

Galaxisok kölcsönhatásai



Galaxisok közti távolság $\sim$ 100 galaxis méret

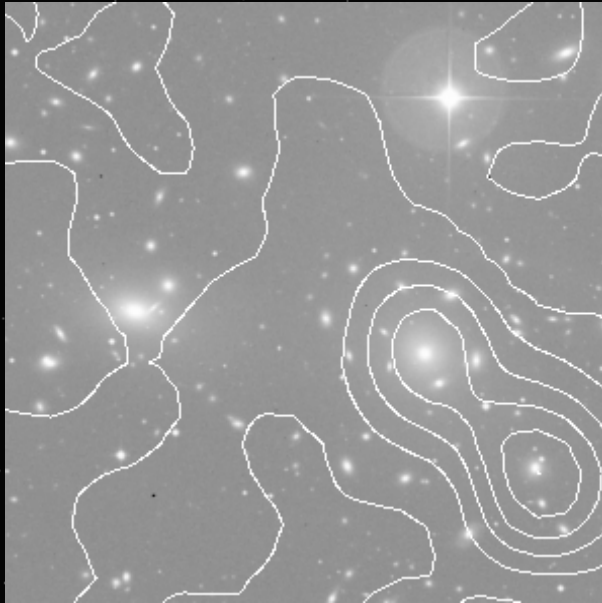
Kölcsönhatása utaló jelek:

- elliptikus galaxisok nagyobb aránya halmazok közepén
- forró, röntgensugárzó plazma a halmazokban
- diszkek csavarodása (warp)
- ütköző galaxisok (pl. Antenna)

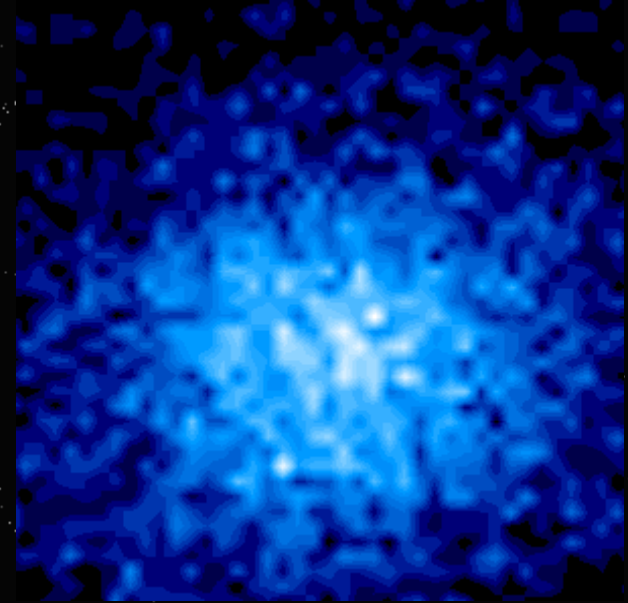
Coma halmaaz



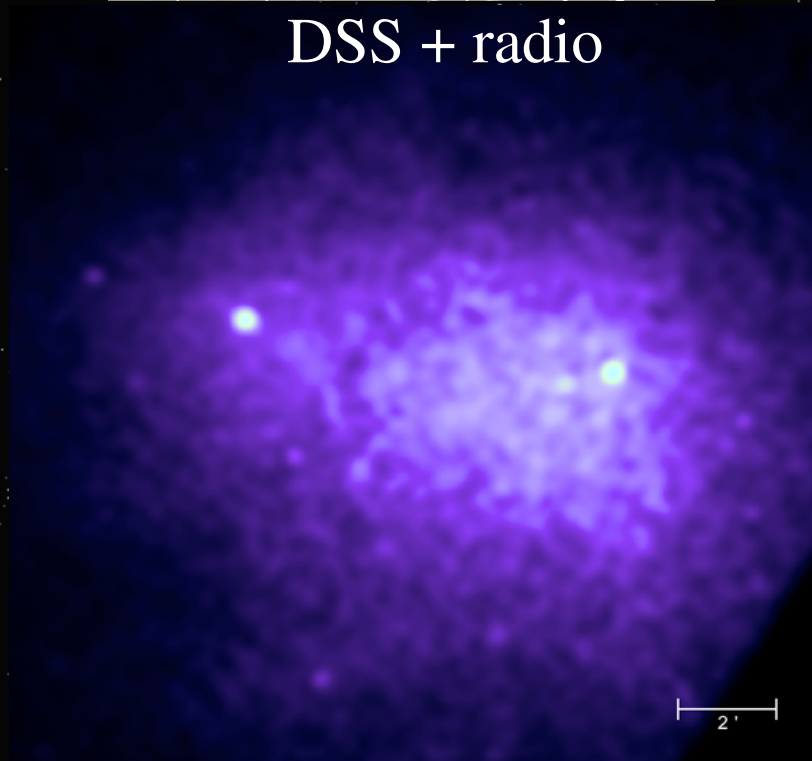
DSS



DSS + radio



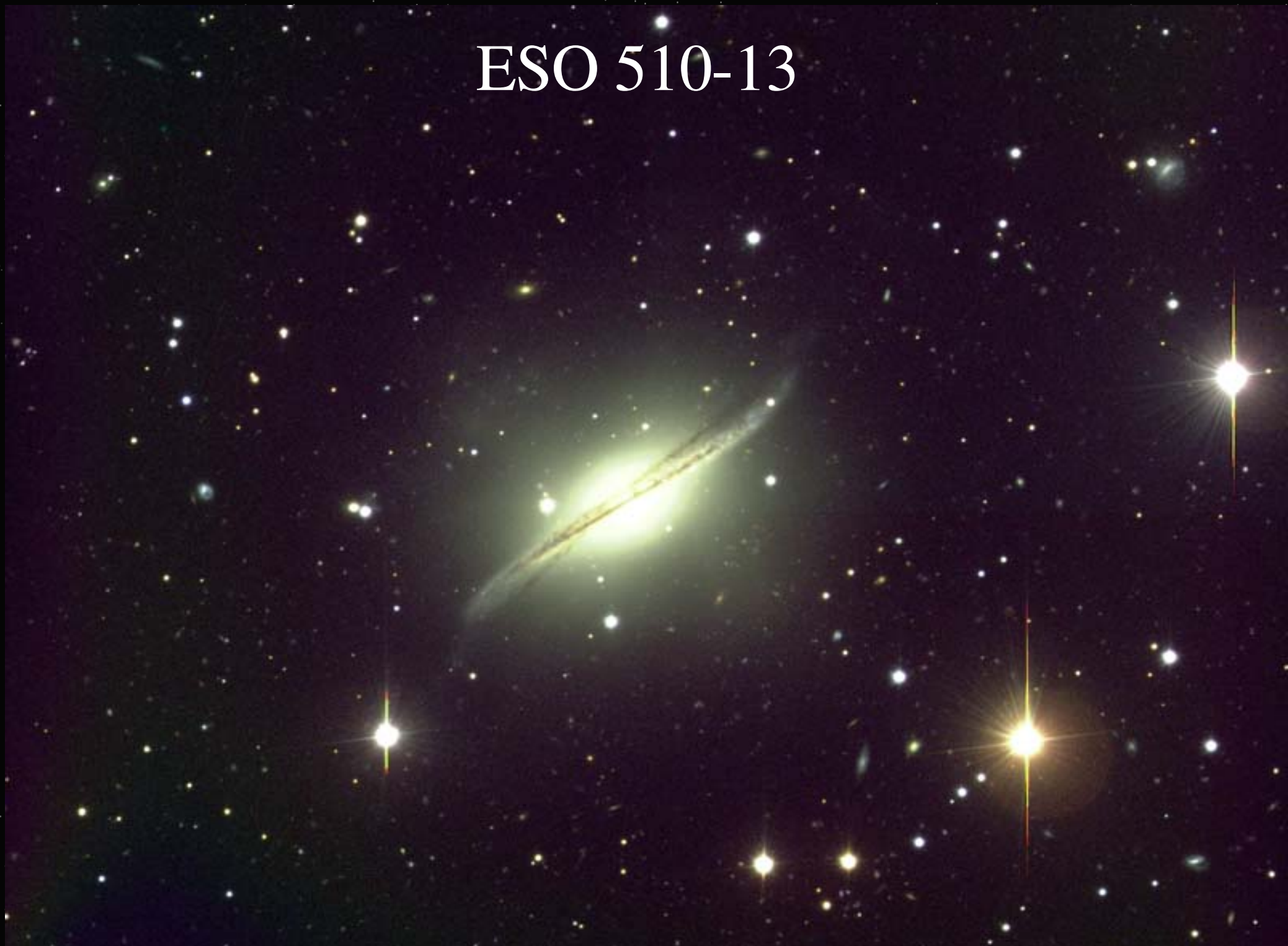
ROSAT



2'

