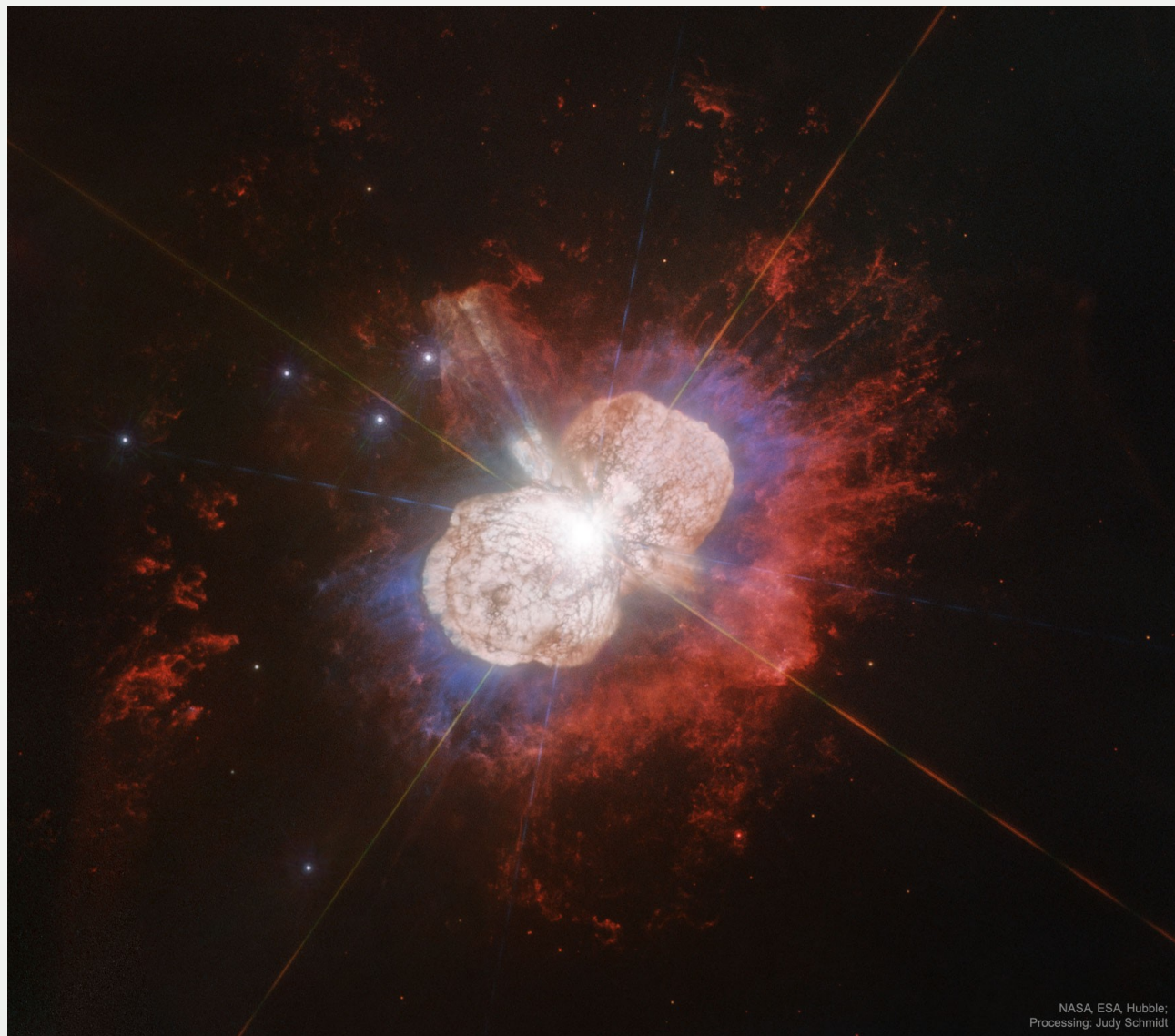


Teoretična astrofizika

razumevanje stanja in razvoja zvezd ter njihove okolice

