



Plavba mezi hvězdnými ostrovy

Soňa Ehlerová

Astronomický ústav AV ČR

Oddělení galaxií a planetárních systémů

Osnova přednášky

Historický úvod aneb Jak to bylo s hvězdnými ostrovy.

Okna do vesmíru aneb Nový pohled na vesmír.

Interakce galaxií aneb Jak to tedy s hvězdnými ostrovy je.

Tvorba hvězd aneb Komplikovaný vnitřní život galaxií.

Astronomické přístroje aneb Jak to všechno víme.

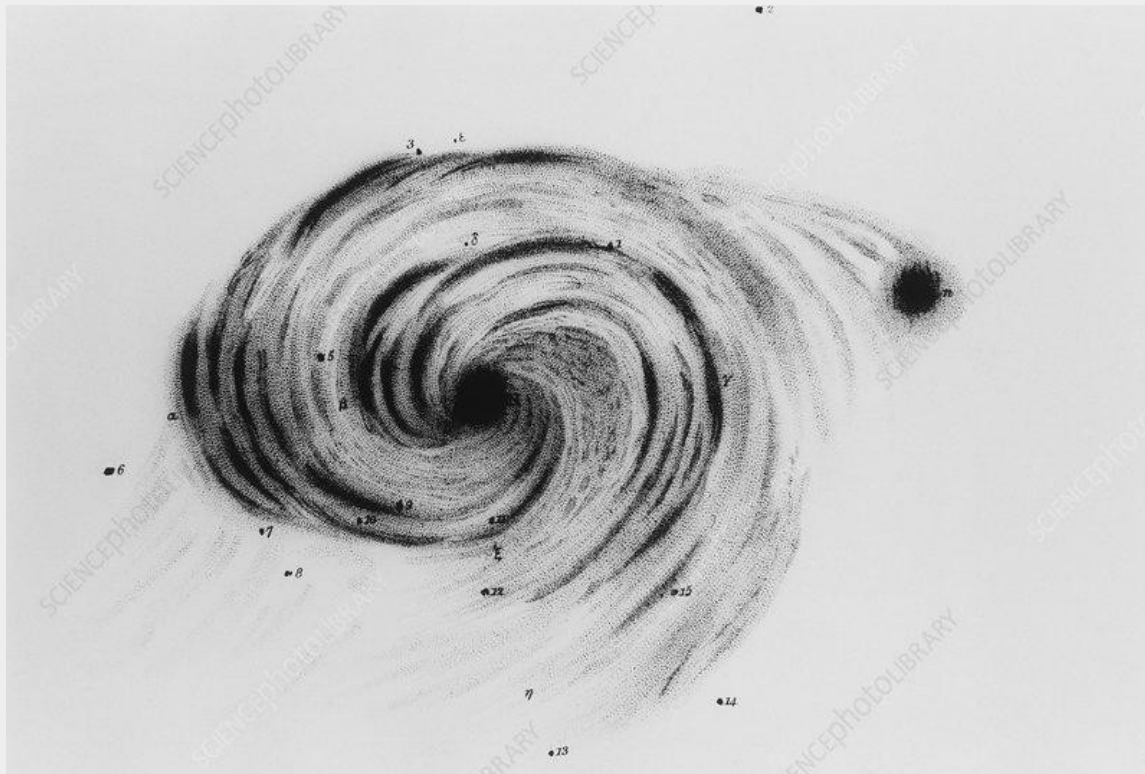
Počátek říše galaxií

Očima lze pozorovat „velkou mlhovinu v Andromedě“,
Magellanova oblaka (na jižní polokouli).

Dalekohledem je to mnohem lepší.
Od 18. století známo hodně „mlhovin“.

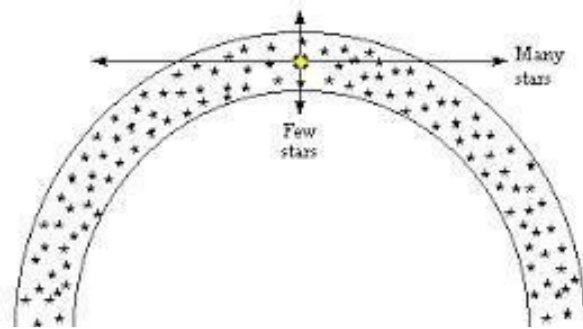


Katalogy mlhovin
(Messierův *Katalog mlhovin a hvězdokup*)

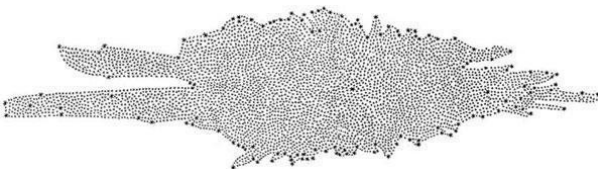


Počátek říše galaxií

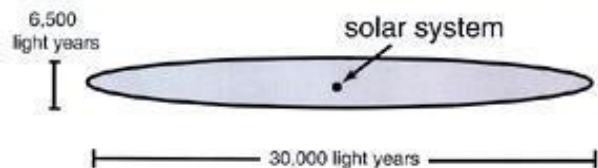
Wright's Milky Way (1750)



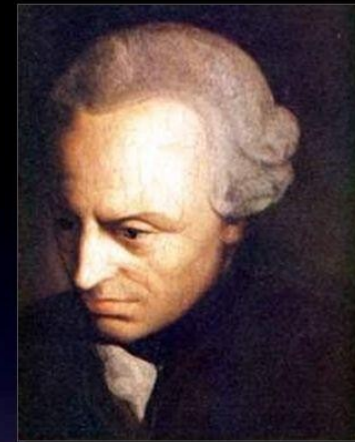
W. Herschel (1785)



Kapteyn Universe (circa 1899)



"Island Universes"



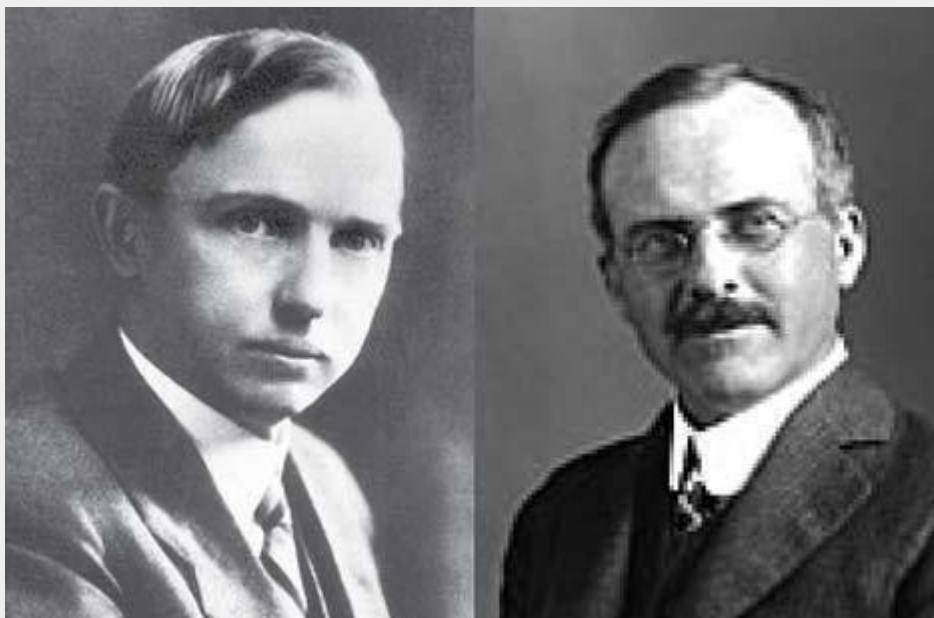
Immanuel Kant 1724 - 1804

"I easily persuaded myself that these stars can be nothing else than a mass of many fixed stars... On account of their feeble light, they are removed to an inconceivable distance from us."
(1755)



Velká debata o podstatě spirálních mlhovin (1920)

H. Shapley



H. Curtis

Mléčná dráha

- je dost velká

Slunce daleko od centra

- je spíše malá

Slunce poblíž centra

Spirální mlhoviny

- jsou menší než Mléčná dráha

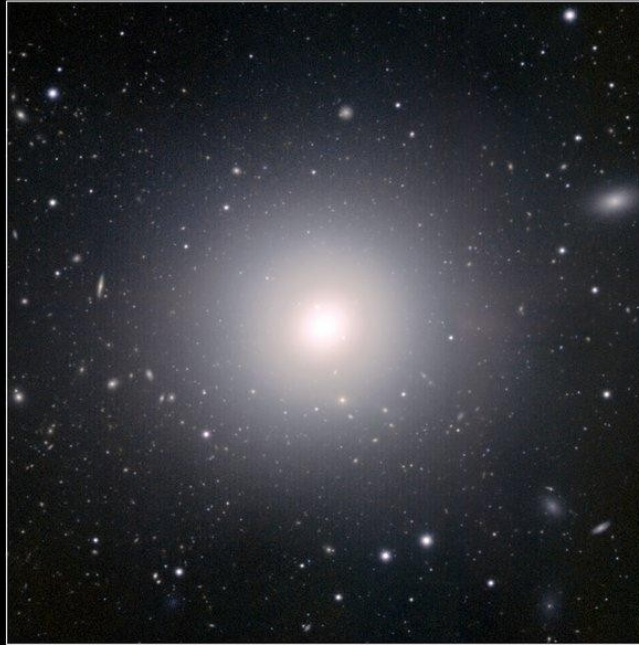
leží na jejím okraji

- jsou obdobné Mléčné dráze

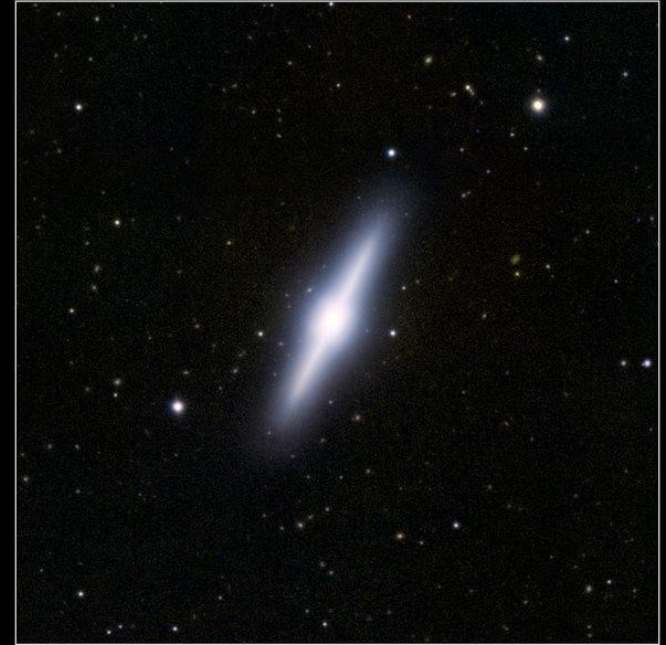
leží daleko

Klasifikace galaxií

NGC 1399



NGC 1381



NGC 1386

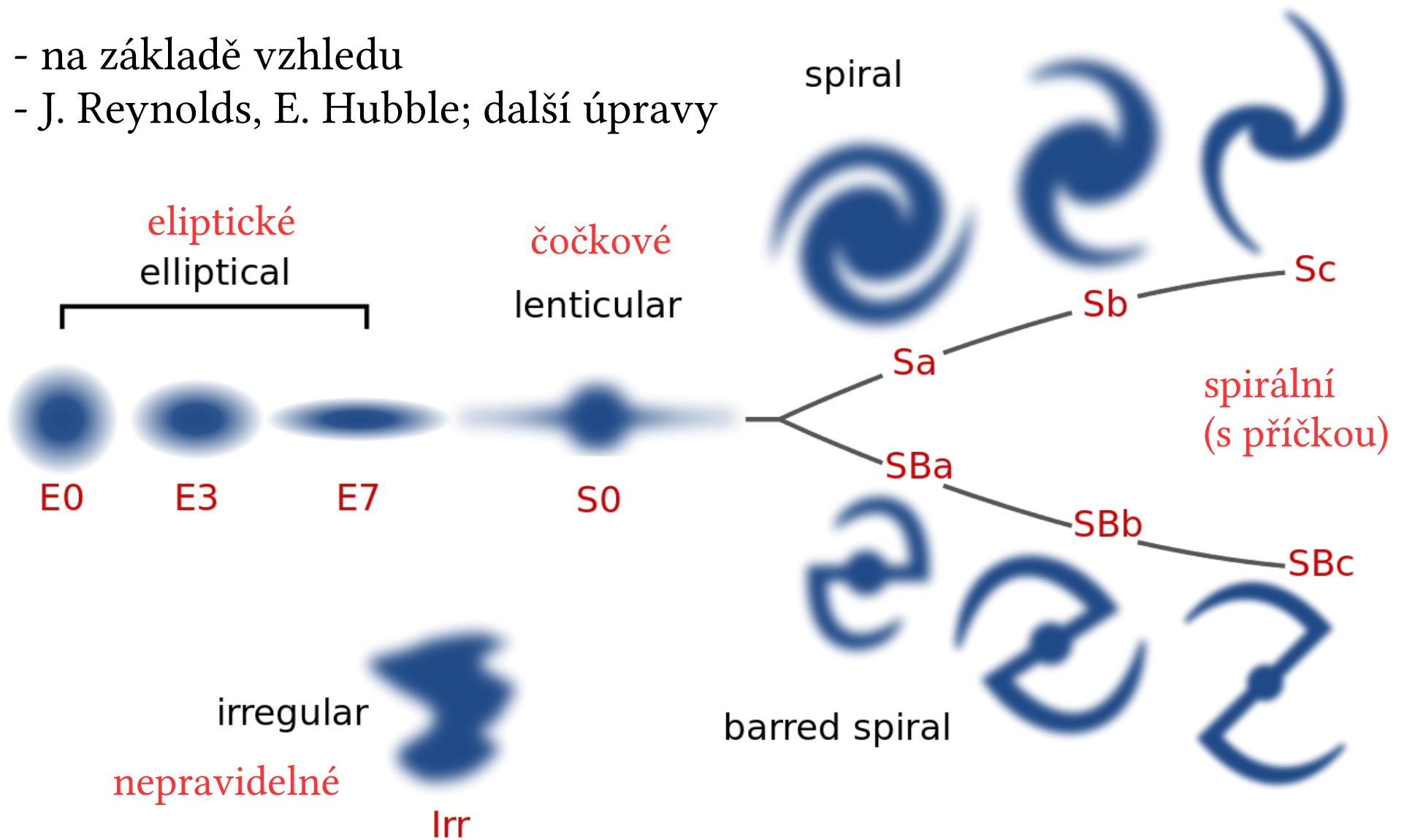


NGC 1365



Klasifikace galaxií

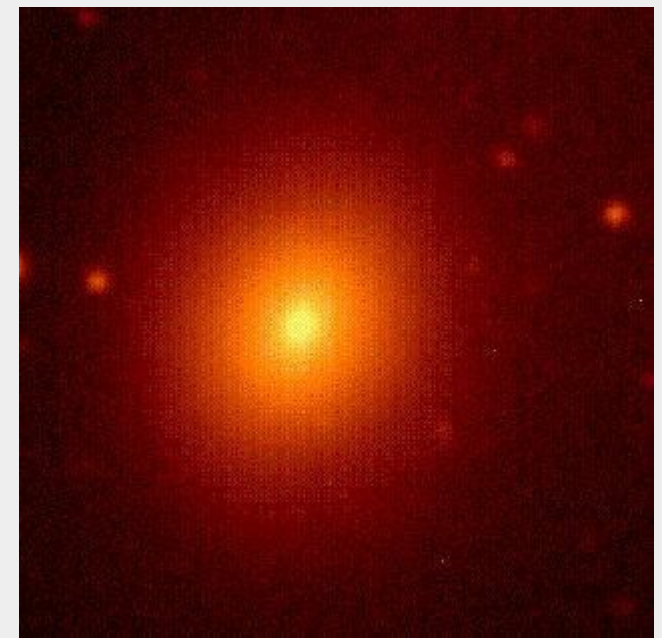
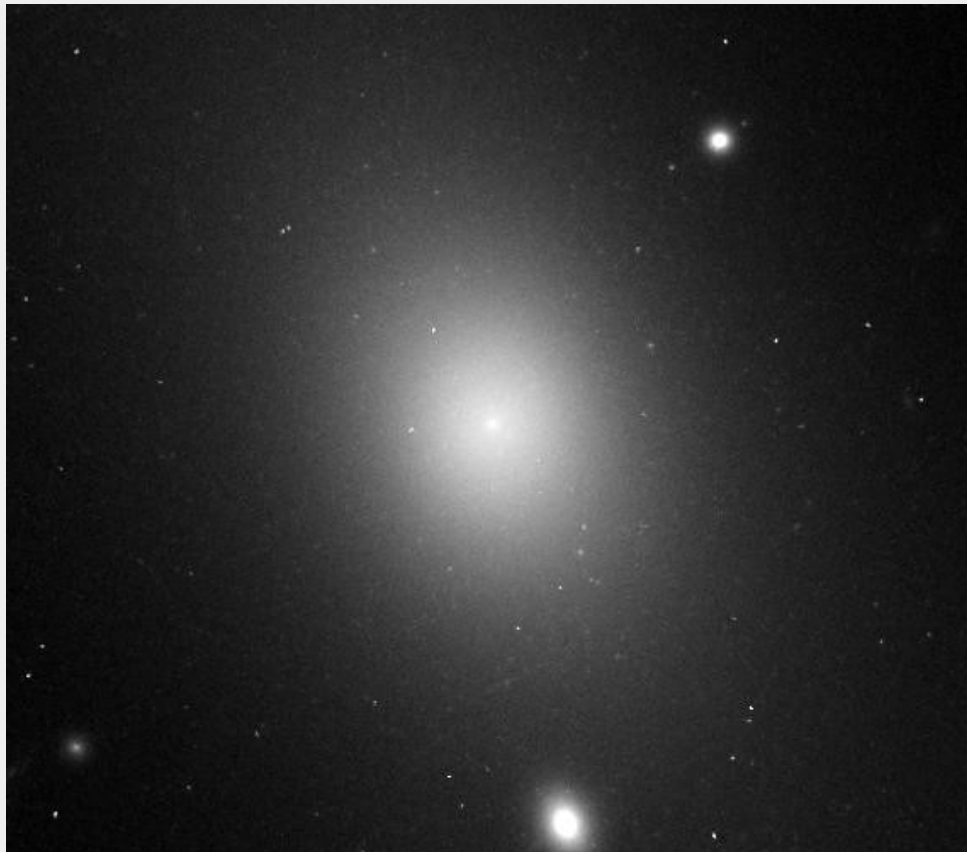
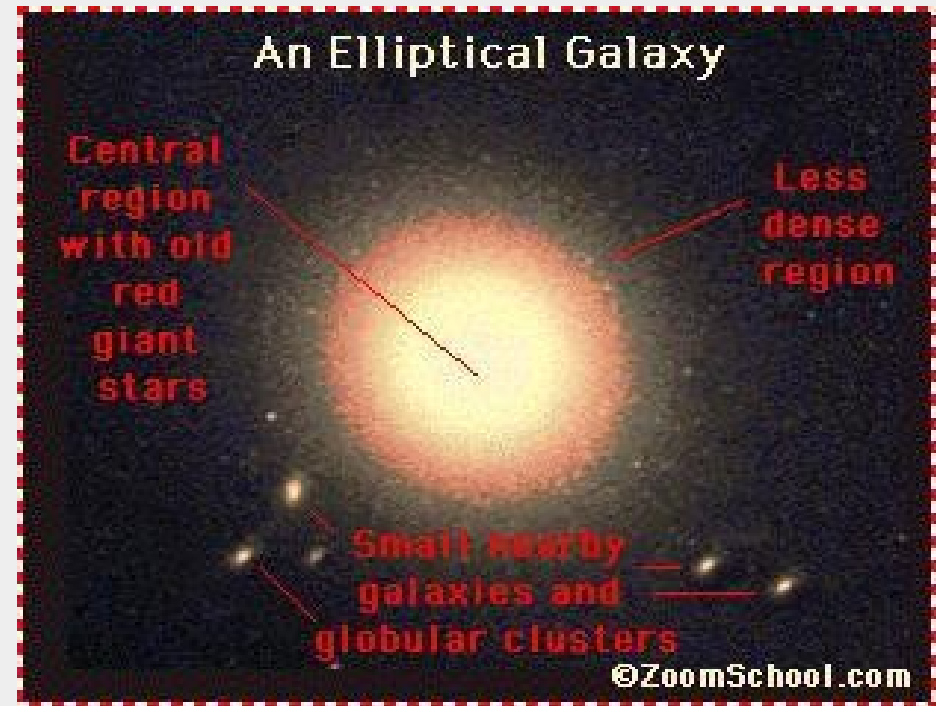
- na základě vzhledu
- J. Reynolds, E. Hubble; další úpravy



