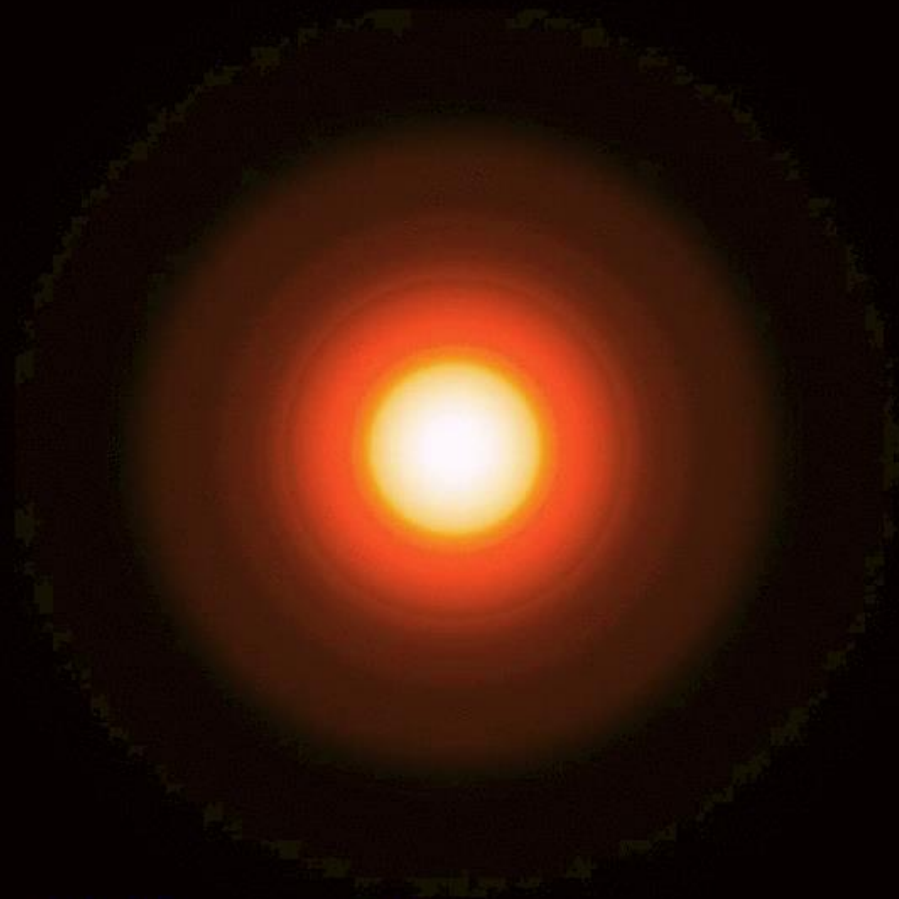


# AGB csillagok

10 AU



2.175  $\mu\text{m}$  - C2

SCep-32931 (W. Nowotny, Univ of Vienna)

Kiss Miklós PhD

Gyöngyösi Berze Nagy János  
Gimnázium

11. Berze Természettudományos  
Önképzőköri Tábor Mátraszentistván  
2018. 07. 9-13.

# Mi a csillag?

- pontszerűnek látszó
- sugárzó
- Miért forró?
- Miért sugároz?

# Fizikai alapok

Állapotegyenlet:  $pV = NkT$

Gravitációs energia:  $E = -f \frac{Mm}{r} \rightarrow E_{\text{gömb}} = -\frac{3fM^2}{5R} \rightarrow$

Pauli-elv, elektrondegeneráció

Normál eset  $p \sim T$

Degenerált esetben a hőmérséklet nem nő együtt a nyomással

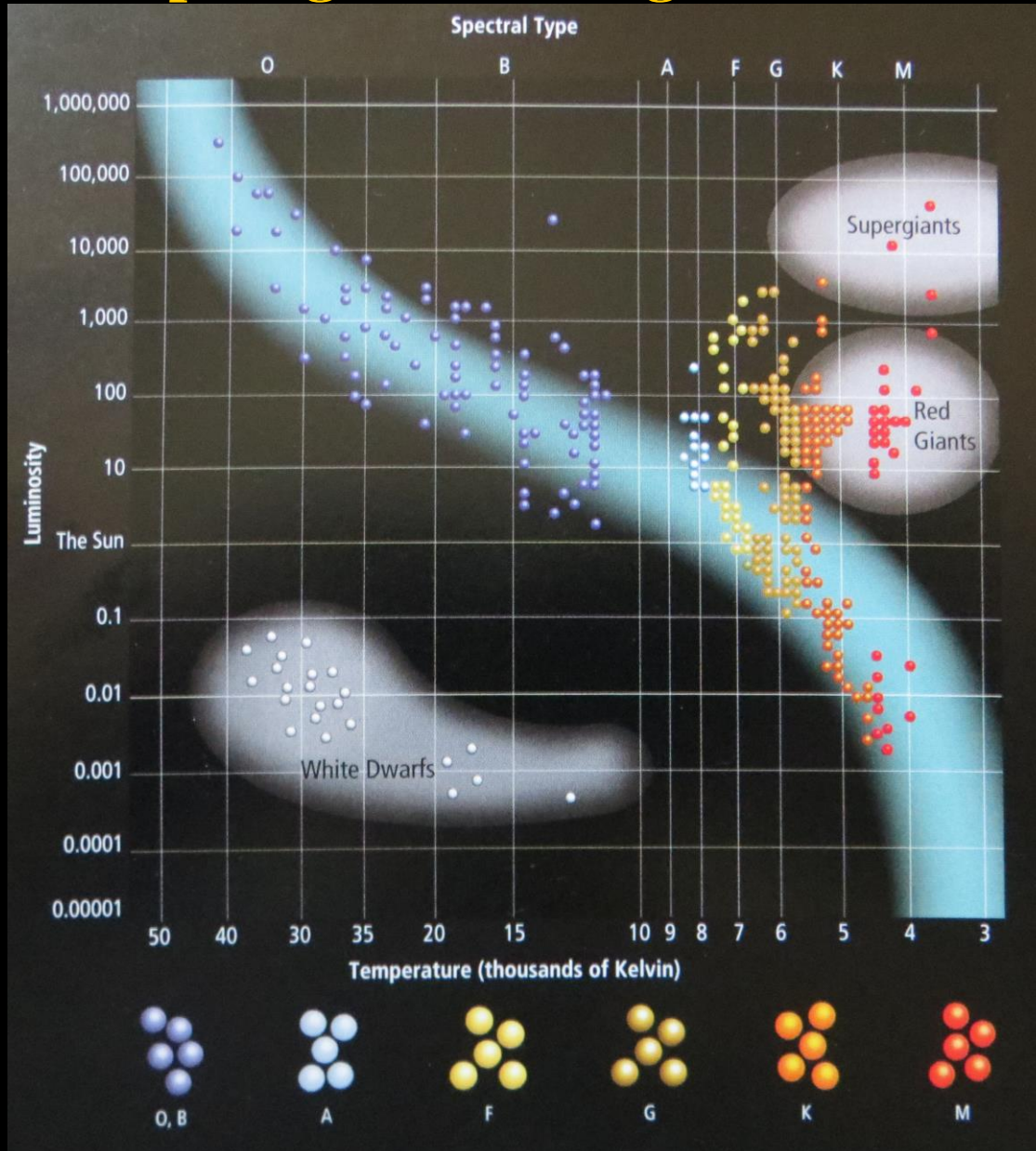
# Néhány, a csillagokat jellemző mennyiség

- Látszólagos fényesség
- Távolság (módszerek, pl. Cefeidák)
- Abszolút fényesség
- Hőmérséklet (szín)
- Tömeg (a fényesség és a tömeg kapcsolata:  $L \sim M^{3-4}$ )