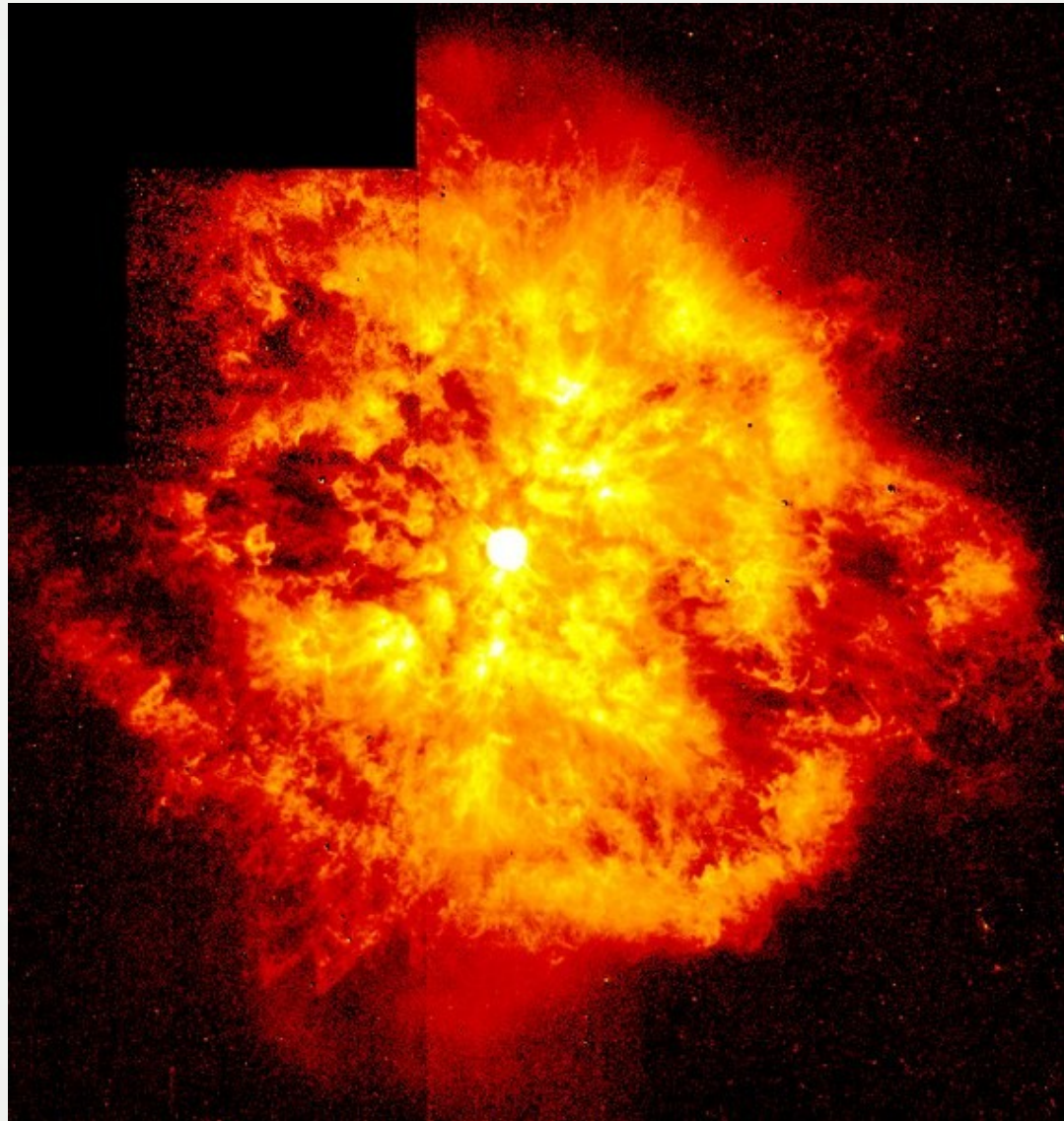
Masivne zvezde

Evolucija masivnih zvezd

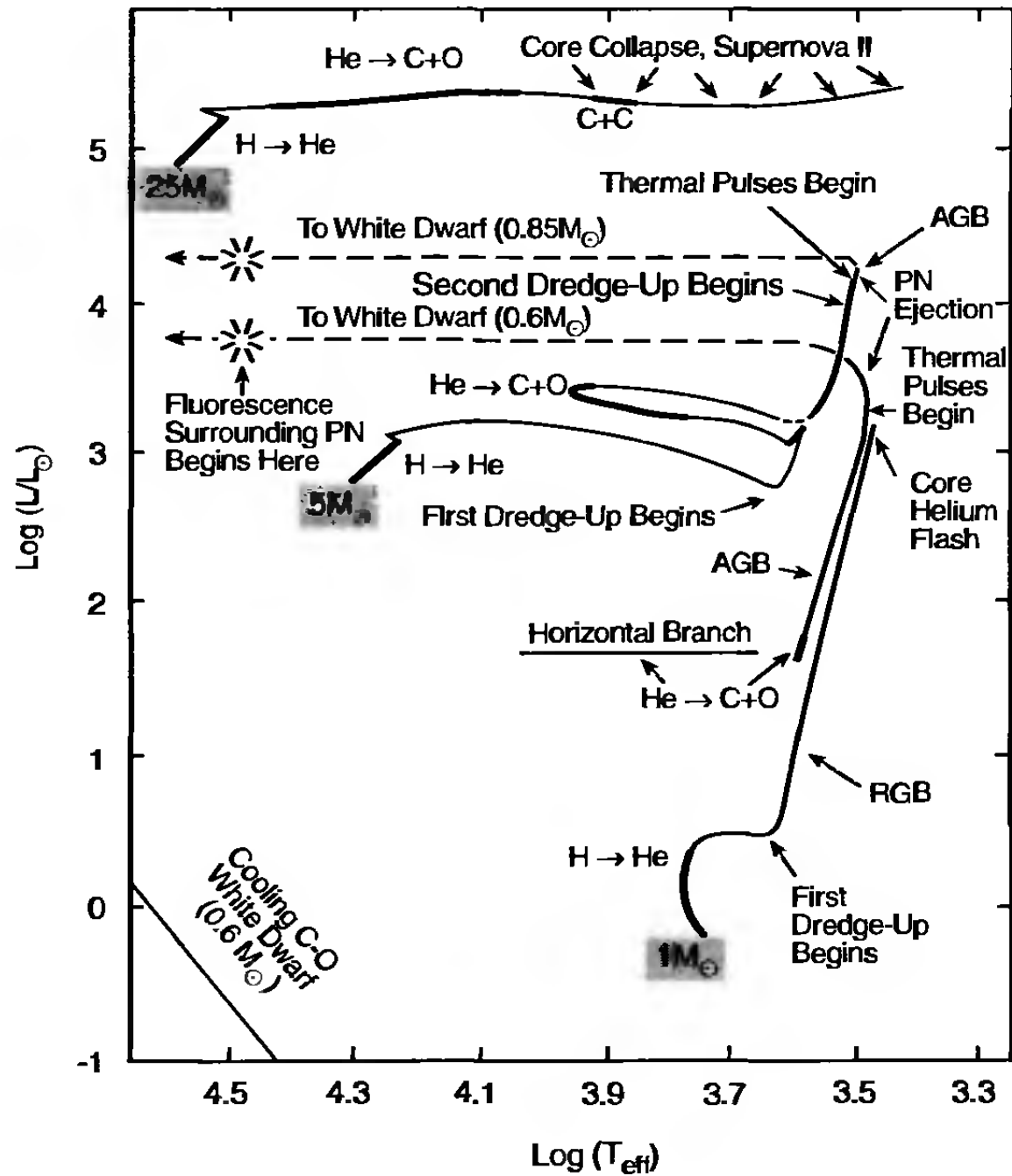


Eta Gredlja (Eta Carinae) - masa največje zvezde v dvozvezdju je okrog 100 Sončevih mas (avtorstvo: NASA/ESA/Hubble)

