



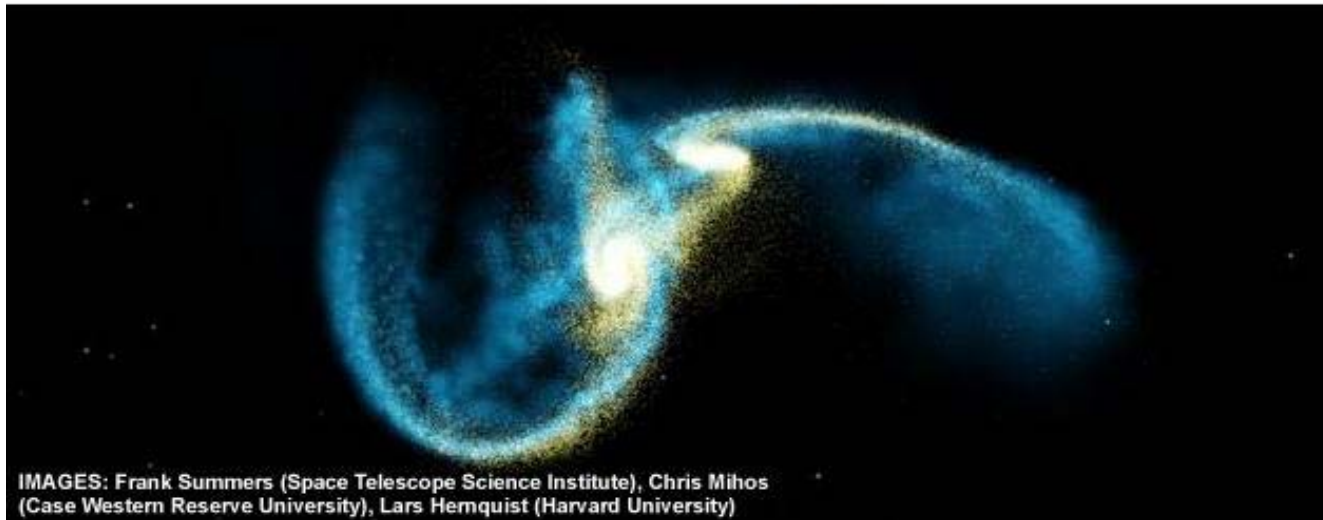
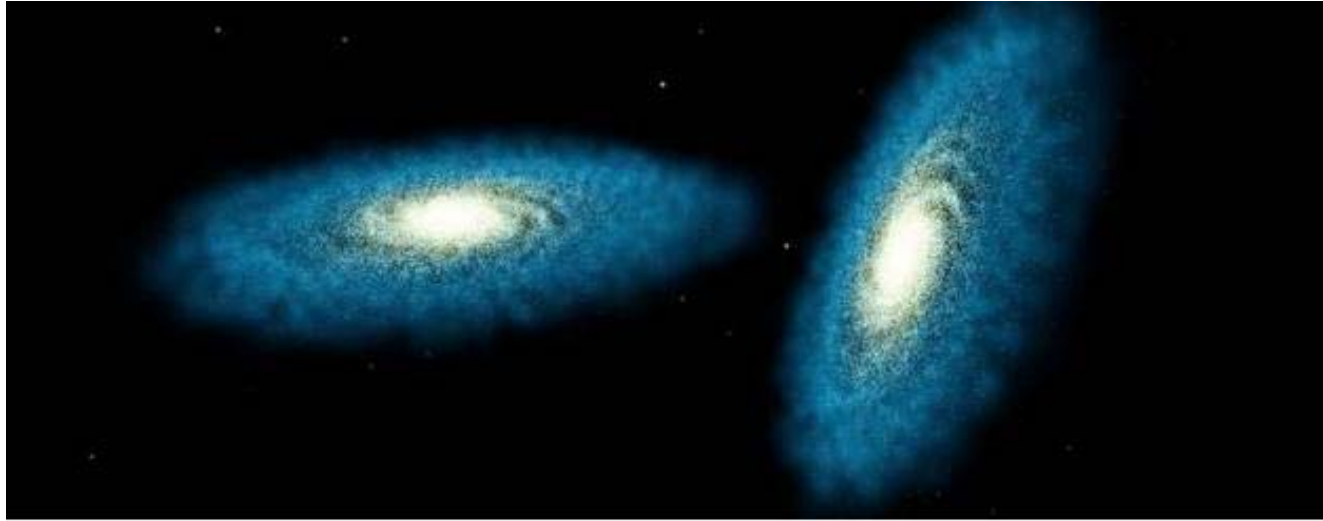
# De ster der sterren



Andromeda, onze buur, een melkwegstelsel met  
meer dan 100 miljard sterren



# De dans van twee melkwegstelsels die met elkaar 'versmelten'



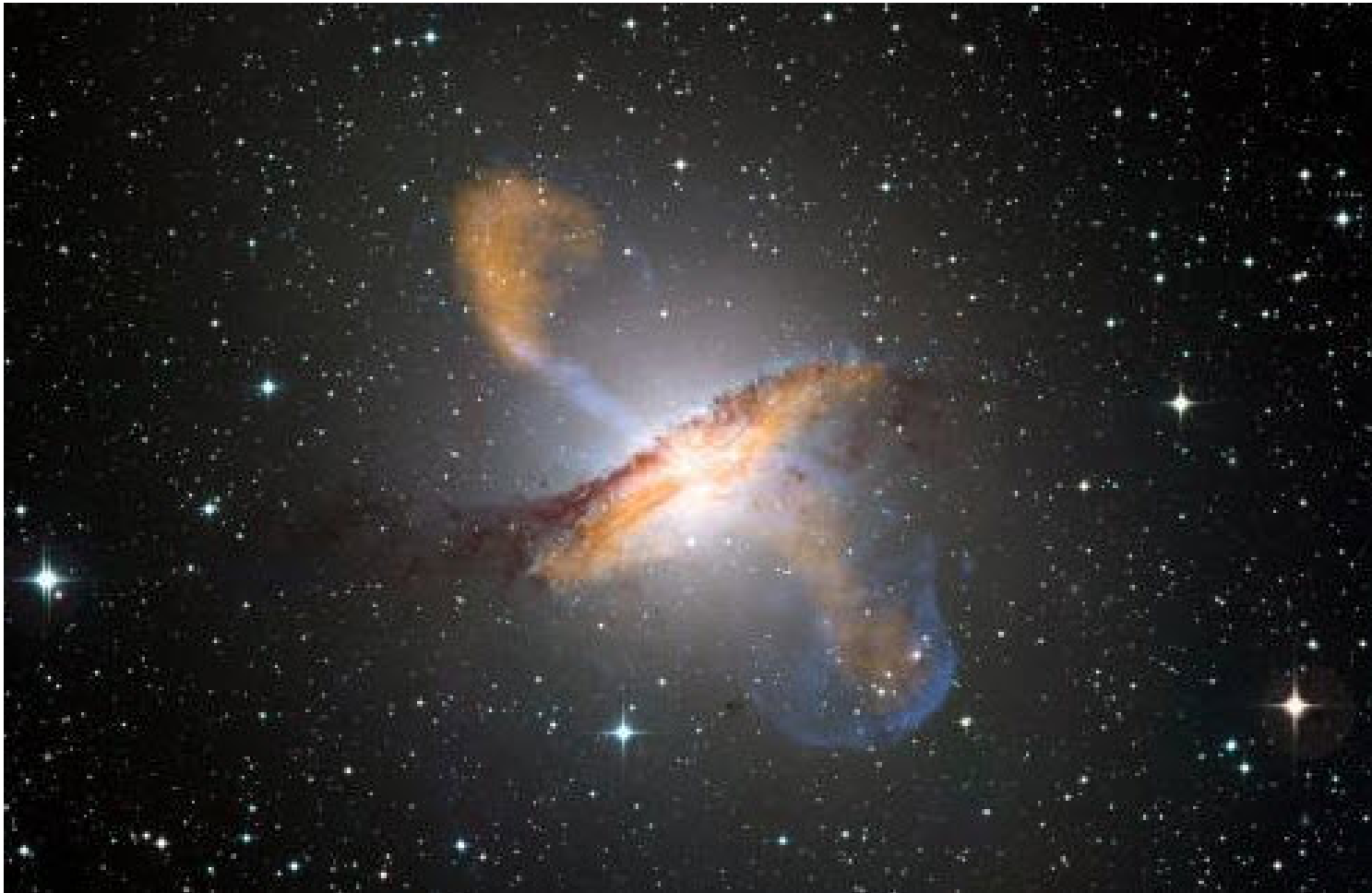
De singulariteit van een zwart gat; hier staat de tijd stil en gelden geen natuurwetten meer



