LA SUPERNOVA 1987A E LE ALTRE SUPERNOVAE IIP

come sonde per l'evoluzione stellare e come strumenti cosmologici

proprietà, insegnamenti, sviluppi

Amedeo Tornambé

TORINO

9 marzo 2007

Generalità

aspetti rilevanti dello studio delle SNe in astro(fisica)

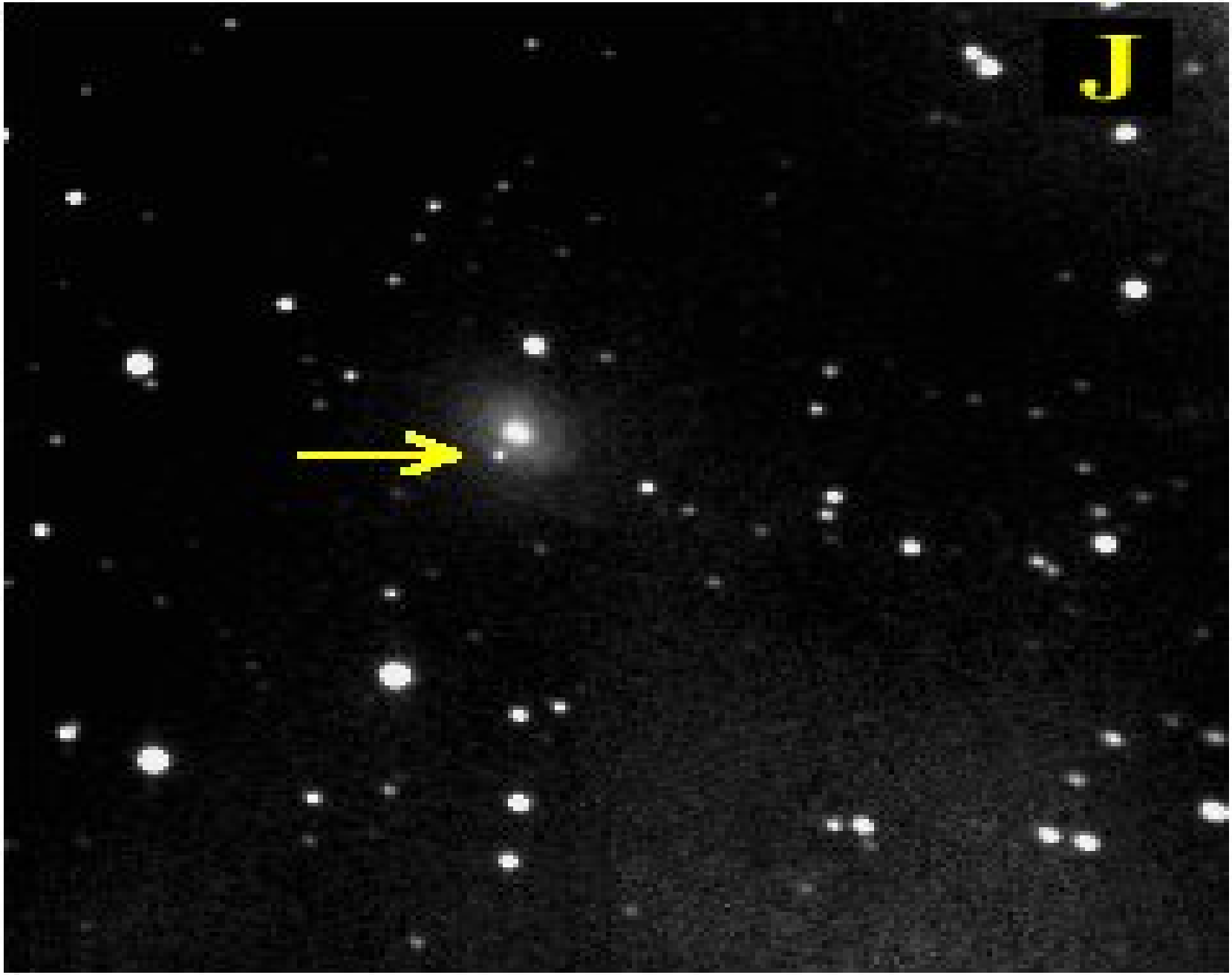
1) *producono gli elementi "pesanti" A>4 →A~58*
2) *inducono formazione stellare*
3) *sono indicatori di distanza (molto alta)*
4) *sono traccianti di popolazioni stellari*
5) *……..*
6) *fisica della GWs*
7) *fisica dei neutrini*
8) *fisica esotica??*

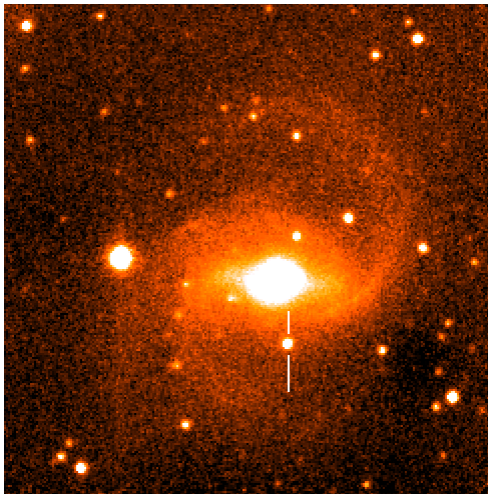
Generalità

I MECCANISMI ESPLOSIVI SONO ESSENZIALMENTE DUE:

1) COLLASSO DEL NUCLEO (stelle massicce)
   10^{53} *erg a spese dell'energia gravitazionale*

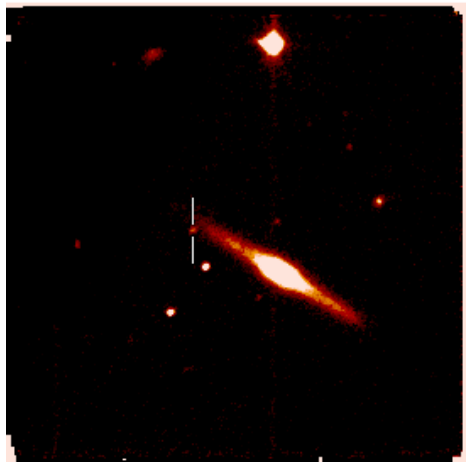
2) ESPLOSIONE TERMONUCLEARE (sistemi binari) 10^{51} *erg a spese della combustione completa (fino a NSE) di una massa solare di Carbonio*


J

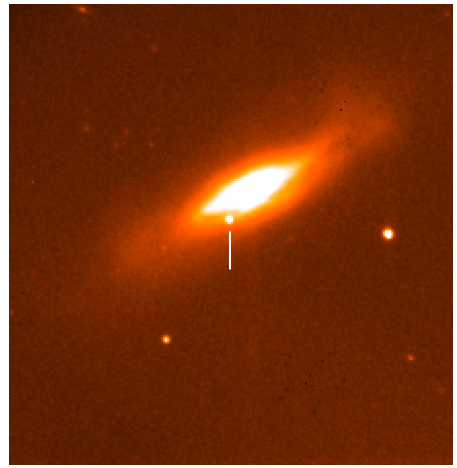


SN 2000E
in NGC 6951
NIR(AZT-24)

SN 2001V
in NGC 3987
NIR(AZT-24)



SN 2002bo
in NGC 3190
NIR(AZT-24)



Le supernovae core collapse

Stelle di massa iniziale maggiore di ~10-12 $M_\odot$ percorrono tutte le fasi evolutive fino alla formazione di un nucleo di “Fe”