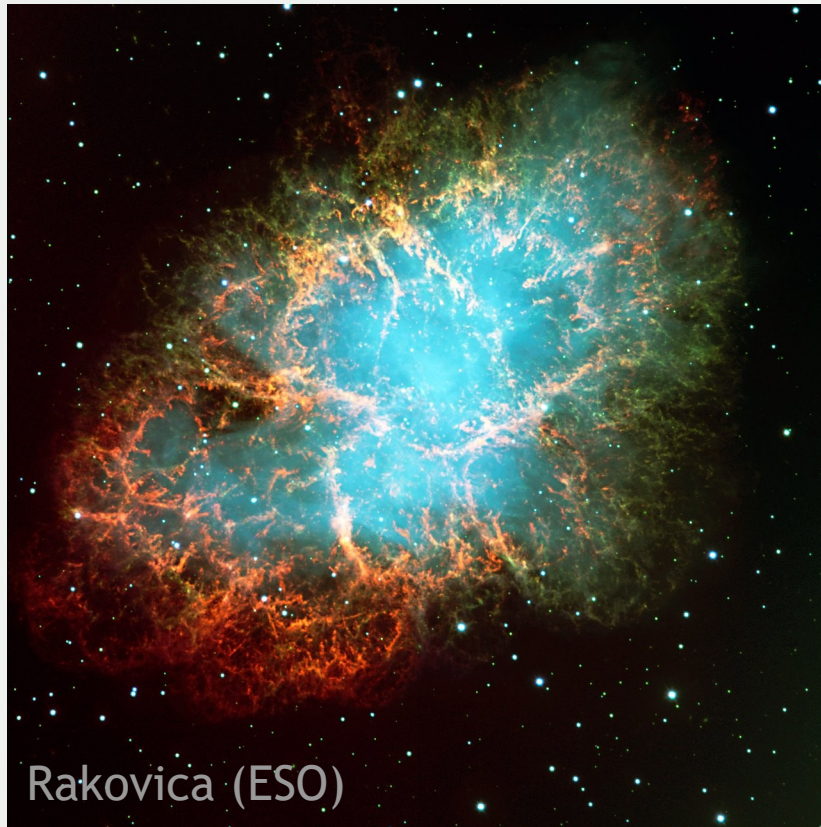
Evolucija masivnih zvezd



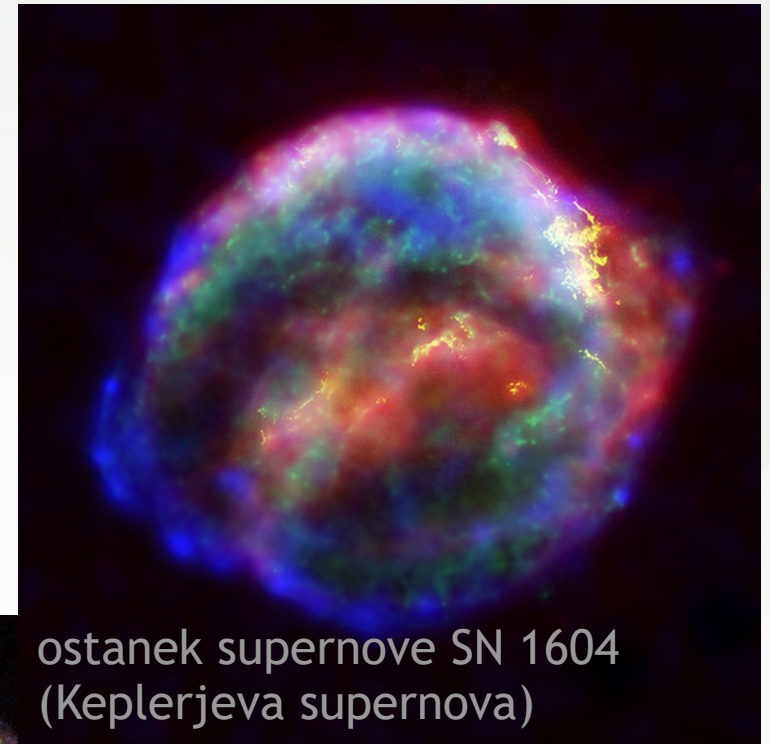
Yves Grodidier (University of Montreal and Observatoire de Strasbourg), Anthony Moffat (Universite de Montreal), Gilles Joncas (Universite Laval), Agnes Acker (Observatoire de Strasbourg), and NASA



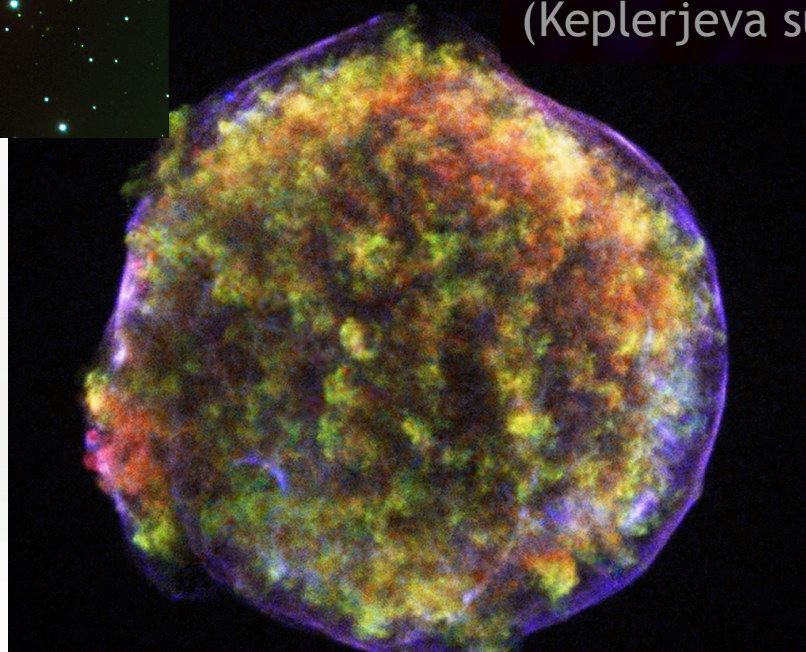
Supernove, pulzarji, črne luknje



Rakovica (ESO)



ostanek supernove SN 1604
(Keplerjeva supernova)



ostanek supernove SN 1572
(Tychova supernova)

Teoretična astrofizika

razumevanje stanja in razvoja zvezd ter njihove okolice

Življenjski cikel zvezd

Osnovne hipoteze

- sferna simetrija
 - zanemarimo rotacijo in magnetna polja
- uniformna začetna sestava zvezd
 - razlika v začetni kovinskosti zvezd je majhna
- zvezde so izolirani sistemi

Osnovne hipoteze

So zvezde in binarni sistemi res IZOLIRANI?