Chandra

ESO 510-13



Antenna-galaxis



Galaxisok ütközése

a Tejútrsz. átlagos csillagsűrűsége a Nap körül:

$$\rho = 0.05 \text{ Mo/pc}^3$$

átlagos csillagtömeg: $m = 0.5 \text{ Mo}$

$\Rightarrow$ csillagkoncentráció: $n = \rho / m = 0.1 \text{ 1/pc}^3$

A közepes szabad úthossz: $l = 1 / (n \sigma)$

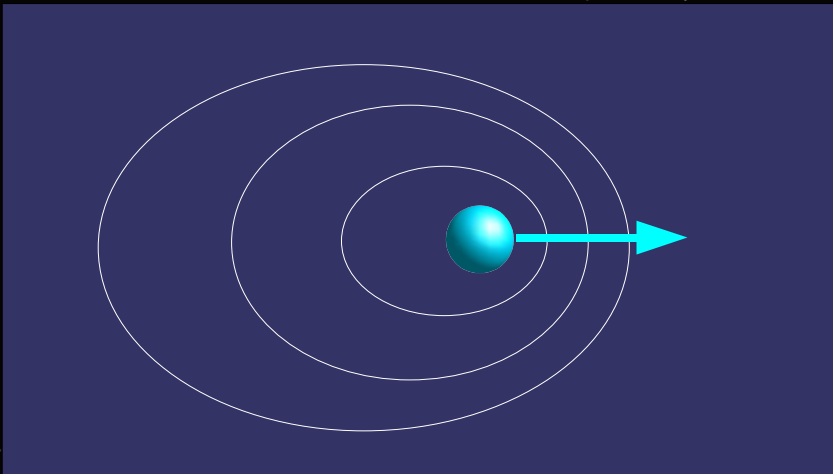
a hatáskeresztmetszet: $\sigma = \pi r^2 \sim 10^{-14} \text{ pc}^2$

adódik: $l \sim 10^{13} \text{ pc}$

$\Rightarrow$ az ütközés vsz-e kicsi (1 kpc úton 10^{-10})

Dinamikai súrlódás

Nagy tömeg mozgása állandó sűrűségű közegben:



a grav. miatt a sűrűség-
kontúrok eltorzulnak
--> fékezik a mozgást

kimutatható, hogy a "súrlódási erő":

$$f_d \approx C \left(\frac{Gm}{v} \right)^2 \rho$$

Példa: gömbhalmaz kering az M31 körül

$$m = 5 \cdot 10^6 M_{\odot}$$

$$v_g = 250 \text{ km/s} \quad \Rightarrow \text{mekkora a dinamikai súrlódás?}$$

A rotációs görbe alapján:
$$v_{\text{rot}}^2 = \frac{GM(r)}{r}$$

$$M(r) = \frac{v_{\text{rot}}^2 r}{G} \rightarrow \frac{dM(r)}{dr} = 4\pi r^2 \rho = \frac{v_{\text{rot}}^2}{G}$$

Ebből:
$$\rho(r) = \frac{v_{\text{rot}}^2}{4\pi G r^2} \approx \frac{v_g^2}{4\pi G r^2}$$

adódik:
$$f_d(r) \approx \frac{C}{4\pi} \frac{G m^2}{r^2}$$

Mennyi idő alatt vesztí el az imp.mom.-át?

A dinamikai súrlódás miatt:

$$\frac{dJ}{dt} = -f_d r = -\frac{C}{4\pi} \frac{G m^2}{r}$$

Mivel a rot.görbe lapos, v kb. állandó marad:

$$\frac{dJ}{dt} = m v \frac{dr}{dt} = -\frac{C}{4\pi} \frac{G m^2}{r}$$

integrálva:

$$\int_{r_0}^0 r dr = \frac{C}{4\pi} \frac{G M}{v} \int_0^{T_s} dt$$

A bespirálzási időre adódik: $T_s = \frac{2\pi v r_0^2}{CGm}$

r_0 távolságról indulva T_s idő alatt a gömbhalmaz belezuhan a galaxis magjába

Ha $T_s \sim 17$ M év (a galaxis kora):

$$r_0 = \sqrt{\frac{T_s CGm}{2\pi v}} \approx 4.3 \text{ kpc}$$

ezen a távolságon belül a gömbhalmazok már belespirálóztak a magba

Összeolvadó galaxisok (*mergers*)

- dinamikai súrlódás
miatt imp.mom.
vesztés
- több magú galaxisok
vszleg így keletkeztek



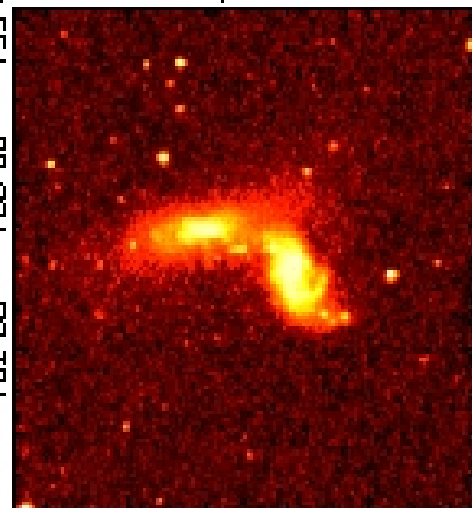
IR/Optical Colour Composite of
Center of Merging Galaxy System ESO202-G23 (VLT UT1 + ISAAC)

ESO PR Photo 46e/98 (26 November 1998)

