Istituto Nazionale di Astrofisica

Osservatorio astronomico di Brera

Universo in fiore

Evoluzione stellare

Ilaria Arosio

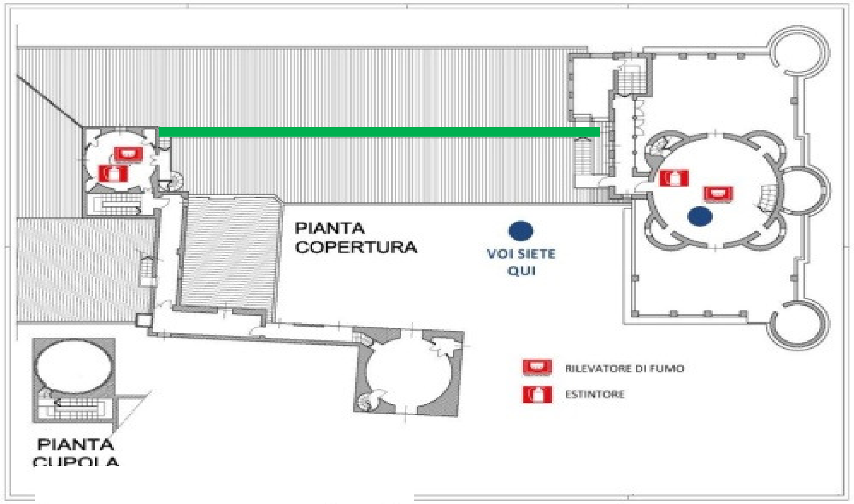
Ilaria.arosio@brera.inaf.it

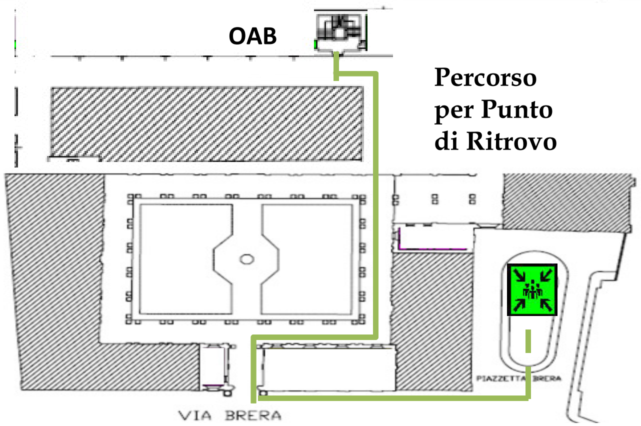
INAF-Osservatorio Astronomico di Brera

Osservatorio Astronomico di Brera

INAF

Uscite di Sicurezza
vie di fuga in caso di Emergenza



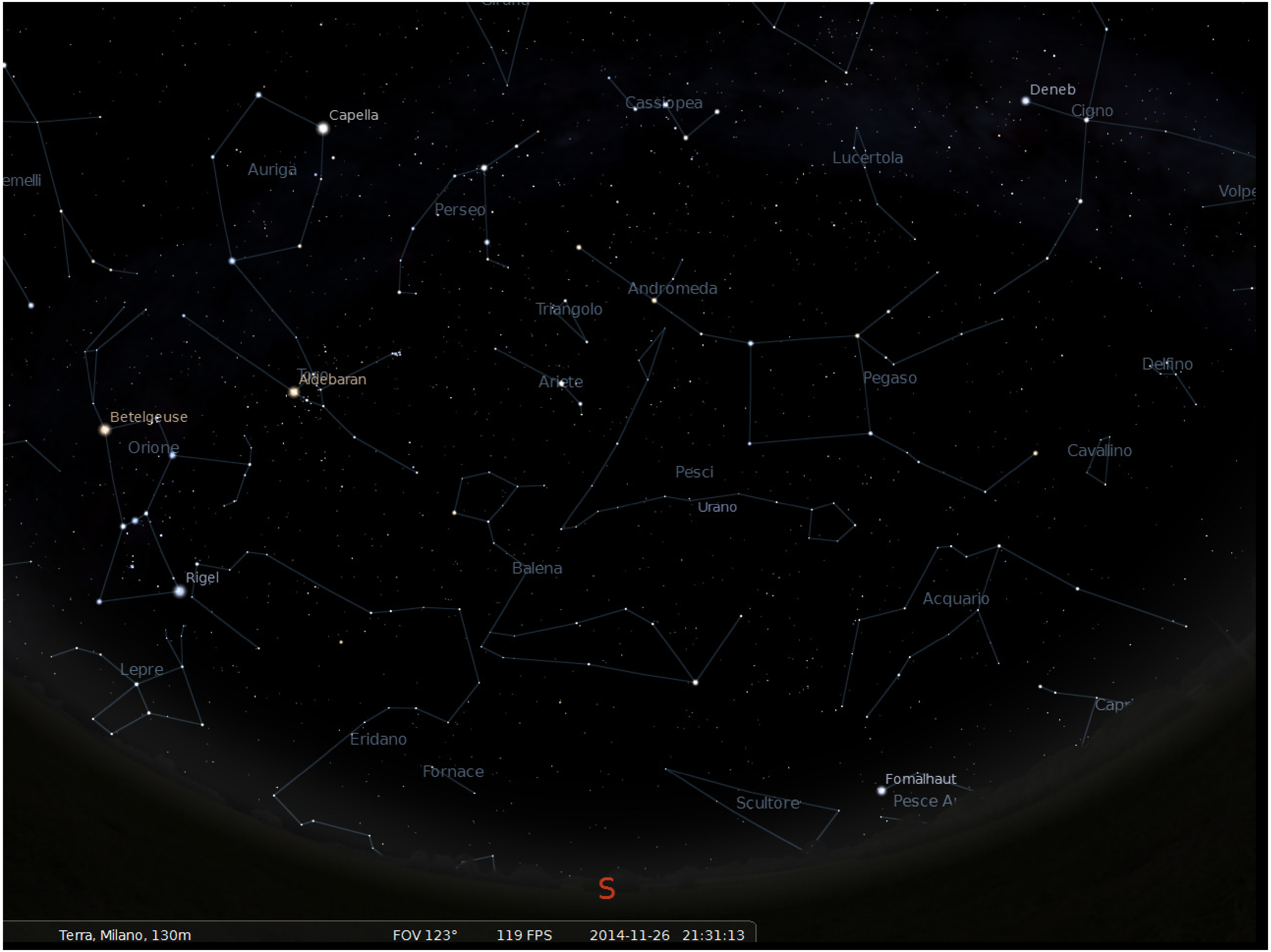


Punto di ritrovo

Piazzetta Brera


Capella
Betelgeuse
Rigel
S
Terra, Milano, 130m
FOV 123°
117 FPS
2014-11-26 21:31:13


Capella
Deneb
Aldebaran
Betelgeuse
Urano
Rigel
Fomalhaut
S
Terra, Milano, 130m
FOV 123°
122 FPS
2014-11-26 21:31:13



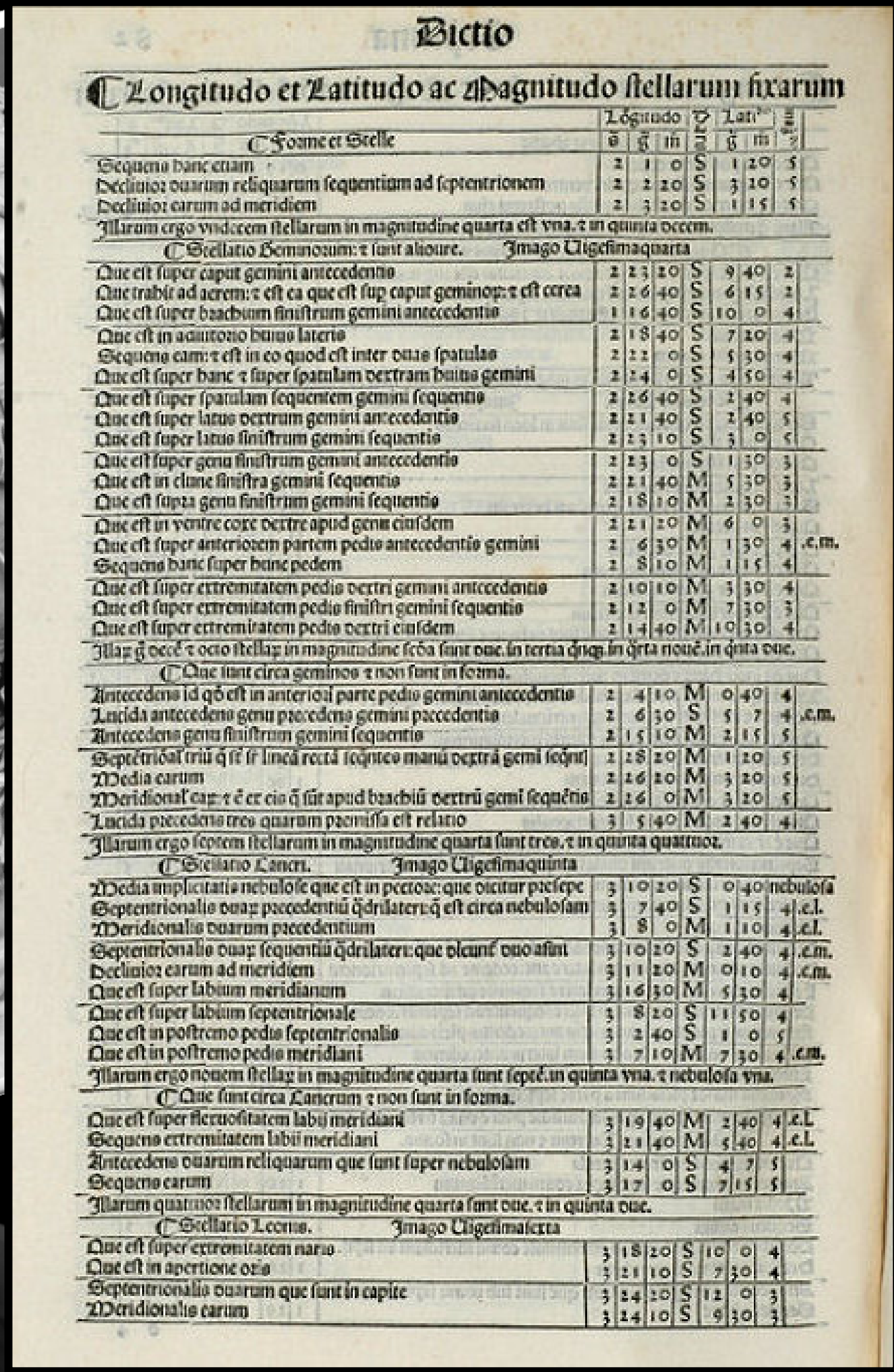
Capella
Auriga
emelli
Perseo
Cassiopea
Deneb
Cigno
Lucertola
Volpe
Andromeda
Triangolo
Toro
Aldebaran
Ariete
Pegaso
Delfino
Betelgeuse
Orione
Pesci
Urano
Cavallino
Balena
Rigel
Acquario
Lepre
Eridano
Fornace
Scultore
Fomalhaut
Pesce A
S
Terra, Milano, 130m
FOV 123°
119 FPS
2014-11-26 21:31:13

Capella
Cassiopea
Cigno
Auriga
Lucertola
Perseo
Andromeda
Triangolo
Delfino
Toro
Ariete
Pegaso
Betelgeuse
Orione
Cavallino
Pesci
Rigel
Balena
Acquario
Lepre
Eridano
Fornace
Scultore
S
Terra, Milano, 130m
FOV 123°
102 FPS
2014-11-26 21:31:13

Gan De – IV sec. a.C

Timocari e Aristillo – III sec. a.C

Ipparco di Nicea – II sec. a.C



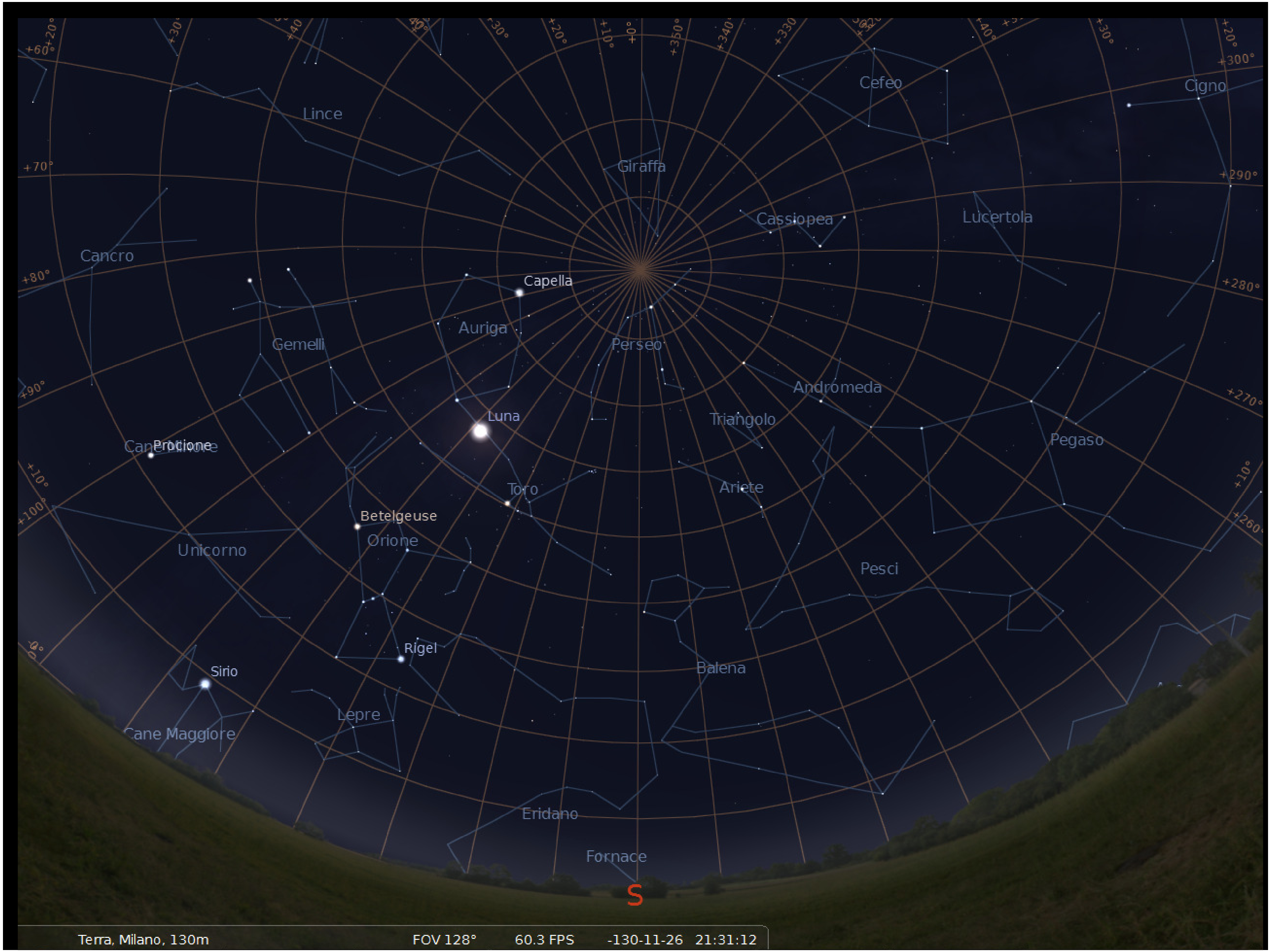
Dictio

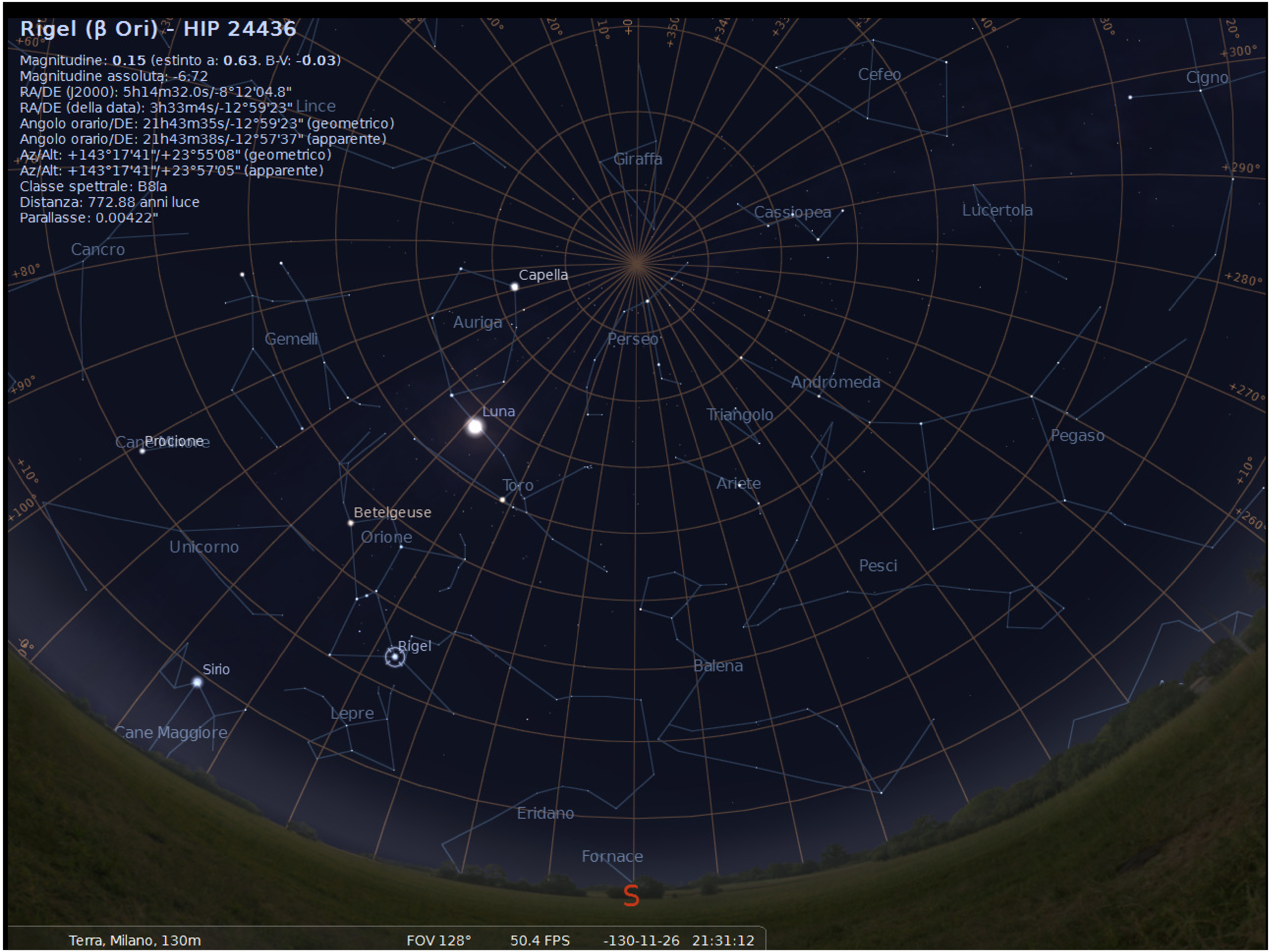
Longitudo et Latitudo ac Magnitudo stellarum fixarum

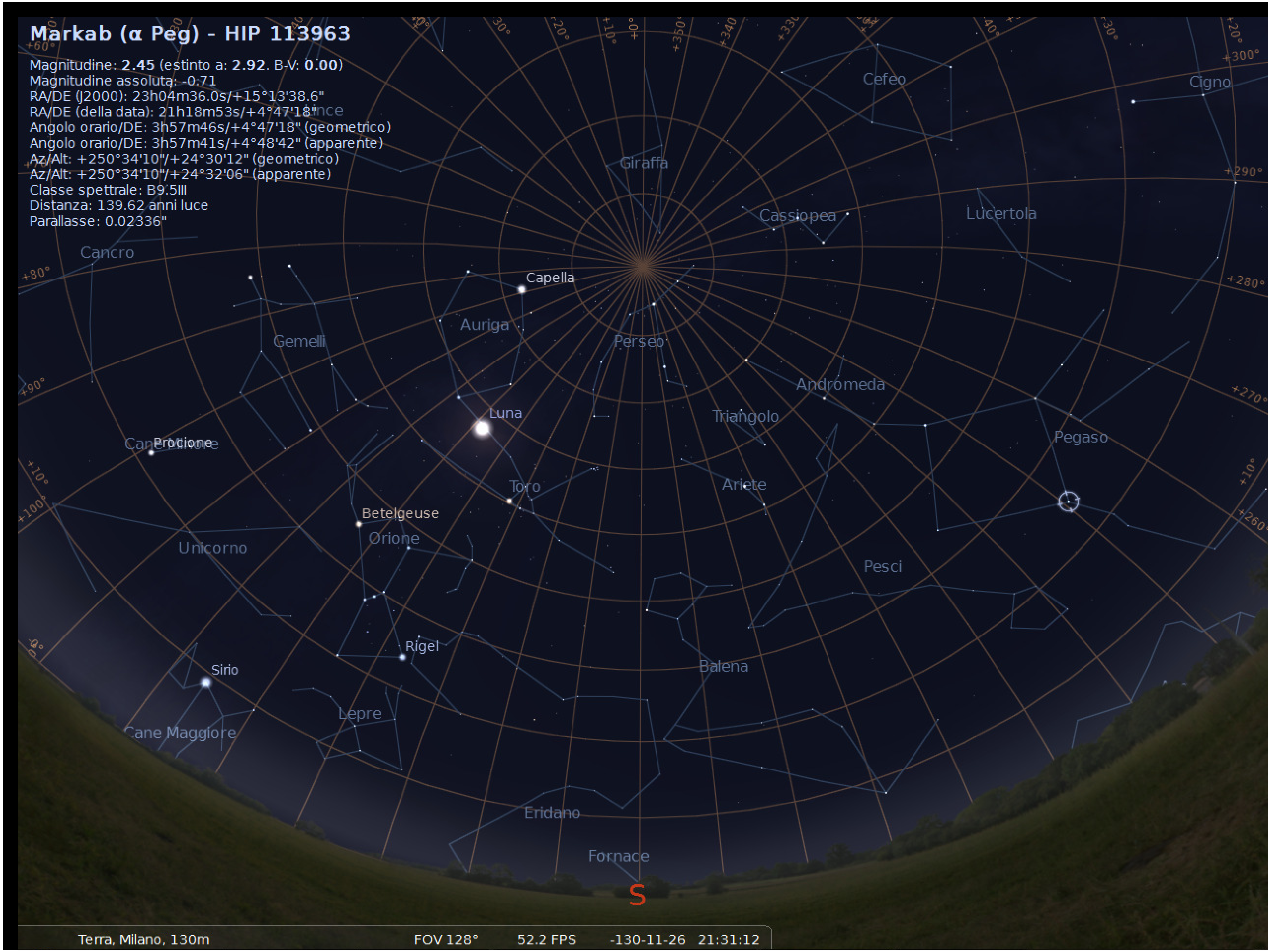
Forme et Stelle	Lōgitudo s	g	m	Pars	Lati. g	m	Magnitudo	
Sequens hanc etiam	2	1	0	S	1	20	5	
Declivior duarum reliquarum sequentium ad septentrionem	2	2	20	S	3	10	5	
Declivior earum ad meridiem	2	3	20	S	1	15	5	
Illarum ergo undecem stellarum in magnitudine quarta est una, et in quinta decem.								
Stellatio Geminorum: et sunt a douee. Imago Vigesimaquarta								
Que est super caput gemini antecedentis	2	23	20	S	9	40	2	
Que trahit ad aerem: et est ea que est sup caput geminorum: et est cerea	2	26	40	S	6	15	2	
Que est super brachium sinistrum gemini antecedentis	1	16	40	S	10	0	4	
Que est in adiutorio huius lateris	2	18	40	S	7	20	4	
Sequens eam: et est in eo quod est inter duas spatulas	2	22	0	S	5	30	4	
Que est super hanc et super spatulam dextram huius gemini	2	24	0	S	4	50	4	
Que est super spatulam sequentem gemini sequentis	2	26	40	S	2	40	4	
Que est super latus dextrum gemini antecedentis	2	21	40	S	2	40	5	
Que est super latus sinistrum gemini sequentis	2	23	10	S	3	0	5	
Que est super genu sinistrum gemini antecedentis	2	23	0	S	1	30	3	
Que est in clune sinistra gemini sequentis	2	21	40	M	5	30	3	
Que est supra genu sinistrum gemini sequentis	2	18	10	M	2	30	3	
Que est in ventre core dextre apud genu eiusdem	2	21	20	M	6	0	3	
Que est super anteriorem partem pedis antecedentis gemini	2	6	30	M	1	30	4	.c.m.
Sequens hanc super hunc pedem	2	8	10	M	1	15	4	
Que est super extremitatem pedis dextri gemini antecedentis	2	10	10	M	3	30	4	
Que est super extremitatem pedis sinistri gemini sequentis	2	12	0	M	7	30	3	
Que est super extremitatem pedis dextri eiusdem	2	14	40	M	10	30	4	
Illaz ergo decē et octo stellaz in magnitudine scda sunt due. in tertia quinq. in qrta nouē. in qnta due.								
Que sunt circa geminos et non sunt in forma.								
Antecedens id qd est in anteriori parte pedis gemini antecedentis	2	4	10	M	0	40	4	
Lucida antecedens genu precedens gemini precedentis	2	6	30	S	5	7	4	.c.m.
Antecedens genu sinistrum gemini sequentis	2	15	10	M	2	15	5	
Septētrional triū q sr sr lineā rectā sequtes manū dextrā gemi seqnt	2	28	20	M	1	20	5	
Media earum	2	26	20	M	3	20	5	
Meridional eaz: et ē ex eis q sūt apud brachiū dextrū gemi sequētis	2	26	0	M	3	20	5	
Lucida precedens tres quarum premissa est relatio	3	5	40	M	2	40	4	
Illarum ergo septem stellarum in magnitudine quarta sunt tres, et in quinta quattuor.								
Stellatio Cancri. Imago Vigesimaquinta								
Media implicitatis nebulose que est in pectore: que dicitur presepe	3	10	20	S	0	40	nebulosa	
Septentrionalis duaz precedentiū qdrilateri: q est circa nebulosam	3	7	40	S	1	15	4	.c.l.
Meridionalis duarum precedentium	3	8	0	M	1	10	4	.c.l.
Septentrionalis duaz sequentiū qdrilateri: que dicunt duo asini	3	10	20	S	2	40	4	.c.m.
Declivior earum ad meridiem	3	11	20	M	0	10	4	.c.m.
Que est super labium meridianum	3	16	30	M	5	30	4	
Que est super labium septentrionale	3	8	20	S	11	50	4	
Que est in postremo pedis septentrionalis	3	2	40	S	1	0	5	
Que est in postremo pedis meridiani	3	7	10	M	7	30	4	.c.m.
Illarum ergo nouem stellaz in magnitudine quarta sunt septē. in quinta una. et nebulosa una.								
Que sunt circa Cancrum et non sunt in forma.								
Que est super flexuositatem labij meridiani	3	19	40	M	2	40	4	.c.l.
Sequens extremitatem labii meridiani	3	21	40	M	5	40	4	.c.l.
Antecedens duarum reliquarum que sunt super nebulosam	3	14	0	S	4	7	5	
Sequens earum	3	17	0	S	7	15	5	
Illarum quattuor stellarum in magnitudine quarta sunt due, et in quinta due.								
Stellatio Leonis. Imago Vigesimasexta								
Que est super extremitatem naris	3	18	20	S	10	0	4	
Que est in apertione oris	3	21	10	S	7	30	4	
Septentrionalis duarum que sunt in capite	3	24	20	S	12	0	3	
Meridionalis earum	3	24	10	S	9	30	3	

redige
) stelle
rtate:
e
e

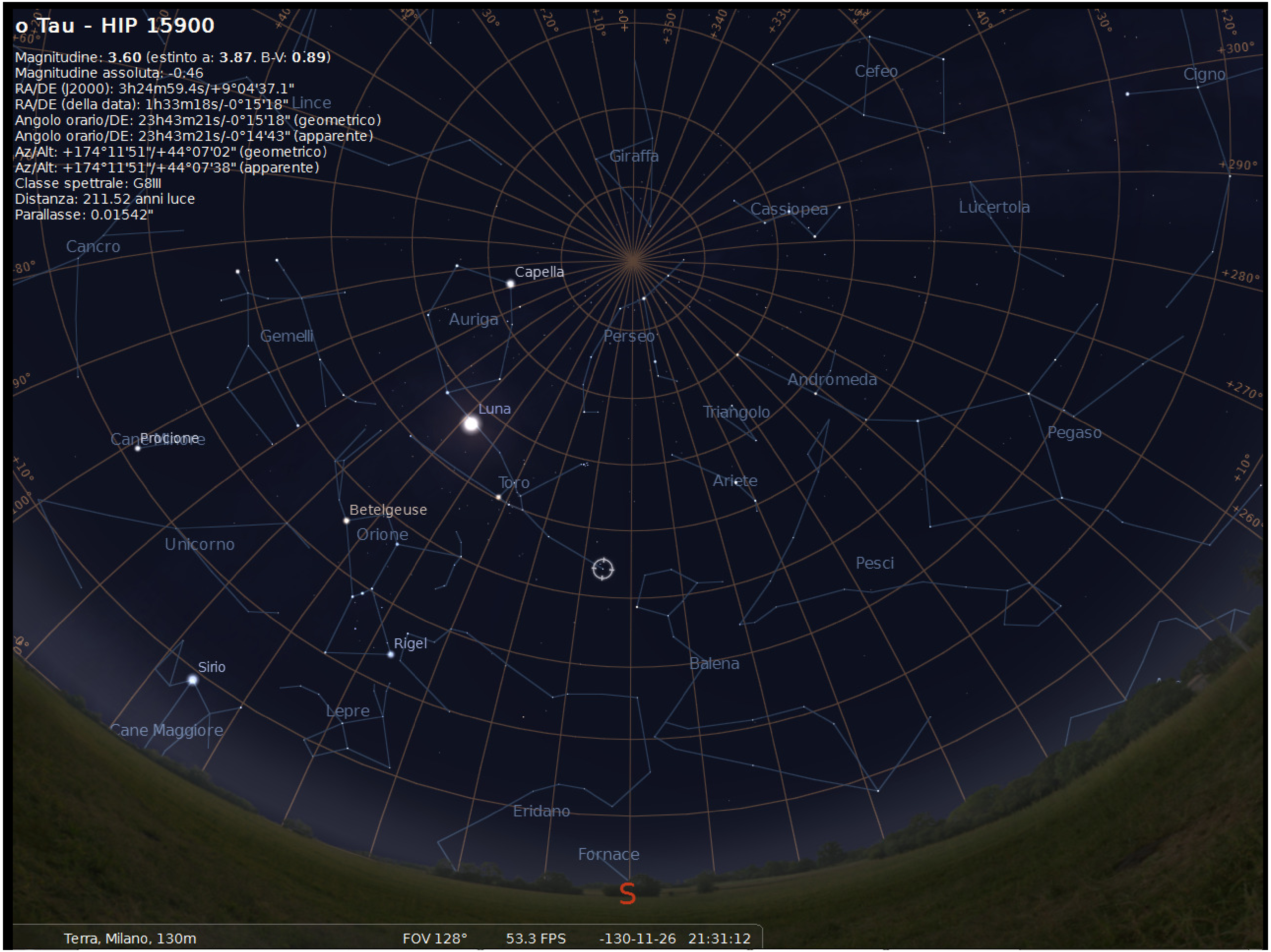
Lince
Cefeo
Cigno
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Luna
Triangolo
Cane Minore
Procione
Pegaso
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 130°
53.9 FPS
-130-11-26 21:31:12


Cefeo
Cigno
Lince
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Perseo
Gemelli
Andromeda
Luna
Triangolo
Pegaso
Procione
Cane Minore
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 128°
60.3 FPS
-130-11-26 21:31:12