# Csillagméretek



# Herzsprung-Russel-diagram (HRD)

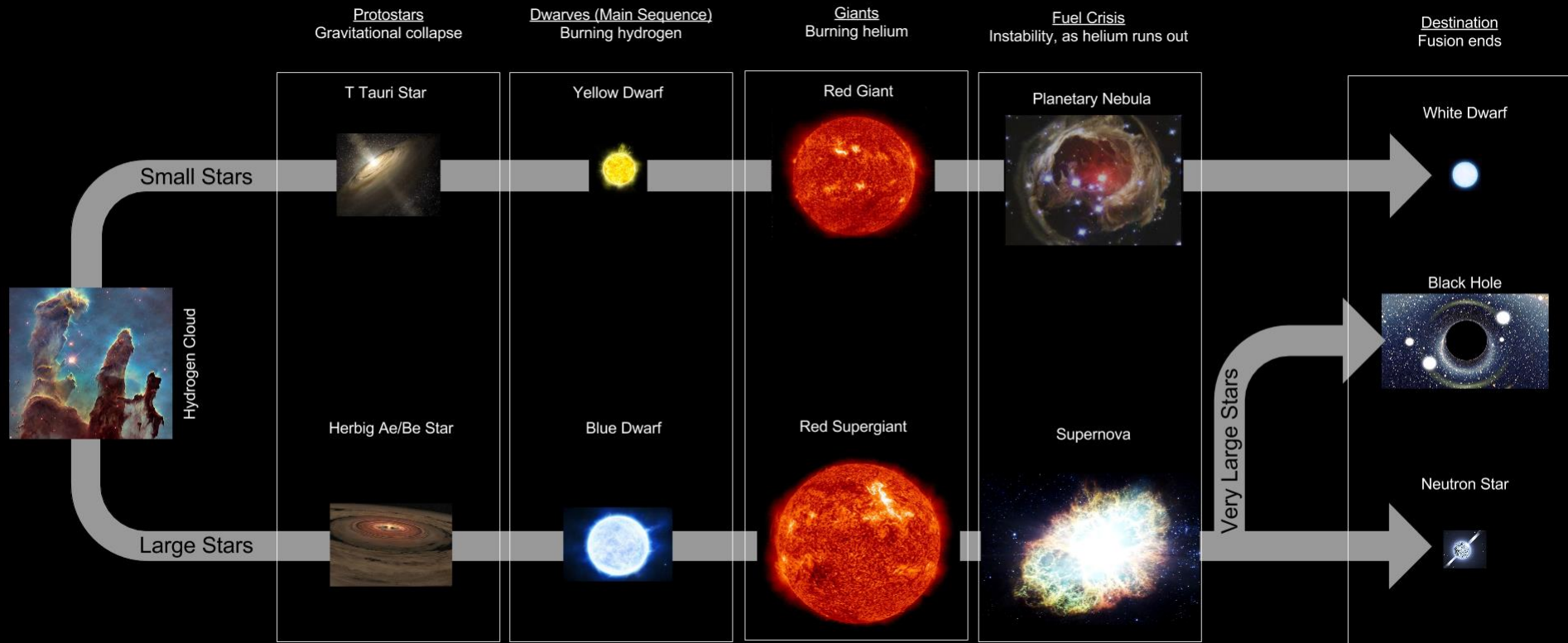


– Főszorozat

– Vörös óriások

– Fehér törpék

# Csillagfejlődés



## Honnan a kisugárzott energia?

Alap: Gamow 1928, alfa részecskék alagúteffektusa

Bethe ((1906-2005) Nobel-díj 1967)-Critchfield (1910-1994) p-p ciklus 1938!,

Bethe-Weizsäcker (1912-2007) CNO ciklus)



Bethe



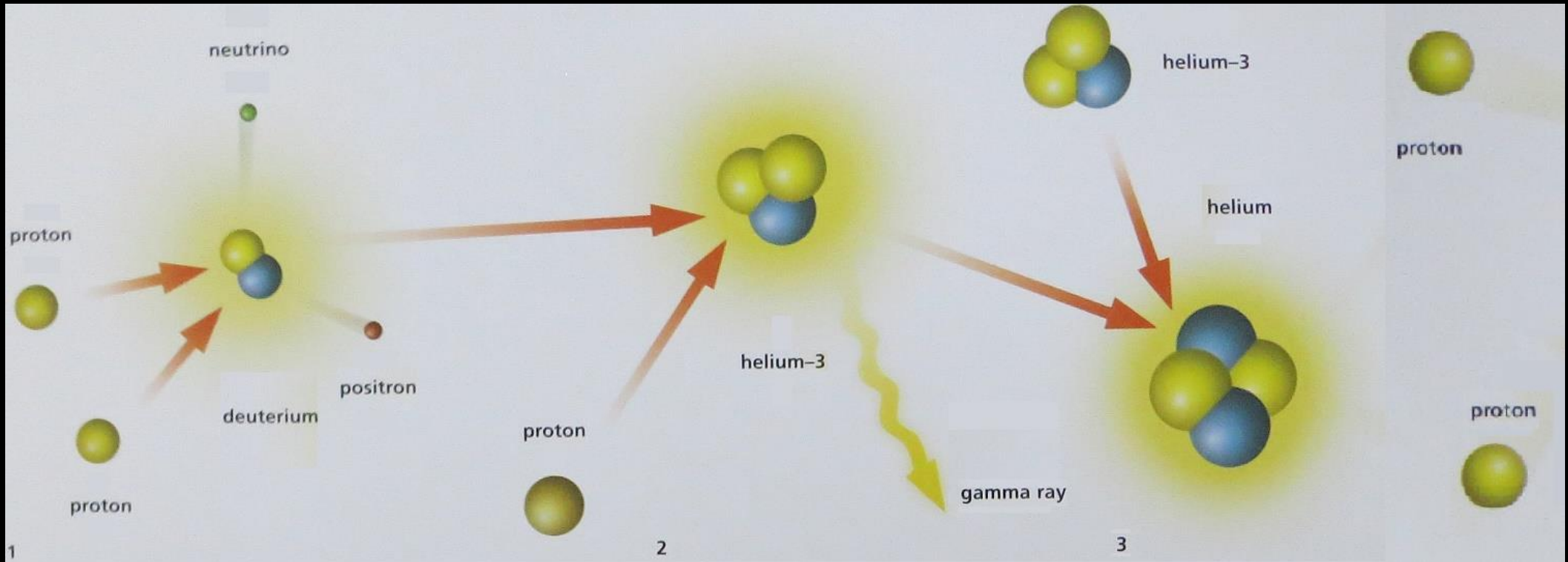
Critchfield



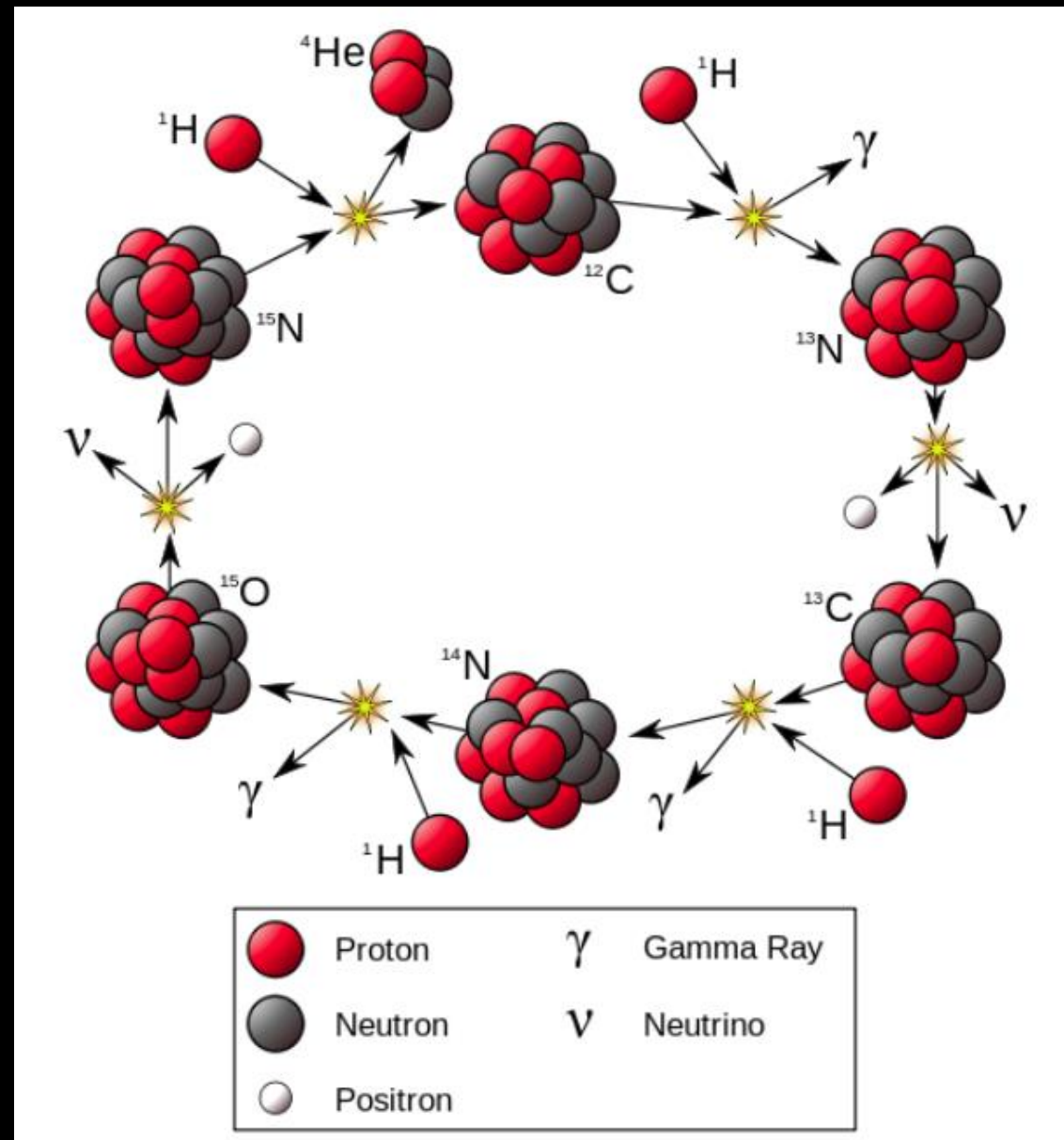
Weizsäcker



# A proton-proton ciklus



# A CNO ciklus



## Csillagfejlődés

gáz és porfelhő gravitációs összehúzódása, ha teljesül a Jeans-kritérium (a tömegre)

minimális és maximális tömeg  $0,08-100 M_{\odot}$  naptömeg  
az elektrondegeneráció, illetve a sugárzási nyomás miatt