Klasifikace galaxií

Eliptické galaxie

obří a trpasličí



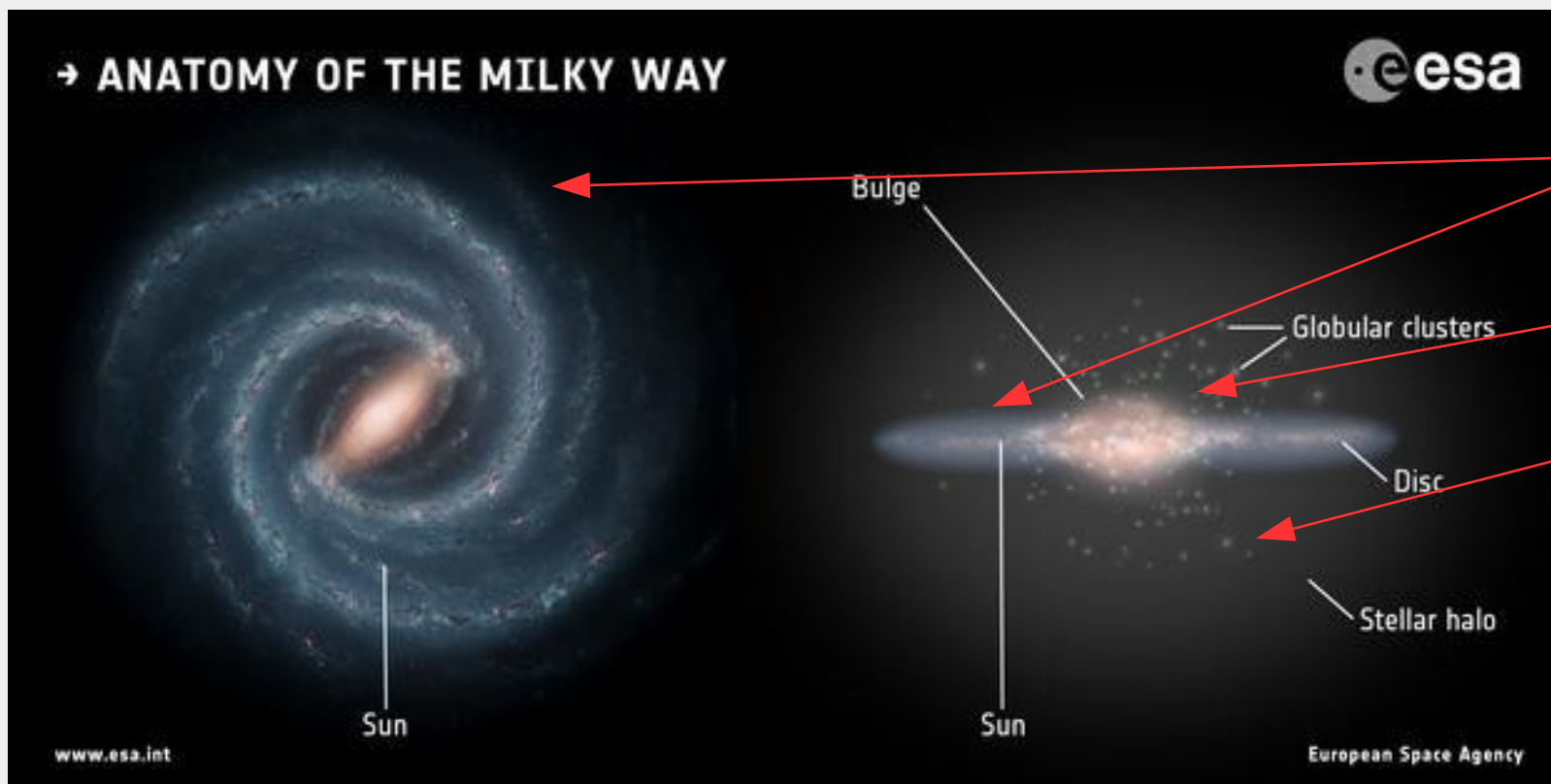
Klasifikace galaxií

Spirální galaxie: komplikovanější struktura

tenký disk (spirální ramena; hvězdy mladé i starší)

výduť (centrální oblast, vysoká hustota starších hvězd)

halo (více méně sférické rozložení, staré hvězdy, kulové hvězdokupy)



disk

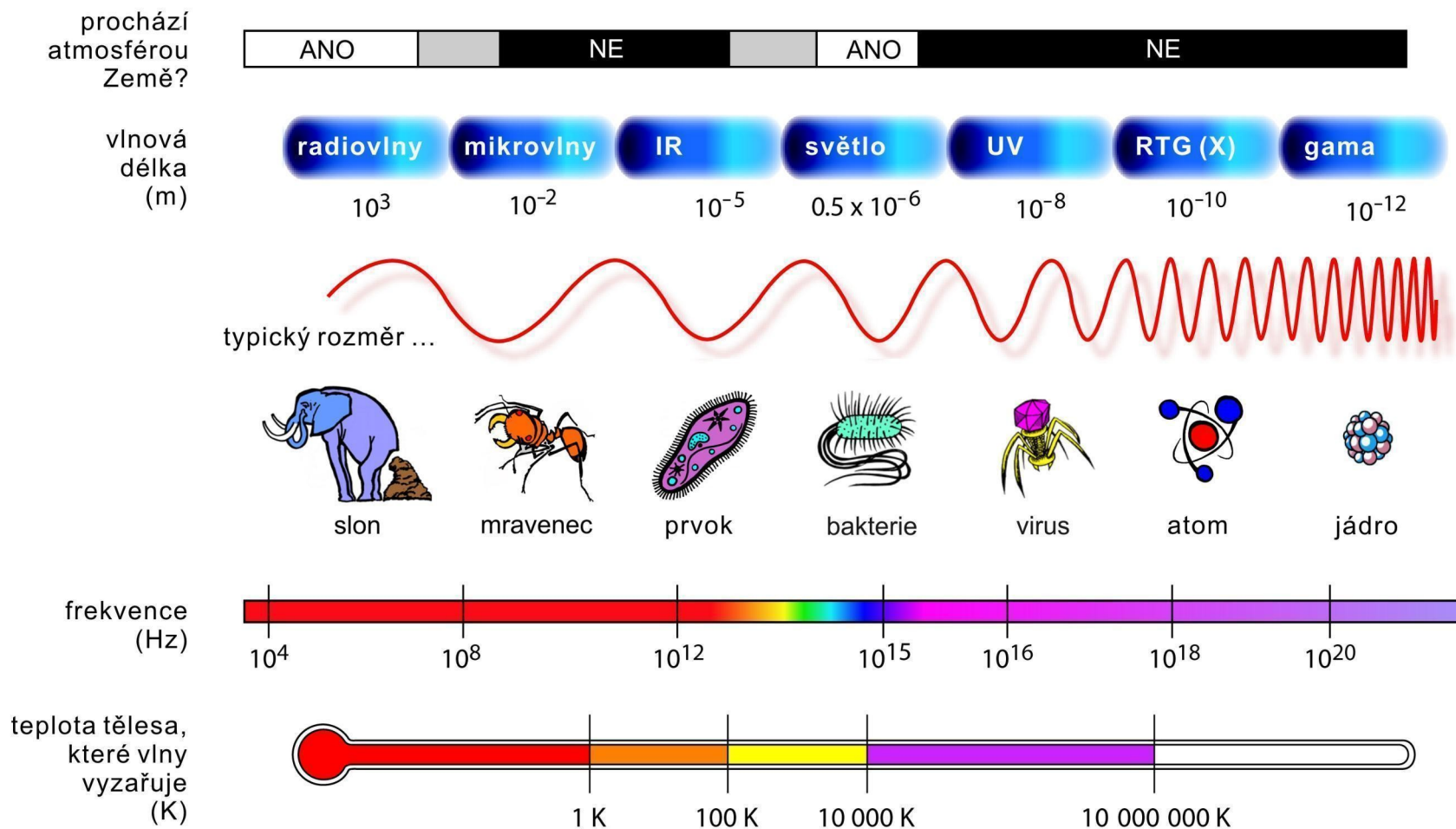
výduť

halo (hvězdné)

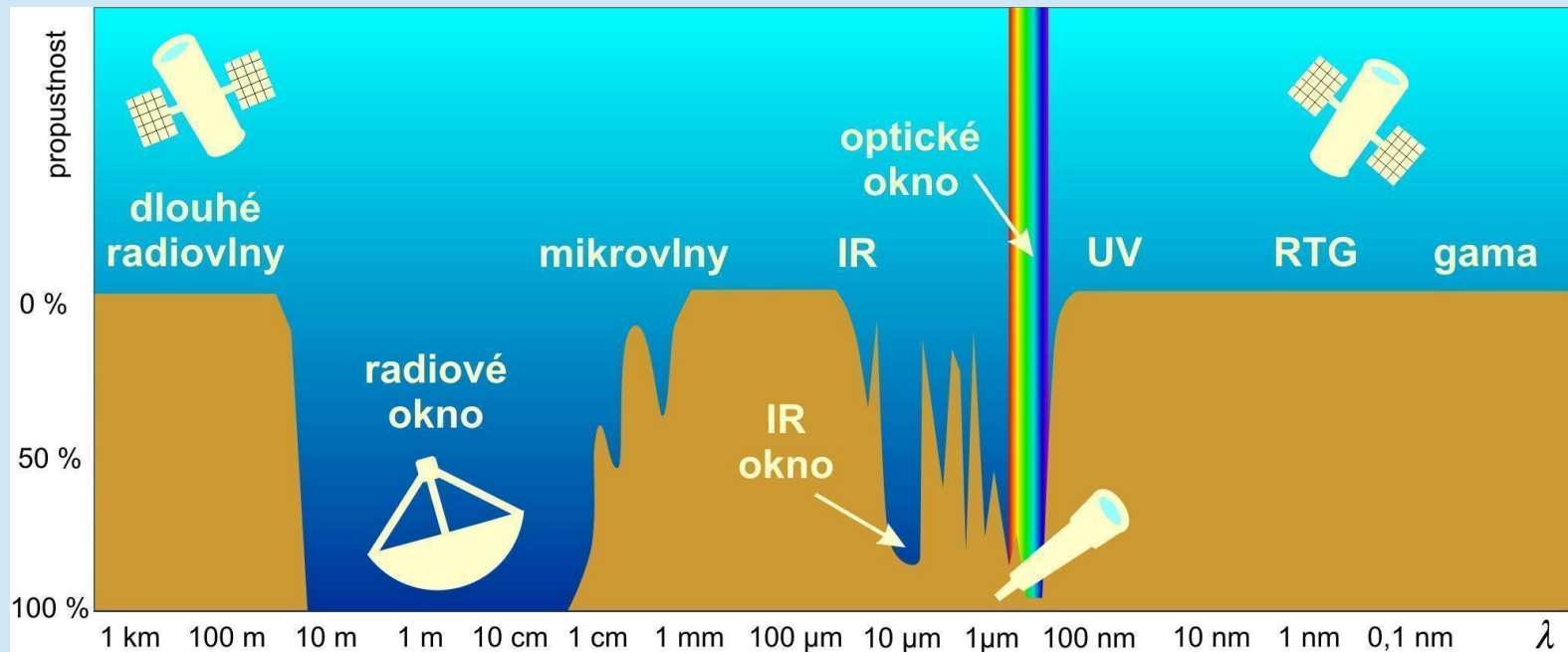


Nová okna do vesmíru: radioastronomie

ELEKTROMAGNETICKÉ SPEKTRUM



Nová okna do vesmíru: radioastronomie



Optická oblast světla

Infračervené záření 1800 W. Herschel

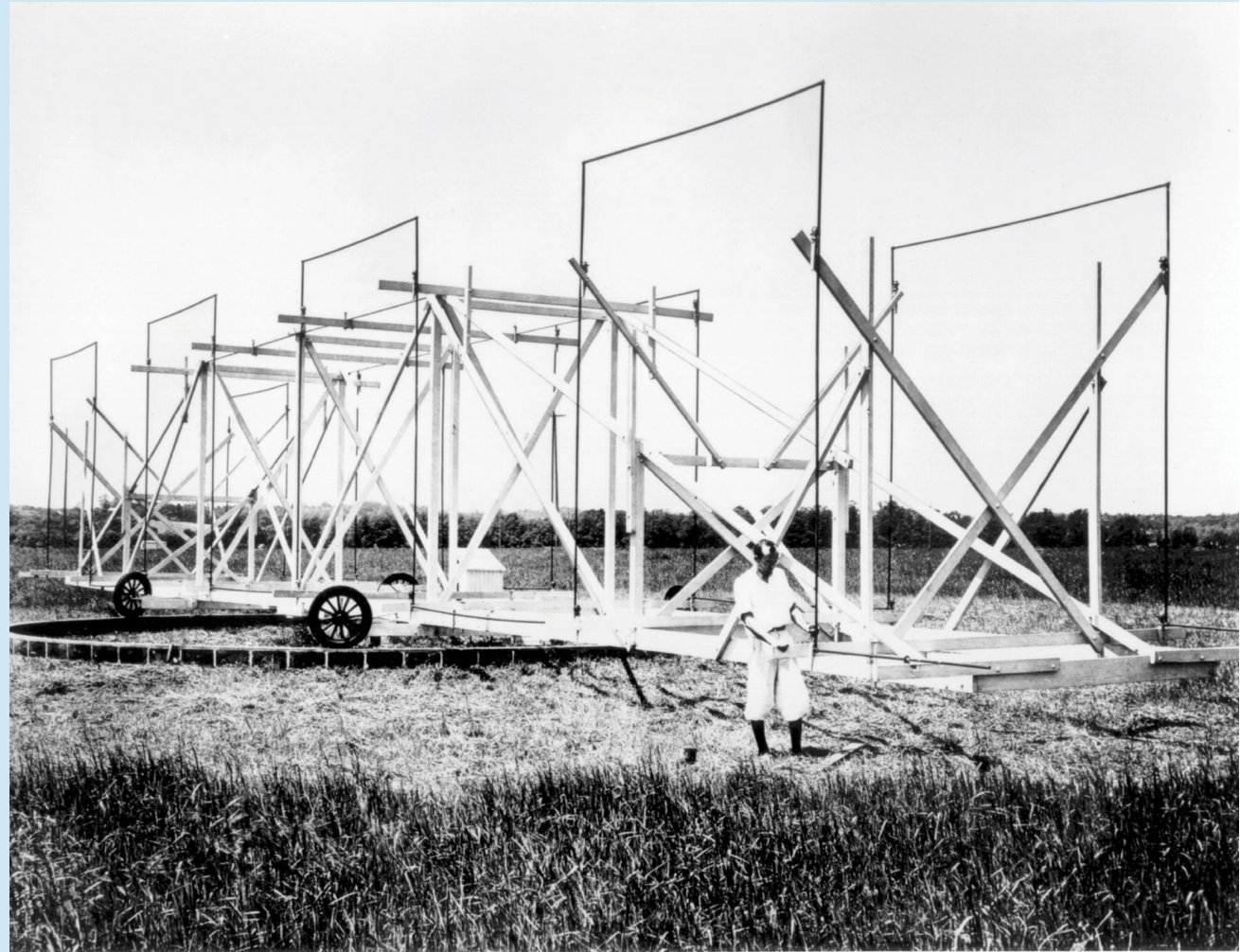
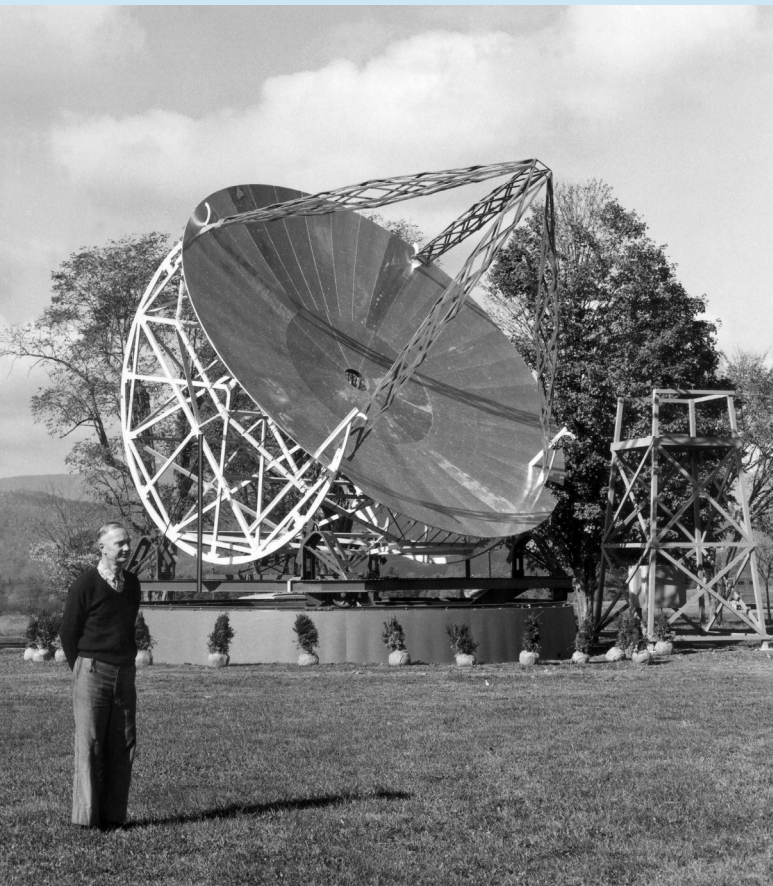
Ultrafialové záření 1801 J.W. Ritter

