

# Ewolucja Wszechświata

## *Wykład 7*

### *Powstawanie galaktyk*

## 373 000 lat - rekombinacja

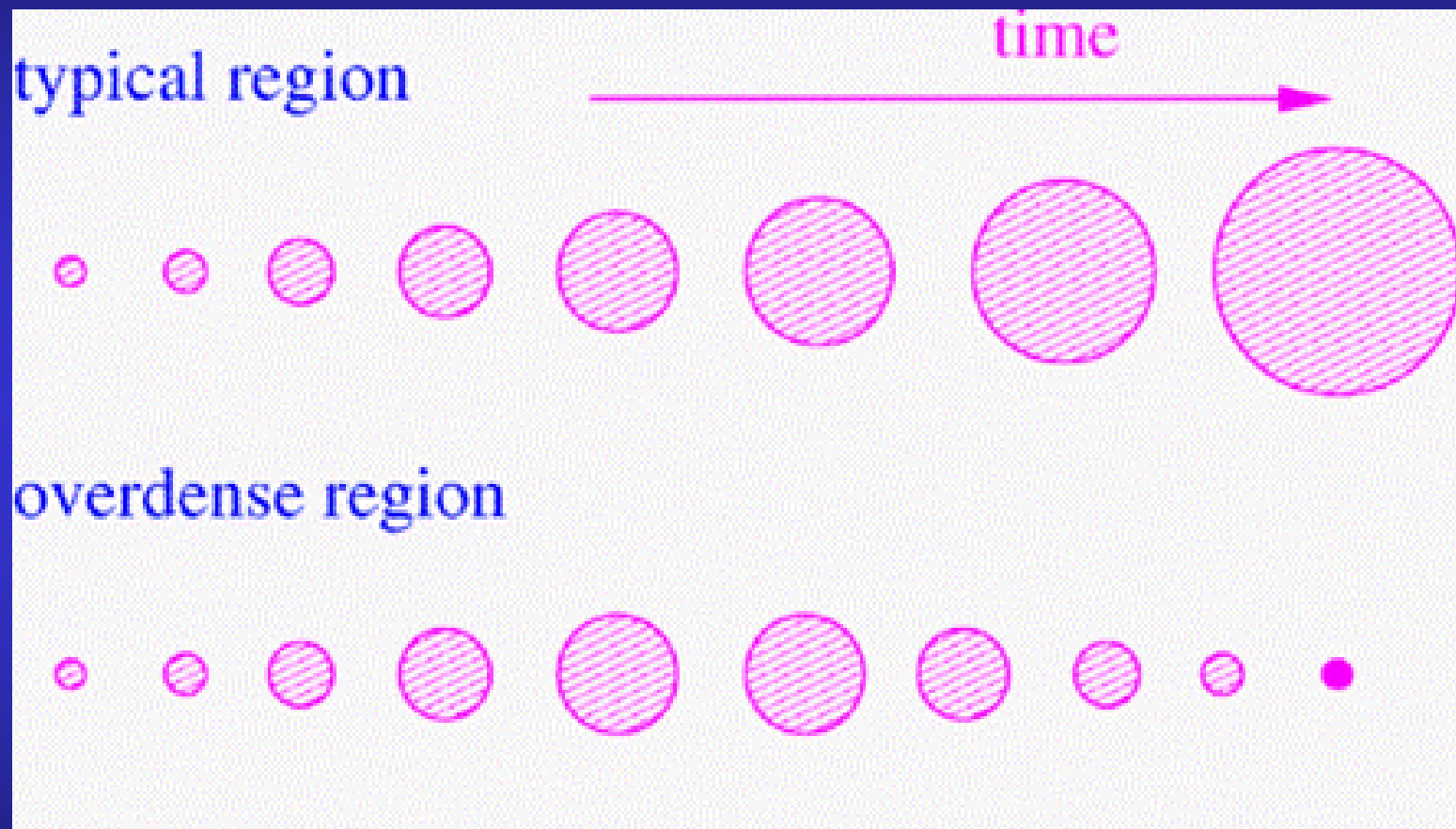
**Powstają atomy – materia staje się przezroczysta-  
promieniowanie oddziela się od materii.**

**Promieniowanie nie oddziałuje z materią – nie  
przeciwdziała powstawaniu zagęszczeń materii.**

## 300 – 500 milionów lat

**Fluktuacje gęstości materii i siła grawitacji  
powodują powstawanie coraz większych zgęszczeń  
materii - powstają pierwsze galaktyki i gwiazdy.**

# Kolaps grawitacyjny



## W momencie rekombinacji:

- Fluktuacje gęstości rzędu  $10^{-5}$
- Bariony i ciemna materia dokładnie wymieszane.

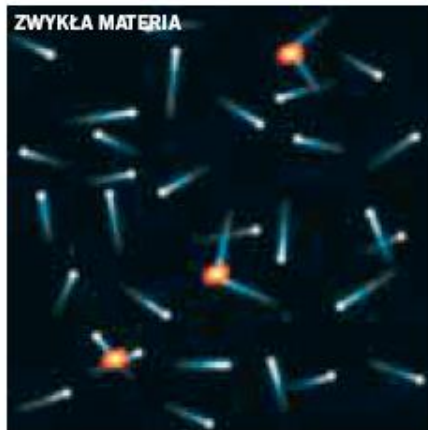
## Obecnie:

- Gęstości centralnych części galaktyk przewyższają  $10^{11}$  razy średnią gęstość Wszechświata.
- Zwykła materia tworzy gęste skupiska (galaktyki) wewnątrz olbrzymich halo ciemnej materii

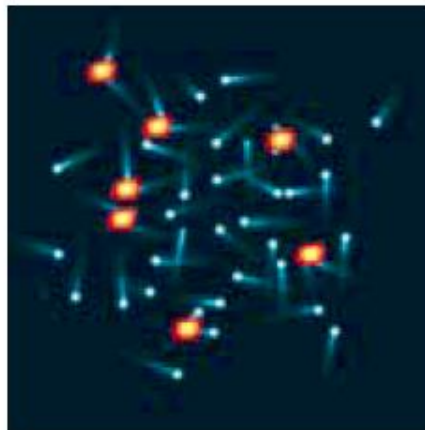
*Ciemna materia oddzieliła się od materii barionowej.*

# Zwykła i ciemna materia dochodzą do równowagi w różny sposób.

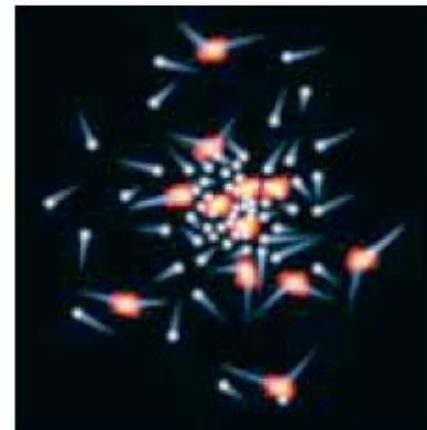
## ZWYKŁA MATERIA



**1** Zwykła materia porusza się na początku chaotycznie we wszystkich kierunkach. Jej gęstość zmienia się w przypadkowy sposób.

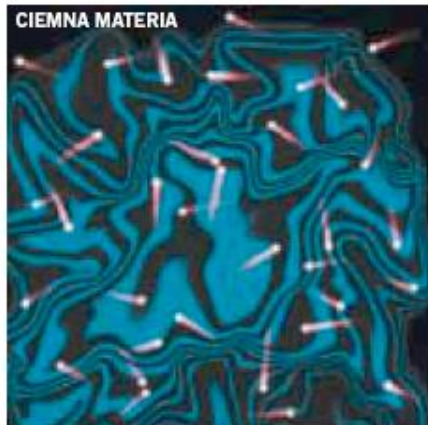


**2** Cząstki gazu zderzają się ze sobą, wymieniając energię i generując ciśnienie, które przeciwstawia się grawitacji.

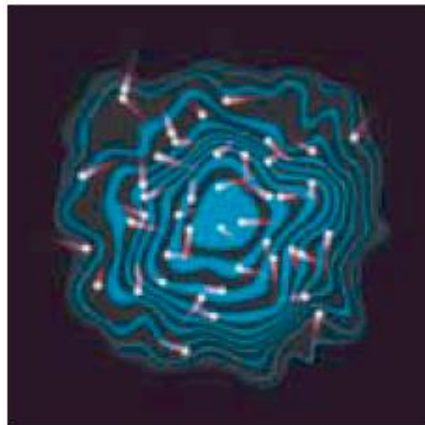


**3** W końcu gaz osiąga stan równowagi hydrostatycznej, w którym jego gęstość jest najwyższa w pobliżu środka masy.

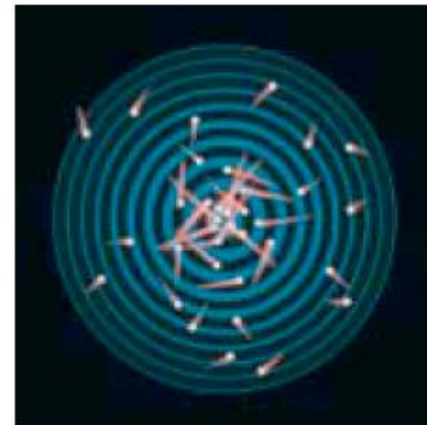
## CIEMNA MATERIA



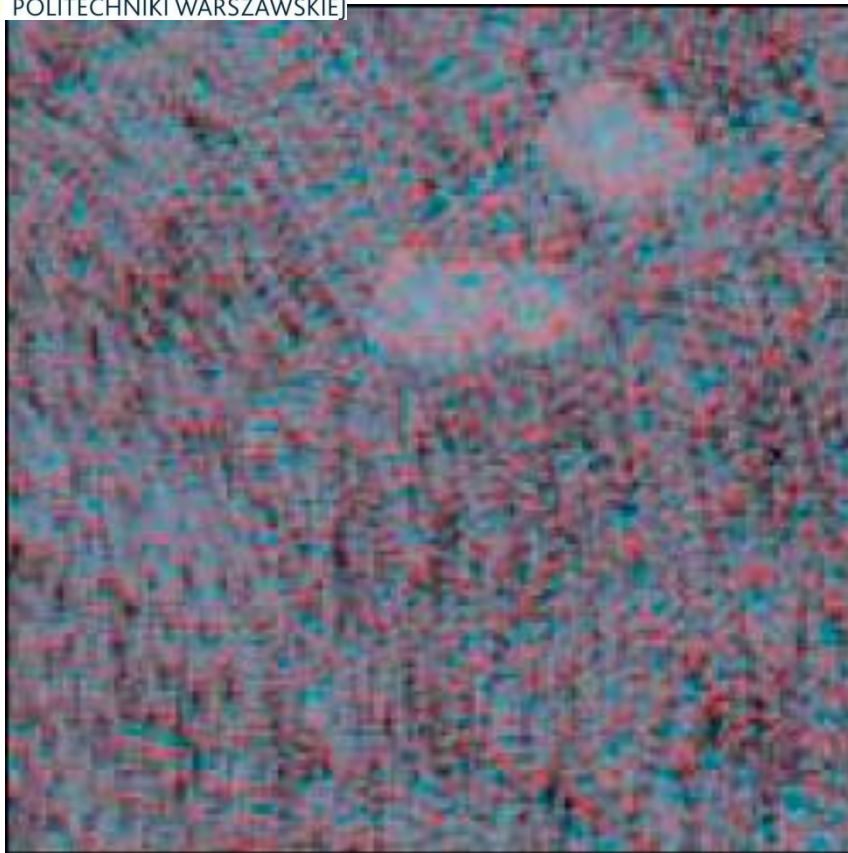
**1** Początkowo ciemna materia ma taki sam rozkład jak zwykła. Różnica polega na tym, że jej cząstki nie zderzają się ze sobą.



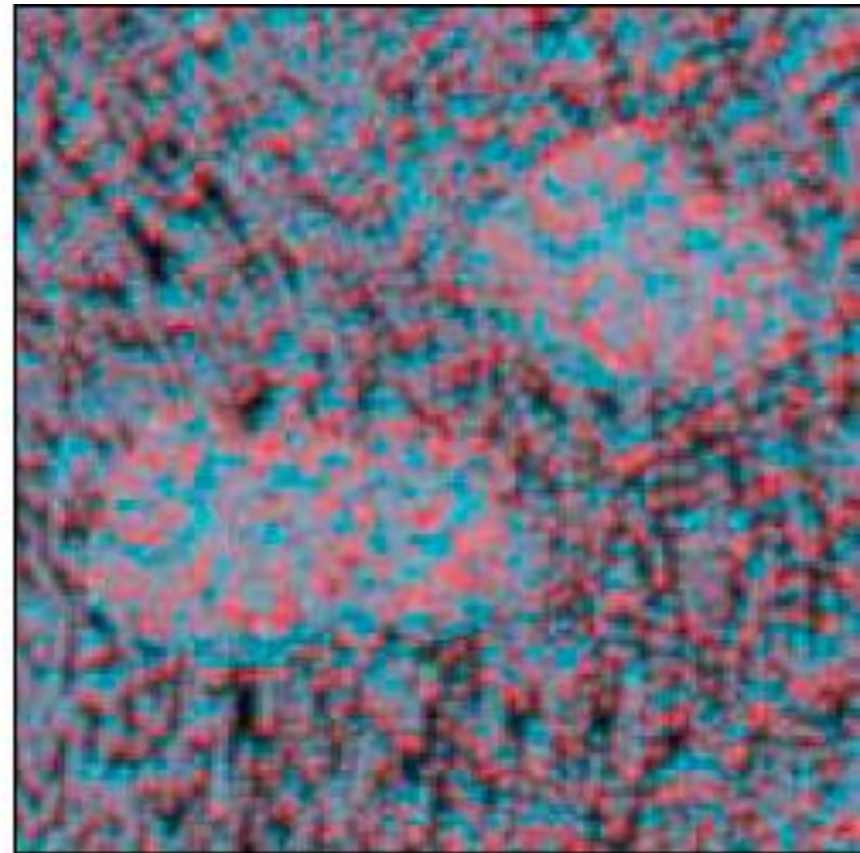
**2** W wyniku ruchu cząstek zmienia się pole grawitacyjne, które powoduje, że cząstki te zyskują lub tracą energię.



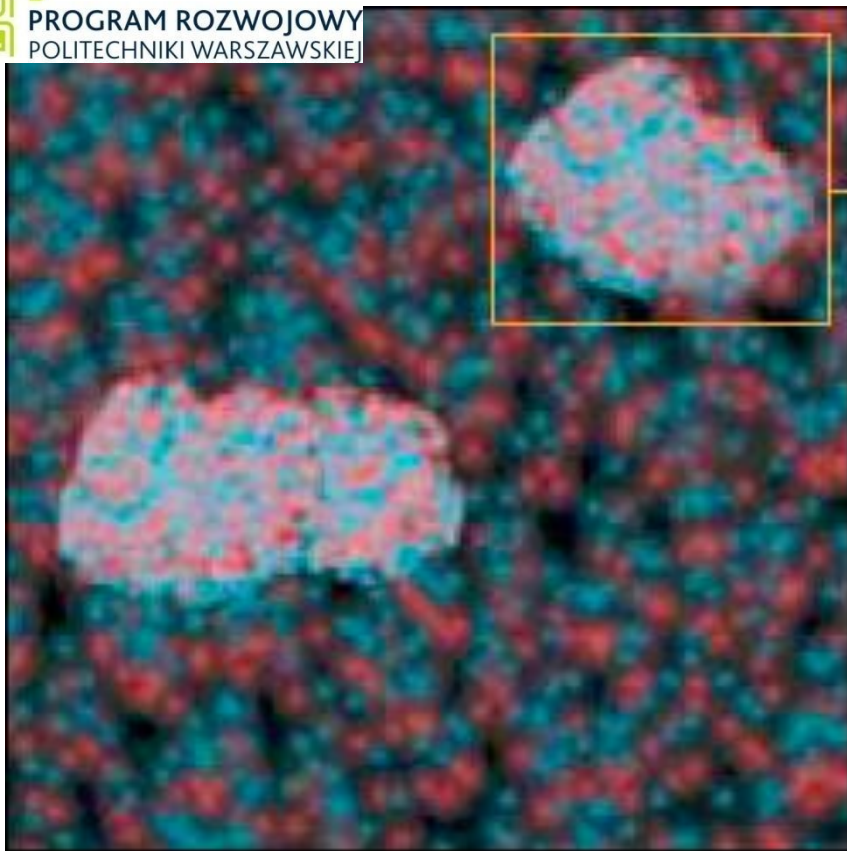
**3** Stopniowo układ osiąga stan równowagi wirialnej, przy którym pole grawitacyjne już się nie zmienia.