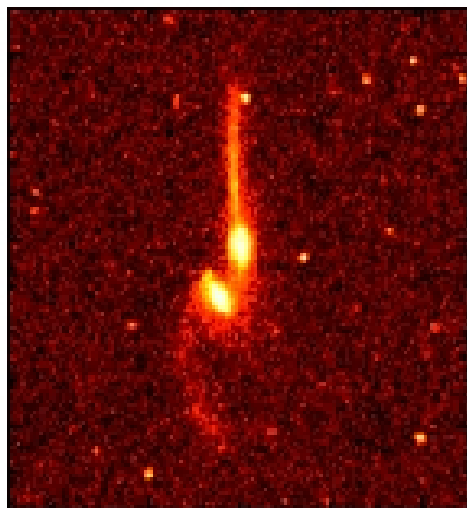
©European Southern Observatory



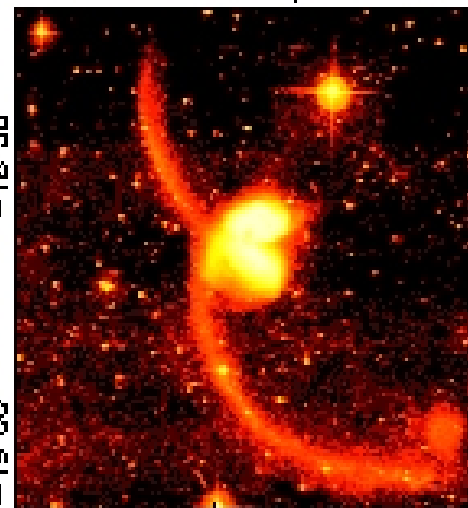
Arp 270

10^h50^m0010^h49^m45

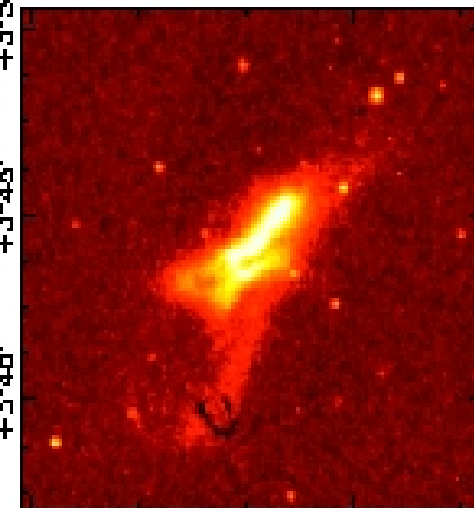
ARP 242

12^h48^m1512^h48^m00

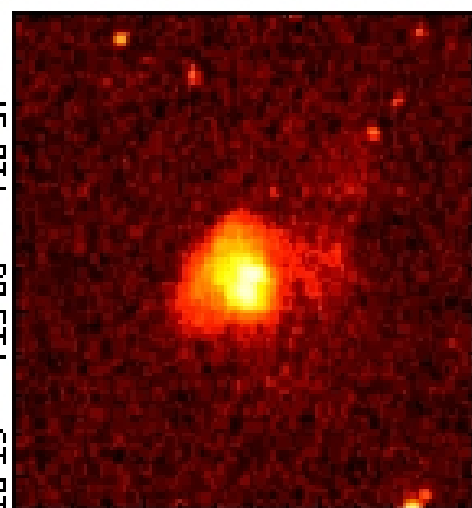
NGC 4038/9

12^h02^m1512^h01^m30

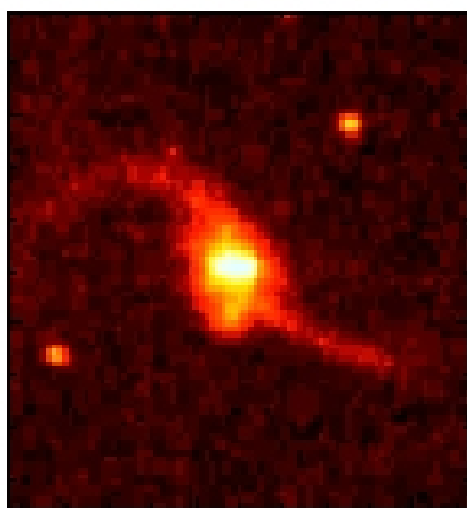
NGC 520

1^h24^m451^h24^m30

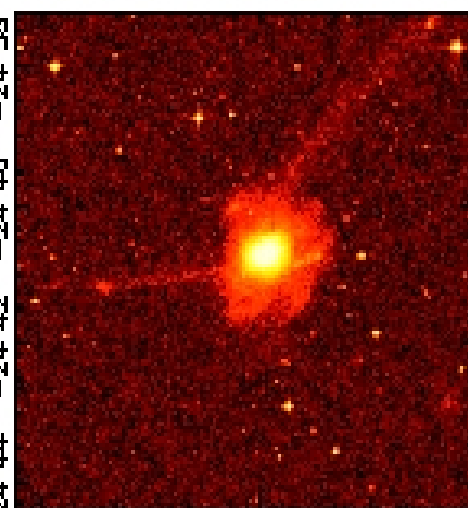
ARP 220

15^h35^m0015^h34^m55

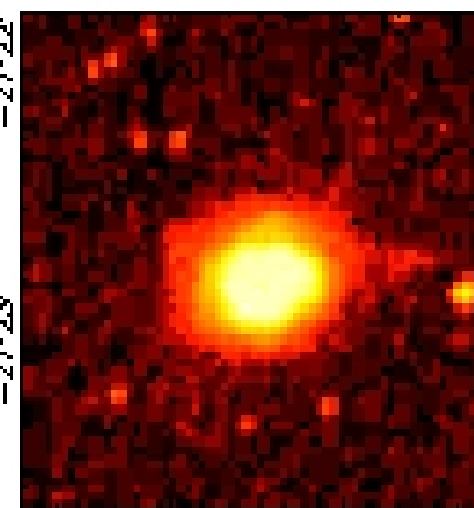
NGC 2623

8^h38^m258^h38^m20

NGC 7252

15^h21^m0022^h20^m45

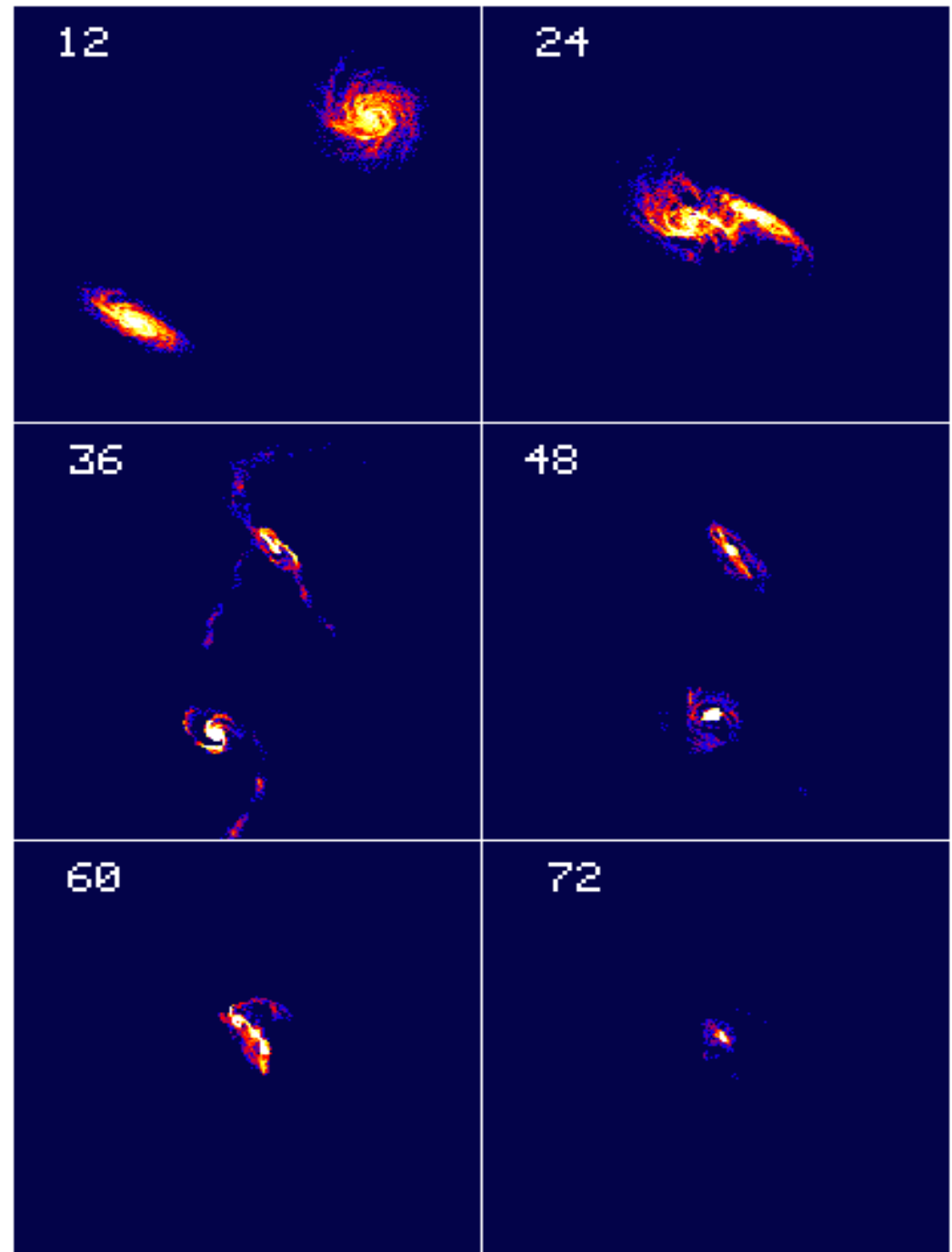
AM1148-270

11^h48^m4811^h48^m45

Komputer-szimulációk

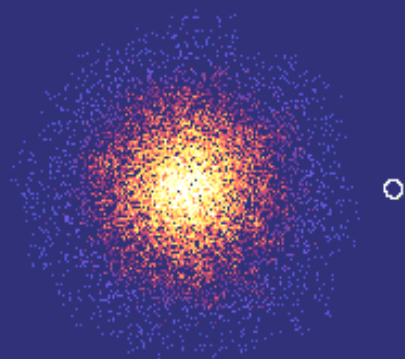
- csillagok: tömegpontok
- ISM: folyadék
- N-test probléma
numerikus megoldása

$$\frac{d\vec{v}_i}{dt} = G \sum_{i \neq j} \frac{m_j \vec{r}_{ji}}{(r_{ji}^2 + \epsilon^2)^{-3/2}}$$