Radiové vlny 1867 J.C. Maxwell, 1887 H. Hertz

Rentgenové paprsky 1895 W. Roentgen

Gama záření 1900 P. Villard

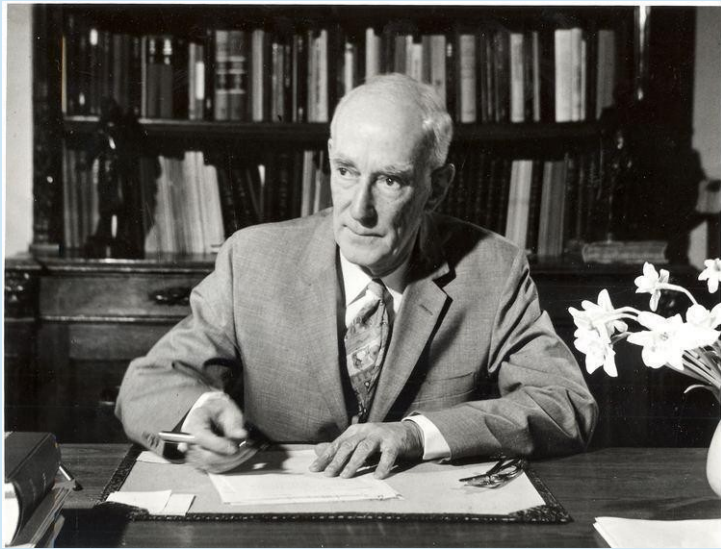
Nová okna do vesmíru: radioastronomie



G. Roeber

K. G. Jansky

Nová okna do vesmíru: radioastronomie



J. H. Oort

H. van de Hulst

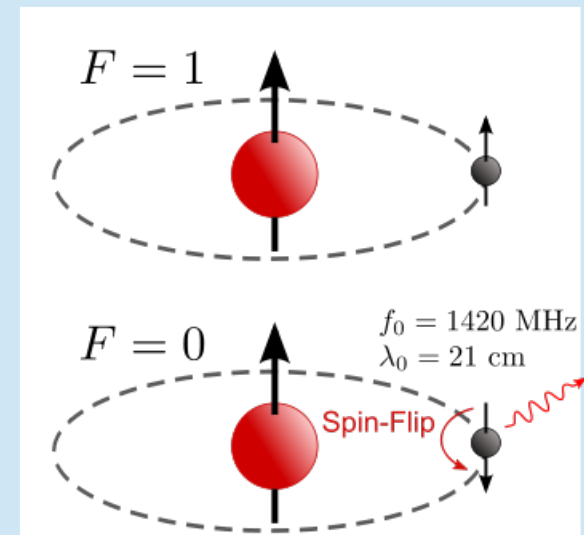
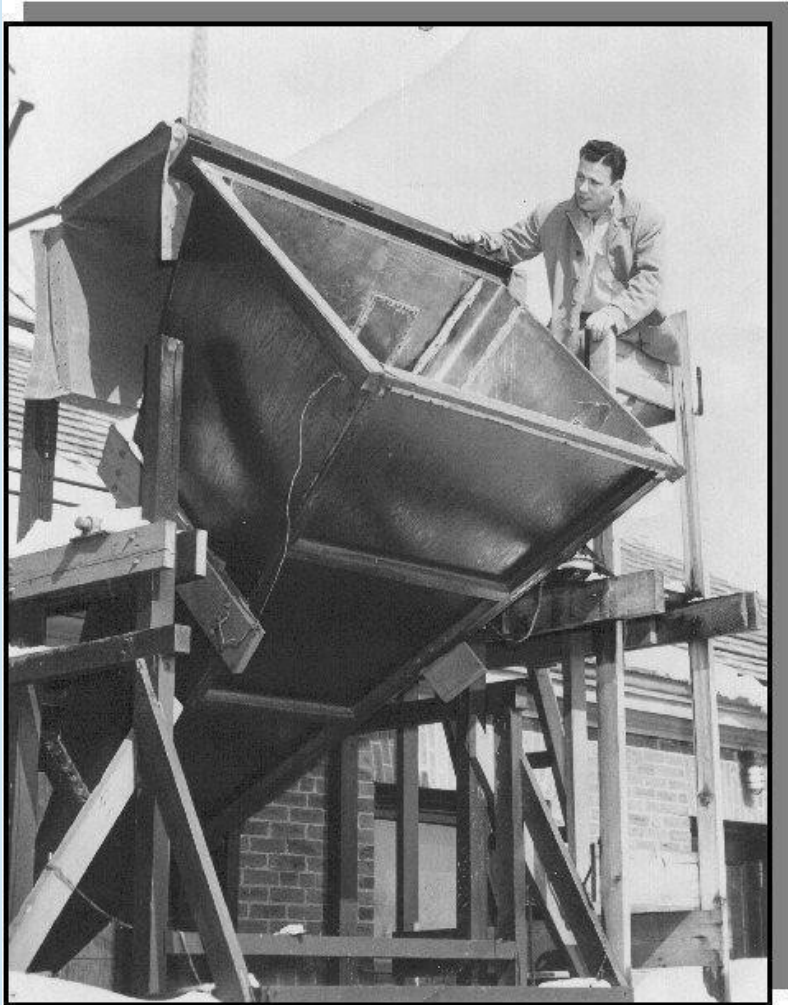
Radiová pozorování:

- možnost pozorovat plyn v galaxiích
- předpověď čáry neutrálního vodíku (vlnová délka 21 cm)

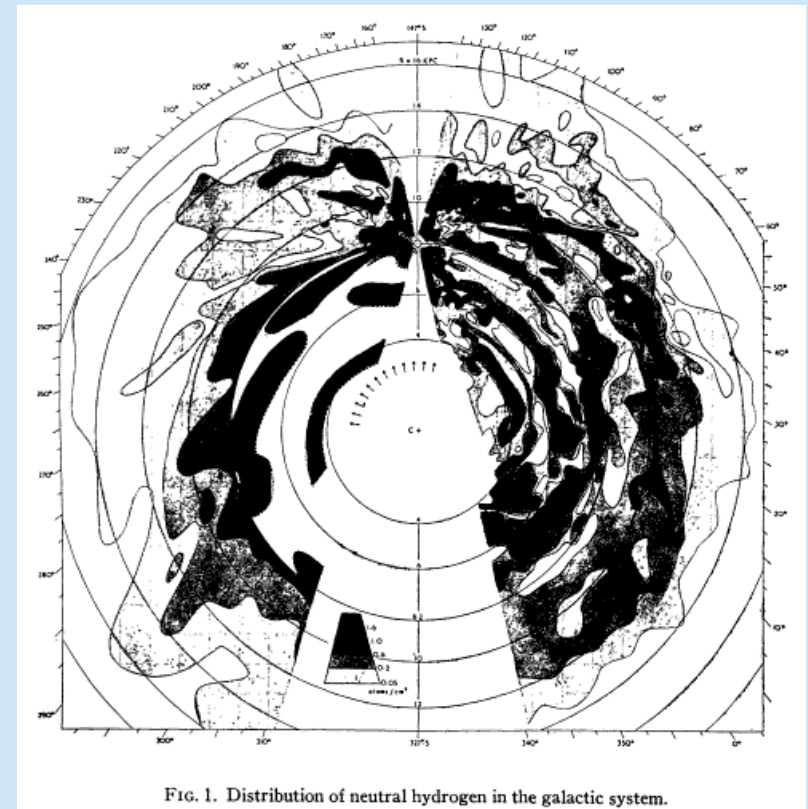


Plate 1.6 Van de Hulst reading his paper on the 21 cm hydrogen line. (This photograph taken in 1955 is a reconstruction of the 1944 meeting).
(By courtesy of H. C. van de Hulst, Leiden)

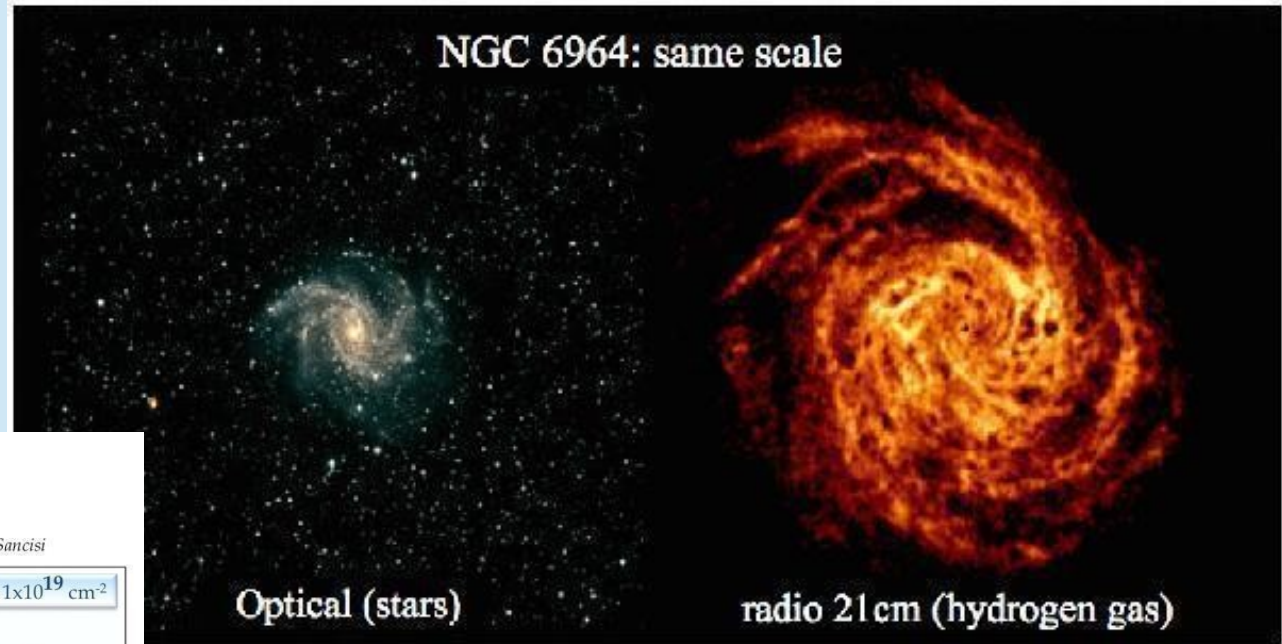
Nová okna do vesmíru: radioastronomie



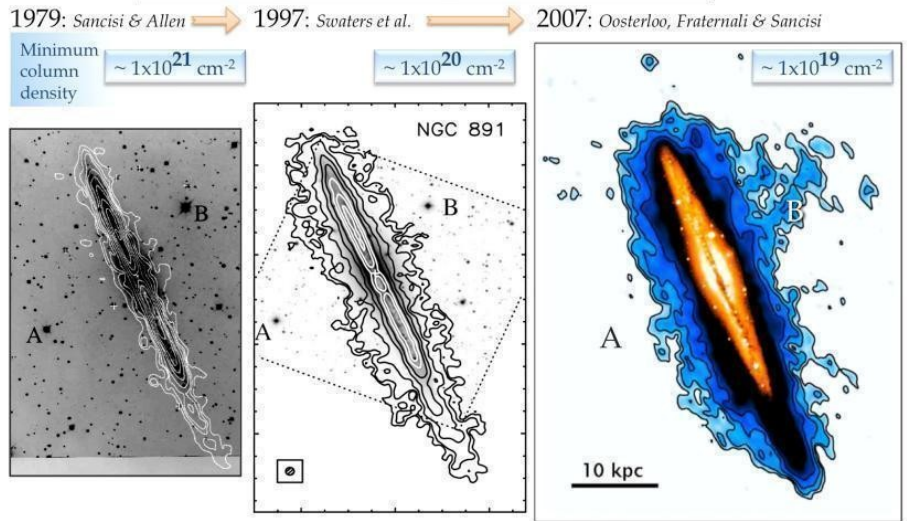
Neutrální vodík HI (vlnová délka 21 cm): 1951



Neutrální vodík v galaxiích

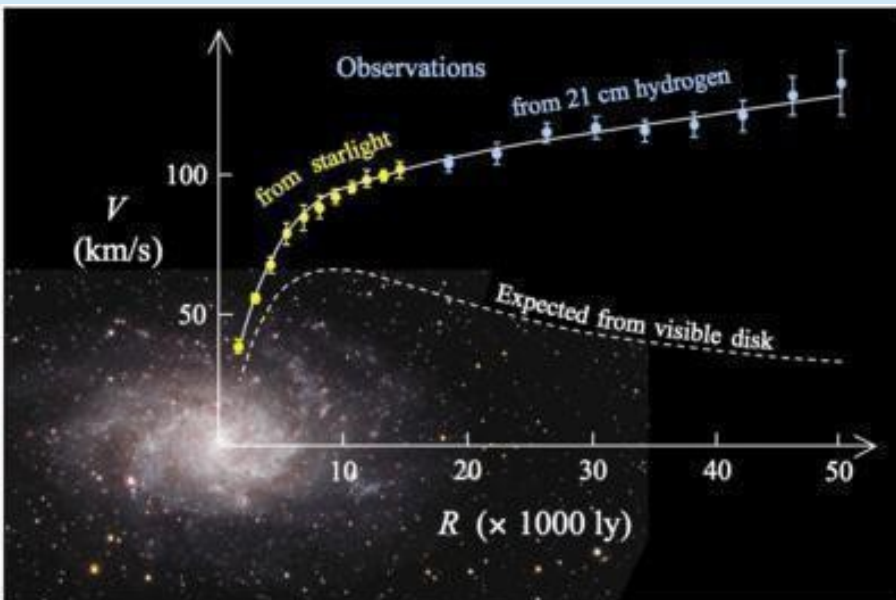


Neutral gas around galaxies: NGC891



- tenký disk
- plynný disk je rozlehlejší než hvězdy

Neutrální vodík v galaxiích



Rotační křivka

= rychlost oběhu (kolem „centra“)
jako funkce vzdálenosti od centra

Sluneční soustava

- rychlost oběhu klesá se vzdáleností
- očekávaná závislost pro objekty daleko od centrální oblasti

Gramofonová deska

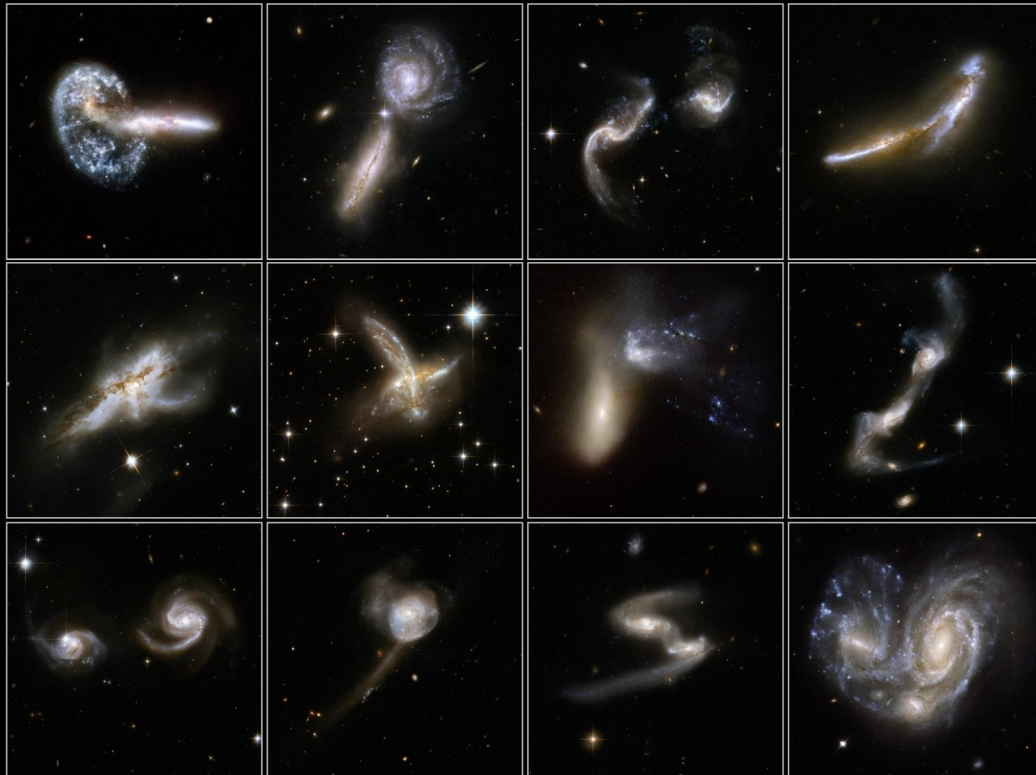
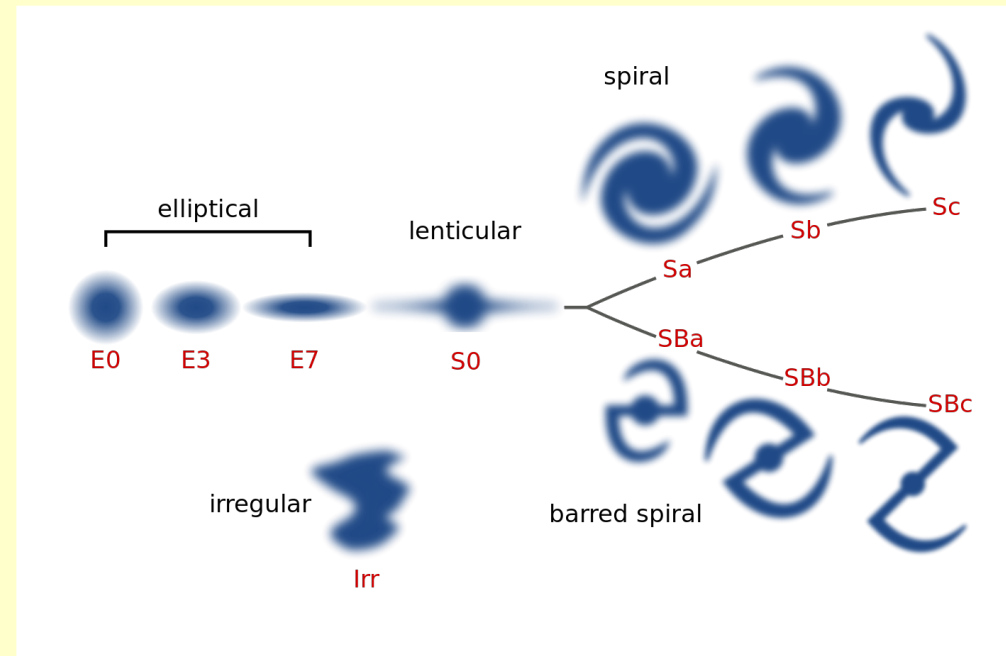
- rychlost oběhu roste se vzdáleností