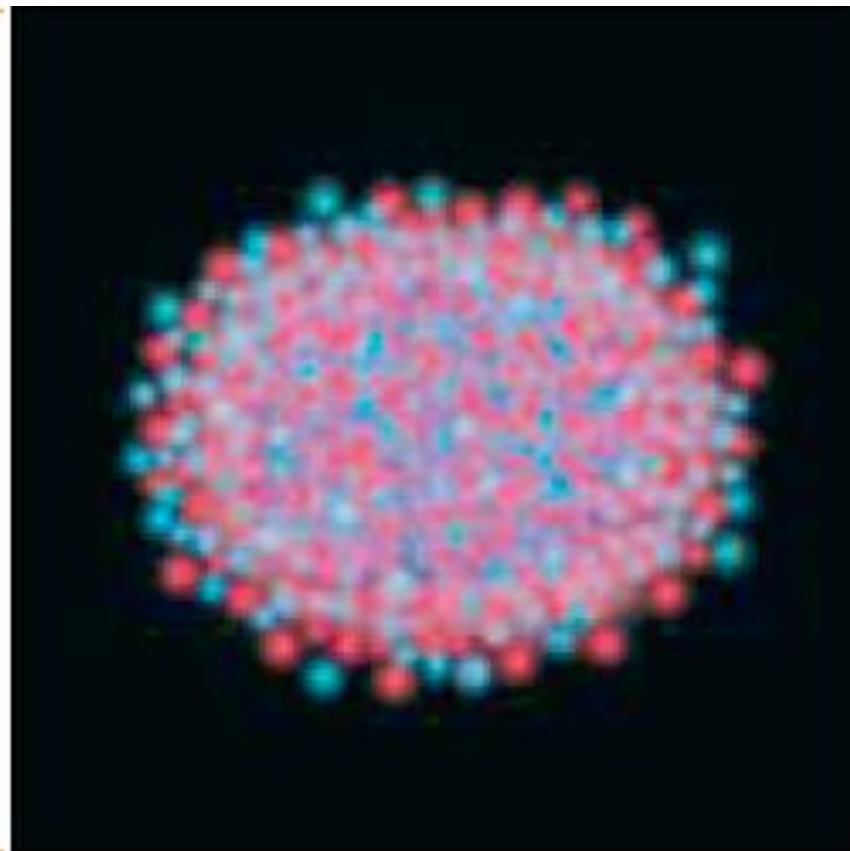
**1** Na początku Wszechświat wypełnia pierwotny gaz – mieszanina zwykłej (*niebieski*) i ciemnej (*czerwony*) materii – w którym przestrzenne wahania gęstości są nieznaczne.



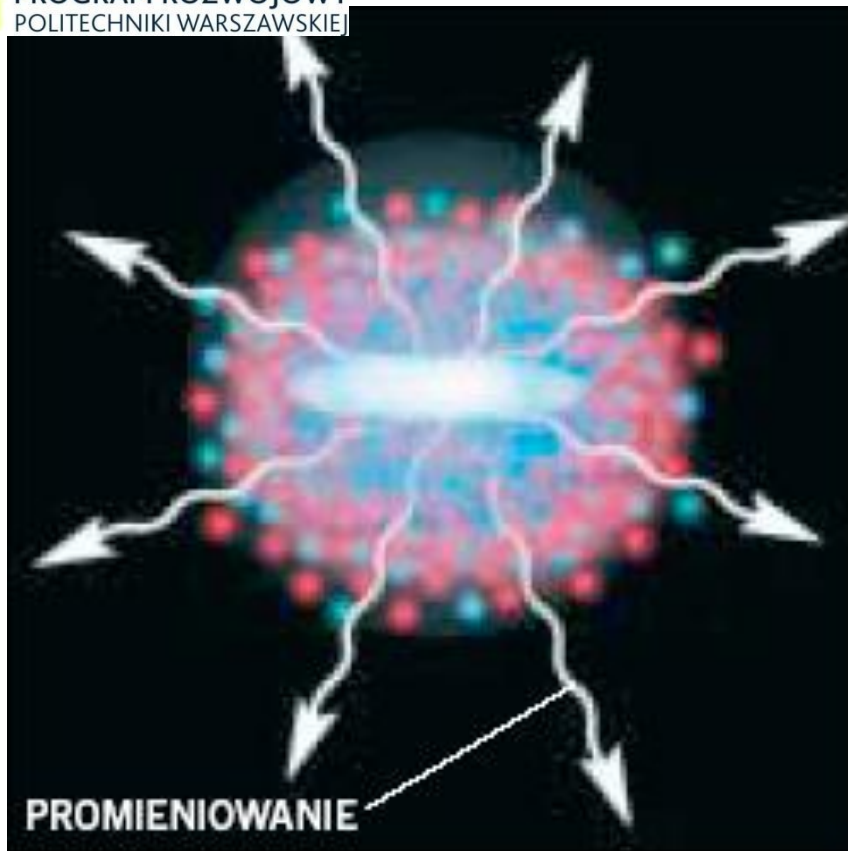
**2** Dopóki kosmiczna ekspansja przeważa nad grawitacją, dopóty gaz rozrzedza się. Jednak obszary o większej gęstości rozrzedzają się wolniej niż inne.



**3** Ostatecznie obszary te stają się tak gęste w stosunku do otoczenia, że grawitacja bierze w nich górę nad ekspansją i zaczynają się zapadać.

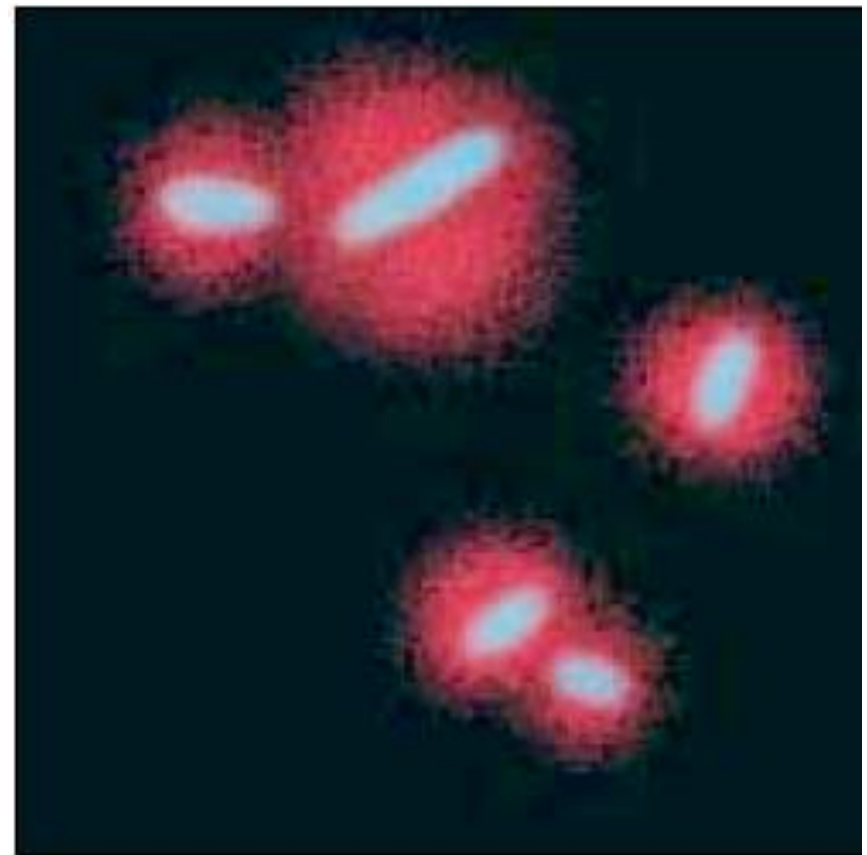


**4** Podczas kolapsu w obrębie każdego z obszarów ustala się równowaga. Gęstość zarówno zwykłej, jak i ciemnej materii jest największa w części centralnej i zmniejsza się stopniowo w kierunku brzegów.



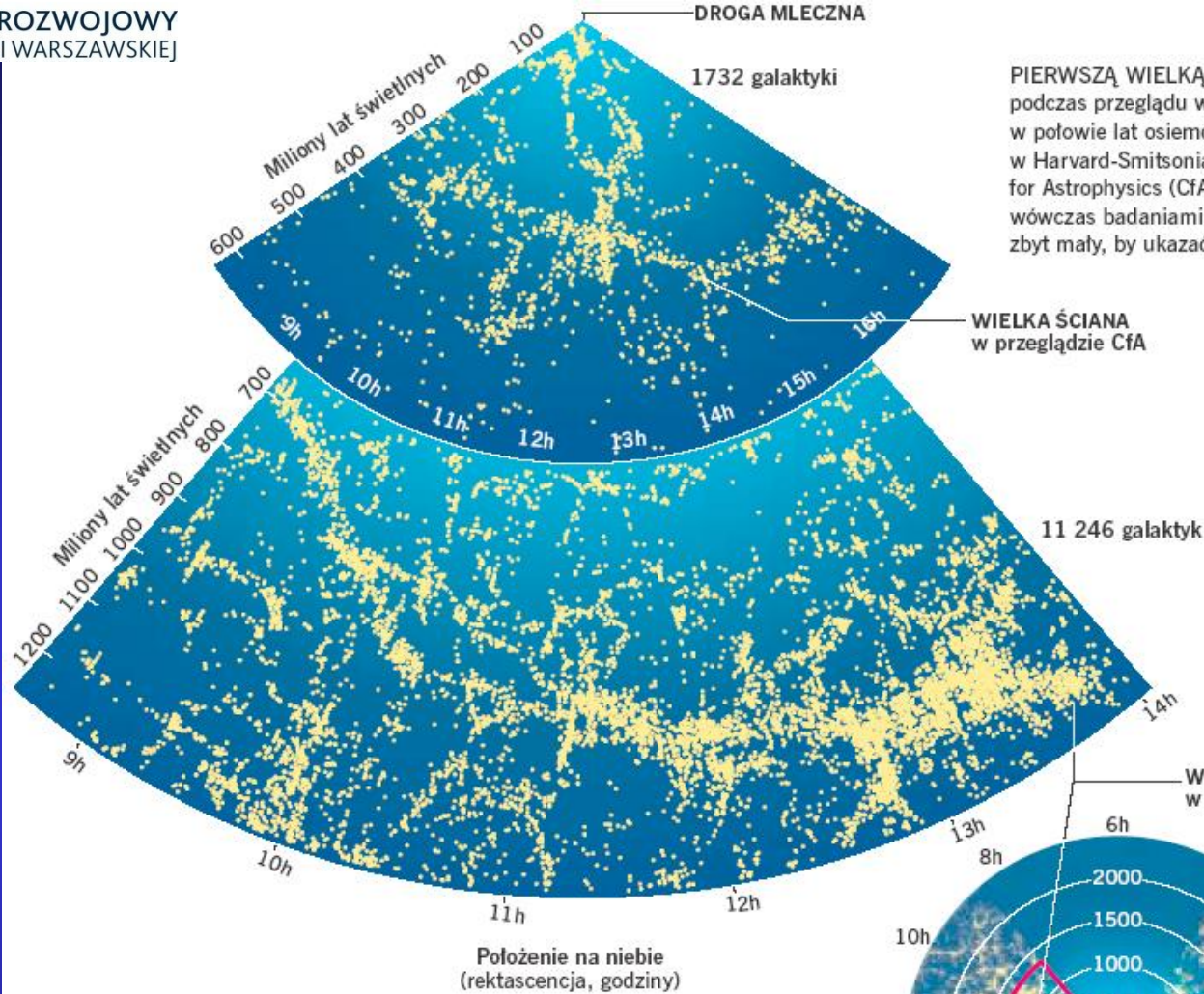
PROMIENIOWANIE

**5** Ciemna materia nie promieniuje, zachowuje swój rozkład, natomiast zwykła materia traci energię przez promieniowanie, zapada się do postaci wirującego dysku i tworzy gwiazdy.



**6** Protogalaktyki oddziałują ze sobą siłami pływowymi i łączą się w większe obiekty (proces ten zachodzi równocześnie z procesami opisanymi w punkcie 4 i 5).

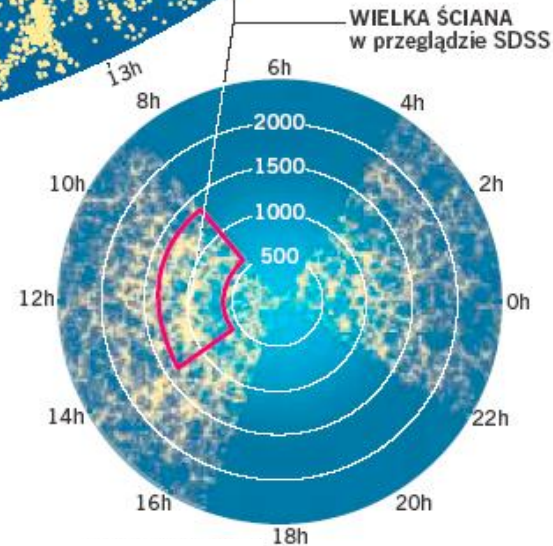




PIERWSZĄ WIELKĄ ŚCIANĘ odkryto podczas przeglądu wykonanego w połowie lat osiemdziesiątych w Harvard-Smitsonian Center for Astrophysics (CfA). Obszar objęty wówczas badaniami był jednak zbyt mały, by ukazać ją w całości.

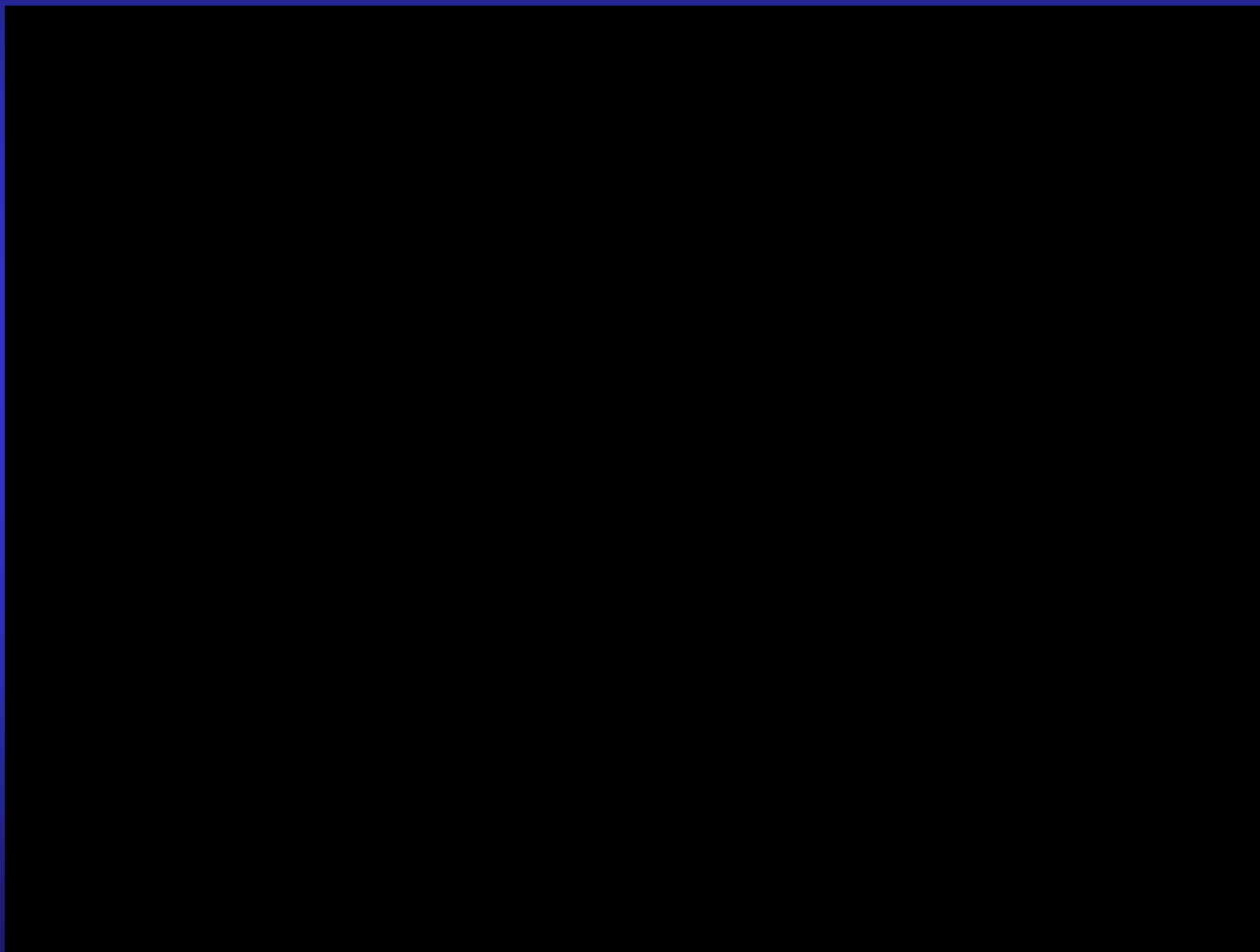
Położenie na niebie  
(rektascencja, godziny)

REALIZOWANY OBECNIE Sloan Digital Sky Survey (SDSS) obejmuje znacznie większy obszar kosmosu niż CfA. Mały fragment (około 1%) tego obszaru jest pokazany na dokładnej mapie umieszczonej powyżej. Fragment kilkakrotnie większy można obejrzeć na kołowym diagramie po prawej, na którym kontury dokładnej mapy zostały oznaczone grubą linią. Nasza Galaktyka znajduje się w środku tego diagramu; promienie białych okręgów mierzone są w milionach lat świetlnych. SDSS zaowocował m.in. odkryciem kolejnej Wielkiej Ściany, której długość przekracza 1 mld lat świetlnych.