H →He →C → O - Ne - Mg →Si →”Fe”

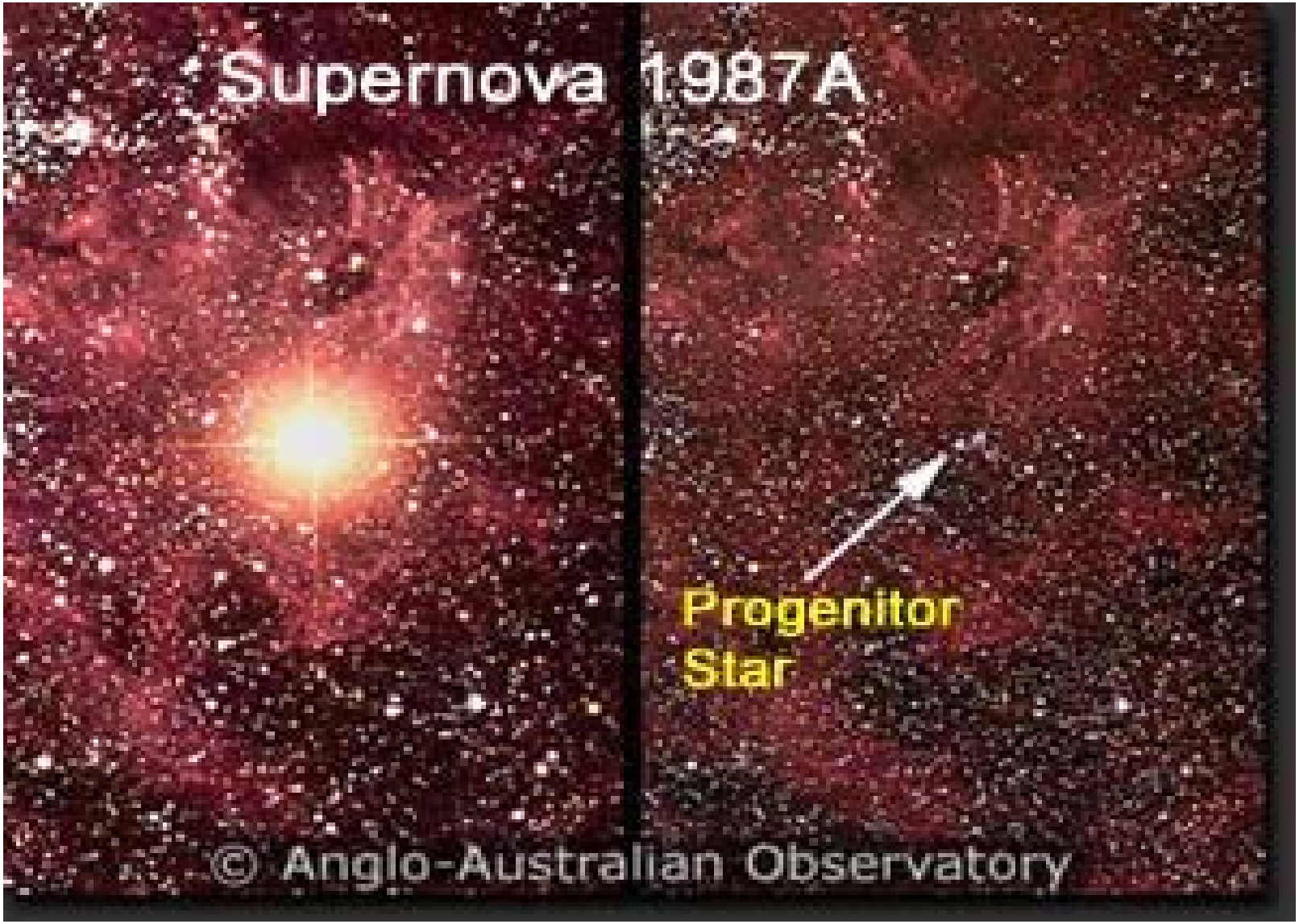
Il collasso ha inizio nel nucleo quando il nucleo di “Fe” si destabilizza

Lo shock indotto dal collasso dovrebbe espellere il mantello (l’aspetto visibile dell’evento “supernova”).

SN I987 A:

- PER LA PRIMA VOLTA E' POSSIBILE RISALIRE AL PROGENITORE E CONOSCERE LE SUE PROPRIETA'

- Log $L/L_\odot \sim 5.2$
- Log $T_e \sim 4.2$
- $Z \sim Z_\odot/3$
- $M_{iniz} \sim 18 \div 20\ M_\odot$

