

# BOTSENDE MELKWEGSTELSELS

## Kosmisch Vuurwerk

Prof. Dr. Henny J.G.L.M. Lamers

Univ van Amsterdam  
h.j.g.l.m.lamers@uu.nl  
www.hennylamers.nl



Metius



Alkmaar

24 April 2026

1

1



De melkweg boven een kerkje in Frankrijk

2



De melkweg boven  
Terschelling

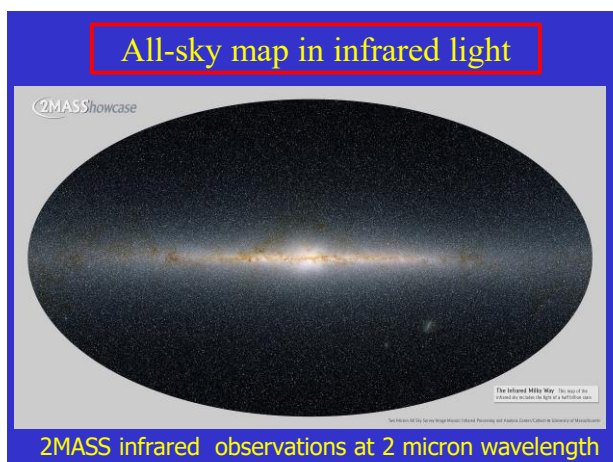
Foto: Marco Lok

3



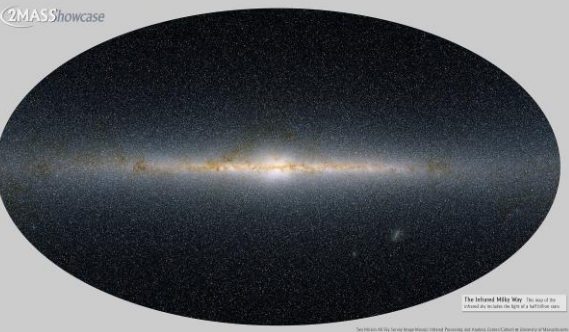
All-sky map in visual light (all around)

4



All-sky map in infrared light

2MASS showcase



2MASS infrared observations at 2 micron wavelength

5



Het Andromeda sterrenstelsel lijkt veel op  
onze Melkweg

You are here

Afstand 2 miljoen lichtjaar, diameter 100.000 lichtjaar

6

## Spiraal stelsels



NGC 1232,  $d=61$  Mlj  
Boven-aanzicht van een  
spiraal stelsel

NGC 4013,  $d = 55$  Mlj  
Zij-aanzicht van een  
spiraal stelsel

7

## Een melkwegstelsel op zijn kant



Afstand :  
30 miljoen  
lichtjaar

Diameter :  
100 000  
lichtjaar

Dikte :  
3000  
lichtjaar

NGC 4565

8

## Soorten melkwegstelsels

10

## Spiraal stelsel (S)



1. Sterk afgeplat
2. Jonge sterren in spiraalarmen:  
Stervorming gaat door.
3. Bulge alleen oude sterren
4. Zwaar:  $10^{10}$  a  $10^{12}$   $M_{\text{zon}}$
5. Groot: 100 000 lj.



11

11

## Elliptische stelsels (E)



Vorm als rugby bal

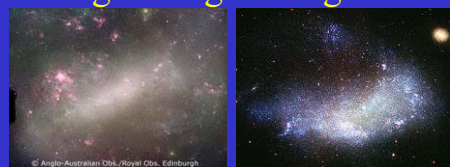
Weinig structuur

Voornamelijk oude sterren: geen recente stervorming

12

12

## Onregelmatige dwerg stelsels



© Anglo-Australian Obs., Royal Obs., Edinburgh  
Large Magellanic Cloud

NGC 1427



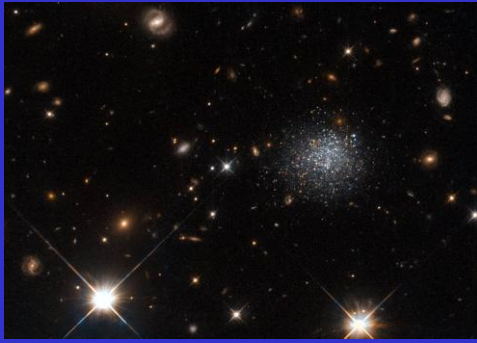
NGC 1569

Hummingbird Galaxy

Meest voorkomend, klein,  $10^7$  a  $10^8$   $M_{\text{zon}}$

13

## Faint fuzzies



Leda 677373 d= 14 Mlj

14

## Elliptisch reuzen stelsel



Dit zijn de  
grootste en  
zwaarste  
stelsels:

$10^{12}$  zonsmassa

M87

d= 53 Mlj

$M=2,5 \cdot 10^{12} M_{\text{zon}}$

15

## Clusters van melkwegstelsels



Coma cluster: een groep van > 1000 melkwegstelsels,  
op een afstand van 300 miljoen lj

16

16

Een compacte groep van 4 stelsels  
afstand 360 Mlj, diameter van de groep 150000 lj

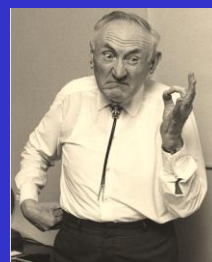


17

17

## donkere materie in melkwegstelsels

18



1933

Fred Zwicky had de snelheid  
van melkwegstelsels in de  
COMA cluster bestudeerd.

Hij vond onderlinge snelheid  
to meer dan 2000 km/s

Dat is veel groter dan hij had  
verwacht.

Wat houdt die cluster bij  
elkaar?

19

19



20

1933

“ Als dit bevestigd kan worden dan krijgen we het verrassende resultaat dat er **donkere materie** is in de Coma cluster: veel meer dan de “zichtbare materie”.

Zwicky's idee sloeg niet aan : vergeten.

21

### De rotatie van melkwegstelsels

1939  
Horace Babcock vindt dat de buitengebieden van het Andromeda melkwegstelsel veel sneller roteren dan verwacht.

Horace Babcock  
1882-1968  
Mount Palomar

Andromeda stelsel  
afstand 2 miljoen ljr.

22

### De rotatie van melkwegstelsels

1940  
Jan Oort vindt hetzelfde voor melkwegstelsel NGC 3115.  
Maar hij was aanvankelijk geen aanhanger van donkere materie.

Jan Oort  
1900-1992

NGC 3115  
Afstand 32 miljoen ljr.