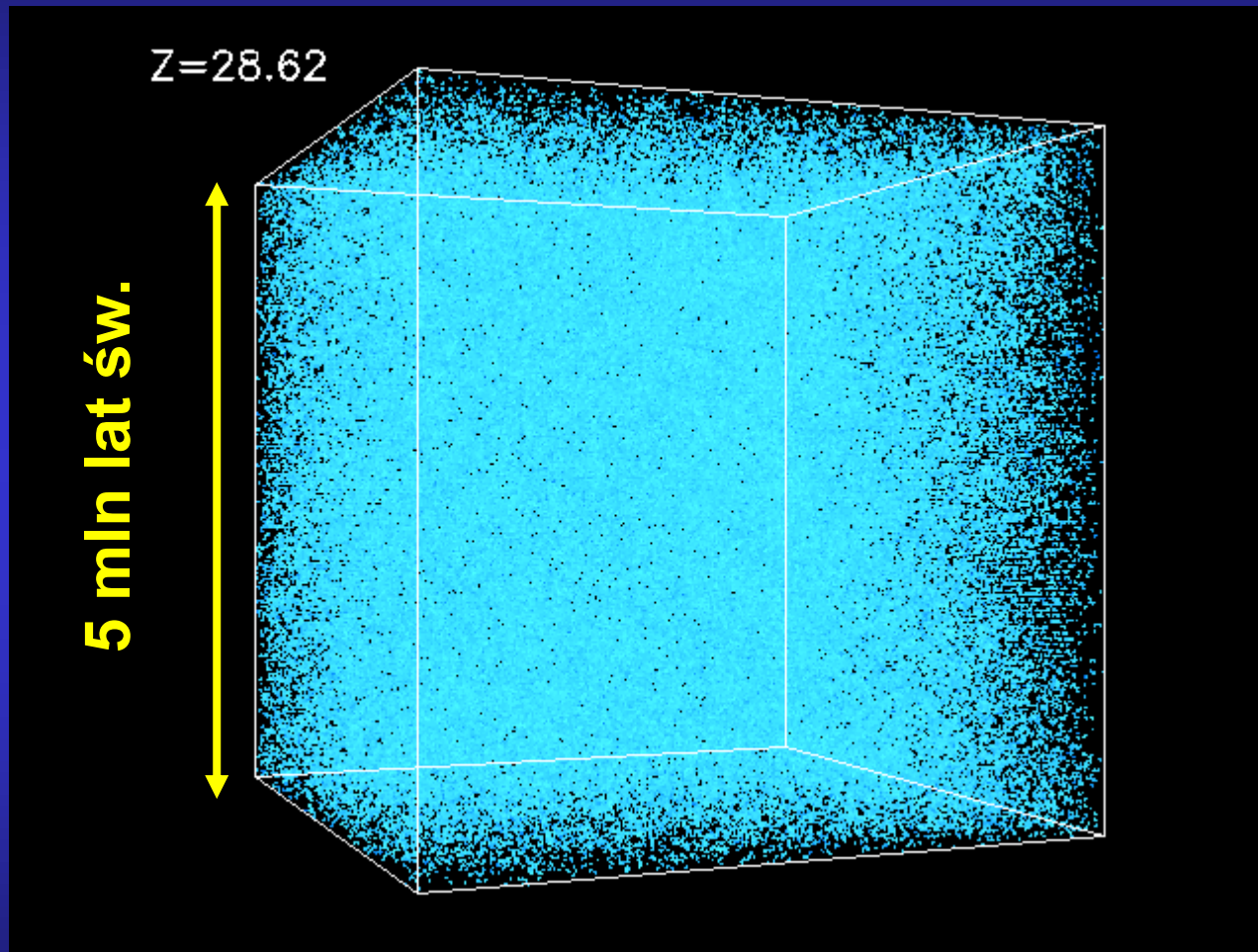


**Modele tworzenia się struktur  
potrzebują zimnej ciemnej materii.**

**Gorąca ciemna materia (neutrino)  
nie tworzy zagęszczeń.**

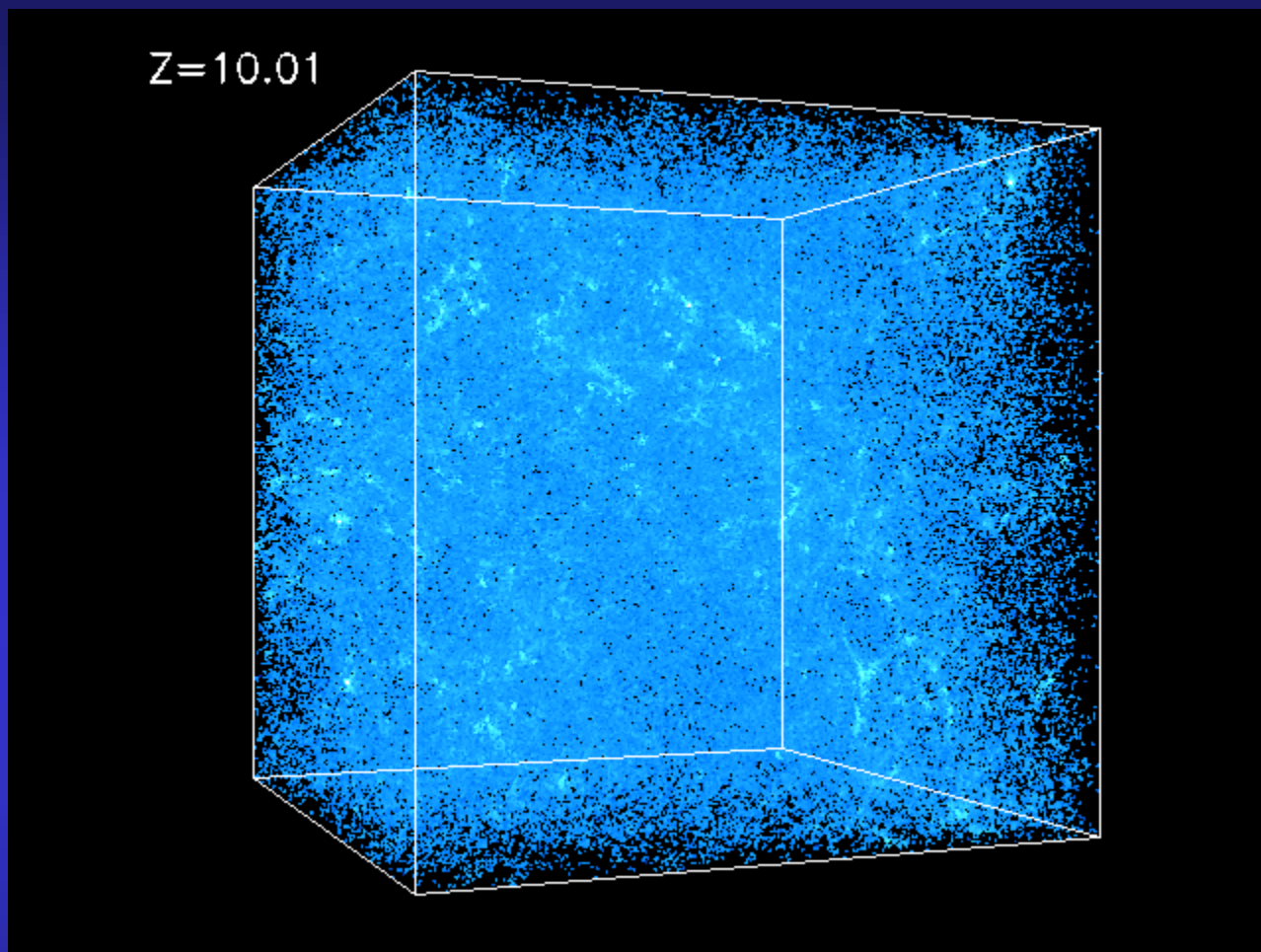


# Symulacje powstawania struktur (włókien) z uwzględnieniem zimnej ciemnej materii.



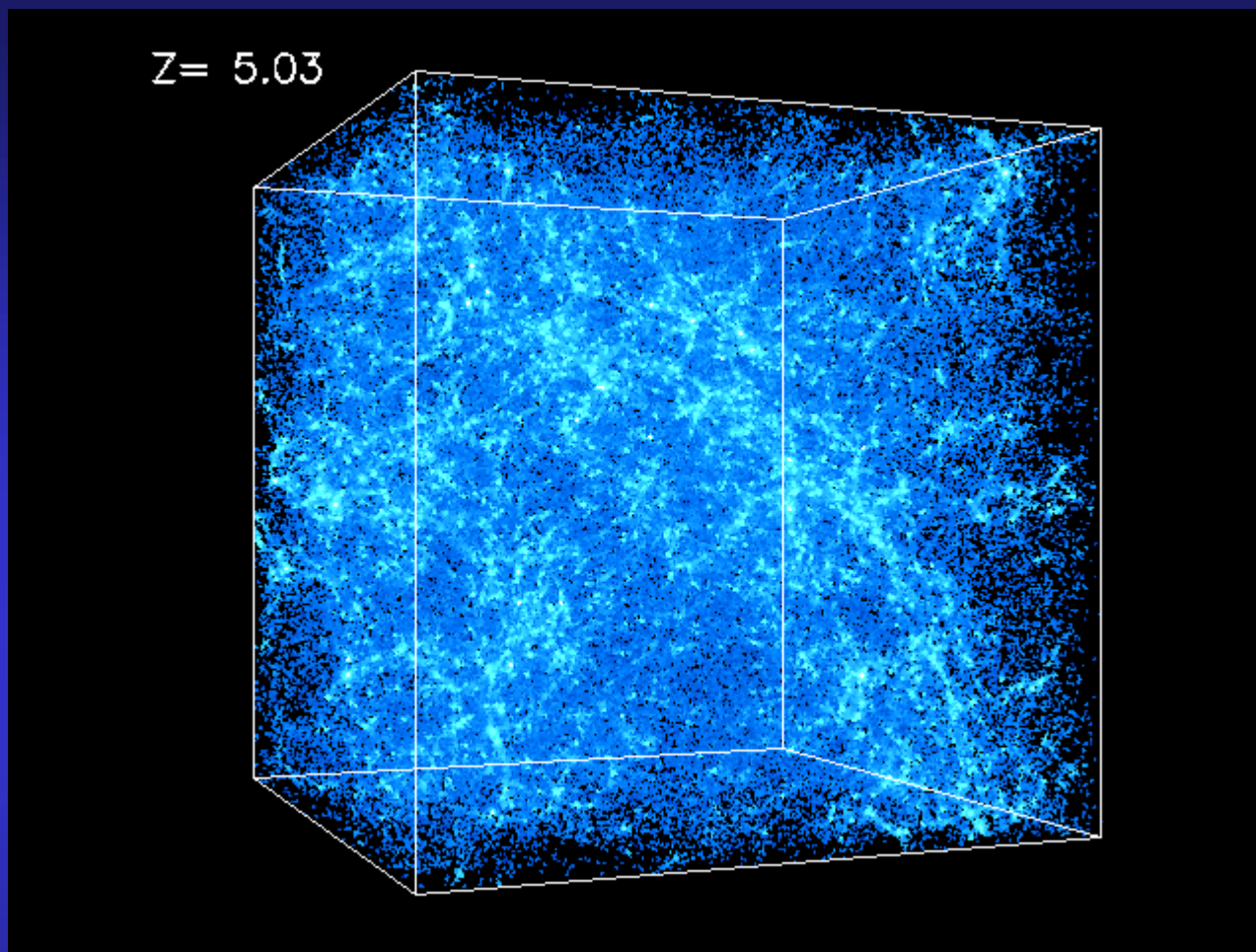
**Ok. 120 mln lat – materia rozłożona prawie jednorodnie**

<http://cosmicweb.uchicago.edu/filaments.html>



**Zaczynają tworzyć się pierwsze struktury**

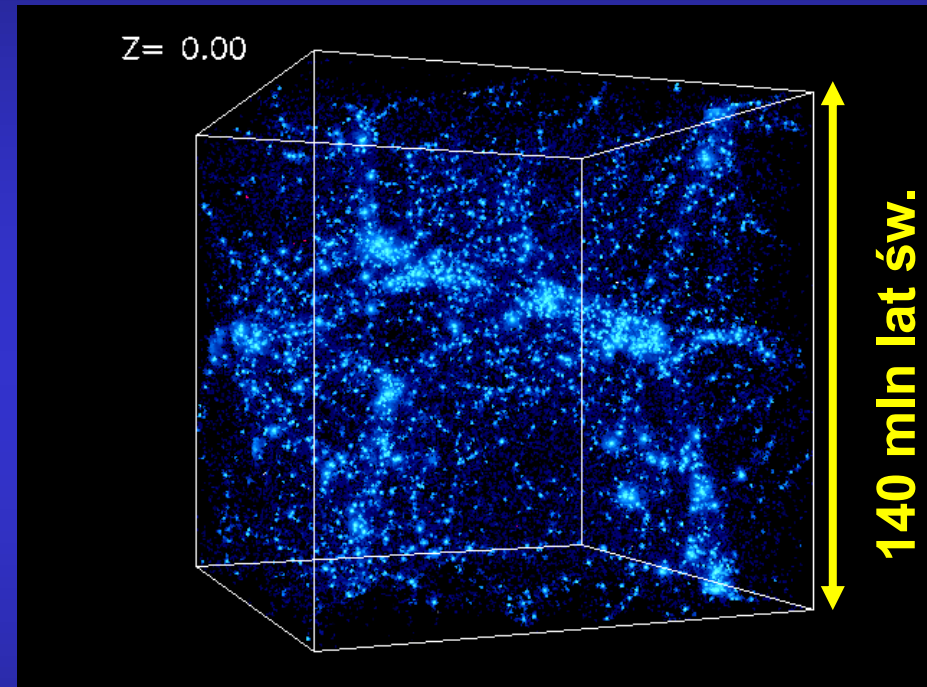
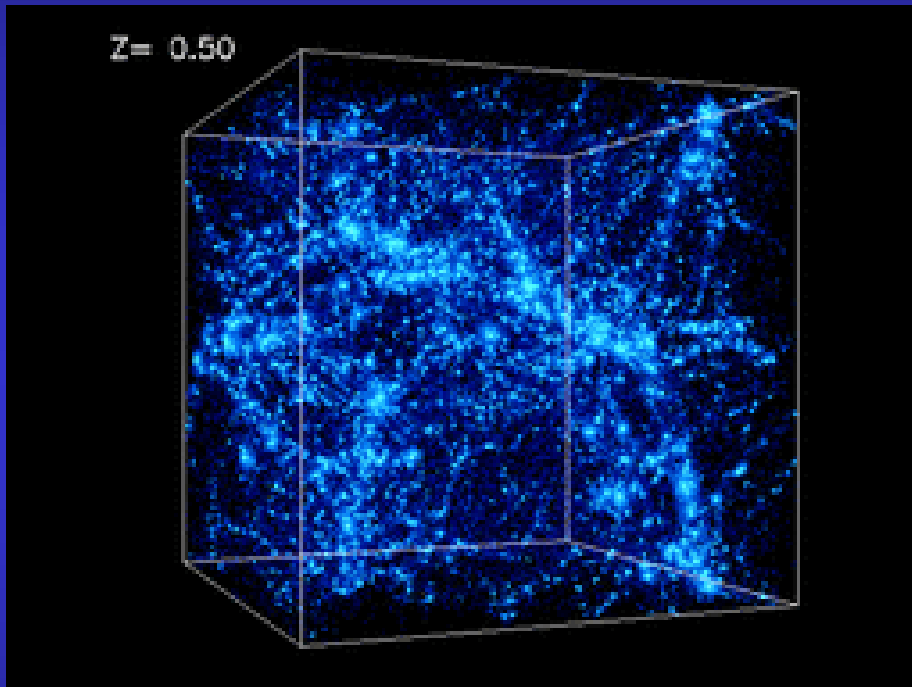
<http://cosmicweb.uchicago.edu/filaments.html>



**Materia układa się w wielkie ściany i włókna**

<http://cosmicweb.uchicago.edu/filaments.html>

## 13,7 mld lat – galaktyki tworzą struktury podobne do obserwowanych obecnie



Dla  $z < 1$  dominuje ciemna energia → przyspieszenie ekspansji, która dominuje nad grawitacją → struktury przestają rosnać

**Symulacje powstawania gromad galaktyk  
z uwzględnieniem zimnej ciemnej materii.  
*Obszar 1/10 poprzedniej symulacji.***



$Z=28.62$

$Z=10.20$

$Z= 5.08$

$Z= 4.03$

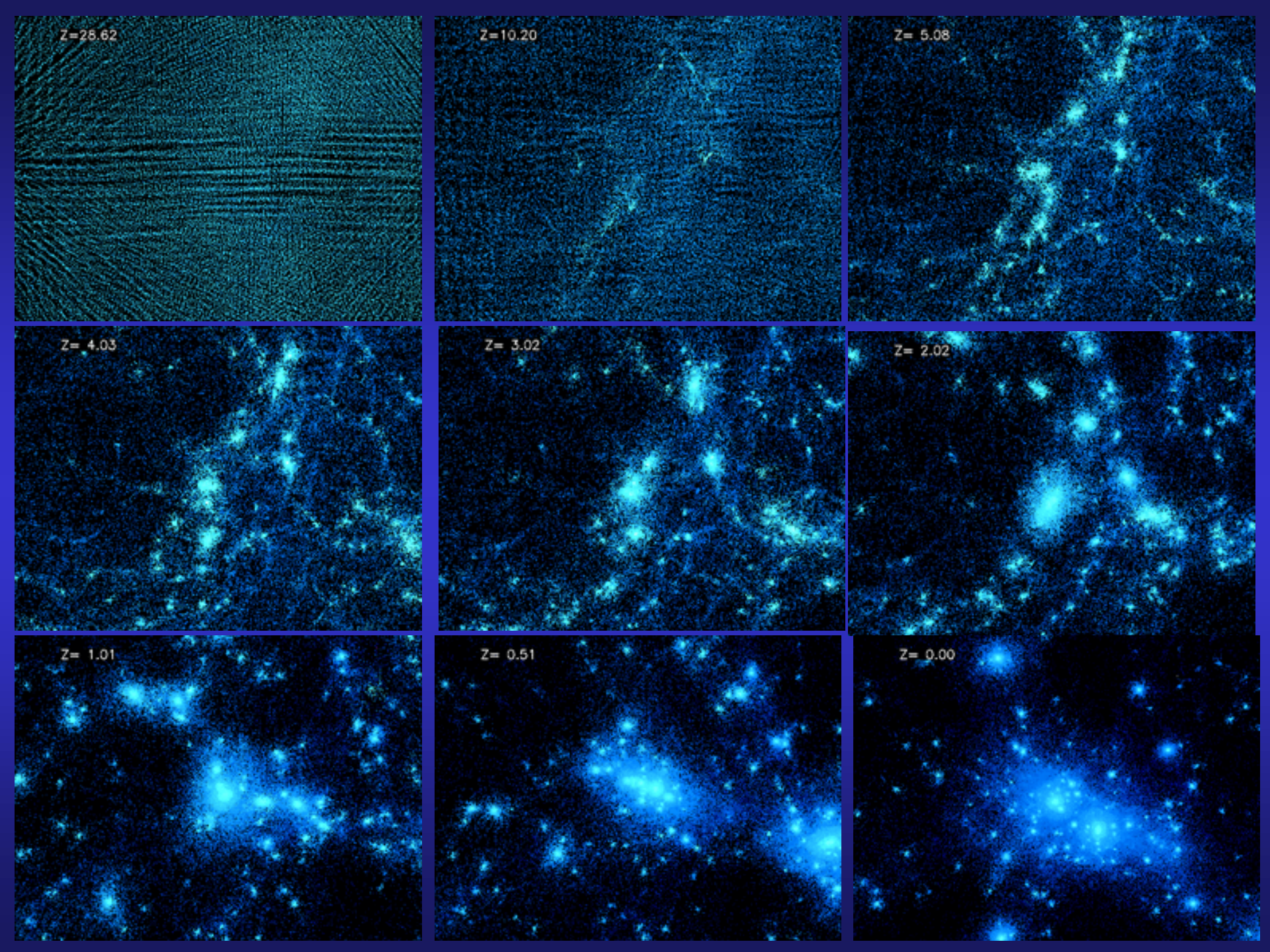
$Z= 3.02$

$Z= 2.02$

$Z= 1.01$

$Z= 0.51$

$Z= 0.00$





# Typy galaktyk

Istnieje wiele systemów klasyfikowania galaktyk, stosujących różne kryteria:

- wygląd zewnętrzny (budowa morfologiczna, stopień zwartości)
- widmo (kolor, obecność, rodzaje i kształt linii emisyjnych)

Powszechnie stosowany system wykorzystujący morfologiczne kryteria budowy został wprowadzony w 1936 r. przez Edwina P. Hubble'a.