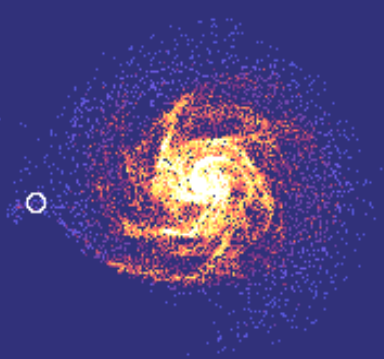


Scenes from a collision between two spiral galaxies.

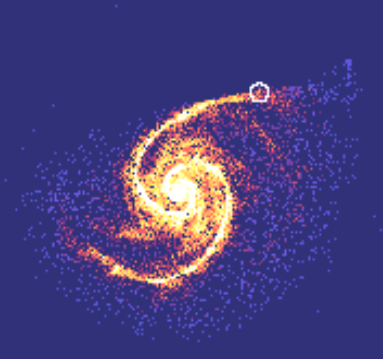
T=0



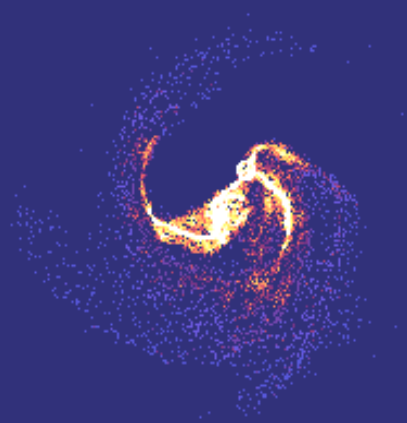
T=20



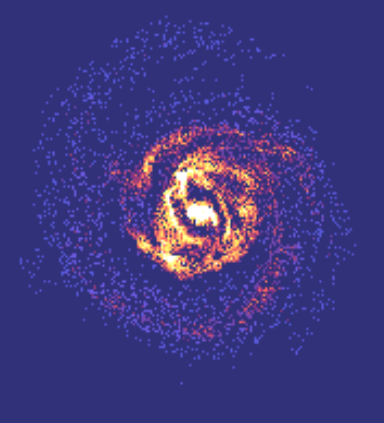
T=40



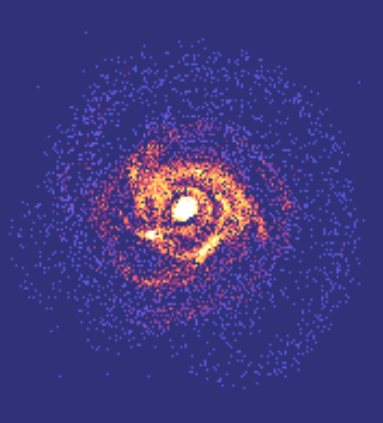
T=60



T=80

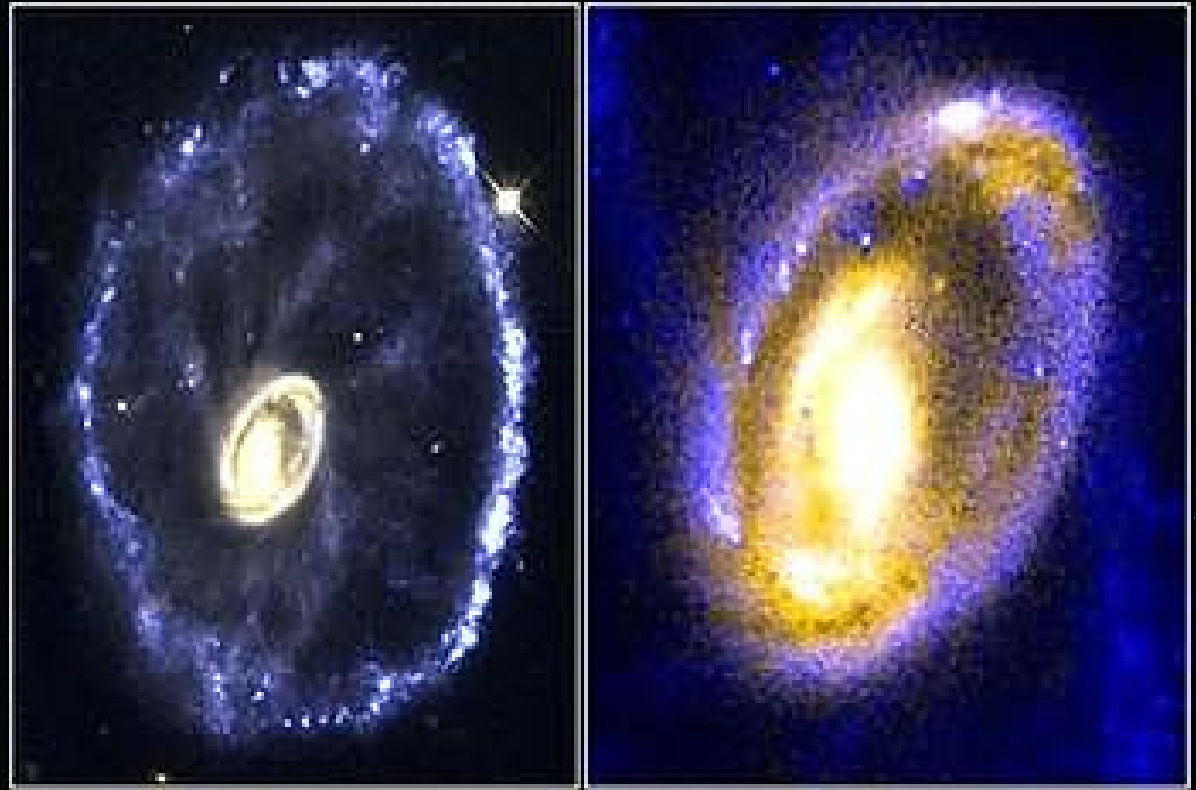


T=100



Gyűrű galaxisok

kis tömeggel való
gyors ütközés:
a csillagok helyzete
nem változik, csak
a kin. energiájuk nő



Ütközés előtt: $2 K_0 = -U_0 = -2 E_0$ (virialtétel)

Ütközés után: $K = K_0 + dK$, $U = U_0$

az ütközés után a kinetikus energia "termalizálódik"

Új egyensúlyi helyzet: $E = E_0 + dK = U_1 / 2$

ebből: $U_1 = 2 E_0 + 2 dK = U_0 + 2 dK > U_0$

Ring Galaxy AM 0644-741



Hubble
Heritage

NASA and The Hubble Heritage Team (STScI/AURA) • Hubble Space Telescope ACS • STScI-PRC04-15

pot. energia növelése:
gyűrű kilökődése

ISM össze-
nyomódása:
gyors
csillag-
képződés



Hoag objektum, HST

Pólus-gyűrű (*polar ring*) galaxisok

Polar-Ring
Galaxy
NGC 4650A

távoli gyűrű
fiatal csillagokból

túl gyors rotáció
--> sötét anyag halo



PRC99-12
Space Telescope
Science Institute
Hubble Heritage Team
(AURA/STScI/NASA)