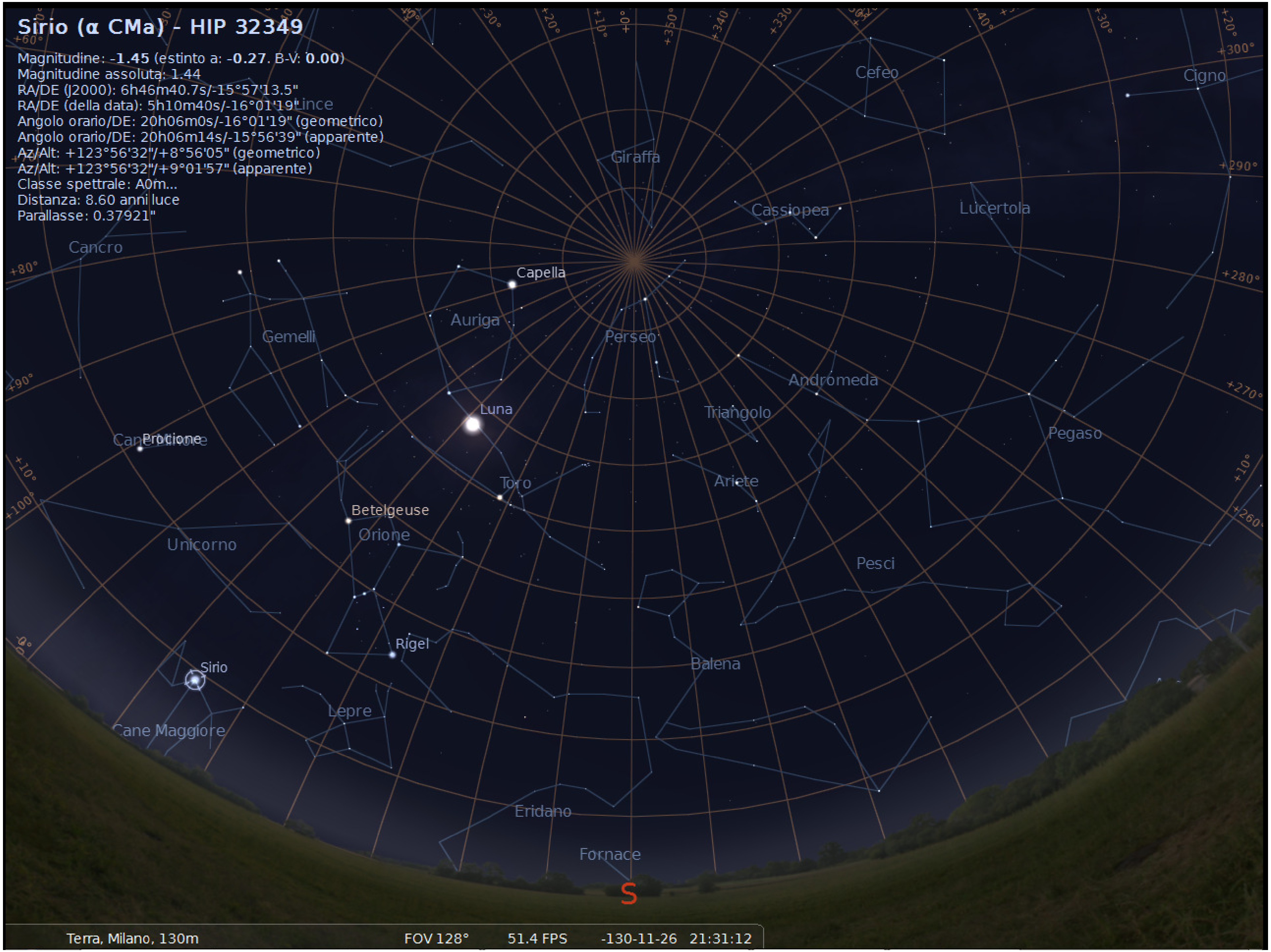

Rigel (β Ori) - HIP 24436
Magnitudine: 0.15 (estinto a: 0.63. B-V: -0.03)
Magnitudine assoluta: -6.72
RA/DE (J2000): 5h14m32.0s/-8°12'04.8"
RA/DE (della data): 3h33m4s/-12°59'23"
Angolo orario/DE: 21h43m35s/-12°59'23" (geometrico)
Angolo orario/DE: 21h43m38s/-12°57'37" (apparente)
Az/Alt: +143°17'41"/+23°55'08" (geometrico)
Az/Alt: +143°17'41"/+23°57'05" (apparente)
Classe spettrale: B8Ia
Distanza: 772.88 anni luce
Parallasse: 0.00422"
Lince
Cefeo
Cigno
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Perseo
Gemelli
Andromeda
Luna
Triangolo
Pegaso
Procione
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 128°
50.4 FPS
-130-11-26 21:31:12



Markab (α Peg) - HIP 113963
Magnitudine: 2.45 (estinto a: 2.92. B-V: 0.00)
Magnitudine assoluta: -0.71
RA/DE (J2000): 23h04m36.0s/+15°13'38.6"
RA/DE (della data): 21h18m53s/+4°47'18"
Angolo orario/DE: 3h57m46s/+4°47'18" (geometrico)
Angolo orario/DE: 3h57m41s/+4°48'42" (apparente)
Az/Alt: +250°34'10"/+24°30'12" (geometrico)
Az/Alt: +250°34'10"/+24°32'06" (apparente)
Classe spettrale: B9.5III
Distanza: 139.62 anni luce
Parallasse: 0.02336"
Cefeo
Cigno
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Luna
Triangolo
Pegaso
Procione
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 128°
52.2 FPS
-130-11-26 21:31:12



o Tau - HIP 15900
Magnitudine: 3.60 (estinto a: 3.87. B-V: 0.89)
Magnitudine assoluta: -0.46
RA/DE (J2000): 3h24m59.4s/+9°04'37.1"
RA/DE (della data): 1h33m18s/-0°15'18"
Angolo orario/DE: 23h43m21s/-0°15'18" (geometrico)
Angolo orario/DE: 23h43m21s/-0°14'43" (apparente)
Az/Alt: +174°11'51"/+44°07'02" (geometrico)
Az/Alt: +174°11'51"/+44°07'38" (apparente)
Classe spettrale: G8III
Distanza: 211.52 anni luce
Parallasse: 0.01542"
Lince
Cefeo
Cigno
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Triangolo
Luna
Pegaso
Procione
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 128°
53.3 FPS
-130-11-26 21:31:12


Sirio (α CMa) - HIP 32349
Magnitudine: -1.45 (estinto a: -0.27. B-V: 0.00)
Magnitudine assoluta: 1.44
RA/DE (J2000): 6h46m40.7s/-15°57'13.5"
RA/DE (della data): 5h10m40s/-16°01'19"
Angolo orario/DE: 20h06m0s/-16°01'19" (geometrico)
Angolo orario/DE: 20h06m14s/-15°56'39" (apparente)
Az/Alt: +123°56'32"/+8°56'05" (geometrico)
Az/Alt: +123°56'32"/+9°01'57" (apparente)
Classe spettrale: A0m...
Distanza: 8.60 anni luce
Parallasse: 0.37921"
Lince
Cefeo
Cigno
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Luna
Triangolo
Pegaso
Procione
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 128°
51.4 FPS
-130-11-26 21:31:12

Magnitudine

I°

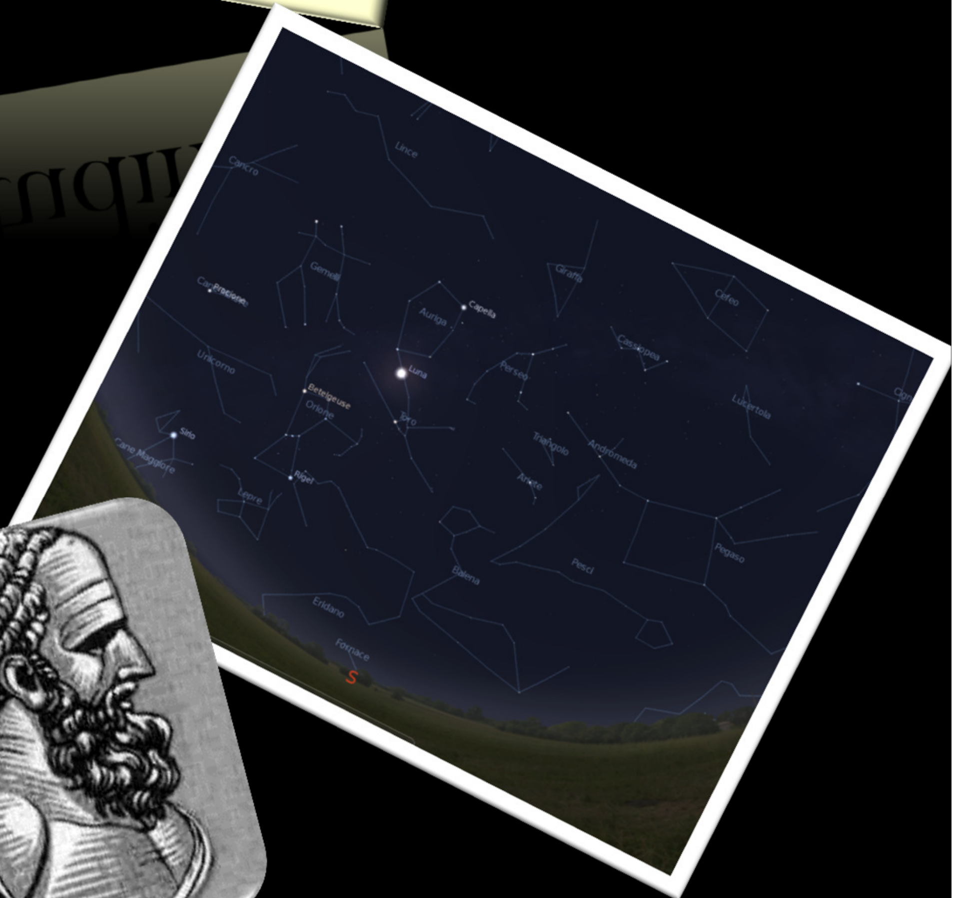
II°

III°

IV°

V°

VI°



Magnitudine

★ I°

★ II°

★ III°

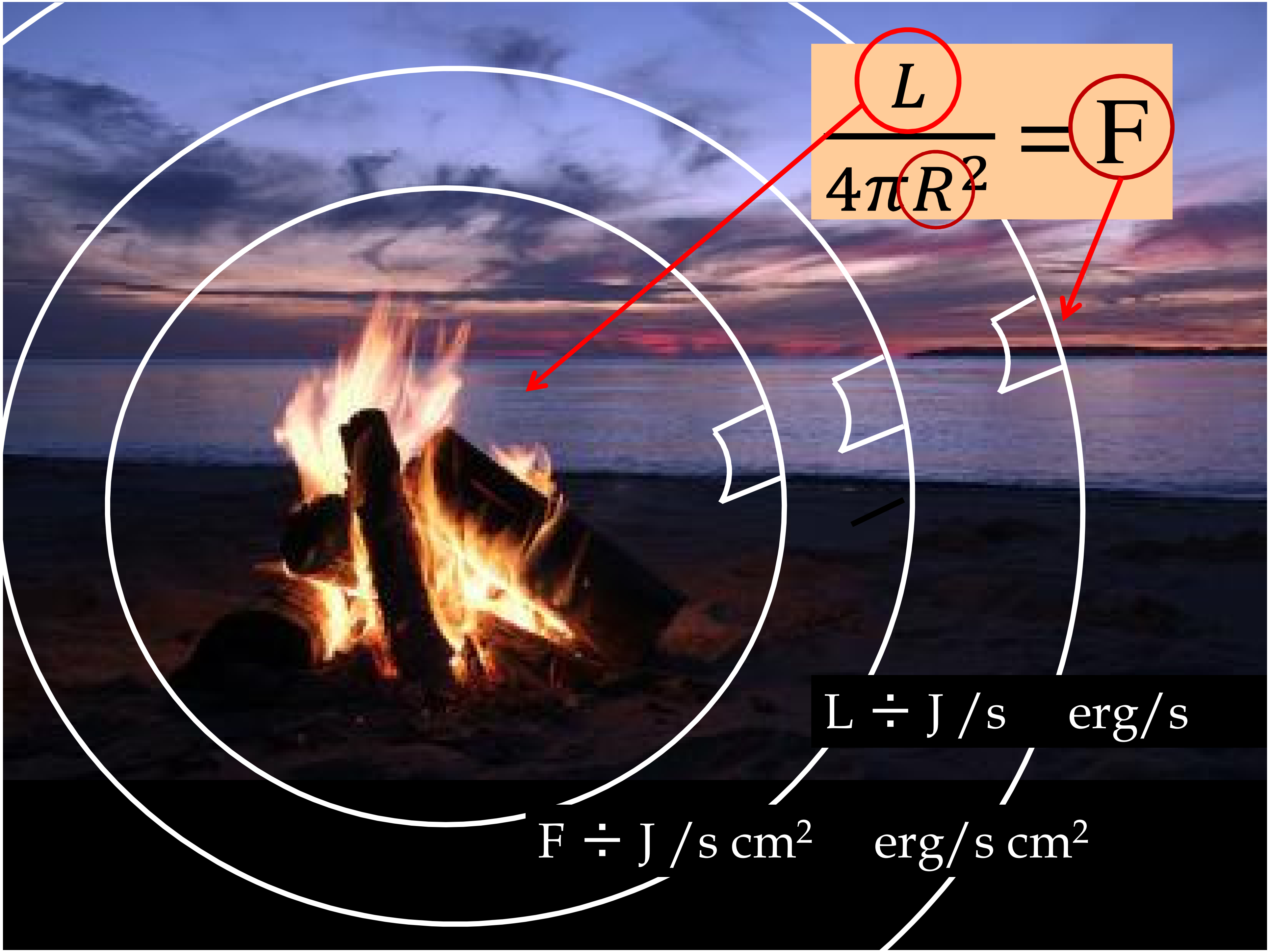
★ IV°

★ V°

★ VI°

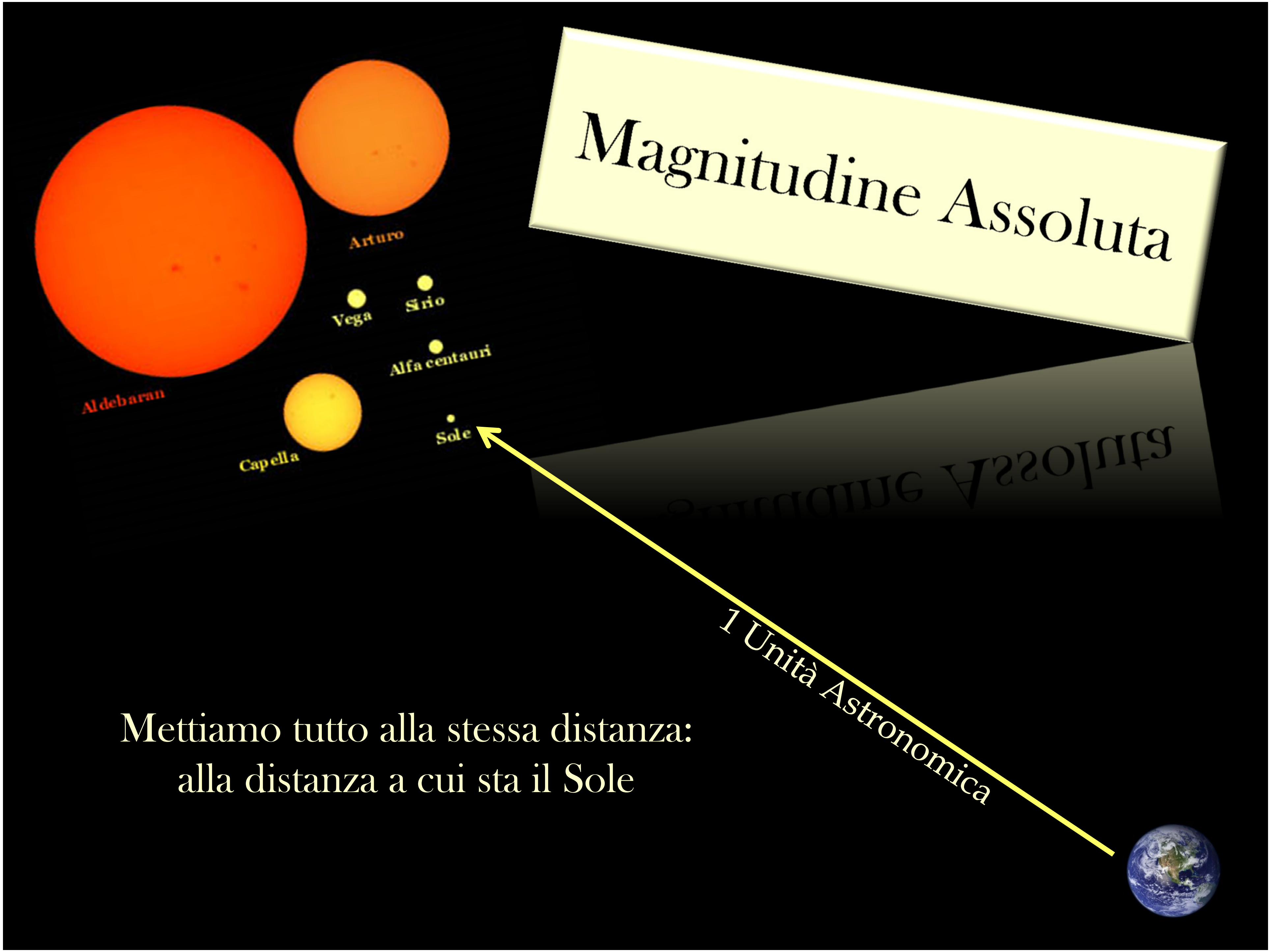
$$m = -2{,}5 \log F$$

Flusso:
quantità di energia **ricevuta** in
un determinato tempo
su una determinata superficie

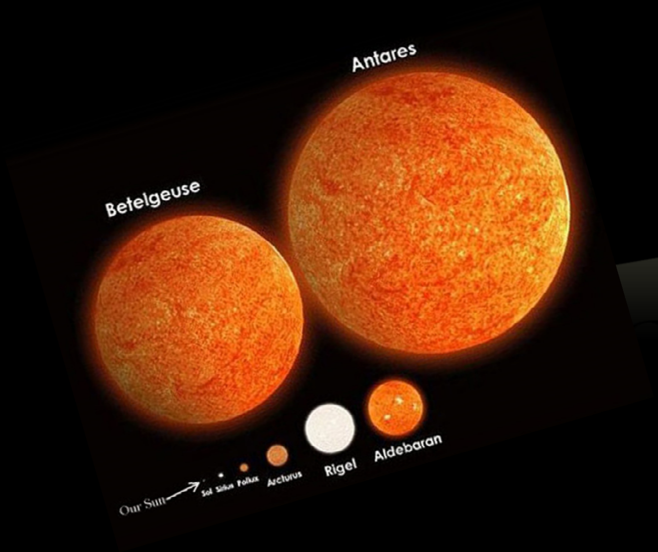

$\frac{L}{4\pi R^2} = F$
L ÷ J / s   erg/s
F ÷ J / s cm²   erg/s cm²

Nome	Magnitudine apparente
Alcyone	2,86
Atlante	3,62
Elettra	3,70
Maia	3,86
Merope	4,17
Taigete	4,29
Pleione	5,09 (var.)
Celeno	5,44
Asterope	5,64;6,41
–	5,65

Chi è più grande?


Magnitudine Assoluta
Arturo
Aldebaran
Vega
Sirio
Alfa centauri
Capella
Sole
1 Unità Astronomica
Mettiamo tutto alla stessa distanza:
alla distanza a cui sta il Sole

Magnitudine Assoluta



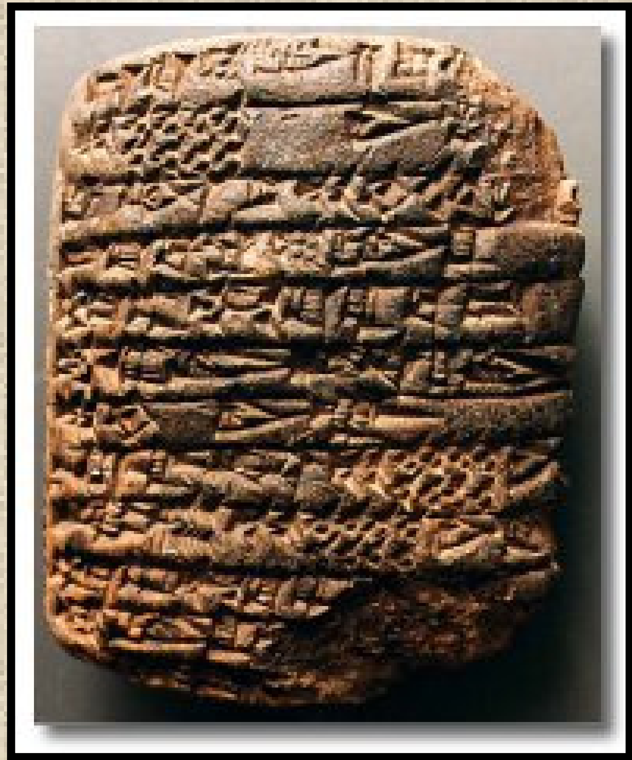
$$M = -2,5 \log F_{UA}$$

Flusso:
quantità di energia **ricevuta** in un determinato tempo
su una determinata superficie
se la stella fosse a 1UA

Mettiamo tutto alla stessa distanza:
alla distanza a cui sta il Sole


Lince
Cefeo
Cigno
Giraffa
Cassiopea
Lucertola
Cancro
Capella
Auriga
Gemelli
Perseo
Andromeda
Luna
Triangolo
Cane Minore
Procione
Pegaso
Toro
Ariete
Betelgeuse
Orione
Unicorno
Pesci
Rigel
Sirio
Balena
Lepre
Cane Maggiore
Eridano
Fornace
S
Terra, Milano, 130m
FOV 130°
53.9 FPS
-130-11-26 21:31:12

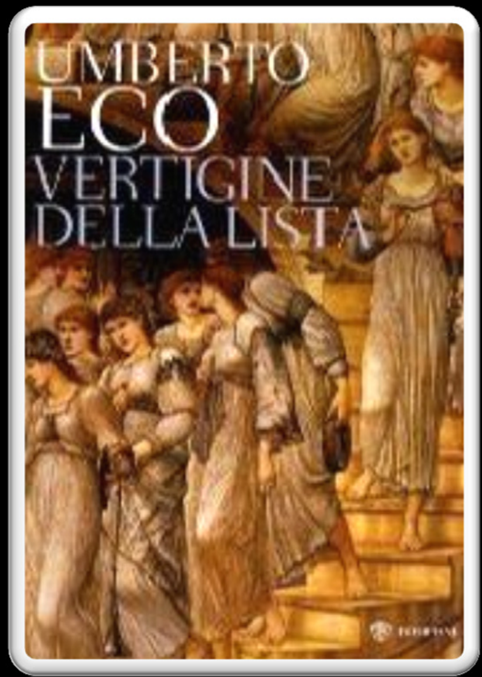
Tavoletta legale
medio-babilonese



Lista reale sumerica

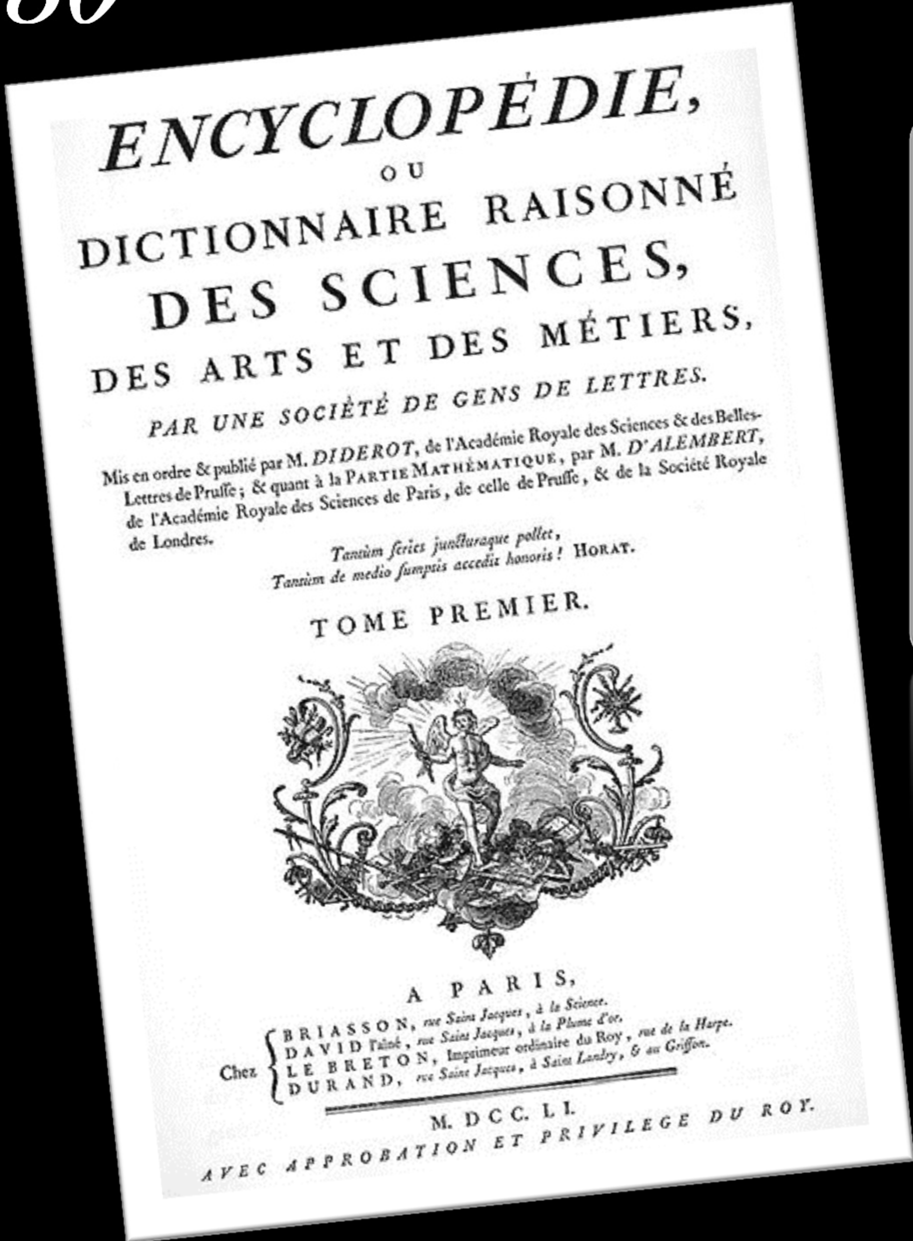
Censimento bestiame minuto

Tavoletta amministrativa sumerica Mesopotamia, risalente alla fine del III millennio a.C.
Questo documento contabile, composto da sei colonne sul recto e sei sul verso, stabilisce un censimento annuale del bestiame minuto appartenente al palazzo e ai templi della valle di Girsu, nello stato di Lagash.



www.rai.tv/dl/RaiTV/programmi/media/ContentItem-84905fa1-bfd5-41eb-9be6-32175b45e0fa-ctcf.html?p=6

1751 -1780



ENCYCLOPÉDIE,
OU
DICTIONNAIRE RAISONNÉ
DES SCIENCES,
DES ARTS ET DES MÉTIERS,
PAR UNE SOCIÉTÉ DE GENS DE LETTRES.

Mis en ordre & publié par M. DIDEROT, de l'Académie Royale des Sciences & des Belles-Lettres de Pruſſe; & quant à la PARTIE MATHÉMATIQUE, par M. D'ALEMBERT, de l'Académie Royale des Sciences de Paris, de celle de Pruſſe, & de la Société Royale de Londres.

Tantùm series juncturaque pollet,
Tantùm de medio sumptis accedit honoris! HORAT.

TOME PREMIER.

A PARIS,

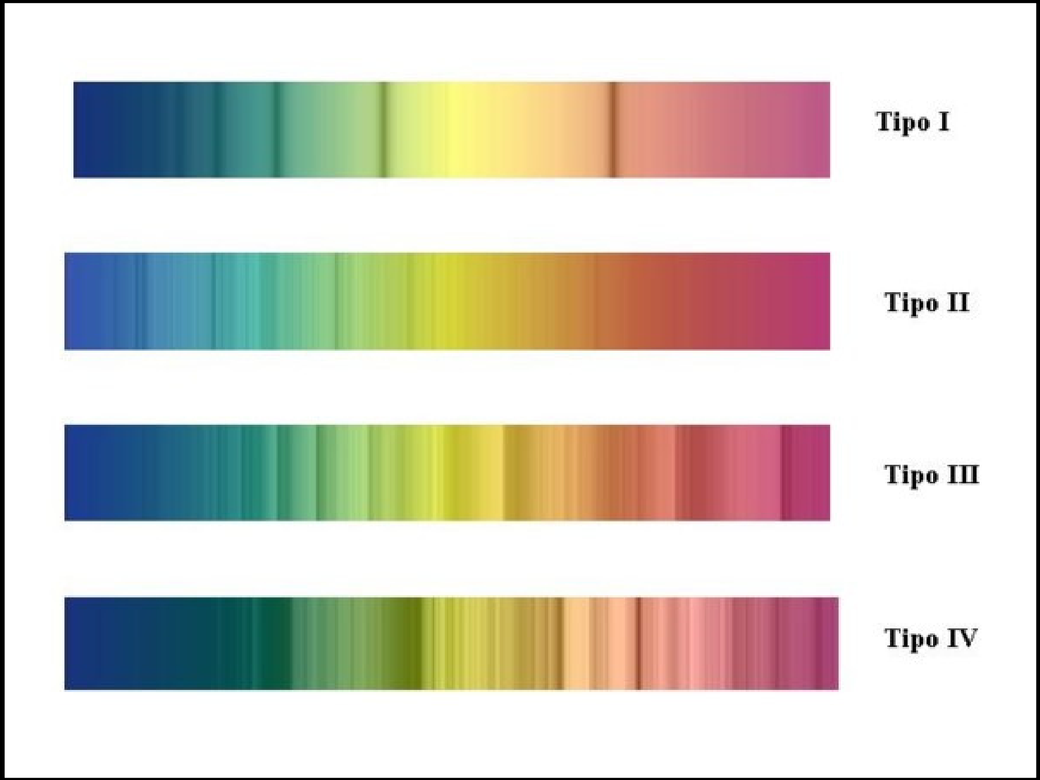
Chez BRIASSON, *rue Saint Jacques, à la Science.*
DAVID l'aîné, *rue Saint Jacques, à la Plume d'or.*
LE BRETON, Imprimeur ordinaire du Roy, *rue de la Harpe.*
DURAND, *rue Saint Jacques, à Saint Landry, & au Griffon.*

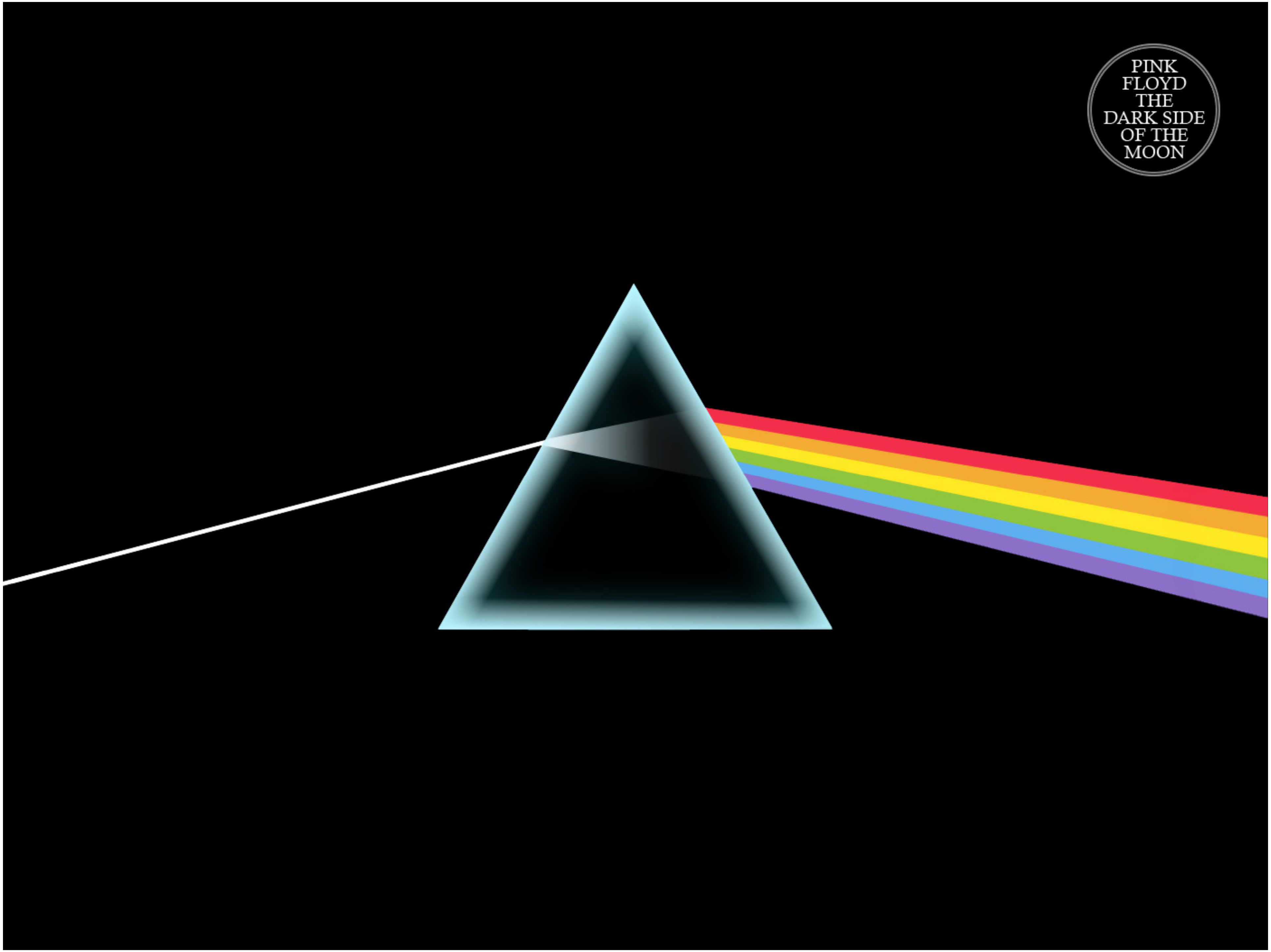
M. DCC. LI.