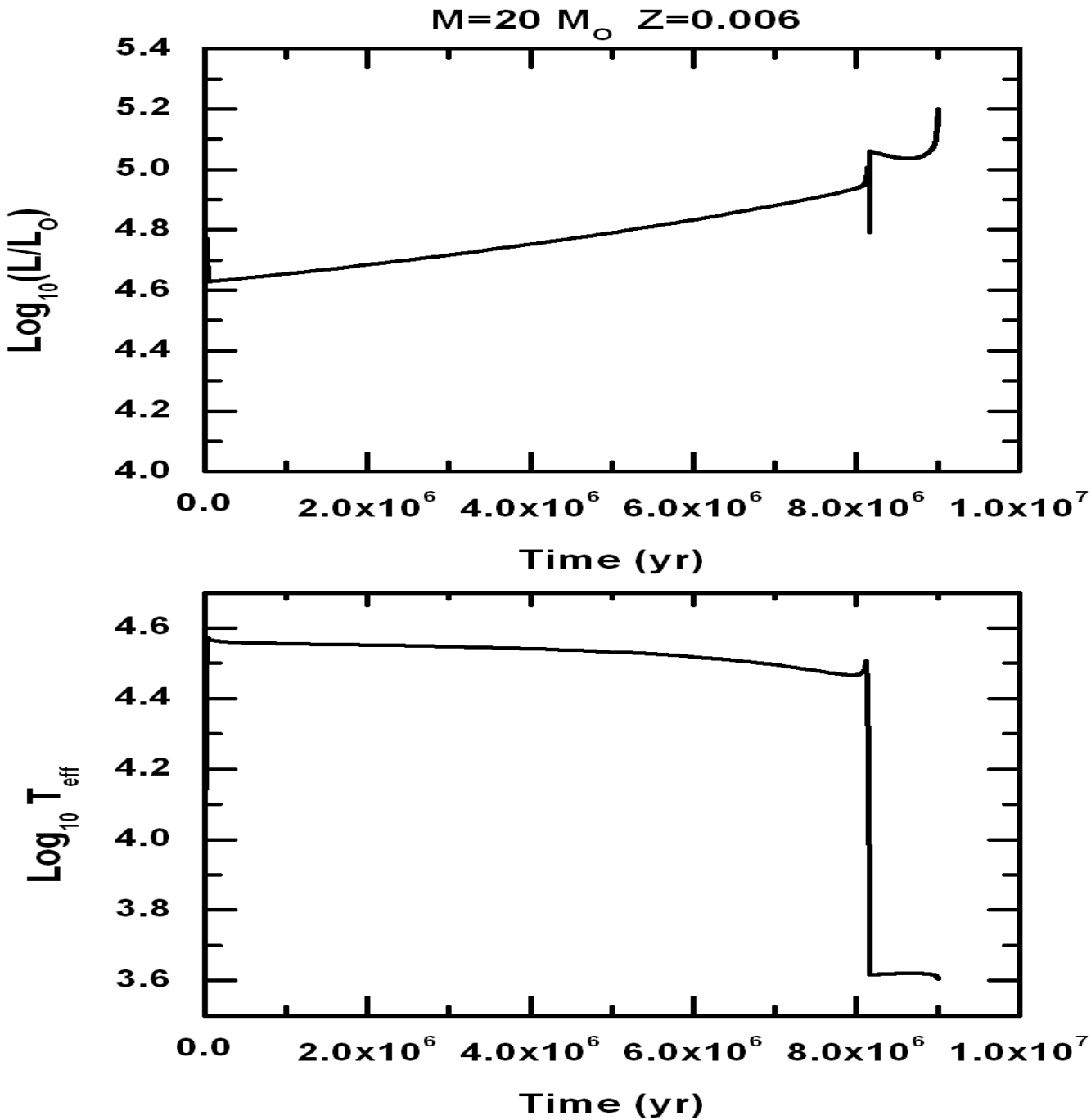

Supernova 1987A
Progenitor
Star
© Anglo-Australian Observatory

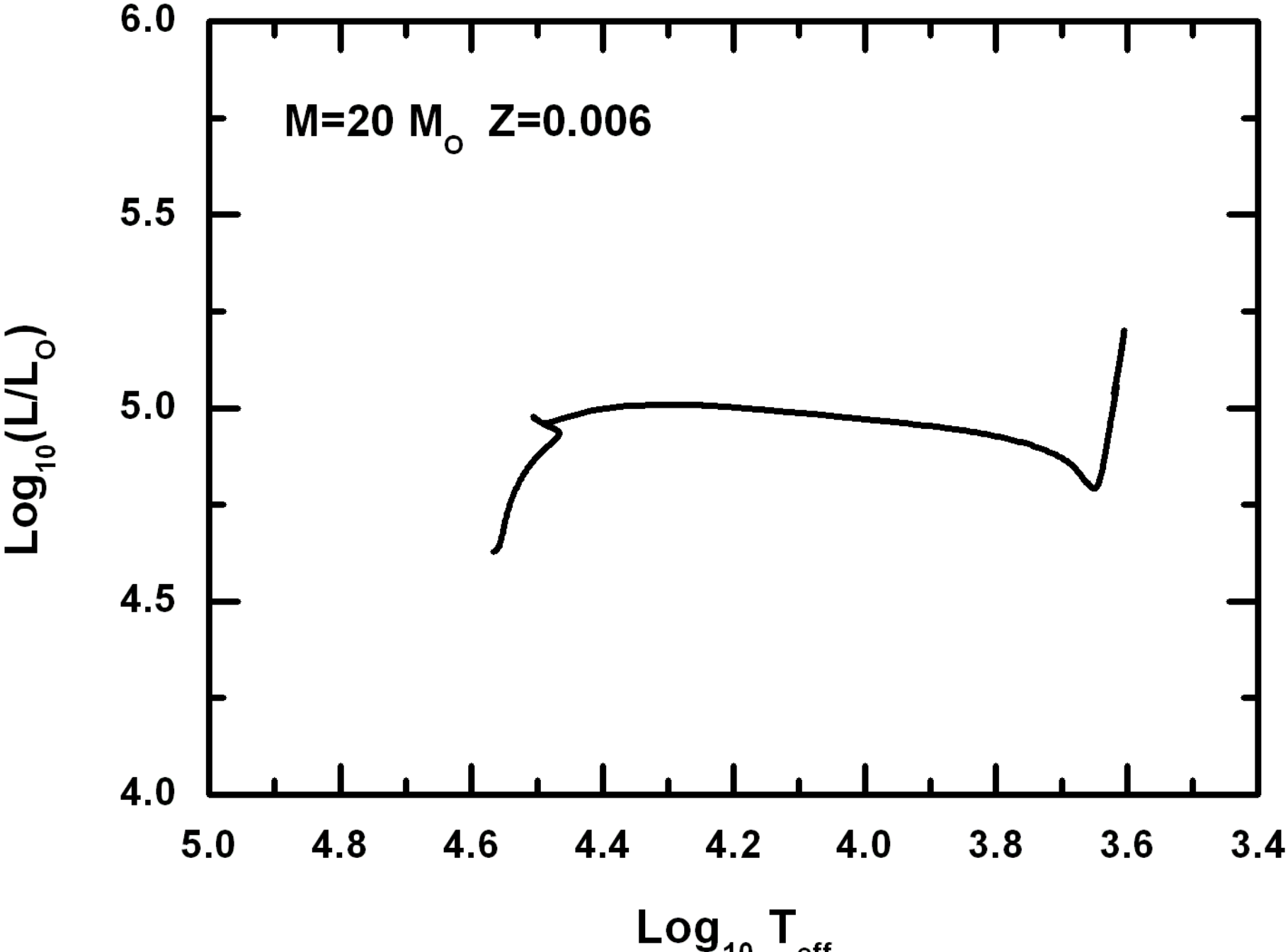
PRIMA DI 1987A

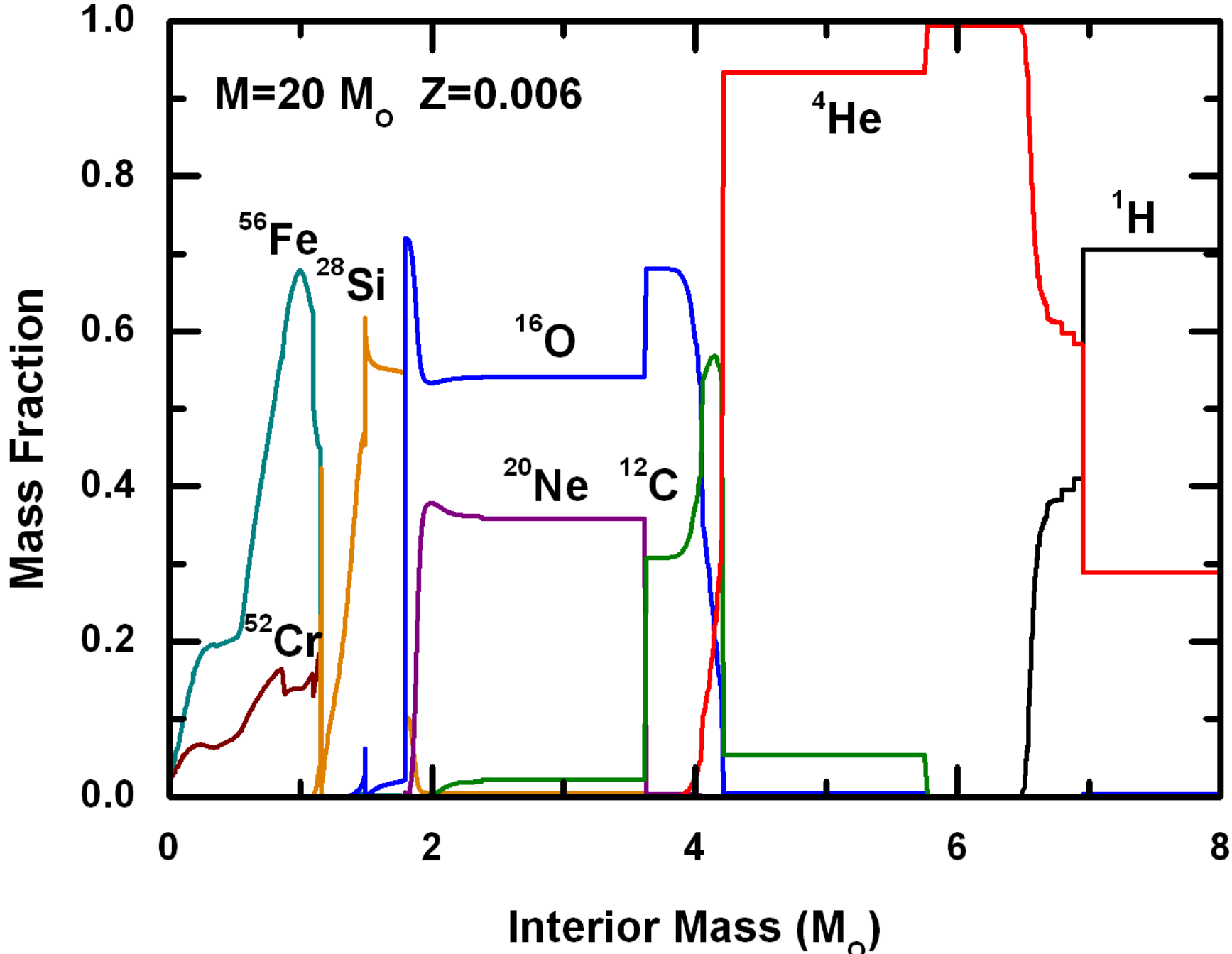
(nota: le fasi avanzate sono molto rapide e quindi molto poco, o nient' affatto, osserva(te_bili)