23

1970  
Studie van de rotatiekromme van melkwegstelsels

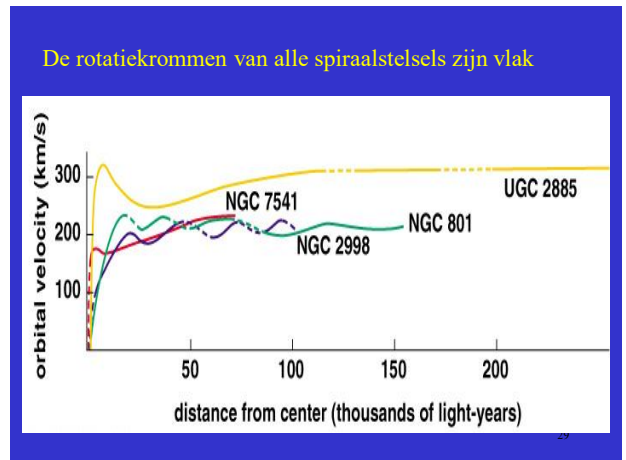
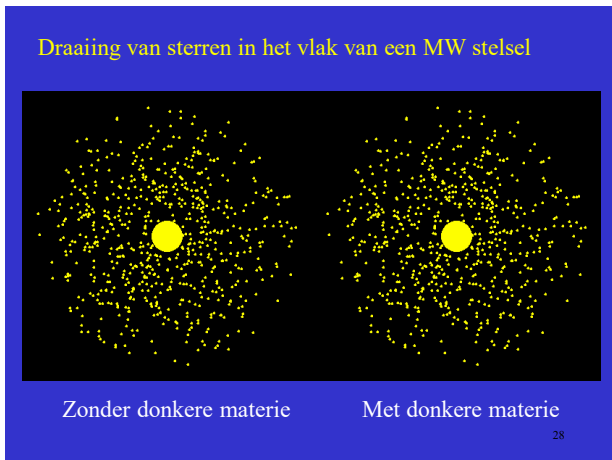
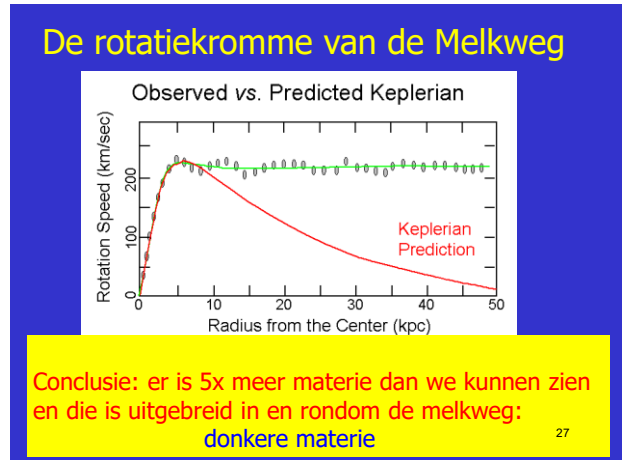
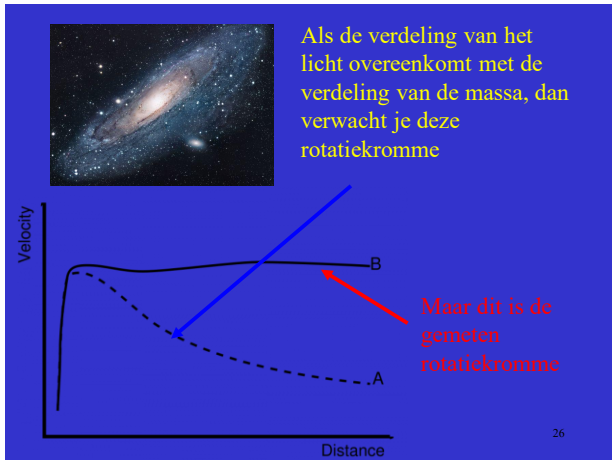
Vera Rubin  
Optische spectra van sterrenstelsels  
(Palomar en Kitt Peak)

Albert Bosma  
Radiostraling van gaswolken in sterrenstelsels  
(Westerbork)

24

### Helderheidsverdeling: sterk gecentreerd

25



Botsende melkwegstelsels

30





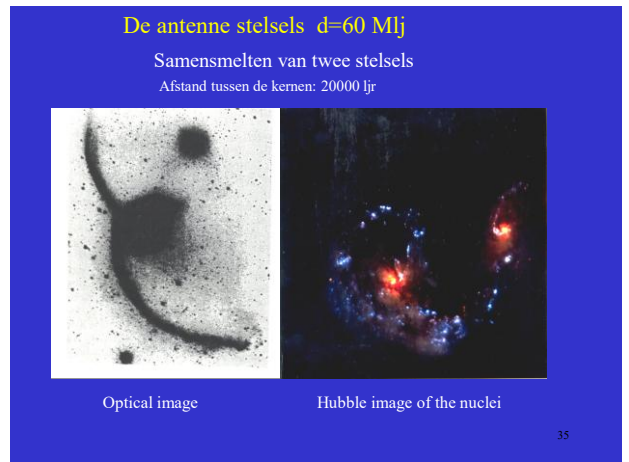
32



33



34



35

<p><b>DE MENS TUSSEN DE STERREN</b> WIE ONTOEGANGELIJK VOOR STEERRENTYF?</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lammers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam AstroBoekjes: deel 1</p>	<p><b>HALLO IS DAAR IEMAND?</b> SPEUREN NAAR LEVEN IN HET HEELAL</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lammers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam AstroBoekjes: deel 2</p>	<p><b>AstroBoekjes</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. De mens tussen de sterren (33<sup>e</sup> druk) 2. Hallo is daar iemand (29<sup>e</sup> druk)</li> <li>3. De oerknal en het uitdijend heelal (29<sup>e</sup> druk)</li> <li>4. Het draait allemaal om de Zon (21<sup>e</sup> druk)</li> </ol> <p>nu euro 7,50 per stuk</p> <p><b>Ik signeer op verzoek</b></p>
<p><b>DE OERKNAL EN HET UITDIJEND HEELAL</b> OP ZOEK NAAR DE OERSPRONG</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lammers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam AstroBoekjes: deel 3</p>	<p><b>HET DRAAIT ALLEMAAL OM DE ZON</b> ONTSTAAN, BOUW EN EVOLUTIE VAN ONS PLANETENSTELSEL</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lammers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam AstroBoekjes: deel 4</p>	