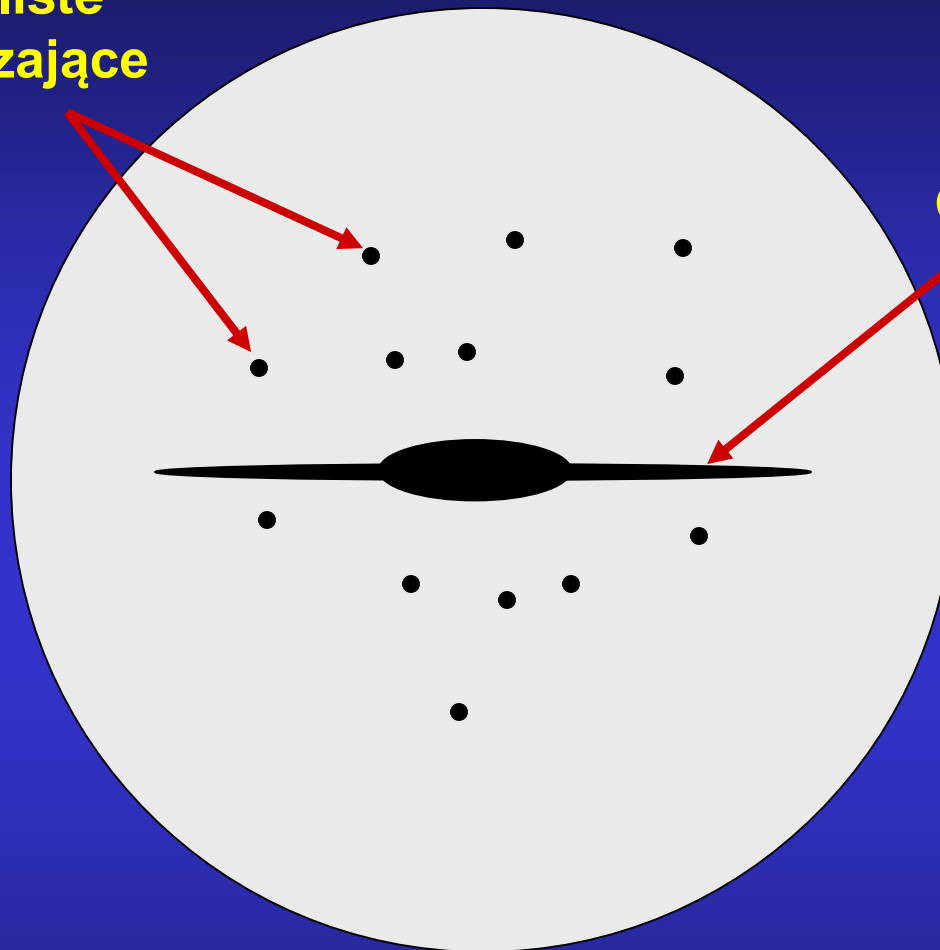
Klasyfikacja morfologiczna stosuje się do galaktyk normalnych, tj. takich, których światło pochodzi wyłącznie od gwiazd.

Typy galaktyk:

- Galaktyki eliptyczne E
- Galaktyki spiralne S
- Galaktyki nieregularne Irr (Irregular)

# Galaktyka

Gromady kuliste  
gwiazd otaczające  
galaktykę

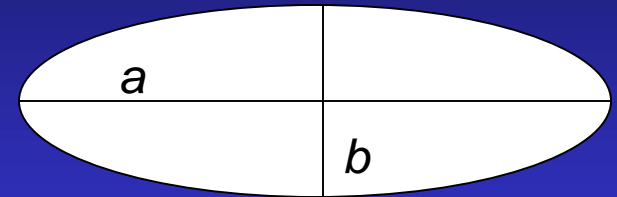


Galaktyka

Galaktykę otacza sferyczne halo ciemnej materii o rozmiarach znacznie większych niż rozmiary galaktyki.

# Galaktyki eliptyczne

Obrazy galaktyk eliptycznych są z dobrym przybliżeniem elipsami.



Splaszczanie elipsy definiujemy jako stosunek:

$$s = \frac{a - b}{a}$$

Określając typ galaktyki eliptycznej, podajemy zazwyczaj jej splaszczanie, stosując oznaczenie  $E_n$ , gdzie  $n$  jest liczbą naturalną, będącą zaokrągleniem liczby  $10 \cdot s$ .

Na przykład:

$E_0$  - galaktyka eliptyczna o równych półosiach (koło),

$E_1, E_2 \dots$  oznaczają galaktyki o coraz większym splaszczaniu.

Nie obserwujemy galaktyk o splaszczaniu większym niż  $E_7$ .

Rozpatrywane jako twory przestrzenne, galaktyki te są elipsoidami

# Galaktyki eliptyczne



NGC 4555 (kolor żółty - promieniowanie widzialne niebieski – promieniowanie rentgenowskie).

NGC 4621



Galaktyki eliptyczne są pozbawione wewnętrznej struktury.

Ich obrazy na zdjęciach nie mają wyraźnych granic - są rozmytymi plamkami.

- Zbudowane są wyłącznie z gwiazd starych.
- Prawie nie zawierają gazu i pyłu.

Najmniejsze: zawierają kilka milionów gwiazd

Największe: masa rzędu  $10^{14} M_{\odot}$  (mas Słońca)

Charakterystyczna wielkość: masa  $10^{11}$ - $10^{12} M_{\odot}$

# Galaktyki eliptyczne

Typowe odległości między sąsiednimi gwiazdami -  
dziesiątki milionów razy większe niż ich średnice

*Niezwykłe rzadkie spotkania tak bliskie, aby wskutek  
grawitacyjnego przyciągania znacząco zmienić swoją orbitę*

Ruch gwiazd w galaktykach jest określony przez wypadkowe  
pole grawitacyjne wytworzone przez wszystkie gwiazdy (przez  
całkowitą masę układu).

Gwiazdy w galaktyce tworzą tzw. gaz bezzderzeniowy.

Orbity gwiazd w galaktykach eliptycznych są zorientowane w przestrzeni chaotycznie → Izotropowy rozkład prędkości .

Nawet w obiektach typu E7 (spłaszczenie  $\equiv$  rotacja) prędkości chaotyczne dominują nad prędkościami uporządkowanymi związanymi z rotacją.

# Galaktyki spiralne

**Galaktyka spiralna zbudowana z jądra i ramion spiralnych.  
Układ ramion tworzy dysk galaktyczny**



**Galaktyka spiralna NGC 1232.  
Tak prawdopodobnie wygląda  
nasza Galaktyka widziana z  
zewnątrz.**

**Galaktyka spiralna  
M100 w Warkoczu  
Bereniki**



**Duże spłaszczenie i charakterystycznie wygięte ramiona wskazują,  
że obiekty te wirują wokół własnej osi.**

# Galaktyki spiralne



**NGC 3184 - galaktyka spiralna, w środku zdjęcia jądro galaktyki, wokół niego spiralnie ułożone ramiona. Galaktyka ta zawiera setki miliardów gwiazd, dużo ciemnej materii, a ostatnio wykryto w niej supernową. Znajduje się w pobliżu gwiazdozbioru Wielkiej Niedźwiedzicy 25 mln lat świetlnych od nas. Autor: NASA.**



# Galaktyki spiralne

Rozmiary ramion w stosunku do wielkości jądra stanowią podstawę podziału galaktyk S na podtypy: a, b, c i d.

**Sa** - jądro dominuje rozmiarami i jasnością, ramiona zaś są słabo zarysowane, gładkie i ciasno nawinięte wokół jądra.



Galaktyka Sombrero w Pannie (typ Sa)

**Sd** - jądro jest ledwie widoczne, natomiast ramiona - rozbudowane i obdarzone bogatą strukturą.

Galaktyka Irr II



Galaktyka M51 (typ Sbc)

**Sb i Sc** – podtypy pośrednie



# Galaktyki spiralne

Sa → Sb → Sc → Sd

→  
Rosnący udział ramion w wyglądzie galaktyki.

→  
Wzrost ilości materii międzygwiazdowej (gazu i pyłu).

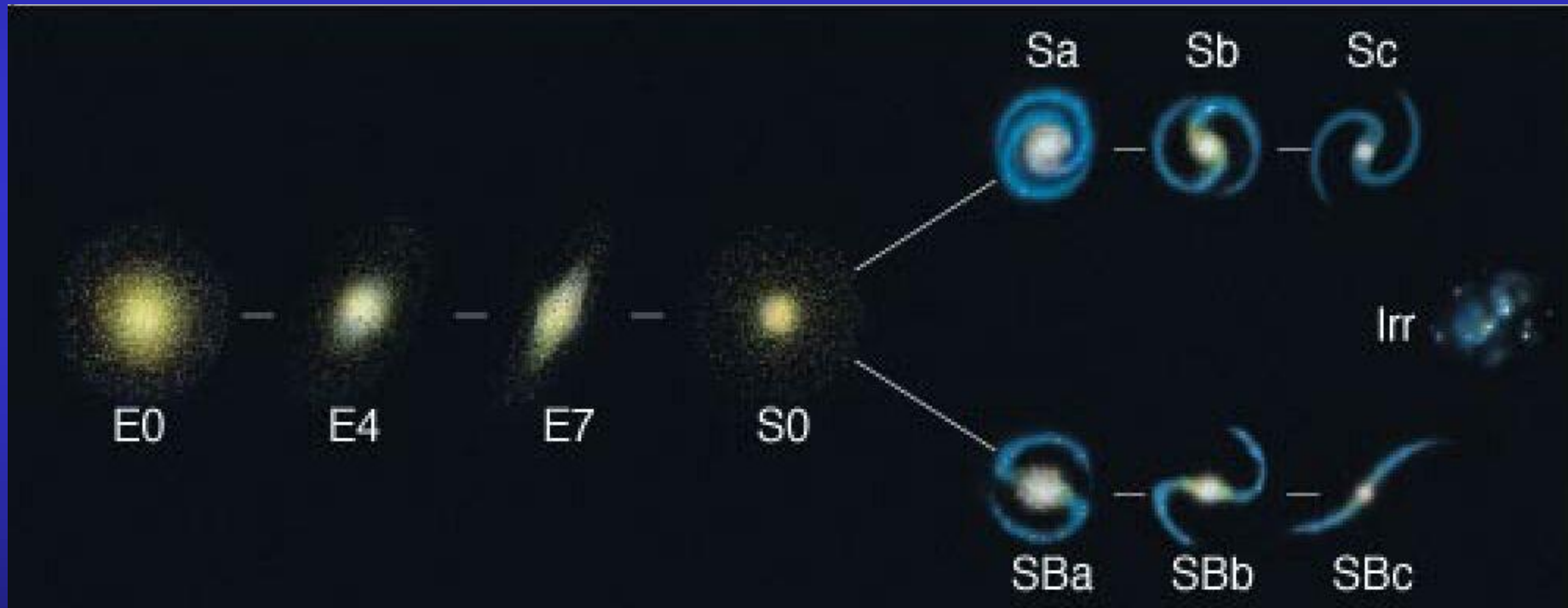
W ramionach znajduje się dużo jasnych, niebieskich gwiazd.



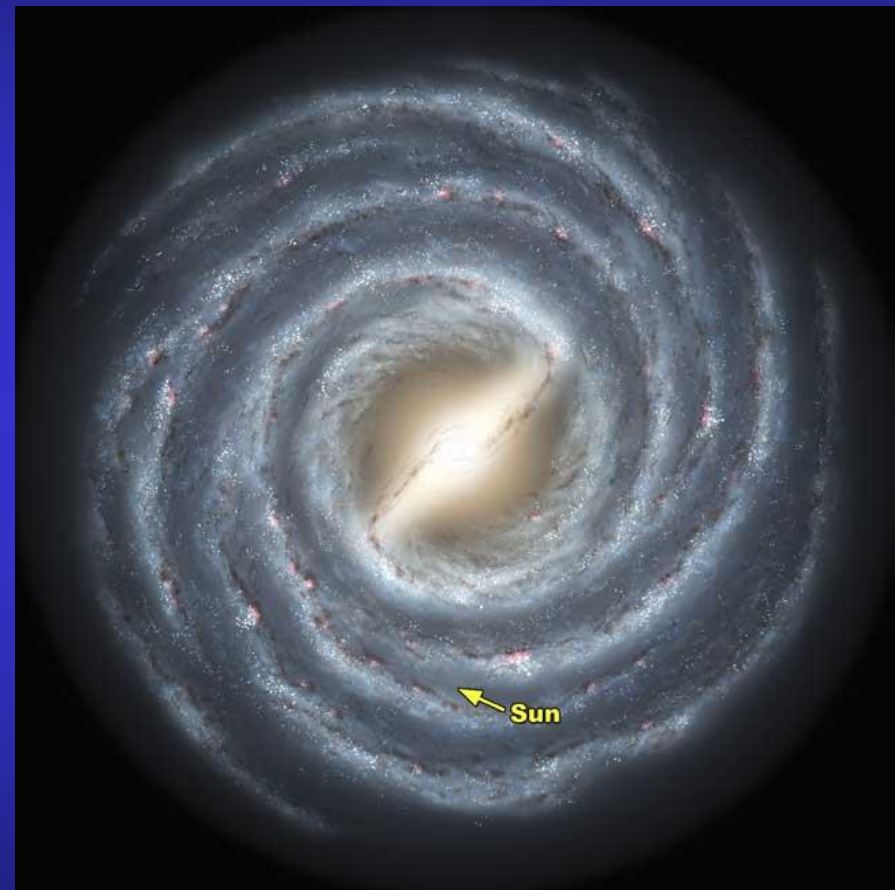
Zachodzi tam wciąż proces tworzenia gwiazd z materii rozproszonej.

Masy niekarłowatych galaktyk spiralnych mieszczą się w zakresie od poniżej  $10^{10} M_{\odot}$  do  $10^{12} M_{\odot}$

# Typy galaktyk



# Droga Mleczna - galaktyka spiralna z poprzeczką

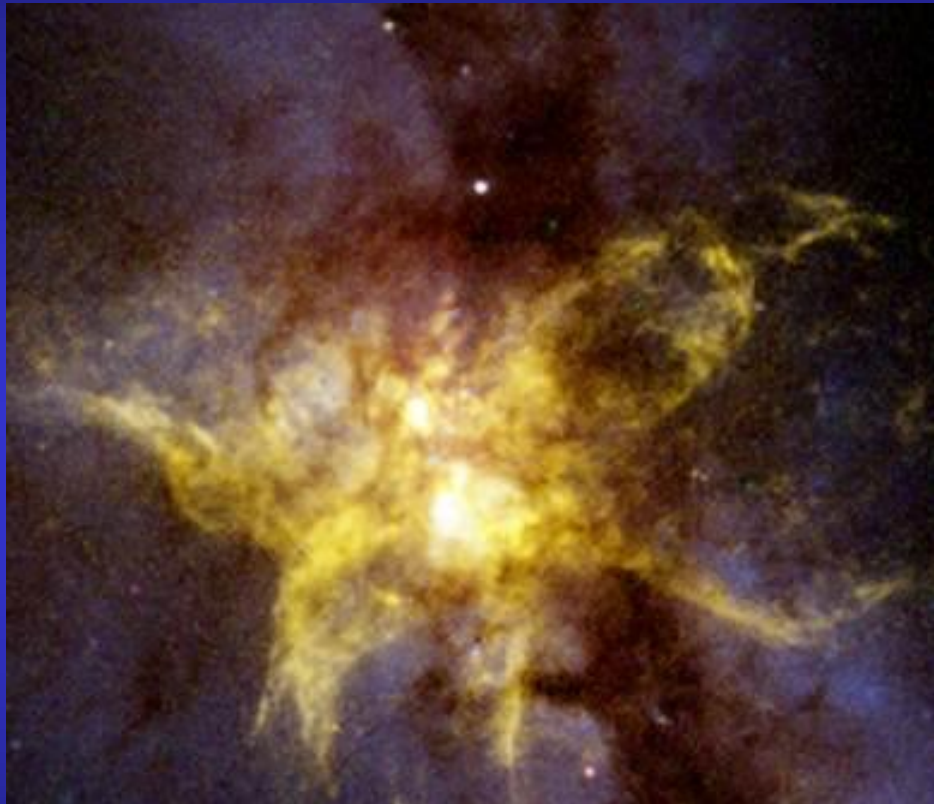


Badania przy pomocy orbitującego teleskopu podczerwieni (Spitzer Space Telescope) dostarczyły ciekawych informacji na temat długiej centralnie położonej poprzeczki.