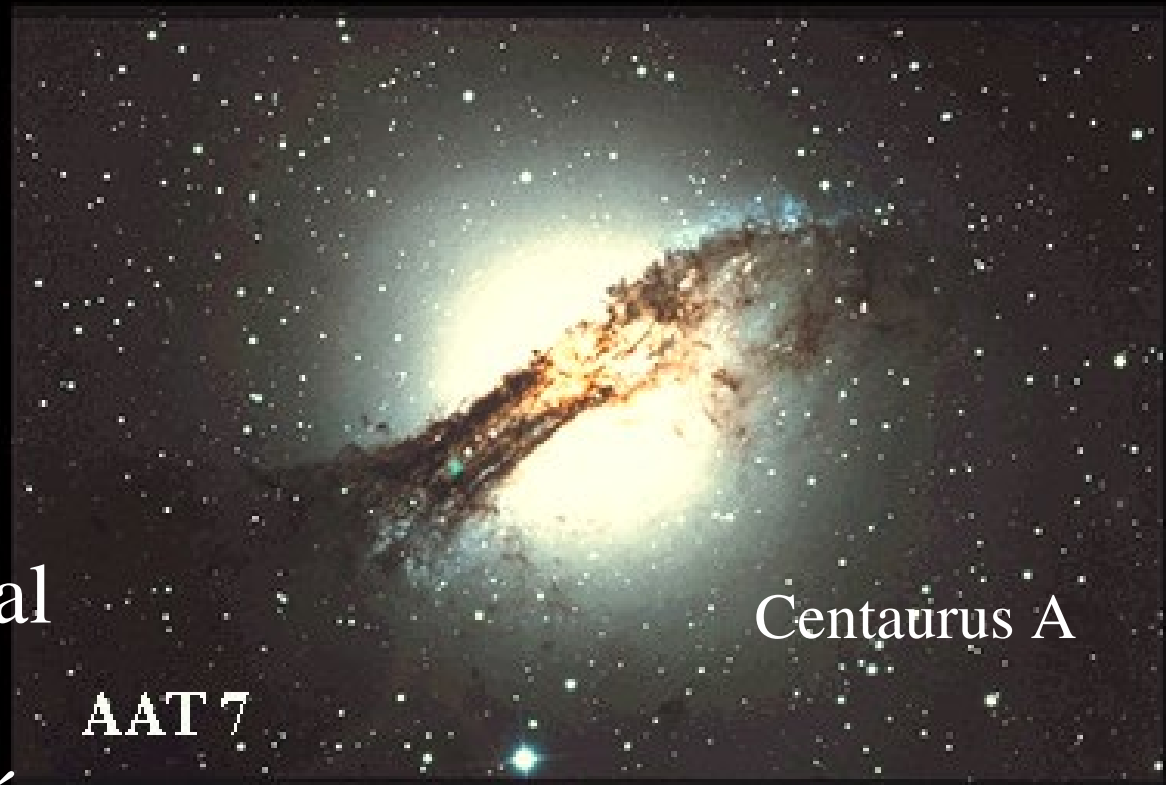
Hubble
Heritage

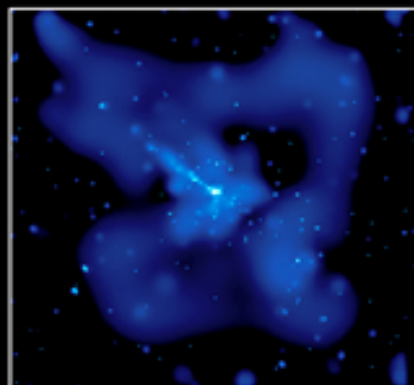
Központi porsáv (*central dust lane*)

elliptikus galaxisok
sűrű centrális porsávval

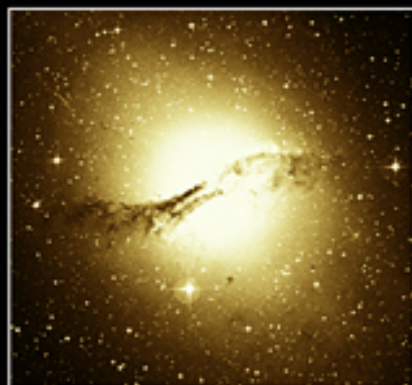
diszk galaxisok ütközése
nyomán alakulhattak ki (?)

optikaitól teljesen eltérő kép rádióban és röntgenben
--> sötét anyag szerepe jelentős





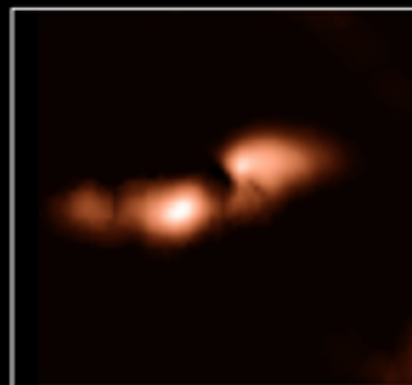
CHANDRA X-RAY



DSS OPTICAL



NRAO RADIO
CONTINUUM



NRAO RADIO
(21-CM)

Tidal-tail galaxisok ("Antennae"-galaxisok)

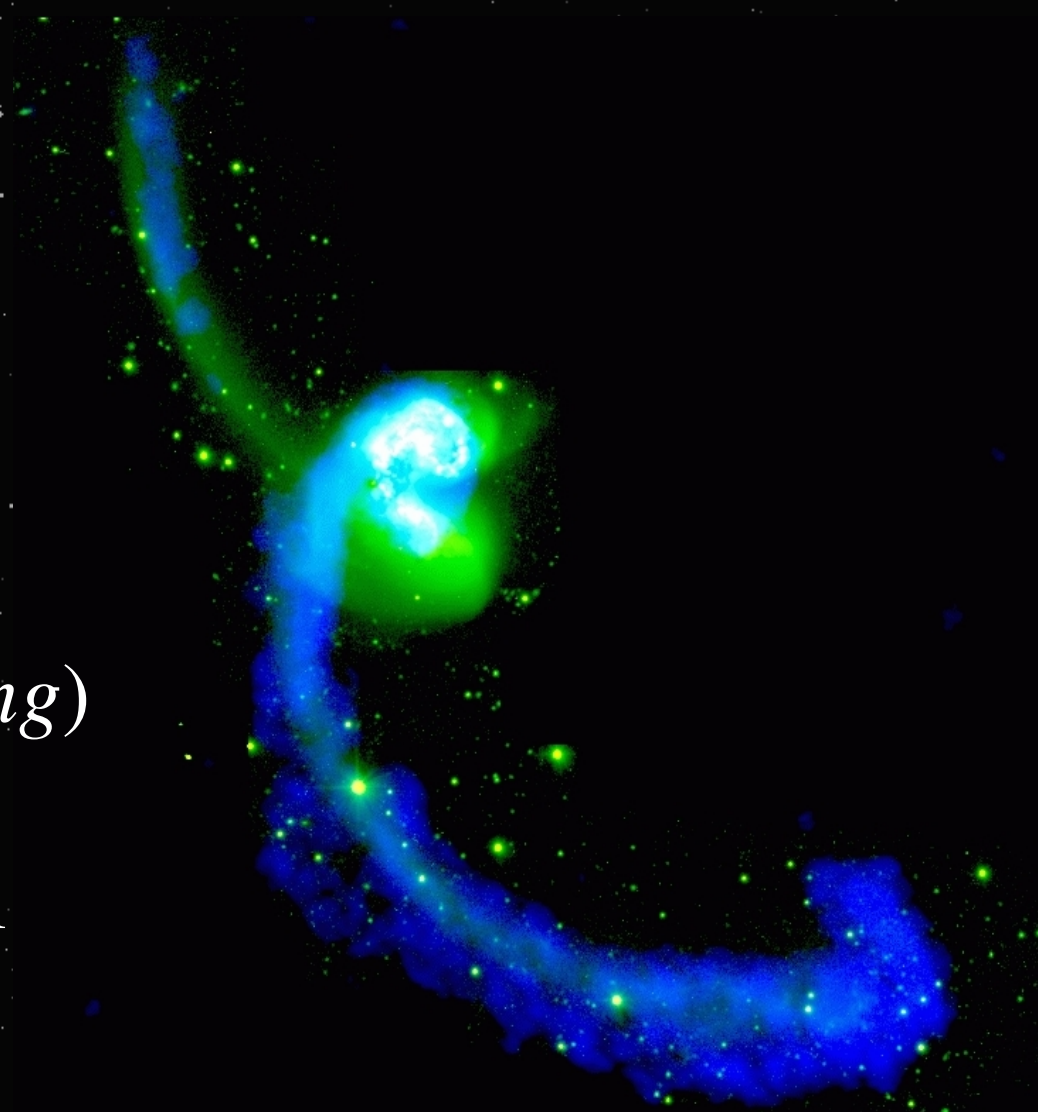


Tidal-tail galaxisok

két koronggalaxis
lassú elhaladása egymás
mellett

a gravitáció anyagot húz ki
a galaxisokból (*tidal stripping*)