Galaxie: ploché rotační křivky (typicky)

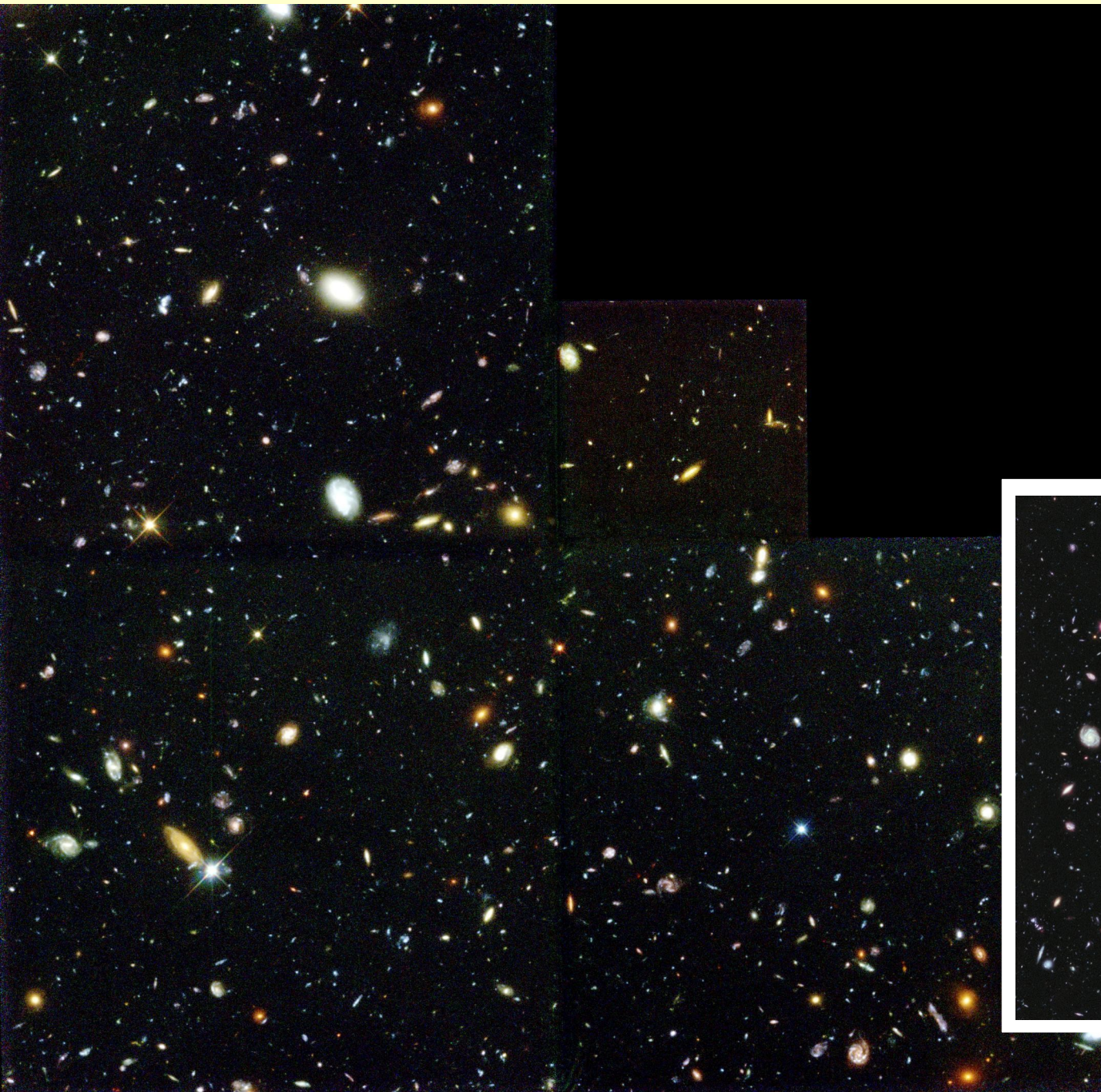
– chybějící (neviditelná) hmota – **temná hmota v galaxiích**

Interakce galaxií

Nepřavidelné galaxie
Skupiny galaxií, podivné tvary.



Interakce galaxií



Hubbleovo hluboké pole
(Hubble Deep Field)

Hodně nepravidelných
galaxií a hodně interakcí
v mladém vesmíru.



Interakce galaxií

M82

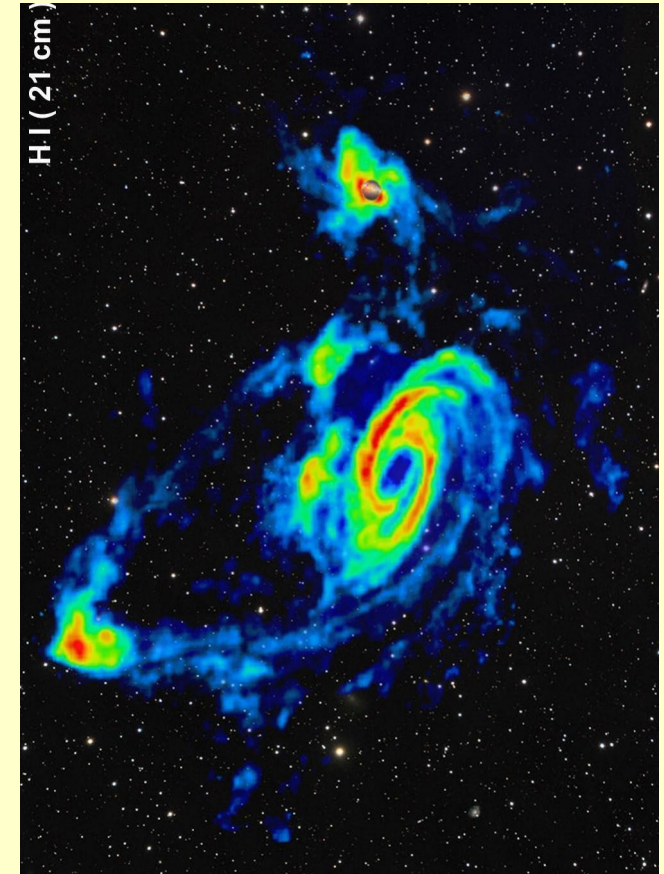


M81

NGC 3077

+ další trpasličí galaxie

Interakce galaxií

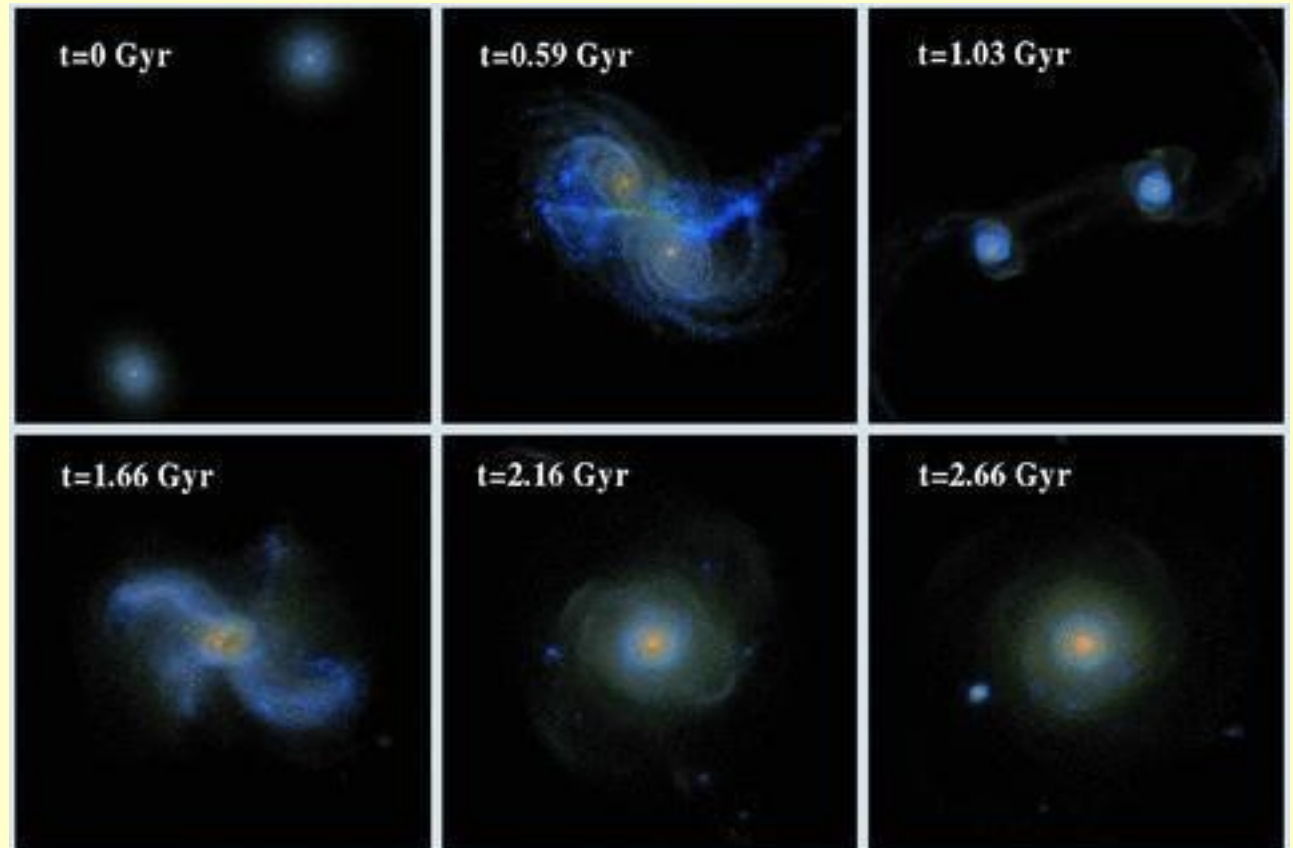


Interakce mezi galaxiemi mohou být i nedestruktivní.
Silný vliv interakcí na plyn (v galaxiích).
Interakce důležitou součástí života galaxií.

Interakce galaxií

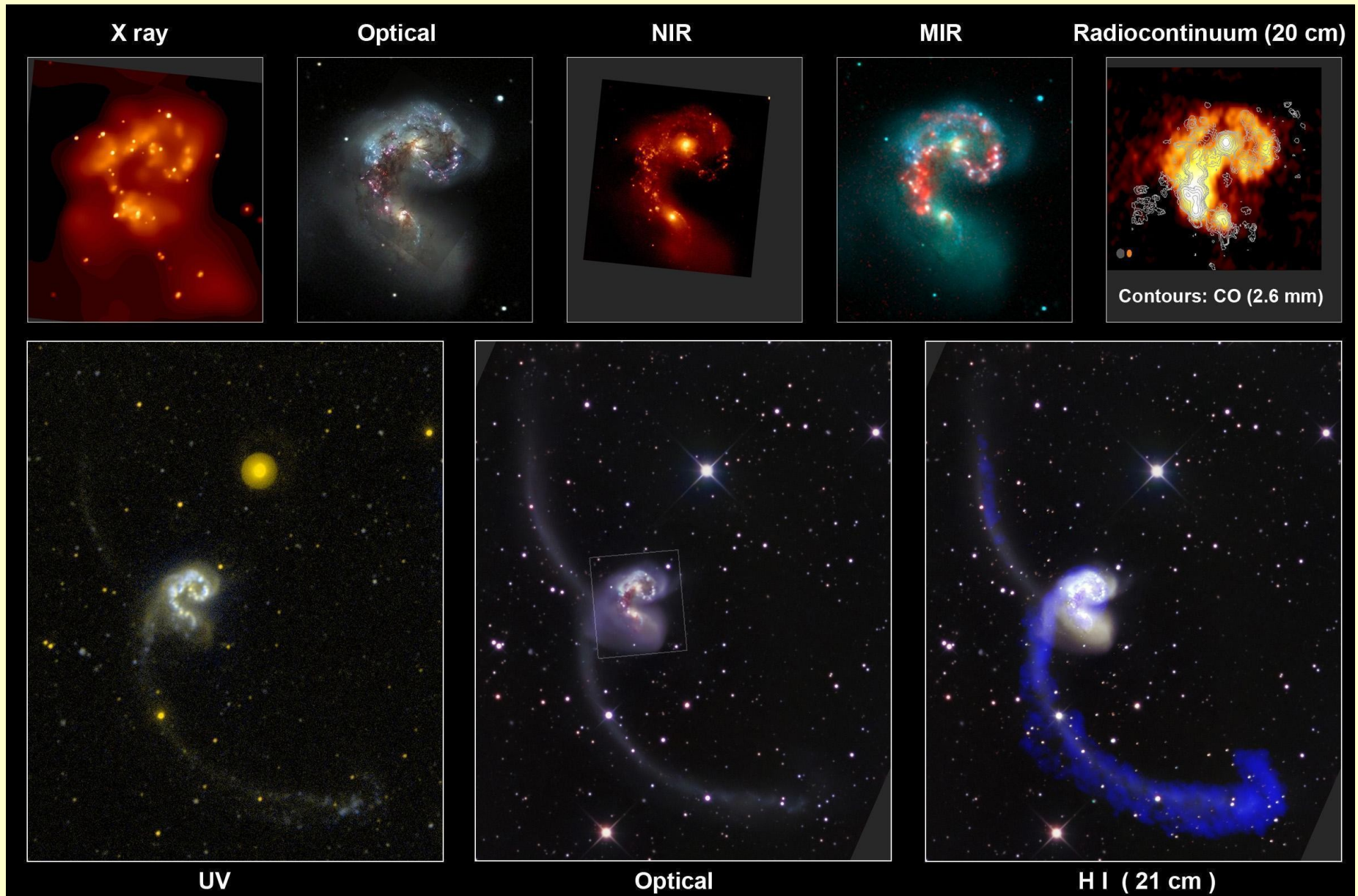
Počítačové simulace

Splývání spirálních galaxií
vede ke vzniku obřích
eliptických galaxií



Interakce galaxií

Galaxie Tykadla (NGC 4038/4039)



Interakce galaxií

Kupy galaxií: stovky až tisíce galaxií
vzájemně gravitačně spojené
mezigalaktické prostředí – horký plyn