Hoe het zwarte gat zijn aanwezigheid verraad  
door zich te voeden aan zijn dubbelster



Het centrum van bijna alle melkwegstelsels bestaat uit een enorm zwart gat, waarin miljoenen sterren zijn verdwenen



# Cursus grote vragen Kosmos

## **2. RUIMTE EN TIJD; MATERIE EN ENERGIE**

A. Ruimte en tijd

B. Materie en energie

- Wat hebben deze twee zaken (A en B) met elkaar te maken?
- Ze lijken op het eerste gezicht onafhankelijk
- Ruimte en tijd vormen het achtergronddecor voor materie en energie

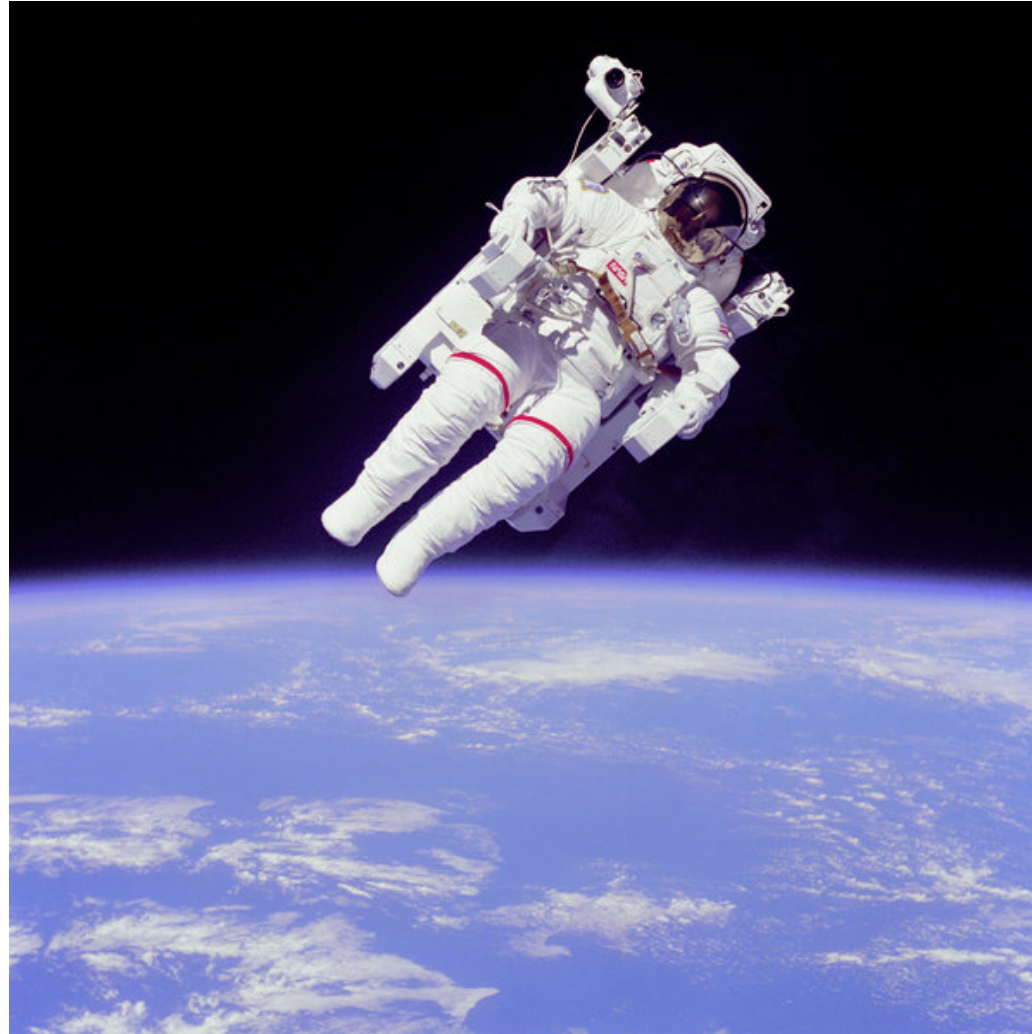
# Cursus grote vragen Kosmos

- Kijken we eerst naar ruimte en tijd
- Ruimte en tijd 'normaal gesproken'
- Ruimte is driedimensionaal
- Tijd is eendimensionaal
- Ruimte en tijd lijken onafhankelijk
- Ruimte en tijd vormen een achtergronddecor
- Enkele vertrouwde voorbeelden

Ruimte ervaren doen we door middel van  
ruimtelijke objecten



De kosmische ruimte ervaren we doordat we gewichtloos zijn



De tijd ervaren we doorgaans als een  
psychologisch fenomeen



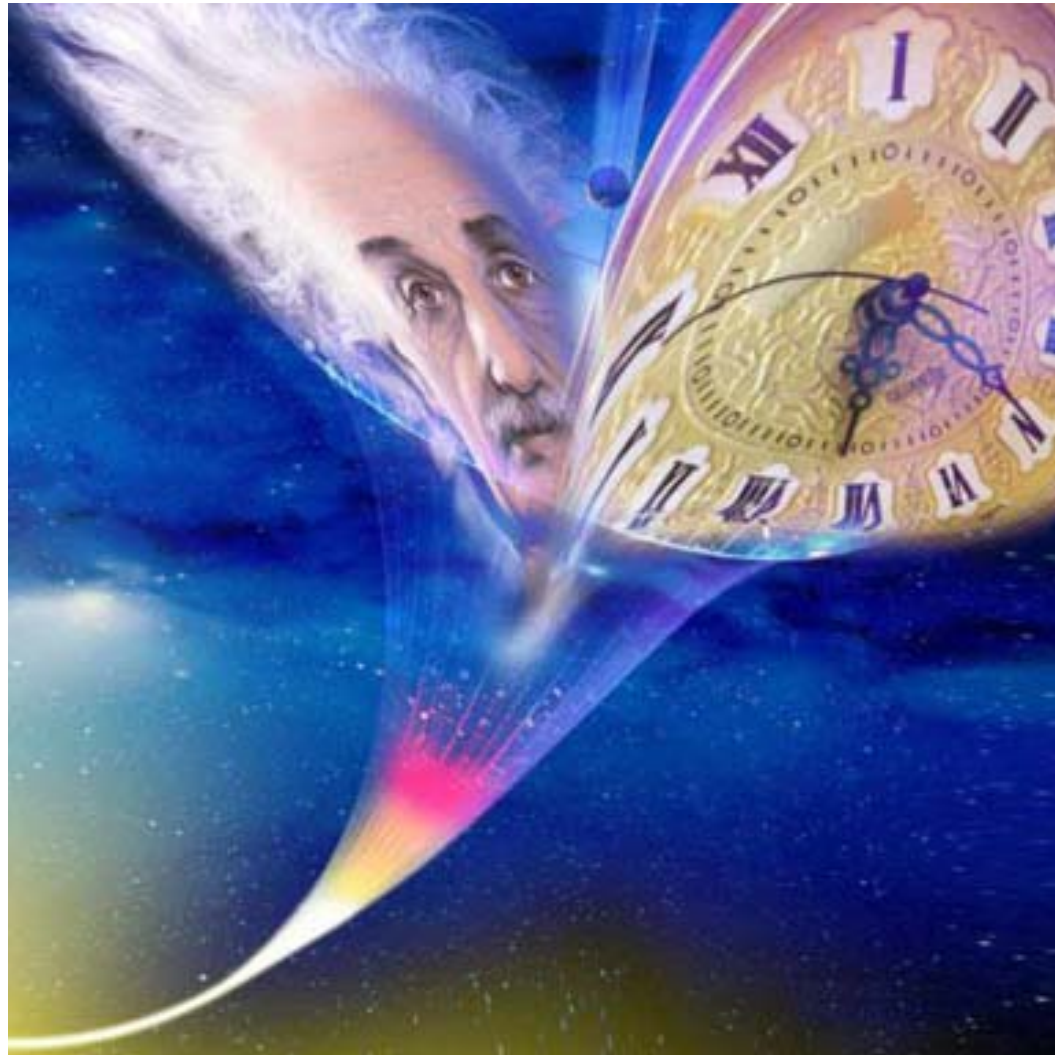
Daardoor kunnen we ons in principe voorstellen  
dat de tijd ook iets vloeibaars is