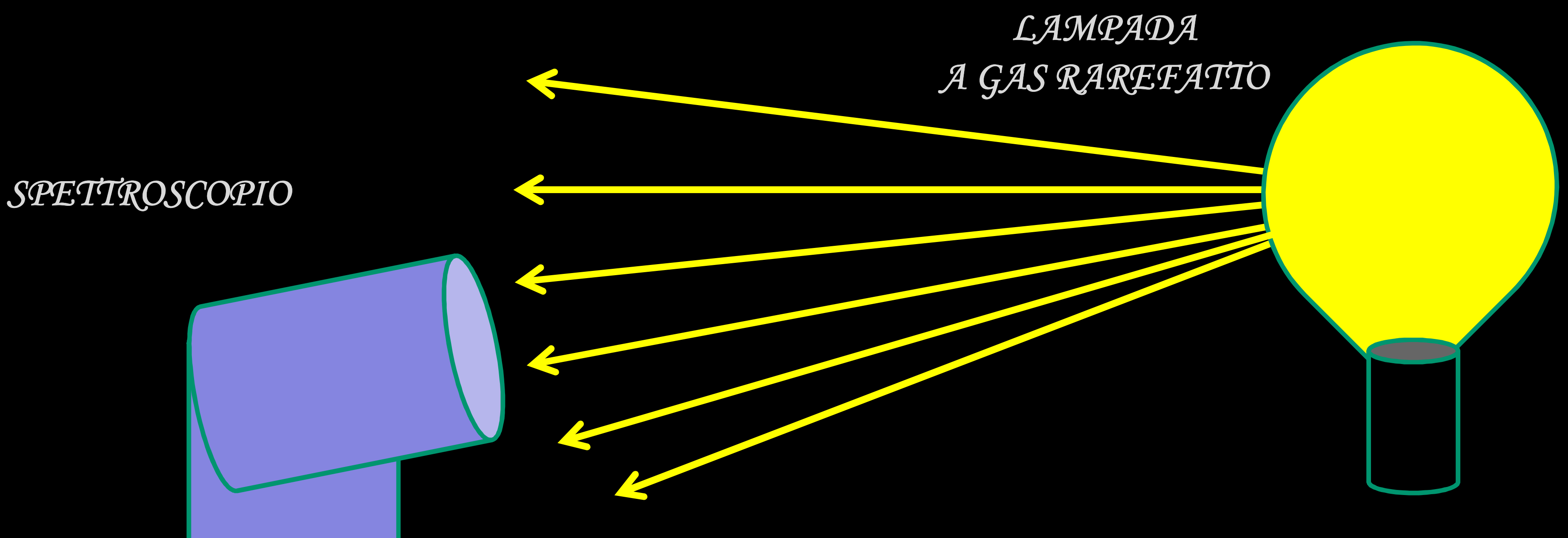
AVEC APPROBATION ET PRIVILEGE DU ROY.

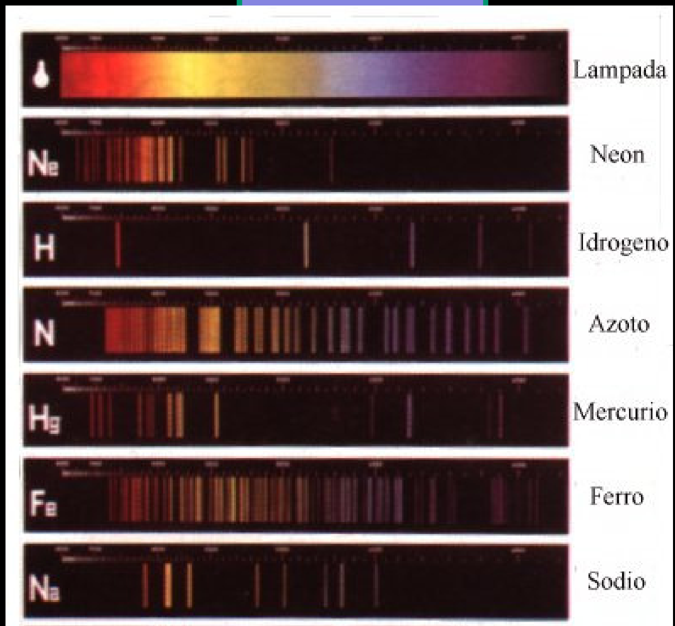
Angelo Secchi (1818 – 1878)

Padre **Angelo Secchi** è stato un gesuita e astronomo italiano, fondatore della spettroscopia astronomica. Fu direttore dell'Osservatorio Vaticano e si occupò per primo di classificare le stelle in classi spettrali.




PINK
FLOYD
THE
DARK SIDE
OF THE
MOON



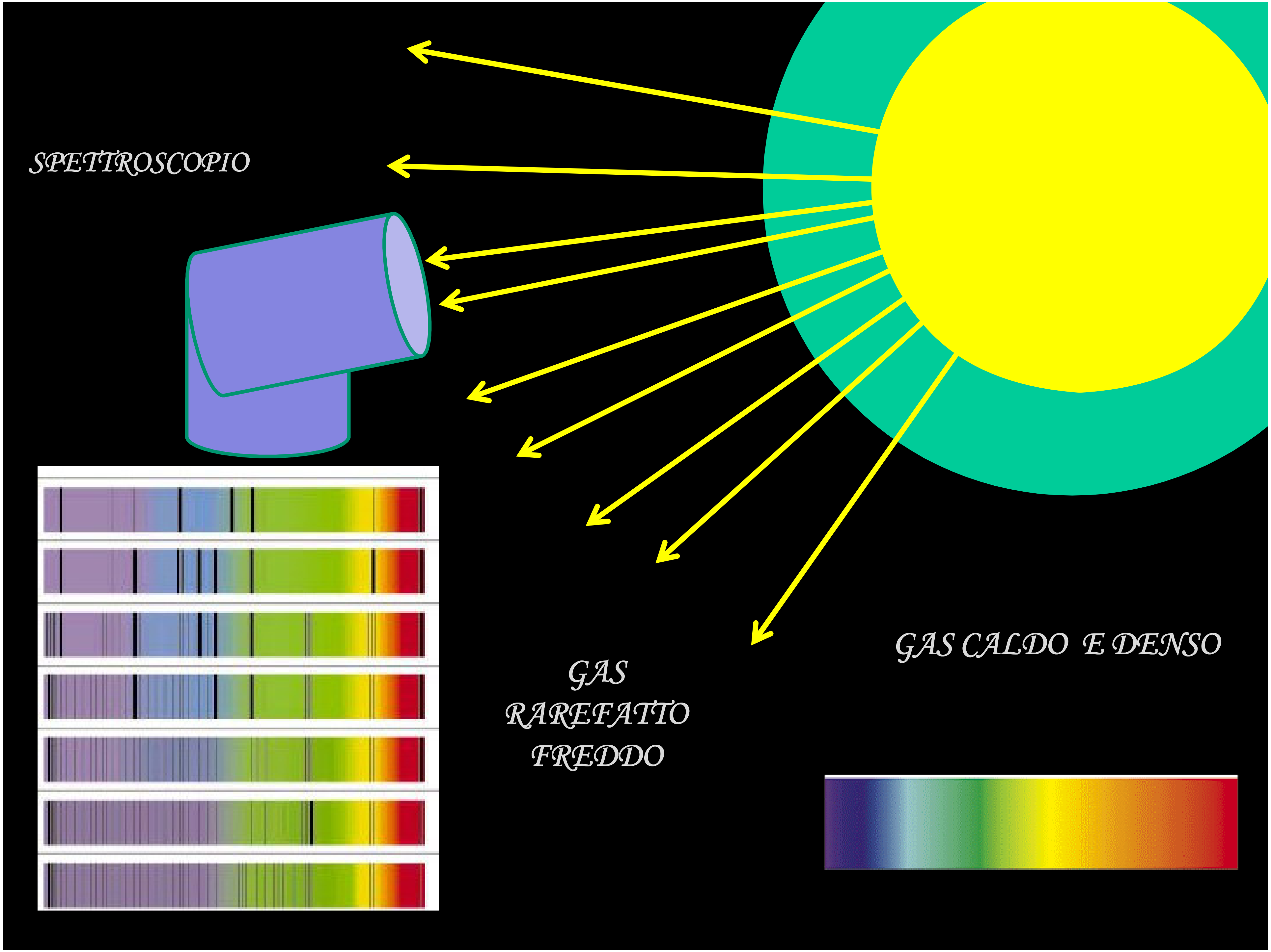


Nel 1859 Robert Wilhelm Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff misero a punto il primo spettroscopio, uno strumento estremamente utile nella ricerca e nel riconoscimento di nuovi elementi.

Nel 1860 gli stessi Bunsen e Kirchhoff identificaticarono il cesio e il rubidio dalle linee di emissione dei loro spettri atomici. Gli elementi presero il nome dal colore delle linee, rispettivamente celesti e rosse.

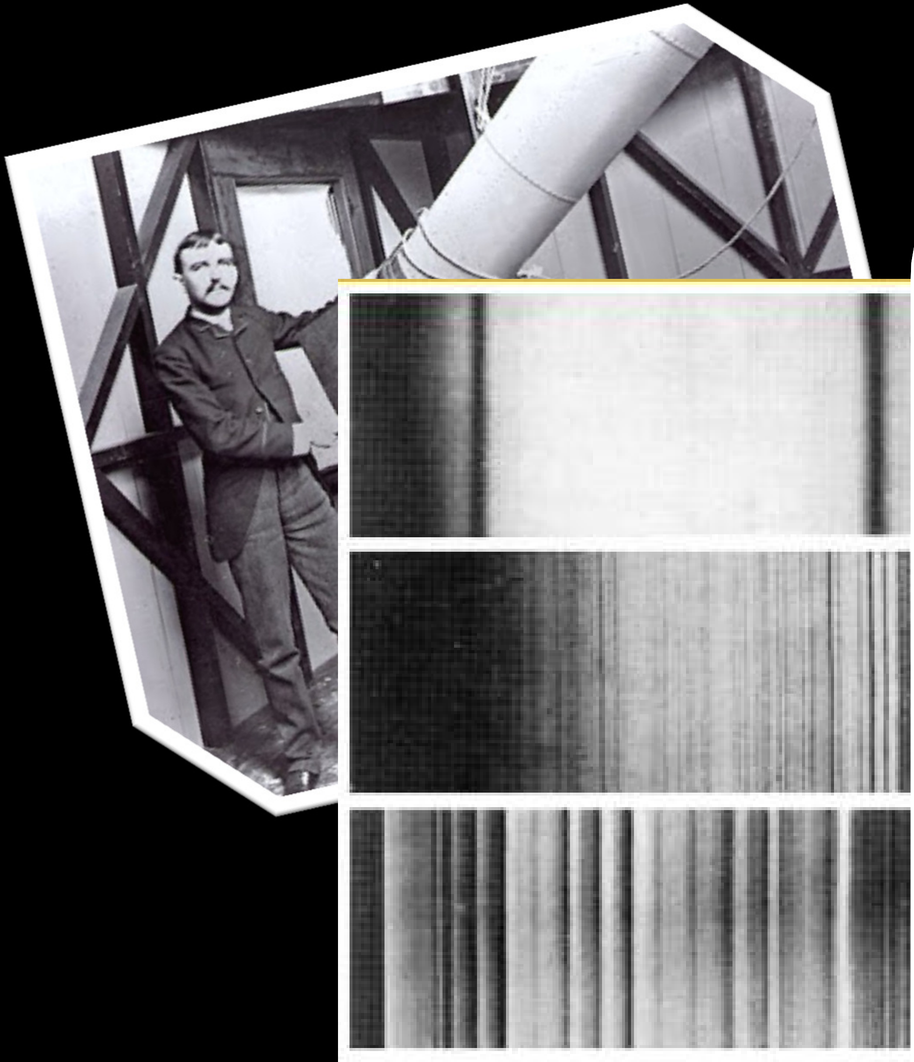
Il tallio e l'indio, il gallio e i gas nobili vennero riconosciuti grazie alle linee di emissione.

Per esempio l'elio fu rilevato nella corona solare nel 1868 prima ancora che sulla Terra.


SPETTROSCOPIO
GAS RAREFATTO FREDDO
GAS CALDO E DENSO

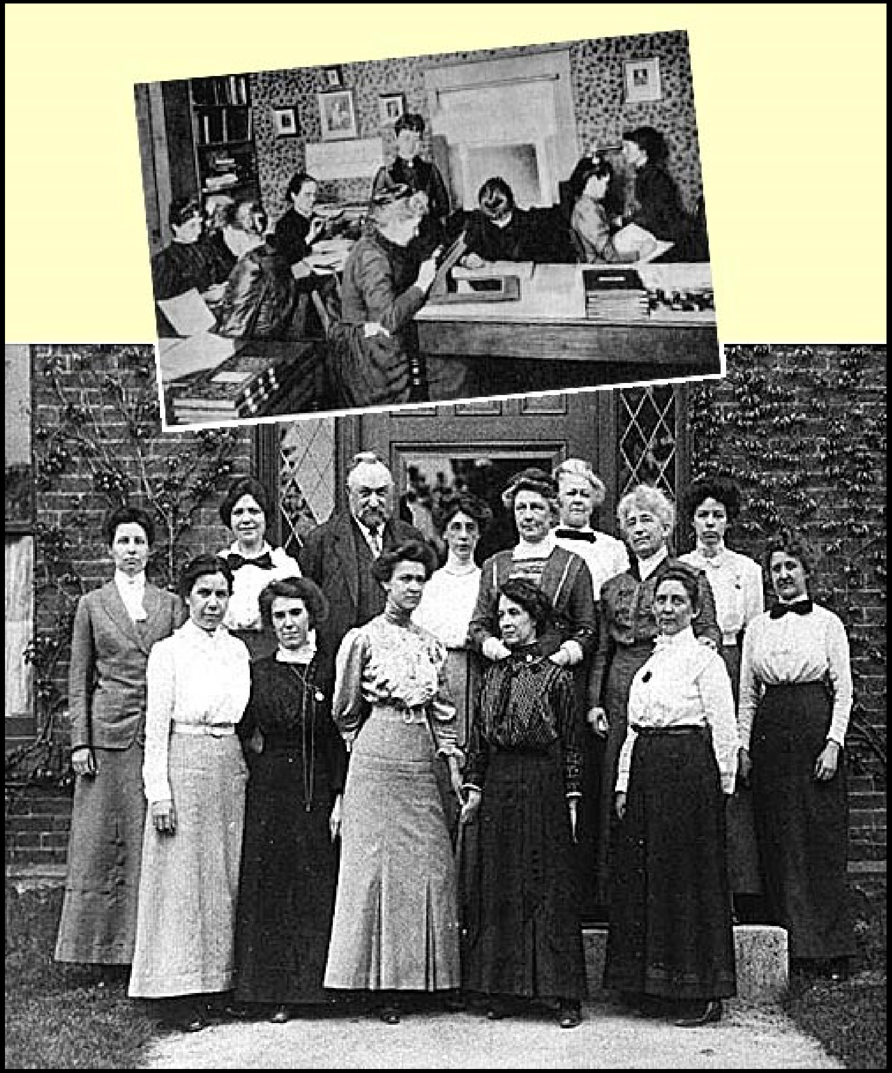
Vista panoramica di Costantinopoli, stampa all'albumina, 1876.

- opera del Governo Federale degli Stati Uniti -



Henry Draper Catalogue

…per ordinare, dividere, catalogare e classificare il materiale



Annie Cannon Jump (1863 – 1941)

Madre appassionata di astronomia.

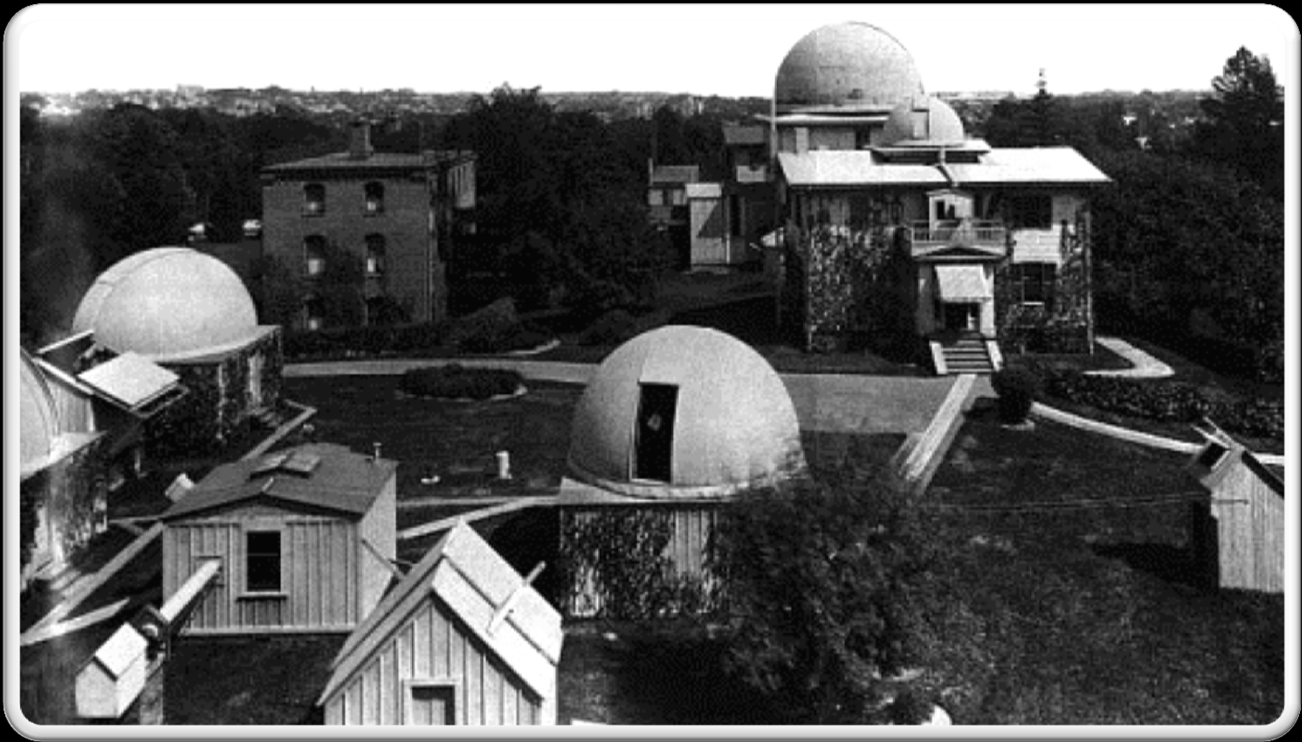
Wellesley College nel Massachussets

Diventa assistente della professoressa di fisica
e si dedica alla spettroscopia.

1896

Annie Cannon è assunta all'Osservatorio di Harvard come assistente del Prof. Pickering

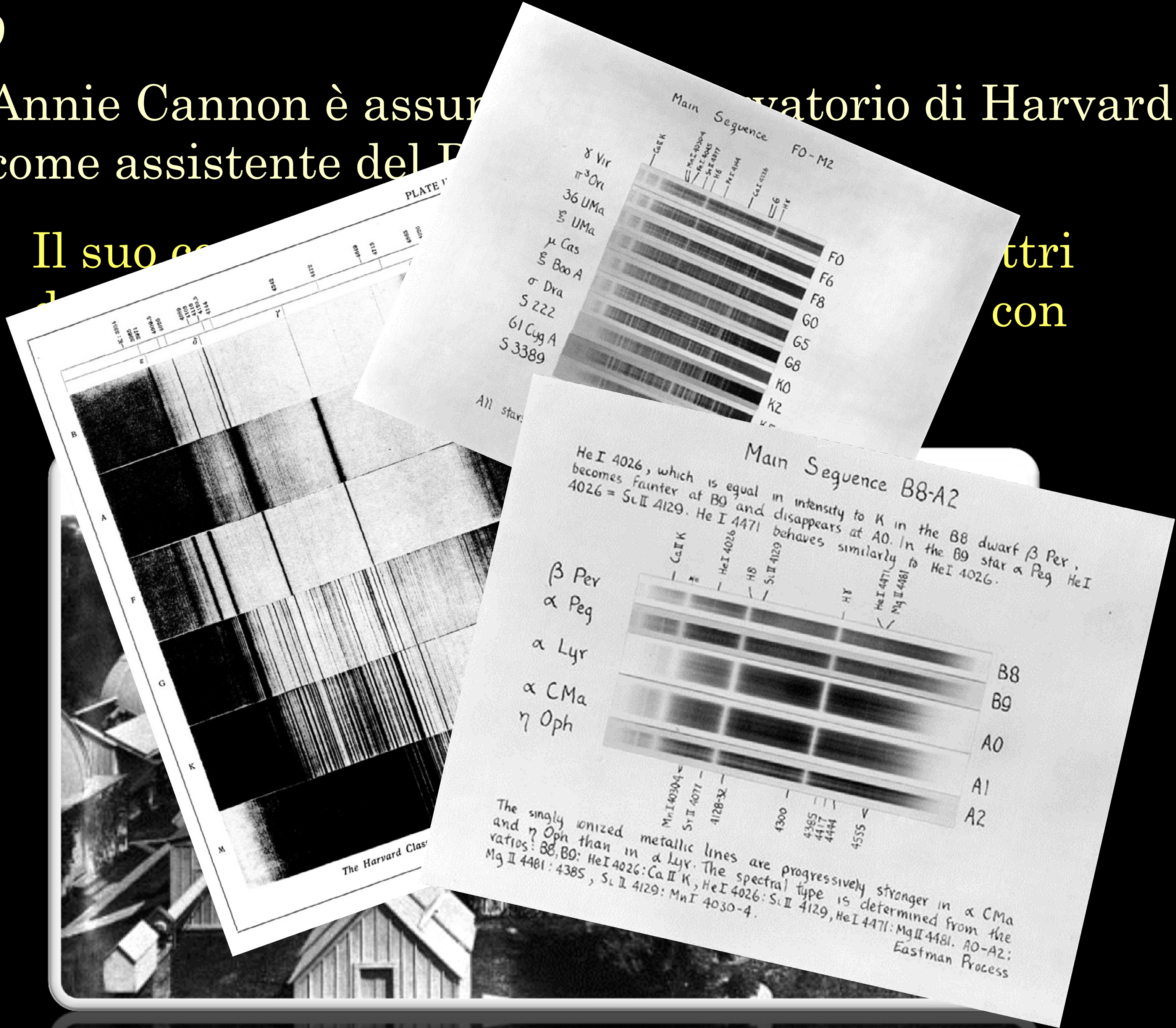
Il suo compito è quello di analizzare gli spettri delle stelle e compilare il Catalogo Draper con dati astrometrici e spettroscopici



1896

Annie Cannon è assun vatorio di Harvard
come assistente del P

Il suo co ttri
d con



1896

Annie Cannon è assunta all'Osservatorio di Harvard come assistente del Prof. Pickering

Il suo compito è quello di analizzare gli spettri delle stelle e compilare il Catalogo Draper con dati astrometrici e spettroscopici

1896

Viene proiettato per la prima volta "L'arrivo di un treno alla stazione di La Ciotat" dei fratelli Lumière. La leggenda vuole che gli spettatori siano fuggiti dal cinema per paura di essere travolti dal treno

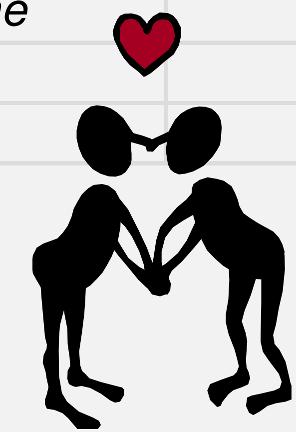
G. Marconi realizza la prima trasmissione di segnali radio a 3 km di distanza.

Ramsay scopre l'elio

Roetgen scopre i raggi x

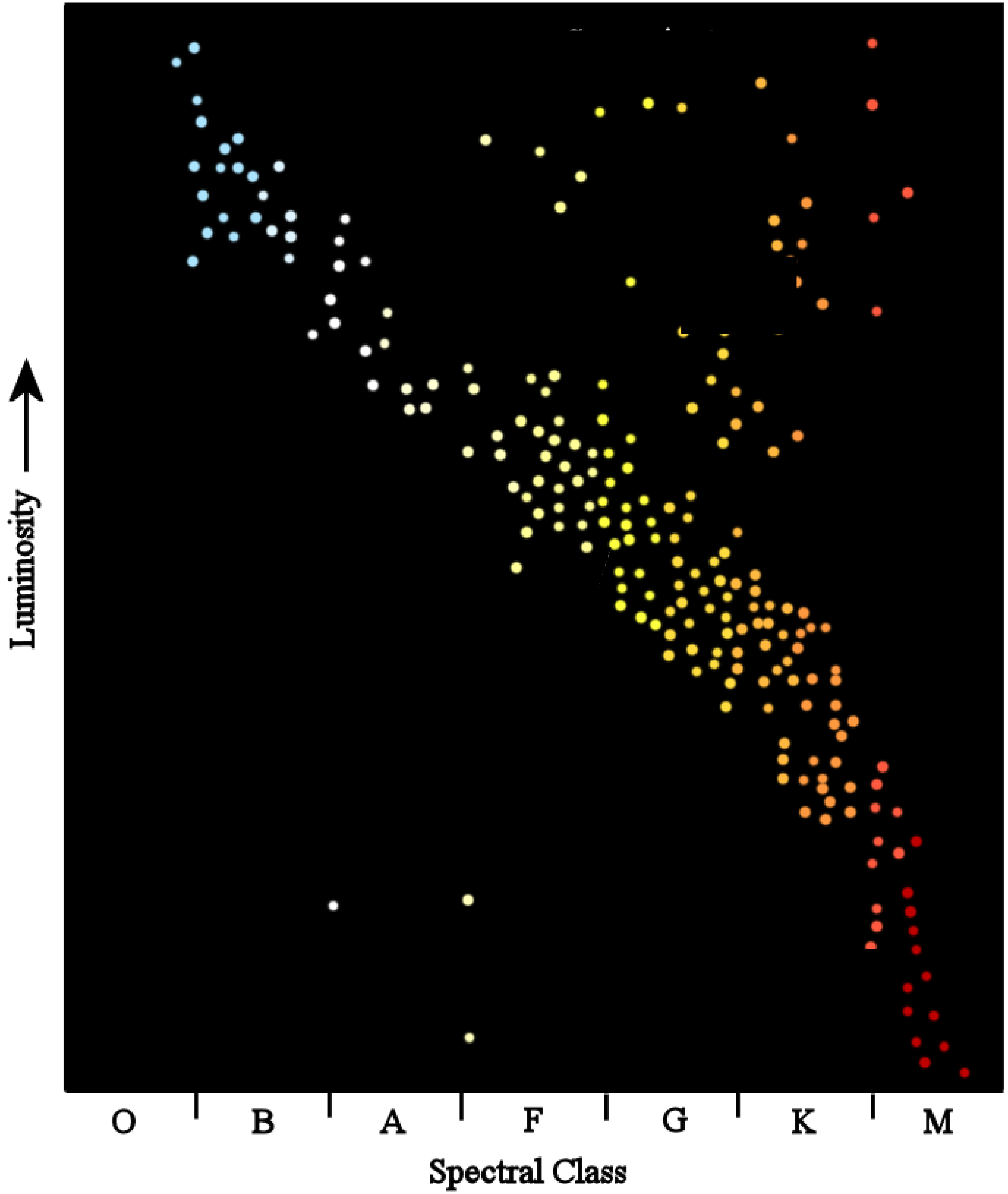
La classificazione delle stelle

Colore	**categoria**	***filastrocca***
blu intenso	O	*oh*
blu	B	*be*
blu-bianco	A	*a*
bianco	F	*fine*
giallo	G	*girl*
arancione	K	*kiss*
rosso arancio	M	*me*
rosso	R,N,S	



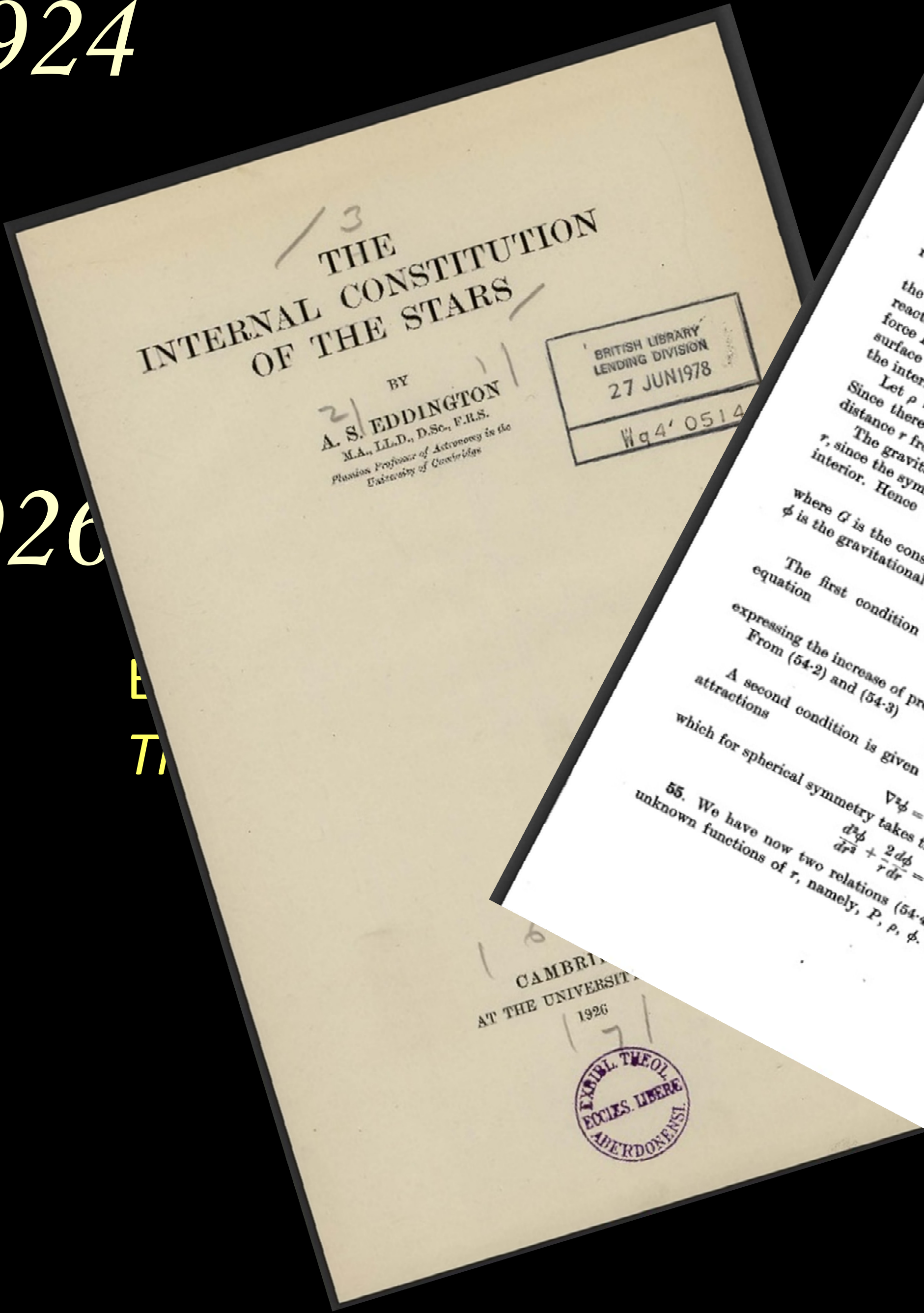
1910

Ejnar Hertzsprung e Henry Norris Russell idearono indipendentemente il grafico che da loro prende il nome



1924

1926

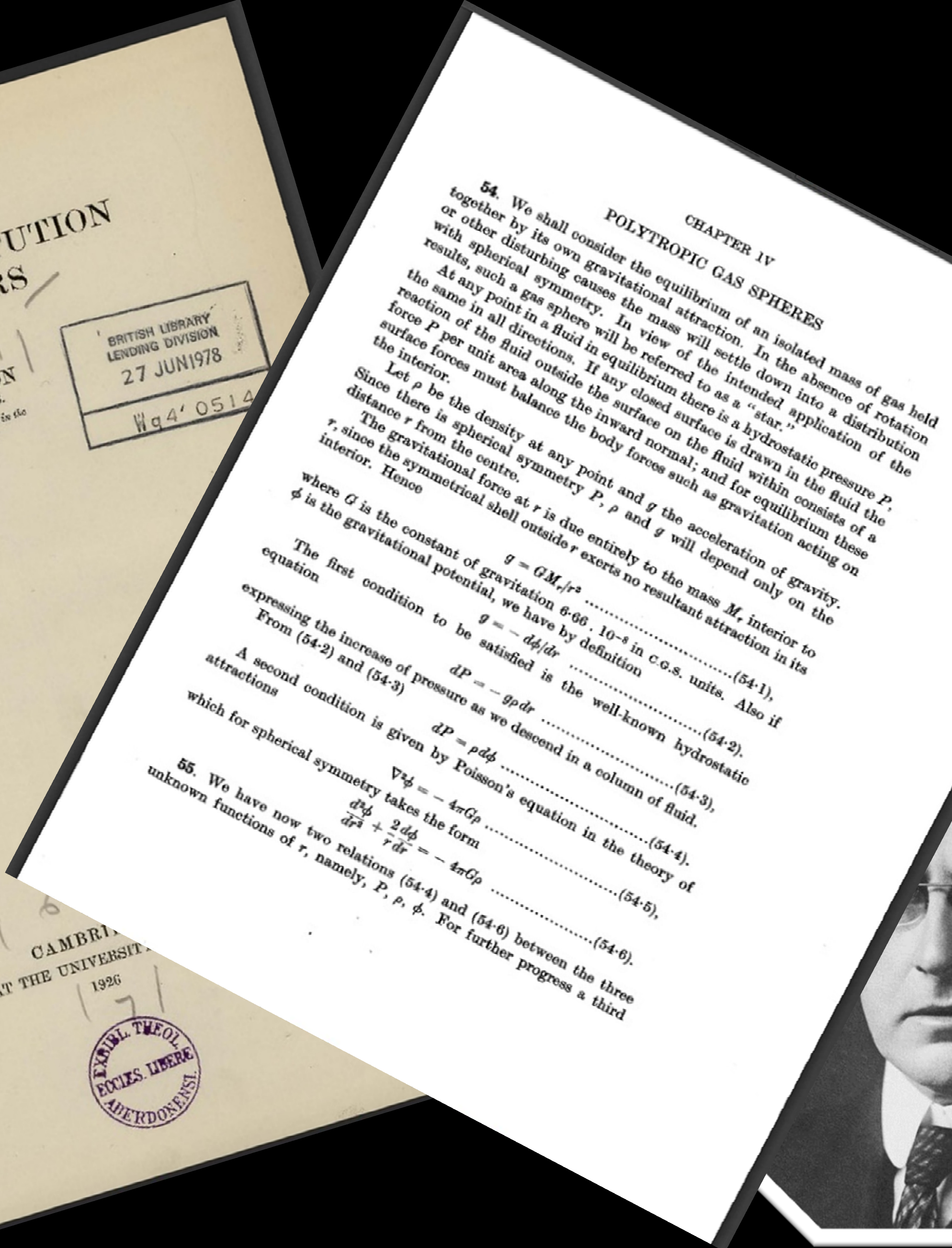


THE
INTERNAL CONSTITUTION
OF THE STARS

BY

A. S. EDDINGTON
M.A., LL.D., D.Sc., F.R.S.
Plumian Professor of Astronomy in the
University of Cambridge

CAMBRI
AT THE UNIVERSIT
1926



CHAPTER IV

POLYTROPIC GAS SPHERES

54. We shall consider the equilibrium of an isolated mass of gas held together by its own gravitational attraction. In the absence of rotation or other disturbing causes the mass will settle down into a distribution with spherical symmetry. In view of the intended application of the results, such a gas sphere will be referred to as a "star."