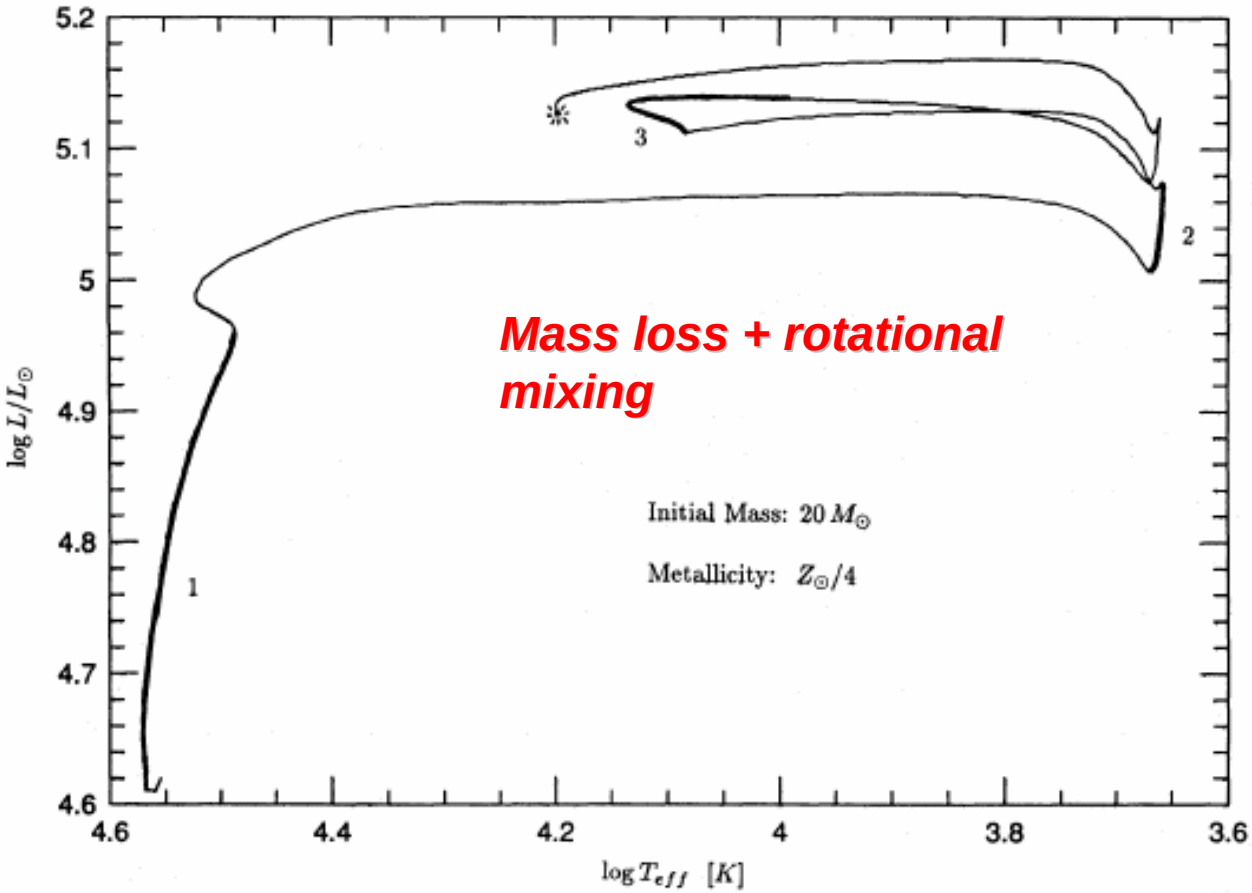
Convincimenti:

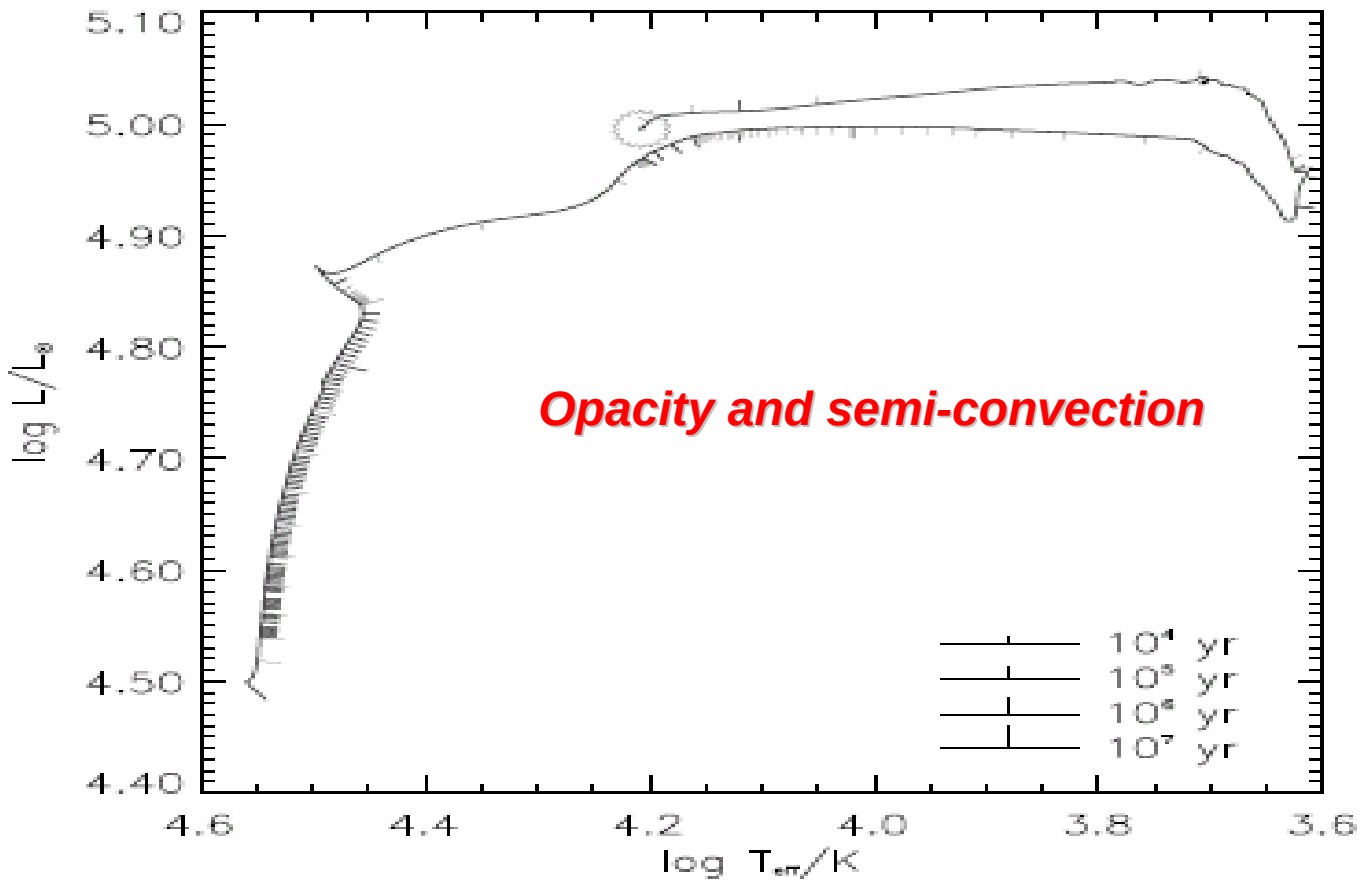
* Supergiganti rosse uniche progenitrici di SN II
* Evoluzione a-traumatica per gli inviluppi
* Collasso omologo, espulsione omologa
* Formazione di un oggetto compatto (pulsar o BH)
* Curve di luce plateau o lineari