a csillag a fő sorozatba lép, ha beindul a fúzió

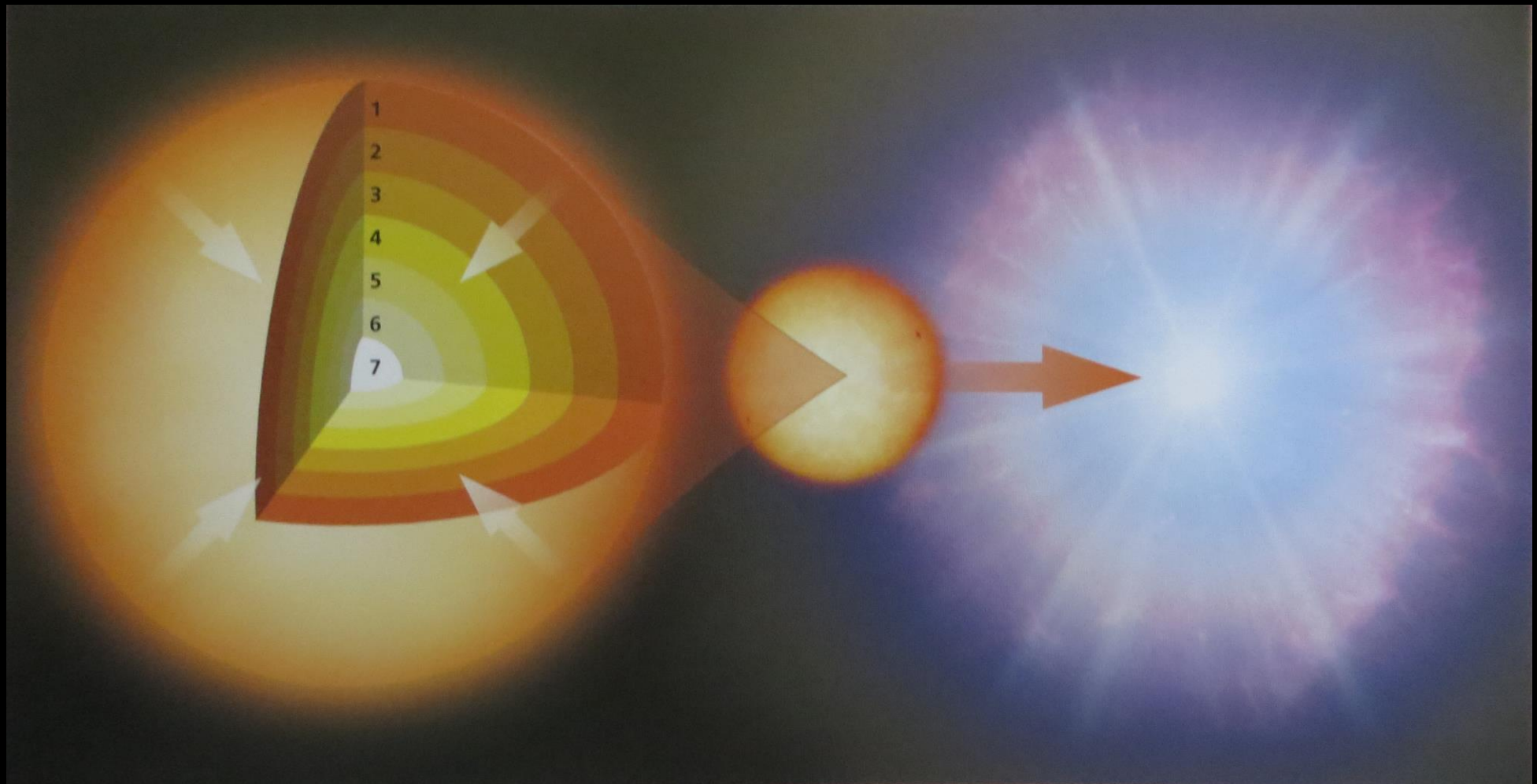
p-p ciklus, CNO ciklus

vörös óriás  $3\alpha$  ciklus

tömegfüggő fejlődési idő és végállapot:

- fehér törpe WD és planetáris köd PN
- Szupernóva SNII

# Végállapotok I.



Nagy tömegű csillag  $M > 10 M_{\odot} \rightarrow \text{SNII}$

## Végállapotok II.



SNII: Rák köd, SN1054,



AGB esetén: M57 Planetary Nebula a Lyra-ban, (Ring-köd.)

## Végállapotok III.

Különleges eset: SNIa: csak vasig keletkeznek magok



## Vörös óriás állapot

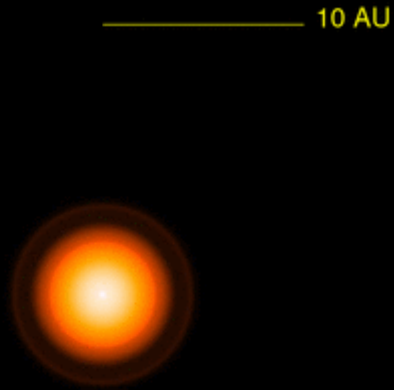
A fősorozat elhagyása, ha a hidrogén 10%-a „elégett”

Hidrogén héjégetés magégés helyett  
Felfúvódó külső réteg

Héliumégetés a magban

Magasabb mag, alacsonyabb felszíni hőmérséklet

# AGB állapot



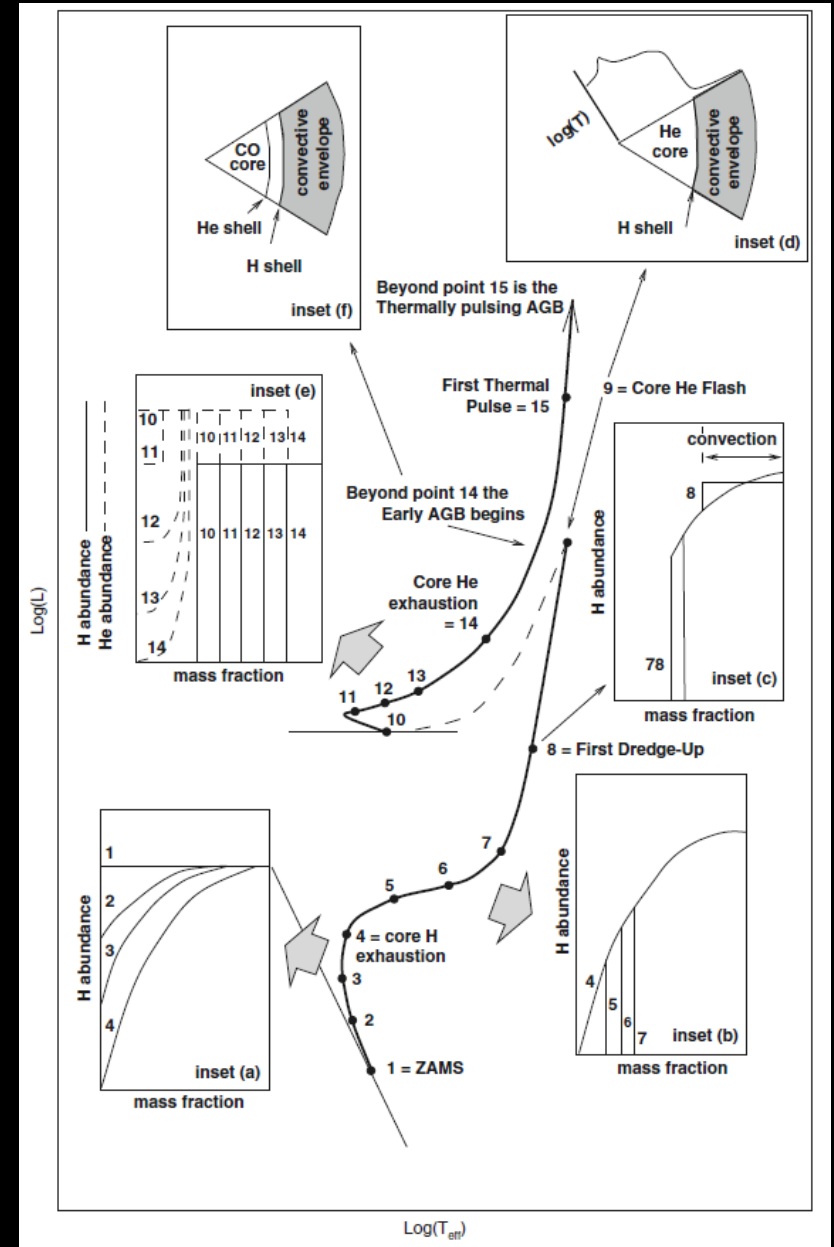
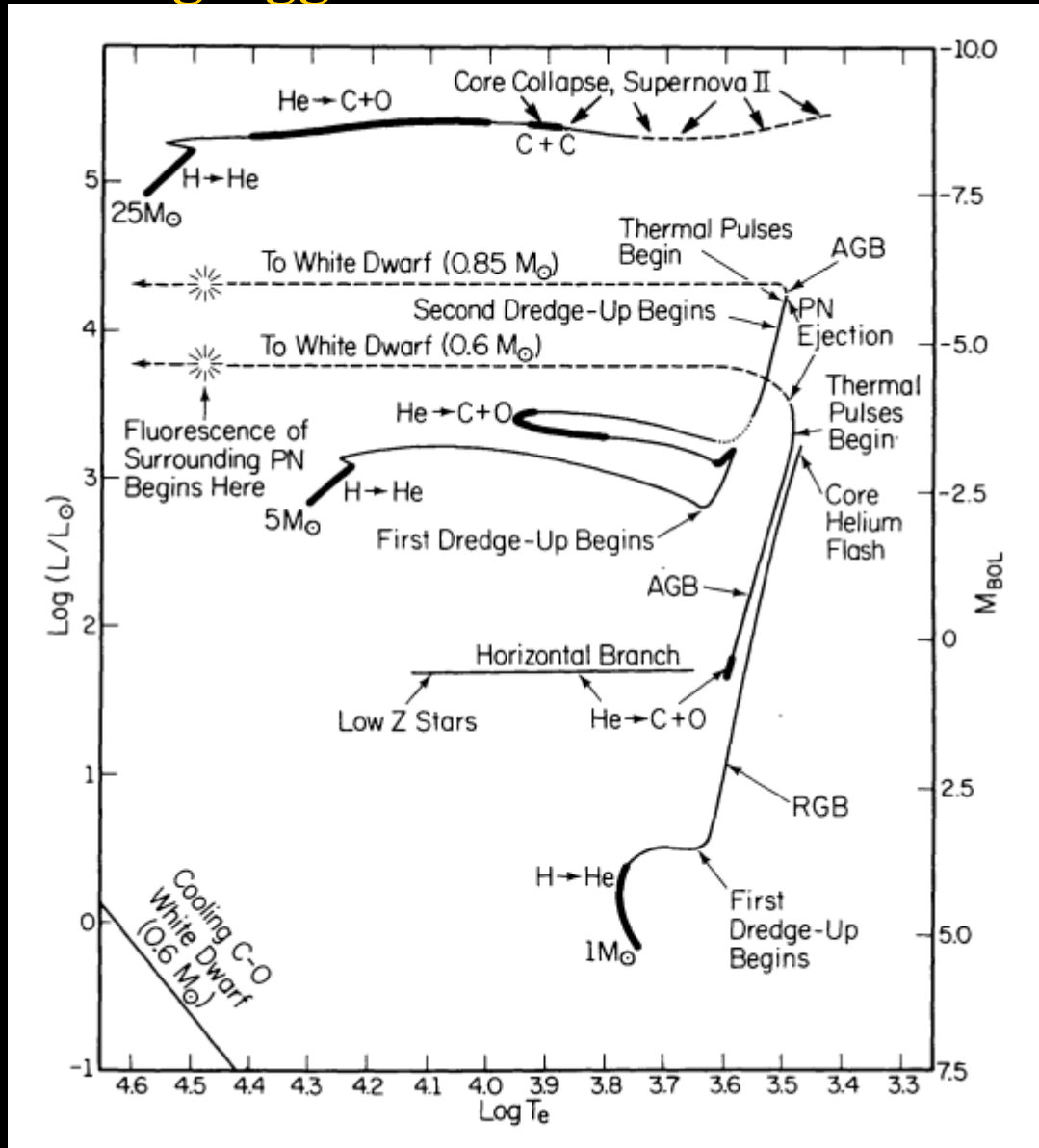
V 0.550 $\mu$ m