At any point in a fluid in equilibrium there is a hydrostatic pressure P, the same in all directions. If any closed surface is drawn in the fluid the reaction of the fluid outside the surface on the fluid within consists of a force P per unit area along the inward normal; and for equilibrium these surface forces must balance the body forces such as gravitation acting on the interior.

Let ρ be the density at any point and g the acceleration of gravity. Since there is spherical symmetry P, ρ and g will depend only on the distance r from the centre.

The gravitational force at r is due entirely to the mass M_r interior to r, since the symmetrical shell outside r exerts no resultant attraction in its interior. Hence

$$g = GM_r/r^2 \qquad (54{\cdot}1),$$

where G is the constant of gravitation $6{\cdot}66 \cdot 10^{-8}$ in c.g.s. units. Also if ϕ is the gravitational potential, we have by definition

$$g = -d\phi/dr \qquad (54{\cdot}2).$$

The first condition to be satisfied is the well-known hydrostatic equation

$$dP = -g\rho\, dr \qquad (54{\cdot}3),$$

expressing the increase of pressure as we descend in a column of fluid. From (54·2) and (54·3)

$$dP = \rho\, d\phi \qquad (54{\cdot}4).$$

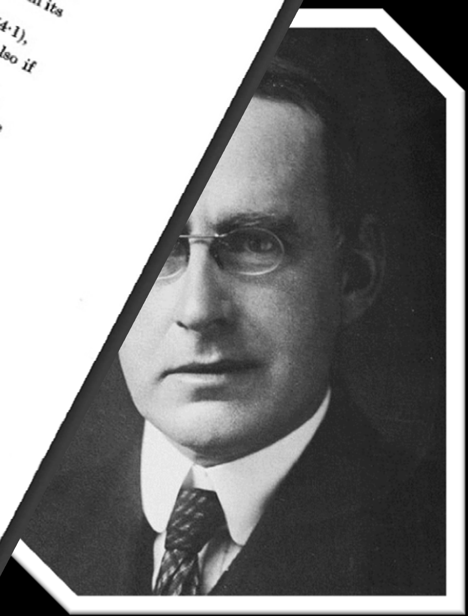
A second condition is given by Poisson's equation in the theory of attractions

$$\nabla^2\phi = -4\pi G\rho \qquad (54{\cdot}5),$$

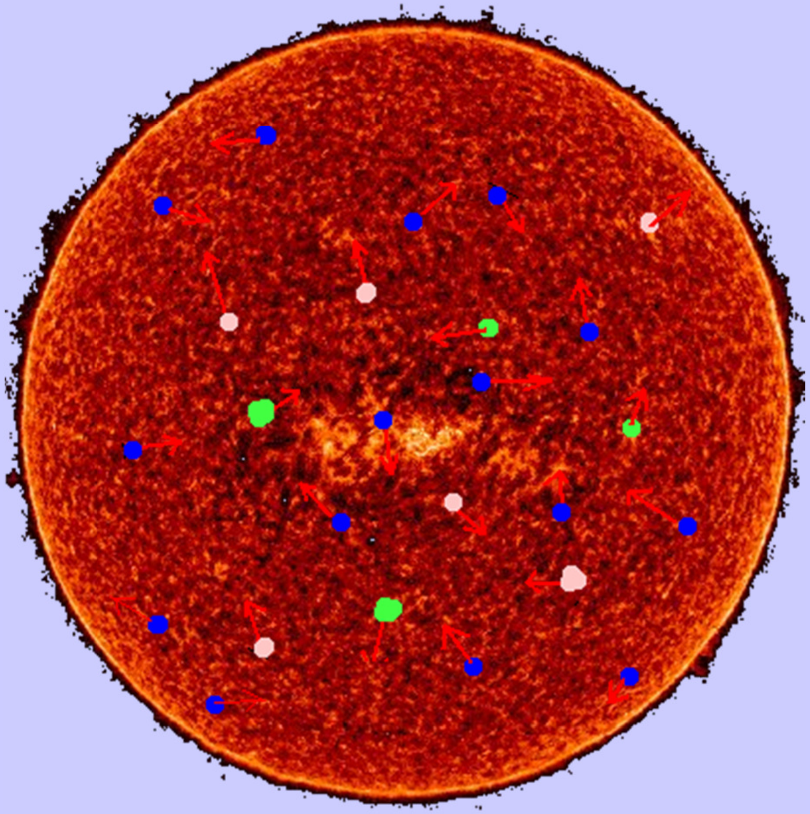
which for spherical symmetry takes the form

$$\frac{d^2\phi}{dr^2} + \frac{2}{r}\frac{d\phi}{dr} = -4\pi G\rho \qquad (54{\cdot}6).$$

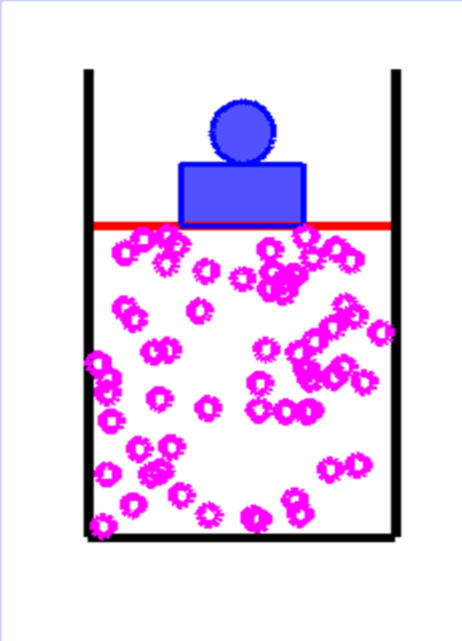
55. We have now two relations (54·4) and (54·6) between the three unknown functions of r, namely, P, ρ, ϕ. For further progress a third



Ogni stella è una sfera di gas…



in cui le particelle
si muovono in
modo frenetico



la forza di pressione e la forza peso agiscono con versi opposti

se la forza di pressione esercitata dalle particelle è sufficiente a sostenere il peso si ha equilibrio delle forze.

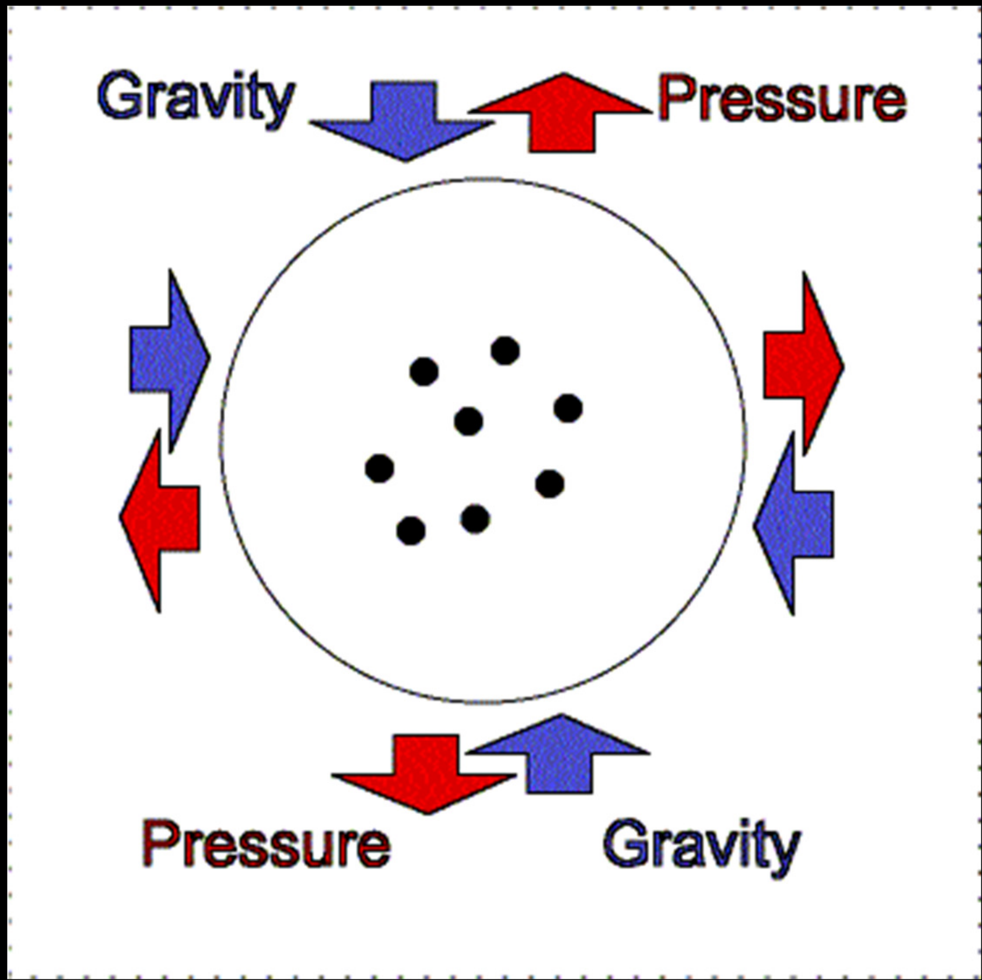
Se salgo su una bici, esercito una forza verso il basso

Ma se gonfio la ruota…

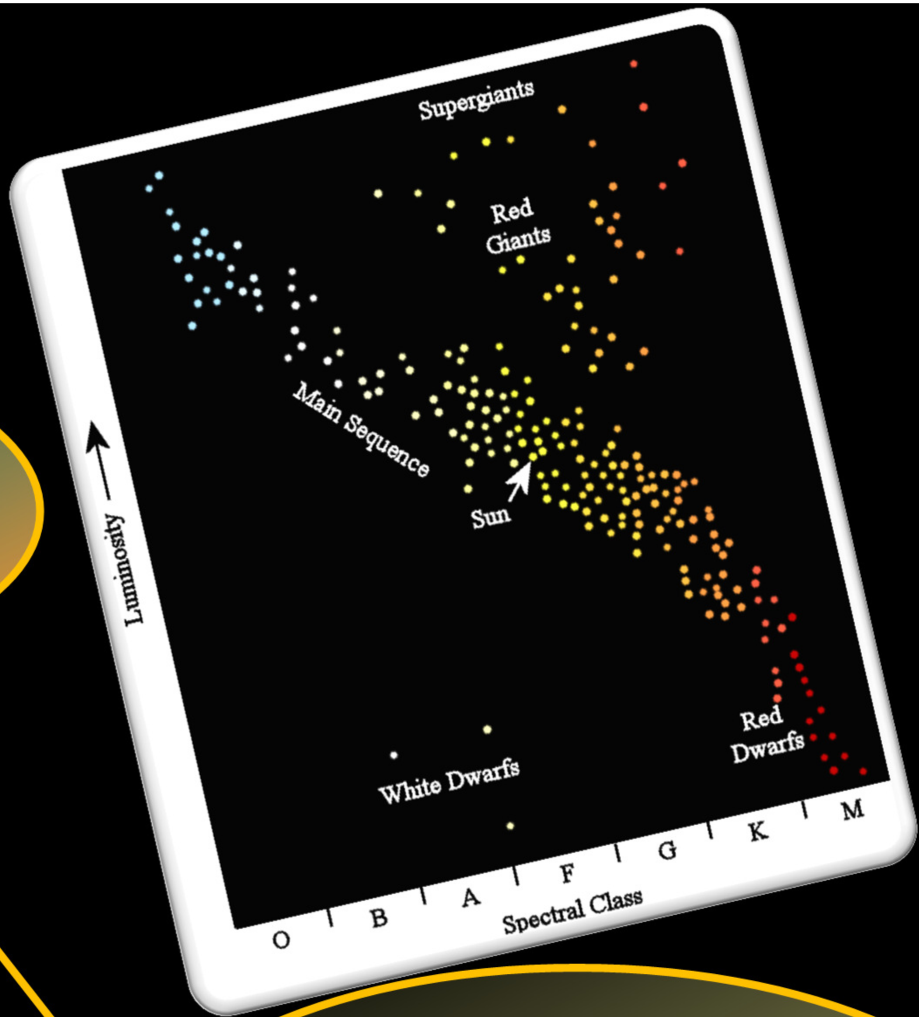
la forza di pressione e la forza peso agiscono con versi opposti

se la forza di pressione esercitata dalle particelle è sufficiente a sostenere il peso si ha equilibrio delle forze.

Nelle stelle si chiama equilibrio idrostatico



Luminosità



Classe spettrale

colore

Cecilia Payne - Gaposchkin (1900 - 1980)

ARCHIVIO | METEO | RADIO | TUTTOAFFARI | LAVORO | LEGALI | PUBLIREDAZIONALI | SCRIVI ALLA REDAZIONE | SERVIZI

LA STAMPA.it SCIENZA

ATTUALITÀ | OPINIONI | SPORT | TORINO | CULTURA | SPETTACOLI | TEMPO LIBERO | MULTIMEDIA | APPROFONDIMENTI | PIÙ LETTI E PIÙ VISTI | ABBONAMENTI

POLITICA | ESTERI | CRONACHE | COSTUME | ECONOMIA | TECNOLOGIA | SCIENZA | AMBIENTE | SCUOLA | MOTORI | LAZAMPA | I TUOI DIRITTI

IL CIELO

28/02/2011 -

Cecilia, duro per le donne studiare le stelle

PIERO BIANUCCI

Se l'Italia uscirà dalla vergogna morale nella quale l'ha trascinata una parte della sua classe politica, sarà soprattutto merito delle donne che abbiamo visto sfilare in tante città dalle Alpi alla Sicilia. Eppure in tempi molto vicini a noi, e in un raffinato ambiente intellettuale come quello dell'Università di Harvard (Usa), alle donne non era neppure consentito continuare a fare ricerca dopo il matrimonio, tanto più nel caso che il marito fosse un collega.

Cecilia Payne

Questa è la storia di Cecilia Helena Payne in Gaposhkin (foto), nata nel 1900 nel Regno Unito, primogenita di una famiglia dalla cultura poliedrica: padre musicista, storico e avvocato, mamma pittrice, una nonna botanica.

Studentessa a Cambridge, nel 1919 Cecilia assiste a una conferenza di Arthur Eddington sulla relatività generale di Einstein. Qualche tempo dopo lo incontra di nuovo partecipando a una notte di osservazione aperta al pubblico, gli chiede consigli e ottiene l'accesso alla biblioteca dell'Osservatorio di Cambridge. Nel 1923 si laurea in scienze e, ricordando un'altra conferenza a cui aveva assistito, tenuta da Harlow Shapley, direttore dell'Osservatorio di Harvard negli Stati Uniti, si procura una borsa di studio per raggiungerlo al di là dell'Atlantico. Si appassiona al problema della temperatura delle stelle e ha l'idea di misurarla partendo dal grado di ionizzazione dei loro gas,

ULTIMI ARTICOLI | SEZIONI | LINK

21/02/2011 Le tempeste solari e i violini di Stradivari

14/02/2011 Bolide su Cuneo: chi l'ha visto?

07/02/2011 Aiuto, scoppia Betelgeuse! (ma è una bufala)

31/01/2011 Il "Meridiano Cassini" da Perinaldo a Torino

> tutti gli articoli

CERCA

FEED RSS

LASTAMPA LIBRERIA

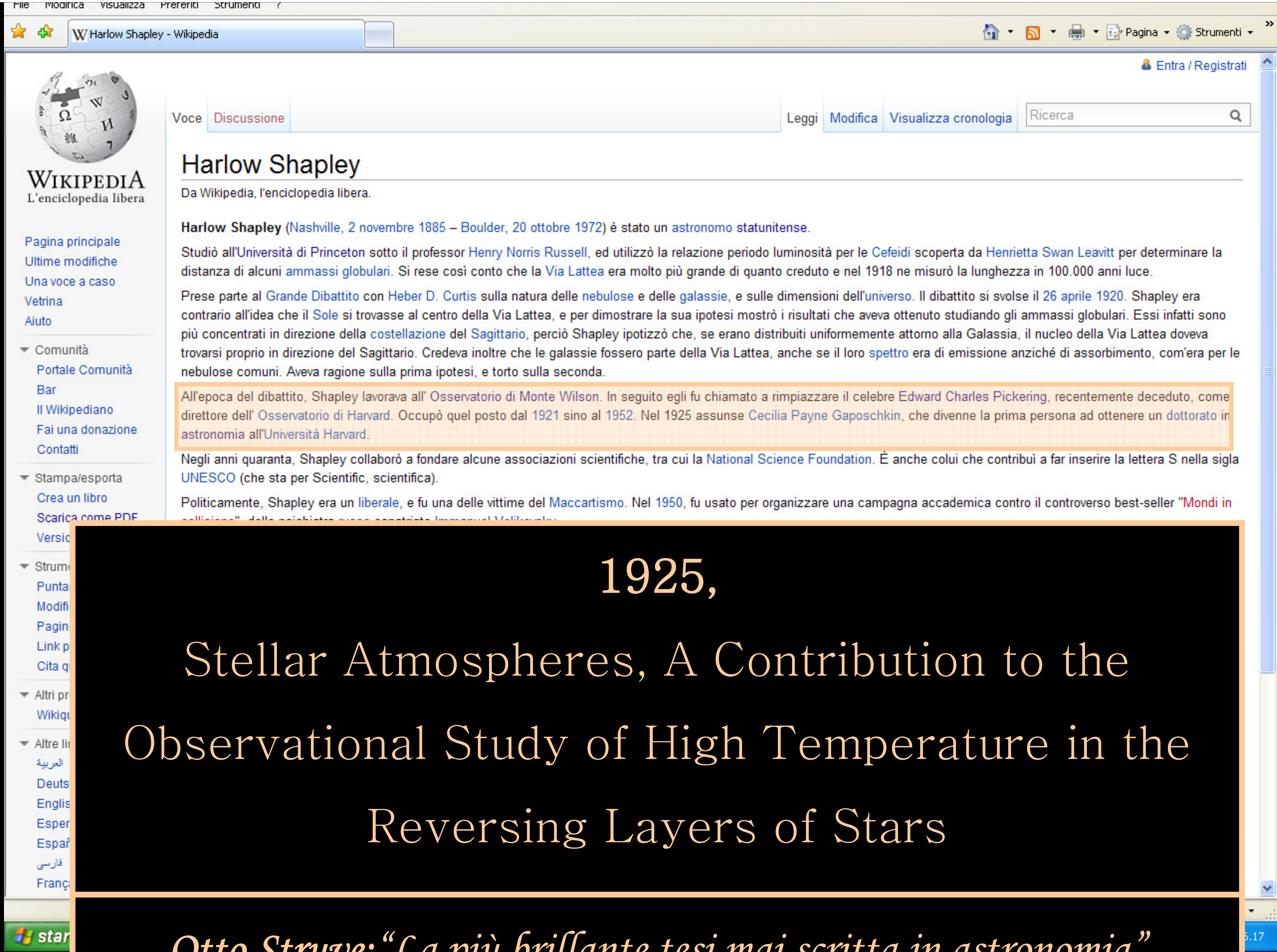
L' universo elegante. Superstringhe, dimensioni

Eureka! 100 invenzioni che hanno cambiato la nostra

Fare doppio clic per modificare

Cecilia Payne - Gaposchkin (1900 - 1980)

Harlow Shapley,
successore di
Edward Pickering



Harlow Shapley

Da Wikipedia, l'enciclopedia libera.

Harlow Shapley (Nashville, 2 novembre 1885 – Boulder, 20 ottobre 1972) è stato un astronomo statunitense.

Studiò all'Università di Princeton sotto il professor Henry Norris Russell, ed utilizzò la relazione periodo luminosità per le Cefeidi scoperta da Henrietta Swan Leavitt per determinare la distanza di alcuni ammassi globulari. Si rese così conto che la Via Lattea era molto più grande di quanto creduto e nel 1918 ne misurò la lunghezza in 100.000 anni luce.

Prese parte al Grande Dibattito con Heber D. Curtis sulla natura delle nebulose e delle galassie, e sulle dimensioni dell'universo. Il dibattito si svolse il 26 aprile 1920. Shapley era contrario all'idea che il Sole si trovasse al centro della Via Lattea, e per dimostrare la sua ipotesi mostrò i risultati che aveva ottenuto studiando gli ammassi globulari. Essi infatti sono più concentrati in direzione della costellazione del Sagittario, perciò Shapley ipotizzò che, se erano distribuiti uniformemente attorno alla Galassia, il nucleo della Via Lattea doveva trovarsi proprio in direzione del Sagittario. Credeva inoltre che le galassie fossero parte della Via Lattea, anche se il loro spettro era di emissione anziché di assorbimento, com'era per le nebulose comuni. Aveva ragione sulla prima ipotesi, e torto sulla seconda.

All'epoca del dibattito, Shapley lavorava all' Osservatorio di Monte Wilson. In seguito egli fu chiamato a rimpiazzare il celebre Edward Charles Pickering, recentemente deceduto, come direttore dell' Osservatorio di Harvard. Occupò quel posto dal 1921 sino al 1952. Nel 1925 assunse Cecilia Payne Gaposchkin, che divenne la prima persona ad ottenere un dottorato in astronomia all'Università Harvard.

Negli anni quaranta, Shapley collaborò a fondare alcune associazioni scientifiche, tra cui la National Science Foundation. È anche colui che contribuì a far inserire la lettera S nella sigla UNESCO (che sta per Scientific, scientifica).

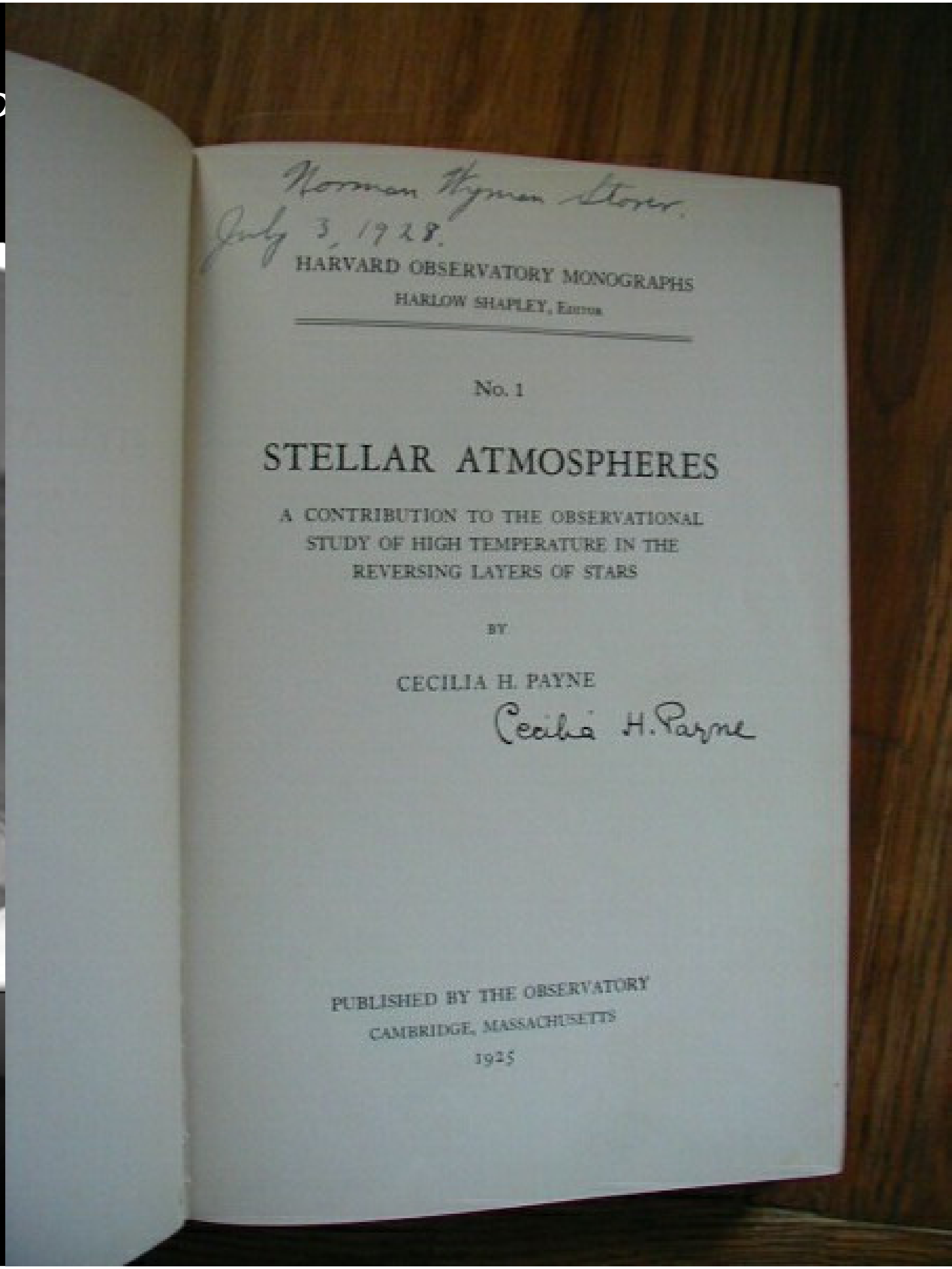
Politicamente, Shapley era un liberale, e fu una delle vittime del Maccartismo. Nel 1950, fu usato per organizzare una campagna accademica contro il controverso best-seller "Mondi in

1925,

Stellar Atmospheres, A Contribution to the Observational Study of High Temperature in the Reversing Layers of Stars

Otto Struve: "La più brillante tesi mai scritta in astronomia"

Cecilia P



Norman Wyman Storer.
July 3, 1928.