# Cursus grote vragen Kosmos

- Ruimte en tijd in een moderne setting
- De wetenschap heeft ons begrip van ruimte en tijd drastisch veranderd
- Ruimte en tijd zijn niet onafhankelijk, maar vormen samen ***een ruimtetijd 'structuur'***
- Bovendien kunnen ruimte en tijd worden ***'vervormd'***; ze zijn geen achtergronddecor meer maar werken samen met 'objecten'

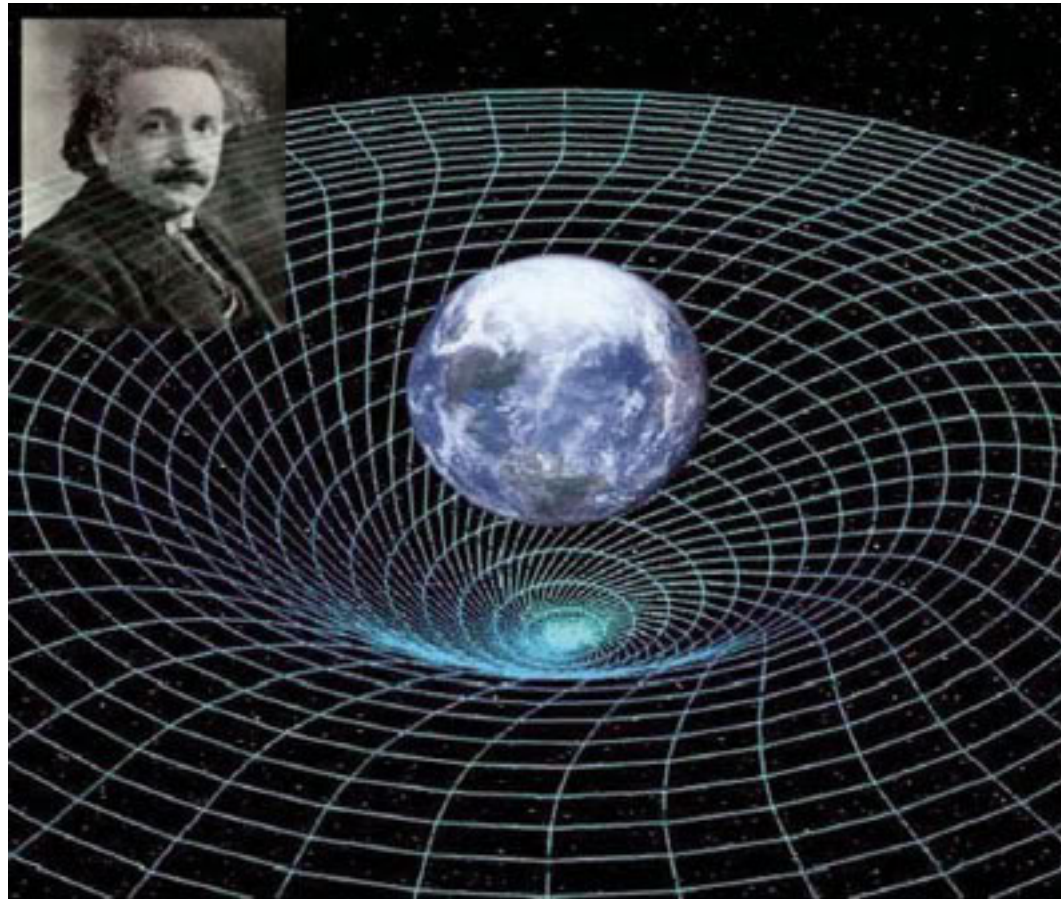
Einstein kreeg het voor elkaar om *ruimte en tijd* tot *fysisch veranderlijke factoren* te reduceren



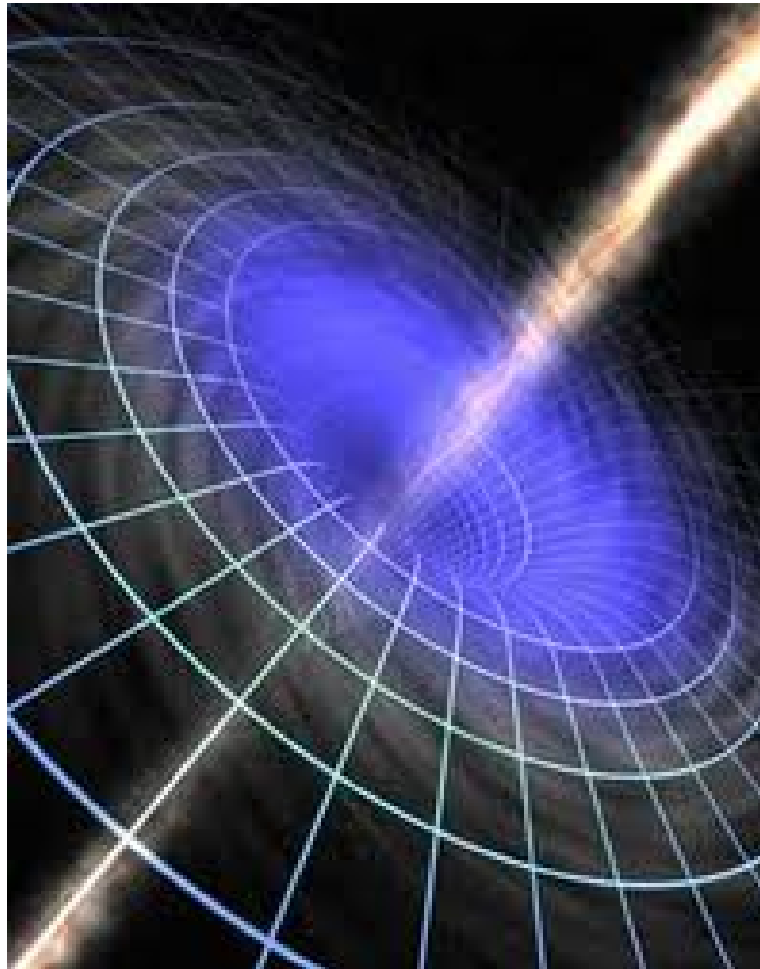
# Cursus grote vragen Kosmos

- Het begrijpen en ervaren van een ***vierdimensionale*** ruimtetijd structuur is niet makkelijk
- We zullen het moeten doen met voorstellingen die een beeld geven van een 'onvoorstelbare' werkelijkheid
- Dat de ruimte zich kan krommen zal wel altijd lastig voorstelbaar zijn, maar ***voor wiskundigen*** is het ***geen probleem***

Ruimte en tijd werden bij Einstein een *ruimtetijs*  
*structuur*, gemasseerd en *gekromd* door een  
*massa*