Animáció!

Tömegfüggő indulás ( $0,8-8 M_{\odot}$ )  
Égetés két héjon felváltva  
TP-IP  
Felkeveredések  
Tömegvesztés



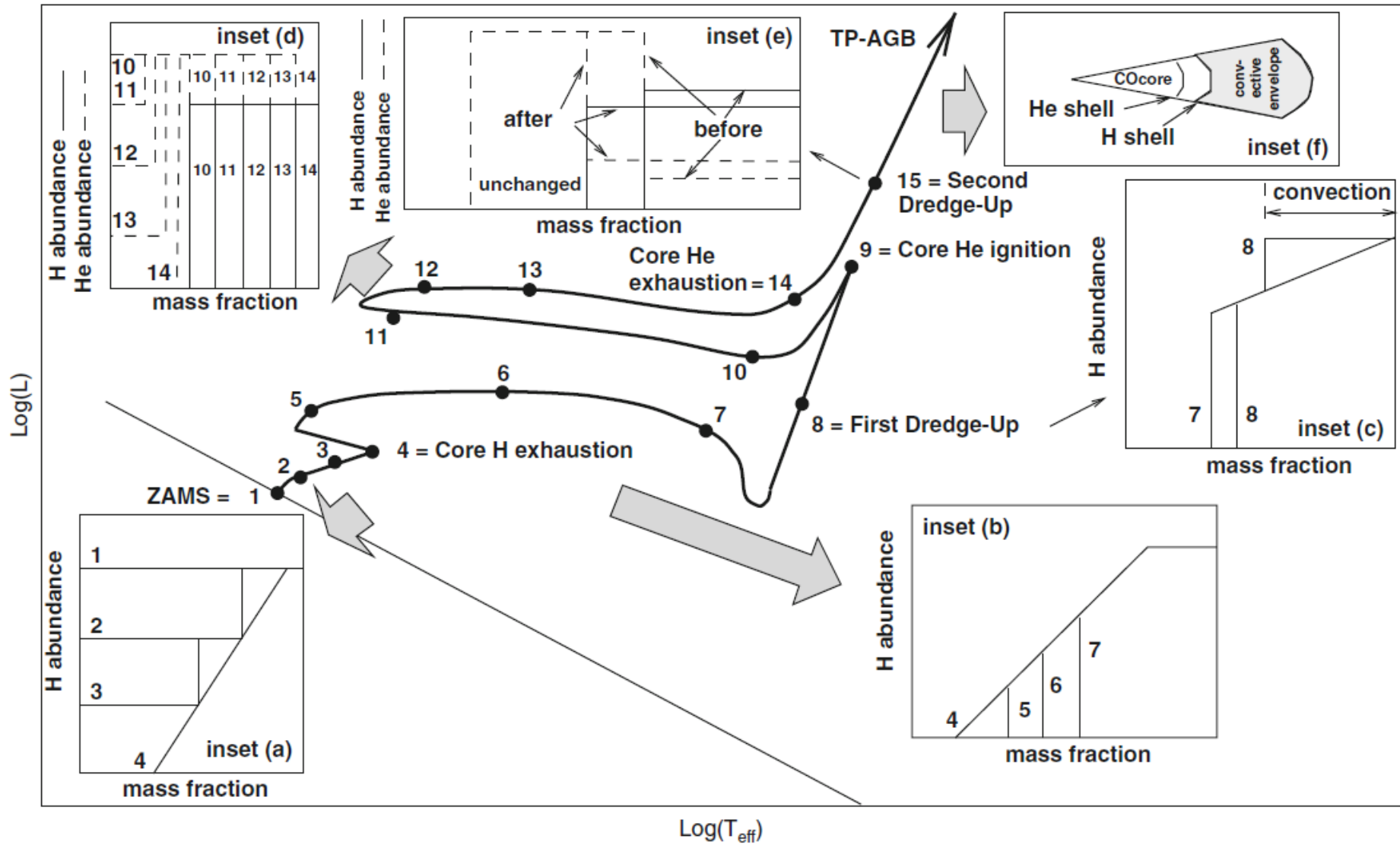
# Tömegfüggő evolúció



(Iben, I. jr. 1991, ApJS, 76, 55, ill. Habing 29.)

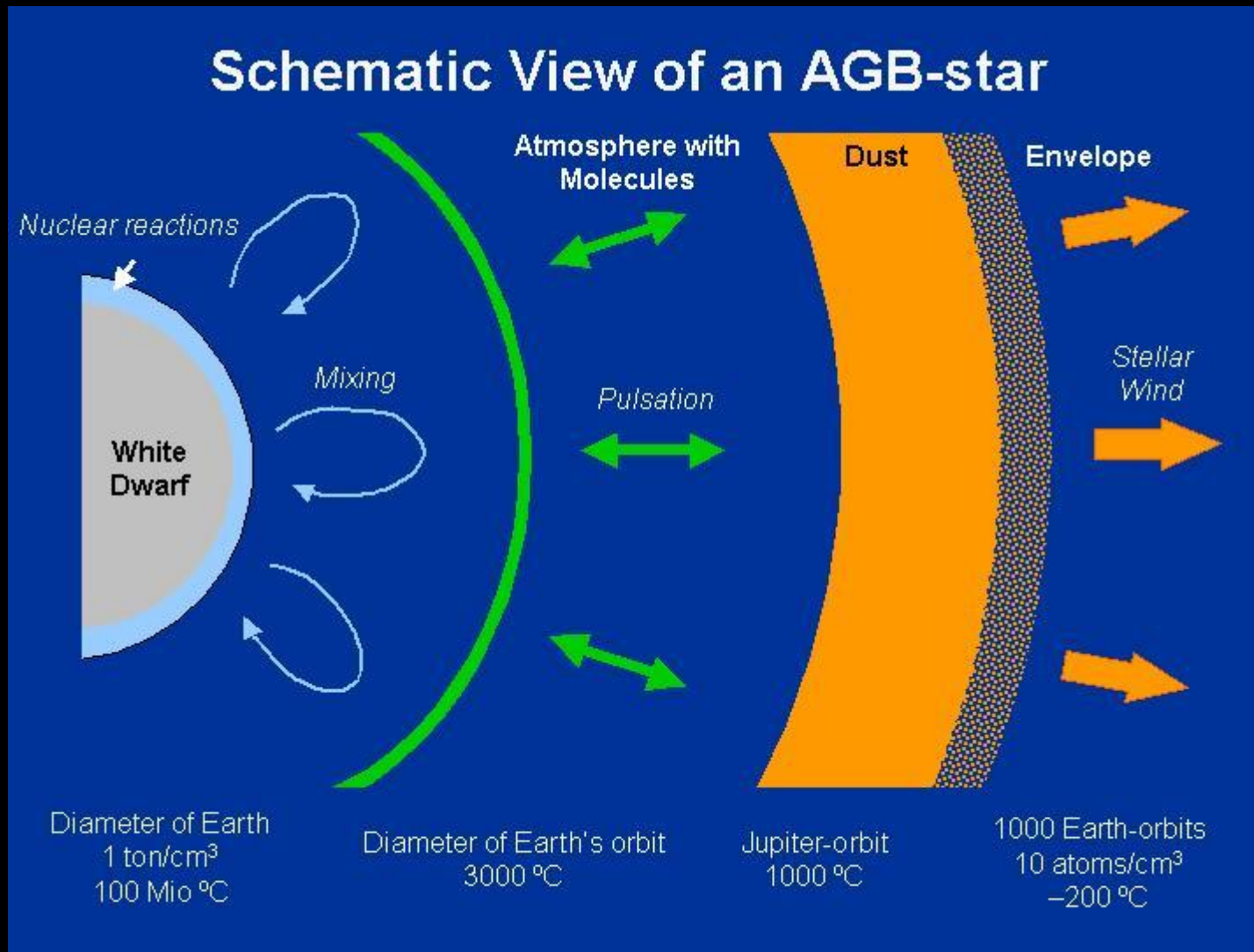
11. Berze Természettudományos Önképzőköri Tábor, Mátraszentistván 2018. 07. 9-13.