HARVARD OBSERVATORY MONOGRAPHS

HARLOW SHAPLEY, Editor

No. 1

STELLAR ATMOSPHERES

A CONTRIBUTION TO THE OBSERVATIONAL STUDY OF HIGH TEMPERATURE IN THE REVERSING LAYERS OF STARS

BY

CECILIA H. PAYNE

Cecilia H. Payne

PUBLISHED BY THE OBSERVATORY
CAMBRIDGE, MASSACHUSETTS
1925

one constant, the effecti
we arbitrarily select a c
photospheric temperatur
which it occurs the pho
scribed by some unkno
mined. If, taking acc
ceed to calculate th
simply recover the o
theory." (Milne.)[2]
temperatures of the
with that of a blac
quantity thus meas
The theory of
made of the tempe
temperatures refe
absorbing atoms
ences of effective
tion temperatur
resent actual t
and the exten
rived from the
is a matter o
which the i
matter of C
calibration
tion is the
The der
from the
sible at t
and the
garded
howeve
astrop
sions a

paragraph. Fowler
sure of 10^{-7} to 10^{-8}
assumed temperat
of the class, ded
ing layer should
perature should
than, the Sch
some 15–20 p
The value 4
value P_e be
$P_e = 4.6 \times 10$
maximum
Ca+ line
curate es
rather fa
then be
The
tempe
assu

TABLE XXI

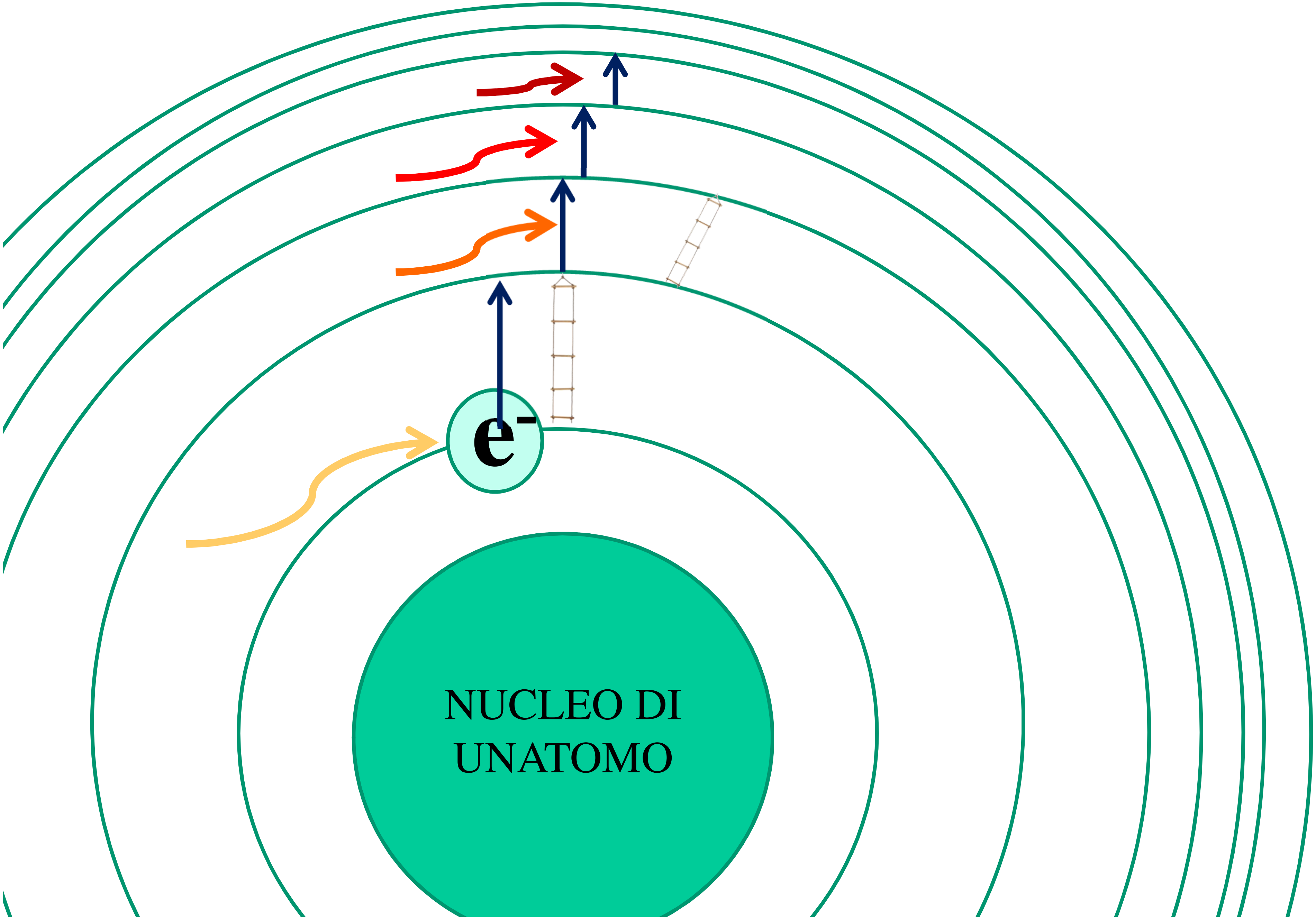
Atom	Ionization Potential	Excitation Potential	Max.	T_{max}
He+	54.2	48.2	O	35000°
C+	24.3	18.0	B3	16000
He	24.7	21.1	B3	16000
Si++	31.7	4.8	B2–B1	18000
Si+++	45.0	24.0	O	25000

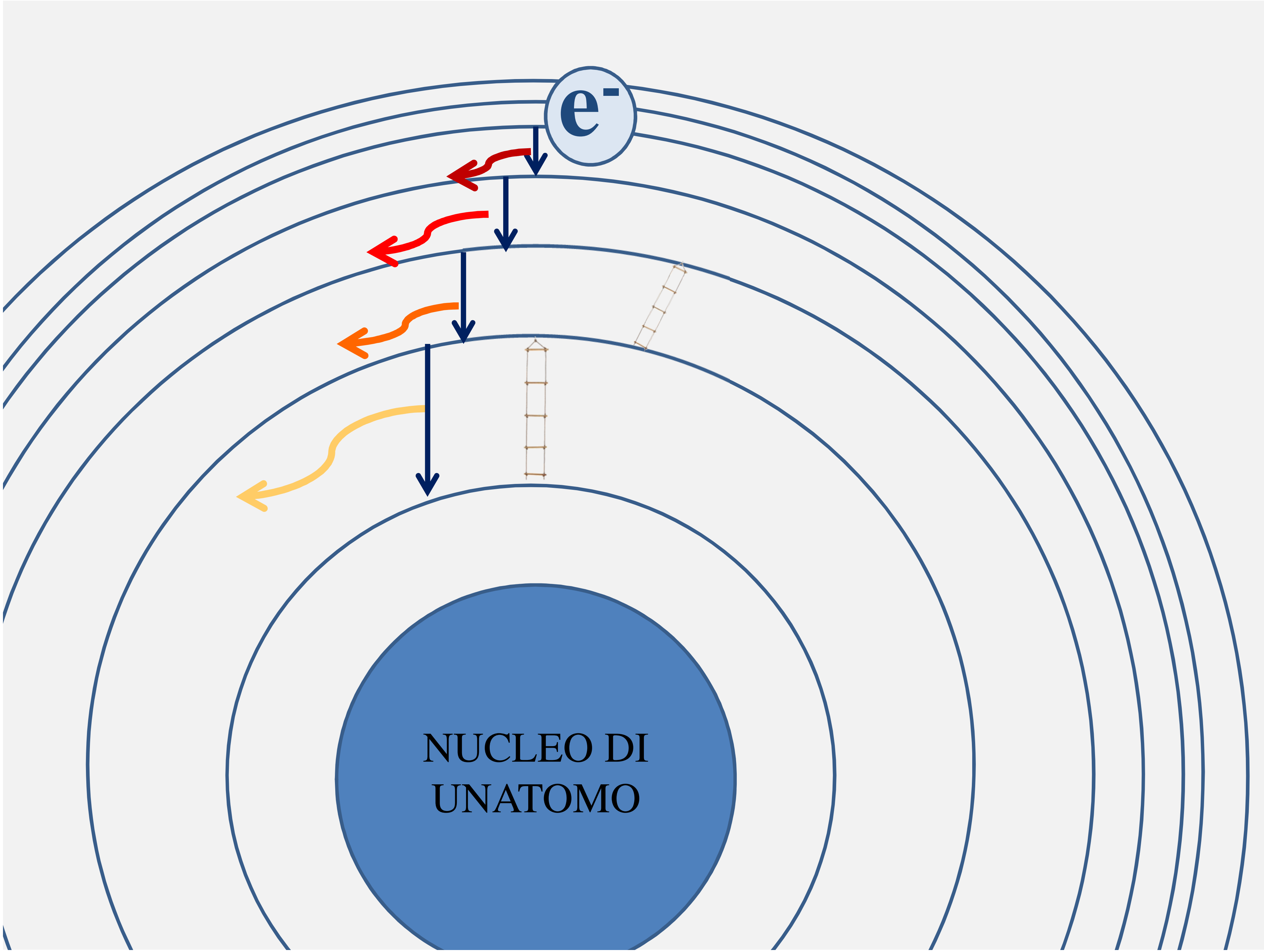
here the *derived* quantity, whereas in Table XX it was the known quantity used for calibration.

The values given in the preceding table constitute the only contribution that can be made by this form of ionization theory to the formation of a stellar temperature scale. Values assigned to intermediate classes must be conjectural. From the observed changes of intensity from class to class, temperatures may be interpolated roughly, and a temperature scale, formed on these general grounds, is reproduced in Table XXII. Values not derived from observed maxima are italicized.

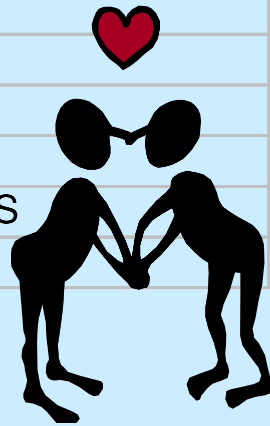
TABLE XXII

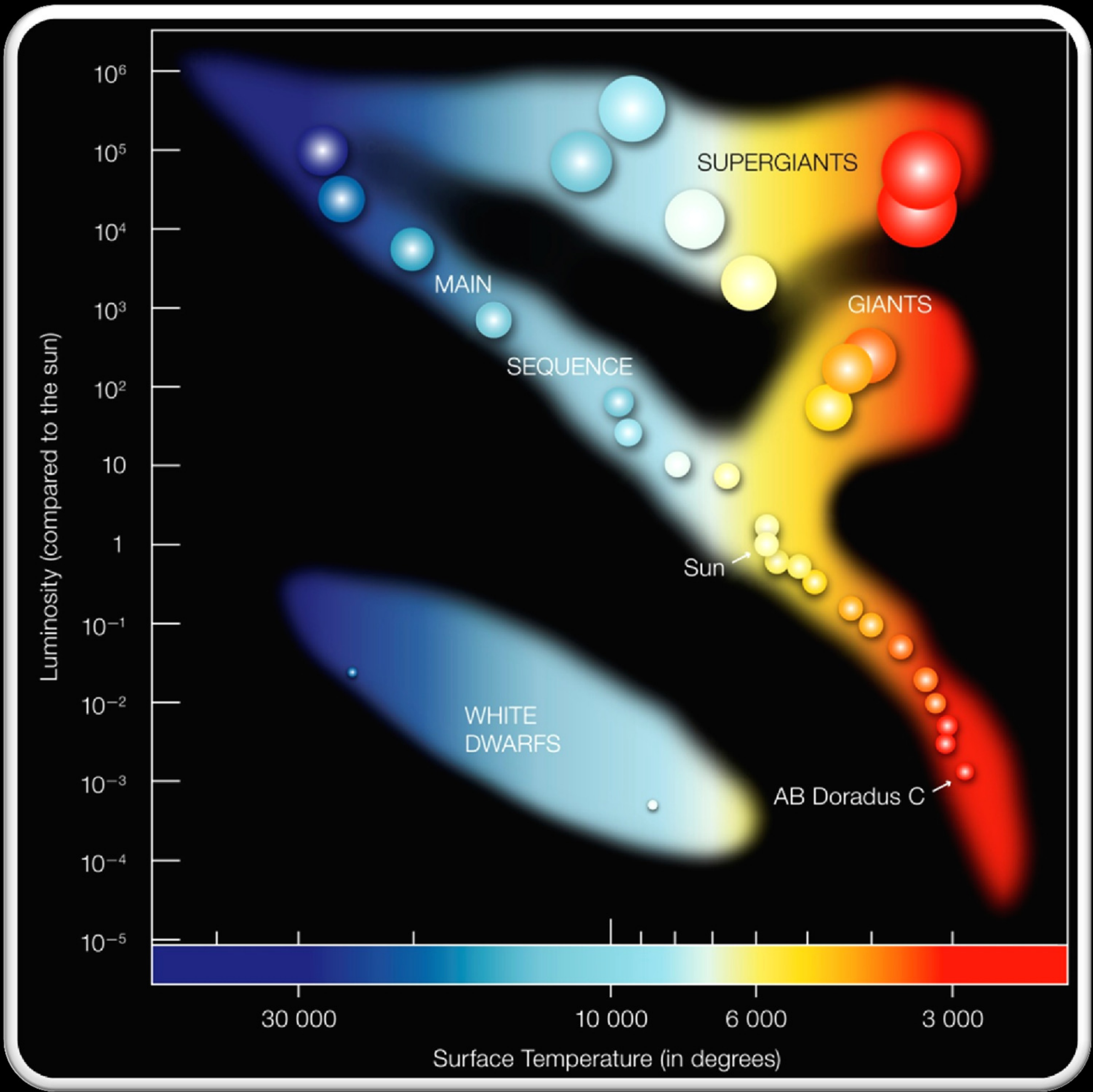
Class	Temperature	Class	Temperature
Ma	3000°	A3	9000°
K5	3000	A0	10000
K2	3500	B8	13500
K0	4000	B5	15000
G5	5000	B3	17000
G0	5600	B1.5	18000
F5	7000	B0	20000
F0	7500	O	25000 to 35000
A5	8400		


e-
NUCLEO DI
UNATOMO


e-
NUCLEO DI
UNATOMO

Colore	Temperatura	categoria	*filastrocca*
blu intenso	40 000	O	*oh*
blu	28 000	B	*be*
blu-bianco	9 900	A	*a*
bianco	7 400	F	*fine*
giallo	6 030	G	*girl*
arancione	4 900	K	*kiss*
rosso arancio	3 480	M	*me*
rosso	3 000	R,N,S	





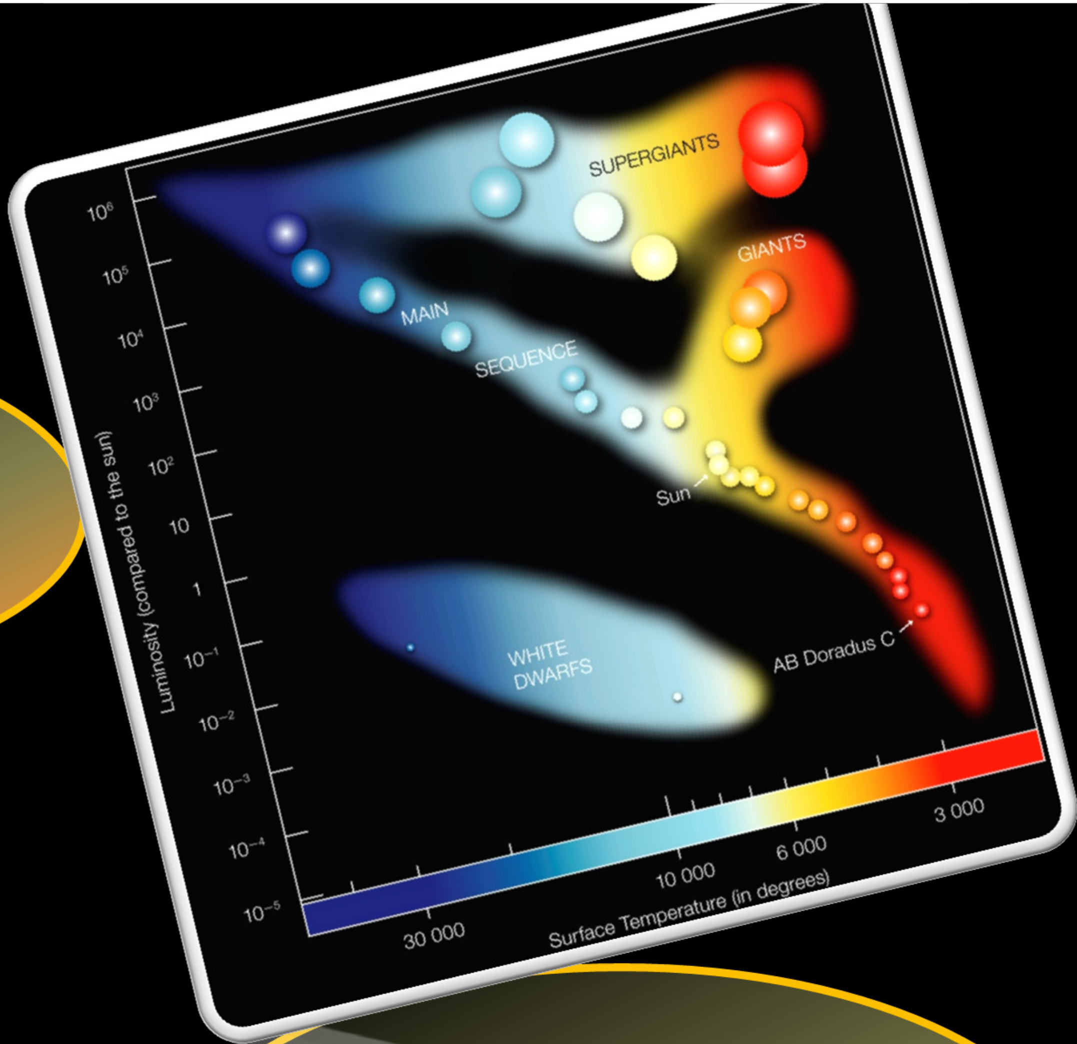
10^6
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
10^{-1}
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
Luminosity (compared to the sun)
SUPERGIANTS
MAIN
SEQUENCE
GIANTS
Sun
WHITE
DWARFS
AB Doradus C
30 000
10 000
6 000
3 000
Surface Temperature (in degrees)

Luminosità

Temperatura

Classe spettrale

colore



traced in the stellar spectrum. The occurrence of the se
spectrum of hydrogen, ascribed to the hydrogen molec
has been suspected,[3] but not definitely established. O
of the lines has been recorded, and this should almost c
be attributed[4] to N++. The familiar Balmer series ap
emission lines in the Wolf-Rayet stars, but normally t
absorption lines in all succeeding classes.

The intensity of the hydrogen lines is at a maximum
neighborhood of Class A0. They vary greatly in widt
ever, within a given spectral class,[6] and it is difficult to
method of photometry applicable to the comparison of
very different widths. The maximum of the Balmer li
been placed by Menzel[7] at A3. The writer is inclined to
that no significant maximum can in fact be derived
Balmer lines; beyond A5, however, their intensity f
rapidly.

It is peculiar to the Balmer series to appear in every
the normal stellar sequence, and its lines at maximum ex
strength the lines of every other element which appears
lar spectra, excepting those of ionized calcium.

Although hydrogen is presumably unable to give rise
"enhanced" spectrum, as the atom only possesses one
nuclear electron, the lines of the Balmer series share wit
of neutral helium the peculiarity of behaving like the line
ionized atom.[8] They are weakened in dwarf M stars, and
strengthened in the cooler super-giants, such as α Orionis
peculiarity of the astrophysical behavior of the hydroge
also appears in the impossibly high value that is assig
ionization theory to the relative abundance of this ele
An explanation, in terms of metastability, has been sug
by Russell and Compton,[10] but although the hypothe

[3] Wright, Lick Pub., 13, 242, 1918.
[4] A. Fowler, M. N. R. A. S., 80, 692, 1920.
[5] H. A., 91, 7, 1918.
[6] Fairfield, H. C. 264, 19
[7] H. C. 258, 1924.
[8] *Ibid.*
[9] Payne, Proc. N. Ac. Sci., 11, 192, 1925; Chapter XIII, p. 188.
[10] Nature, 114, 86, 1924.

pears very satisfactory in the case of hydrogen, it is not applicable to the similar problem of helium. Russell[11] has remarked that "there seems to be a real tendency for lines, for which both the ionization and excitation potentials are large, to be much stronger than the elementary theory would indicate."

The hydrogen lines are often conspicuously winged. Measures of the width and intensity distribution of the wings are discussed elsewhere.[12] Wings are probably not peculiar to the hydrogen lines, but the hydrogen wings can be studied because of their strength. The feature is also seen in helium, calcium and iron lines, and wings of greater or less strength are probably universal.

The width of the hydrogen lines in A stars has been correlated with absolute magnitude, and used for the estimation of luminosities.[13] It appears, however, that the line width may not furnish an accurate measure of absolute magnitude, although it serves to discriminate stars having the c-character from those of smaller luminosity.[14] The occurrence of wings seems, moreover, to be independent of line width and of absolute magnitude.[15] These questions are connected with the problem of classifying the A stars, and are discussed in a later chapter.[16]

The continuous spectrum of hydrogen, beyond the limit of the Balmer series, corresponding to the continuous radiation observed in the laboratory for sodium by Wood,[17] and for helium by Lyman,[18] was first noted in stellar spectra by Sir William Huggins.[19] The beginning of the band appears just to the red of the last Balmer line observed.[20] It appears, from work in progress at the Harvard Observatory,[21] that the limit is nearer to the violet, the higher the luminosity, and in a nebular spectrum quoted by Hubble,[22] it almost coincides with the theoretical limit of the series.

[11] Personal letter.
[12] Chapter IV, p. 51.
[13] Mt. W. Contr. 262, 1922.
[14] Fairfield, H. C. 264, 1924.
[15] Lindblad, Ap. J., 59, 305, 1924.
[16] Chapter XII, p. 168.
[17] Ap. J., 29, 100, 1909.
[18] Ap. J., 60, 1, 1924.
[19] Atlas, p. 85, 1892.
[20] Wright, Nature, 109, 810, 1920.
[21] Chapter III, p. 43.
[22] Pub. A. S. P., 32, 155, 1920.

also in order of abundance, are silicon, sodium, magnesium, aluminum, carbon, calcium, iron, zinc, titanium, manganese, chromium, potassium, vanadium, strontium, barium, (hydrogen, and helium). All the atoms for which quantitative estimates have been made are included in this list. Although hydrogen and helium are manifestly very abundant in stellar atmospheres, the actual values derived from the estimates of marginal appearance are regarded as spurious.

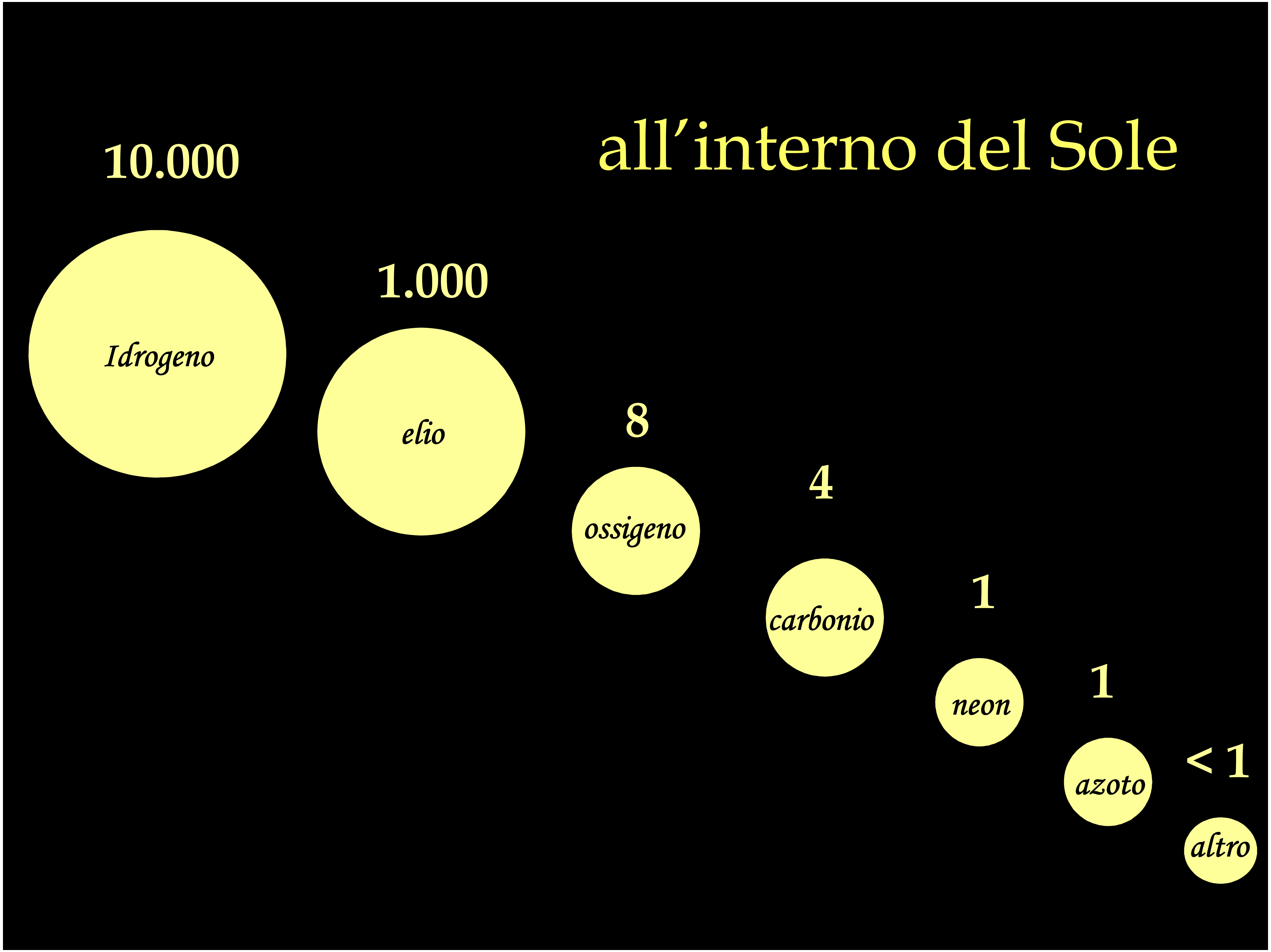
The absence from the stellar list of eight terrestrially abundant elements can be fully accounted for. The substances in question are oxygen, chlorine, phosphorus, sulphur, nitrogen, fluorine, zirconium, and nickel, and none of these elements gives lines of known series relations in the region ordinarily photographed.

The 1^5S-m^5P " triplets " of neutral oxygen, in the red, should prove accessible in the near future; the point of disappearance of these lines would not be difficult to estimate, and they would furnish a value for the stellar abundance of oxygen. The lines of ionized oxygen, which have not yet been analyzed into series, are conspicuous in the B stars,[14] and the element is probably present in large quantities.

Sulphur and nitrogen both lack suitable lines in the region usually studied; the analyzed spectrum of neutral sulphur is in the green and red,[15] or in the far ultra-violet,[16] and the neutral nitrogen spectrum has not as yet been arranged in series. Both sulphur and nitrogen appear, in hotter stars, in the once and twice ionized conditions,[17] and are probably abundant elements in stellar atmospheres.

For the remaining elements, phosphorus, chlorine, fluorine, zirconium and nickel, series relations are not, as yet, available. No lines of phosphorus or the halogens have been detected in stellar spectra, but these elements have not been satisfactorily analyzed spectroscopically, and their apparent absence from the stars is probably a result of a deficiency in suitable lines. Nickel

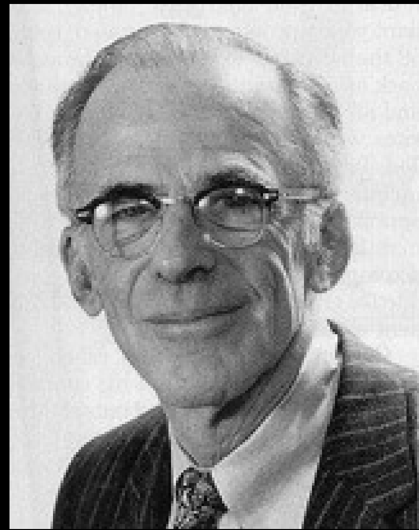
[14] H. C. 256, 1924.
[15] Fowler, Report on Series in Line Spectra, 170, 1922.
[16] Hopfield, Nature, 112, 437, 1923.
[17] H. C. 256, 1924.


all’interno del Sole
10.000
Idrogeno
1.000
elio
8
ossigeno
4
carbonio
1
neon
1
azoto
< 1
altro

Lettera di Bertrand Russell a Cecilia Payne: (DATA)

«Gentile Miss Payne,
ecco finalmente le note sull'abbondanze relative, che è stata così gentile da mostrarmi.
I suoi eccellenti risultati sembrano estremamente coerenti. Molte discrepanze sono risolte.
Rimane però una discrepanza piuttosto seria, quella relativa all'idrogeno, elio e ossigeno. Su questo punto credo che ci sia qualcosa di molto sbagliato nella teoria corrente.
È chiaramente impossibile che l'idrogeno sia un milione di volte più abbondante dei metalli e non ho dubbi che il numero atomi di idrogeno, nei due stati quantici, sia infinitamente superiore a quanto indicato dalle teorie di Fowler e Milne»

Tesi confermata da Russell solo nel 1929



10.000 *Idrogeno*

1.000 *elio*

8 *ossigeno*

4 *carbonio*

1 *neon*

1 *azoto*

< 1 *altro*

70 % della massa è Idrogeno

25-30 % della massa è Elio

Tracce di elementi complessi

Massa del Sole: $2 \cdot 10^{33}\ g$

Massa dell'idrogeno: $1{,}67 \cdot 10^{-24}\ g$

Numero di atomi di idrogeno:

$$10^{57}$$

1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000

Margaret Peachey Burbidge (1919)

1939

"non si svolsero cerimonie per la mia laurea, nell'estate del '39 era ovvio che l'Inghilterra andava incontro alla guerra con la Germania."

"Avendo letto un annuncio su The Observer per una ricerca di personale all'Università Carnegie per il Mt. Wilson Observatory feci domanda"

"La lettera di rifiuto diceva semplicemente che i posti al Carnegie Fellowship erano riservati agli uomini. Apparentemente alle donne non era concesso l'uso dei telescopi di Mt. Wilson"

REVIEWS OF
MODERN PHYSICS

VOLUME 29, NUMBER 4 OCTOBER, 1957

Synthesis of the Elements in Stars*

E. MARGARET BURBIDGE, G. R. BURBIDGE, WILLIAM A. FOWLER, AND F. HOYLE

*Kellogg Radiation Laboratory, California Institute of Technology, and
Mount Wilson and Palomar Observatories, Carnegie Institution of Washington,
California Institute of Technology, Pasadena, California*

"It is the stars, The stars above us, govern our conditions";
(*King Lear*, Act IV, Scene 3)

but perhaps

"The fault, dear Brutus, is not in our stars, But in ourselves,"
(*Julius Caesar*, Act I, Scene 2)

TABLE OF CONTENTS

* Supported in part by the joint program of the Office of Naval Research and the U. S. Atomic Energy Commission.

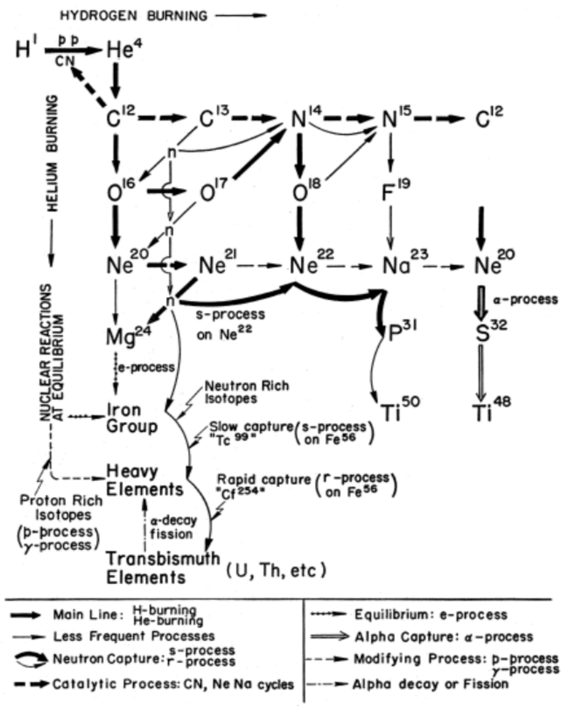
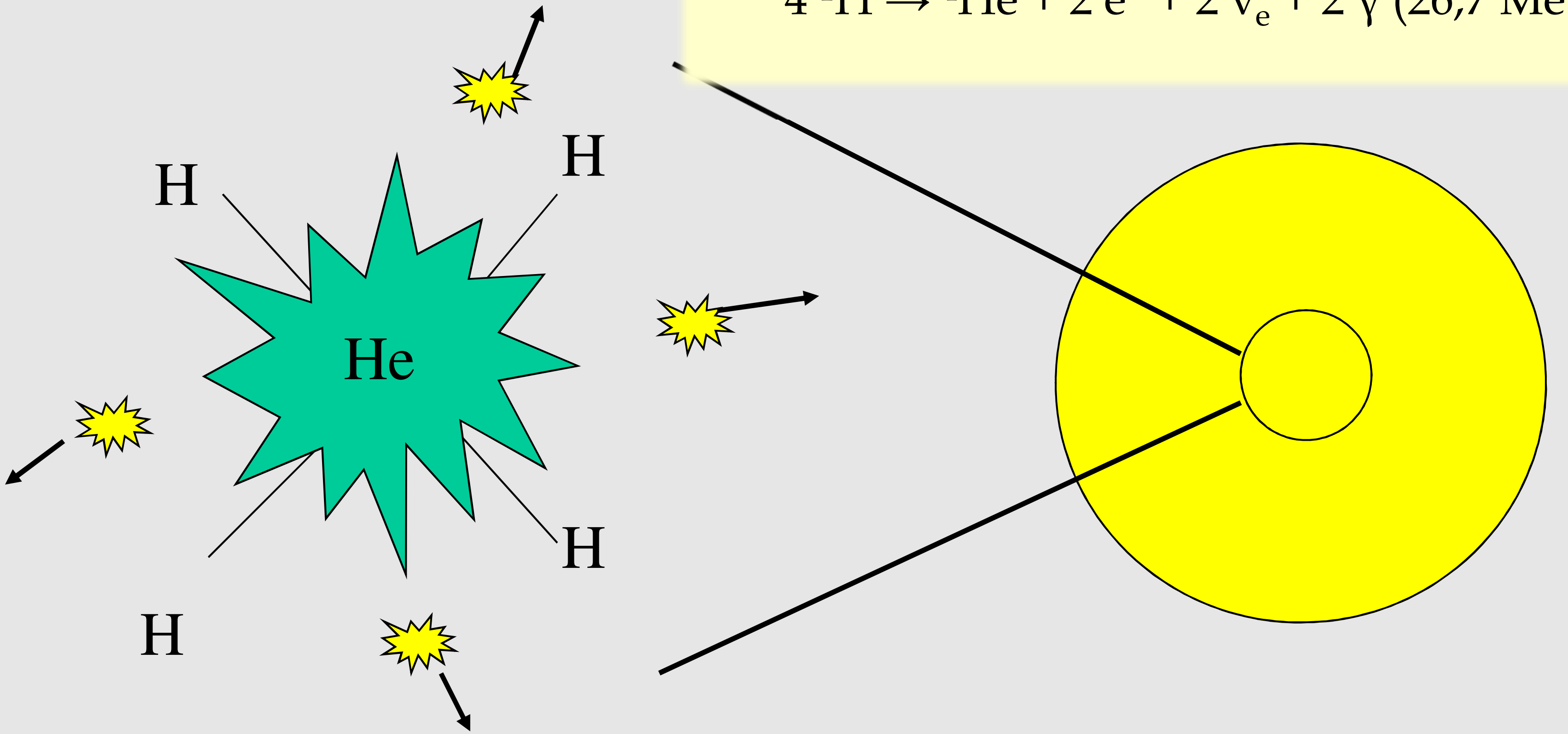


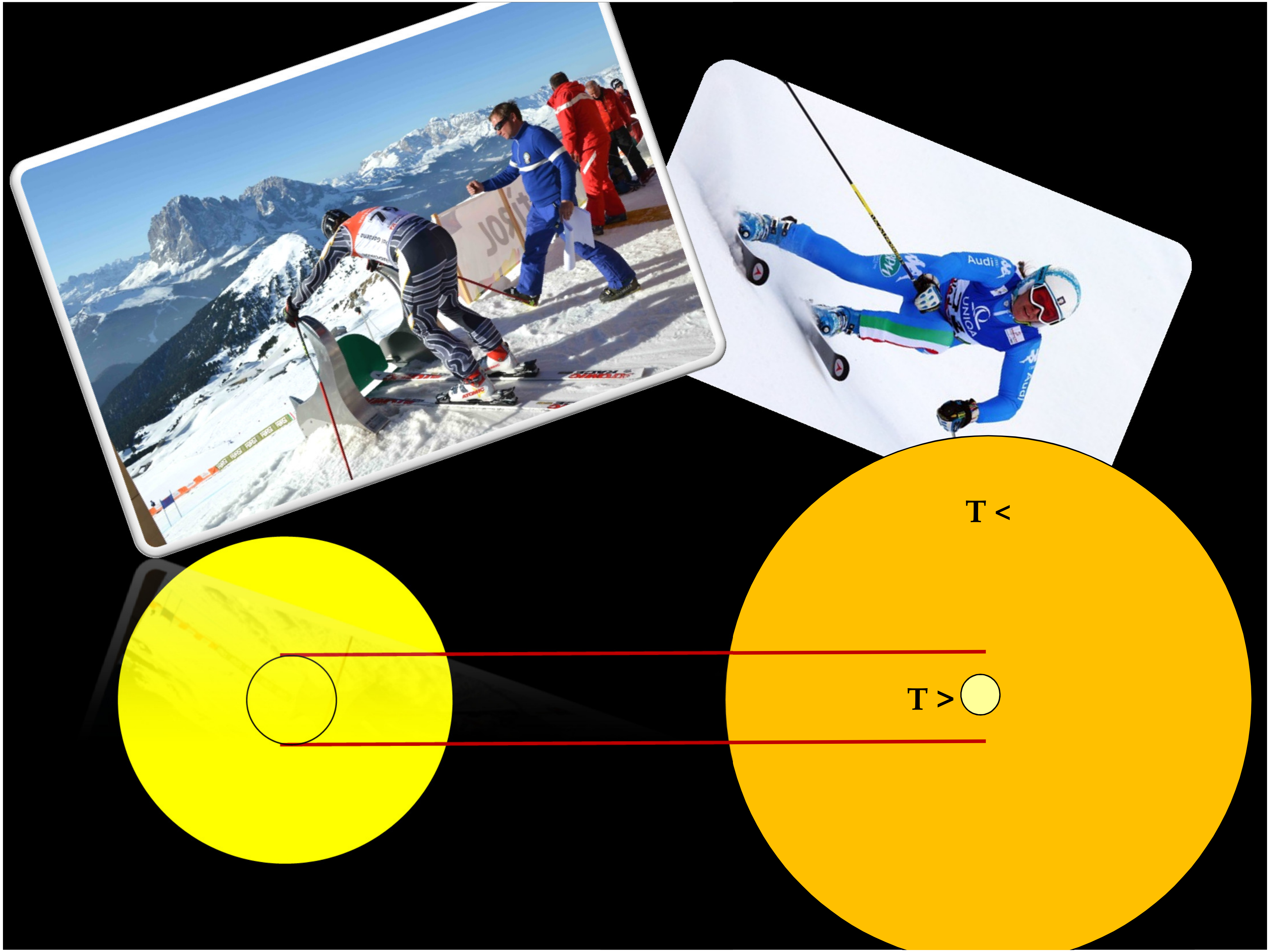
FIG. 1,2. A schematic diagram of the nuclear processes by which the synthesis of the elements in stars takes place. Elements synthesized by interactions with protons (hydrogen burning) are listed horizontally. Elements synthesized by interactions with alpha particles (helium burning) and by still more complicated processes are listed vertically. The details of the production of all of the known stable isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, fluorine, neon, and sodium are shown completely. Neutron capture processes by which the highly charged heavy elements are synthesized are indicated by curved arrows. The production of radioactive Tc^{99} is indicated as an example for which there is astrophysical evidence of neutron captures at a slow rate over long periods of time in red giant stars. Similarly Cf^{254}, produced in supernovae, is an example of neutron synthesis at a rapid rate. The iron group is produced by a variety of nuclear reactions at equilibrium in the last stable stage of a star's evolution.