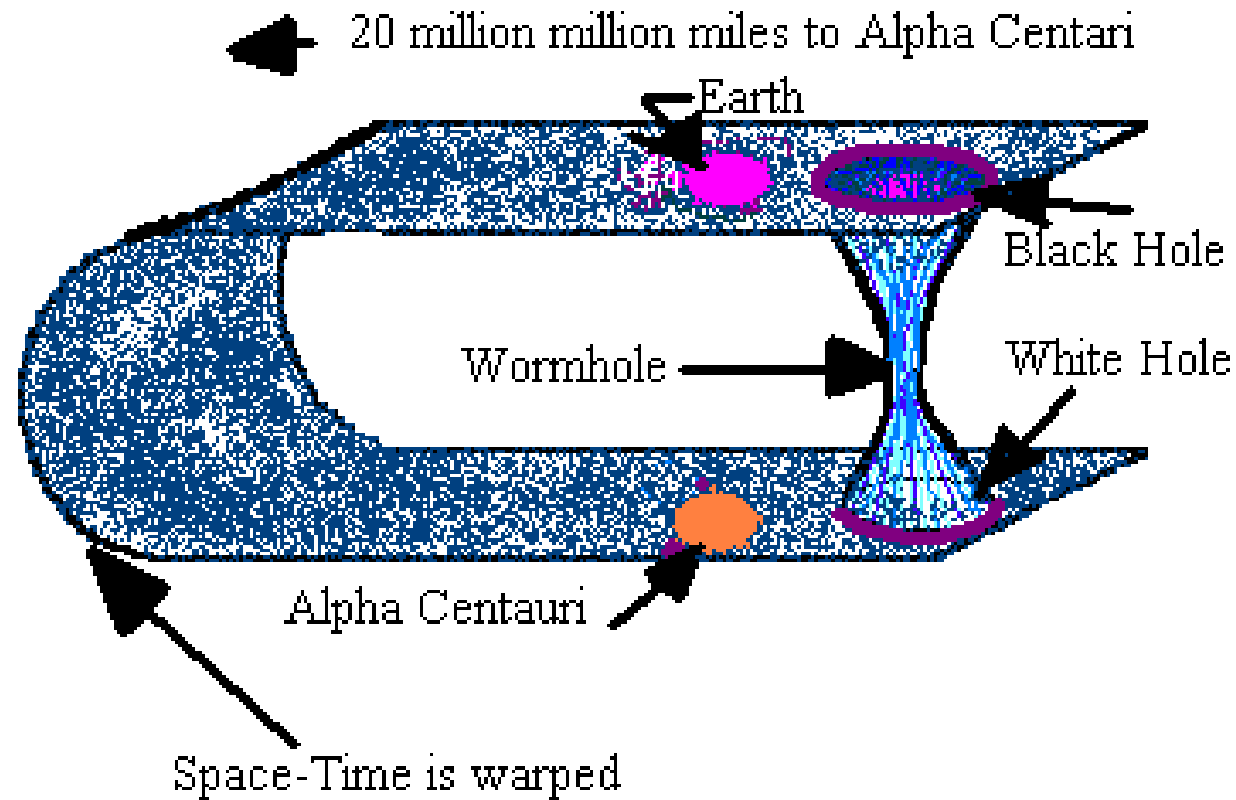


In het zwarte gat wordt de ruimtetijd ***oneindig*** naar binnen ***gekromd***; het licht zit gevangen en een straalstroom van gas ketst weg het heelal in



Reizen in de tijd kan via speciale gaten in de  
ruimtetijd: ***witte en zwarte gaten***

### Basic Wormhole



# Cursus grote vragen Kosmos

Nogmaals:

A. Ruimte en tijd

B. Materie en energie

- Wat hebben deze twee zaken (A en B) met elkaar te maken?
- Ze lijken op het eerste gezicht onafhankelijk
- Ruimte en tijd vormen het achtergronddecor voor materie en energie

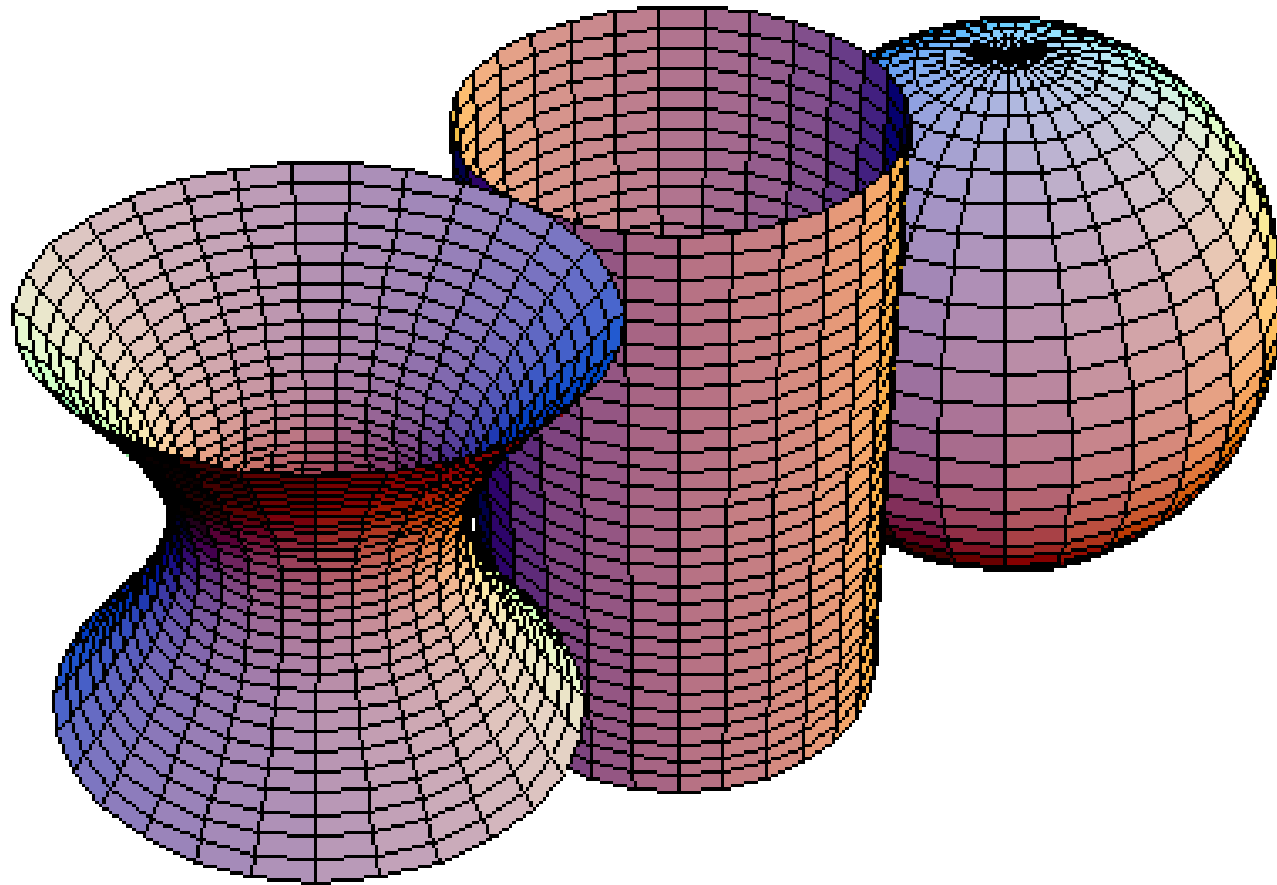
# Cursus grote vragen Kosmos

- Door de ontdekking van een ruimtetijd structuur komen deze zaken heel anders te liggen
- De ontdekking werd gedaan door Einstein in zijn algemene relativiteitstheorie
- De uitkomst van deze ontdekking luidt:
- **De kromming van ruimtetijd = de energie-spanning van objecten**
- Dit is *de vergelijking van Einstein*