Obserwacje przeprowadzono na długościach fal, na których galaktyka jest bardziej przezroczysta. (Sierpień, 2005)

University of Wisconsin-Madison  
<http://www.news.wisc.edu/11405>

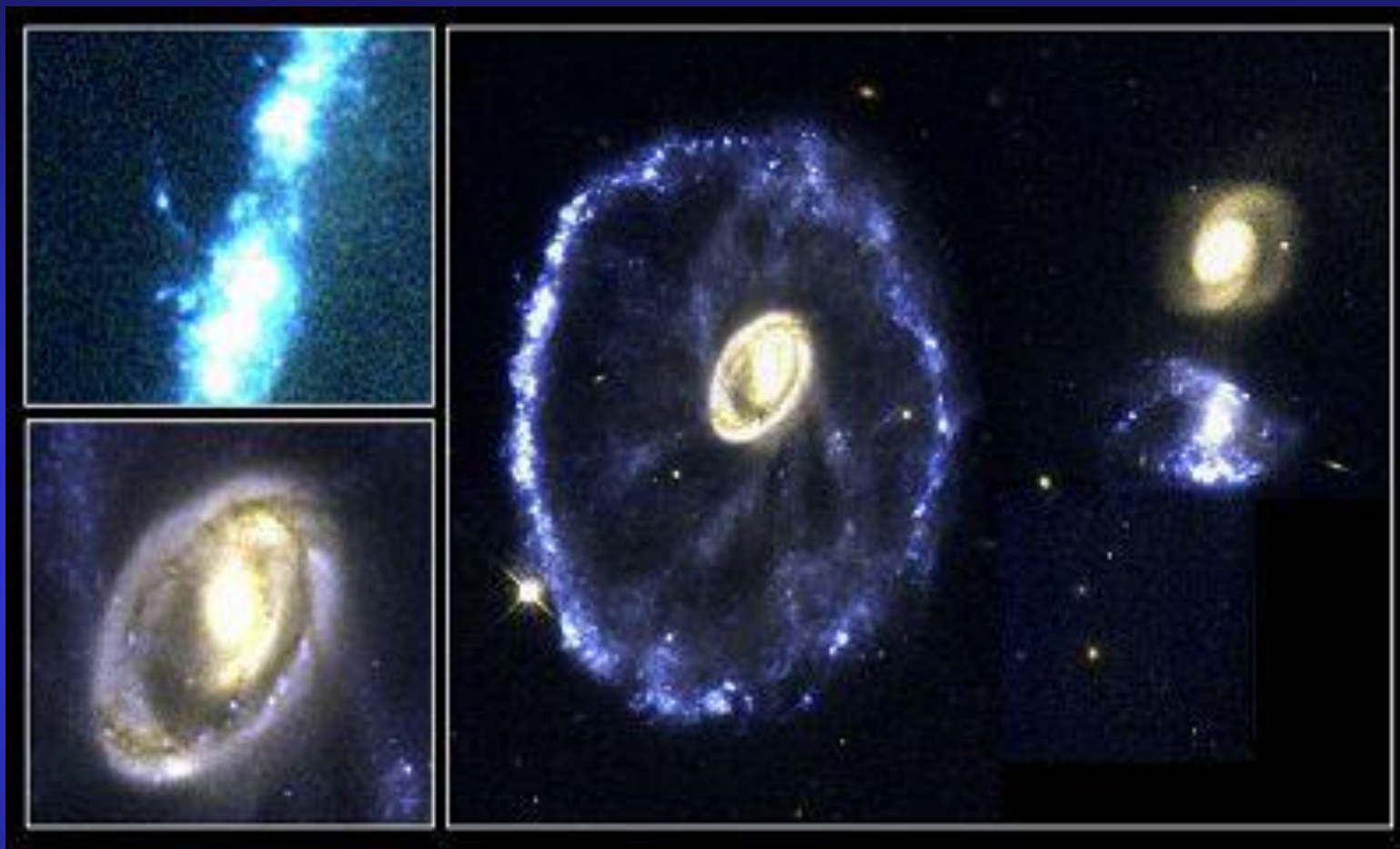
# Galaktyki nieregularne



**Nieregularna galaktyka NGC 6240 zawiera obszary, w których obserwujemy gwałtowne powstawanie gwiazd. Badania przeprowadzone na falach radiowych, w podczerwieni i świetle widzialnym ujawniły, że NGC 6240 ma dwa jasne jądra. Fot. NASA/STScI.**

**Być może jest to wynik zderzenia dwóch galaktyk.**

# Zderzenia galaktyk



**W wyniku zderzenia dwóch galaktyk w obiekcie po lewej stronie została zdeformowana struktura spiralna, a w pierścieniu okalającym centrum rozpoczął się proces intensywnego powstawania gwiazd. Fot. HST/NASA.**

# Zderzenia galaktyk



**Masywniejsza galaktyka spiralna NGC 2207 (po lewej) deformuje kształt i wysysa gwiazdy oraz pył z mniej masywnej IC 2163 podczas początkowej fazy kolizji galaktycznej.**



# Zderzenia galaktyk



Spiralne ramiona utworzone z gromad młodych, niebieskich gwiazd.

*Burzliwa działalność gwiazdotwórcza wywołana zderzeniem.*

Obraz z teleskopu naziemnego

Obraz z teleskopu Hubble'a

# Zderzenia galaktyk



Kolizja galaktyk - duża, niegdyś spiralna galaktyka NGC 6745 koliduje od setek milionów lat z mniejszą galaktyką (znajdującą się poniżej prawego dolnego rogu, poza zdjęciem). Prawdopodobnie żadna z gwiazd obu galaktyk bezpośrednio nie zderzyła się z inną gwiazdą, natomiast gaz, pył i otaczające pole magnetyczne galaktyk oddziałują bezpośrednio. Pomiędzy galaktykami widoczny białoniebieski obłok, miejsce tworzenia się nowych gwiazd. NCG 6745 rozciąga się na przestrzeni 80 tysięcy lat świetlnych, a znajduje się w odległości 200 milionów lat świetlnych. Autor: NASA





# Wynik zderzenia galaktyk



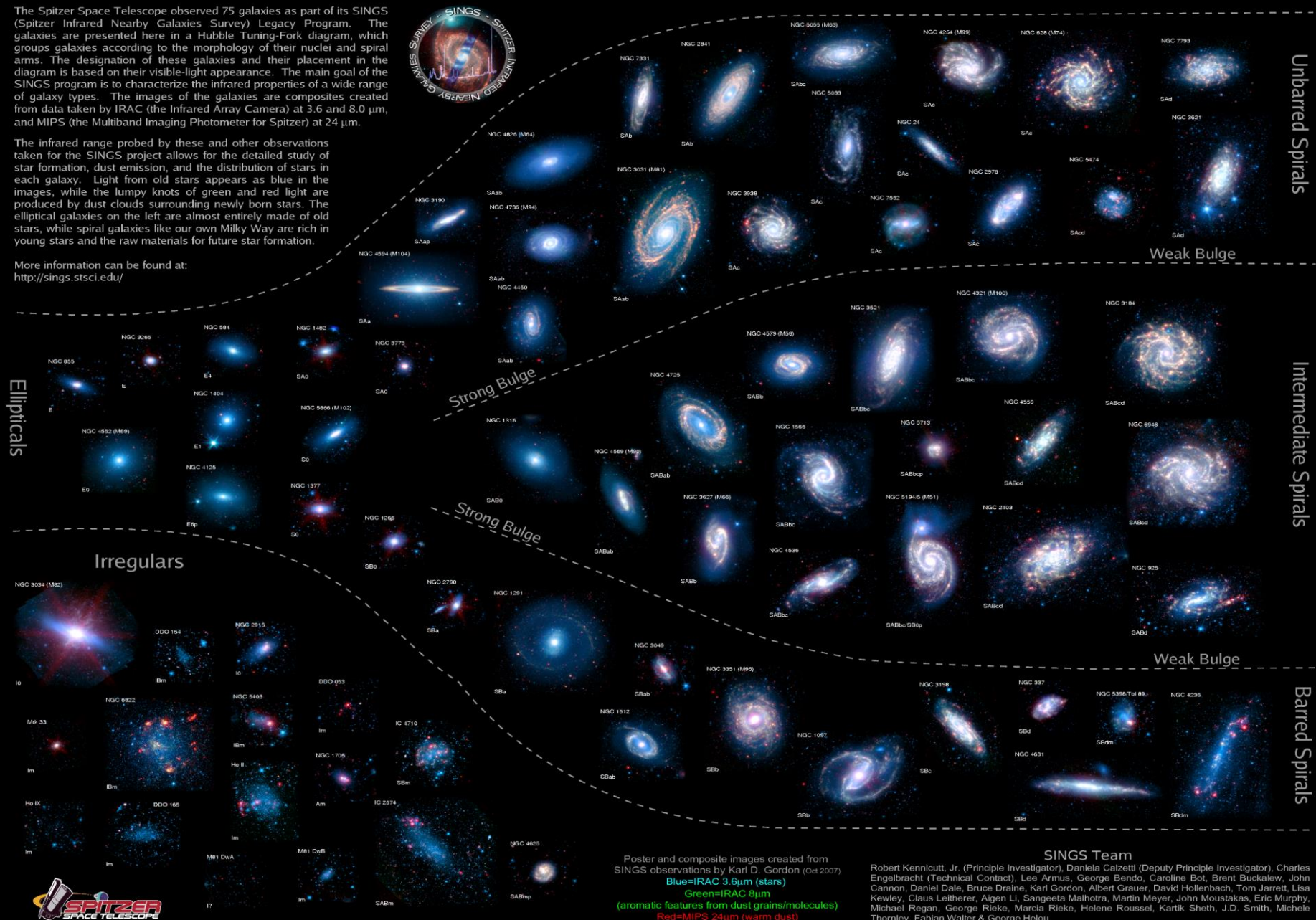
Układ galaktyk NGC 4650A leży 165 mln lat świetlnych od nas, w gwiazdozbiorze Centaura. Na zdjęciu widoczne: spłaszczony dysk gwiazd z gęstym jasnym rdzeniem oraz rzadki, znacznie nachylony pierścień gazu, pyłu i gwiazd. Dysk i pierścień poruszają się w dwóch prawie prostopadłych płaszczyznach. Prawdopodobnie układ ten powstał na skutek kolizji dwóch galaktyk. Ruch w obrębie dysku i pierścienia sugeruje obecność w nich czarnej dziury.  
Autor: NASA.

# The Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey (SINGS) Hubble Tuning-Fork

The Spitzer Space Telescope observed 75 galaxies as part of its SINGS (Spitzer Infrared Nearby Galaxies Survey) Legacy Program. The galaxies are presented here in a Hubble Tuning-Fork diagram, which groups galaxies according to the morphology of their nuclei and spiral arms. The designation of these galaxies and their placement in the diagram is based on their visible-light appearance. The main goal of the SINGS program is to characterize the infrared properties of a wide range of galaxy types. The images of the galaxies are composites created from data taken by IRAC (the Infrared Array Camera) at 3.6 and 8.0  $\mu\text{m}$ , and MIPS (the Multiband Imaging Photometer for Spitzer) at 24  $\mu\text{m}$ .

The infrared range probed by these and other observations taken for the SINGS project allows for the detailed study of star formation, dust emission, and the distribution of stars in each galaxy. Light from old stars appears as blue in the images, while the lumpy knots of green and red light are produced by dust clouds surrounding newly born stars. The elliptical galaxies on the left are almost entirely made of old stars, while spiral galaxies like our own Milky Way are rich in young stars and the raw materials for future star formation.

More information can be found at:  
<http://sings.stsci.edu/>



Poster and composite images created from SINGS observations by Karl D. Gordon (Oct 2007)  
 Blue=IRAC 3.6 $\mu\text{m}$  (stars)  
 Green=IRAC 8 $\mu\text{m}$  (aromatic features from dust grains/molecules)  
 Red=MIPS 24 $\mu\text{m}$  (warm dust)

## SINGS Team

Robert Kennicutt, Jr. (Principle Investigator), Daniela Calzetti (Deputy Principle Investigator), Charles Engelbracht (Technical Contact), Lee Armus, George Bendo, Caroline Bot, Brent Buckalew, John Cannon, Daniel Dale, Bruce Draine, Karl Gordon, Albert Grauer, David Hollenbach, Tom Jarrett, Lisa Kowley, Claus Leitherer, Aigen Li, Sangeeta Malhotra, Martin Meyer, John Moustakas, Eric Murphy, Michael Regan, George Rieke, Marcia Rieke, Helene Roussel, Kartik Sheth, J.D. Smith, Michele Thornley, Fabian Walter & George Helou



Ellipticals

Unbarred Spirals

Intermediate Spirals

Barred Spirals

Weak Bulge

Weak Bulge

Strong Bulge

Strong Bulge

Irregulars

# Pierwszy bezpośredni dowód na istnienie ciemnej materii

DRAFT VERSION AUGUST 18, 2006

Preprint typeset using L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X style emulateapj v. 11/26/03

## A DIRECT EMPIRICAL PROOF OF THE EXISTENCE OF DARK MATTER \*

DOUGLAS CLOWE<sup>1</sup>, MARUŠA BRADAČ<sup>2</sup>, ANTHONY H. GONZALEZ<sup>3</sup>, MAXIM MARKEVITCH<sup>4,5</sup>, SCOTT W. RANDALL<sup>4</sup>,  
CHRISTINE JONES<sup>4</sup>, AND DENNIS ZARITSKY<sup>1</sup>

*Draft version August 18, 2006*

### ABSTRACT

We present new weak lensing observations of 1E0657–558 ( $z = 0.296$ ), a unique cluster merger, that enable a direct detection of dark matter, independent of assumptions regarding the nature of the gravitational force law. Due to the collision of two clusters, the dissipationless stellar component and the fluid-like X-ray emitting plasma are spatially segregated. By using both wide-field ground based images and HST/ACS images of the cluster cores, we create gravitational lensing maps which show that the gravitational potential does not trace the plasma distribution, the dominant baryonic mass component, but rather approximately traces the distribution of galaxies. An  $8\sigma$  significance spatial offset of the center of the total mass from the center of the baryonic mass peaks cannot be explained with an alteration of the gravitational force law, and thus proves that the majority of the matter in the system is unseen.

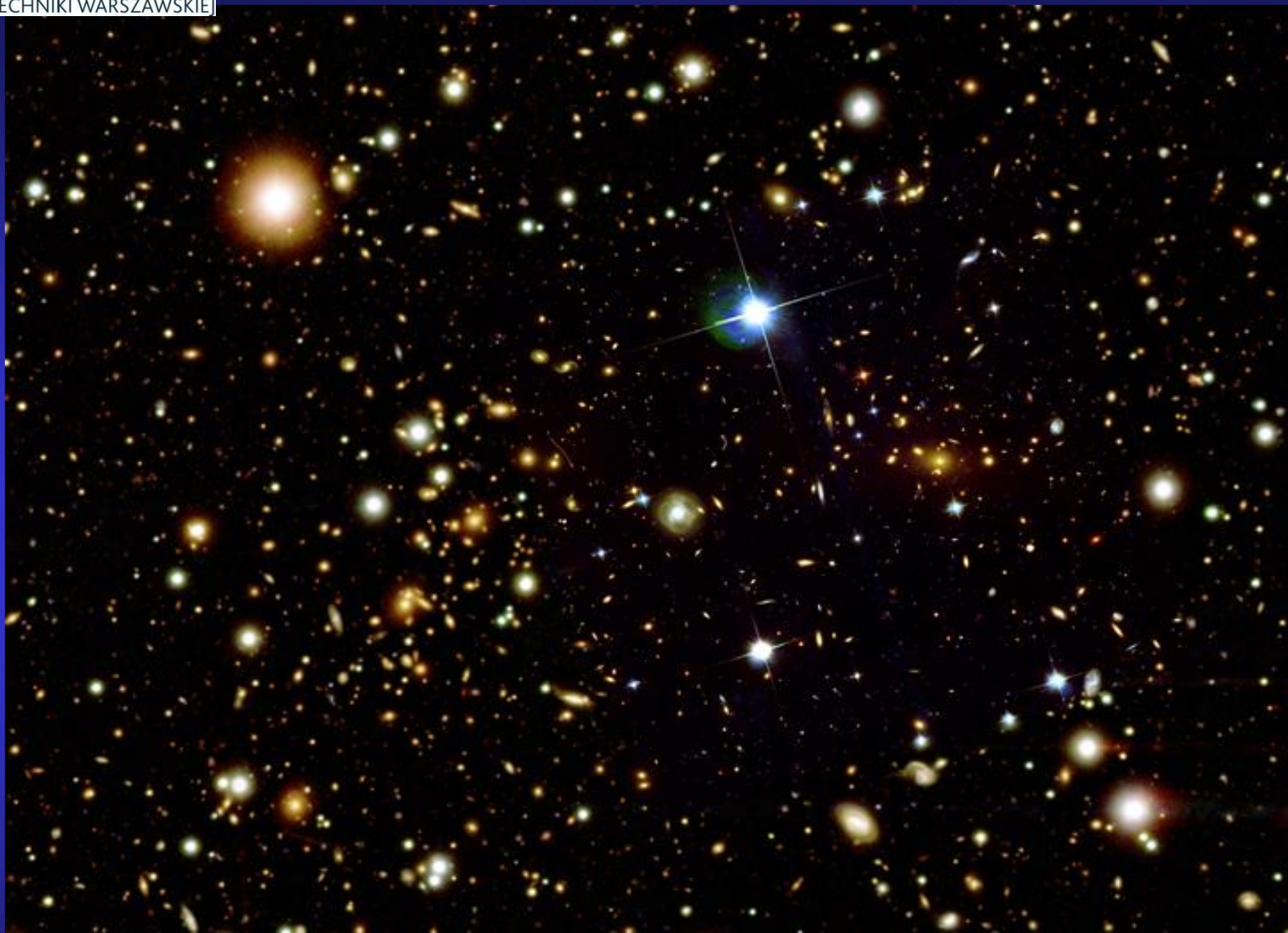
*Subject headings:* Gravitational lensing – Galaxies: clusters: individual: 1E0657-558 – dark matter