All’interno della stella avvengono delle reazioni tra le particelle chiamate reazioni nucleari:

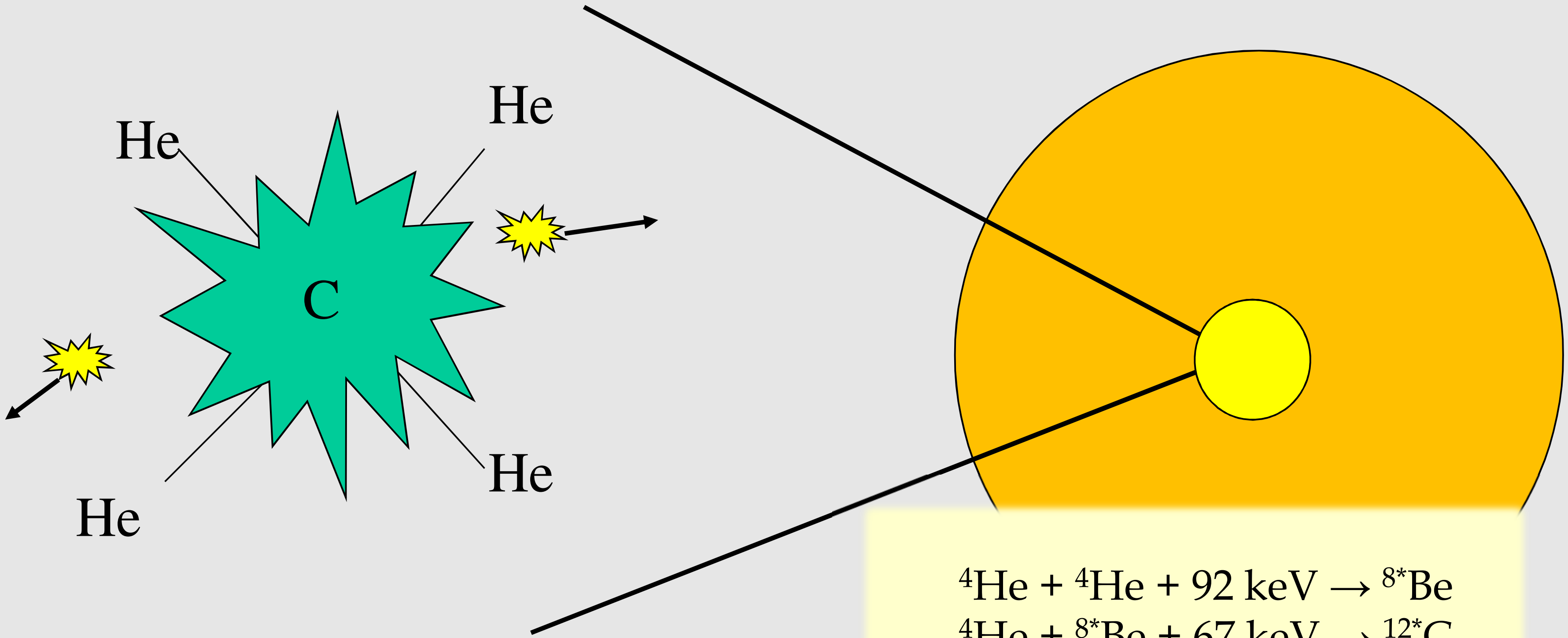
$4\,{}^{1}H \rightarrow 2\,{}^{2}H + 2\,e^{+} + 2\,\nu_e$ (4,0 MeV + 1,0 MeV)
$2\,{}^{1}H + 2\,{}^{2}H \rightarrow 2\,{}^{3}He + 2\,\gamma$ (5,5 MeV)
$2\,{}^{3}He \rightarrow {}^{4}He + 2\,{}^{1}H$ (12,9 MeV)

$4\,{}^{1}H \rightarrow {}^{4}He + 2\,e^{+} + 2\,\nu_e + 2\,\gamma$ (26,7 MeV)




T <
T >

Il Sole non andrà oltre queste reazioni nucleari e terminerà il combustibile tra miliardi di anni



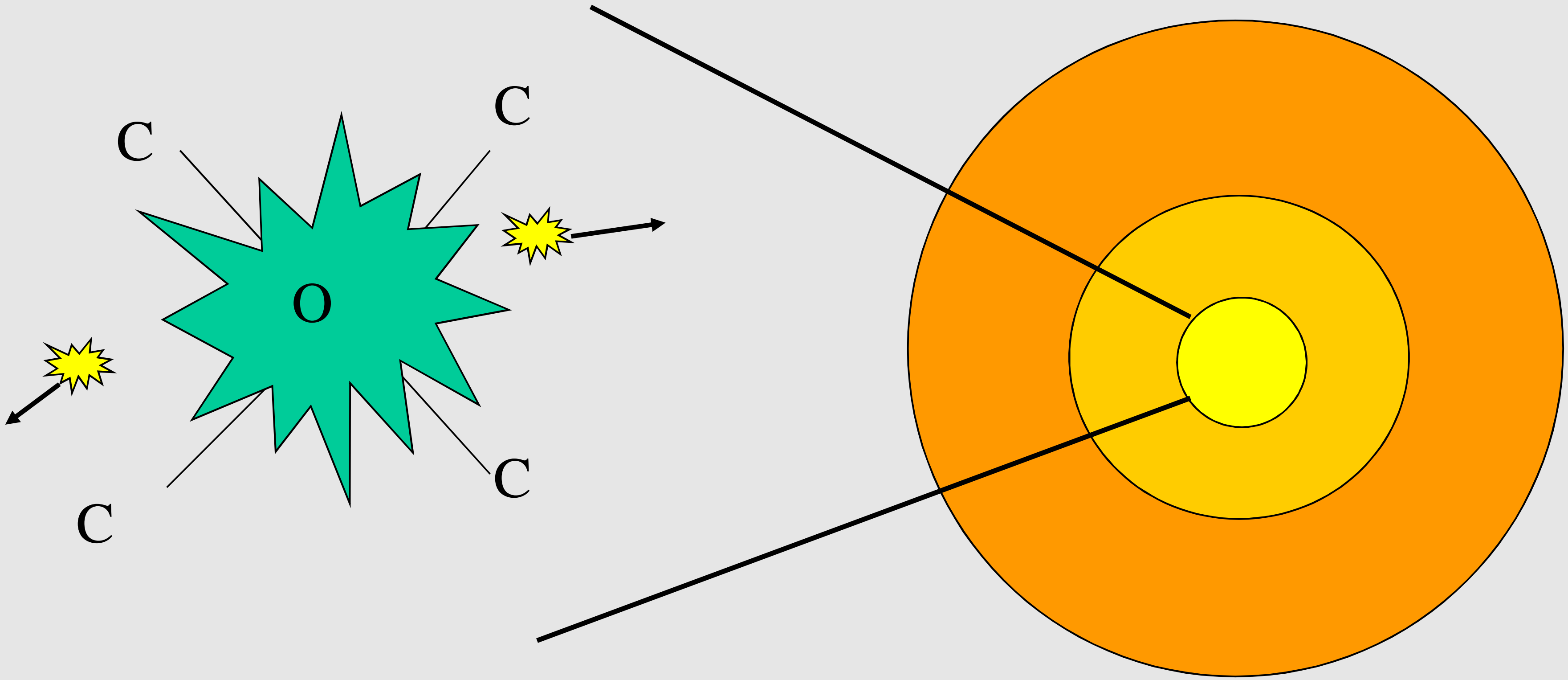
$^{4}\mathrm{He} + {}^{4}\mathrm{He} + 92\ \mathrm{keV} \rightarrow {}^{8*}\mathrm{Be}$

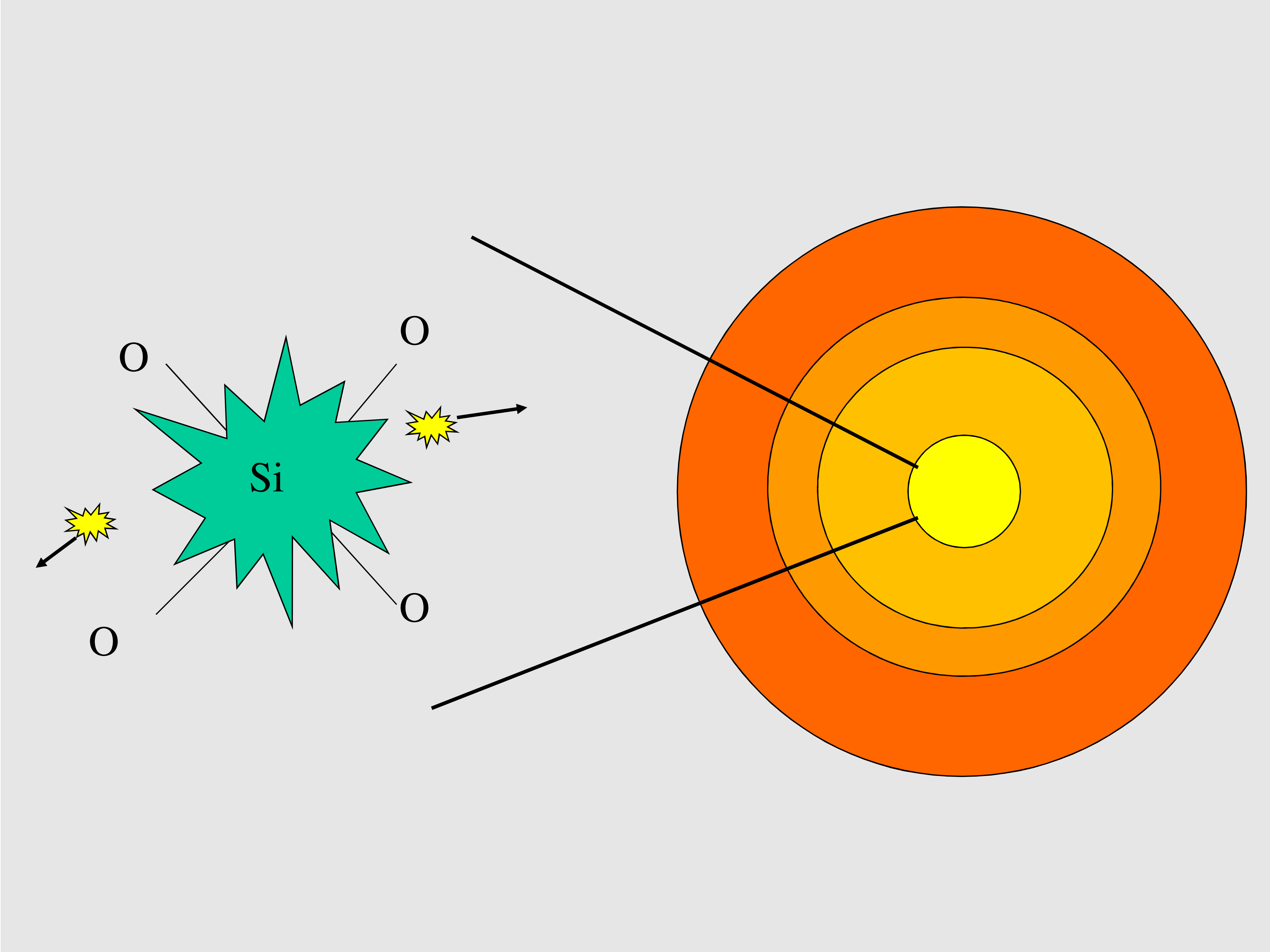
$^{4}\mathrm{He} + {}^{8*}\mathrm{Be} + 67\ \mathrm{keV} \rightarrow {}^{12*}\mathrm{C}$

$^{12*}\mathrm{C} \rightarrow {}^{12}\mathrm{C} + \gamma + 7{,}4\ \mathrm{MeV}$

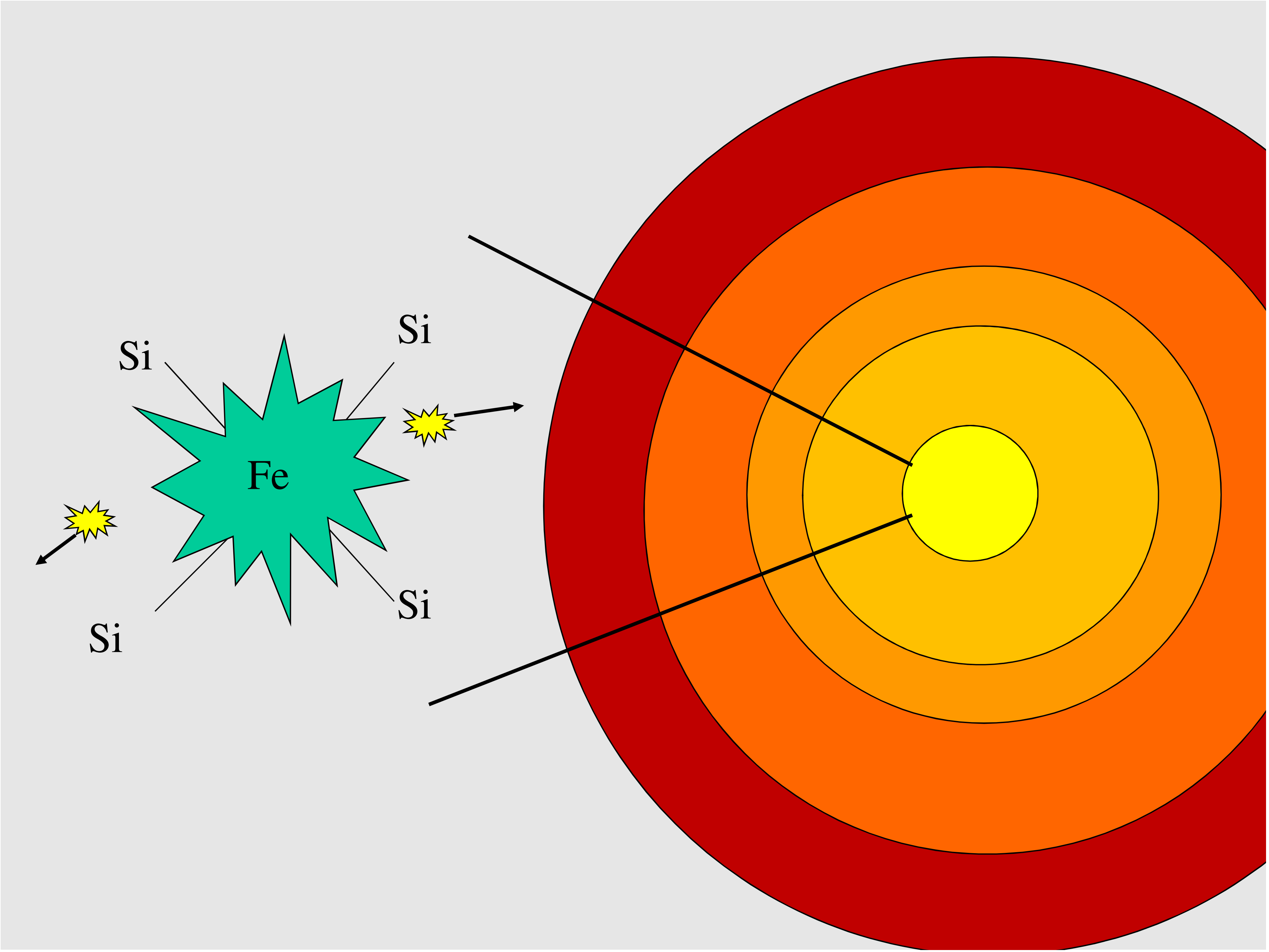
$3\ {}^{4}\mathrm{He} \rightarrow {}^{12}\mathrm{C} + \gamma + 7{,}2\ \mathrm{MeV}$

Se però la stella ha una massa > 8 volte la massa del sole





O
O
Si
O
O



Si
Si
Fe
Si
Si

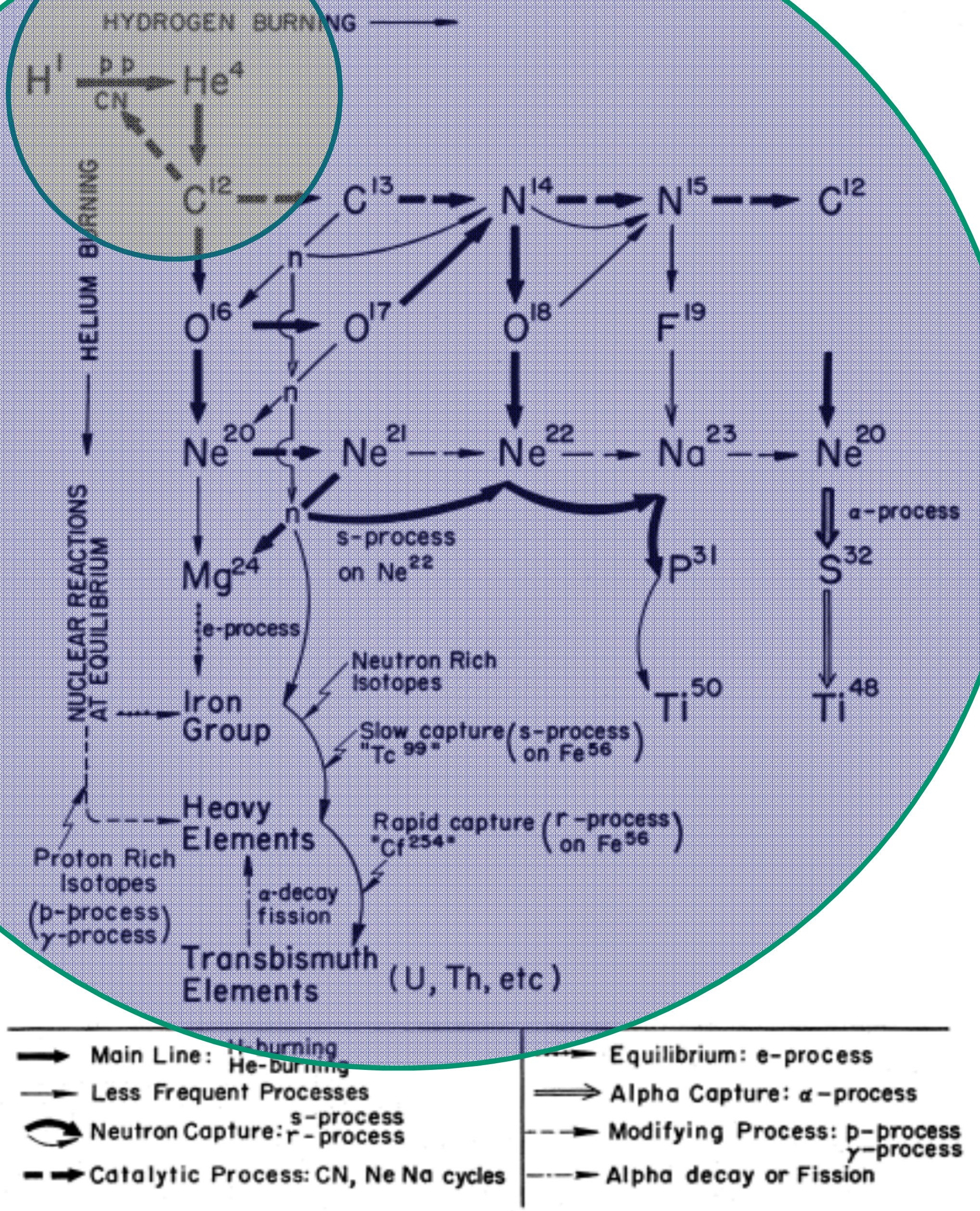
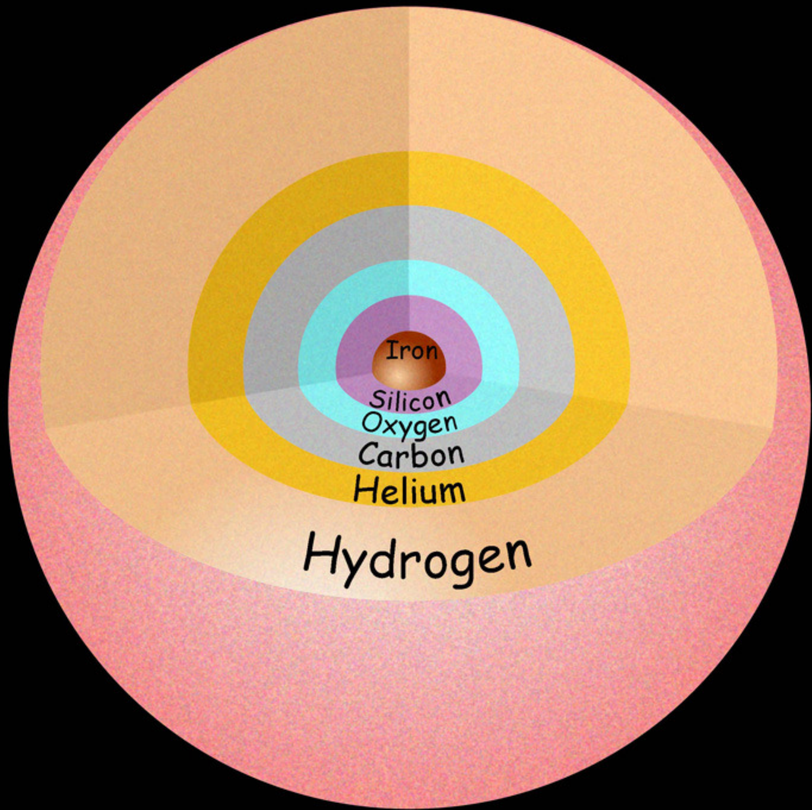
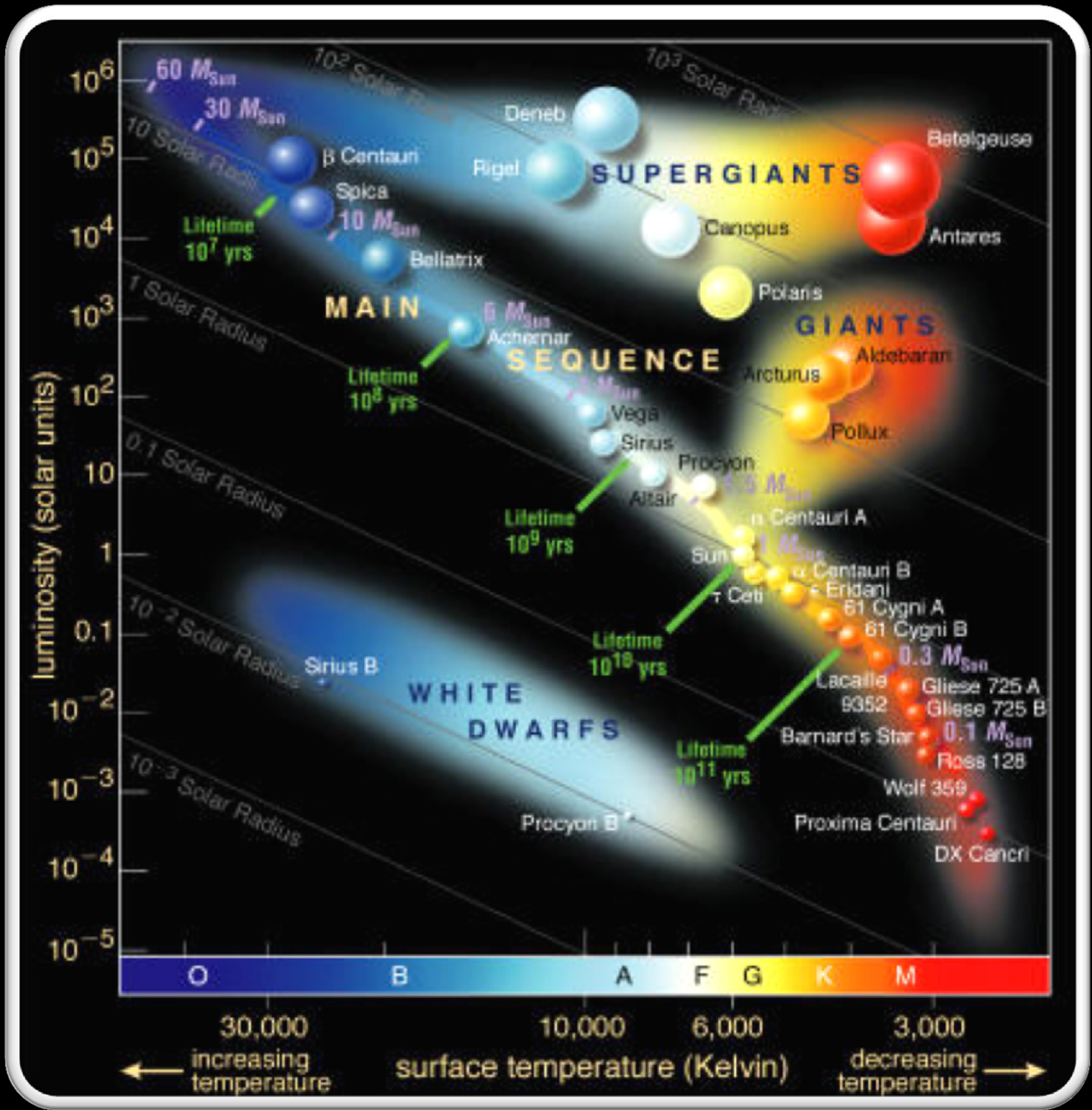
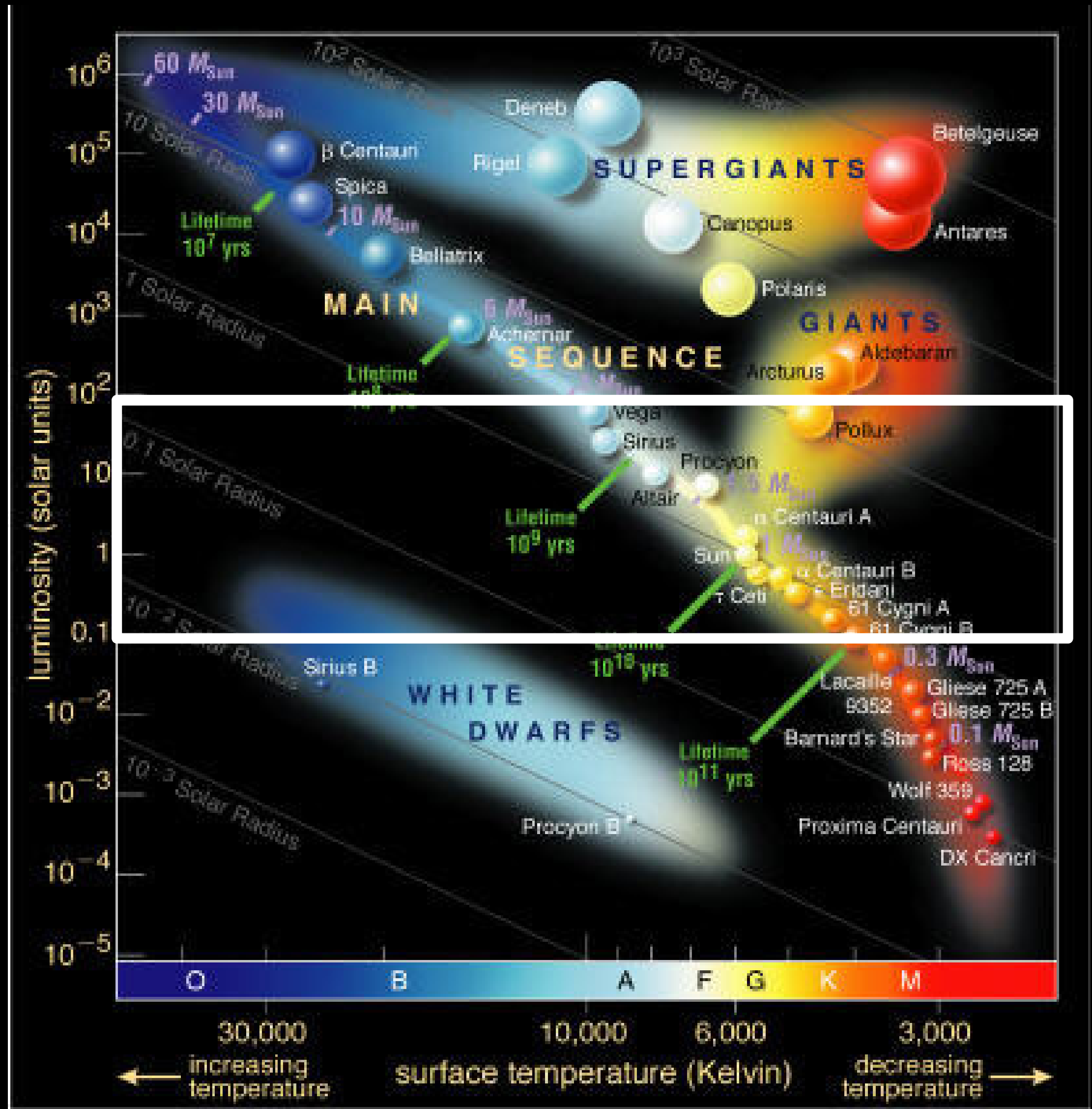


FIG. I,2. A schematic diagram of the nuclear processes by which the synthesis of the elements in stars takes place. Elements synthesized by interactions with protons (hydrogen burning) are listed horizontally. Elements synthesized by interactions with alpha particles (helium burning) and by still more complicated processes are listed vertically. The details of the production of all of the known stable isotopes of carbon, nitrogen, oxygen, fluorine, neon, and sodium are shown completely. Neutron capture processes by which the highly charged heavy elements are synthesized are indicated by curved arrows. The production of radioactive Tc^{99} is indicated as an example for which there is astrophysical evidence of neutron captures at a slow rate over long periods of time in red giant stars. Similarly Cf^{254}, produced in supernovae, is an example of neutron synthesis at a rapid rate. The iron group is produced by a variety of nuclear reactions at equilibrium in the last stable stage of a star's evolution.