- zvezdni sestavi (npr. Galaksija)



Meglica Konjska glava.
NASA/ESA/Hubble Heritage Team



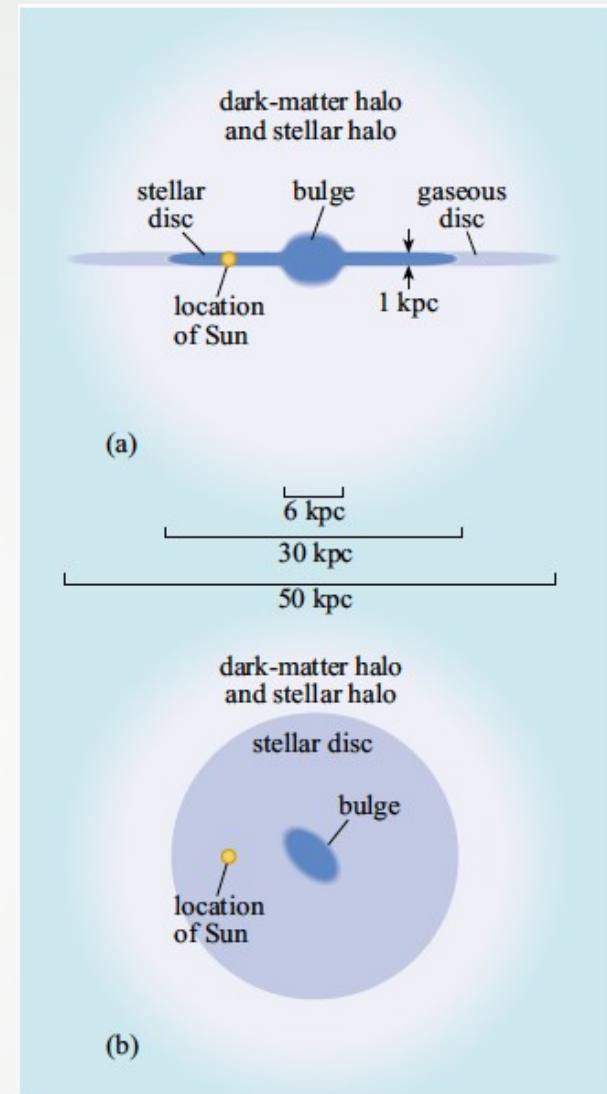
Spiralna galaksija NGC 7331 (v Pegazu)
NASA/ESA Hubble Space Telescope

- medzvezdna snov sestavljena iz plina in prahu

Medzvezdna snov

V naši Galaksiji:

- $\sim 10^9 M_{\text{sun}}$ (nekaj % mase Galaksije)
- tanki disk v galaktični ravnini
 - debelina $\sim 10^3$ sv. let
 - premer $\sim 10^5$ sv. let
- povprečna gostota $\sim 1 \text{ delec/cm}^3$
 - $\approx 10^{-21} \text{ kg/cm}^3$ ali 10^{-24} g/cm^3
 - v laboratoriju taka gostota ustreza popolnemu vakuumu



Medzvezdna snov v Galaksiji

- 70% mase v obliki vodika
 - H_2 - molekularni vodik
 - HI - nevtralni (atomarni) vodik
 - HII - ionizirani vodik
 - stanje je odvisno od temperature in gostote
- preostali del mase v heliju

Medzvezdna snov

- medzvezdna snov ni uniformno porazdeljena
- najdemo jo v oblakih - *meglicah*
 - ostanki zvezd
 - planetarne meglice (PN), ostanki supernov, lupine nov
 - kratkoživi, se pomešajo z ostalo snovjo
 - relativno gosti oblaki
 - številska gostota: ~ 1000 delcev/cm³
 - difuzni medij
 - številska gostota: < 1 delec/cm³