**Zderzenie gromad galaktyk obserwowane w świetle widzialnym, promieniowaniu rentgenowskim i za pomocą soczewkowania grawitacyjnego.**

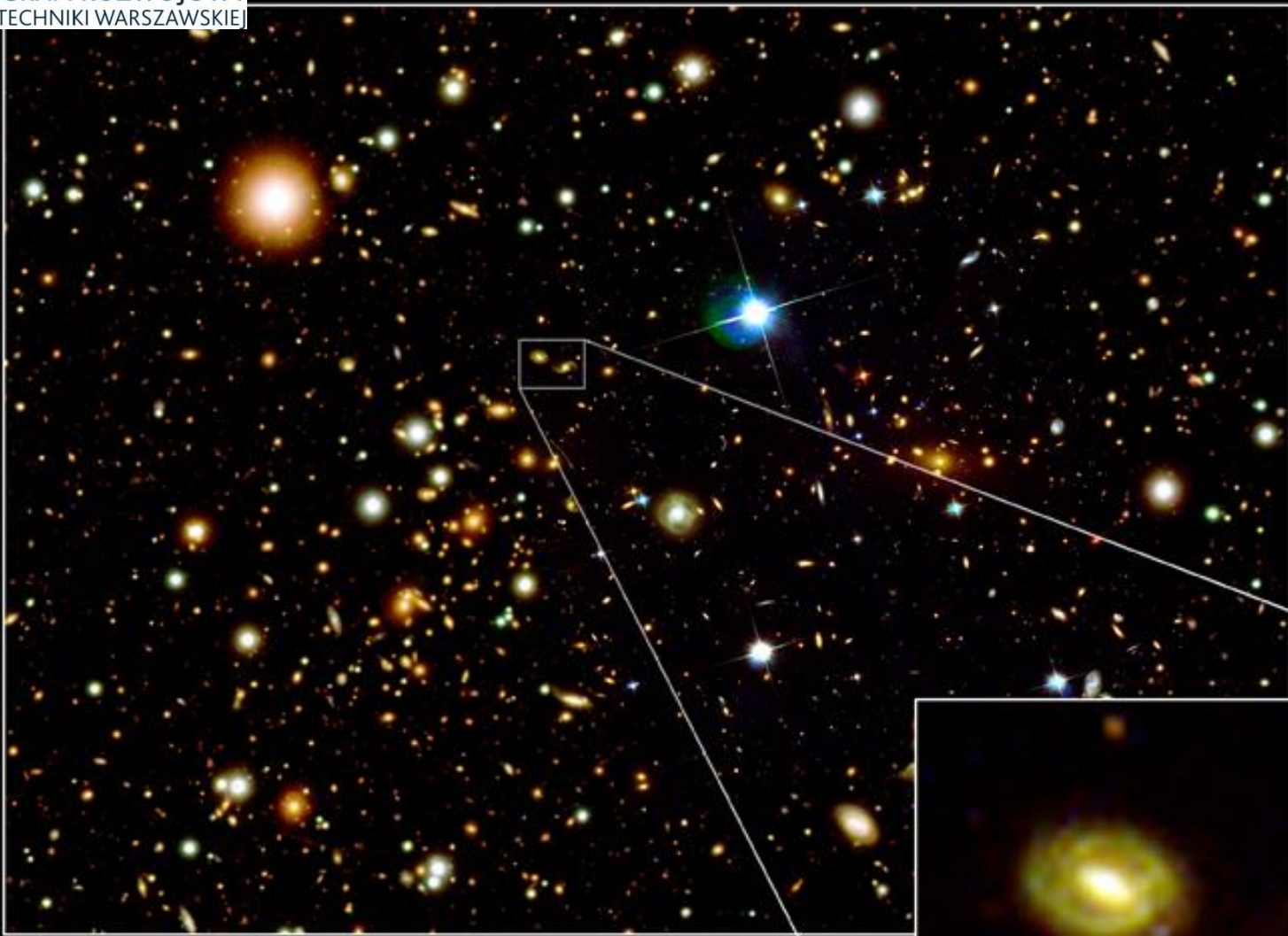
## Obserwacje:

- w świetle widzialnym – gwiazdowy komponent galaktyk
- w promieniowaniu rentgenowskim – gorący gaz wypełniający galaktyki stanowiący większość mas materii widzialnej
- za pomocą soczewkowania grawitacyjnego – rozkład mas

Gwiazdy tworzą gaz bezzderzeniowy – nie oddziałują bezpośrednio w zderzeniu gromad galaktyk, podobnie jak ciemna materia.



## Zderzające się klastry galaktyk w świetle widzialnym



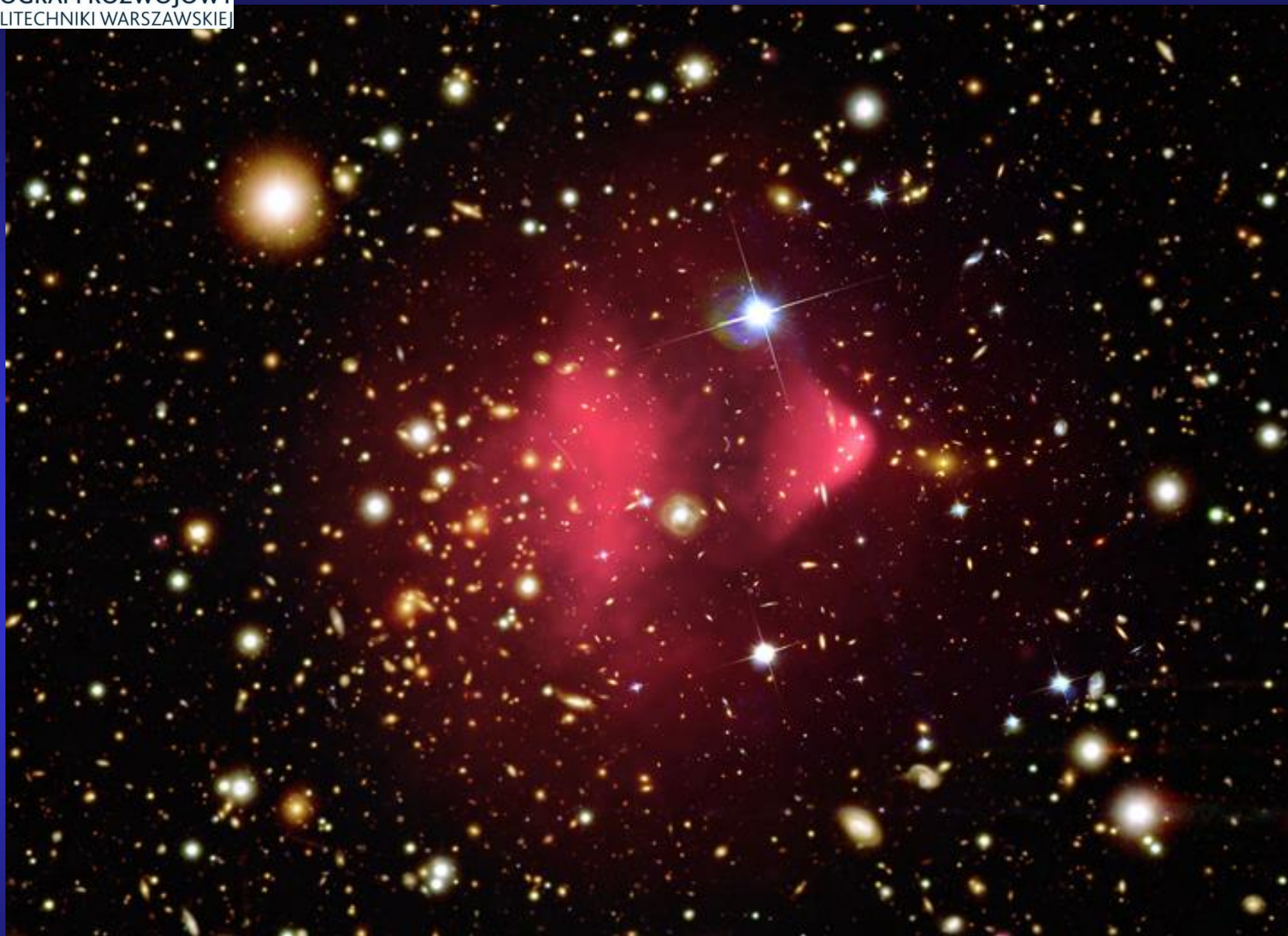
Widoczne elementy to galaktyki





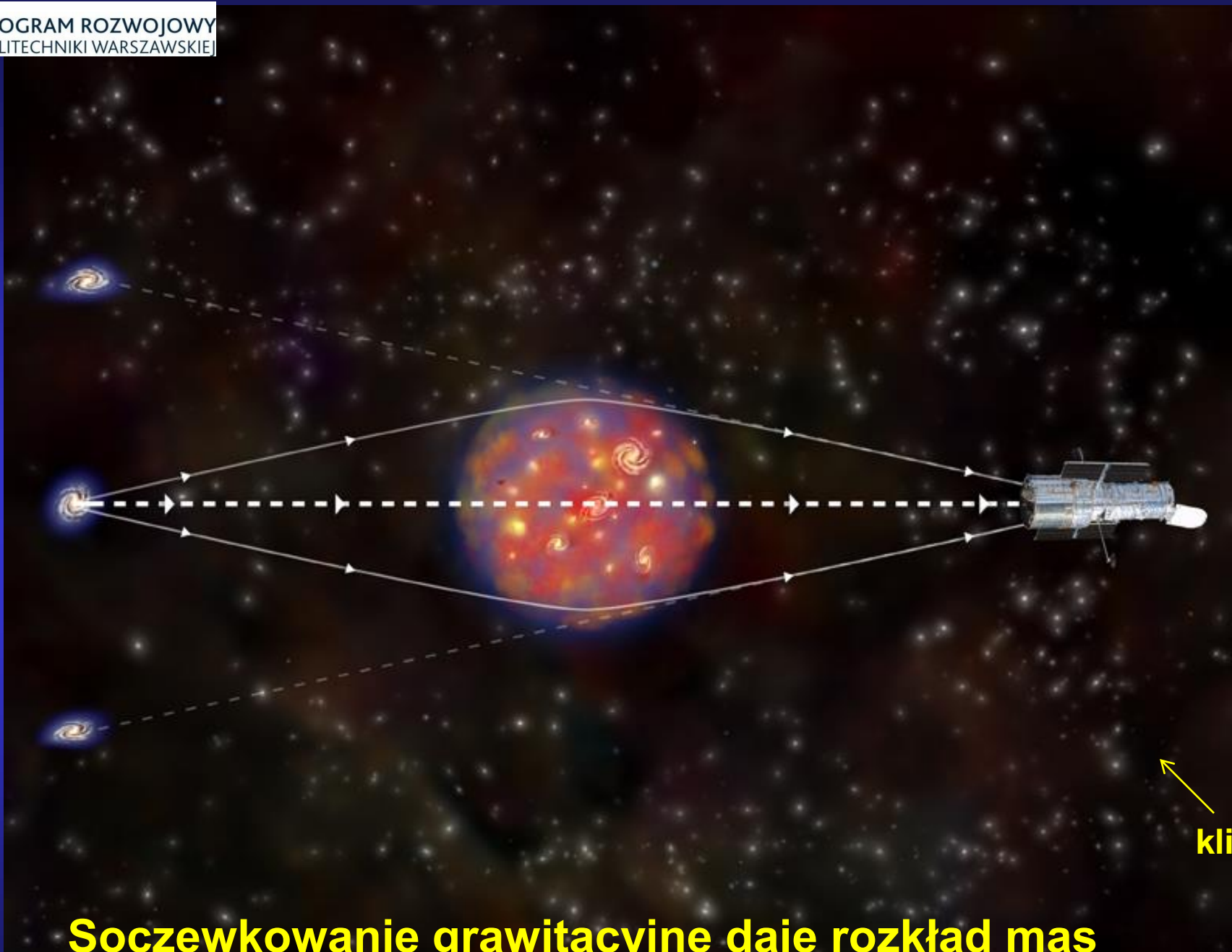
**Gromady galaktyk w promieniowaniu rentgenowskim.**

**Gorący gaz oddziałuje bezpośrednio - tworzy się fala uderzeniowa**



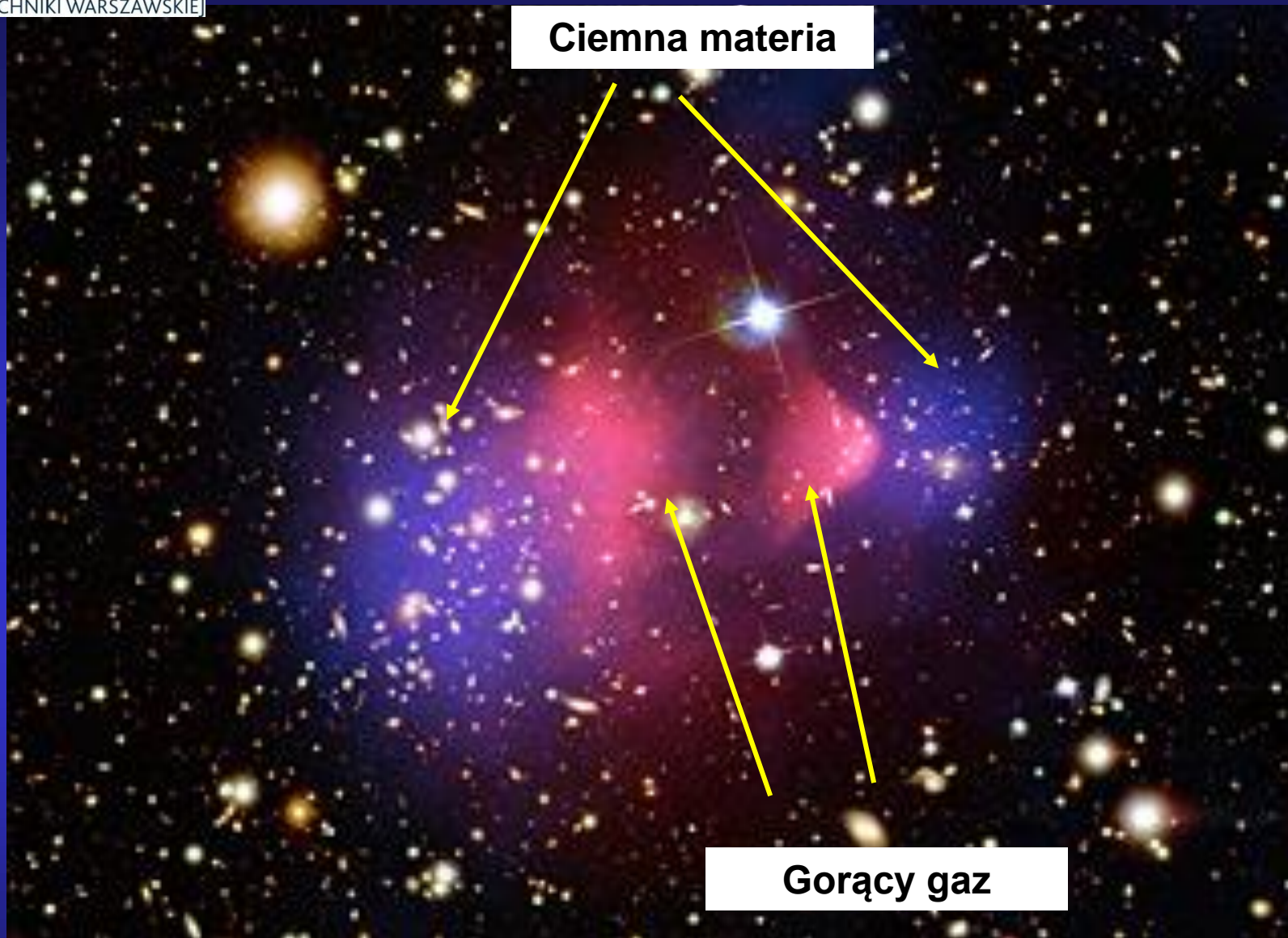
## Gromady galaktyk w świetle widzialnym i prom. rentg.





 **kliknij**

# Soczewkowanie grawitacyjne daje rozkład mas



**Gorący gaz i ciemna materia rozdzieliły się w zderzeniu.**

<http://uanews.org/node/12575>

# Typy galaktyk

| Typ galaktyki | Gwiazdy                              | Materia międzygwiazdowa | Procent populacji |
|---------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|
| spiralne      | stare (w centrum)<br>młode (w dysku) | pył i gaz               | ok. 77%           |
| eliptyczne    | stare                                | gaz (mało)              | ok. 20%           |
| nieregularne  | młode                                | pył i gaz               | ok. 3%            |

# Galaktyki aktywne

## Typowe cechy aktywnych galaktyk:

- Duża ilość wypromieniowanej energii, głównie w zakresie radiowym, podczerwonym, rentgenowskim i gamma.
- Szybka zmienność jasności w różnych zakresach widma
- Niewielkie rozmiary źródła promieniowania.
- Dziwny wygląd: często z jądra wybiegają strugi materii (*dżety*), obserwowane w zakresie radiowym, optycznym i rentgenowskim.