# Cursus grote vragen Kosmos

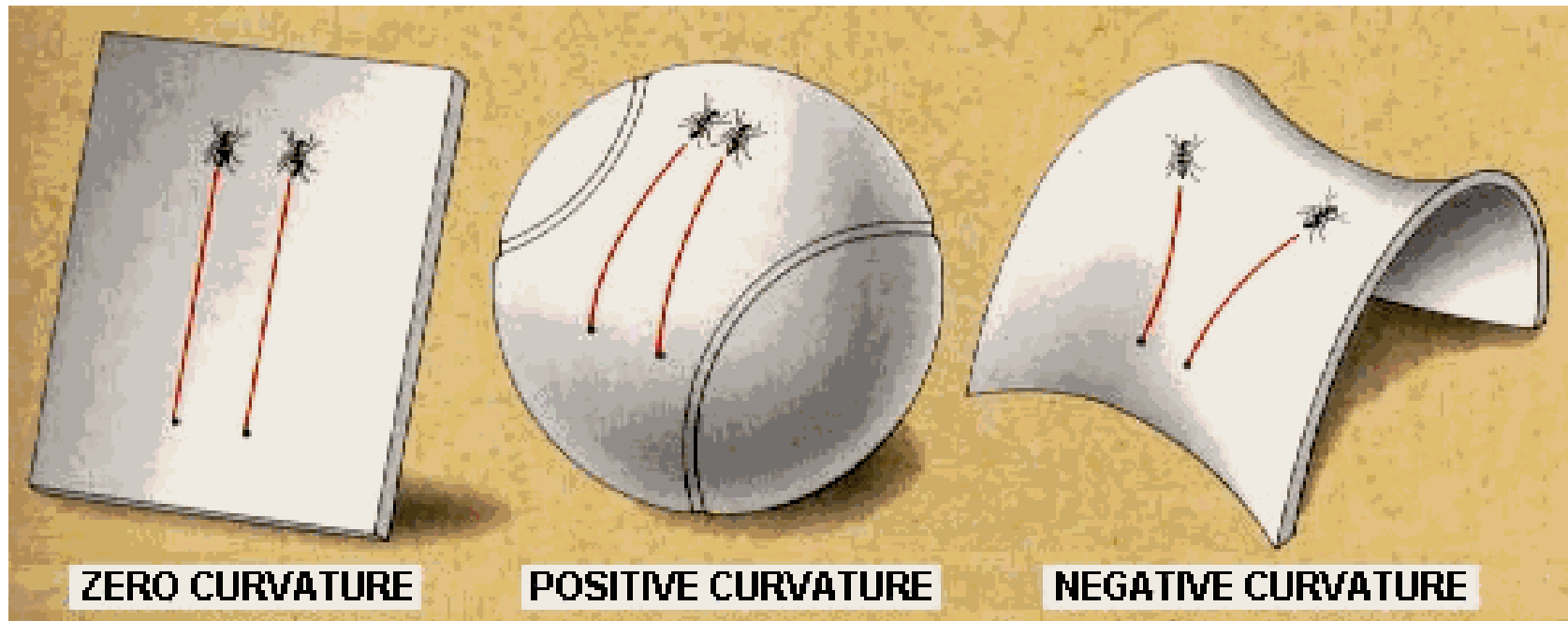
- Positieve massa (= massa met een positieve energie) doet de ruimtetijd **positief** krommen, d.w.z. krommen in een bolvorm
- Negatieve massa (= massa met een negatieve energie) doet de ruimtetijd **negatief** krommen, d.w.z. krommen in een zadelvorm
- Bij een balans tussen positieve en negatieve massa wordt de kromming van de ruimtetijd **nul**; het licht volgt rechte lijnen zoals in de 3D ruimte

Voorbeelden van een 'open' zadelvorm, een 'vlakke' cilindervorm en een 'gesloten' bolvorm

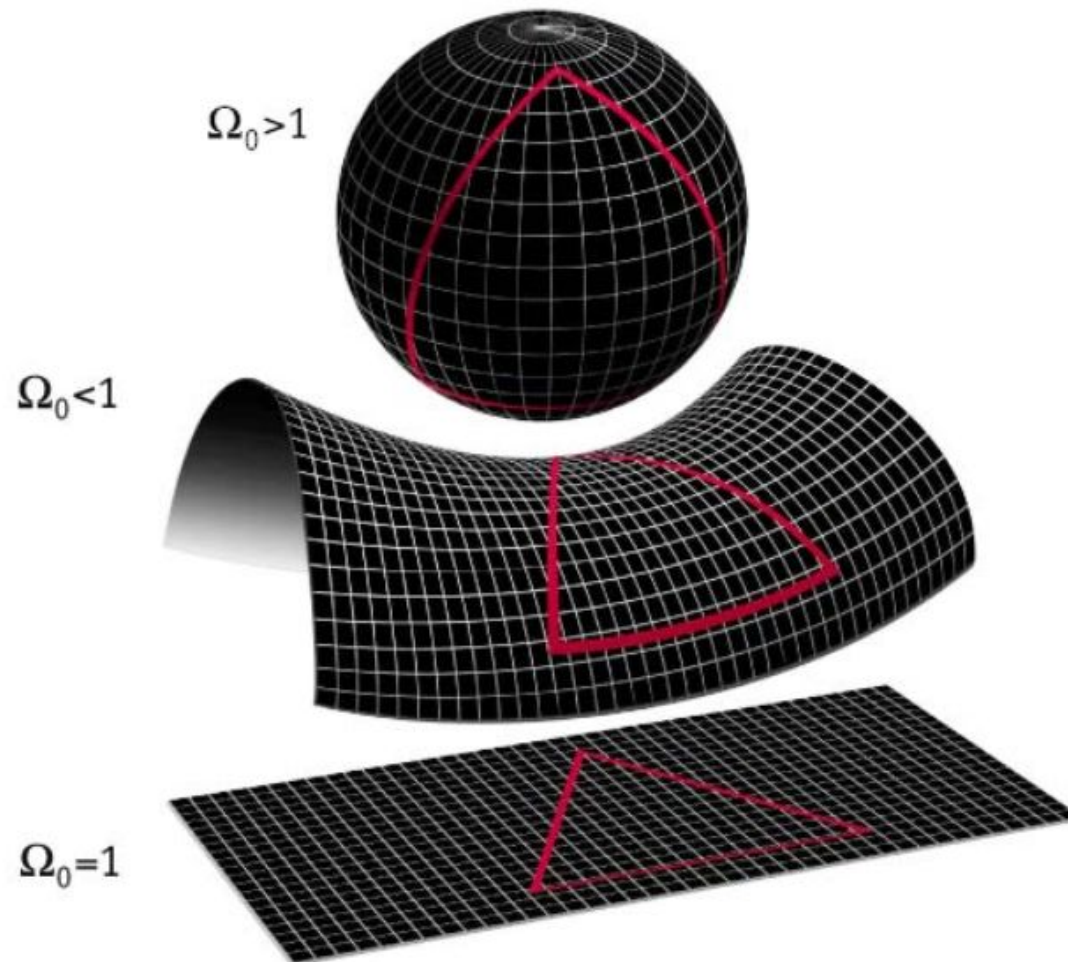


***Twee evenwijdige lichtstralen*** in de 4D gekromde  
ruimtetijd:

- blijven evenwijdig (vlakke ruimte),
- kruipen naar elkaar toe (gesloten ruimte) of
- wijken van elkaar af (open ruimte)



De kromming van de ruimtetijd van ***het heelal als geheel*** is in de algemene relativiteitstheorie gekoppeld aan de dichtheid ( $\Omega$ ) van de heelalmaterie



# Cursus grote vragen Kosmos

- **De kromming van ruimtetijd = de energie-spanning van objecten**
- Dit is de centrale vergelijking van Einstein in de algemene relativiteitstheorie
- Hiermee wordt weergegeven wat gravitatie eigenlijk is
- **De kromming van ruimtetijd = Gravitatie = energie-spanning van objecten**

# Cursus grote vragen Kosmos

- Gravitatie is dus in Einsteins theorie geen kracht, maar een kromming van ruimtetijd
- Een voorwerp in het heelal valt of beweegt volgens de meetkundige ruimtetijd kromming
- De kromming wordt opgeroepen door een grote massa (bijvoorbeeld de zon, een zwart gat of een melkwegstelsel)
- Zo ook heeft ***het heelal als geheel*** een bepaalde kromming

# Cursus grote vragen Kosmos

- Voor de kosmologie is een van de belangrijke vragen ten aanzien van het heelal als geheel :
- **Wat voor soort kromming heeft de ruimtetijd van het heelal?**
- **Is het heelal open, gesloten of vlak?**
- Maar voordat we deze vraag (kunnen) beantwoorden, geldt eerst een andere vraag:
- Hoe kunnen we ons het heelal '**als geheel**' voorstellen?