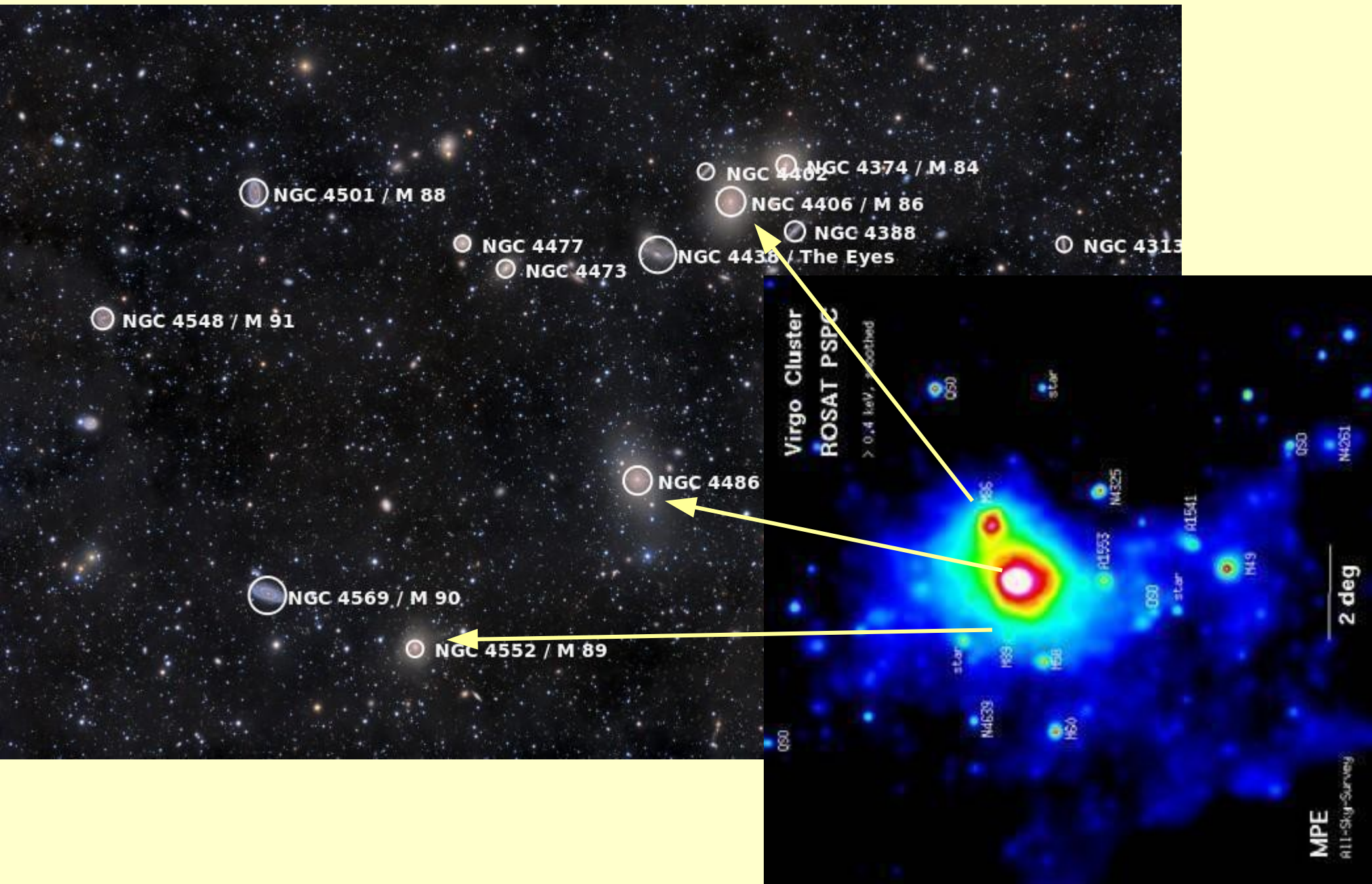
Nejbližší:

kupa galaxií v souhvězdí Panny (Virgo cluster)
asi 54 milionů sv. let daleko



Interakce galaxií

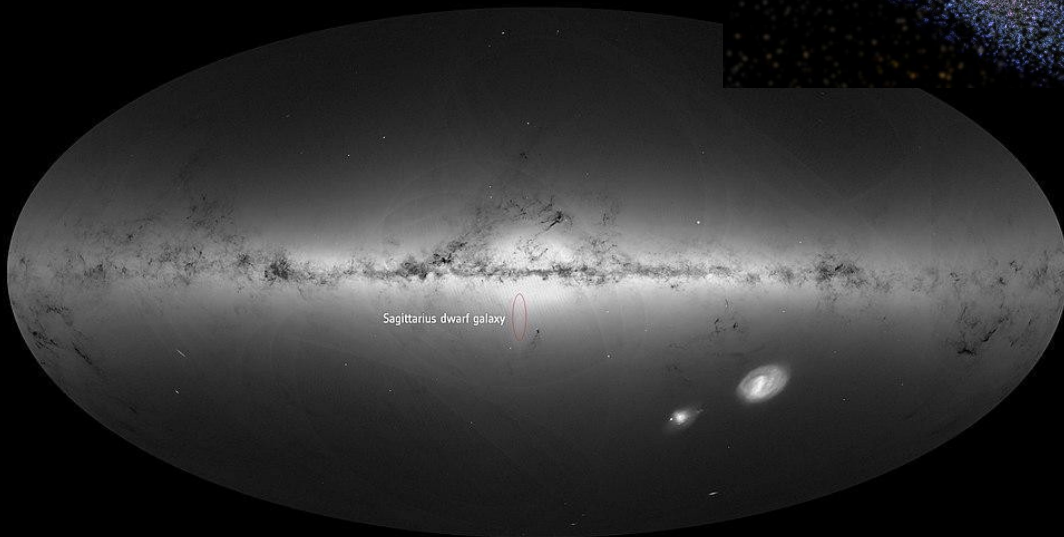
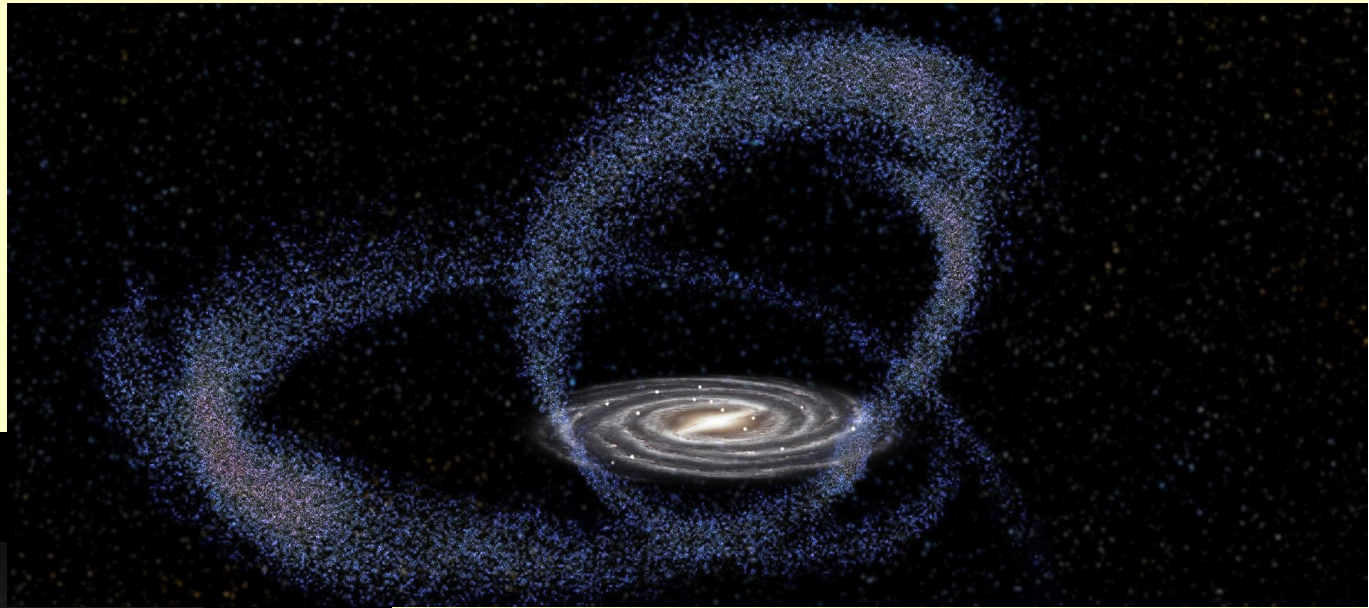
optický a rentgenový snímek



Interakce galaxií

Mléčná dráha jako klasická spirální galaxie

Sagittarius dwarf (trpasličí galaxie v souhvězdí Střelce)



Zákon silnějšího hmotnějšího

Interakce galaxií

Mléčná dráha jako klasická spirální galaxie
Magellanova oblaka

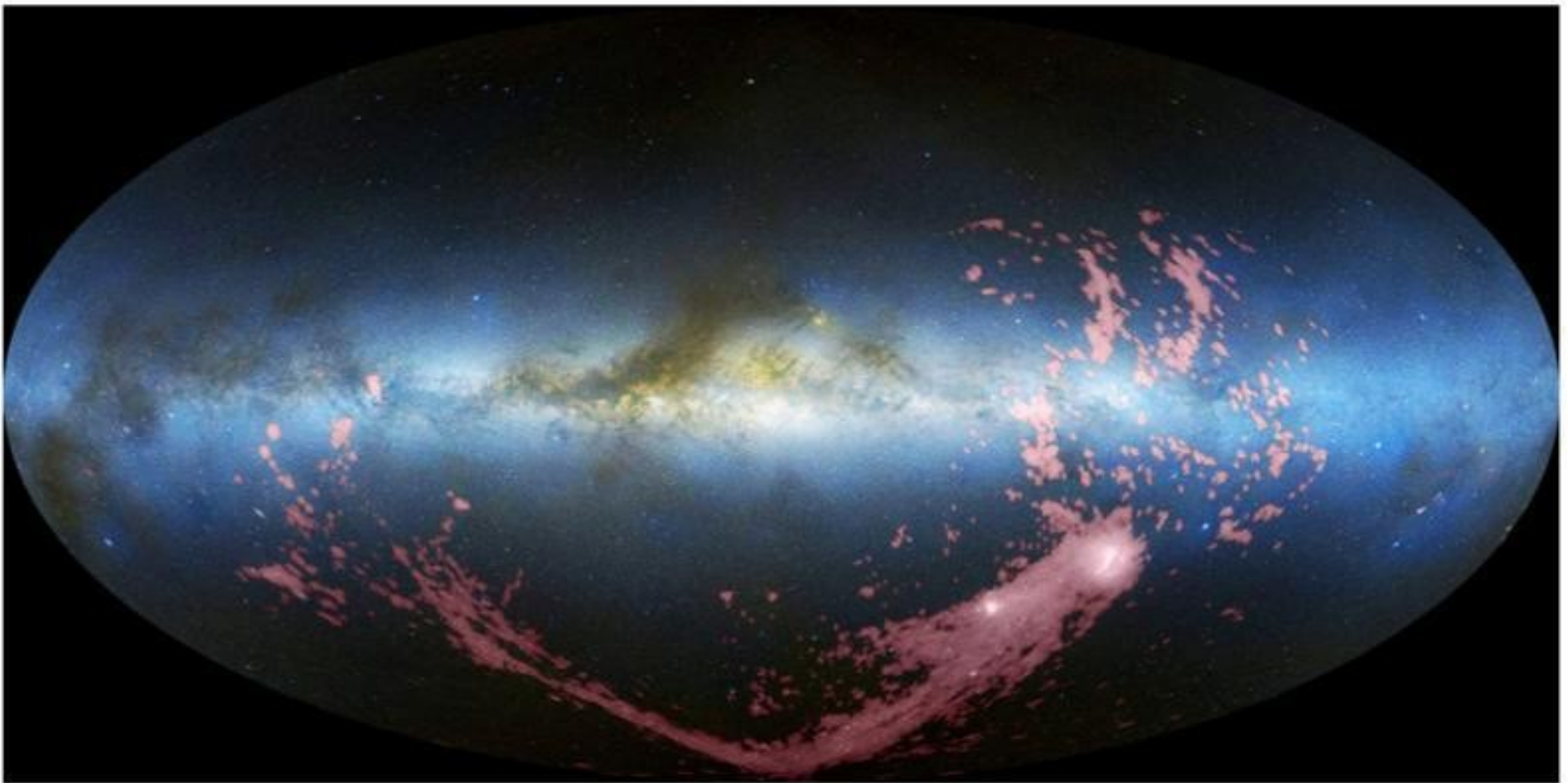
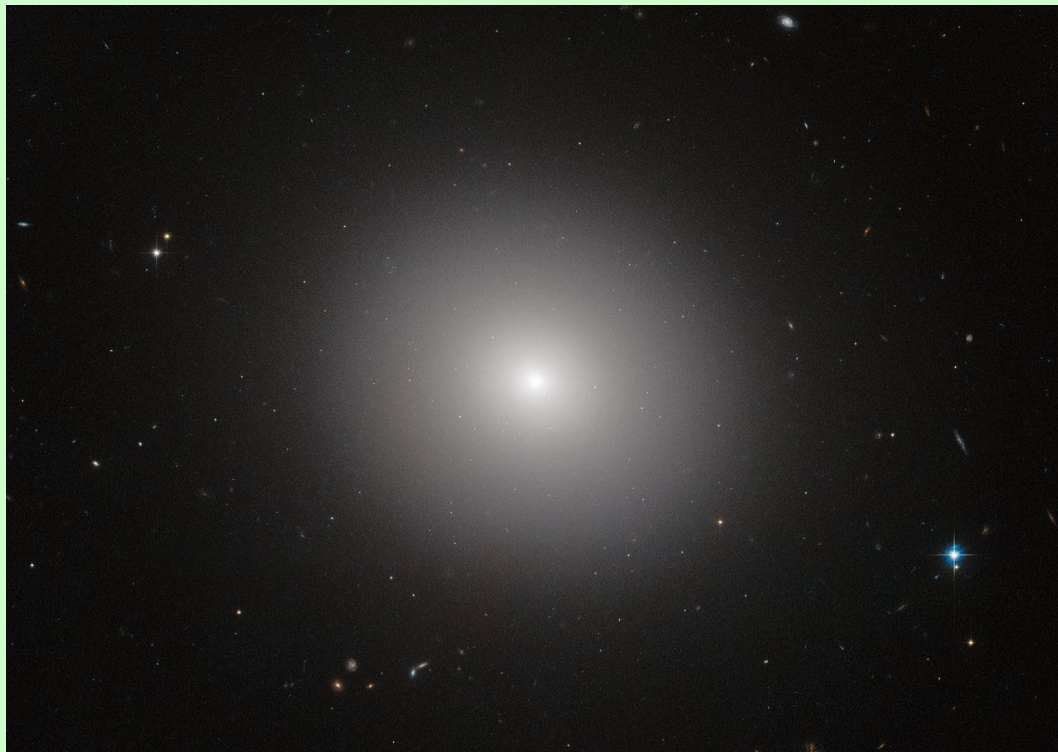


Figure 9. Magellanic Stream and Clouds in H I (red) with an optical all-sky image (blue, white, and brown; Mellinger 2009) in Aitoff projection with the direction to the Galactic center at the center.

Interní procesy v galaxiích

Galaxie je složitý systém, ve kterém probíhají různé vnitřní procesy.

- pohyb hvězd a dalších objektů (dynamický vývoj) ... gravitační síla
- tvorba hvězd



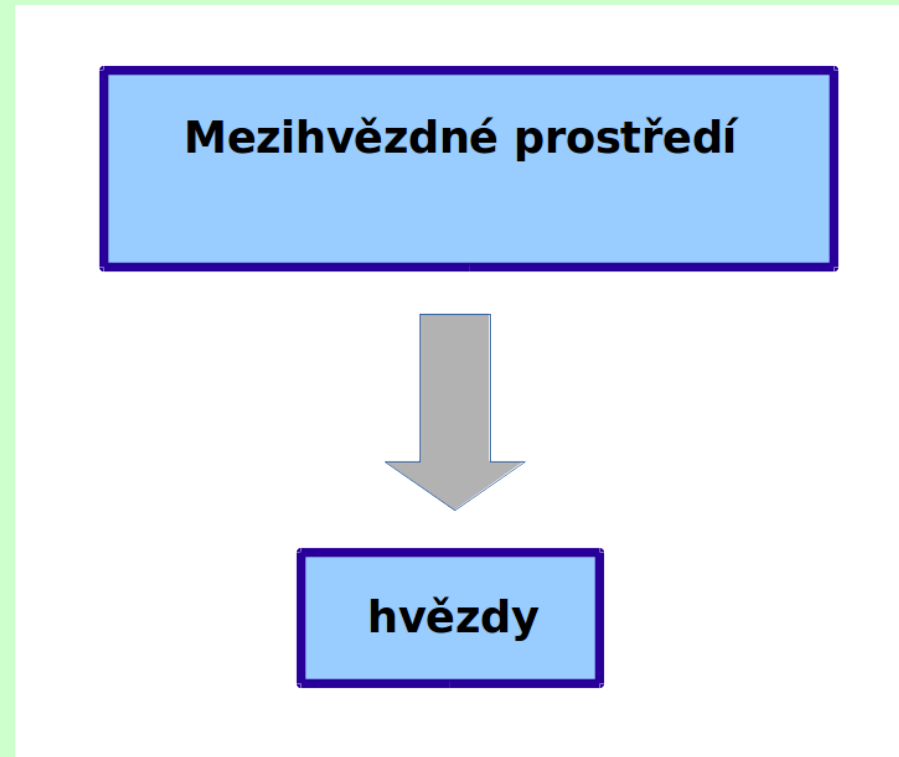
Tvorba hvězd v galaxiích

Hvězdy se musí z něčeho tvořit.