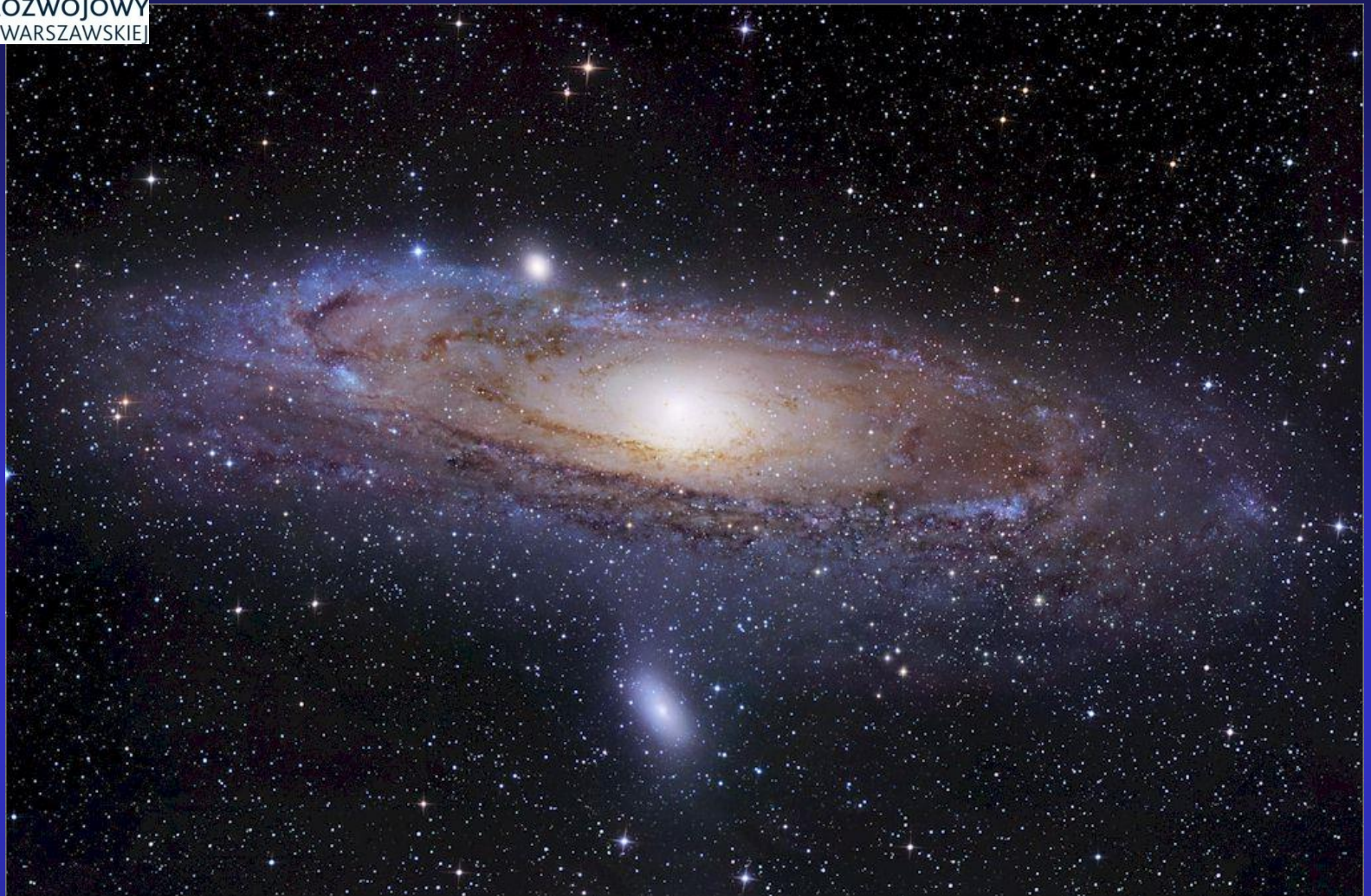
*Galaktyk aktywnych nie traktuje się jako osobnej klasy obiektów lecz raczej jako przejściowy etap ewolucji normalnych galaktyk.*

# Galaktyki aktywne



Aktywne jądro galaktyki Centaur A. Widoczne zgromadzenia młodych gwiazd (kolor niebieski), chmury świecącego gazu i sznury ciemnego pyłu, otaczające środkowy obszar galaktyki. W środku - jądro aktywne galaktyki, gdzie ukryte są dyski pyłowe zmierzające ruchem spiralnym w kierunku czarnej dziury, o masie miliard razy większej od masy Słońca. Galaktyka Centaur A powstała w wyniku zderzenia dwóch galaktyk i pozostałości po tej kolizji są nadal wchłaniane przez czarną dziurę. Autor: NASA.

**Aktywne jądra z czarnymi dziurami są źródłami promieniowania fal radiowych, rentgena i gamma.**



**Galaktyka Andromedy (M31). Doskonale są widoczne dwie galaktyki karłowate, jej towarzysze. Fot. Robert Gendler**

[http://urania.pta.edu.pl/upa3\\_2008a.html](http://urania.pta.edu.pl/upa3_2008a.html)



# Ewolucja galaktyk



Różnice w obecnym wyglądzie między galaktykami eliptycznymi a spiralnymi odzwierciedlają różne drogi ewolucyjne tych obiektów.

Wzrost fluktuacji gęstości materii



Wyłonienie się gęstych obłoków - protogalaktyk

W protogalaktykach lawinowo tworzą się gwiazdy.

Protogalaktyki łączą się w większe obiekty.



# Ewolucja galaktyk

Jedna z hipotez

Ewolucja galaktyk silnie zależała od masy halo ciemnej materii.

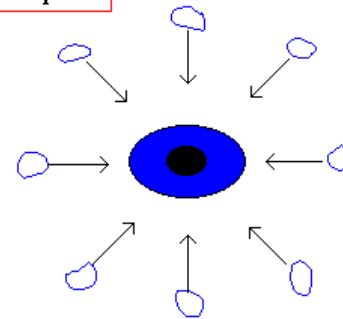
Wielka masa halo - szybkie kurczenie się obłoku gazu i gwałtowne powstawanie gwiazd w jednym epizodzie gwiazdotwórczym

Mała masa halo – powolna akrecja na dysk, wiele epizodów gwiazdotwórczych.

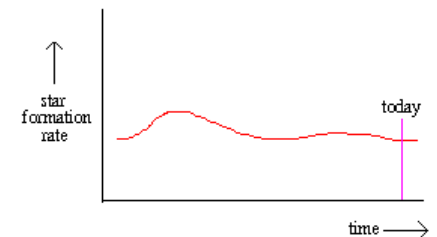
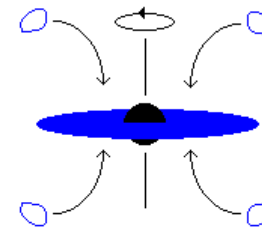
## Initial Star Formation Rates

the appearance of a galaxy is determined by its initial star formation rate, which determined if all its gas was used to make stars all in one burst, or slowly over billions of years

### Elliptical



### Spiral





# Ewolucja galaktyk

## Konkurencyjna teoria:

galaktyki eliptyczne powstały później w wyniku łączenia się galaktyk spiralnych.

Symulacje komputerowe zderzeń galaktyk spiralnych:

Gwałtowne zmiany pola grawitacyjnego zmieniają strukturę dysków.

Gwiazdy nie zderzają się – analogia do gwałtownej relaksacji ciemnej materii podczas tworzenia się halo – tworzy się jednorodne skupisko gwiazd o własnościach przypominających galaktykę eliptyczną

Większość gazu z galaktyk spiralnych traci pierwotny moment pędu i zapada się do środka – gwałtowne procesy gwiazdotwórcze.

# Ewolucja galaktyk

**Galaktyki eliptyczne nie zawierają gazu – w trakcie zderzenia zostaje on zużyty w gwałtownych procesach gwiazdotwórczych.**

**Model ten wyjaśnia korelację między typami galaktyk a ich lokalną gęstością.**

**W gromadach galaktyki eliptyczne stanowią większość, natomiast galaktyki spiralne dominują wśród galaktyk pozbawionych sąsiadów.**

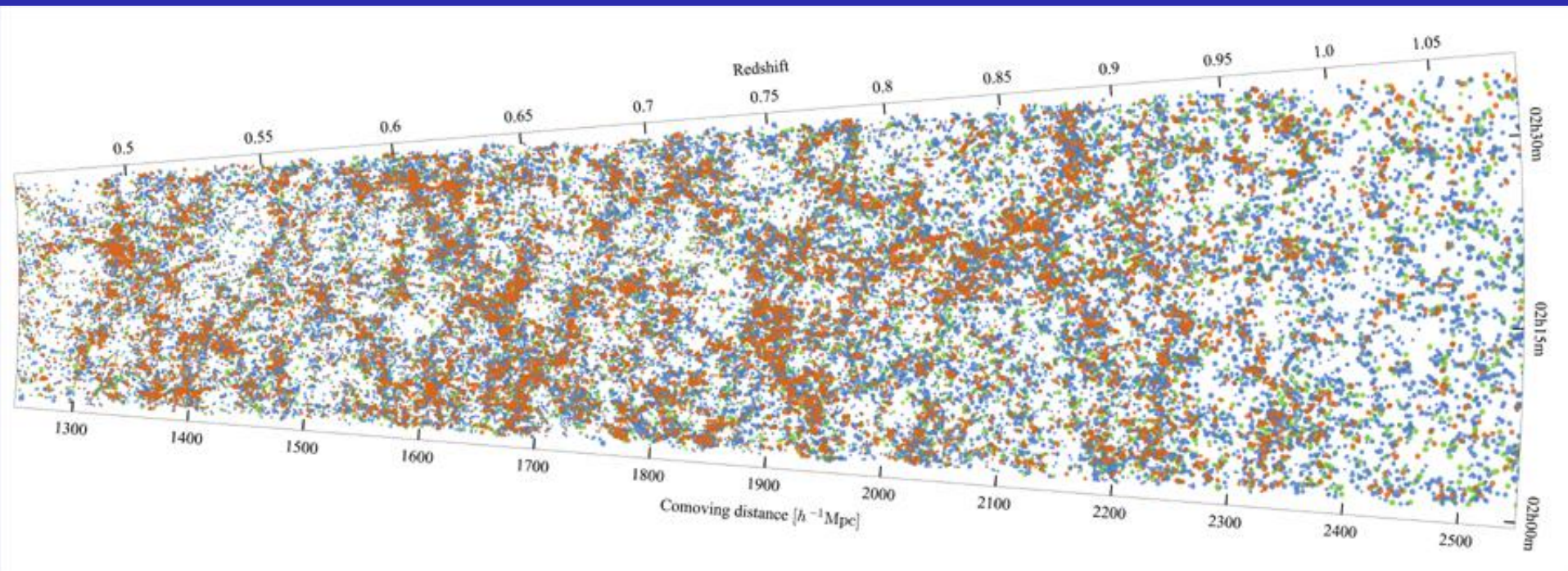
(Odkrycie amerykańskiego astrofizyka A. Dresslera w 1980 r.)

***Przy większej gęstości galaktyki częściej się zderzają.***

# VIPERS

## VIMOS Public Extragalactic Redshift Survey

Final public release of complete VIPERS galaxy catalogue of ~90,000 redshifts  
- 18 November 2016 -



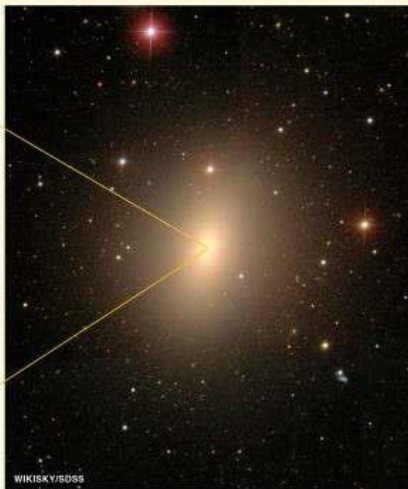
**Galaktyki czerwone (stare gwiazdy) w węzłach sieci,  
galaktyki niebieskie (młode gwiazdy) poza węzłami.**

## Publikacja z 2009

Without 'light deficit'



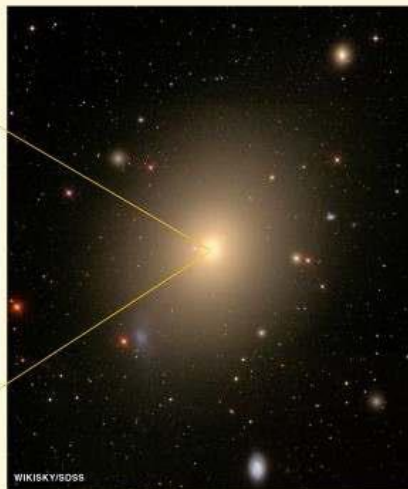
NGC 4621



With 'light deficit'



NGC 4472



Galaktyki eliptyczne zawierające w centrum czarne dziury o masie miliardów mas Słońca wykazują „deficyt światła” w jądrze.

W badaniach 27 galaktyk wykazano korelację między masą czarnej dziury a brakującą liczbą gwiazd w jądrze. Można to wytłumaczyć powstaniem tych galaktyk w zderzeniu mniejszych galaktyk zawierających czarne dziury. Czarne dziury okrążając się wyrzuciły gwiazdy z centrum (efekt miksera). Udowodniono wpływ masywnych czarnych dziur na ewolucję galaktyk.

**CORRELATIONS BETWEEN SUPERMASSIVE BLACK HOLES, VELOCITY DISPERSIONS, AND MASS DEFICITS IN ELLIPTICAL GALAXIES WITH CORES**

John Kormendy *et al* 2009 *ApJ* 691 L142-L146

# Galaxyzoo

Witryna przygotowana przez grupę naukowców pracujących nad projektem Sloan Digital Sky Survey. Jego celem jest sporządzenie trójwymiarowej mapy opisującej jedną czwartą nieba i zawierającej obrazy obiektów, które zostały sfotografowane dzięki dwupółmetrowemu teleskopowi w obserwatorium Apache Point (stan Nowy Meksyk).



**GALAXY ZOO.org**

Witamy | Strona główna | Nauka | Udział w projekcie | Analiza galaktyk | Forum | Serwis prasowy | FAQ | Linki | Kontakt | Login | Rejestracja

**NOWOŚĆ:** Forum Galaktycznego ZOO jest dostępne online: | [Moje galaktyki](#) są dostępne online

Witamy w projekcie *Galaktyczne ZOO* wykorzystującym możliwości Internetu - oraz Waszego mózgu - do skłasyfikowania miliona galaktyk. Udział w projekcie to nie tylko wkład w badania naukowe, ale również możliwość zobaczenia tych części Wszechświata, których dosłownie nikt wcześniej nie widział. Ponadto można przekonać się jak bardzo są zróżnicowane galaktyki we Wszechświecie.

Dlaczego jesteście nam potrzebni?  
Odpowiedź jest prosta. Ludzki mózg o wiele lepiej radzi sobie z rozpoznawaniem wzorów niż jakikolwiek komputer. Można napisać program do dzielenia galaktyk na kategorie, jednak taki program niewątpliwie nie uwzględni galaktyk niezwykłych, dziwnych ani cudownych. Aby uratować te niezwykle układy, które mają własną historię do opowiedzenia, potrzebujemy Was.

GZ już działa! Zapraszamy do [zalogowania się](#) i rozpoczęcia klasyfikowania galaktyk już teraz.

**Log In**

Nazwa użytkownika:

Hasło:

Zapamiętaj mnie na tym komputerze.

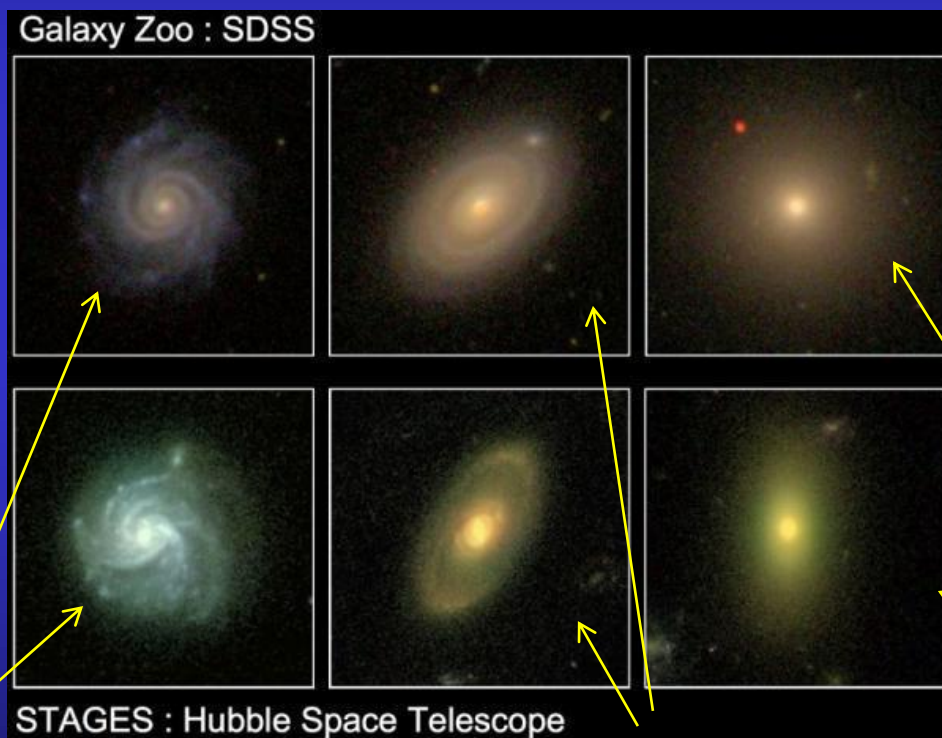
[Zarejestruj się](#)  
[Zapomniałem hasła](#)

<http://zoo1.galaxyzoo.org/pl/>

**Astronomowie z Uniwersytetu Nottingham (projekt STAGES) zidentyfikowali typ galaktyki, który może być brakującym ogniwem w naszym rozumieniu ewolucji galaktyk. Niezależnie, podobne galaktyki odkrył zespół Galaxy Zoo. Oba zespoły zidentyfikowały populację nietypowych czerwonych galaktyk spiralnych, w których ustała produkcja gwiazd.**