M=20 M$_\odot$ Z=0.006
Log$_{10}$(L/L$_\odot$)
5.4
5.2
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
0.0
2.0x10^6
4.0x10^6
6.0x10^6
8.0x10^6
1.0x10^7
Time (yr)
Log$_{10}$ T$_{eff}$
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
0.0
2.0x10^6
4.0x10^6
6.0x10^6
8.0x10^6
1.0x10^7
Time (yr)


M=20 M$_\odot$ Z=0.006
6.0
5.5
5.0
4.5
4.0
Log$_{10}$(L/L$_\odot$)
5.0
4.8
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
3.4
Log$_{10}$ T$_{eff}$


M=20 M$_\odot$ Z=0.006
^{56}Fe
^{28}Si
^{16}O
^{20}Ne
^{12}C
^{4}He
^{1}H
^{52}Cr
Mass Fraction
Interior Mass (M$_\odot$)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
2
4
6
8


Mass loss + rotational mixing
Initial Mass: 20 $M_\odot$
Metallicity: $Z_\odot/4$
1
2
3
5.2
5.1
5
4.9
4.8
4.7
4.6
4.6
4.4
4.2
4
3.8
3.6
$\log L/L_\odot$
$\log T_{eff}$ [K]


Opacity and semi-convection
5.10
5.00
4.90
4.80
4.70
4.60
4.50
4.40
log L/L⊙
4.6
4.4
4.2
4.0
3.8
3.6
log Teff/K
10⁴ yr
10⁵ yr
10⁶ yr
10⁷ yr

GLI INVILUPPI DELLE STELLE MASSICCE IN FASI AVANZATE SONO ANCORA POCO NOTI

EVIDENZE SI AGGIUNGONO CONTINUAMENTE SUL COMPORTAMENTO "INSTABILE" DEGLI INVILUPPI ESPANSI NELLE FASI EVOLUTIVE AVANZATE:

PERDITA DI MASSA STOCASTICA (sia temporalmente sia dimensionalmente) ed ANISOTROPA