# Az AGB fázis kezdete $5M_{\odot}$ esetén



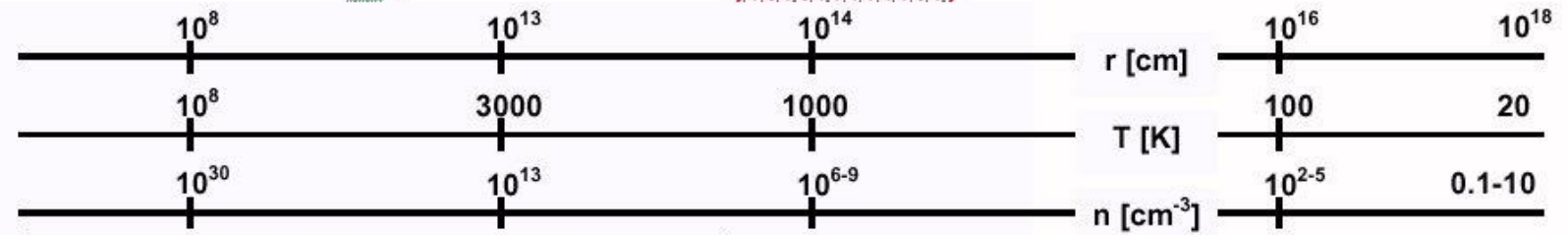
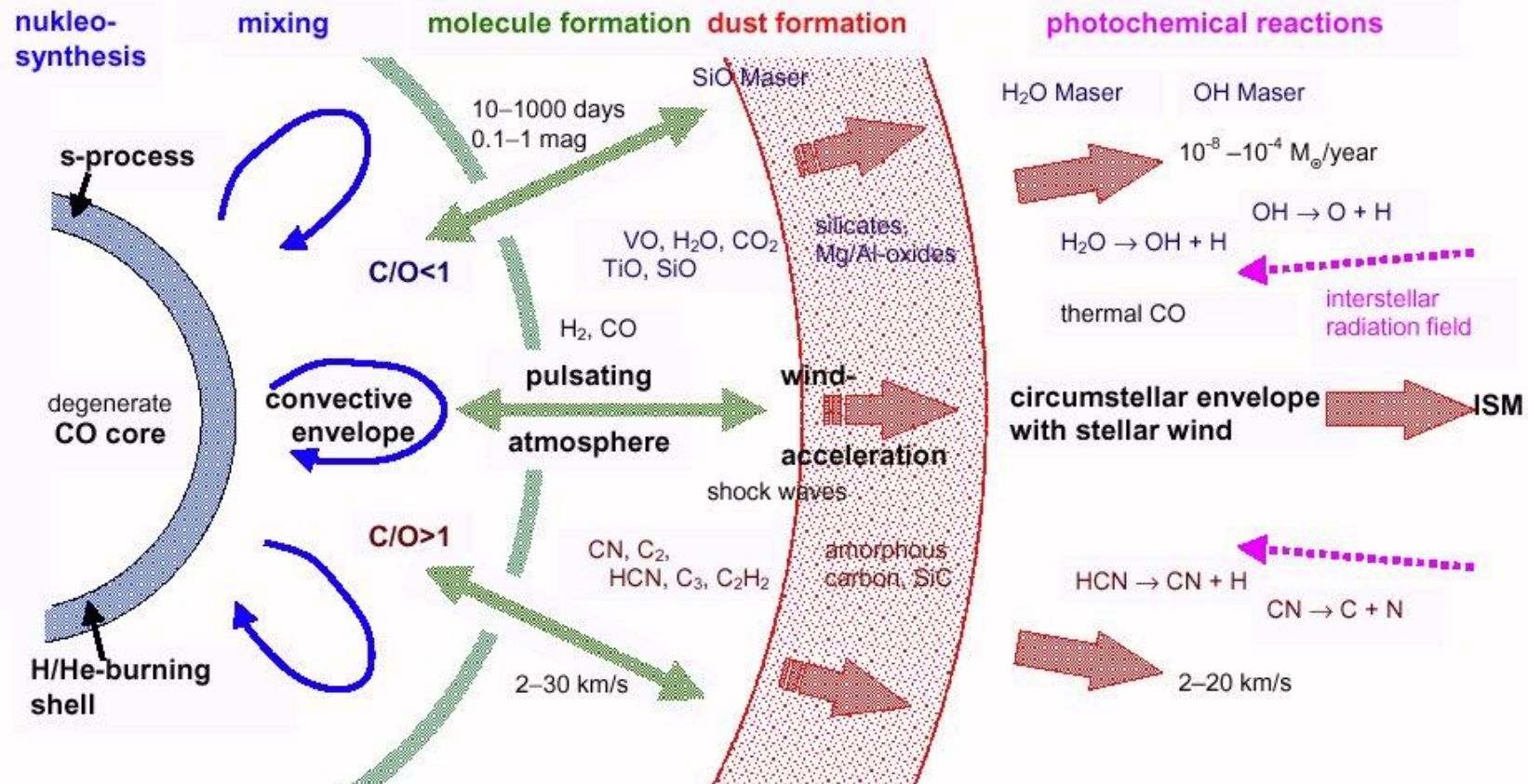
(Habing 30.)

# Az AGB csillag szerkezete



(By Josef Hron, Univ. of Vienna)

## Schematic view of an AGB star



$1R_{\text{sun}} \sim 7 \cdot 10^{10}$ ,  $1\text{AU} \sim 1.5 \cdot 10^{13}$ ,  $1\text{pc} \sim 3 \cdot 10^{18}\text{cm}$