Hier 5,00

36

<p><b>MYSTERIES IN HET HEELAL</b></p> <p>DONKERE MATERIE EN DONKERE ENERGIE</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lammers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam AstroBoekjes: deel 5</p>	<p><b>Nieuw</b></p> <p><b>AstroBoekje 5</b></p> <p><b>November 2024</b></p> <p><b>6<sup>e</sup> druk 2026</b></p>
---	---

37

# Wat gebeurt er als melkwegstelsels botsen

38

38

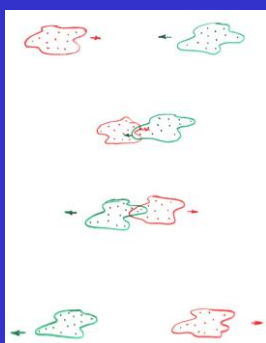
# Sterren in botsende melkwegstelsels



39

39

# Sterren in botsende melkwegstelsels



40

40

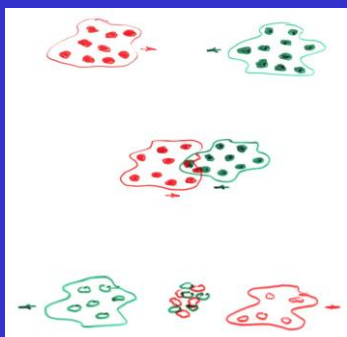
# Gas wolken in botsende melkwegstelsels



41

41

# Gas wolken in botsende melkwegstelsels



42

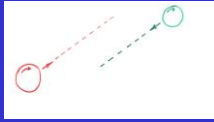
42



Botsende wolken veroorzaken ster-vorming

43

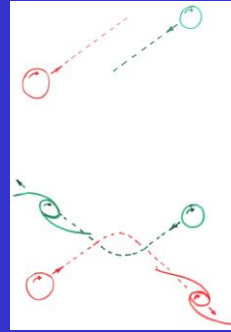
Vorming van "Bruggen" en "Staarten" in bijna-botsingen



44

44

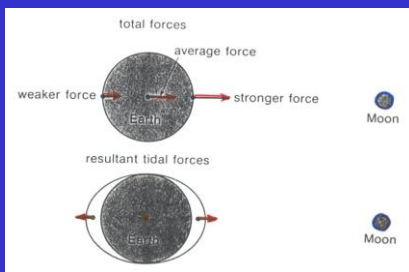
Vorming van "Bruggen" en "Staarten" in bijna-botsingen



45

45

Tidal forces due to gravity



46

46



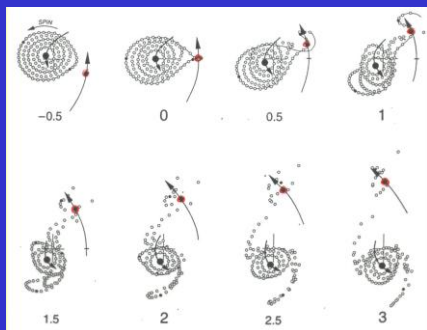
Het  
"Draaikolk stelsel"  
en zijn  
begeleider

$d=25$  Mjyr  
Resultaat van een  
bijna-botsing

47

47

Numerieke Simulatie van bijna-botsing

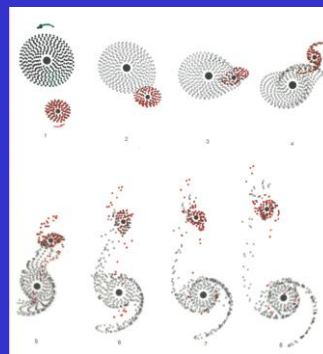


300 Mjr  
geleden

Toomre en Toomre 1973

48

Numerieke Simulatie van Draaikolk bijna-botsing



Bijna botsing:  
300 miljoen jaar geleden

Toomre 1978

49

49

## De uitgebreidheid van de Draaikolk



Optische bult (sterren en gas)  
 Geprojecteerde lengte = 150000 lj  
 Bult staat van ons weg gericht