# Cursus grote vragen Kosmos

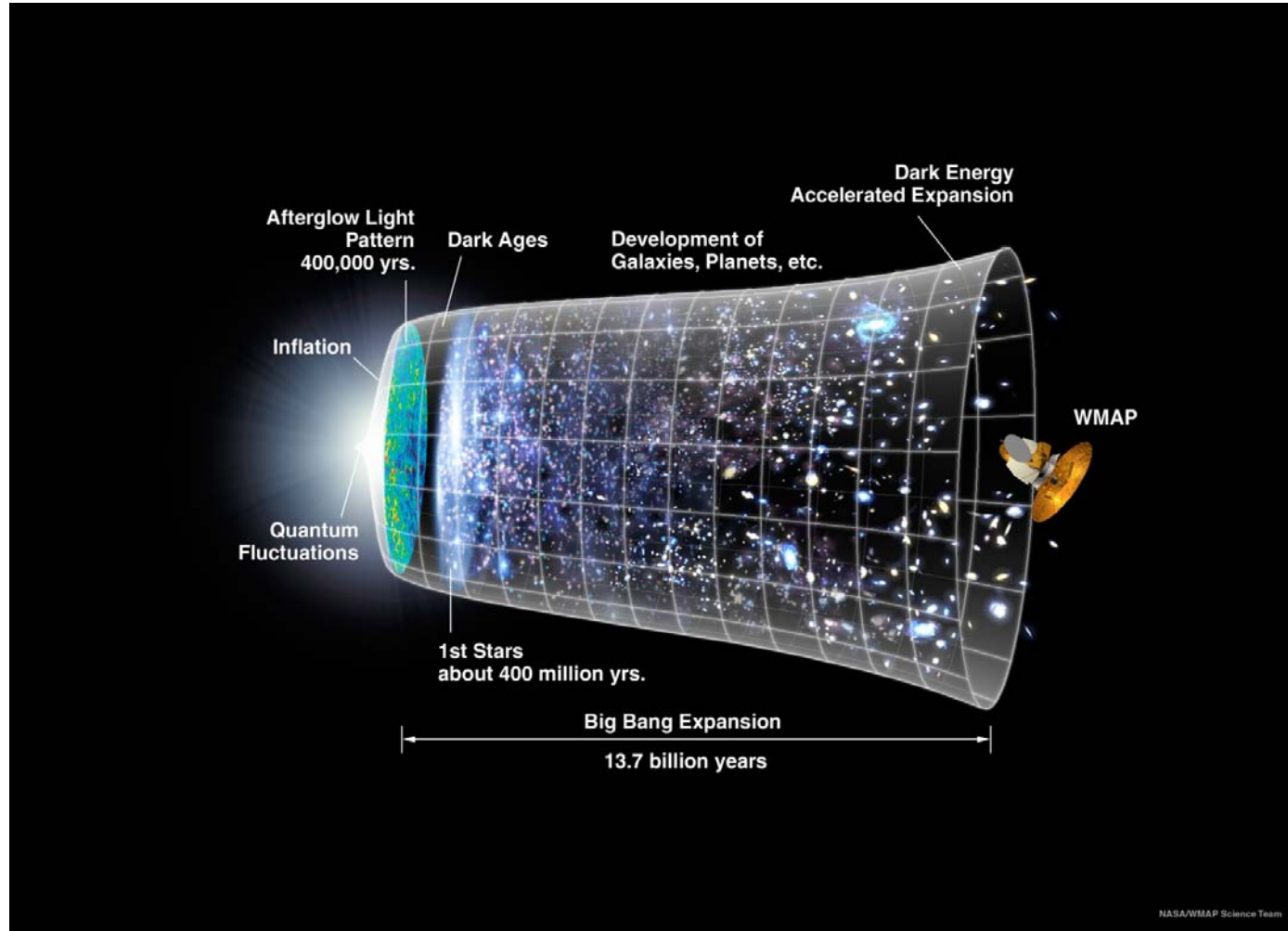
## 3. HET HEELAL ALS GEHEEL

- Het heelal *als geheel* is niet te vatten
- Vier voorbeelden:
  - a. Het heelal als object
  - b. De uitdijing van het heelal
  - c. Het heelal als zwart gat
  - d. Het heelal als een ballon

# Cursus grote vragen Kosmos

- a. Kunnen wij ons het heelal voorstellen als een object?
- Antwoord: Nee!
  - Elke voorstelling is fout
  - Want buiten het heelal is 'niets'
  - Dus het heelal is niet voorstelbaar ten opzichte van een omgeving

Deze voorstelling van het heelal is in principe fout;  
het heelal kent geen ruimte om zich heen;  
het **IS** de ruimte



# Cursus grote vragen Kosmos

- b. Kunnen wij ons de uitdijng van het heelal voorstellen?
- Antwoord: alleen op een bijzondere manier
  - Er is geen uitdijng **in** de ruimte
  - Er is alleen uitdijng **van** de ruimte
  - Met andere woorden, het heelal is iets dat ruimte (en tijd) creëert
  - De uitdijng **is** de creatie van ruimtetijd

# Cursus grote vragen Kosmos

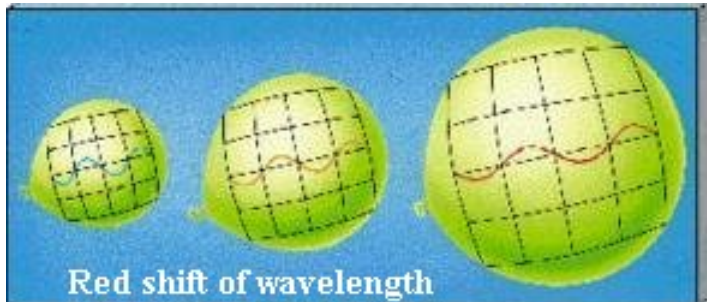
c. Kunnen wij ons het heelal voorstellen als een zwart gat?