J. Hron, Inst. for Astronomy, Univ. of Vienna

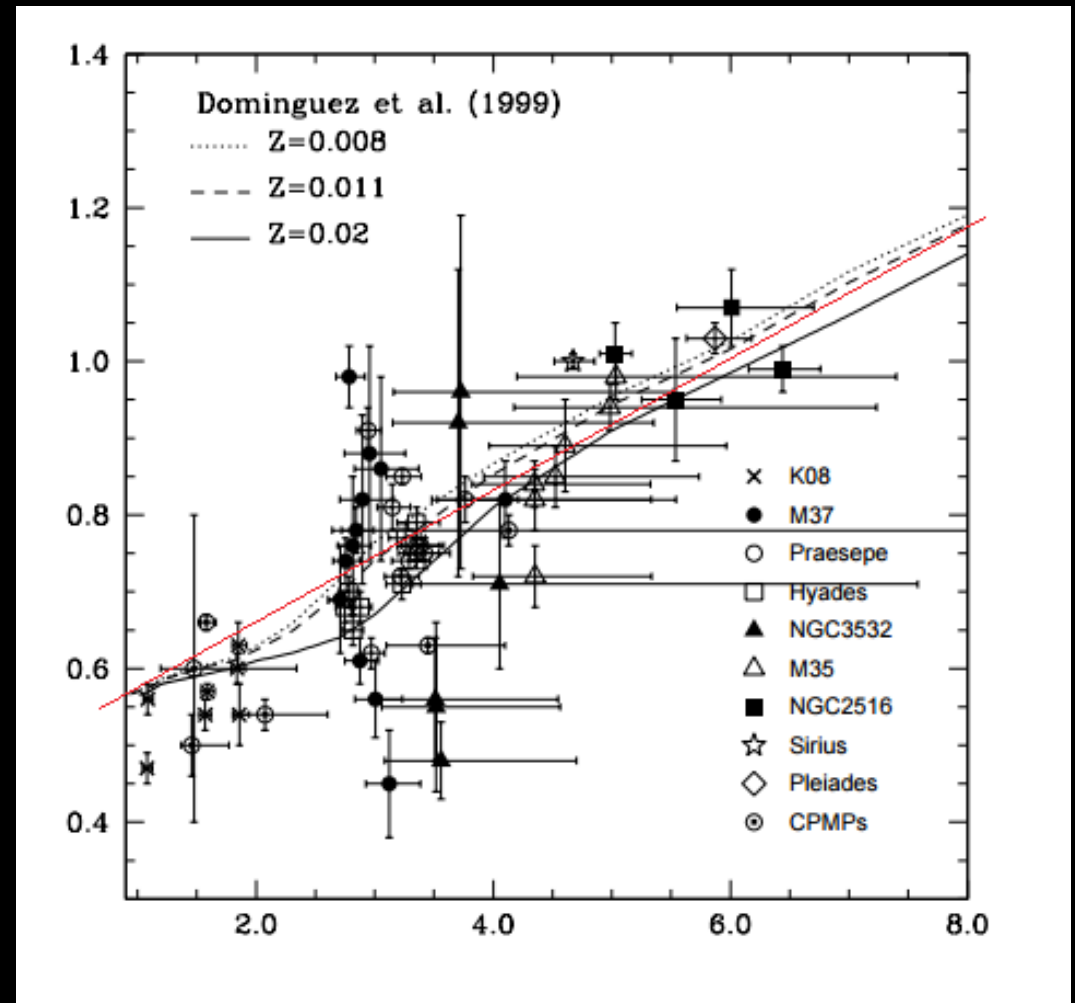
# Fehér törpe

Az AGB csillagok végállapota

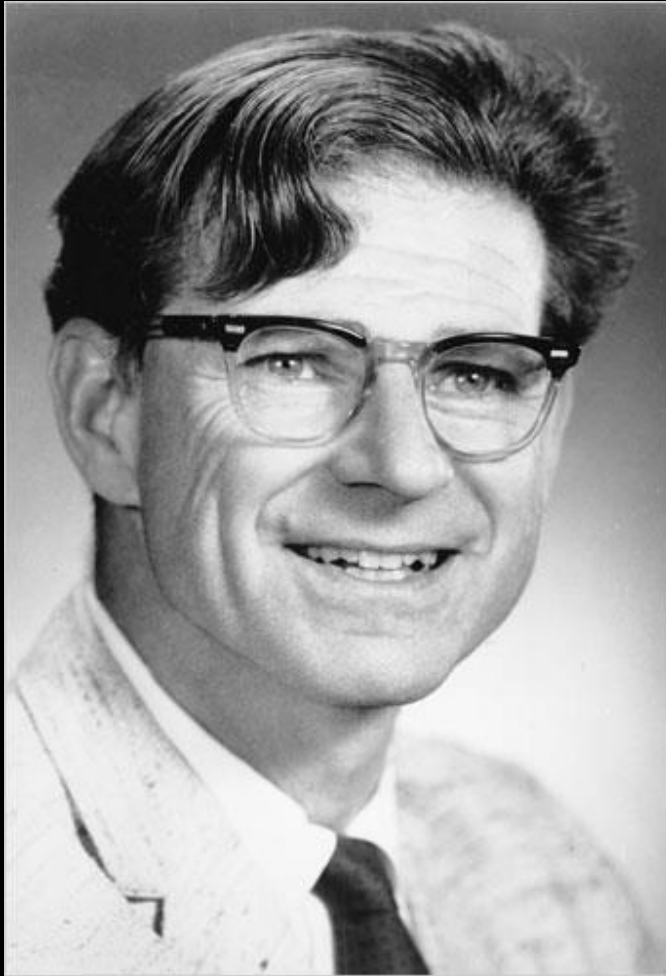
$M < 1,4 M_{\odot}$   
ami a Chandrasekhar-tömeg

A többi tömeg a csillagközi térbe távozik, illetve planetáris köd keletkezik

Mekkora tömeg marad egy  
AGB- $\rightarrow$ WD átalakulás során?