Bukhard 1973



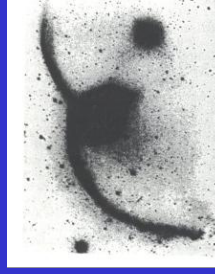
Radio staart op 21 cm (neutraal H gas)  
 Geprojecteerde lengte = 270000 lj  
 Radiostaart is naar ons toe gericht  
 Hoek met gezichtslijn = 40 graden

50  
 Rots et al. 1990

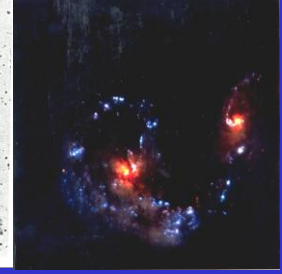
50

## The Antennae galaxies (NGC 4038 en 4039), $d=60$ Mly

Distance between nuclei: 20000 lyr



Optical image



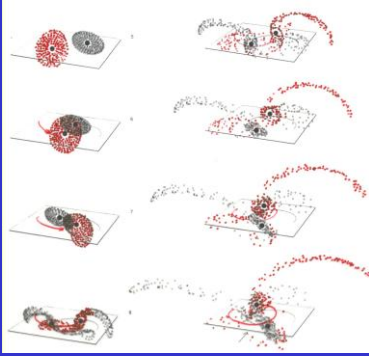
Hubble image of the nuclei

51

51

## Numerical simulation of Antennae galaxies

Toomre en Toomre 1973



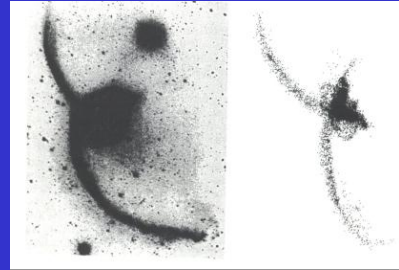
52

52

## Numerical simulation of Antennae galaxies

Second passage after capture

Barnes 1988



53

53

### DE MENS TUSSEN DE STERREN



Prof. Henk J.G.L.M. Lammers  
 Sterrenkundig Instituut  
 Universiteit van Amsterdam

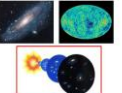
Hier 5,00

### HALLO IS DAAR IEMAND?



Prof. Henk J.G.L.M. Lammers  
 Sterrenkundig Instituut  
 Universiteit van Amsterdam

### DE OERKNAL EN HET UITDIJEND HEELAL



Prof. Henk J.G.L.M. Lammers  
 Sterrenkundig Instituut  
 Universiteit van Amsterdam

### HET DRAAIT ALLEMAAL OM DE ZON



Prof. Henk J.G.L.M. Lammers  
 Sterrenkundig Instituut  
 Universiteit van Amsterdam

## AstroBoekjes

1. De mens tussen de sterren (33<sup>e</sup> druk) 2. Hallo is daar iemand (29<sup>e</sup> druk)
3. De oerknal en het uitdijend heelal (29<sup>e</sup> druk)
4. Het draait allemaal om de Zon (21<sup>e</sup> druk)

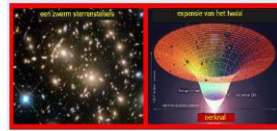
nu  
 euro 7,50 per stuk

Ik signeer op verzoek

54

## MYSTERIES IN HET HEELAL

DONKERE MATERIE  
 EN  
 DONKERE ENERGIE



Prof. Henk J.G.L.M. Lammers  
 Sterrenkundig Instituut  
 Universiteit van Amsterdam