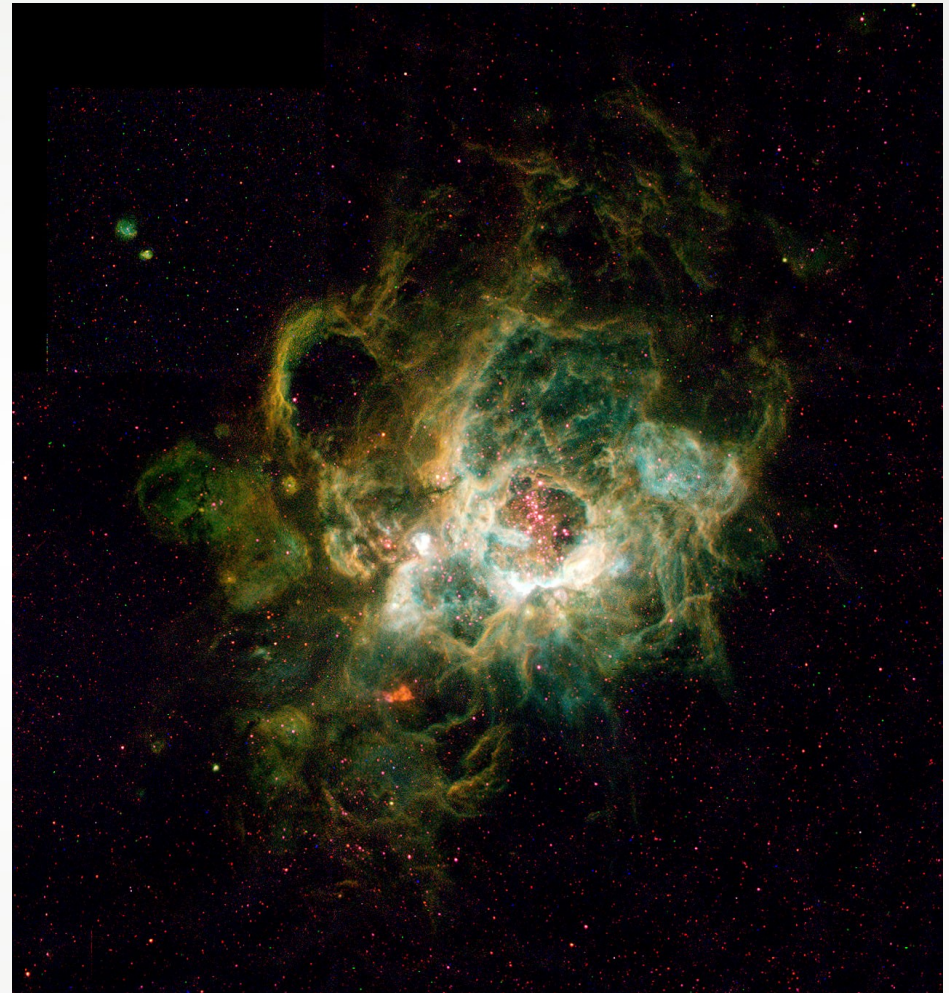
Medzvezdna snov

- sevanje in plin *nista* v ravnovesju
- sevanje ionizira vodik
 - > trki med prostimi elektroni in ioni
 - > **plin v termodinamičnem ravnovesju**

povprečna prosta pot delcev: 10^{13} m (~Sončev sistem, 10^{-3} sv. let)
tipična velikost oblakov: 10-100 sv. let

Medzvezdna snov

- oblaki ioniziranega plina okrog vročih zvezd glavne veje
 - $T \sim 10^4$ K
 - 10 sv. let
 - $n \sim 10^5 \text{ m}^{-3}$
 - velikost območja definirana z ionizacijskim ravnovesjem

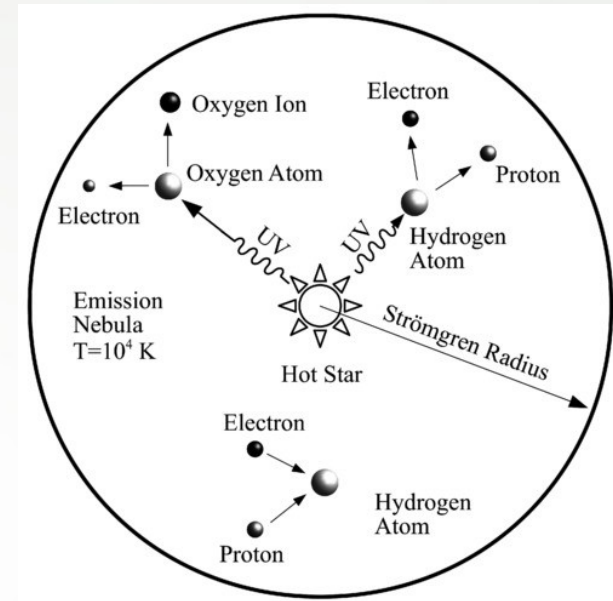


This is a Hubble Space Telescope image (right) of a vast nebula called NGC 604, which lies in the neighbouring spiral galaxy Messier 33, located 2.7 million light-years away in the constellation Triangulum.