Mezihvězdné prostředí

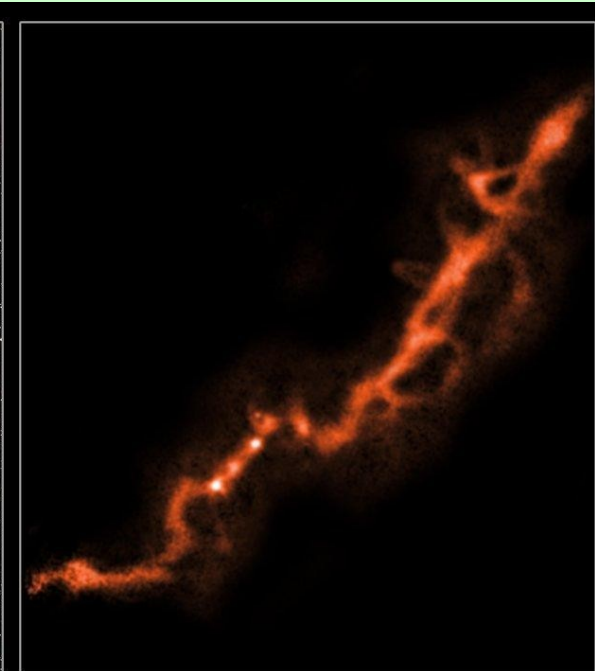
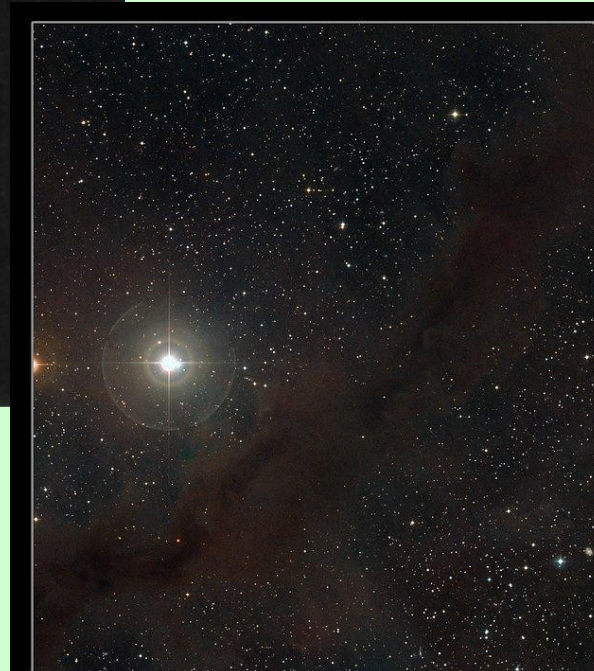
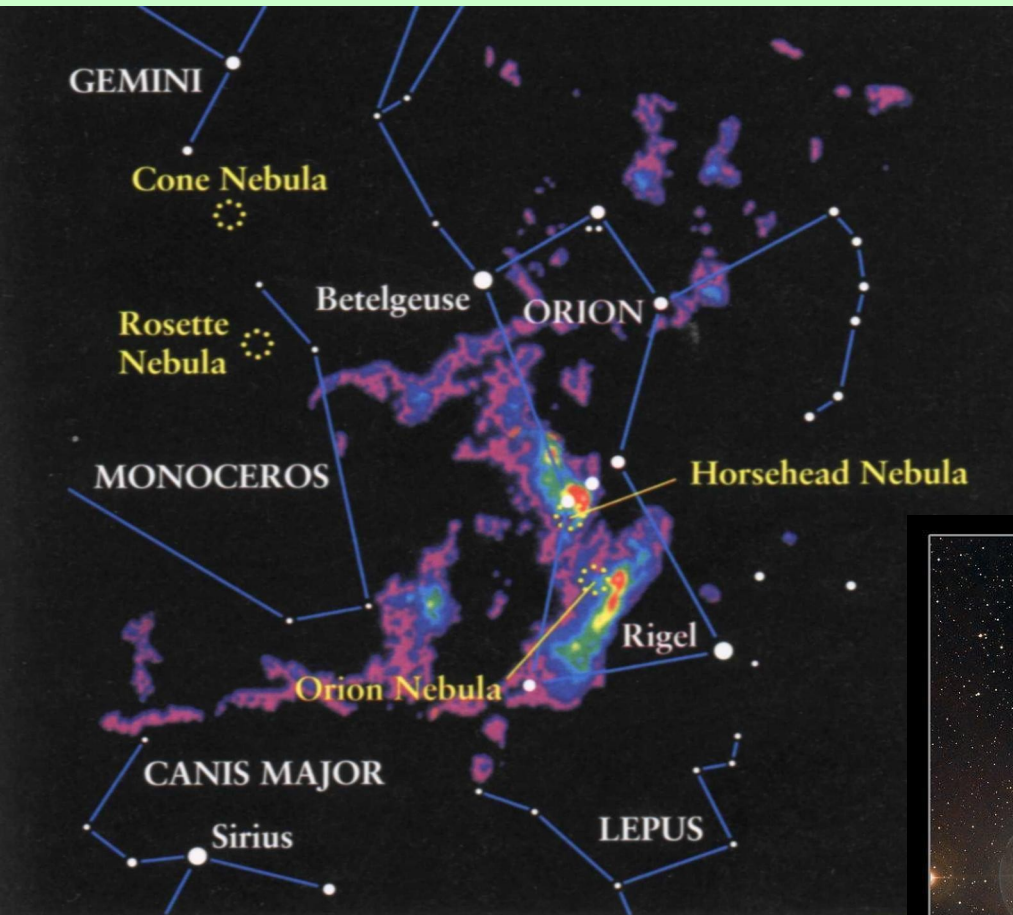
- **plyn**
různé hustoty a teploty
(chladný hustý ... horký řídký)
- **prach**

Hvězdy vznikají v nejchladnějších a nejhustších oblastech mezihvězdného prostředí, v molekulárních mračnecích.



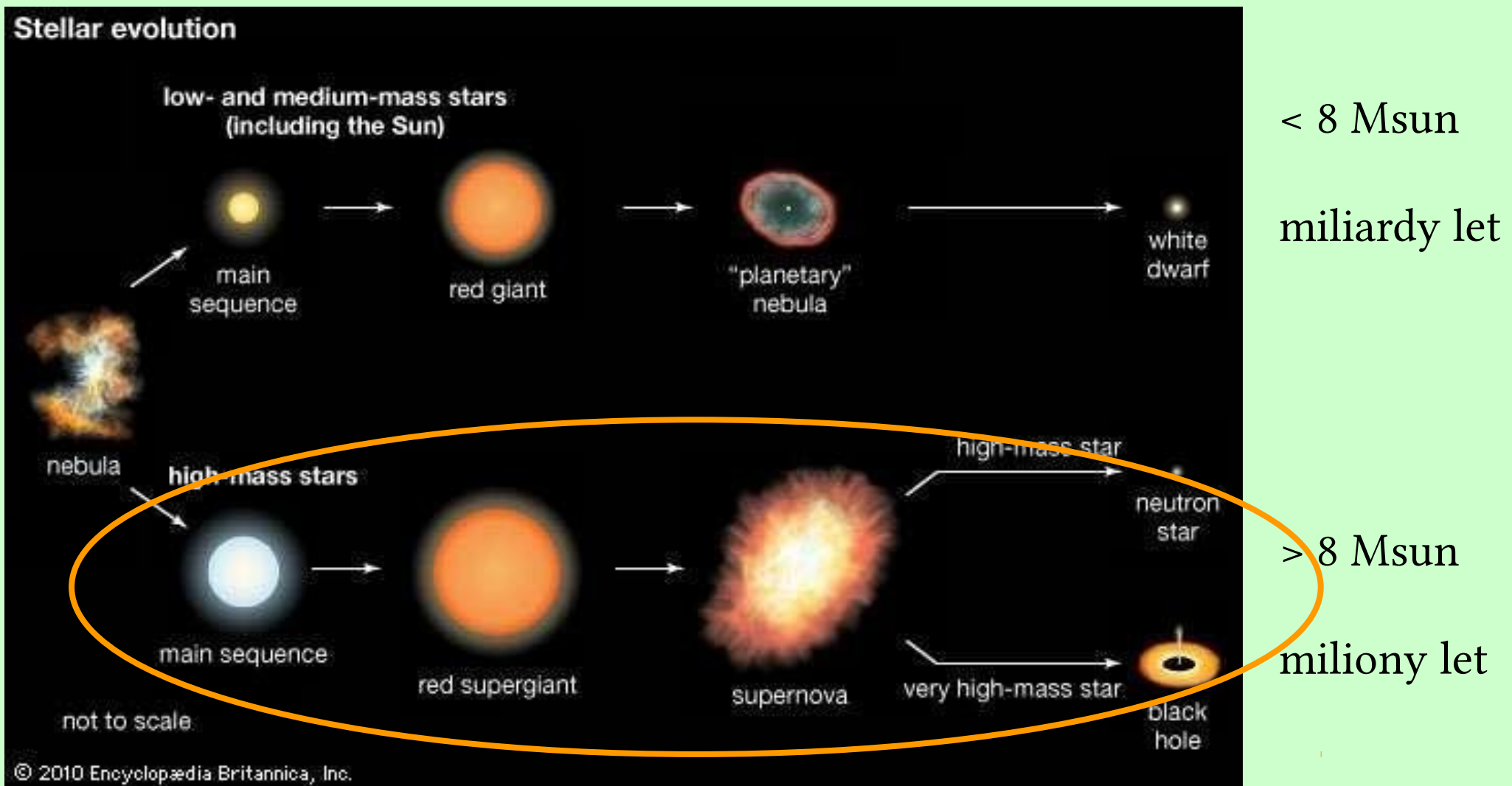
Tvorba hvězd v galaxiích

Molekulární oblaka: mol. vodík, jiné molekuly, prach.

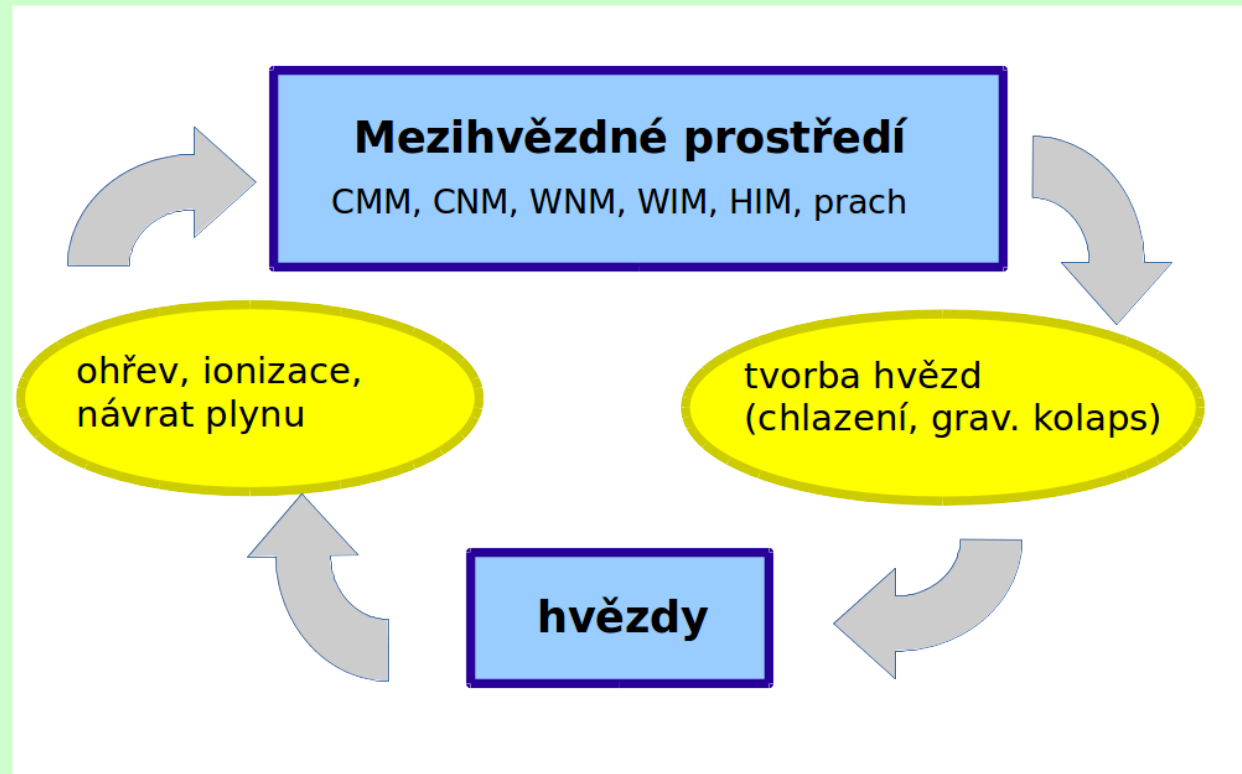
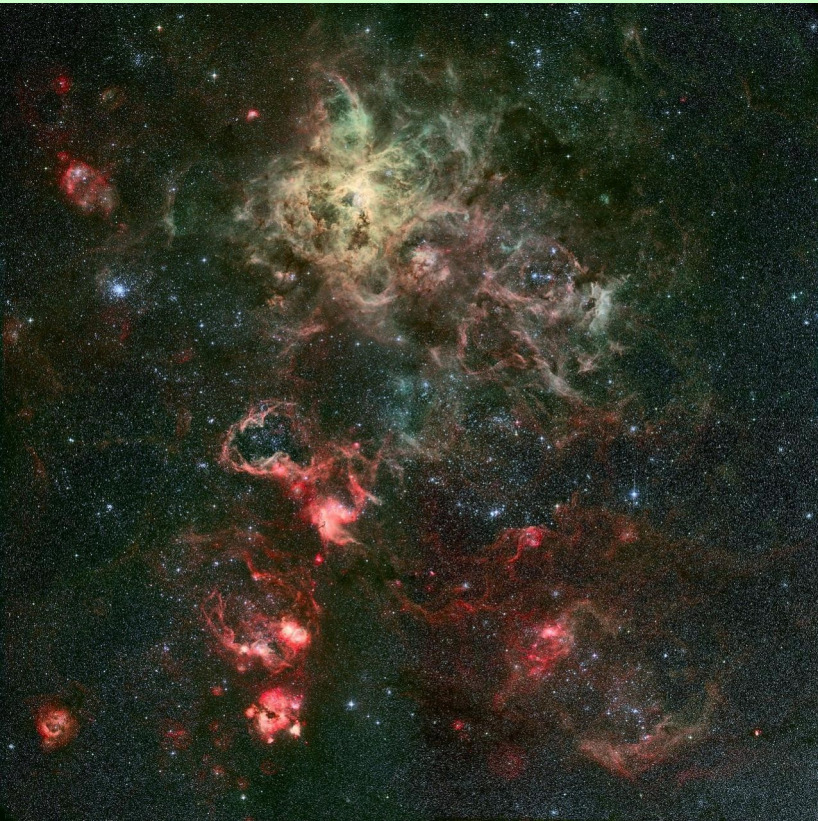


Tvorba hvězd v galaxiích

Hvězdy ovlivňují prostředí, ve kterém se vyskytují. Jak a jak moc závisí na jejich hmotnosti a životní fázi.

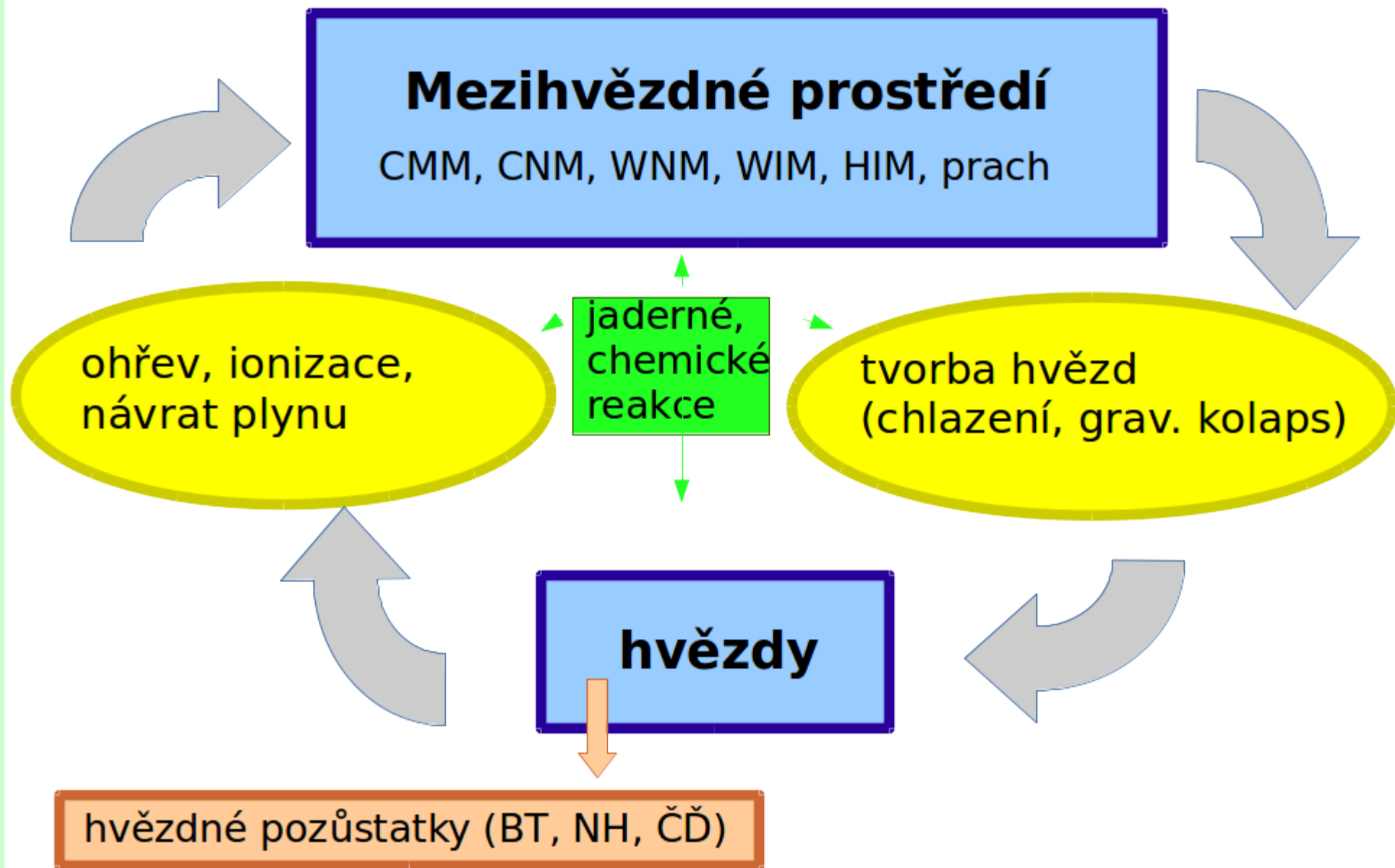


Tvorba hvězd v galaxiích



Nejvýraznější vliv na mezihvězdné prostředí:
hmotné hvězdy
hvězdy v pokročilejších fázích vývoje

Tvorba hvězd v galaxiích

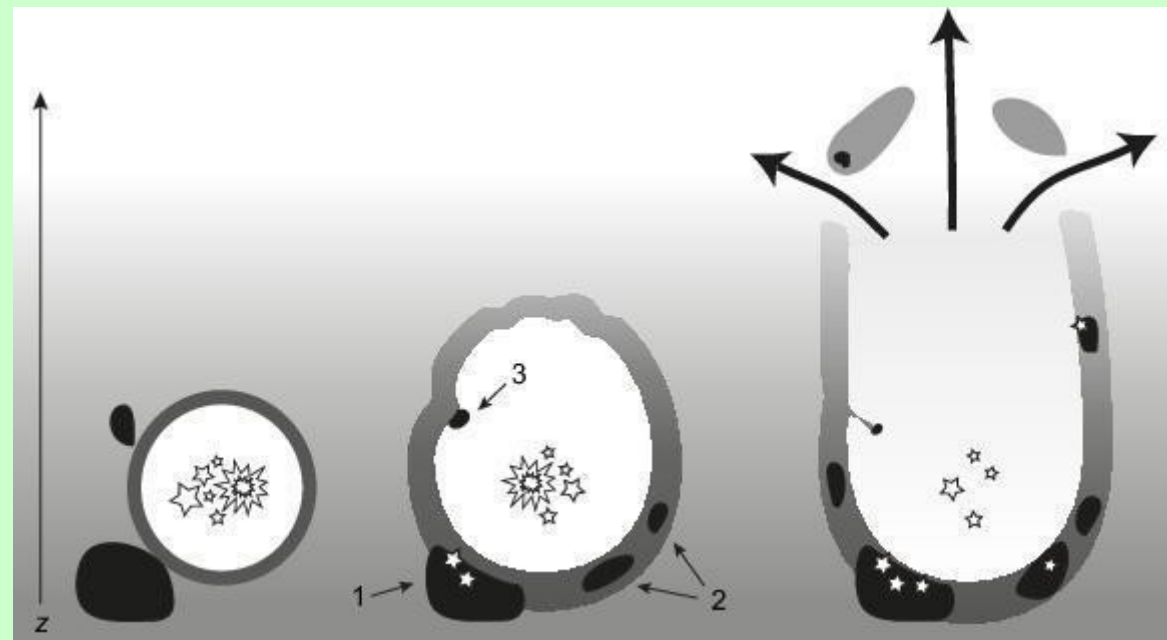


Tvorba hvězd v galaxiích



Oblasti tvorby hvězd – nejenom lokální vliv.