AstroBoekjes: deel 5

Nieuw

AstroBoekje 5

November 2024

6<sup>e</sup> druk 2026

55

55

# The Ring galaxy NGC 4772, $d = 70$ Mly



Hubble opname

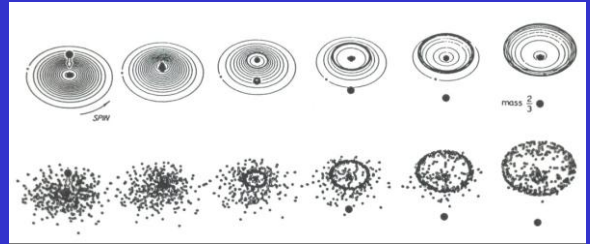
Radius of ring  
3000 ly

56

56

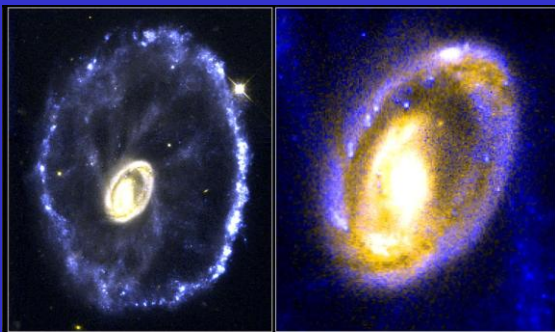
# Numerical simulation of Ring galaxy

Toomre en Toomre 1973



57

57



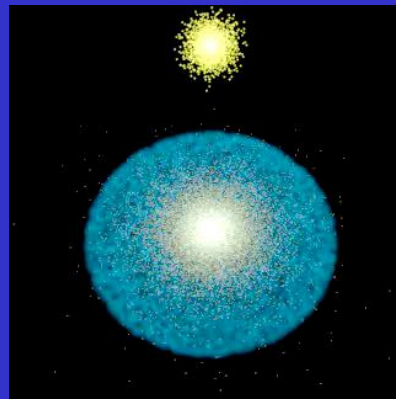
## Cartwheel Galaxy Detail

Hubble Space Telescope - Wide Field Planetary Camera 2

PRC96-36a - ST ScI OPO - November 26, 1996 - C. Bruck and P. Appleton (Owens State University), K. Borhe (Hughes STX), R. Lucas (ST ScI) and NASA

58

# Numerical simulation of Cartwheel galaxy: interaction



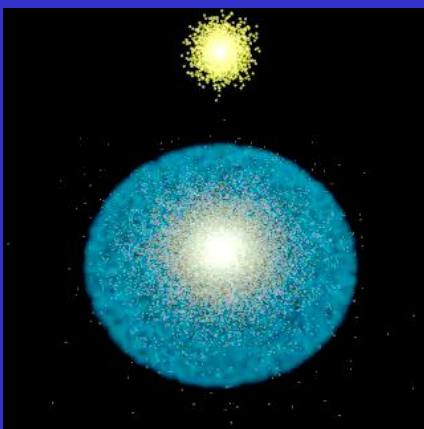
Yellow = stars  
Blue = gas

Mihos 2002

<http://burro.astr.cwru.edu/models/models.html>

59

59

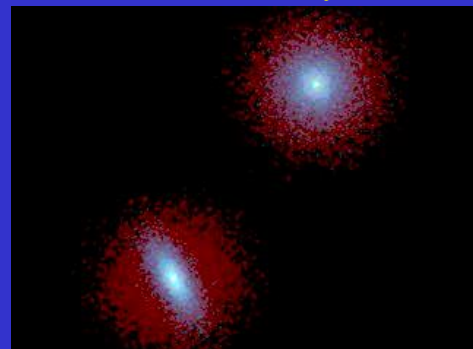


60

60

# Colliding galaxies with dark matter halo (red)

3D Orientation in space



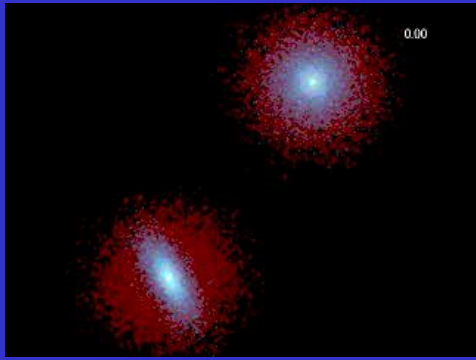
Red = dark matter

Barnes 1999

61

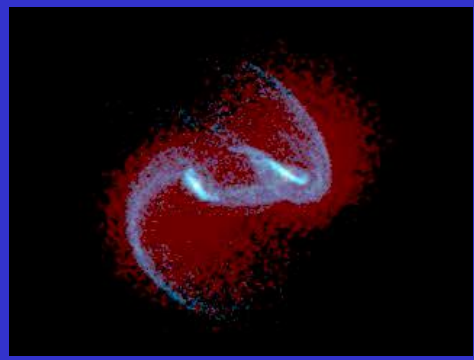
61

Interaction of galaxies with dark matter halo (red)