Credit: Hui Yang (University of Illinois) and NASA/ESA

Medzvezdna snov

- oblaki ioniziranega plina okrog vročih zvezd glavne veje
 - $T \sim 10^4 \text{ K}$
 - 10 sv. let
 - $n \sim 10^5 \text{ m}^{-3}$
 - velikost območja definirana z ionizacijskim ravnovesjem



Strömgrenov radij

$$R \simeq \left(\frac{3 N}{4 \pi \alpha} \right)^{1/3} n_H^{-2/3}$$

α - kvantno mehanski rekombinacijski koeficient

Medzvezdna snov

- območja HI
(nevtralni atomarni vodik)
 - radijska črta pri 21cm
 - $T \sim 50\text{-}100\text{ K}$
 - $n \sim 10^{7-8}\text{ m}^{-3}$
 - tlak je isti v HI in HII ker $p \approx 1/T$
- molekularni oblaki
 - $T \sim 10\text{ K}$
 - $n > 1\text{-}3 \cdot 10^8\text{ m}^{-3}$
 - 10^6 Msun
 - 100 sv. let



Nastanek zvezd



Matthew Bate, <http://www.astro.ex.ac.uk/people/mbate/Research/Cluster/cluster500RT.html>

Nastanek zvezd

- Pogoji za stabilnost:

- Jeansov radij

$$R_J = \frac{\alpha \mu m_H G M}{3 k T}$$

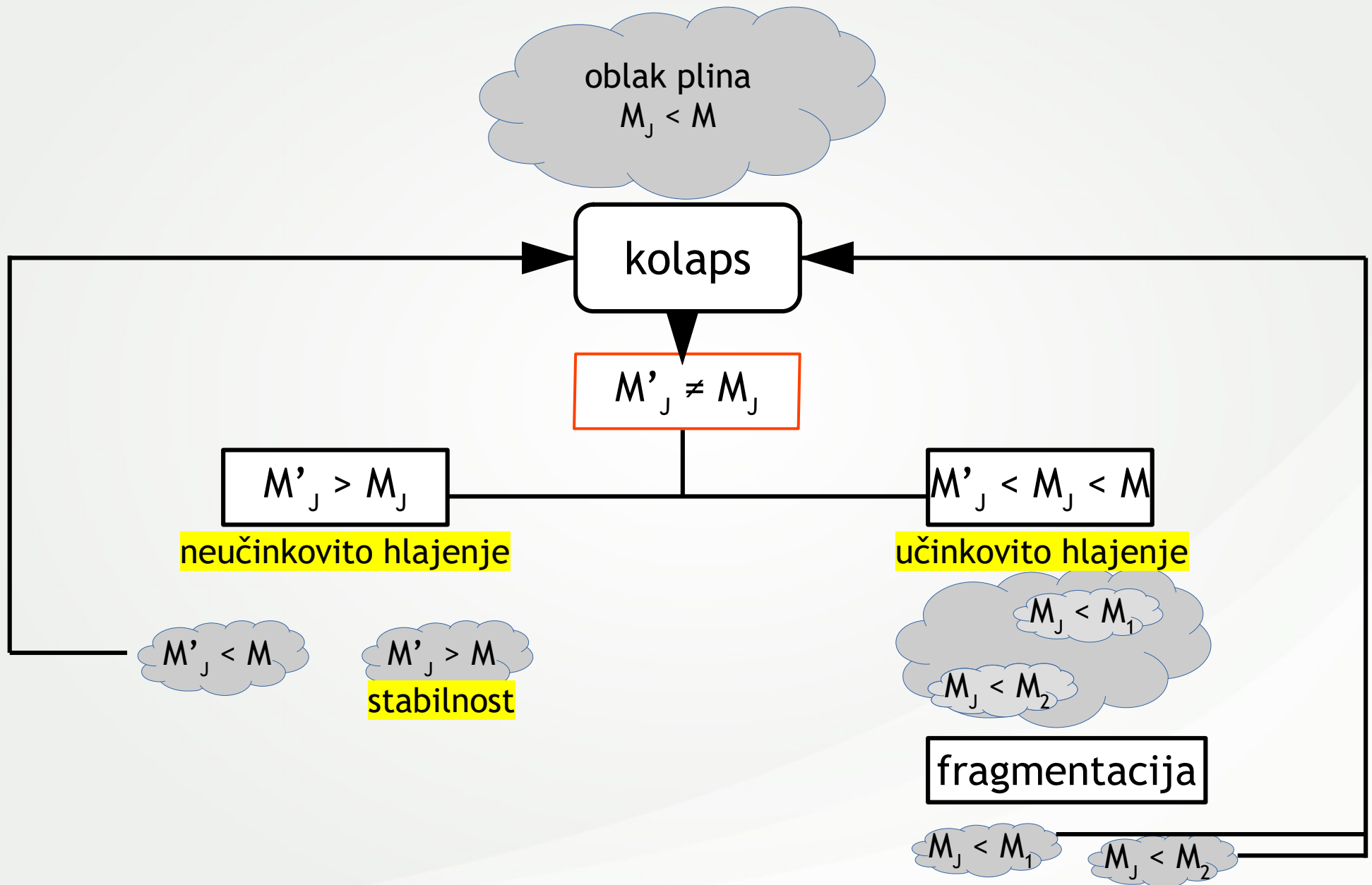
$$R \geq \frac{\alpha \mu m_H G M}{3 k T}$$