Ohřev mezihvězdného prostředí, obohacování těžšími prvky (nukleosyntéza ve hvězdách).



Tvorba hvězd v galaxiích

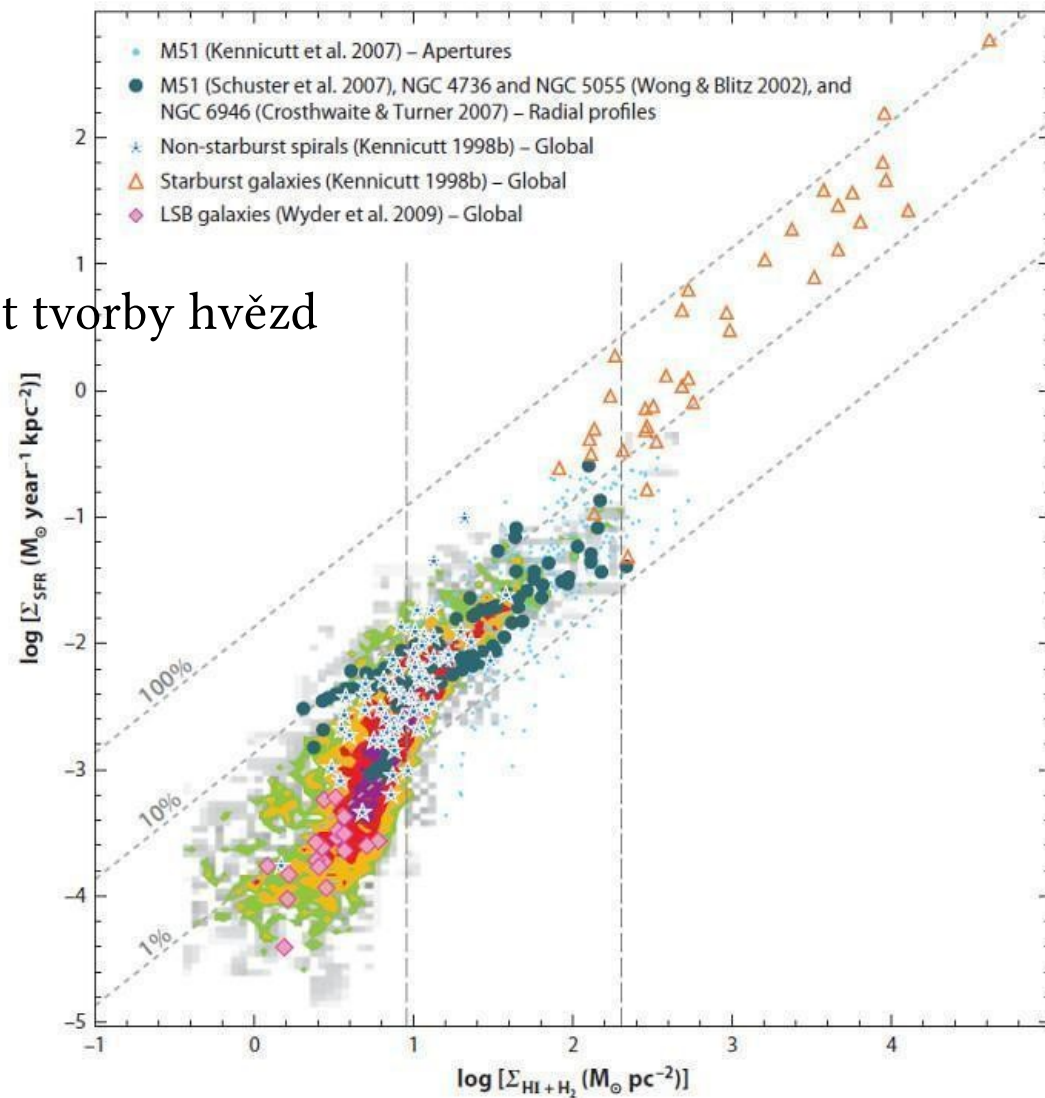
rychlost tvorby hvězd

Kennicutt-Schmidtův zákon:
závislost rychlosti tvorby hvězd
na množství plynu



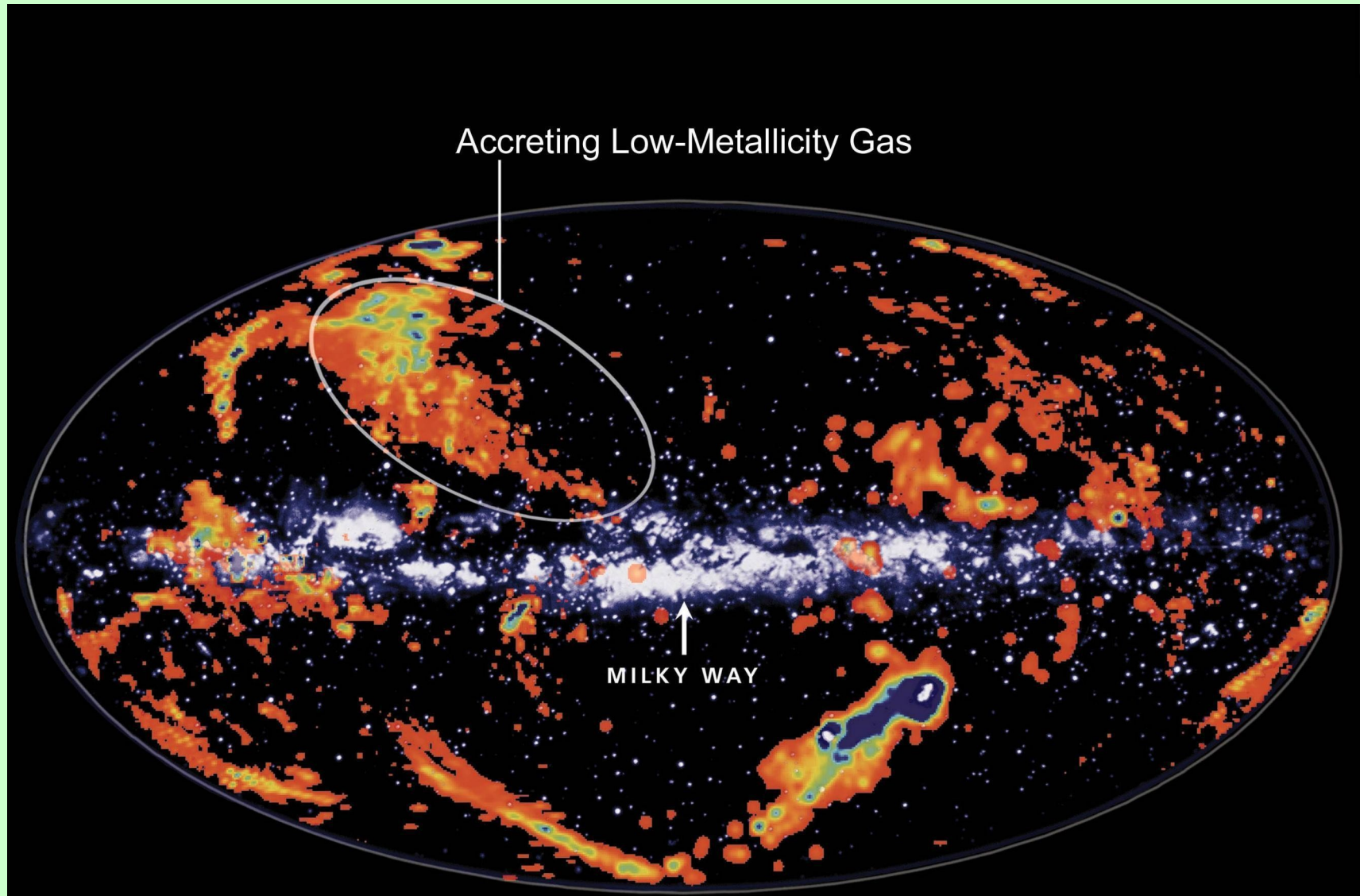
rychlost spotřebování plynu
tvorbou hvězd (tj. doba, za
kterou se dostupný plyn spotřebuje)

$$t_{\text{tvorbahvězd}} < t_{\text{hubble}}$$

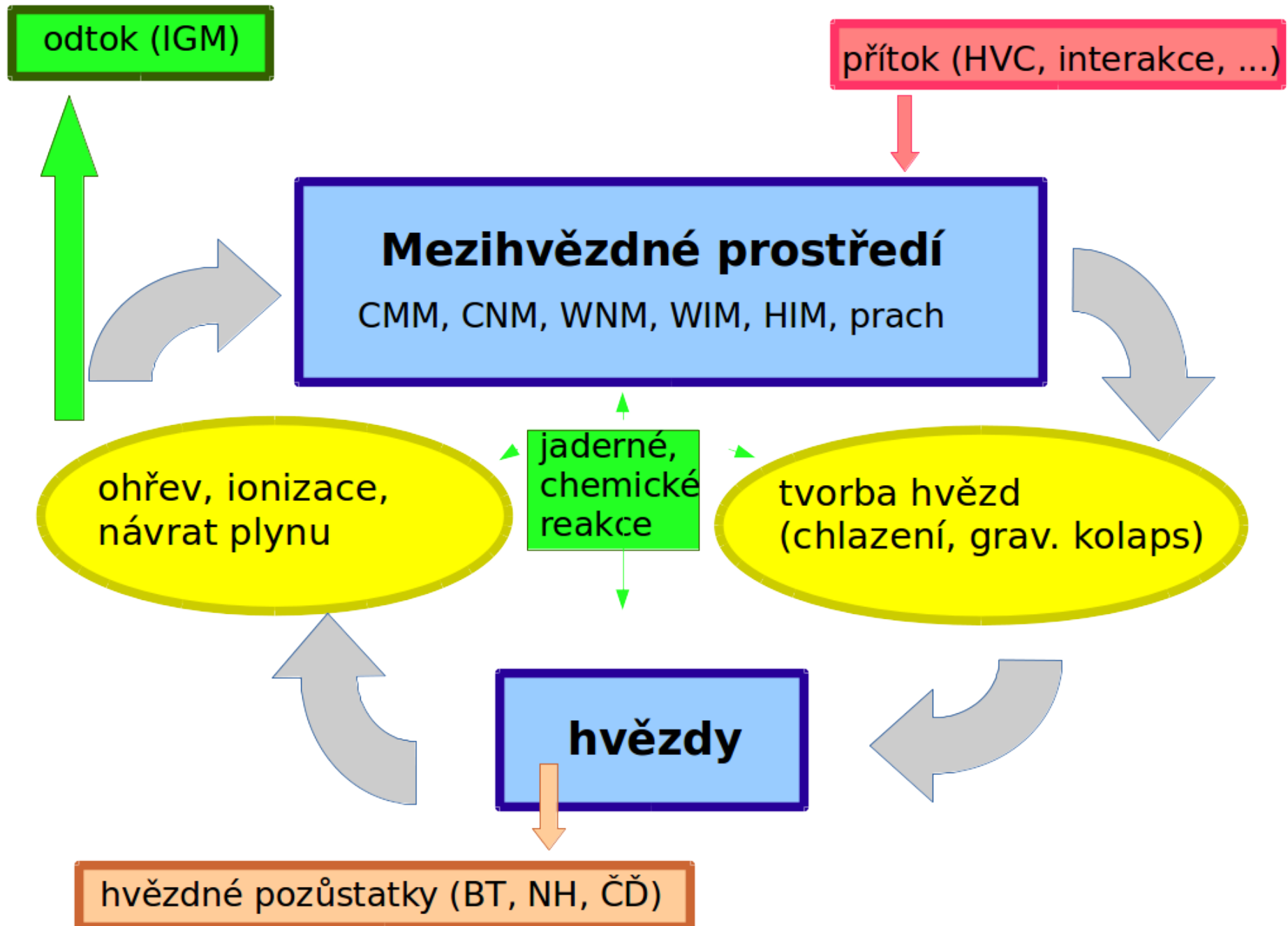


povrchová hustota plynu (mol. + atom.)

Tvorba hvězd v galaxiích

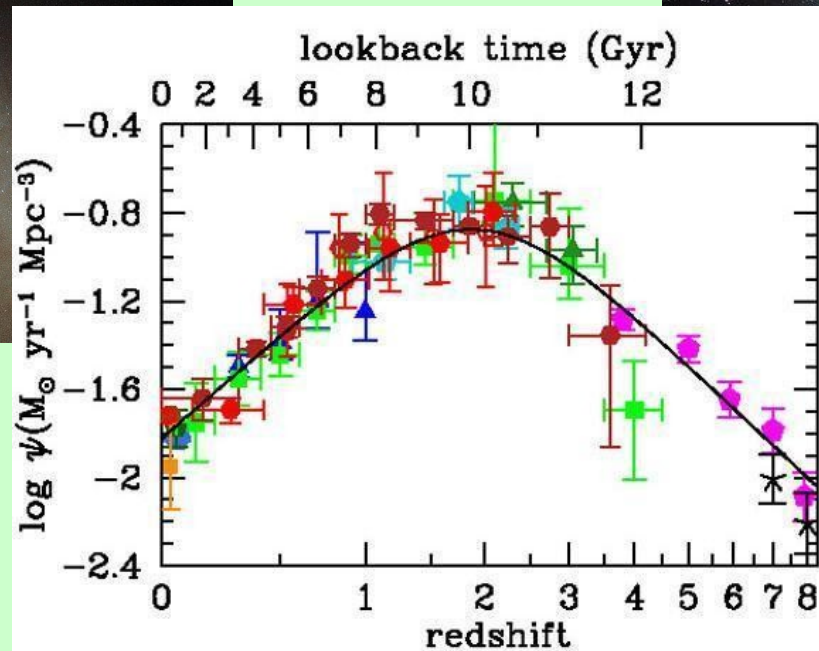
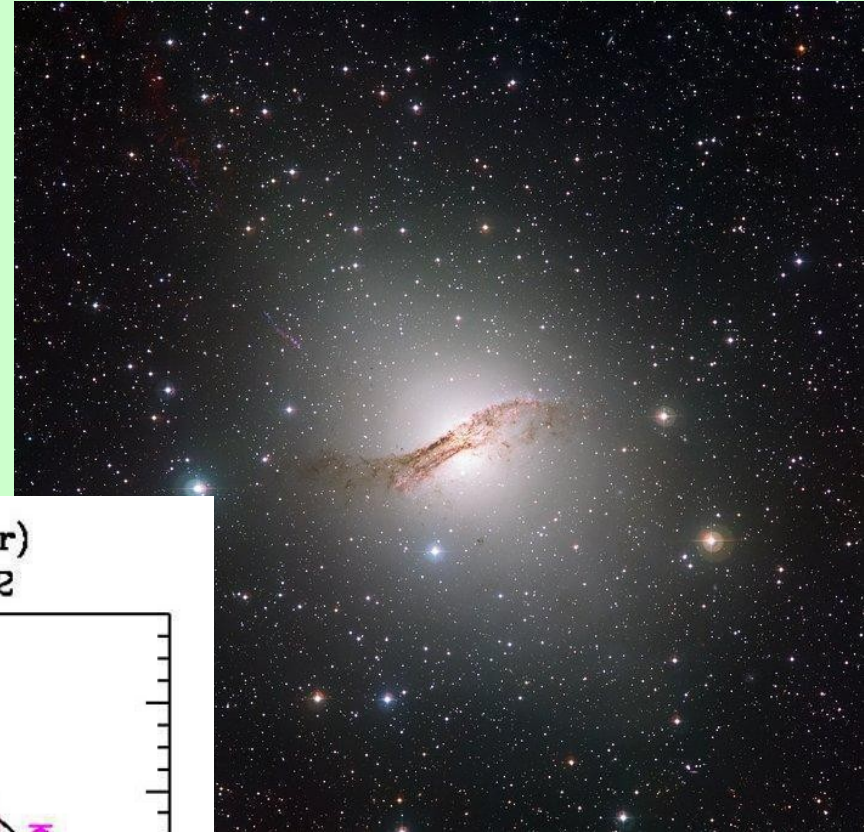
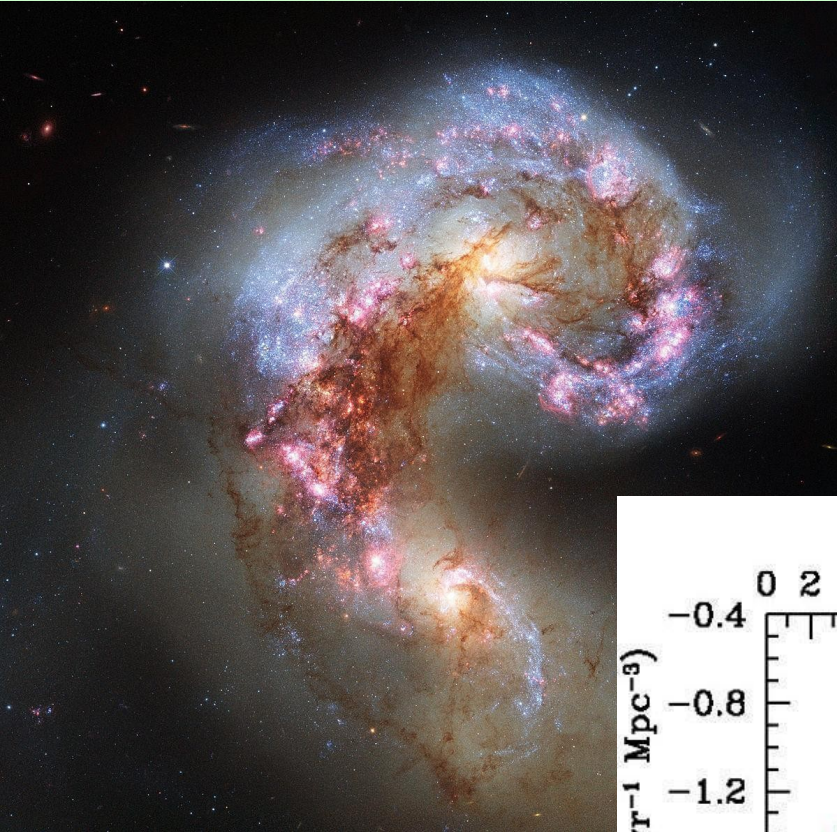