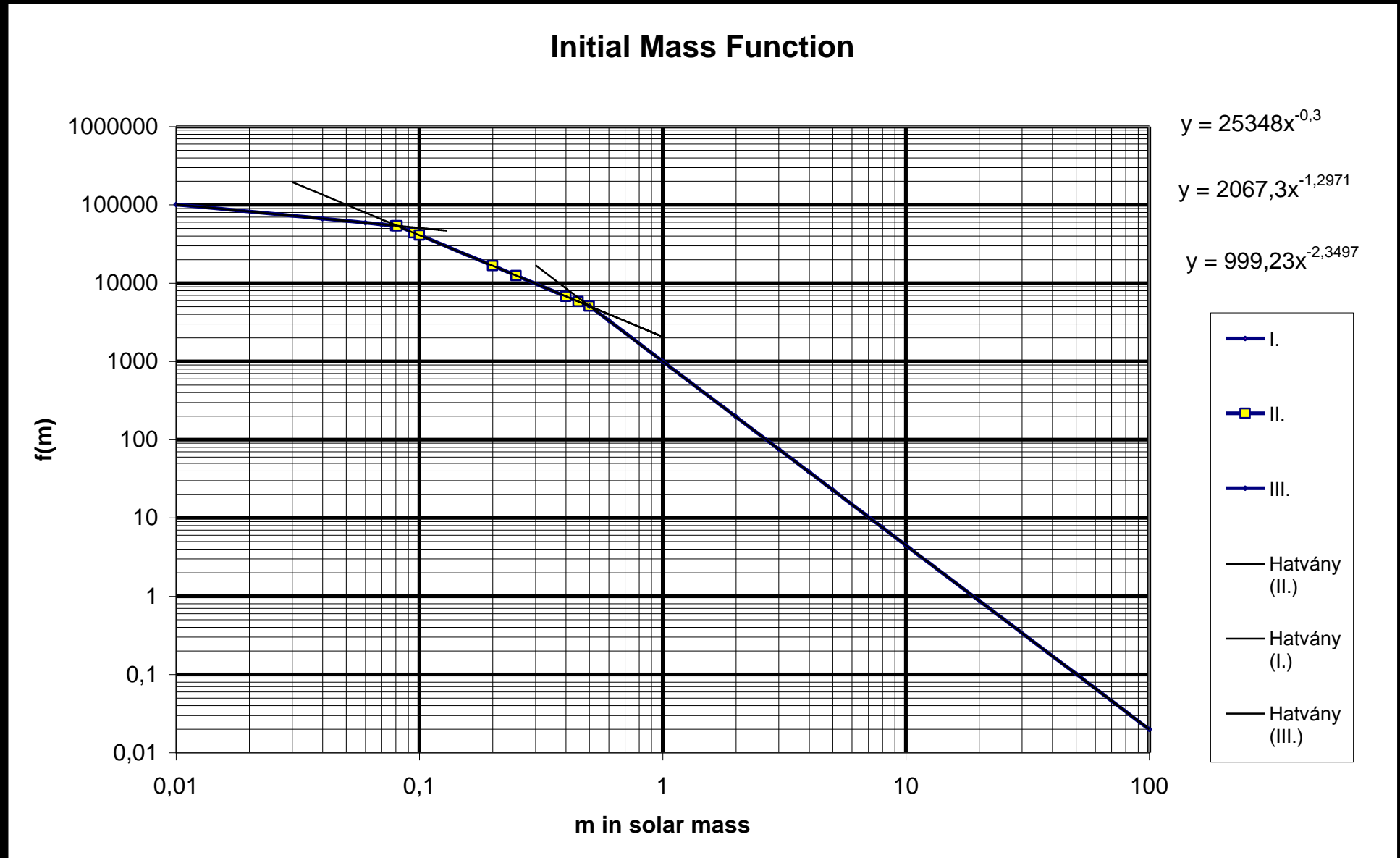
# Initial Mass Function IMF



**(Edwin Salpeter 1924-2008)**

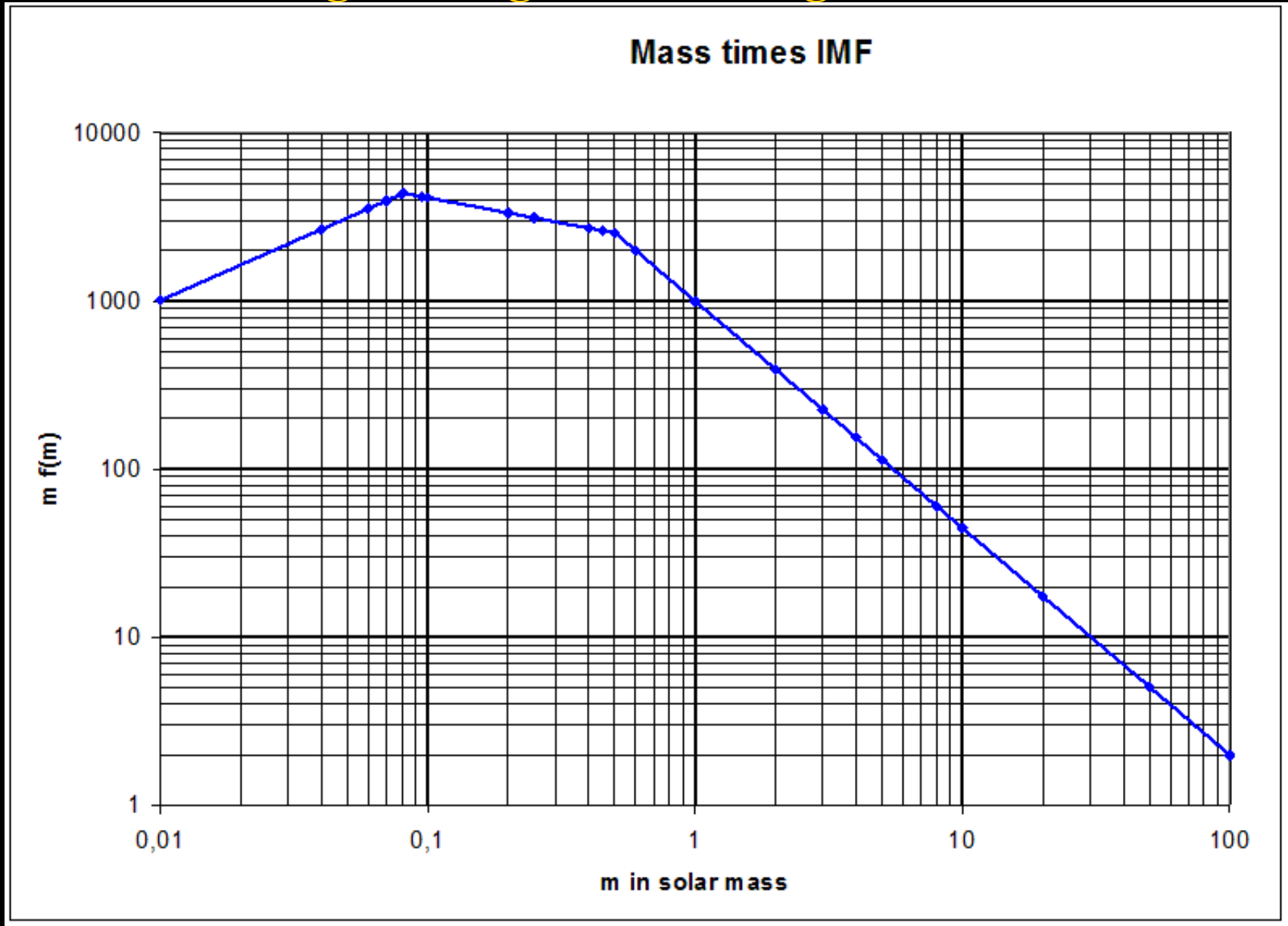
**IMF: PDF**a különböző tömegű csillagokból mennyi keletkezik

# A különböző tömegű csillagok száma





# A különböző tömegű csillagok össztömegének eloszlása



# Hány AGB csillag van egy populációban és mekkora ezek összömege?

End state	Mass range	Minimum time (year) on main sequence	The age of universe $1,3E+10Y$	Piece percent	Mass percent
Brown Dwarf	0-0,08	$1,5E+13$		7,33	4,44
He WD	0,08-0,25	$5,5E+11$	still on main sequence	61,91	13,37
He WD	0,25-0,5	$7,4E+10$	still on main sequence	28,52	15,20
CO WD	0,5-1	$1,0E+10$	possible	1,36	17,11
CO WD	1-2	$1,3E+09$	possible	0,53	13,42
CO WD	2-4	$1,8E+08$	possible	0,21	10,5
CO WD	4-8	$2,5E+07$	possible	0,082	8,26
ONeMg WD	8-11	$9,8E+06$	possible	0,019	3,17
SN II	11-20	$1,7E+06$	possible	0,019	5,08
SN II	>20	-	possible	0,014	9,41

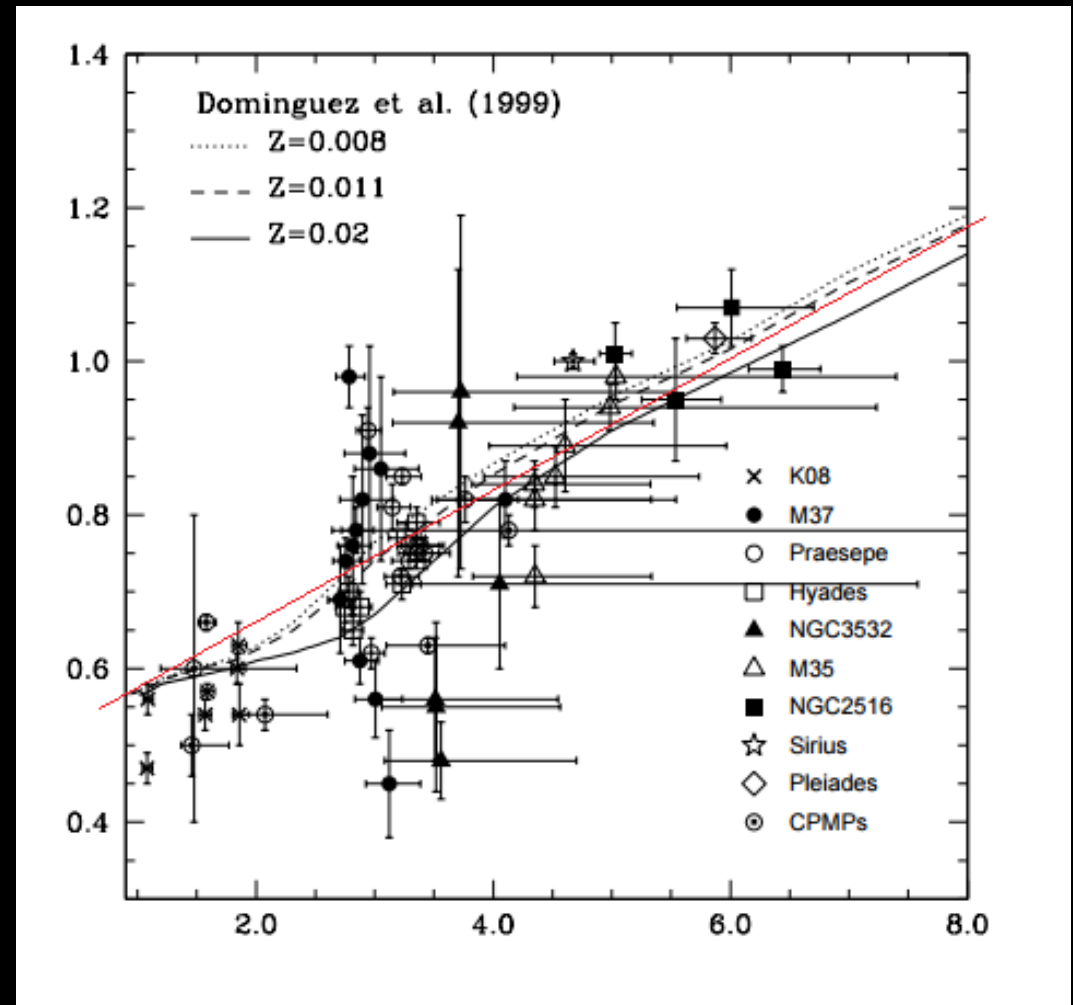
# Mennyi anyag (mekkora tömeg) kerül vissza a csillagközi térbe?

A halmaz össztömegéből  
81% volt vagy van AGB csillagban.

Ebből  
52% ment keresztül AGB fázison és a  
tömegvesztés során a kezdeti tömeg  
30%-ka tért vissza az intersztelláris  
közegbe.