- Jeansova masa

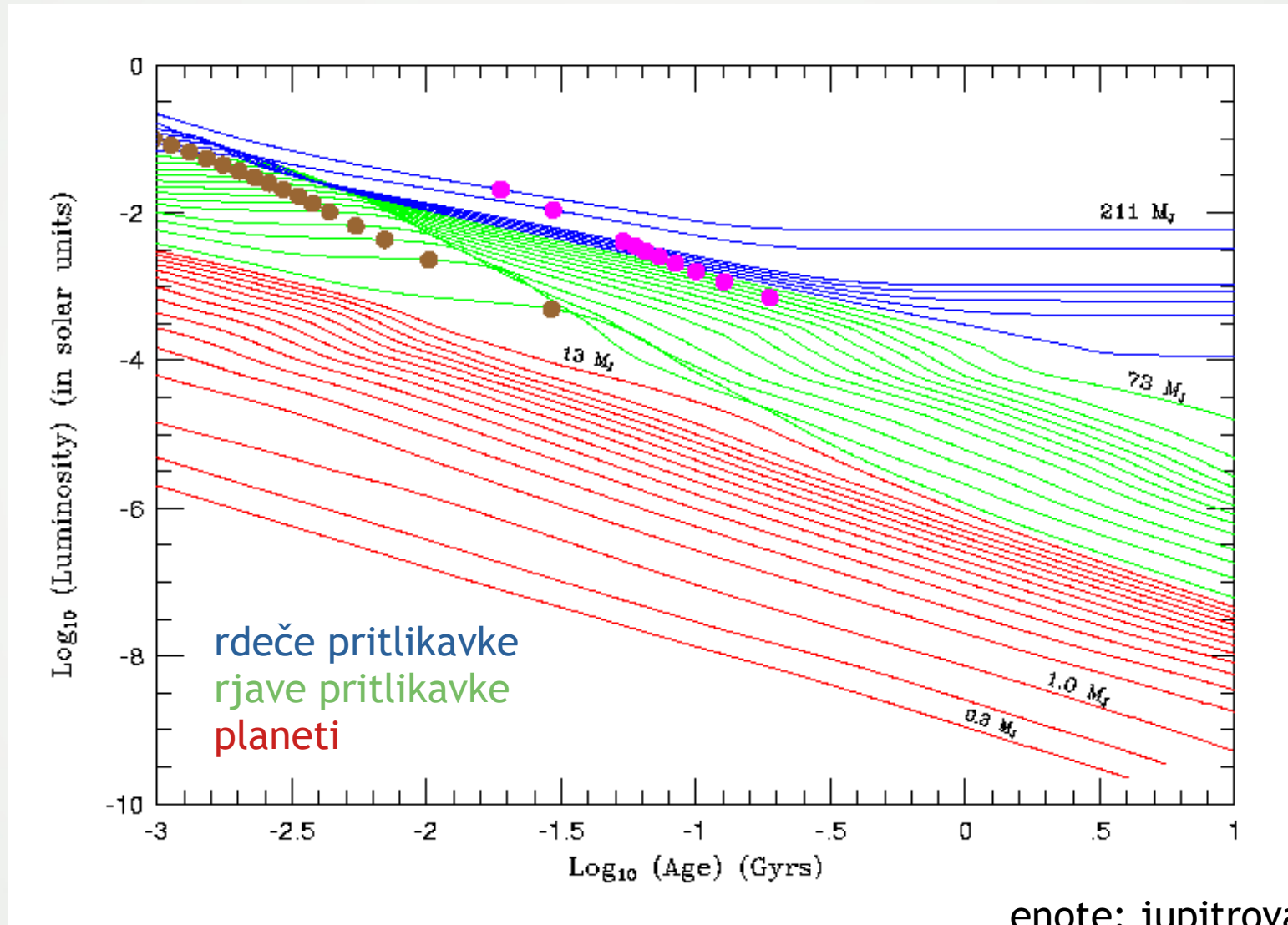
$$M_J = \left(\frac{3}{4 \pi} \right)^{1/2} \left(\frac{3}{\alpha} \right)^{3/2} \left(\frac{k T}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

$$M \leq \left(\frac{3}{4 \pi} \right)^{1/2} \left(\frac{3}{\alpha} \right)^{3/2} \left(\frac{k T}{\mu m_H G} \right)^{3/2} \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

Shema fragmentacije



Zvezde, rjave pritlikavke in planeti



Burrows et al. 1997

enote: jupitrova masa
 $M_J \sim 0.001 M_{\text{sun}}$
leta v enotah 10^9 let