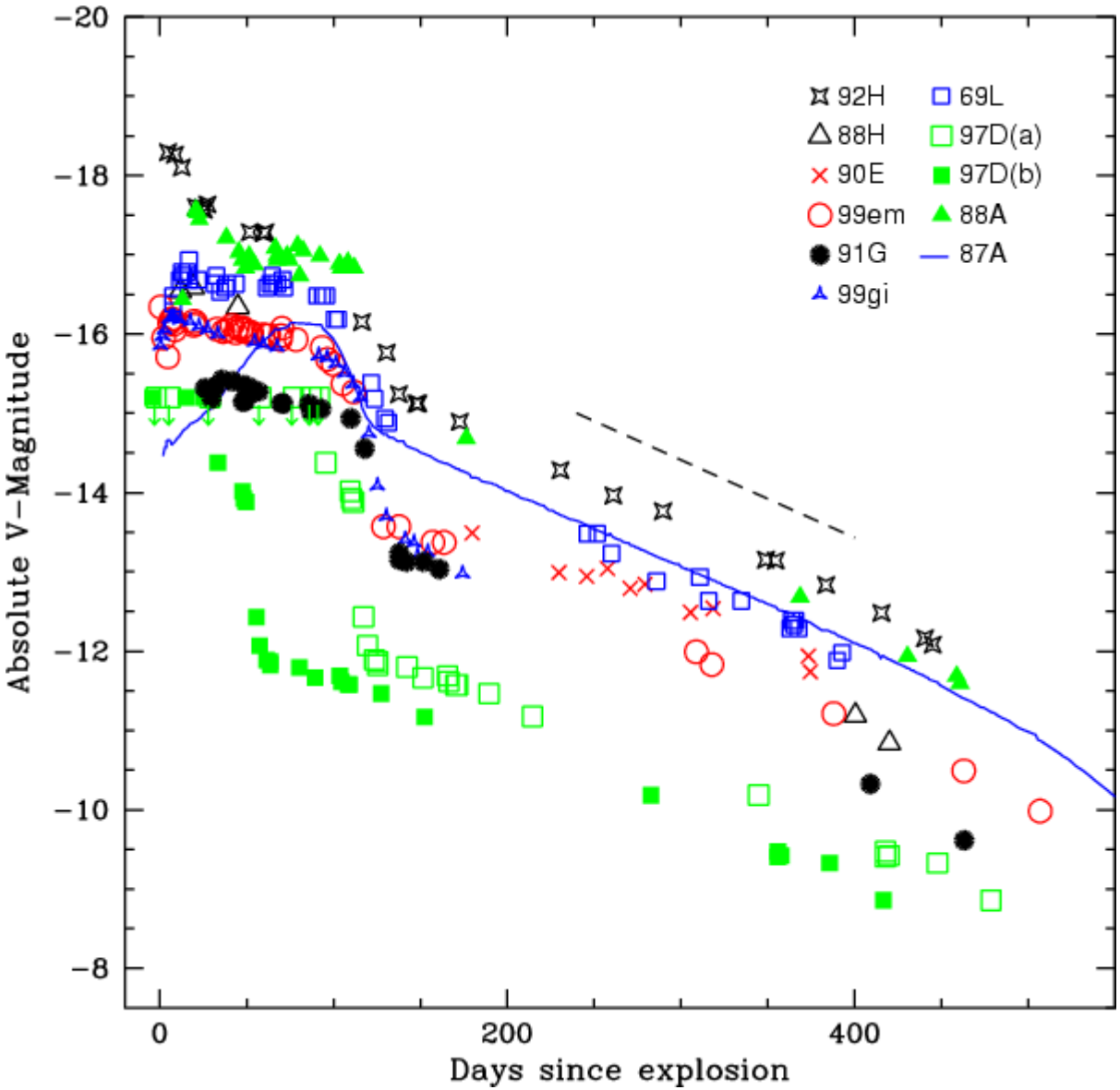
LA CURVA DI LUCE

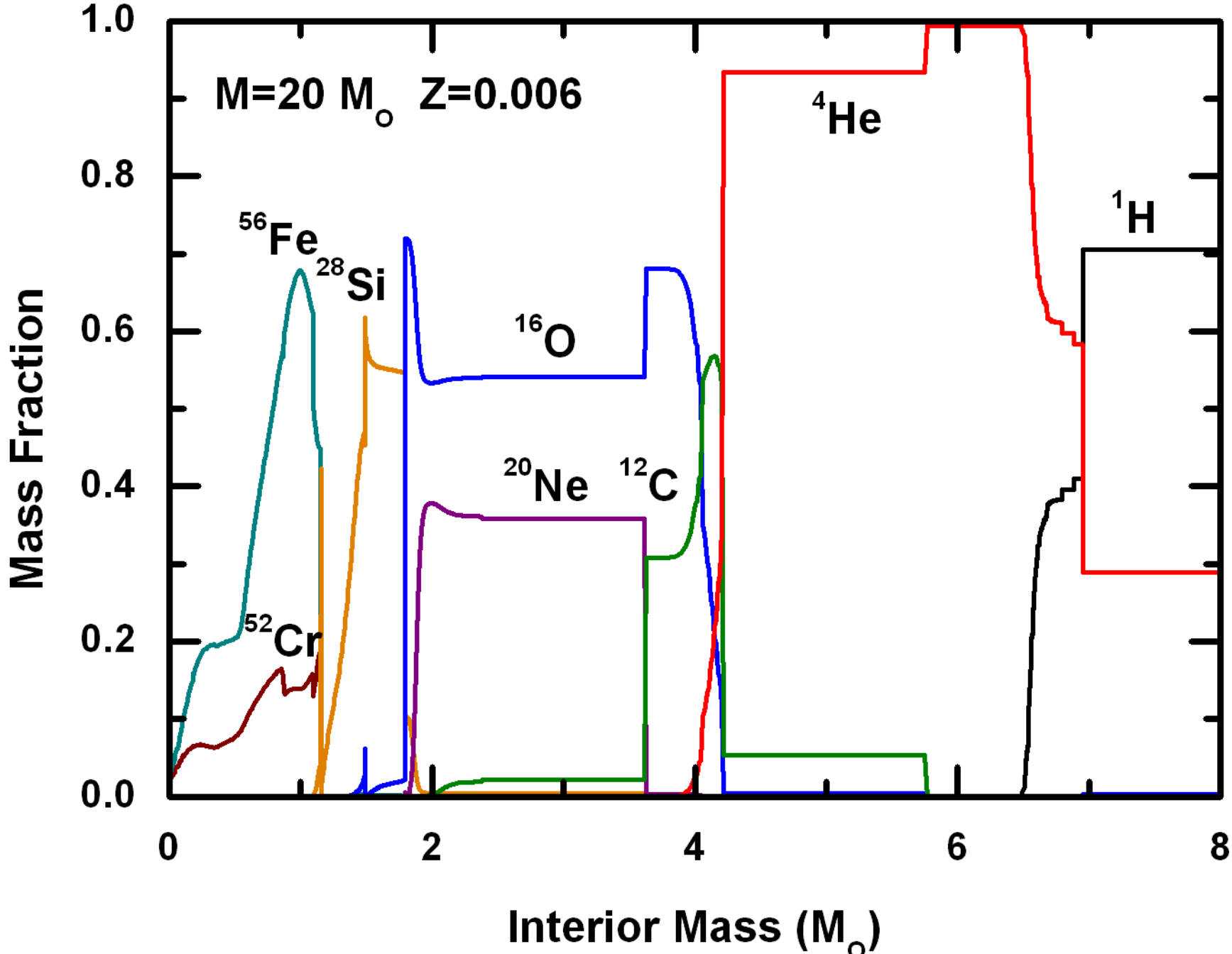
LA CURVA DI LUCE DI SN 1987 A
E' APPARENTEMENTE ANOMALA

TUTTAVIA ESSA E' IL RISULTATO DI UNA SN IN UN PROGENITORE COMPATTO

TECNICAMENTE E' UNA PLATEAU

NON E' RIPRODUCIBILE SENZA L'APPORTO ENERGETICO DEL Ni


92H
69L
88H
97D(a)
90E
97D(b)
99em
88A
91G
87A
99gi
Absolute V−Magnitude
Days since explosion
−20
−18
−16
−14
−12
−10
−8
0
200
400