Tvorba hvězd v galaxiích

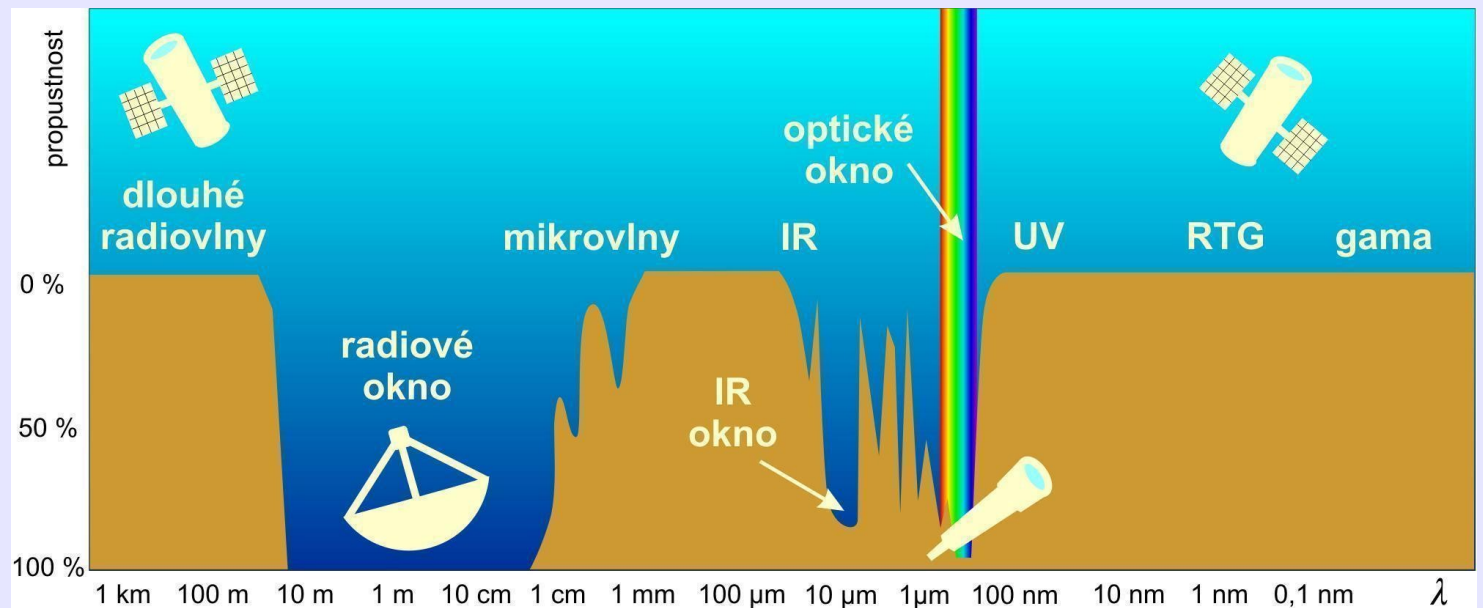


Jak se ze spirálních galaxií stávají eliptické?

Srážka spirálních galaxií → plyn do centra →
→ extrémní tvorba hvězd → hodně hvězd v centrální oblasti



Multispektrální pozorování (galaxií)



Studium galaxií vyžaduje pozorování v mnoho spektrálních oblastech

Rentgen – horký plyn (mezigalaktické prostředí, v galaxiích)

Optická, blízká infračervená – hvězdy

Vzdálená infračervená, milimetrová – molekulární plyn, prach

Radiová – plyn

Multispektrální pozorování (galaxií)

Rentgenová oblast: horký plyn (mezigalaktické prostředí, v galaxiích)

XMM-Newton (ESA)

Chandra (NASA)



Multispektrální pozorování (galaxií)

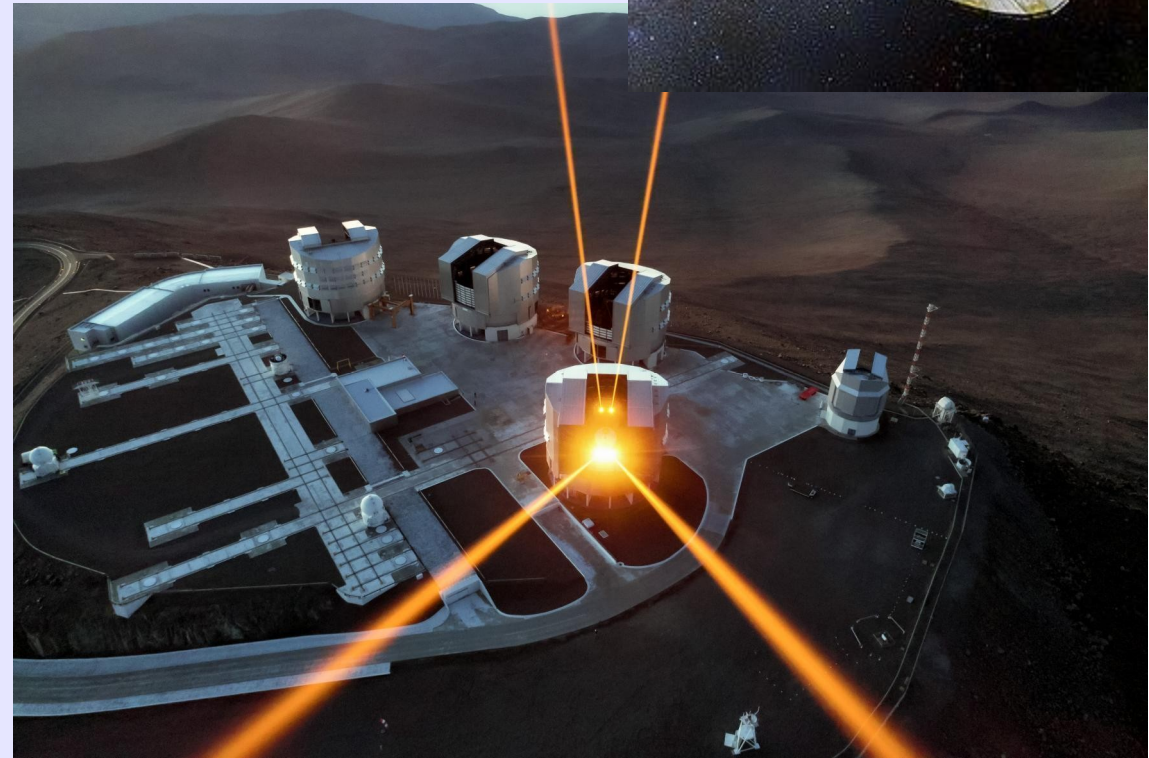
Optická, blízká infračervená – hvězdy



Gaia (ESA)



Keckovy dalekohledy



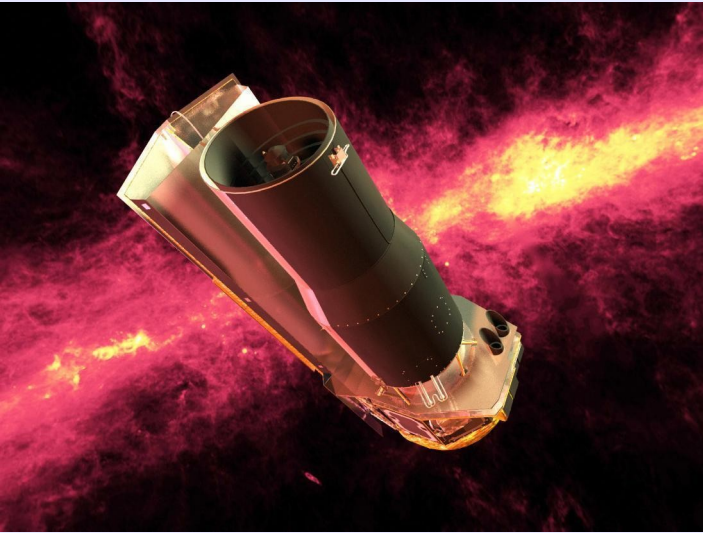
VLT (ESO)



HST (NASA)

Multispektrální pozorování (galaxií)

Vzdálená infračervená, milimetrová – molekulární plyn, prach



Spitzer (NASA)
Herschel (ESA)

ALMA

Multispektrální pozorování (galaxií)

Radiová – plyn



VLA (NRAO)

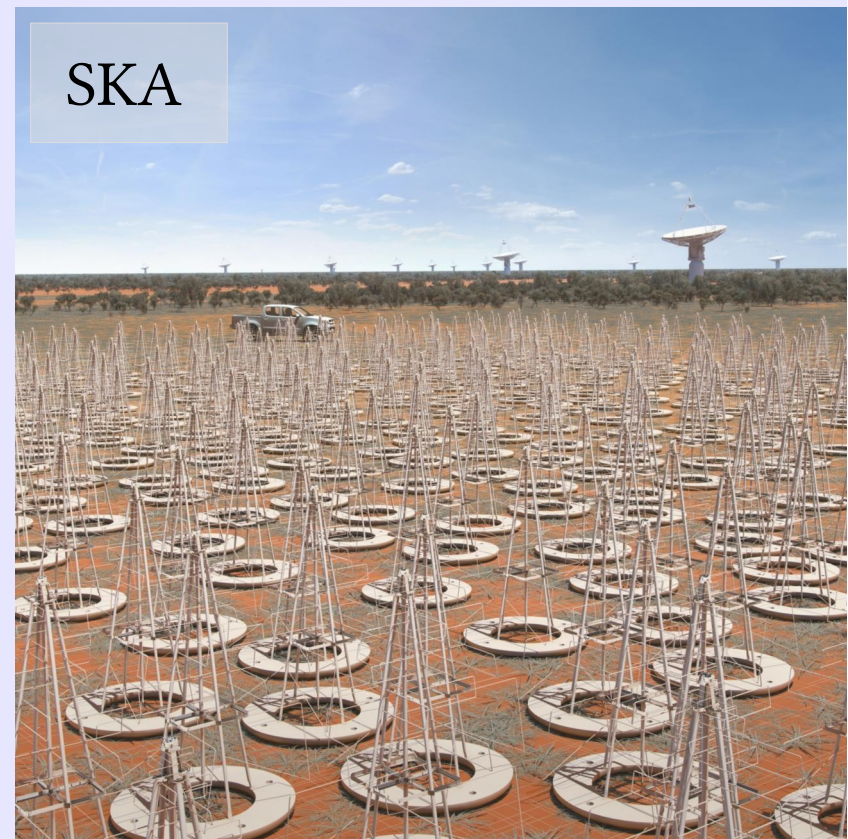
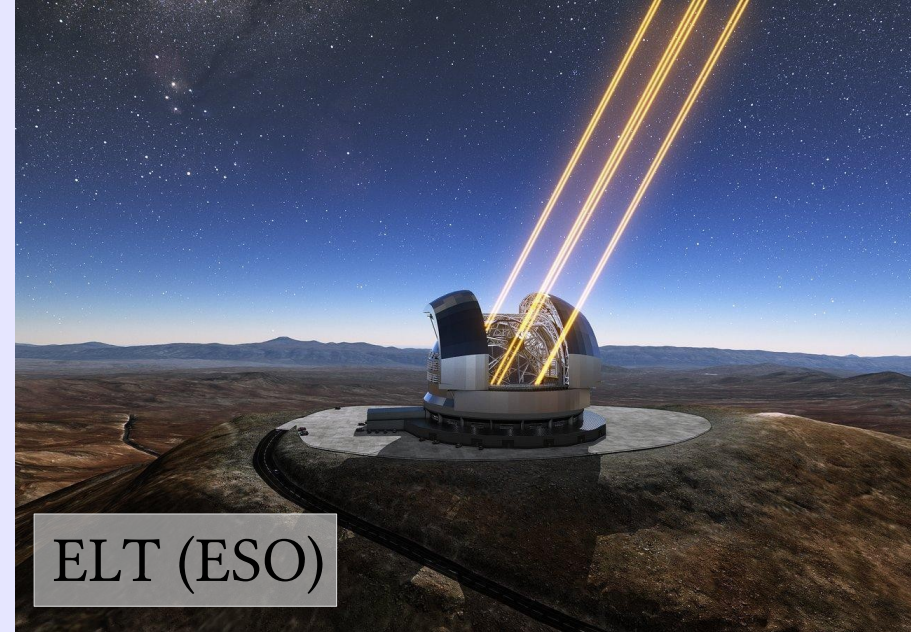
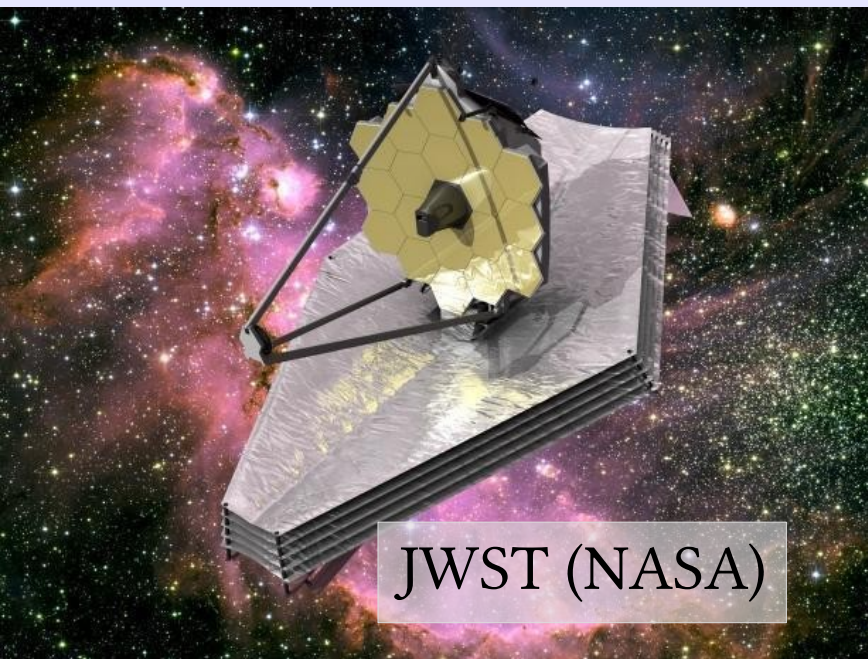


Effelsberg (MPIFR)



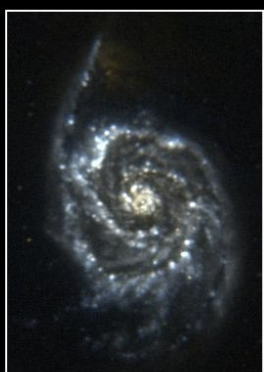
Arecibo (NAIC)

Budoucnost pozorování (galaxií)





X ray



UV



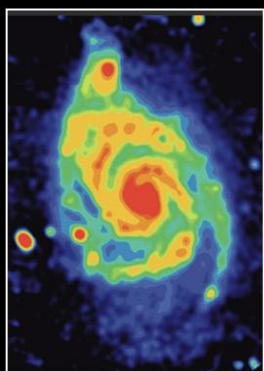
Optical



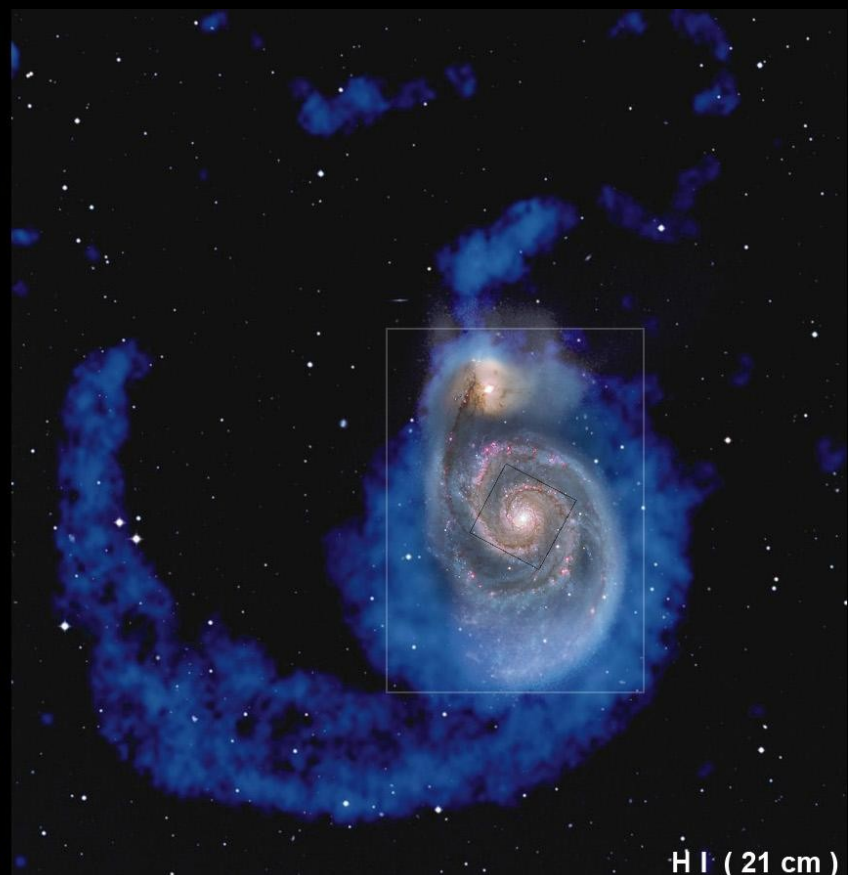
NIR



MIR



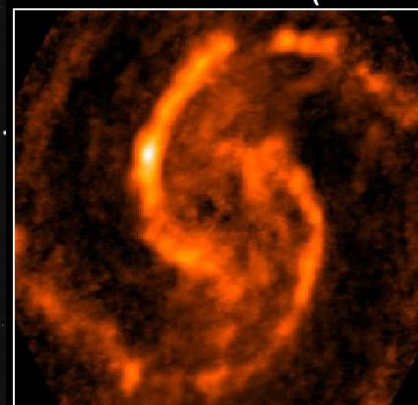
Radiocontinuum



HI (21 cm)



Optical (HST)



CO (2.6 mm)

<https://www.zooniverse.org/projects/chrismrp/radio-galaxy-zoolofar/about/research>



Help astronomers locate and
identify supermassive black holes
and starforming galaxies!

[Learn more](#)