- Antwoord: Nee
- Een zwart gat bestaat alleen in een omringende ruimte
- Maar dat geldt niet voor het heelal als geheel
- Het heelal als geheel kent geen omringende ruimte; zij scheidt zelf ruimte en de tijd

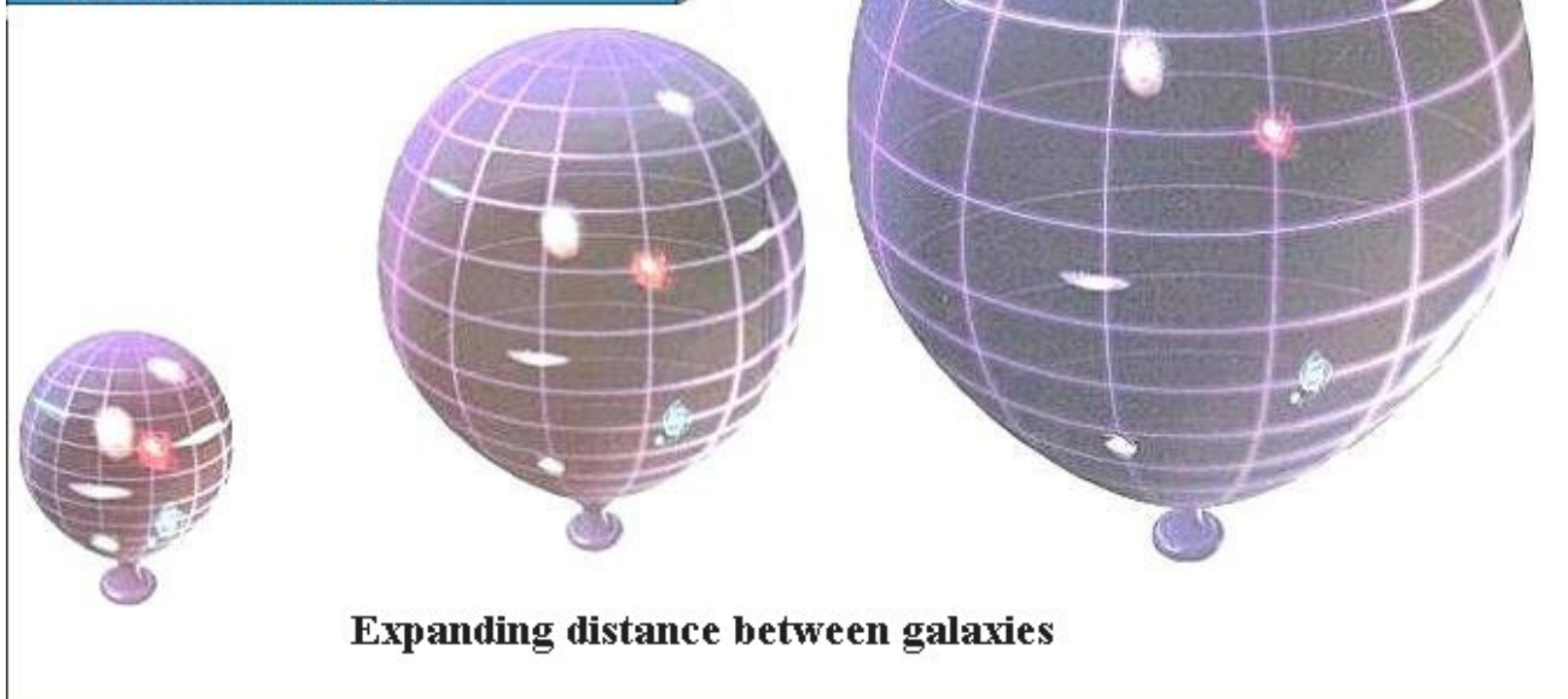
# Cursus grote vragen Kosmos

- d. Kunnen wij ons dan het heelal voorstellen als een ballon die wordt opgeblazen?
- Antwoord: alleen op een bijzondere manier
  - De **ruimte** van het heelal is te vergelijken met het **oppervlak** van de ballon; **in** de ballon zit echter niets
  - De groter wordende ballon geeft ons een 'idee' van de **vervorming** van de heelal-ruimte als gevolg van de **uitdijing**

Het heelal als een ballon; de ruimte bevindt zich **op het oppervlak** en de tijd tikt ***binnenin***



Red shift of wavelength



Expanding distance between galaxies

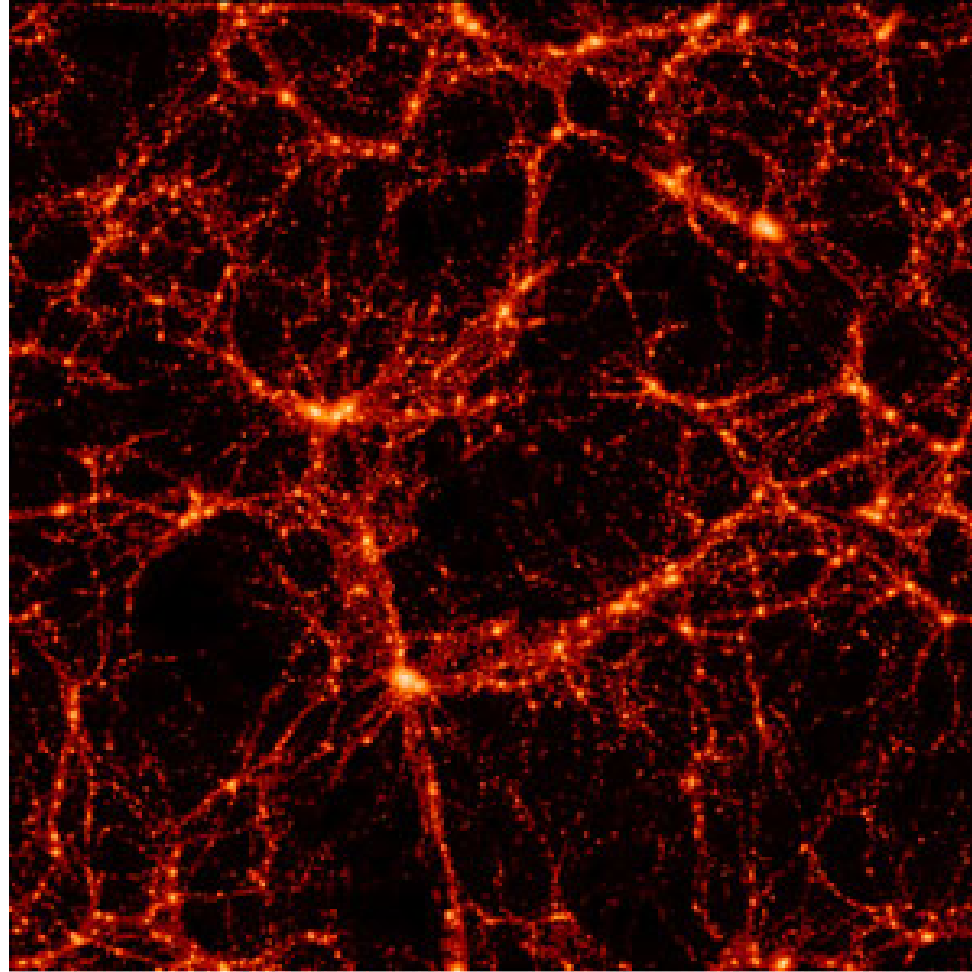
# Cursus grote vragen Kosmos

- We kunnen ons geen directe voorstelling maken van het heelal als geheel
- Het heelal blijft altijd 'buiten beeld'
- Maar we kunnen wel een indruk krijgen van grote structuren in het heelal
- Namelijk via beelden van de 'diepe ruimte'
- Enkele plaatjes