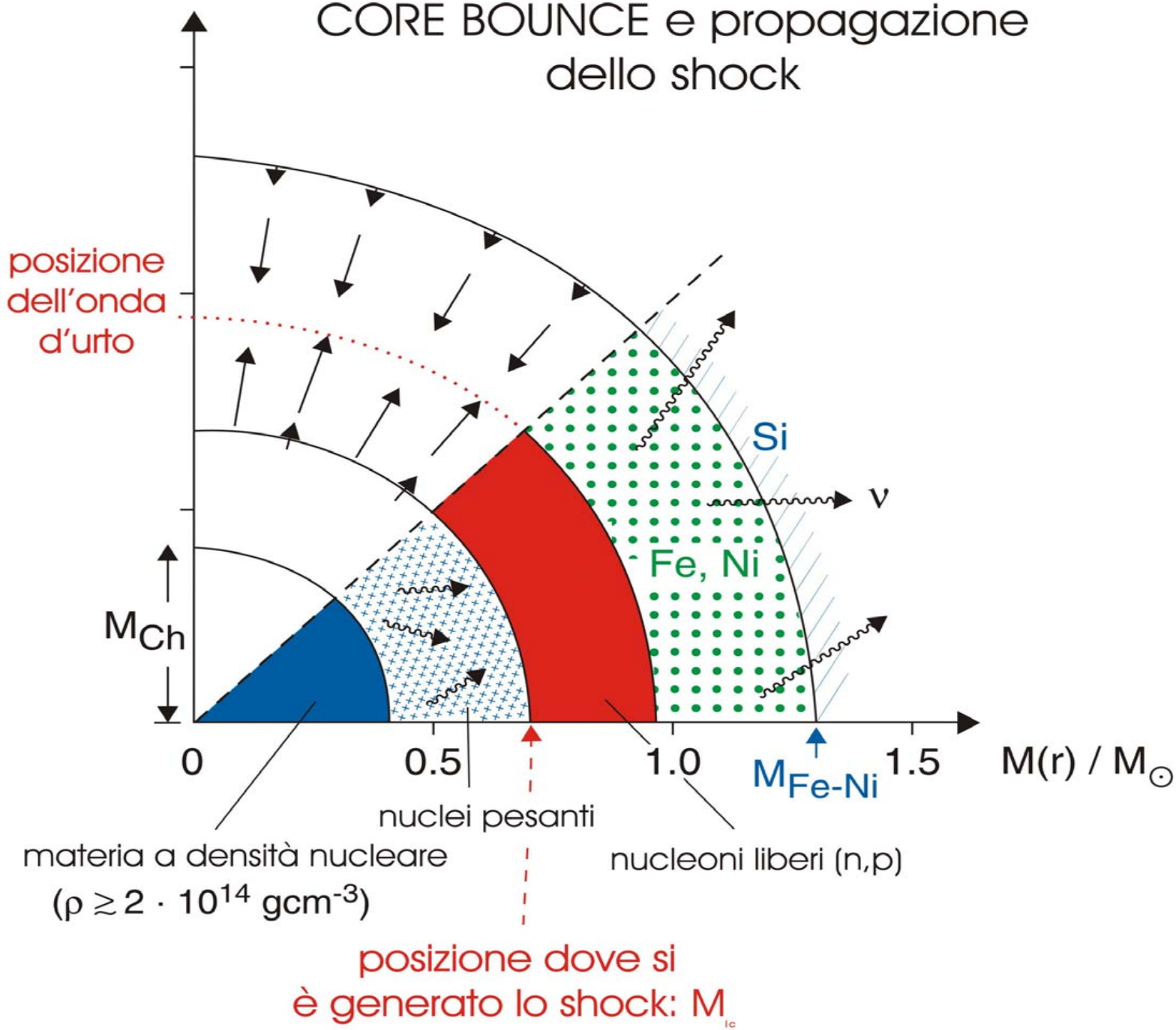

M=20 M$_\odot$ Z=0.006
^{56}Fe
^{28}Si
^{16}O
^{20}Ne
^{12}C
^{4}He
^{1}H
^{52}Cr
Mass Fraction
Interior Mass (M$_\odot$)
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
0
2
4
6
8

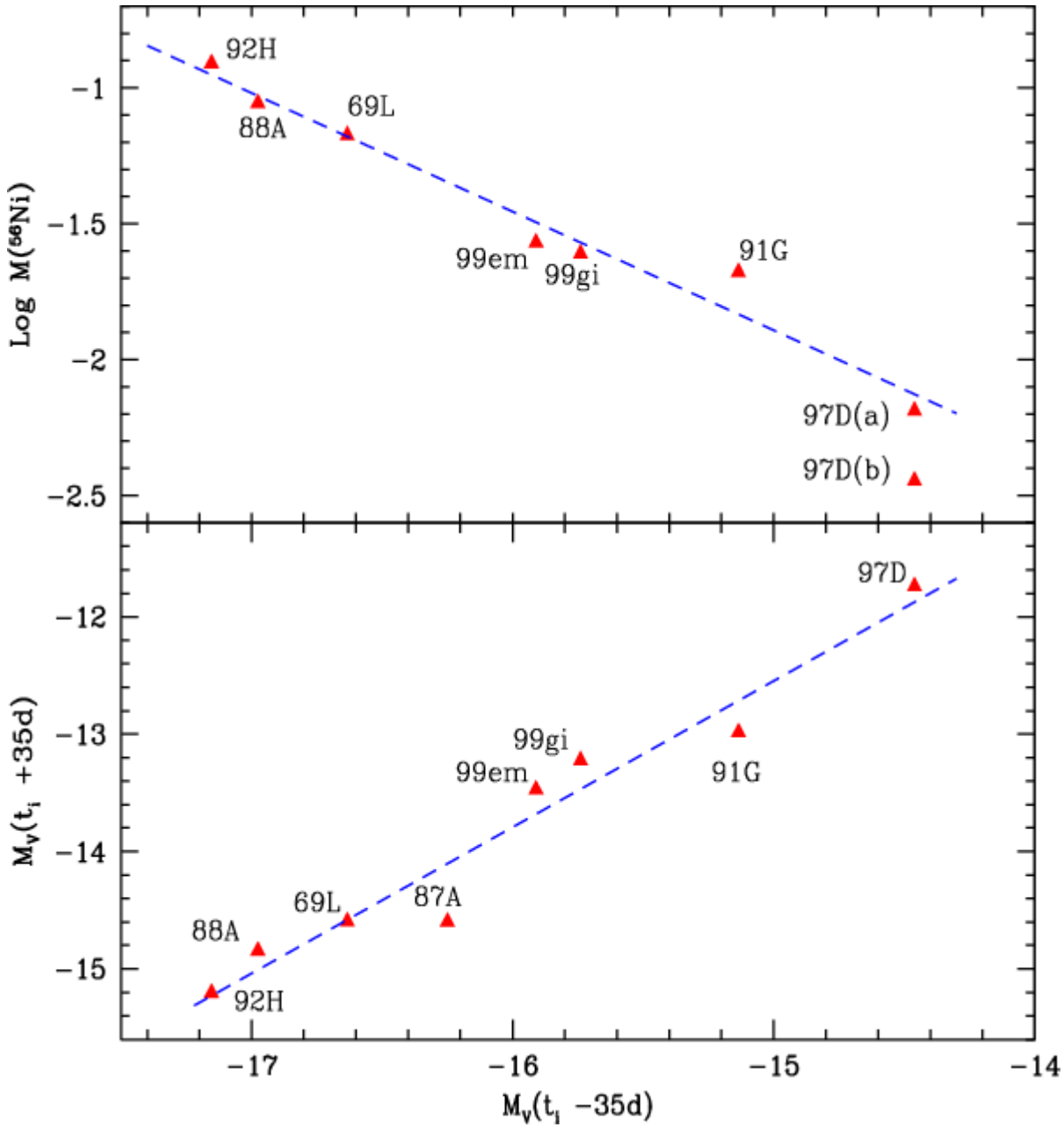
IL NICHEL E LE CURVE DI LUCE

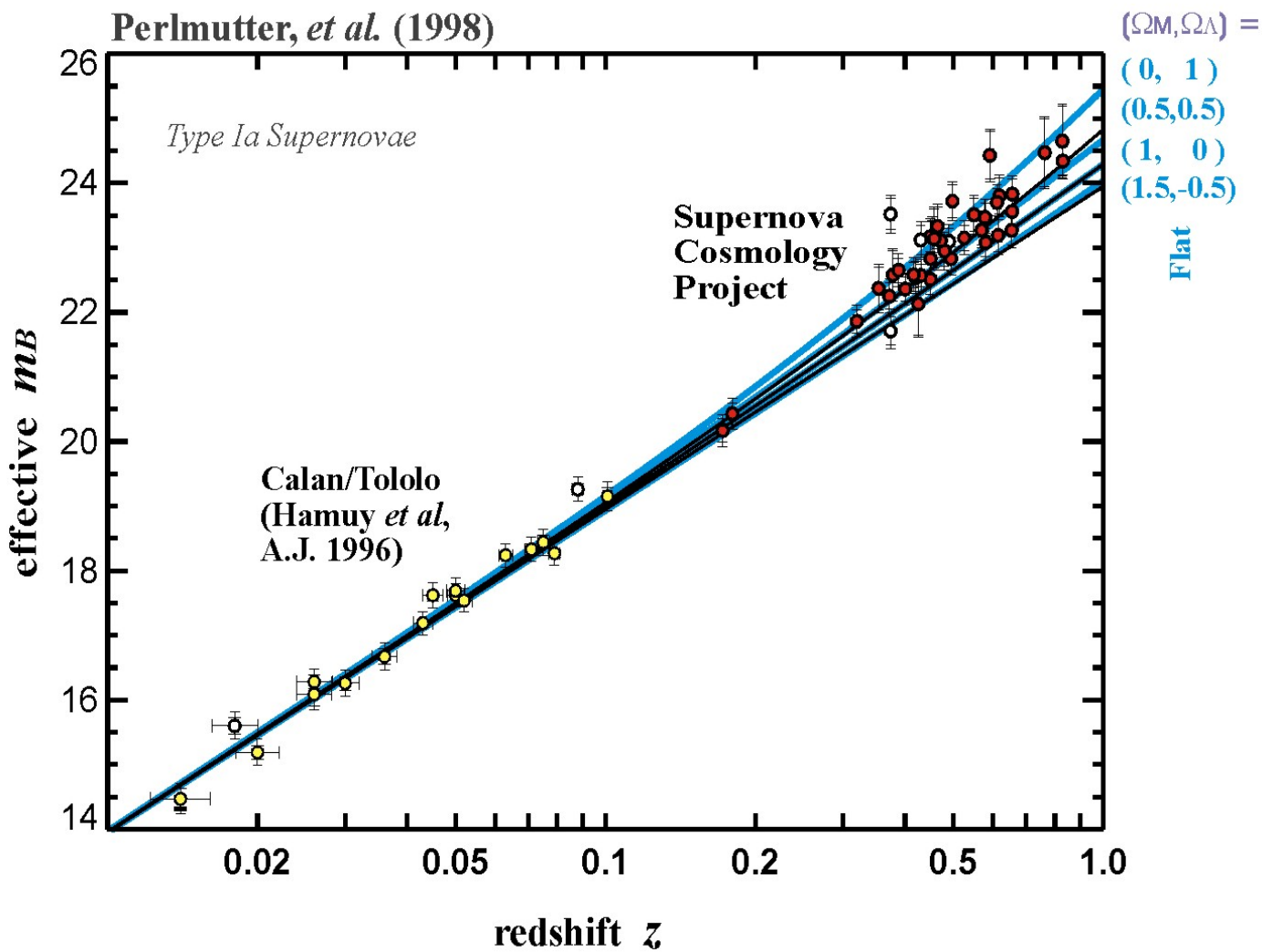
- IL NICHEL PRODOTTO DURANTE L’ESPLOSIONE NEL NUCLEO E’ RIMESCOLATO NELL’INVILUPPO