sötét anyag halo megnöveli
a kölcsönhatás erősségét



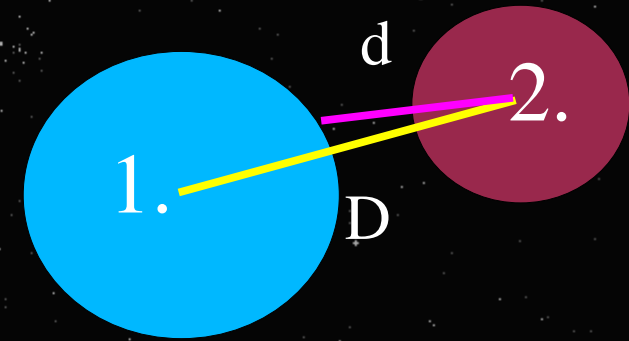
NGC 4038/8 VLA HI (blue) and CTIO Optical (green), from Hibbard, van der Hulst & Barnes 2001

T.f.h. 2 galaxis parabolikus sebességgel ütközik:

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 G M_1}{D}} = \sqrt{2} \cdot v_c \quad (v_c \text{ a körsebesség 1. körül})$$

Az 1. gx. halo-csillagai kb. v_c -
vel mozognak -> a perturbáció
állandó távolságon megy végbe!

A halo-csillagok impulzusának
megváltozása:



$$\Delta p = F \cdot \Delta t = \frac{G m M_2}{d^2} \cdot \Delta t$$

$$\Delta t \approx \frac{P}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{4 \pi^2 \frac{D^3}{G (M_1 + M_2)}}$$

Azok a csillagok szabadulnak ki 1-ből, amelyek a kölcsönhatás miatt parabolikus sebességre gyorsulnak:

$$\Delta p = m \Delta v = m \sqrt{\frac{G M_1}{D}} (\sqrt{2} - 1)$$

A kettőt összevetve:

$$0.41 m \sqrt{\frac{G M_1}{D}} \approx \frac{G m M_2}{d^2} \cdot \Delta t$$

Beírva Δt értékét:

$$d^2 \approx \frac{2\pi}{0.82} \frac{M_2}{\sqrt{M_1}} \frac{D^2}{\sqrt{M_1 + M_2}}$$

Adódik: $d \approx 2.77 \frac{\sqrt{q}}{(1+q)^{1/4}} D$

ahol $q = M_2 / M_1$

Tehát a lassú ütközés a centrumtól

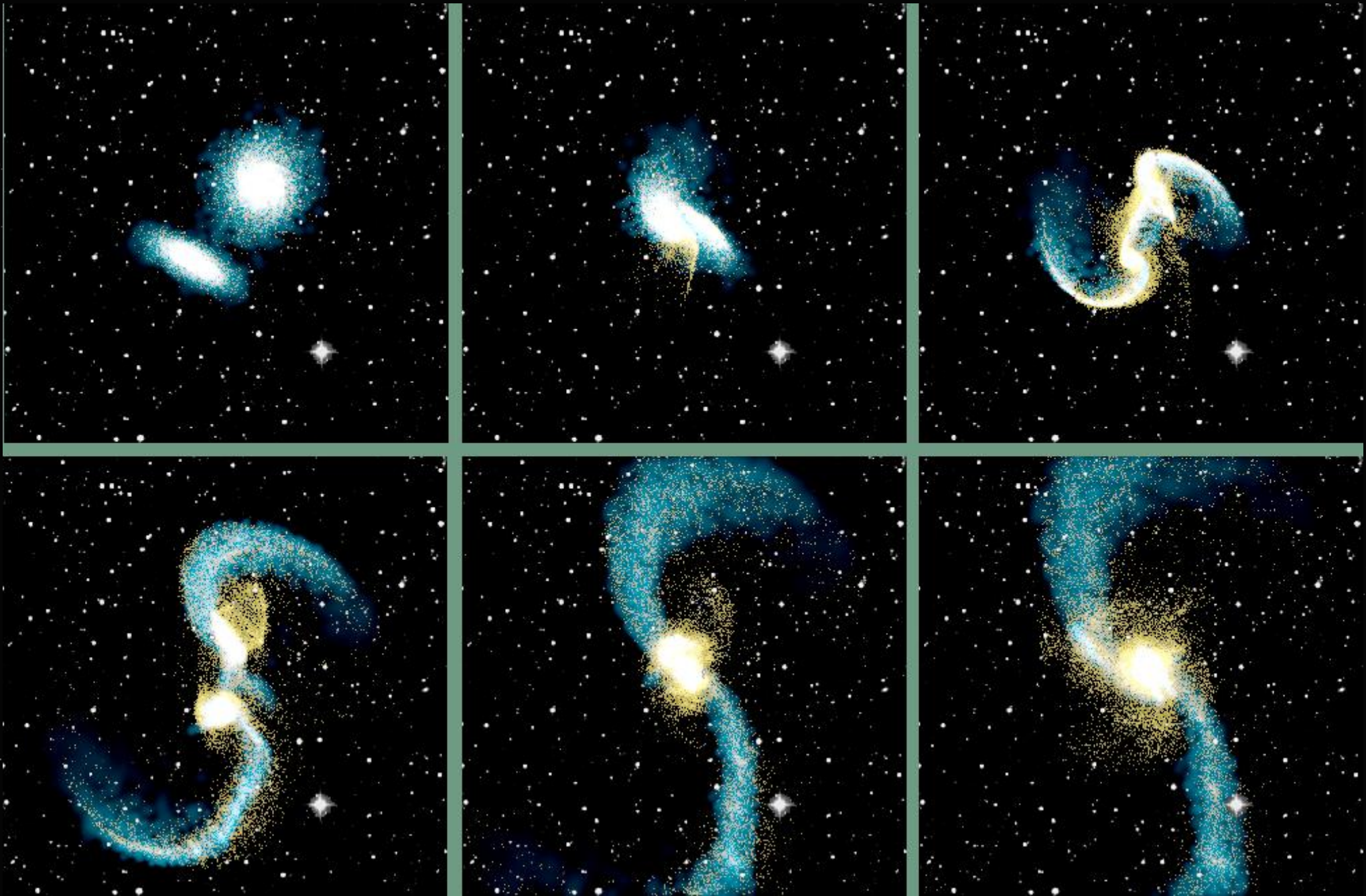
$R = D - d$ távolságra lévő anyagot fogja leszakítani

ebben a távolságban a tömegsűrűség:

$$\rho \approx \rho_0 \exp[-R/h_R] \ll \rho_0$$

tehát a kidobódó anyag alacsony sűrűségű lesz

Komputer szimuláció



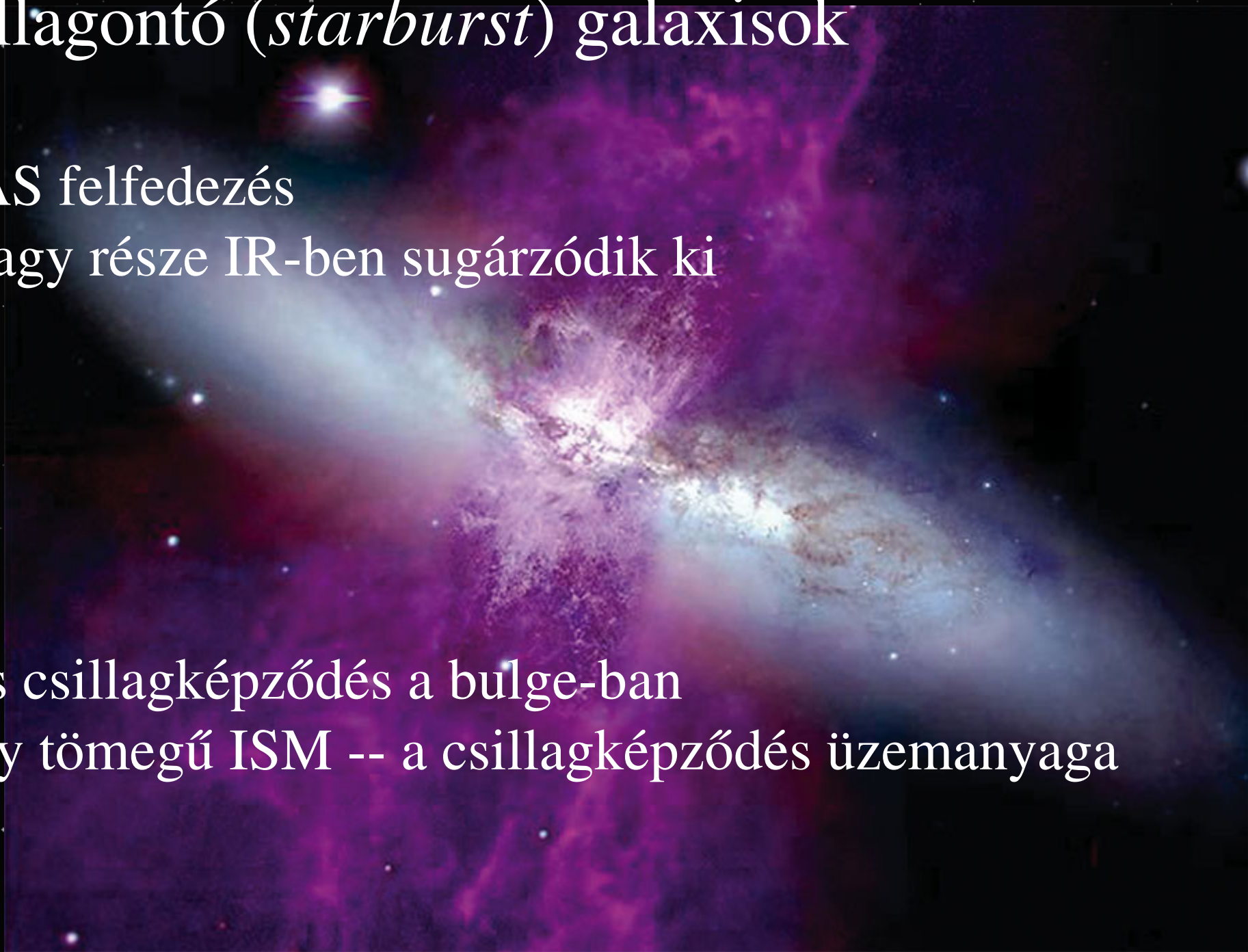
Csillagontó (*starburst*) galaxisok

IRAS felfedezés

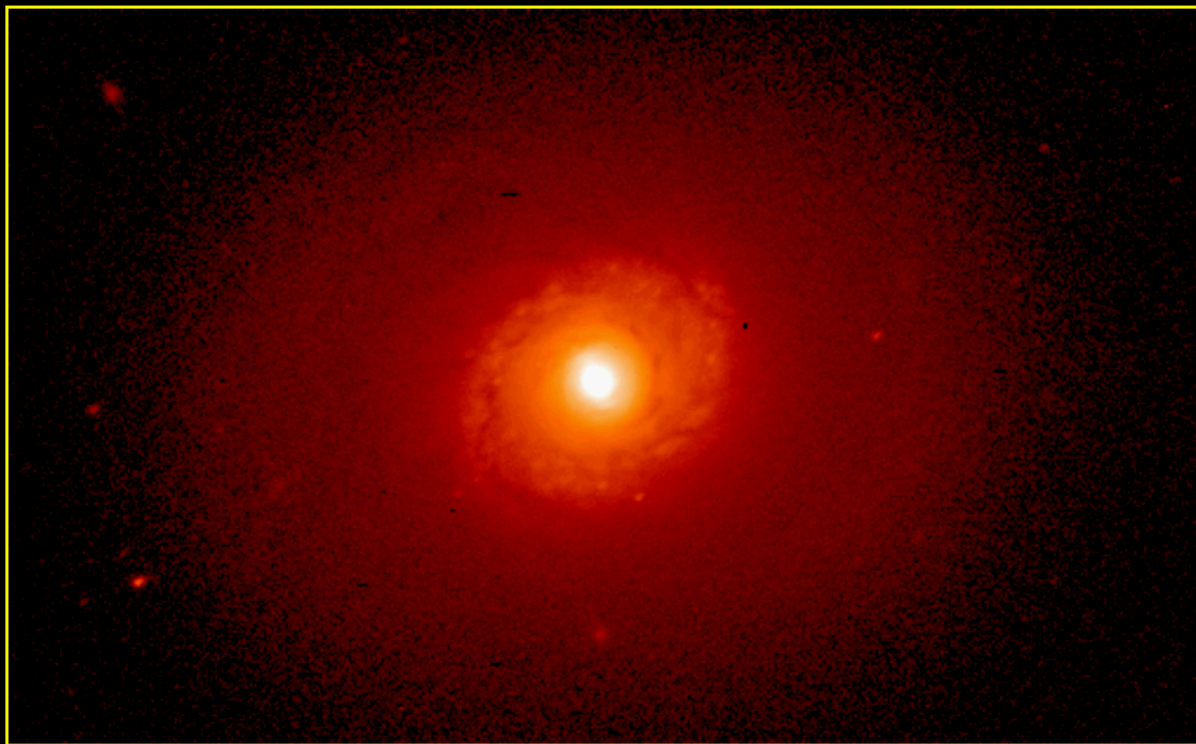
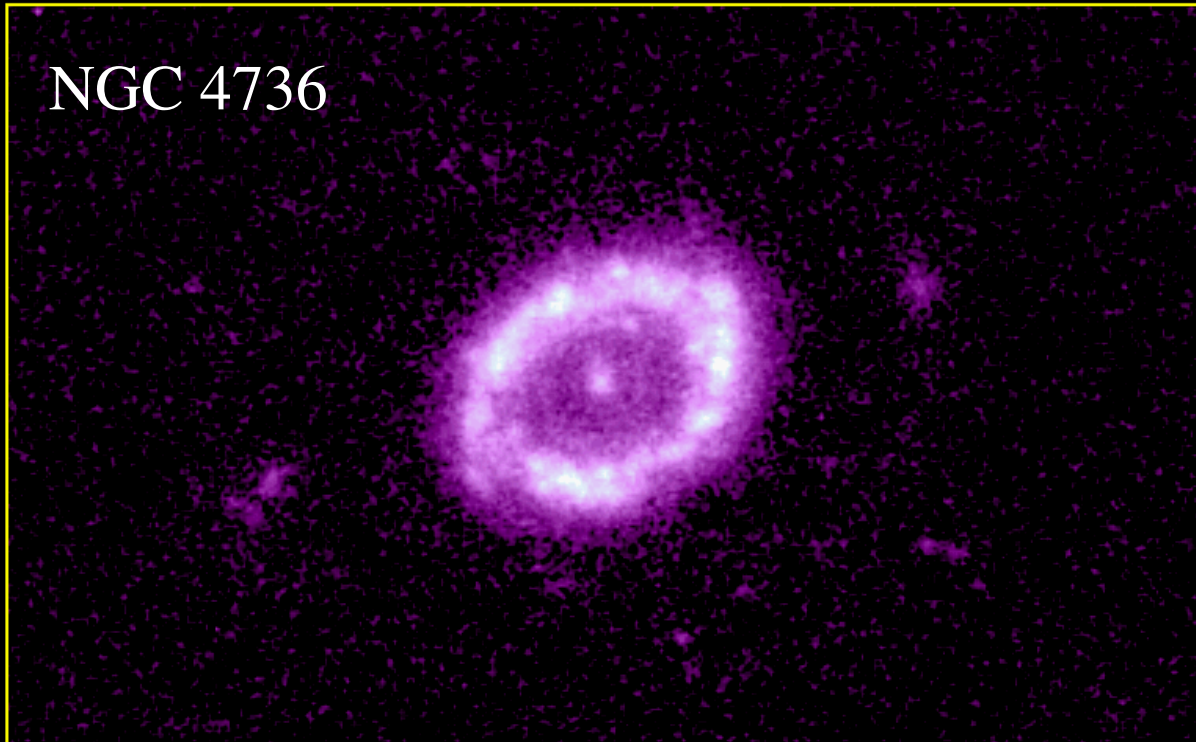
L nagy része IR-ben sugárzódik ki