62

End phase of interaction in 3D



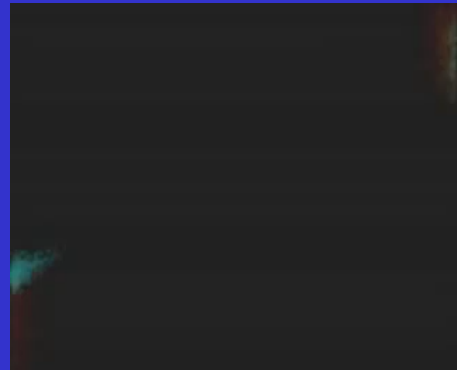
63

Two galaxies in the process of merging



64

Two galaxies in the process of merging



65

## Het ontstaan van melkwegstelsels

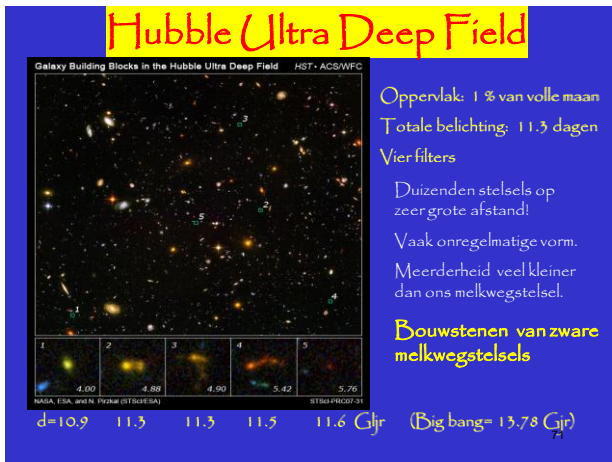
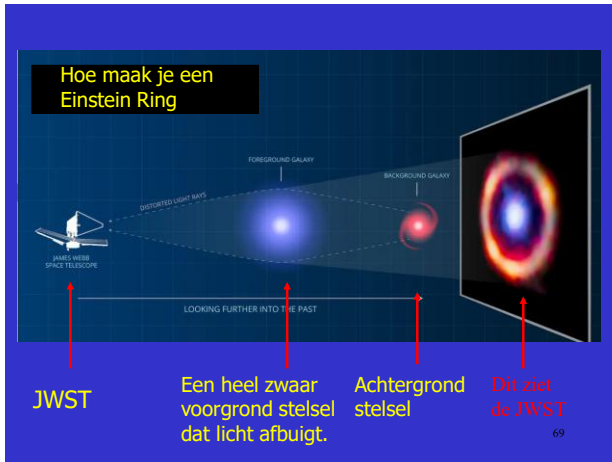
66

66

Een van de eerste Webb opnamen:  
een cluster van melkwegstelsels



68



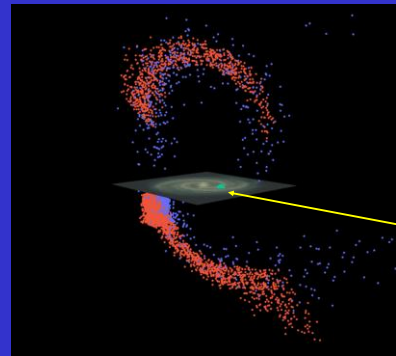
Our galaxy is NOW absorbing a very small galaxy  
(Sagittarius dwarf-galaxy) = cannibalism



Sagittarius dwarf galaxy: discovered on infrared images

75

75



De grootste sterrenliert om de melkweg  
de Sagittarius stream (GAIA 2022)

76

76

## ENCELADUS: “the last major merger”

Uit GAIA metingen:

De laatste samensmelting van de melkweg met een ander groot stelsel was 8 – 10 miljard jaar geleden.