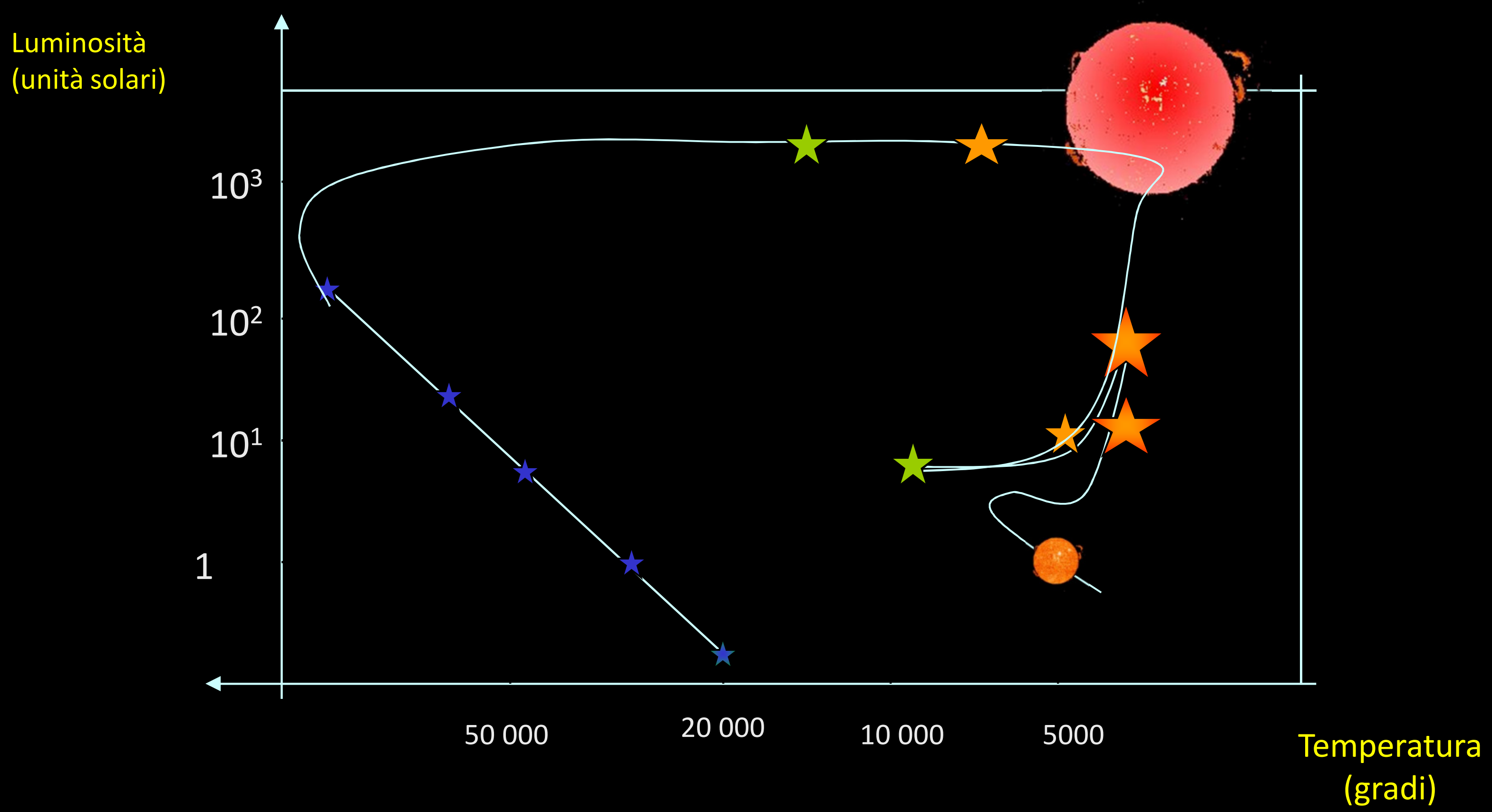
Iron
Silicon
Oxygen
Carbon
Helium
Hydrogen

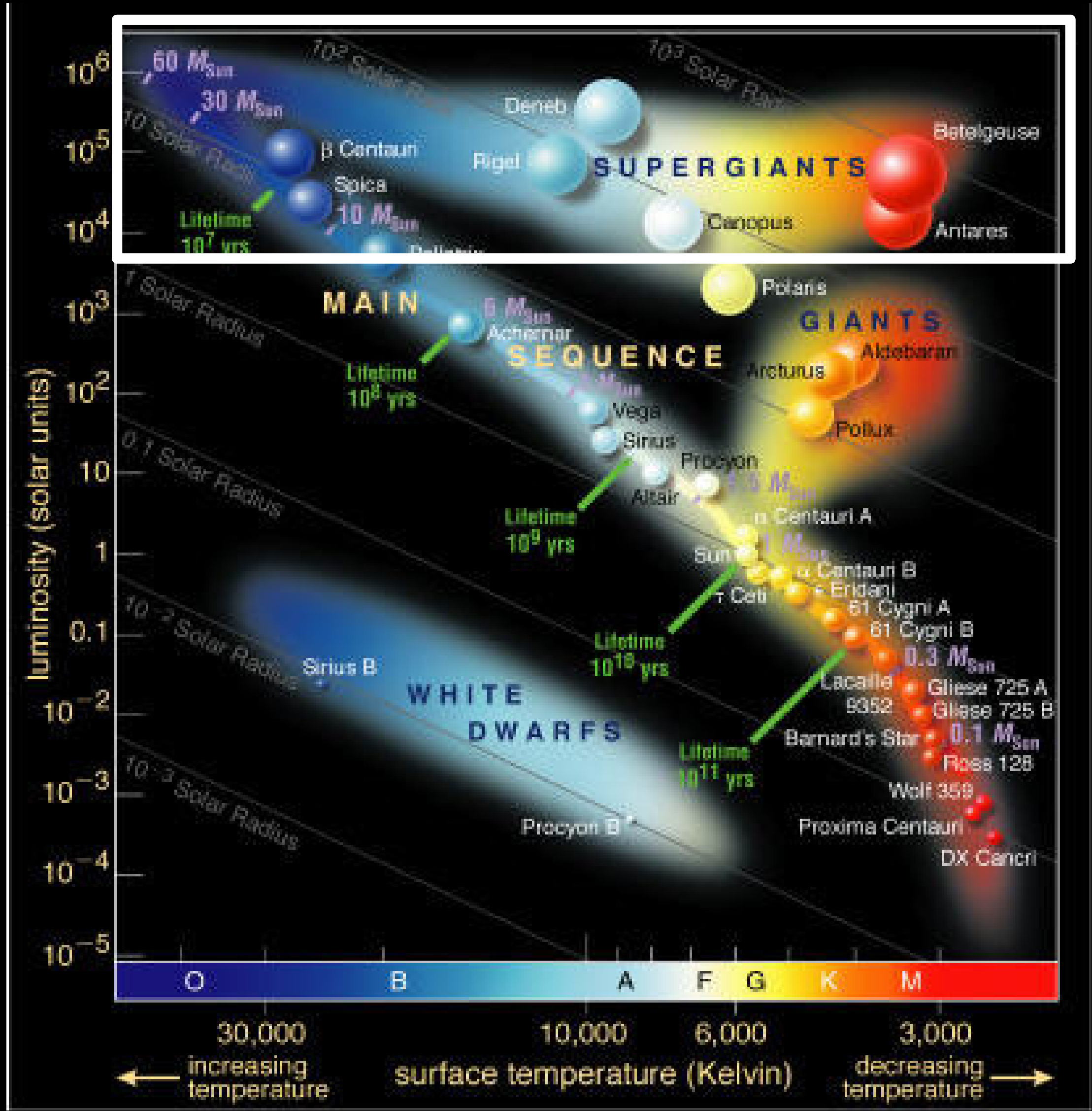

luminosity (solar units)
surface temperature (Kelvin)
increasing temperature
decreasing temperature
30,000
10,000
6,000
3,000
O B A F G K M
SUPERGIANTS
GIANTS
MAIN SEQUENCE
WHITE DWARFS
Deneb
Rigel
Betelgeuse
Antares
Canopus
Polaris
Aldebaran
Arcturus
Pollux
β Centauri
Spica
Bellatrix
Achernar
Vega
Sirius
Procyon
Altair
α Centauri A
Sun
α Centauri B
ε Eridani
τ Ceti
61 Cygni A
61 Cygni B
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Sirius B
Procyon B
Lifetime 10^7 yrs
Lifetime 10^8 yrs
Lifetime 10^9 yrs
Lifetime 10^{10} yrs
Lifetime 10^{11} yrs
60 M_{Sun}
30 M_{Sun}
10 M_{Sun}
6 M_{Sun}
1 M_{Sun}
0.3 M_{Sun}
0.1 M_{Sun}
10^3 Solar Radii
10^2 Solar Radii
10 Solar Radii
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
10^{-2} Solar Radius
10^{-3} Solar Radius



60 M_{Sun}
30 M_{Sun}
10 M_{Sun}
0.3 M_{Sun}
0.1 M_{Sun}
10^2 Solar Radii
10^3 Solar Radii
10 Solar Radii
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
10^{-2} Solar Radius
10^{-3} Solar Radius
Deneb
Rigel
β Centauri
Spica
Bellatrix
Achernar
Canopus
Polaris
Betelgeuse
Antares
SUPERGIANTS
GIANTS
Aldebaran
Arcturus
Pollux
MAIN
SEQUENCE
Lifetime
10^7 yrs
Lifetime
Vega
Sirius
Procyon
Altair
Lifetime
10^9 yrs
α Centauri A
Sun
α Centauri B
τ Ceti
ε Eridani
61 Cygni A
10^{10} yrs
Lacaille
9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Lifetime
10^{11} yrs
Sirius B
WHITE
DWARFS
Procyon B
luminosity (solar units)
10^6
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
0.1
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
O
B
A
F
G
K
M
30,000
10,000
6,000
3,000
increasing temperature
surface temperature (Kelvin)
decreasing temperature

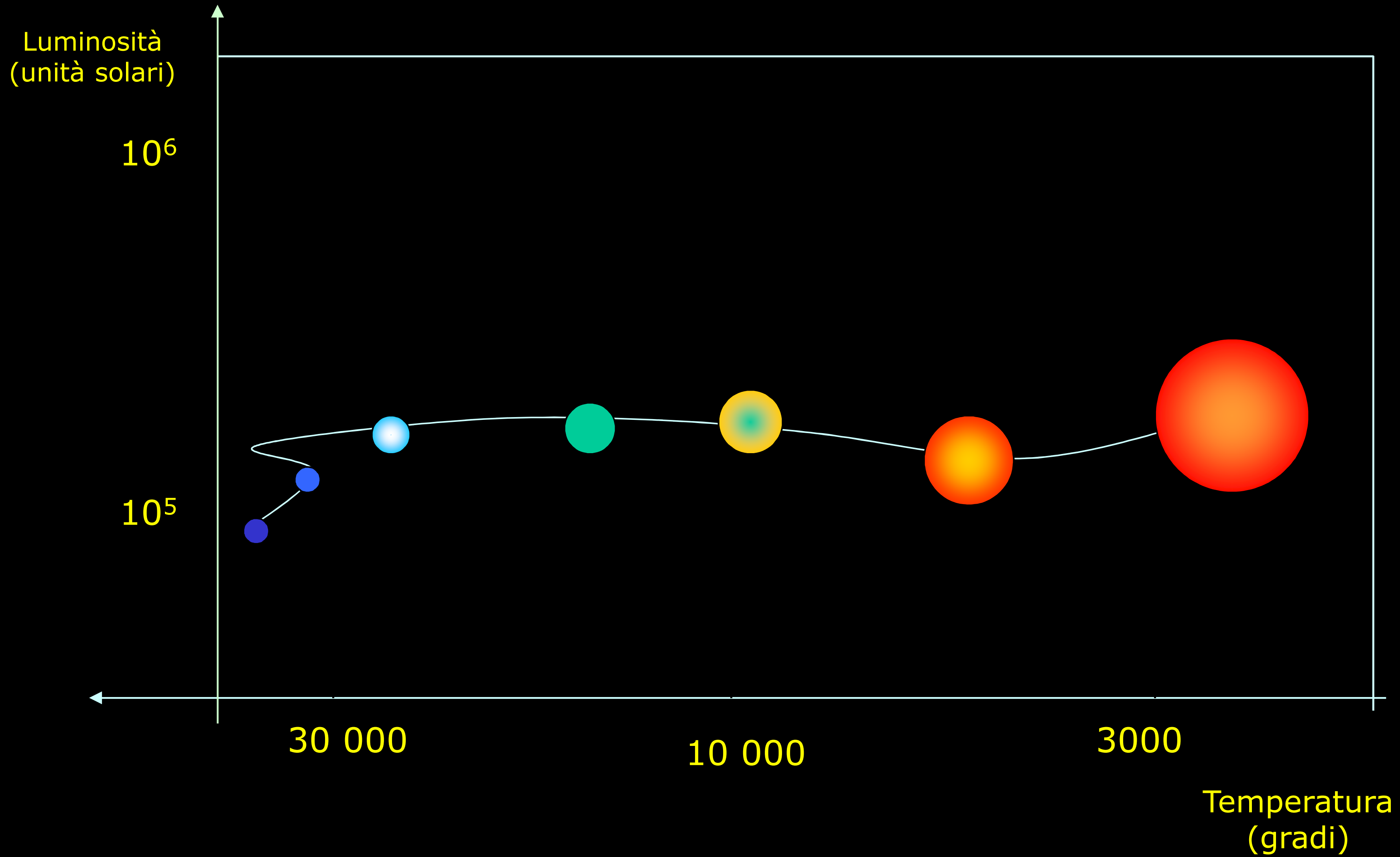
L'evoluzione di una stella come il Sole

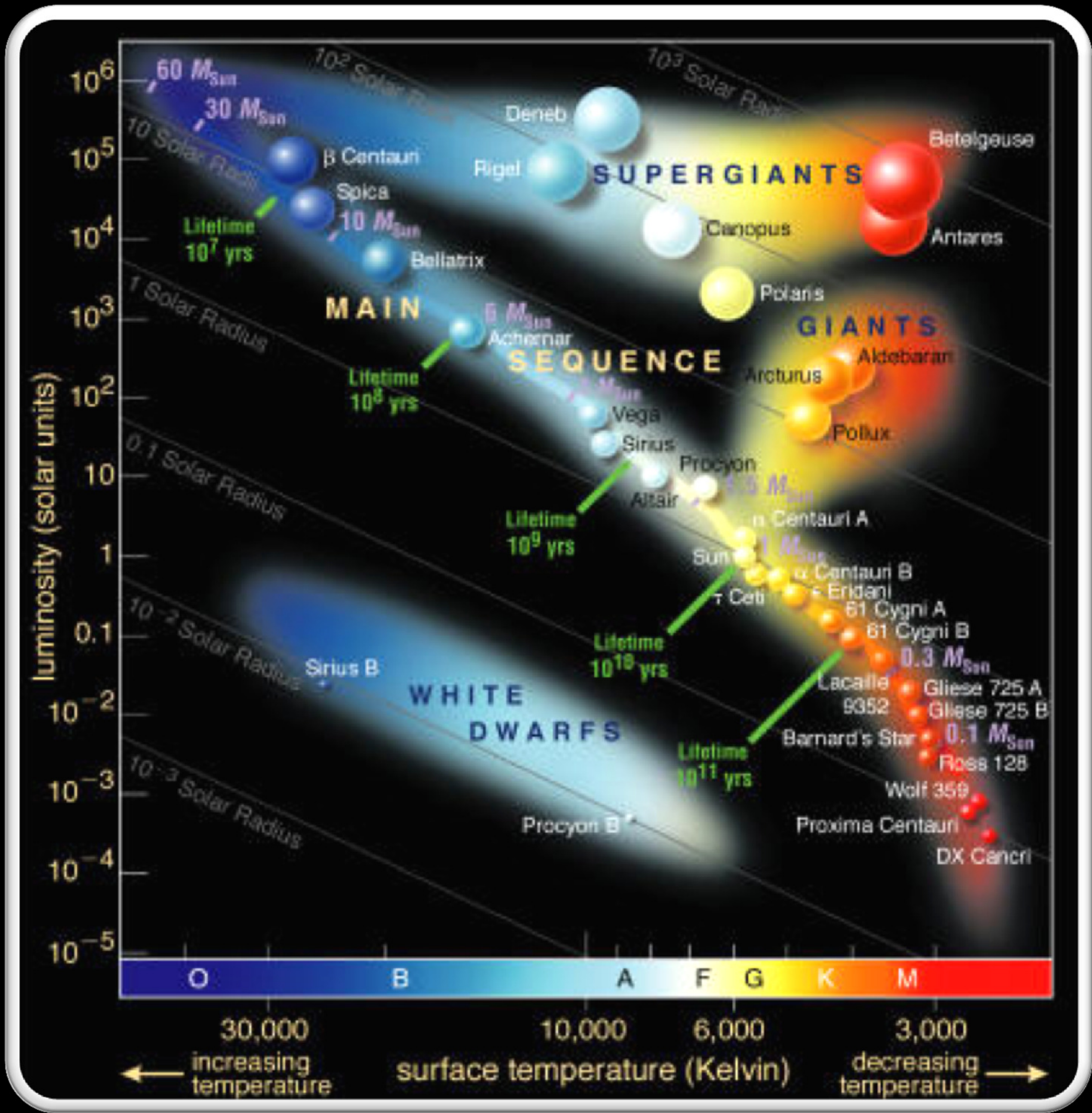




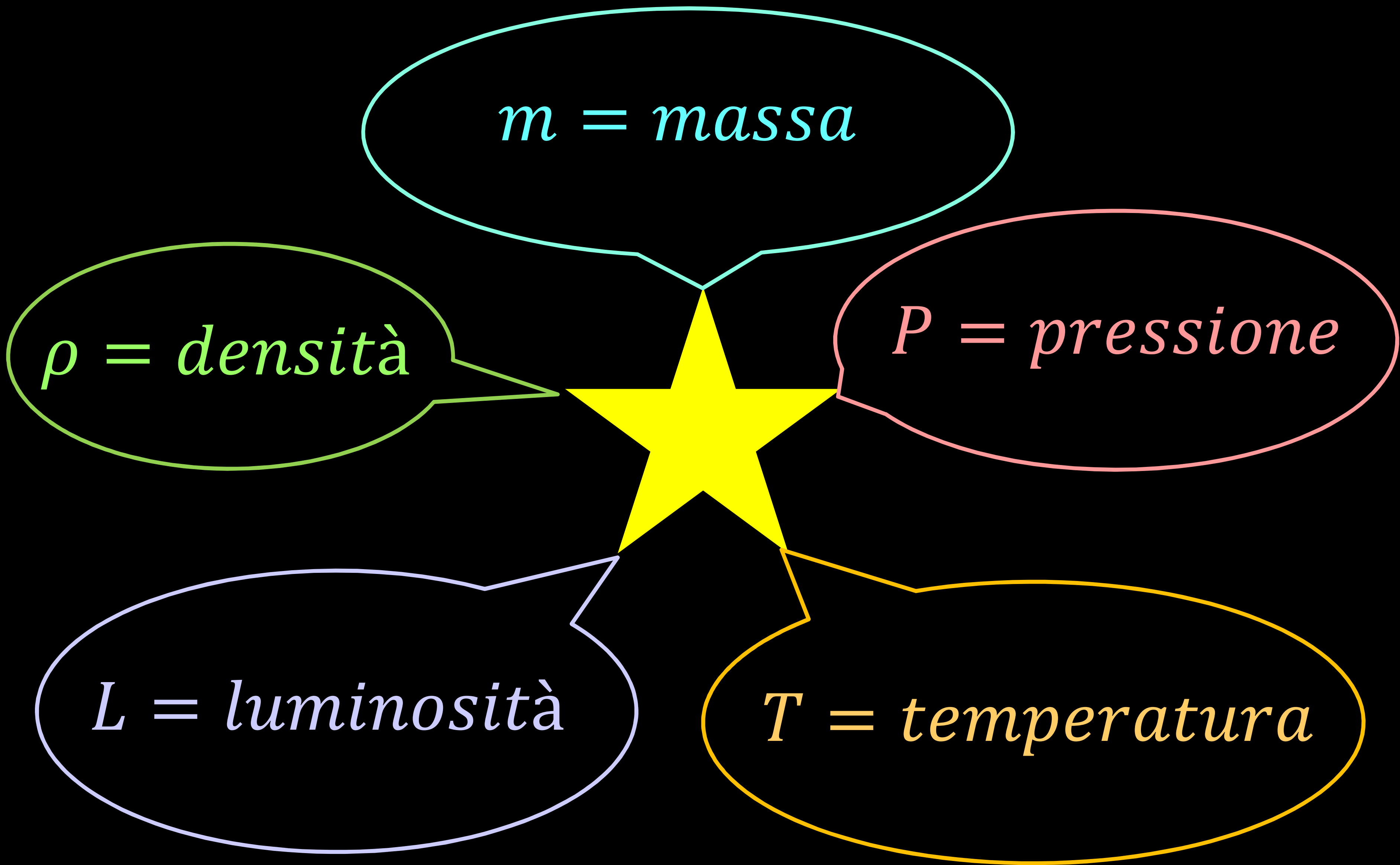
luminosity (solar units)
10^6
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
0.1
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
10^2 Solar Radii
10^3 Solar Radii
10 Solar Radii
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
10^{-2} Solar Radius
10^{-3} Solar Radius
60 M_{Sun}
30 M_{Sun}
10 M_{Sun}
6 M_{Sun}
1.5 M_{Sun}
1 M_{Sun}
0.3 M_{Sun}
0.1 M_{Sun}
Lifetime 10^7 yrs
Lifetime 10^8 yrs
Lifetime 10^9 yrs
Lifetime 10^{10} yrs
Lifetime 10^{11} yrs
SUPERGIANTS
GIANTS
MAIN SEQUENCE
WHITE DWARFS
Deneb
Rigel
Betelgeuse
Canopus
Antares
β Centauri
Spica
Polaris
Achernar
Aldebaran
Arcturus
Pollux
Vega
Sirius
Procyon
Altair
α Centauri A
Sun
α Centauri B
τ Ceti
ε Eridani
61 Cygni A
61 Cygni B
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Sirius B
Procyon B
O B A F G K M
30,000
10,000
6,000
3,000
increasing temperature
surface temperature (Kelvin)
decreasing temperature

L'evoluzione di una stella di 25 masse solari




luminosity (solar units)
10^6
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
0.1
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
60 M_{Sun}
30 M_{Sun}
10 M_{Sun}
6 M_{Sun}
1.5 M_{Sun}
1 M_{Sun}
0.3 M_{Sun}
0.1 M_{Sun}
10^2 Solar Radii
10^3 Solar Radii
10 Solar Radii
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
10^{-2} Solar Radius
10^{-3} Solar Radius
Deneb
Rigel
Betelgeuse
Antares
Canopus
Polaris
β Centauri
Spica
Bellatrix
Achernar
Vega
Sirius
Procyon
Altair
α Centauri A
Sun
α Centauri B
ε Eridani
τ Ceti
61 Cygni A
61 Cygni B
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Arcturus
Aldebaran
Pollux
Sirius B
Procyon B
SUPERGIANTS
GIANTS
MAIN SEQUENCE
WHITE DWARFS
Lifetime 10^7 yrs
Lifetime 10^8 yrs
Lifetime 10^9 yrs
Lifetime 10^{10} yrs
Lifetime 10^{11} yrs
O B A F G K M
30,000
10,000
6,000
3,000
increasing temperature
surface temperature (Kelvin)
decreasing temperature

Modelli stellari – equilibrio stellare:



Modelli stellari – equilibrio stellare:

$m \quad \rho \quad L \quad T \quad P$

Equilibrio idrostatico:

$$\frac{dP}{dr} = -\rho\,\frac{Gm}{r^2}$$

Densità:

$$\frac{dm}{dr} = 4\pi r^2 \rho$$

Pressione :

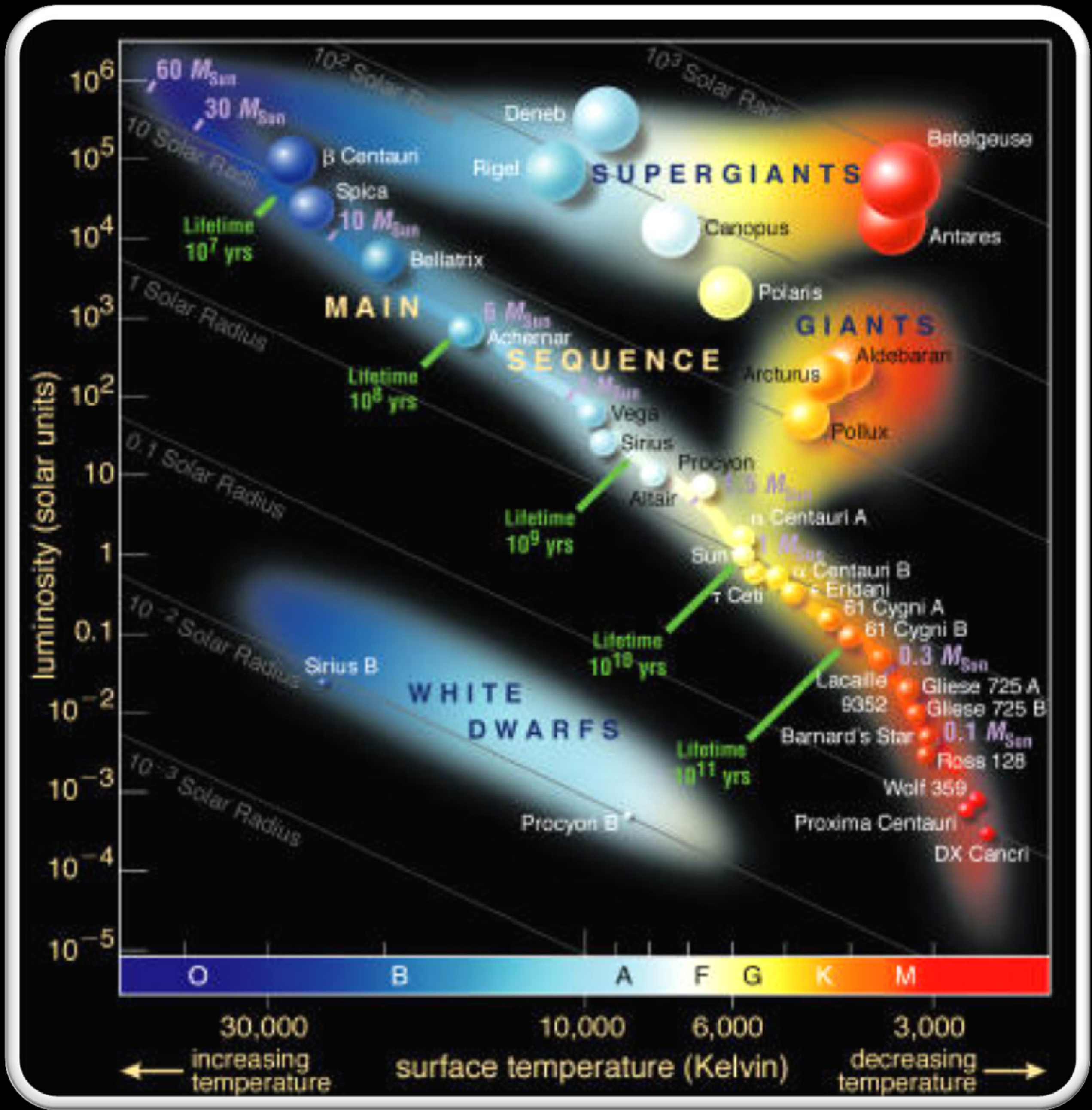
$$P = P_e + \frac{\rho k T}{m_h \mu} + \frac{1}{3} a T^4$$

Equilibrio energetico:

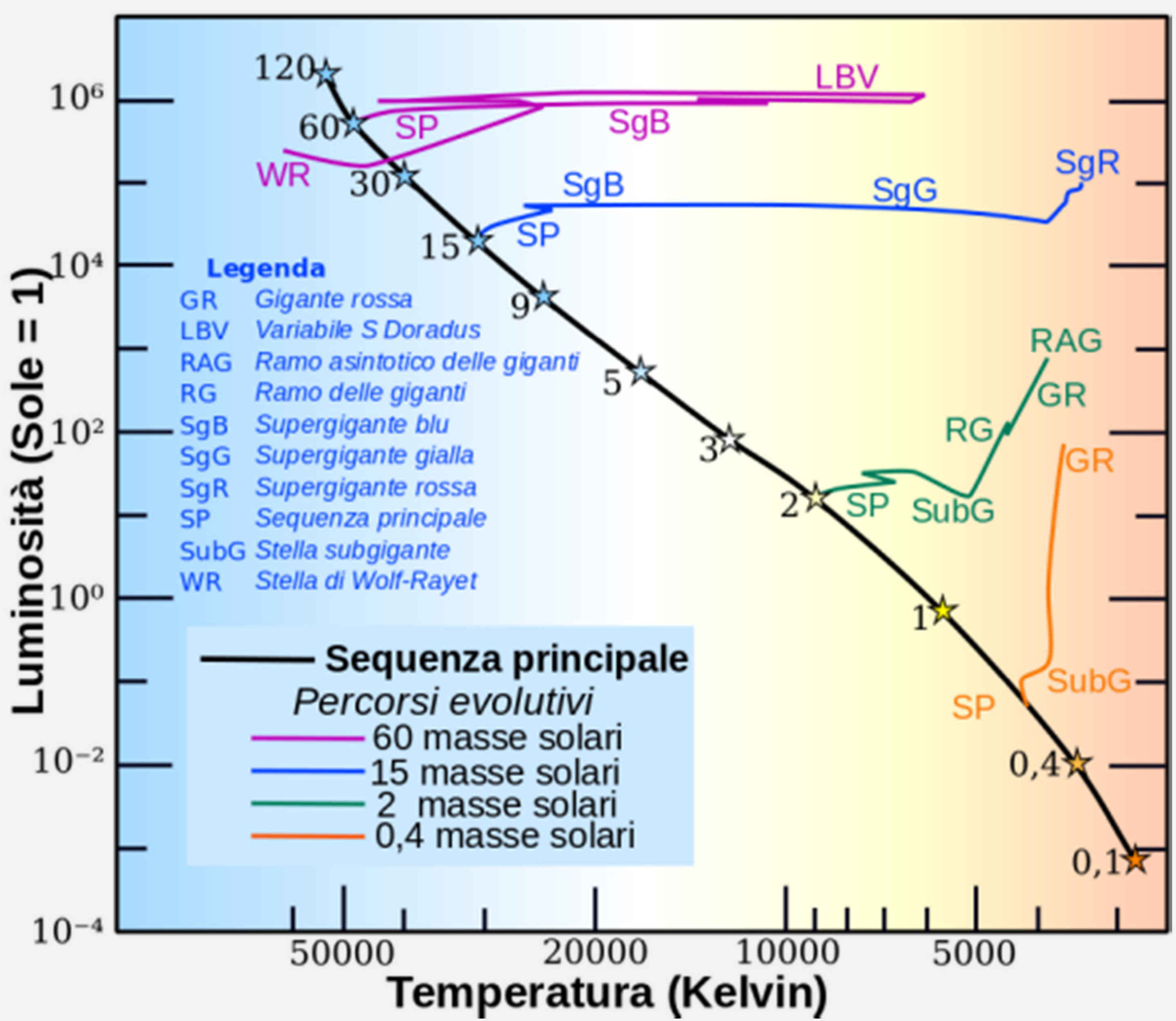
$$\frac{dL}{dr} = 4\pi r^2 \rho \varepsilon_{nuc}$$