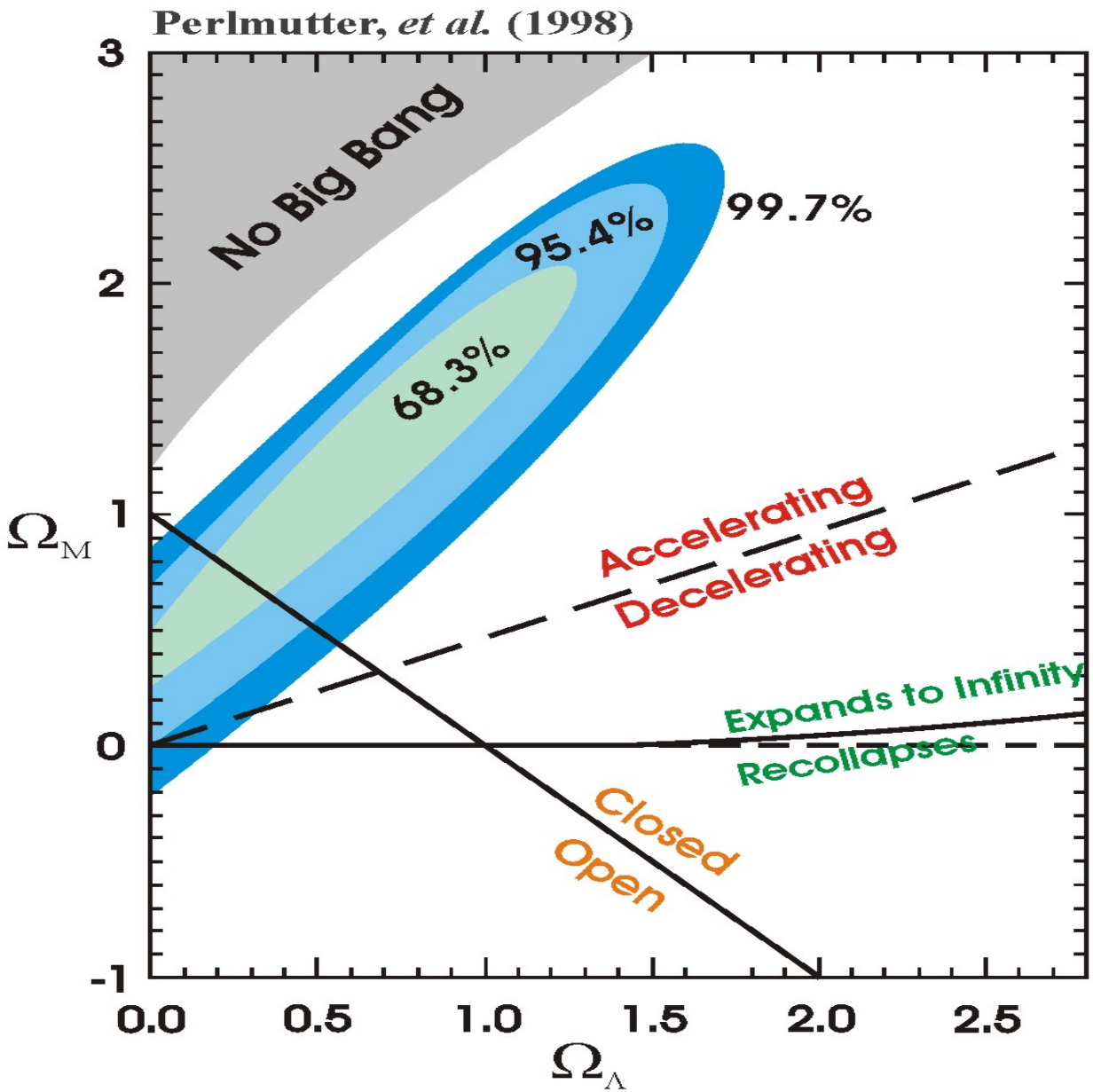
- IL NICHEL DETERMINA ALCUNE PROPRIETA’ DELLE CURVE DI LUCE

CORE BOUNCE e propagazione dello shock




92H
88A
69L
99em
99gi
91G
97D(a)
97D(b)
Log M(^{56}Ni)
−1
−1.5
−2
−2.5
97D
99gi
99em
91G
69L
87A
88A
92H
$M_V(t_i$ +35d)
−12
−13
−14
−15
−17
−16
−15
−14
$M_V(t_i$ −35d)


Perlmutter, et al. (1998)
Type Ia Supernovae
Supernova Cosmology Project
Calan/Tololo (Hamuy et al, A.J. 1996)
effective mB
redshift z
26
24
22
20
18
16
14
0.02
0.05
0.1
0.2
0.5
1.0
(ΩM,ΩΛ) =
(0, 1)
(0.5,0.5)
(1, 0)
(1.5,-0.5)
Flat


Perlmutter, et al. (1998)
No Big Bang
99.7%
95.4%
68.3%
Accelerating
Decelerating
Expands to Infinity
Recollapses
Closed
Open
3
2
1
0
-1
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
Ω_M
Ω_Λ

COMMENTI FINALI

CONFERMATO L'IMPIANTO GENERALE PER UNA SUPERNOVA DI TIPO II (stella massiccia evoluta, onda d'urto, flash UV, ……)

LA STORIA DELL'INVILUPPO E' DA DEFINIRE

VIENE ESPULSO NICHEL CHE DIFFONDE NELL'INVILUPPO E MODULA LE CURVE DI LUCE

LA PERDITA DI MASSA NELLE FASI AVANZATE E' STOCASTICA ED ASIMMETRICA

NESSUNA EVIDENZA DI UNA PULSAR O DI ALTRO RESTO COMPATTO …. FINORA

UNA FAMIGLIA PROFICUAMENTE UTILIZZABILE COME CALIBRATORE DI DISTANZA

+ altre dovizie (eco lights, dust formation, ……)