De helft van de losse sterren in de halo komt van deze samensmelting!

77

77

Andromeda stelsel op ram koers met de melkweg  
over 6 miljard jaar samensmelten ?



79

79

Andromeda stelsel op ram koers met de melkweg  
over 6 miljard jaar samensmelten ? *John Dubinsky*



80

80

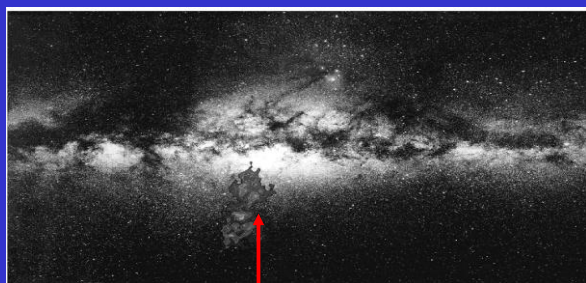
## Conclusies

1. (Bijna) botsingen van melkwegstelsels komen vaak voor !

81

81

Our galaxy is NOW absorbing a very small galaxy  
(Sagittarius dwarf-galaxy) = cannibalism



Sagittarius dwarf galaxy:  
discovered on infrared images

82

82

### Conclusies

1. (Bijna) botsingen van melkwegstelsels komen vaak voor !
2. Gaswolken reageren meer dan sterren
3. Vorming van staarten en bruggen.
4. Grote stelsels zijn gevormd door samensmelten van kleinere stelsels.

83

83

That's it, folks !

Thank you for your attention

84

84

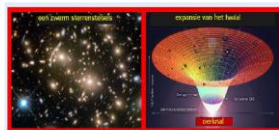
<p>DE MENS TUSSEN DE STERREN WIL OORDEELEN VAN STERRENLOOF</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lamers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam</p> <p>AstroBoekjes deel 1</p>	<p>HALLO IS DAAR IEMAND? SPEUREN NAAR LEVEN IN HET HEELAL</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lamers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam</p> <p>AstroBoekjes deel 2</p>	<p><b>AstroBoekjes</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. De mens tussen de sterren (33<sup>e</sup> druk)</li> <li>2. Hallo is daar iemand (29<sup>e</sup> druk)</li> <li>3. De oerknal en het uitdijend heelal (29<sup>e</sup> druk)</li> <li>4. Het draait allemaal om de Zon (21<sup>e</sup> druk)</li> </ol> <p>nu euro 7,50 per stuk</p> <p><b>Ik signeer op verzoek</b></p>
<p>DE OERKNAL EN HET UITDIJEND HEELAL OP ZOEK NAAR DE OORSPRONG</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lamers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam</p> <p>AstroBoekjes deel 3</p>	<p>HET DRAAIT ALLEMAAL OM DE ZON ONSTAAAN, BOUW EN EVOLUTIE VAN ONS PLANETENSTELSEL</p> <p>Prof. Henry J.G.L.M. Lamers Sterrenkundig Instituut Universiteit van Amsterdam</p> <p>AstroBoekjes deel 4</p>	

Hier 5,00

85

### MYSTERIES IN HET HEELAL

DONKERE MATERIE  
EN  
DONKERE ENERGIE



Prof. Henry J.G.L.M. Lamers  
Sterrenkundig Instituut  
Universiteit van Amsterdam

AstroBoekjes: deel 5

Nieuw

AstroBoekje 5

November 2024

6<sup>e</sup> druk 2026

86

86

### Hubble pictures on the web

1. [www.heritage.stsci.edu](http://www.heritage.stsci.edu)
2. <http://oposite.stsci.edu/pubinfo>

### Numerical simulations of galaxy interactions

- <http://www.ifa.hawaii.edu/~barnes/saas-fee/chapter4.html>  
[ifa.hawaii.edu/~barnes/transform.html](http://ifa.hawaii.edu/~barnes/transform.html)  
<http://burro.astr.cwru.edu/models/models.html>  
<http://burro.astr.cwru.edu/SSAnims/index.html>

### Popular article about colliding galaxies

Henry Lamers, Zenit, sept 2002, p 368-374

87

87