<http://www.sciencedaily.com/releases/2008/11/081124194936.htm>

[http://www.teleskopy.net/news/Astronomia\\_2008\\_11.pdf](http://www.teleskopy.net/news/Astronomia_2008_11.pdf)



**Galaktyki spiralne -  
niebieskie**

**Galaktyki spiralne -  
czerwone**

**Galaktyki eliptyczne -  
czerwone**

**Czerwone spirale leżą na peryferiach wielkich gromad galaktyk. Podczas gdy niebieska galaktyka jest wciągana grawitacyjnie z rejonów zewnętrznych w peryferia gromady, oddziaływanie otoczenia wywołuje spowolnienie procesów tworzenia gwiazd.**

**Czerwone spirale to przeważnie masywne galaktyki – są mało podatne na zmiany struktury.**

**Prawdopodobnie za powolny proces wygaszania procesów gwiazdotwórczych odpowiedzialny jest mechanizm duszenia (ang. *strangulation*) - w którym zapas galaktycznego paliwa jest odbierany galaktyce w trakcie przemieszczania się przez tłum galaktyk w supergromadzie. Pozbawiona materiału niezbędnego do tworzenia nowych gwiazd, podczas gdy jej gwiazdy starzeją się powoli, zmienia kolor z niebieskiego na czerwony.**

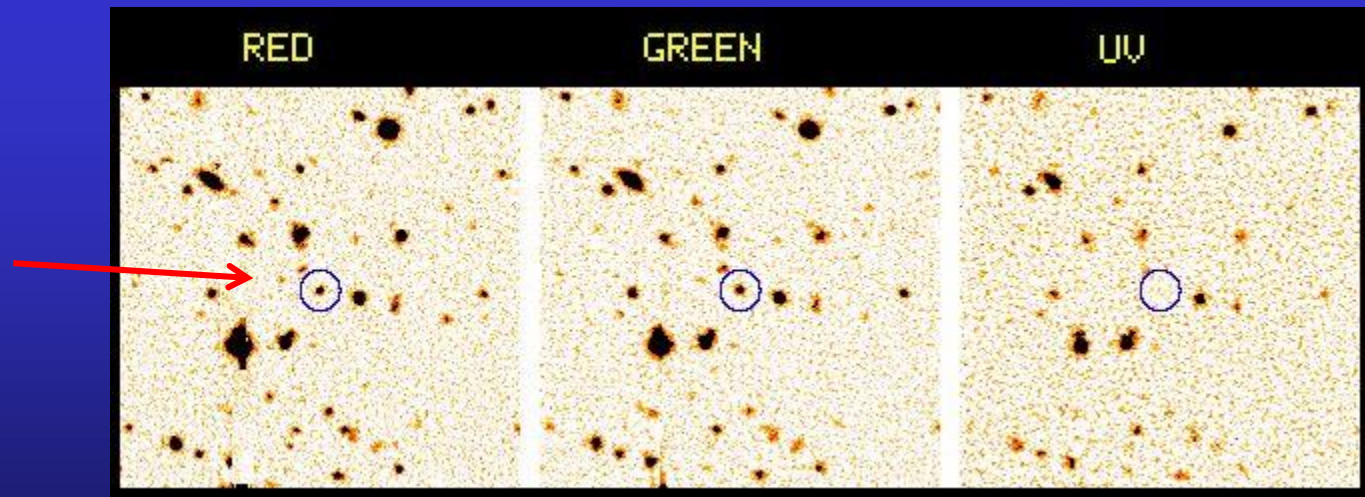
# Najstarsze galaktyki

Dla uniknięcia niepewności, do jakiego momentu odnosi się pomiar odległości, odległość galaktyk określa się przez przesunięcie widma ku czerwieni:

$$z = \frac{\lambda_{obs} - \lambda_{lab}}{\lambda_{lab}}$$

Metoda poszukiwania najdalszych galaktyk (Chuck Steidel): porównanie zdjęć uzyskanych z użyciem filtrów: czerwonego, zielonego i ultrafioletowego.

Ta galaktyka może (ale nie musi) mieć dużą wartość  $z$



[http://urania.pta.edu.pl/upa3\\_2004.html](http://urania.pta.edu.pl/upa3_2004.html)



# Najstarsze galaktyki

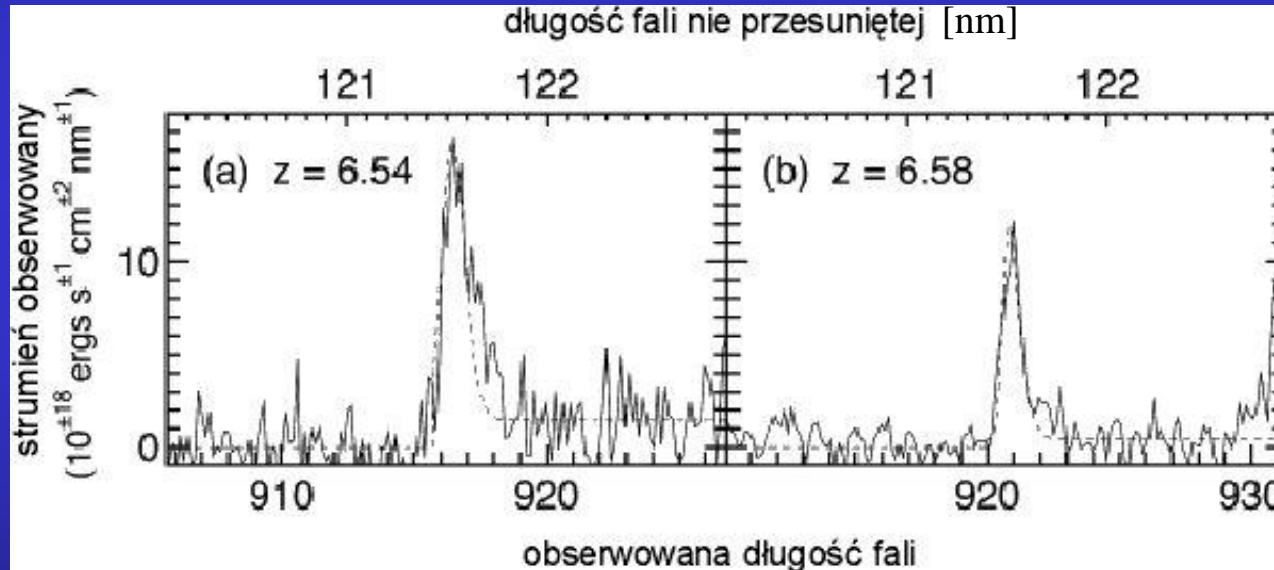
Obserwacje spektroskopowe, prowadzone głównie z użyciem teleskopu Kecka, potwierdziły odkrycie w roku 1995 — 15, w 1997 — ponad 250, a wkrótce potem już kilku tysięcy galaktyk o przesunięciu ku czerwieni przekraczającym wartość  $z = 3$ .

W 2002 roku przekroczonego wartość  $z = 6$

Teleskop Subaru (Subaru Deep Field), kwiecień i w maj 2002 r.: sfotografowano 50 tys. obiektów, z których wyselekcjonowano 70 kandydatek.

# Najstarsze galaktyki

Dwie z nich to odległe galaktyki, dla których  $z$  wynosi 6,54 i 6,58, co oznacza, że widzimy obiekty z epoki 900 mln lat po Wielkim Wybuchu (galaktyka oddala się z prędkością  $v = 0,9666c$ ).



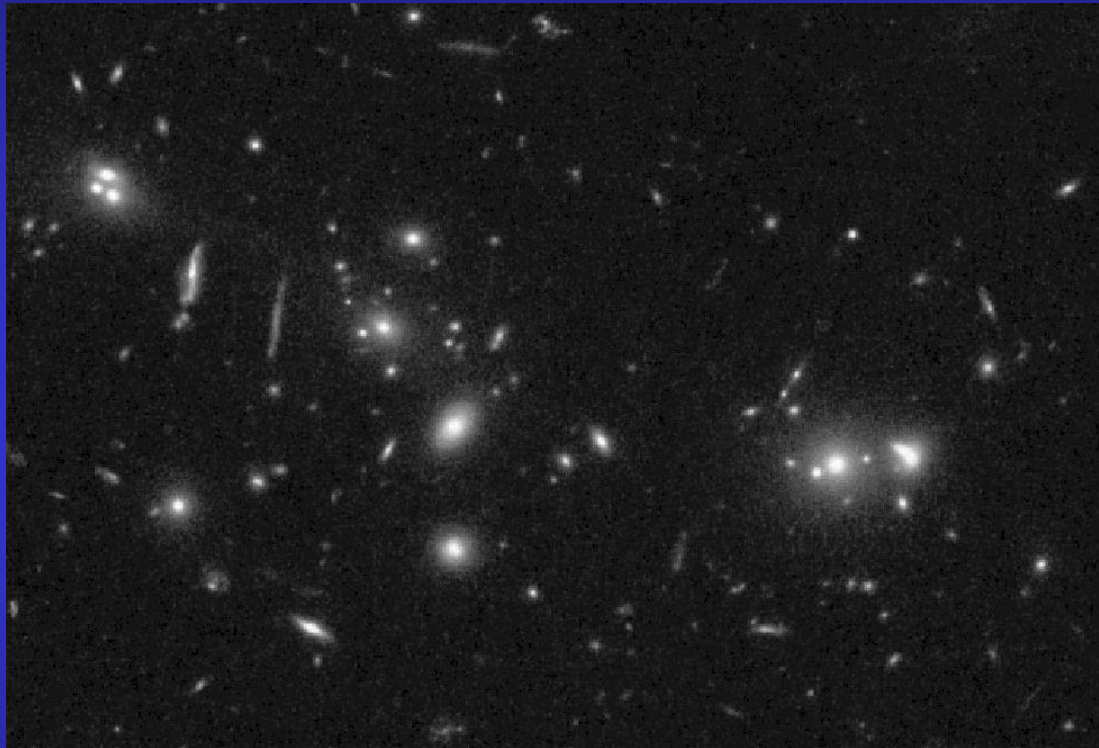
Przesunięcie ku czerwieni powoduje, że linię Lymana (nadfiolet) obserwuje się w oknie bliskiej podczerwieni.



Możliwe obserwacje z powierzchni Ziemi

# Najstarsze galaktyki

Sprzymierzeńcem astronomów w badaniu najodleglejszych galaktyk jest zjawisko soczewkowania grawitacyjnego.



*Zdjęcie gromady galaktyk w gwiazdozborze Rysia. Na tle jej galaktyk są widoczne obrazy będące efektem soczewkowania grawitacyjnego odległych obiektów.*

*Zbadanie ich przyniosło sensacyjny wynik!*

**Niewielki świetlny łuk okazał się największym, najjaśniejszym i najgorętszym obszarem powstawania gwiazd, jaki do tej pory zaobserwowano.**



# Najstarsze galaktyki

Obszar liczący około miliona jasnych, gorących gwiazd, powstał około 2 mld lat po Wielkim Wybuchu.

Temperatury na powierzchni gwiazd sięgają 80 000 K, a masy przekraczają 100 mas Słońca.



*Tylko z pierwotnej materii Wszechświata mógł powstać tak gigantyczny gwiazdotwórczy fajerwerk.*

# Najstarsze galaktyki

Odkrycie z 2004 r.

Wykonane teleskopem Hubble'a obserwacje dwóch obrazów soczewkowanych przez gromadę Abell 2218 wskazują na przesunięcie ku czerwieni z przedziału 6,6 - 7,1



Niewielki (2000 lat świetlnych) obiekt, promieniujący niezwykle silnie w ultrafiolecie, z epoki 750 mln lat po Wielkim Wybuchu, gdy Wszechświat liczył sobie zaledwie 5% obecnego wieku.

# Najstarsze galaktyki

**GN-z11 – odkryta w 2016 galaktyka, uważana za najbardziej odległy obiekt o potwierdzonej odległości od Ziemi.  $z = 11,1$**

**Jest to obiekt odległy o ok. 32 mld lat świetlnych, powstał zaledwie 400 mln lat po Wielkim Wybuchu, gdy Wszechświat liczył sobie 3% obecnego wieku).**

**25 razy mniejsza niż Droga Mleczna, masa 100 razy mniejsza niż masa Drogi Mlecznej**

**Bardzo intensywnie produkuje młode, masywne gwiazdy**

**Protogalaktyka, niewielki składnik - cegiełka, która będzie podstawowym budulcem istniejących do dziś galaktyk.**

# Najstarsze galaktyki

**Odkrycia te potwierdzają wnioski z badań promieniowania reliktowego**

*300 mln lat po Wielkim Wybuchu rodziły się bardzo masywne gwiazdy (o masach dochodzących do kilkuset mas Słońca).*

*Powstawanie galaktyk odbywało się nieco później i najpierw obejmowało struktury niewielkie, które dopiero wskutek grawitacyjnych oddziaływań „zlepiały się” w większe twory - o rozmiarach znanych nam współcześnie galaktyk.*

*Model hierarchiczny*

# Model hierarchiczny



Animacja z <http://gallery.astronet.pl/index.cgi?218#zdjecia>

„Opierając się na symulacjach N-ciałowych na bazie teorii Zimnej Ciemnej Materii stworzono tzw. hierarchiczny model ewolucji Wszechświata. W pierwszej kolejności powstawały małe halo ciemnej materii, które następnie z czasem łączyły się w większe. Oczywiście w stworzone przez nie studnie potencjału wpadał gaz, z którego formowały się gwiazdy. Tak powstają najpierw galaktyki karłowate, potem na skutek zderzeń coraz większe, które z czasem grupują się, tworząc gromady i supergromady galaktyk. W tym obrazie galaktyki karłowate stanowią pewnego rodzaju cegiełki, z których budowane są większe twory. Te z nich, które przetrwały do dzisiaj, są najstarszymi obiektami tego typu we Wszechświecie. „

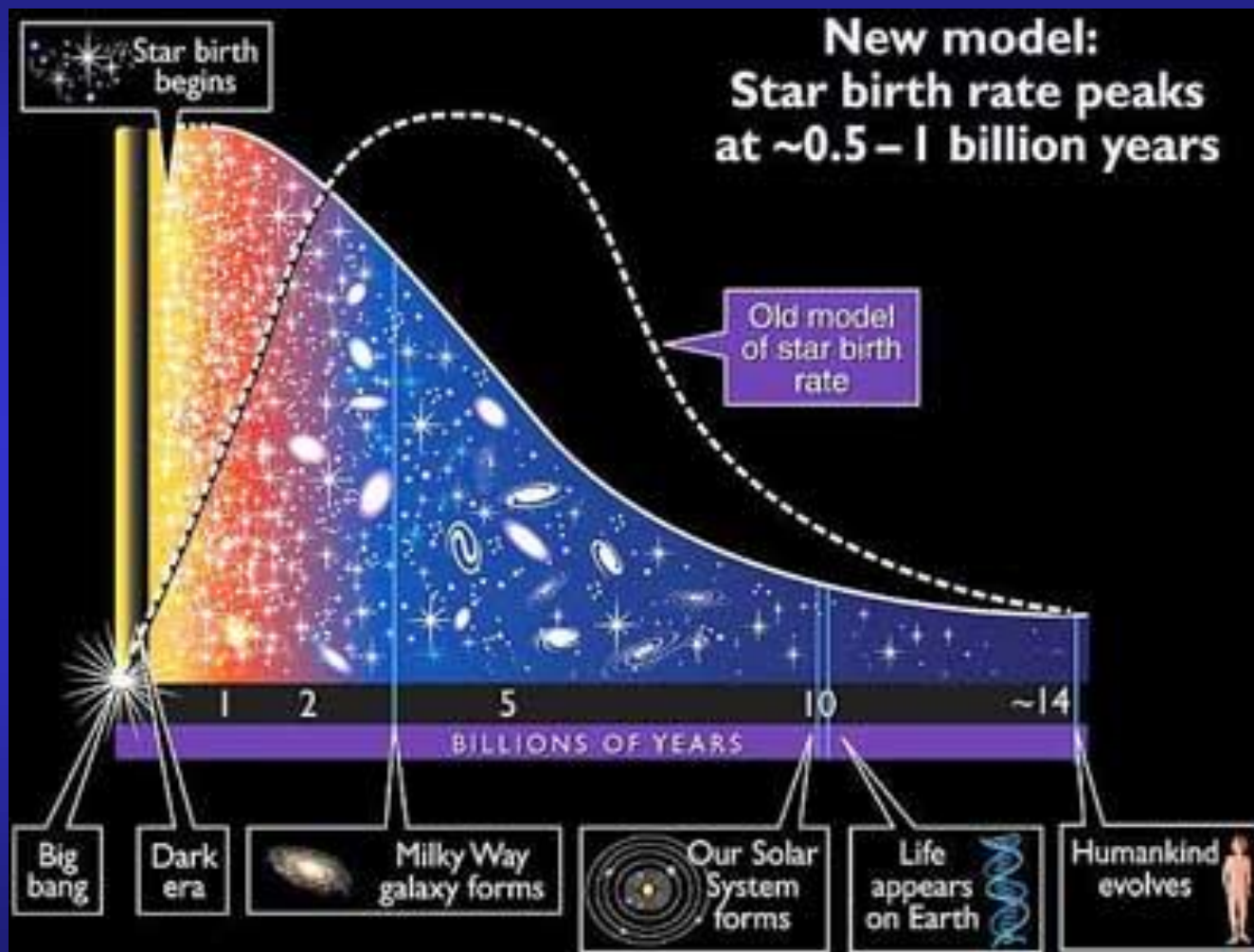
Galaktyki karłowate jako narzędzie do badań ciemnej materii

Jarosław Klimentowski

[http://postepy.camk.edu.pl/upa3\\_2008a.html](http://postepy.camk.edu.pl/upa3_2008a.html)



# Powstawanie gwiazd



Tempo pojawiania się formacji gwiazd począwszy od Wielkiego Wybuchu.

A. Feild (STScI).