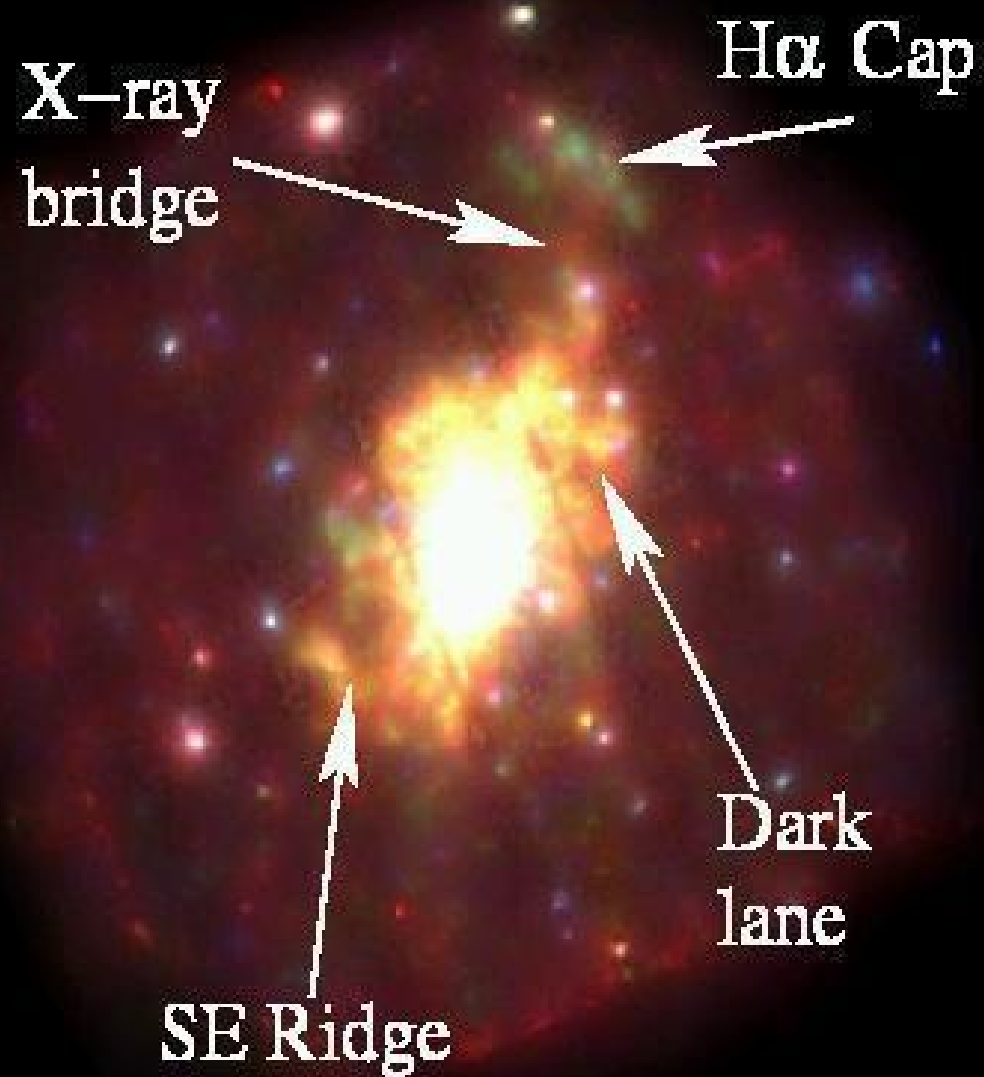
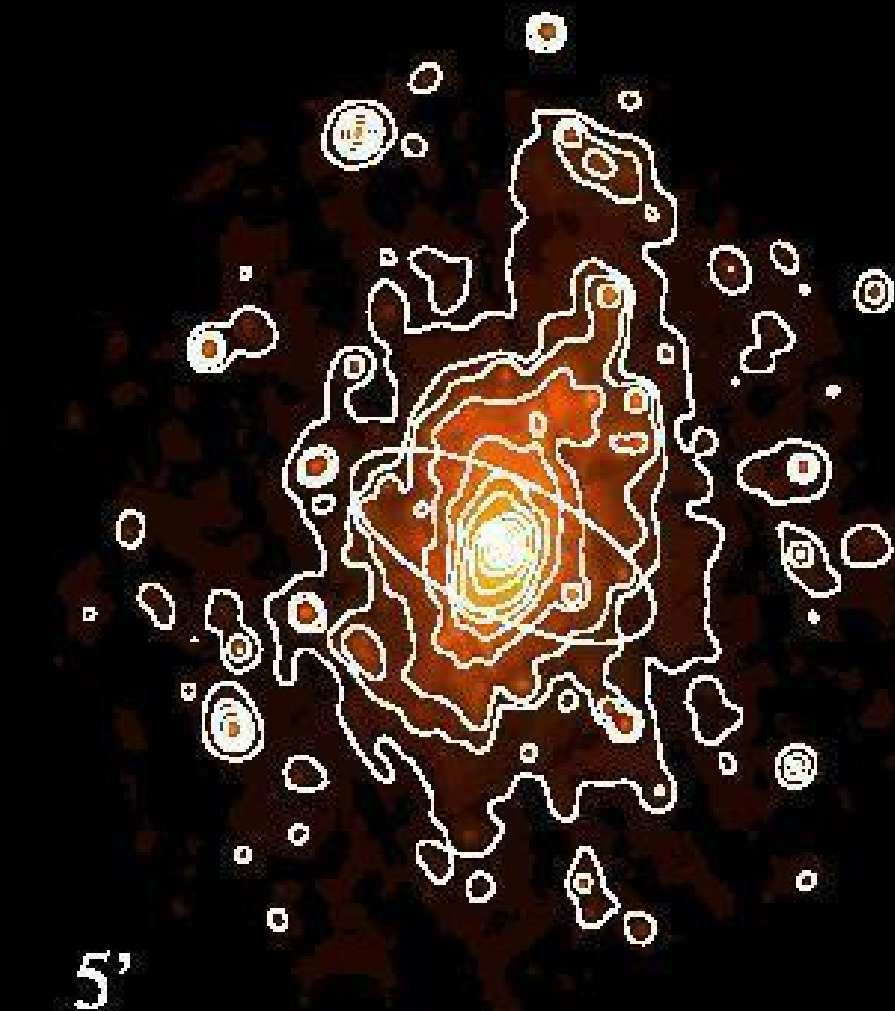
erős csillagképződés a bulge-ban

nagy tömegű ISM -- a csillagképződés üzemanyaga



NGC 4736





Prototypical Starburst galaxy M82 as observed by XMM-Newton



cD-galaxisok

óriás elliptikus galaxisok
halmazok közepén

50 %-ának többszörös
magja van

rengeteg gömbhalmaz:
befogás eredménye lehet

több galaxis összeolvadásából jöhettek létre
(galaktikus kannibalizmus)



© Anglo-Australian Observatory