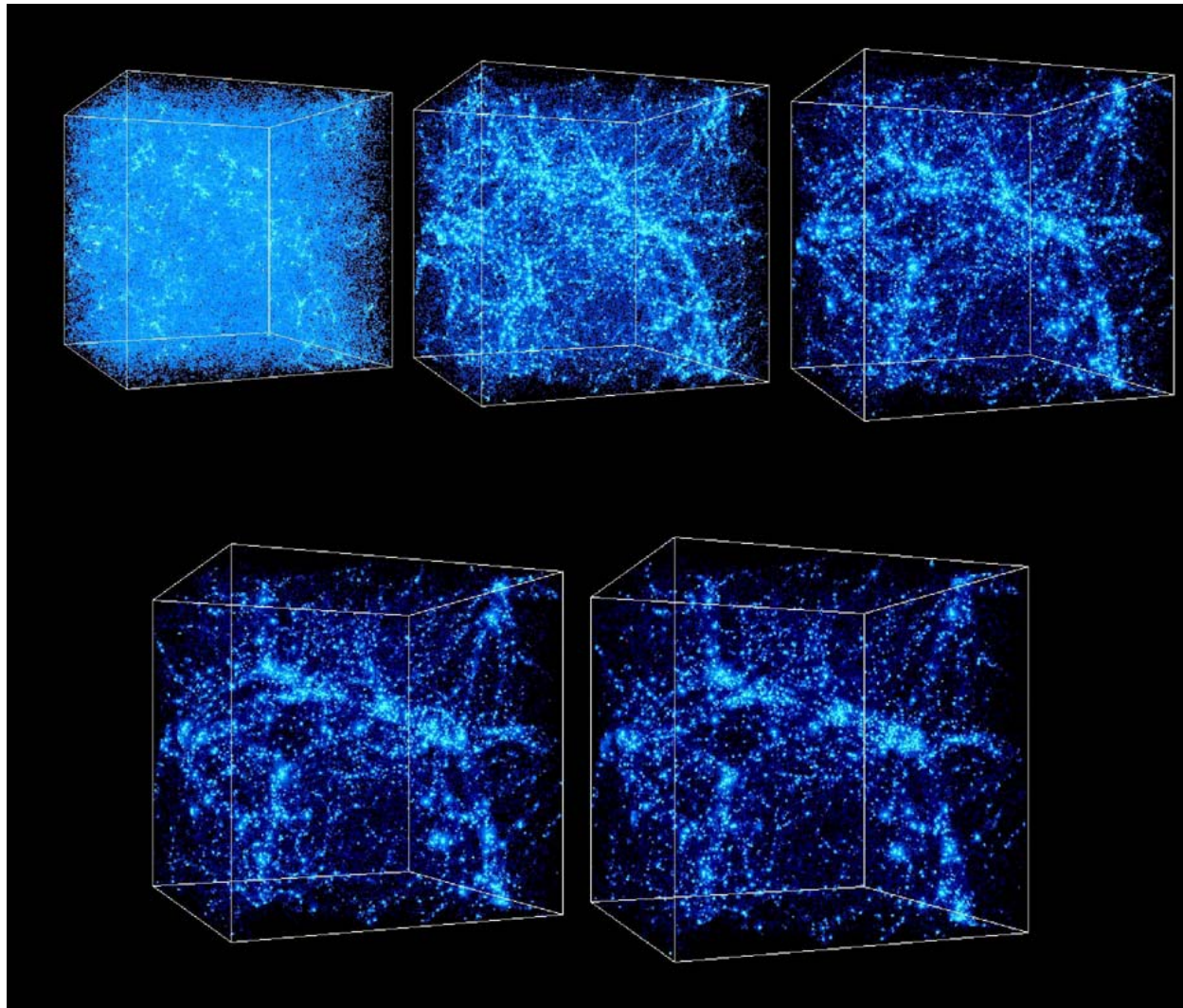
De beroemde 'deep sky' opname van de Hubble ruimte telescoop laat ons ver terugkijken in de tijd



De kosmologie is sterk geïnteresseerd in de grote structuren van melkwegstelsels



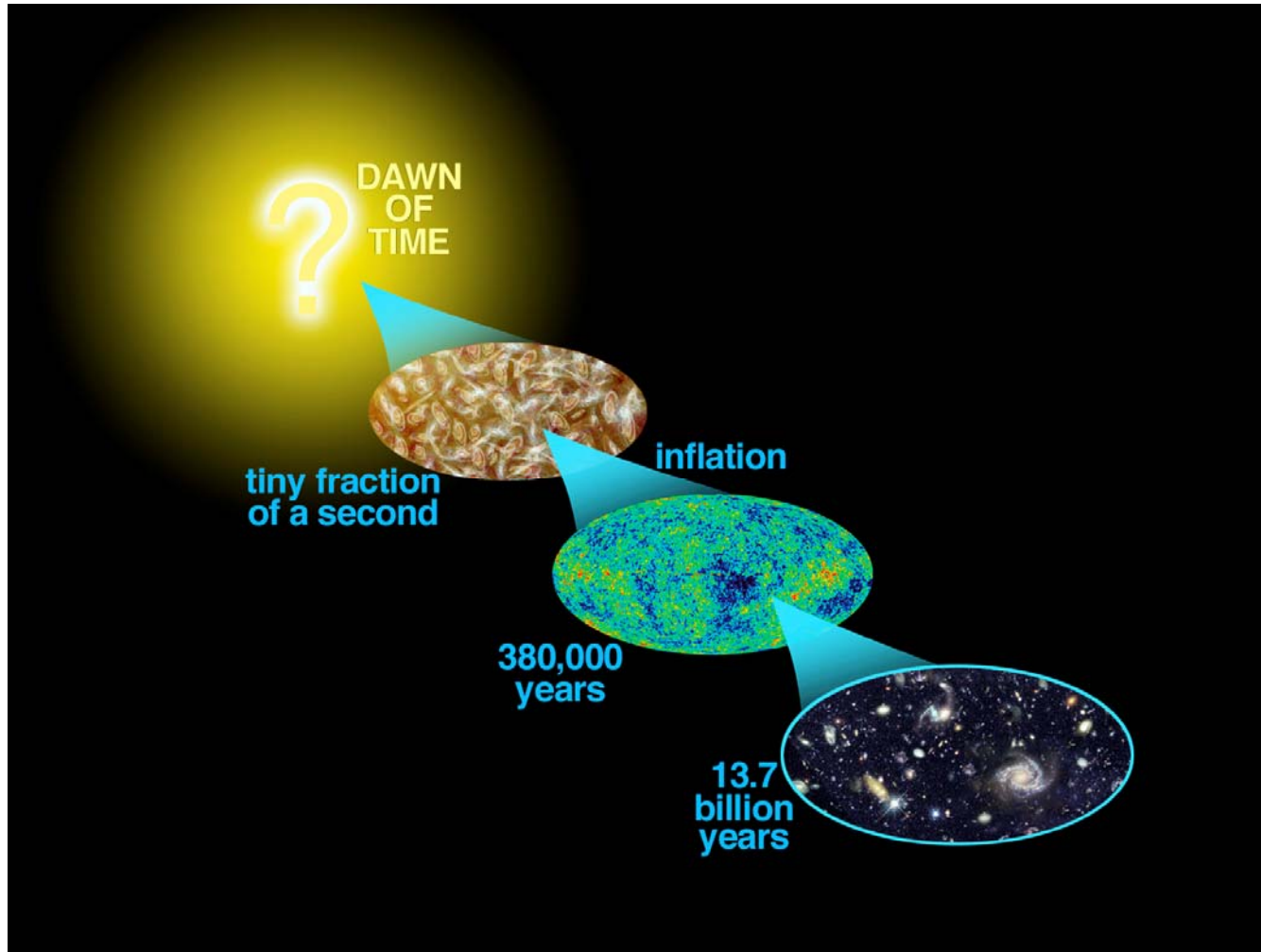
Vooraf de vraag hoe deze structuren in de loop  
der tijd ontstaan zijn



# Cursus grote vragen Kosmos

- We zullen in deze cursus zien dat de vorming van de grote structuren van melkwegstelsels mede bepaald wordt door het heelal als geheel
- Uiteraard is er de zwaartekracht die massa's lokaal doet samentrekken
- Maar hoeveel massa is er in het heelal?
- En waaruit bestaat die massa?
- En hoe kan de zwaartekracht vat krijgen op massa's *in een uitdijend heelal*?

# We bekijken de ontwikkeling van het heelal in ***vier fasen***



# Cursus grote vragen Kosmos

- Om ons bezig te houden met ***de grote vragen*** van de kosmos hebben we echter meer bagage nodig dan enkel kosmologie
- We zullen ook moeten begrijpen wat wetenschap is en hoe zij aan haar kennis komt
- Daarom zullen we ons de volgende keer gaan oefenen in een bijzonder vak:
  - ***de filosofie van de wetenschap***