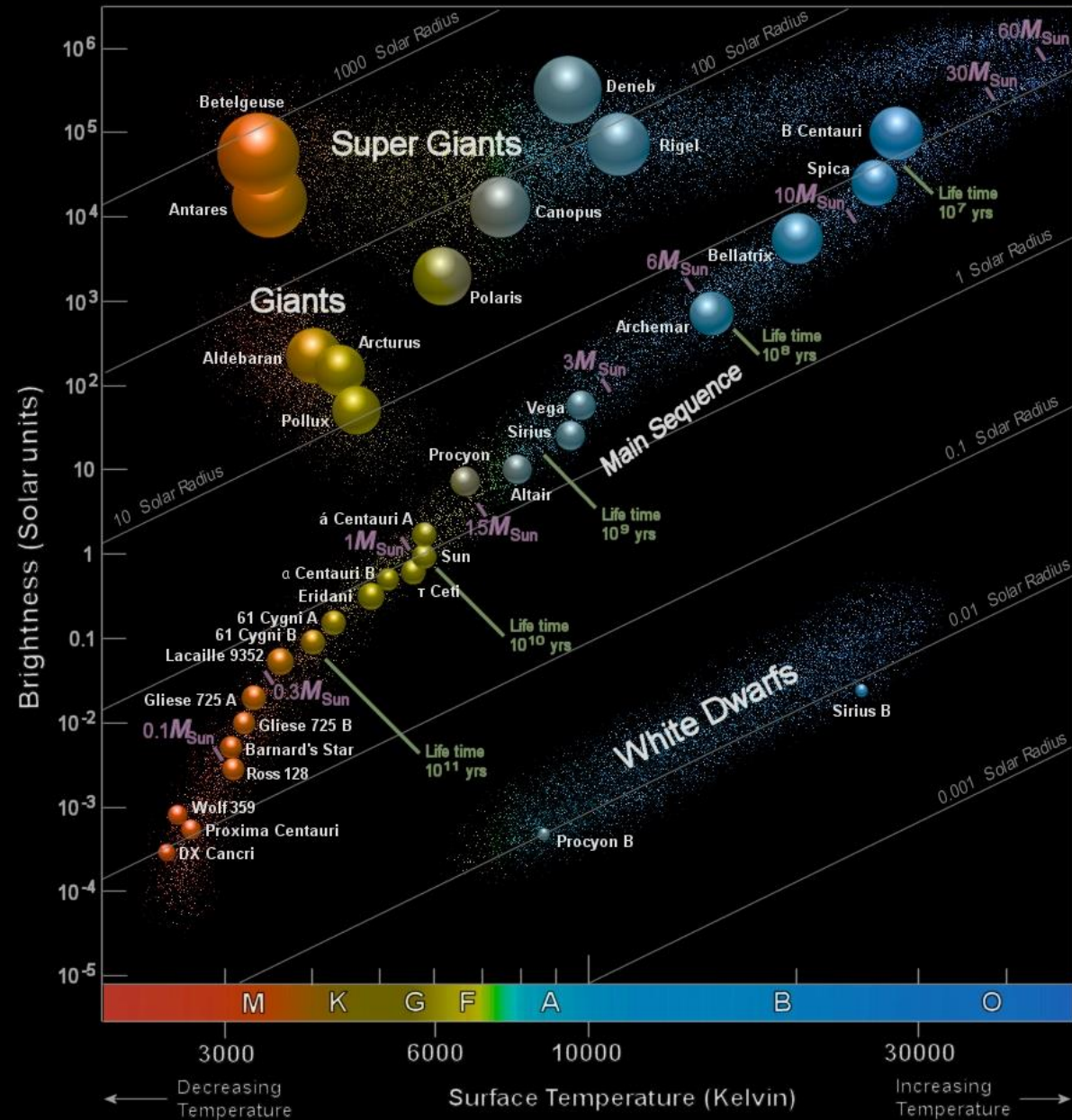
A SNII szupernóvákból a kezdeti  
tömegnek csak 14.5% jutott vissza a  
csillagközi anyagba.

Az AGB csillagokból a kezdeti tömeg  
58% of tér vissza a csillagközi  
anyagba és 41% marad fehér  
törpékben. Az ezekből (kettős csillagokban lévőkből) keletkező SNIa szupernóvák  
további járulékot adnak.

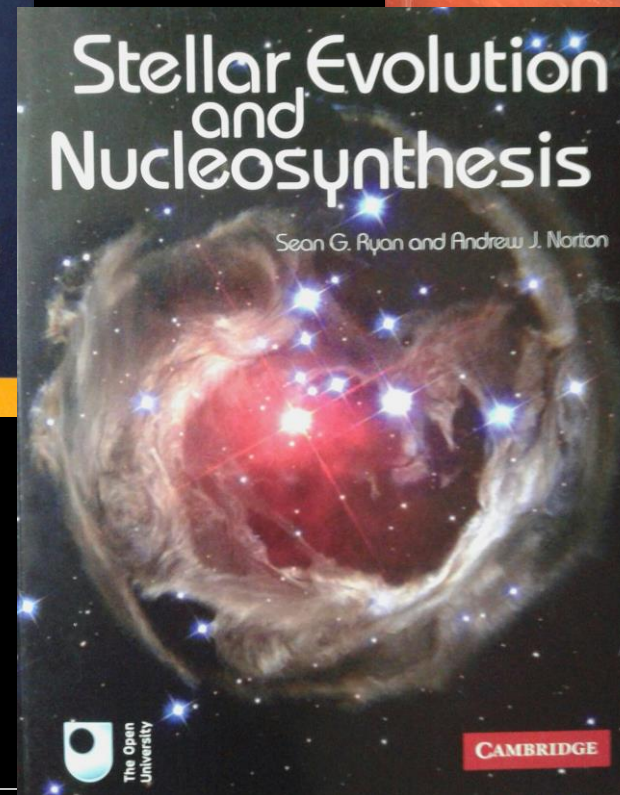
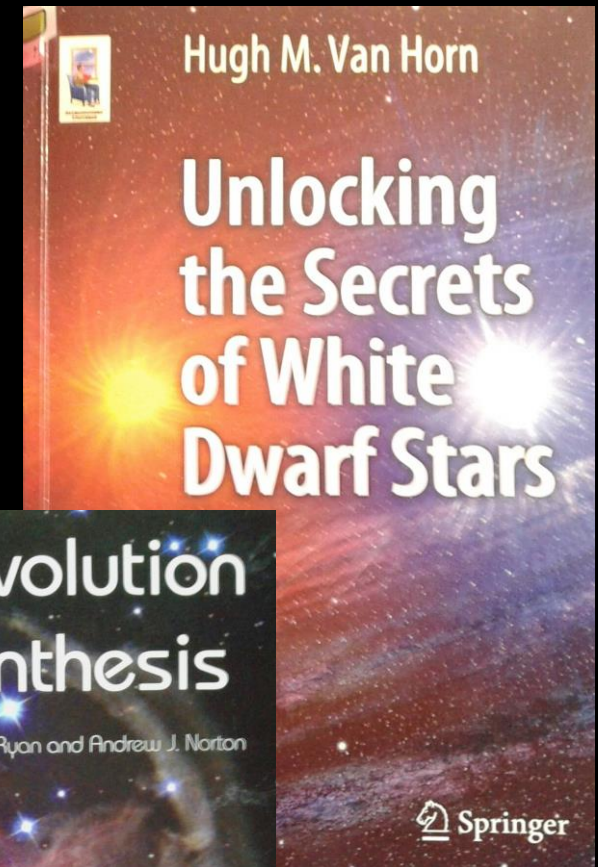
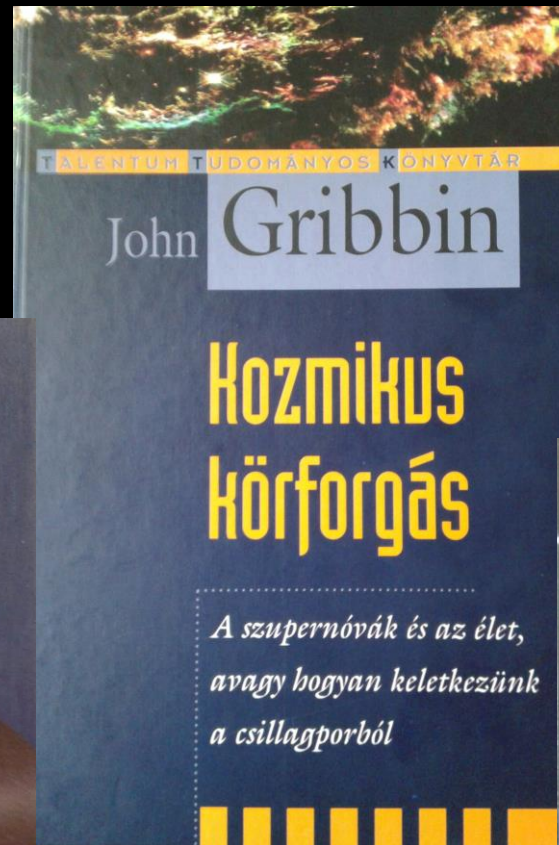
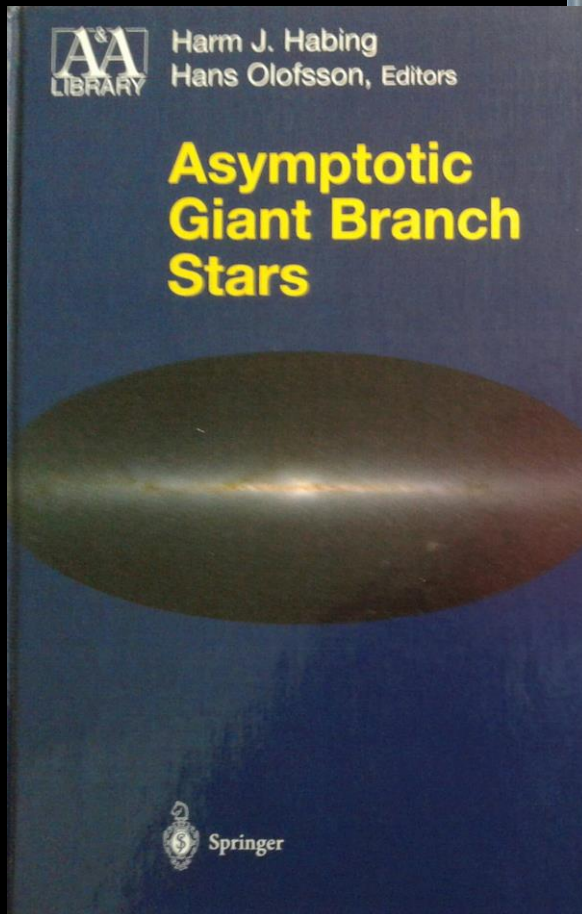


# A HRD másként

## Hertzsprung-Russel Diagram



# Néhány könyv az érdeklődőknek



11. Berze Természettudományos Onképzőköri Tábor, Mátraszentistván 2018. 07. 9-13.

Kiss Miklós PhD



**Köszönöm a  
figyelmet!**