Trasferimento di energia:

$$\frac{dT}{dr} = radiativo\ o\ convettivo$$

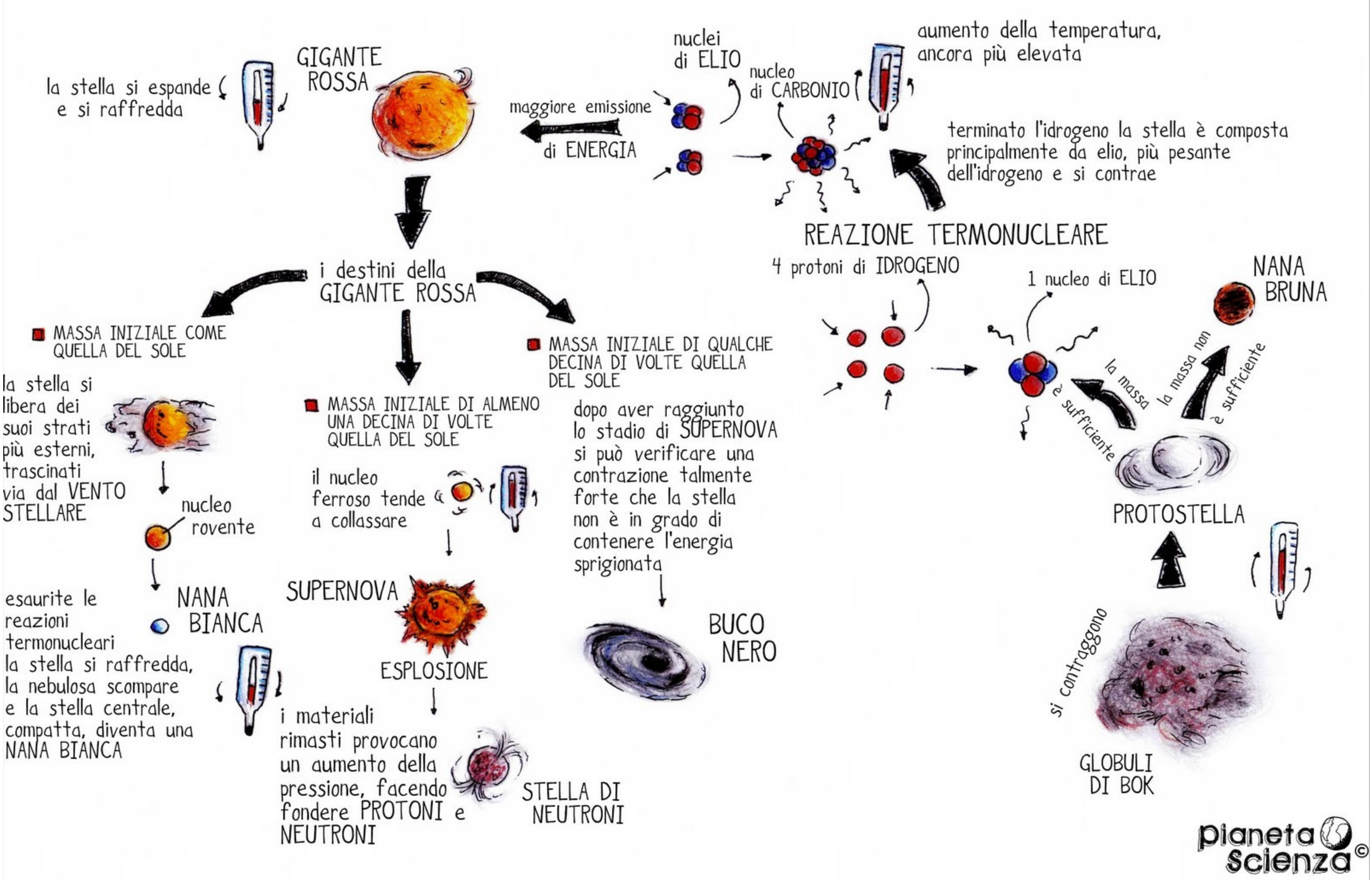


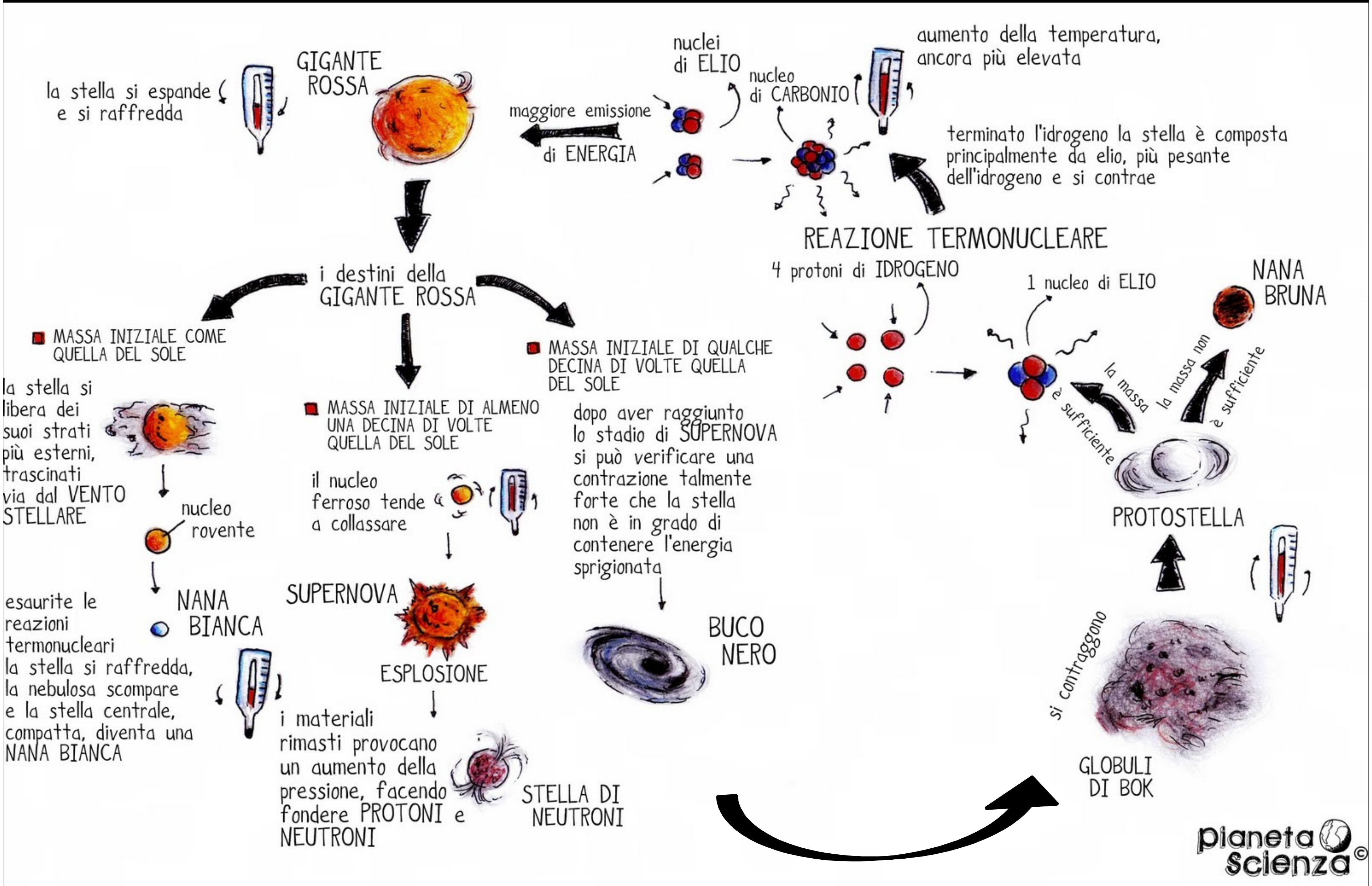
10^6
10^5
10^4
10^3
10^2
10
1
0.1
10^{-2}
10^{-3}
10^{-4}
10^{-5}
luminosity (solar units)
$60\ M_{Sun}$
$30\ M_{Sun}$
$10\ M_{Sun}$
$6\ M_{Sun}$
$3\ M_{Sun}$
$1.5\ M_{Sun}$
$1\ M_{Sun}$
$0.3\ M_{Sun}$
$0.1\ M_{Sun}$
10^2 Solar Radii
10^3 Solar Radii
10 Solar Radii
1 Solar Radius
0.1 Solar Radius
10^{-2} Solar Radius
10^{-3} Solar Radius
Deneb
Rigel
Betelgeuse
Antares
SUPERGIANTS
β Centauri
Spica
Bellatrix
Canopus
Polaris
GIANTS
Aldebaran
Arcturus
Pollux
MAIN
SEQUENCE
Achernar
Vega
Sirius
Procyon
Altair
α Centauri A
Sun
α Centauri B
ε Eridani
τ Ceti
61 Cygni A
61 Cygni B
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Lifetime 10^7 yrs
Lifetime 10^8 yrs
Lifetime 10^9 yrs
Lifetime 10^{10} yrs
Lifetime 10^{11} yrs
Sirius B
WHITE DWARFS
Procyon B
O
B
A
F
G
K
M
30,000
10,000
6,000
3,000
increasing temperature
surface temperature (Kelvin)
decreasing temperature



Luminosità (Sole = 1)
Temperatura (Kelvin)
10⁶
10⁴
10²
10⁰
10⁻²
10⁻⁴
50000
20000
10000
5000
120
60
30
15
9
5
3
2
1
0,4
0,1
LBV
SgB
SP
WR
SgB
SgG
SgR
SP
RAG
GR
RG
SP
SubG
GR
SubG
SP
Legenda
GR Gigante rossa
LBV Variabile S Doradus
RAG Ramo asintotico delle giganti
RG Ramo delle giganti
SgB Supergigante blu
SgG Supergigante gialla
SgR Supergigante rossa
SP Sequenza principale
SubG Stella subgigante
WR Stella di Wolf-Rayet
Sequenza principale
Percorsi evolutivi
60 masse solari
15 masse solari
2 masse solari
0,4 masse solari

Massa originale (in $M_\odot$)	**Luminosità nella SP (in $L_\odot$)**	**Durata della SP ($\times 10^9$ anni)**	**Prodotto finale della fusione**	**Fenomeno terminale**	**Massa espulsa (in $M_\odot$)**	**Natura del residuo**	**Massa del residuo (in $M_\odot$)**	**Densità del residuo ($\times 10^3$ kg m^{-3})**	**Raggio del residuo (in m)**	**Accel. di gravità (in m s^{-2})**
30	10 000	0,006	ferro	supernova tipo Ib	24	buco nero	6	3×10^{15}	6192,21	$5{,}19 \times 10^{12}$
10	1 000	0,01	silicio	supernova tipo II	8,5	stella di neutroni	1,5	5×10^{14}	17861,44	$2{,}5 \times 10^{12}$
3	100	0,30	ossigeno	nebulosa planetaria	2,2	nana bianca	0,8	2×10^{7}	$2{,}67 \times 10^{6}$	$1{,}49 \times 10^{7}$
1	1	10	carbonio	nebulosa planetaria	0,3	nana bianca	0,7	10^{7}	$3{,}22 \times 10^{6}$	$8{,}99 \times 10^{6}$
0,3	0,004	800	elio	vento stellare	0,01	nana bianca	0,3	10^{6}	$5{,}22 \times 10^{6}$	$1{,}46 \times 10^{6}$

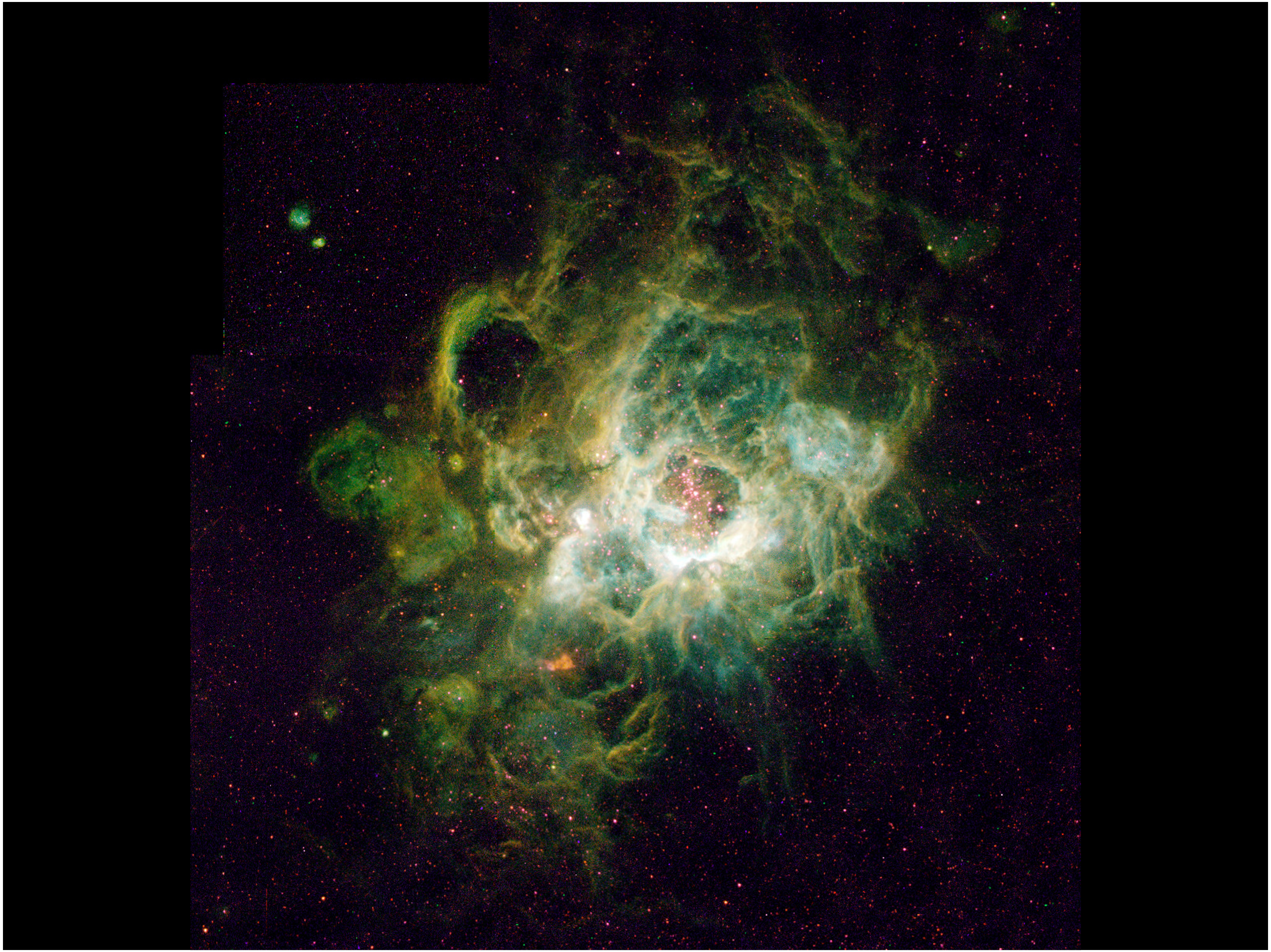

GLOBULI DI BOK
si contraggono
PROTOSTELLA
la massa non è sufficiente
NANA BRUNA
la massa è sufficiente
REAZIONE TERMONUCLEARE
4 protoni di IDROGENO
1 nucleo di ELIO
terminato l'idrogeno la stella è composta principalmente da elio, più pesante dell'idrogeno e si contrae
aumento della temperatura, ancora più elevata
nuclei di ELIO
nucleo di CARBONIO
maggiore emissione di ENERGIA
GIGANTE ROSSA
la stella si espande e si raffredda
i destini della GIGANTE ROSSA
MASSA INIZIALE COME QUELLA DEL SOLE
la stella si libera dei suoi strati più esterni, trascinati via dal VENTO STELLARE
nucleo rovente
NANA BIANCA
esaurite le reazioni termonucleari la stella si raffredda, la nebulosa scompare e la stella centrale, compatta, diventa una NANA BIANCA
MASSA INIZIALE DI ALMENO UNA DECINA DI VOLTE QUELLA DEL SOLE
il nucleo ferroso tende a collassare
SUPERNOVA
ESPLOSIONE
i materiali rimasti provocano un aumento della pressione, facendo fondere PROTONI e NEUTRONI
STELLA DI NEUTRONI
MASSA INIZIALE DI QUALCHE DECINA DI VOLTE QUELLA DEL SOLE
dopo aver raggiunto lo stadio di SUPERNOVA si può verificare una contrazione talmente forte che la stella non è in grado di contenere l'energia sprigionata
BUCO NERO
pianeta scienza ©


GIGANTE ROSSA
la stella si espande e si raffredda
maggiore emissione di ENERGIA
nuclei di ELIO
nucleo di CARBONIO
aumento della temperatura, ancora più elevata
terminato l'idrogeno la stella è composta principalmente da elio, più pesante dell'idrogeno e si contrae
REAZIONE TERMONUCLEARE
4 protoni di IDROGENO
1 nucleo di ELIO
NANA BRUNA
la massa non è sufficiente
la massa è sufficiente
PROTOSTELLA
si contraggono
GLOBULI DI BOK
i destini della GIGANTE ROSSA
MASSA INIZIALE COME QUELLA DEL SOLE
la stella si libera dei suoi strati più esterni, trascinati via dal VENTO STELLARE
nucleo rovente
NANA BIANCA
esaurite le reazioni termonucleari la stella si raffredda, la nebulosa scompare e la stella centrale, compatta, diventa una NANA BIANCA
MASSA INIZIALE DI ALMENO UNA DECINA DI VOLTE QUELLA DEL SOLE
il nucleo ferroso tende a collassare
SUPERNOVA
ESPLOSIONE
i materiali rimasti provocano un aumento della pressione, facendo fondere PROTONI e NEUTRONI
STELLA DI NEUTRONI
MASSA INIZIALE DI QUALCHE DECINA DI VOLTE QUELLA DEL SOLE
dopo aver raggiunto lo stadio di SUPERNOVA si può verificare una contrazione talmente forte che la stella non è in grado di contenere l'energia sprigionata
BUCO NERO
pianeta Scienza ©


Dato oggettivo:
stelle isolate non esistono

Nubi molecolari con masse fino a migliaia di volte la massa del sole

Il collasso gravitazionale di una nube porta alla formazione di stelle

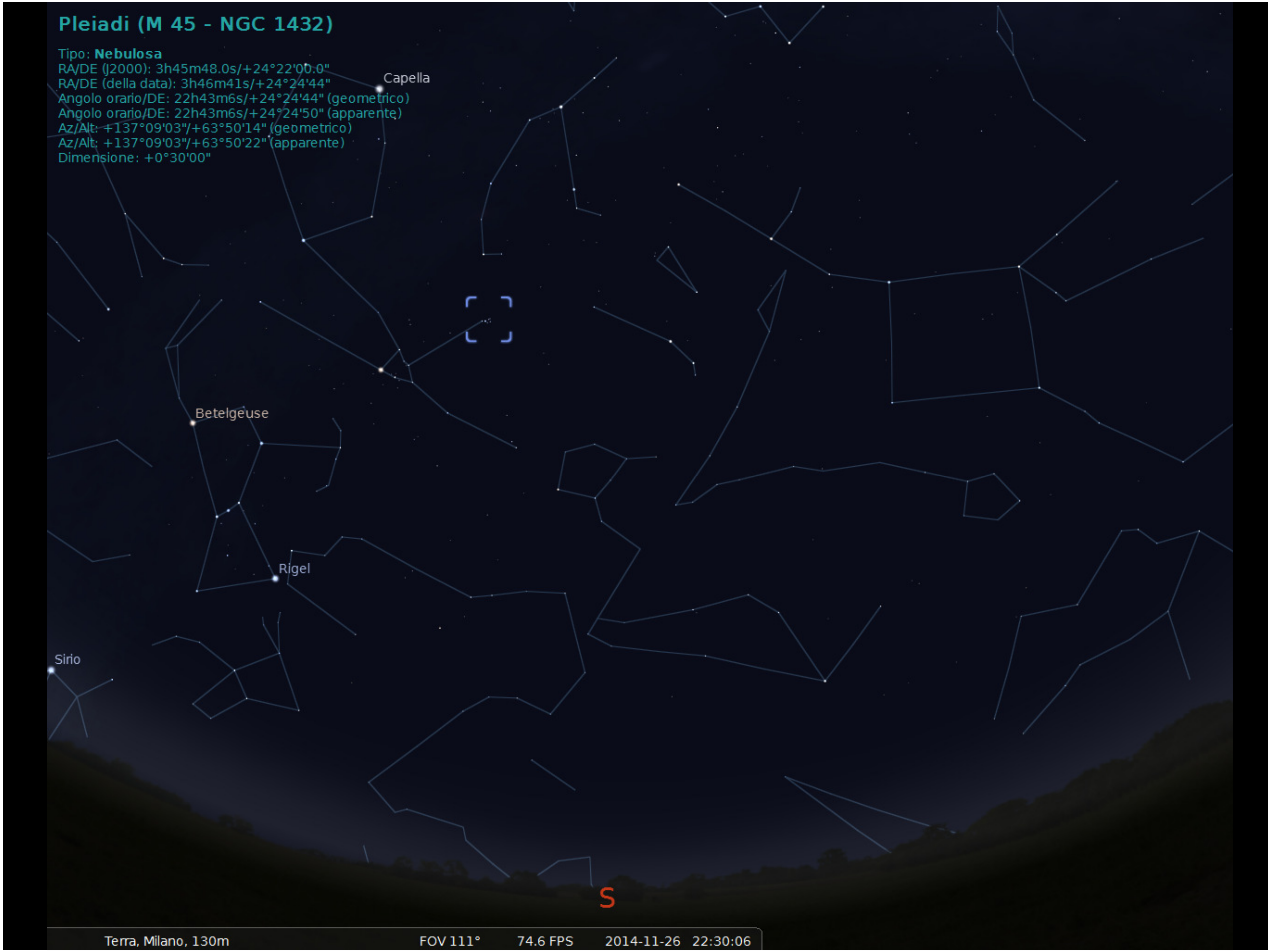


1000 masse solari

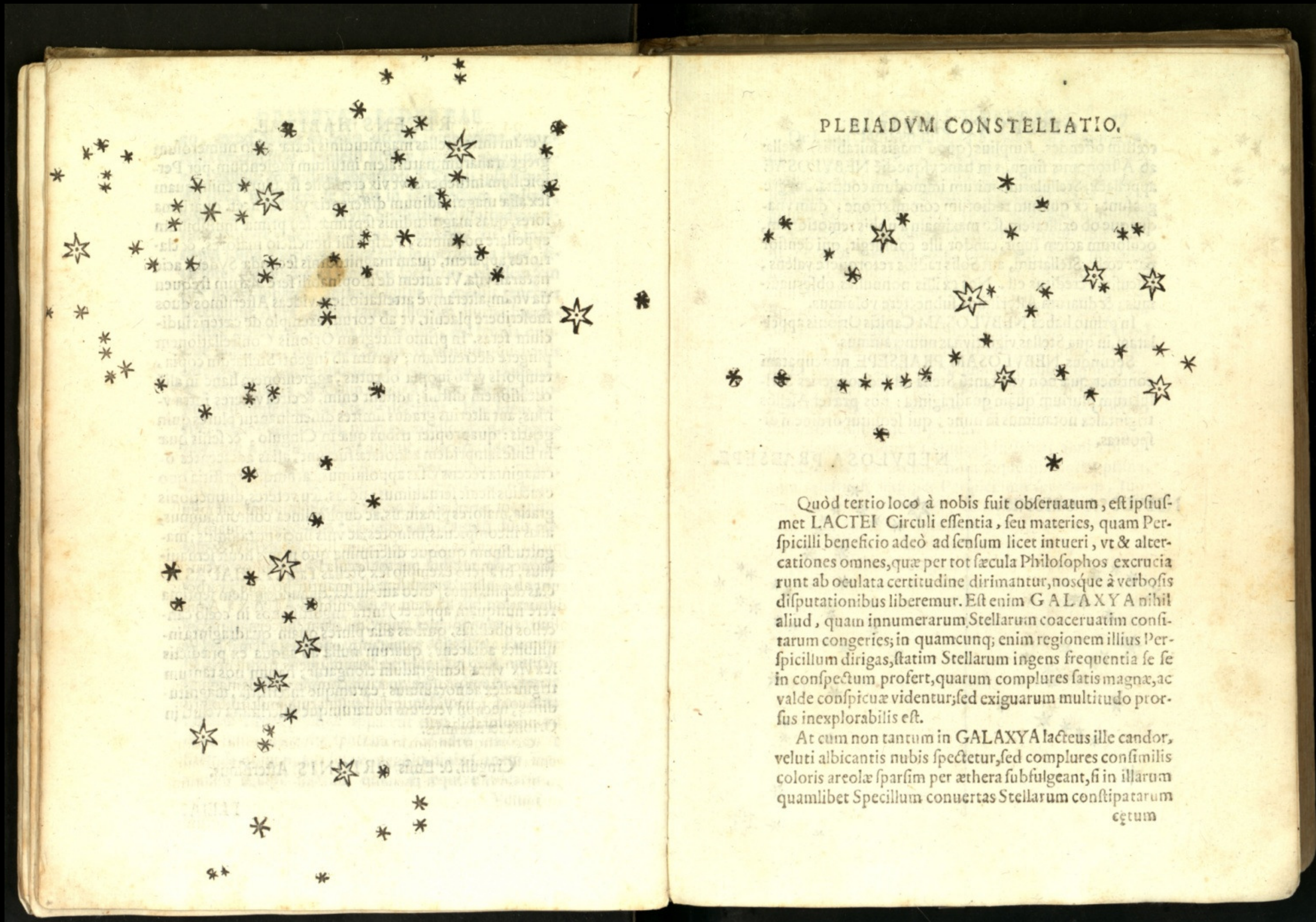
Idrogeno ionizzato
T= 10000 K (9700 ° C)
0,1 -1 atomo / cm3

Idrogeno neutro
T= 100 K (-163 ° C)
10 - 100 atomi / cm3

$$M_{jeans} = cost\ T^{\frac{3}{2}} / \rho^{\frac{1}{2}}$$


Pleiadi (M 45 - NGC 1432)
Tipo: **Nebulosa**
RA/DE (J2000): 3h45m48.0s/+24°22'00.0"
RA/DE (della data): 3h46m41s/+24°24'44"
Angolo orario/DE: 22h43m6s/+24°24'44" (geometrico)
Angolo orario/DE: 22h43m6s/+24°24'50" (apparente)
Az/Alt: +137°09'03"/+63°50'14" (geometrico)
Az/Alt: +137°09'03"/+63°50'22" (apparente)
Dimensione: +0°30'00"
Capella
Betelgeuse
Rigel
Sirio
S
Terra, Milano, 130m
FOV 111°
74.6 FPS
2014-11-26 22:30:06

Dicemmo fin qui delle osservazioni fatte sul corpo della Luna: ora parleremo brevemente di quel che intorno alle stelle fisse fu veduto da noi finora.



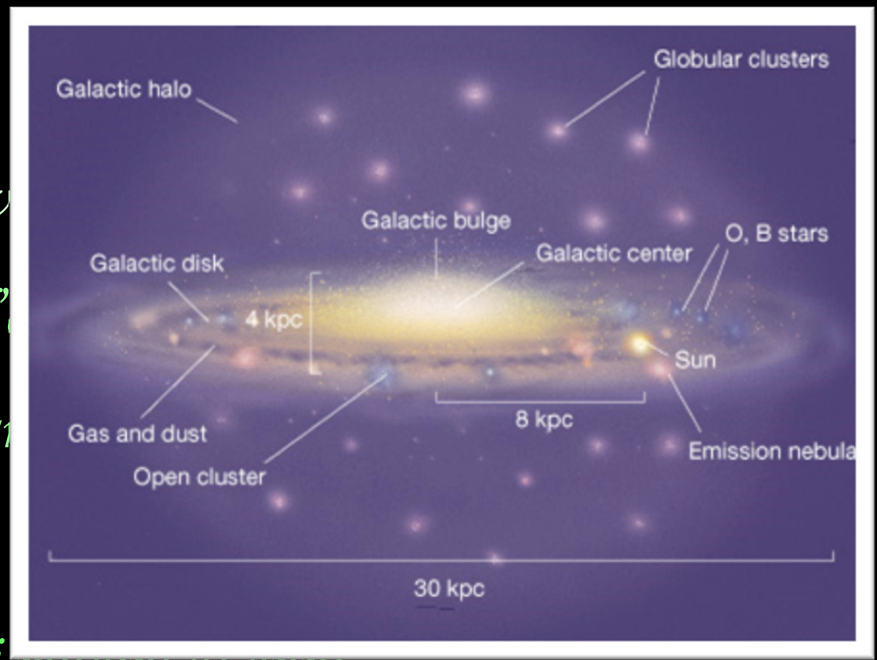
PLEIADVM CONSTELLATIO.

Quòd tertio loco à nobis fuit obſeruatum, eſt ipſiuſmet LACTEI Circuli eſſentia, ſeu materies, quam Perſpicilli beneficio adeò ad ſenſum licet intueri, vt & altercationes omnes, quæ per tot ſæcula Philoſophos excruciarunt ab oculata certitudine dirimantur, noſque à verboſis diſputationibus liberemur. Eſt enim GALAXYA nihil aliud, quam innumerarum Stellarum coaceruatim conſitarum congeries; in quamcunq; enim regionem illius Perſpicillum dirigas, ſtatim Stellarum ingens frequentia ſe ſe in conſpectum profert, quarum complures ſatis magnæ, ac valde conſpicuæ videntur; ſed exiguarum multitudo prorſus inexplorabilis eſt.

At cum non tantum in GALAXYA lacteus ille candor, veluti albicantis nubis ſpectetur, ſed complures conſimilis coloris areolæ ſparſim per æthera ſubfulgeant, ſi in illarum quamlibet Specillum conuertas Stellarum conſtipatarum cętum

Ammassi stellari aperti

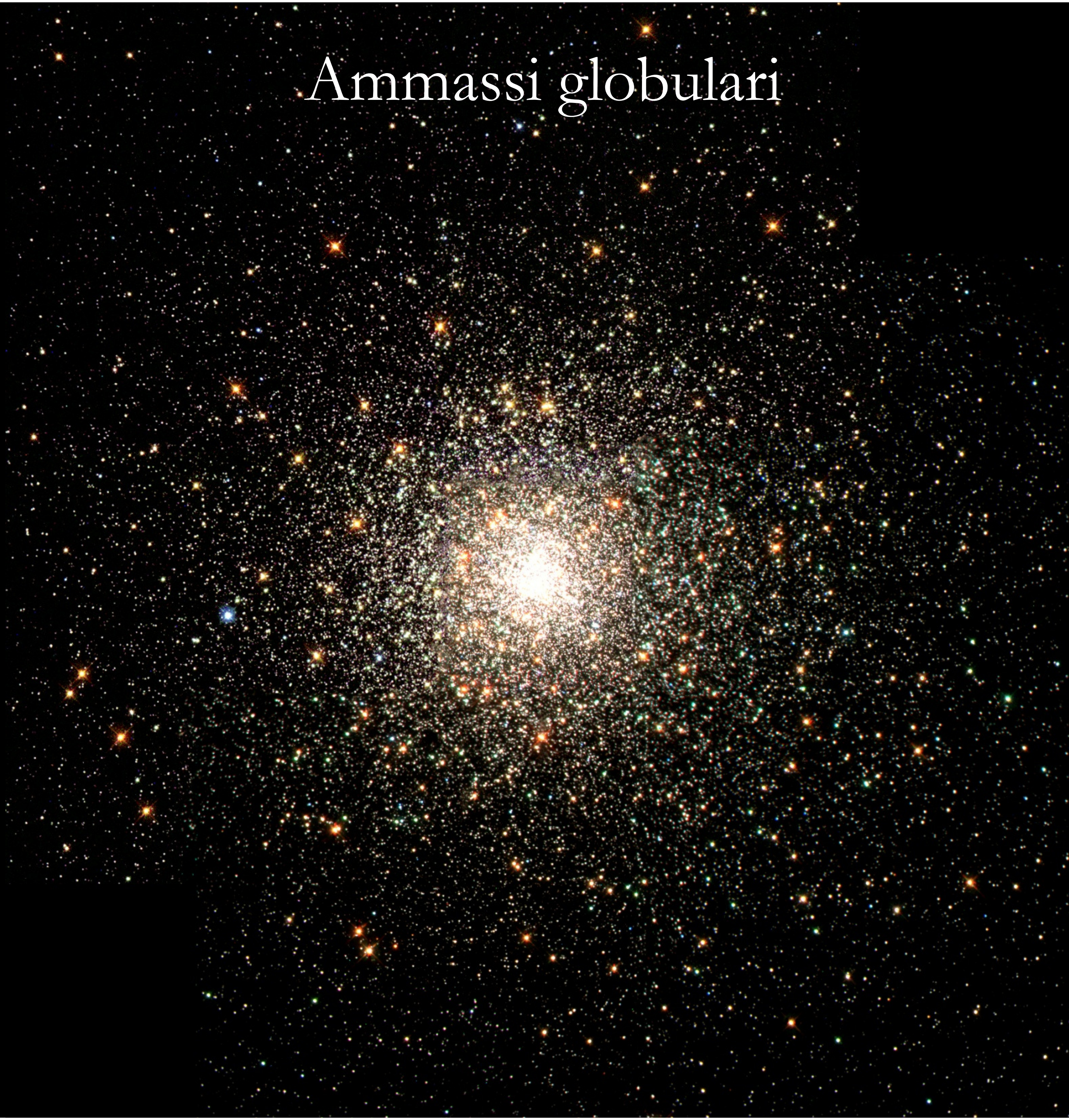
- ✓ *Strutture formate da alcune centinaia di stelle,*
- ✓ *spesso molto giovani*
- ✓ *occupano un raggio di 30 anni luce circa*
- ✓ *stanno nel piano galattico*

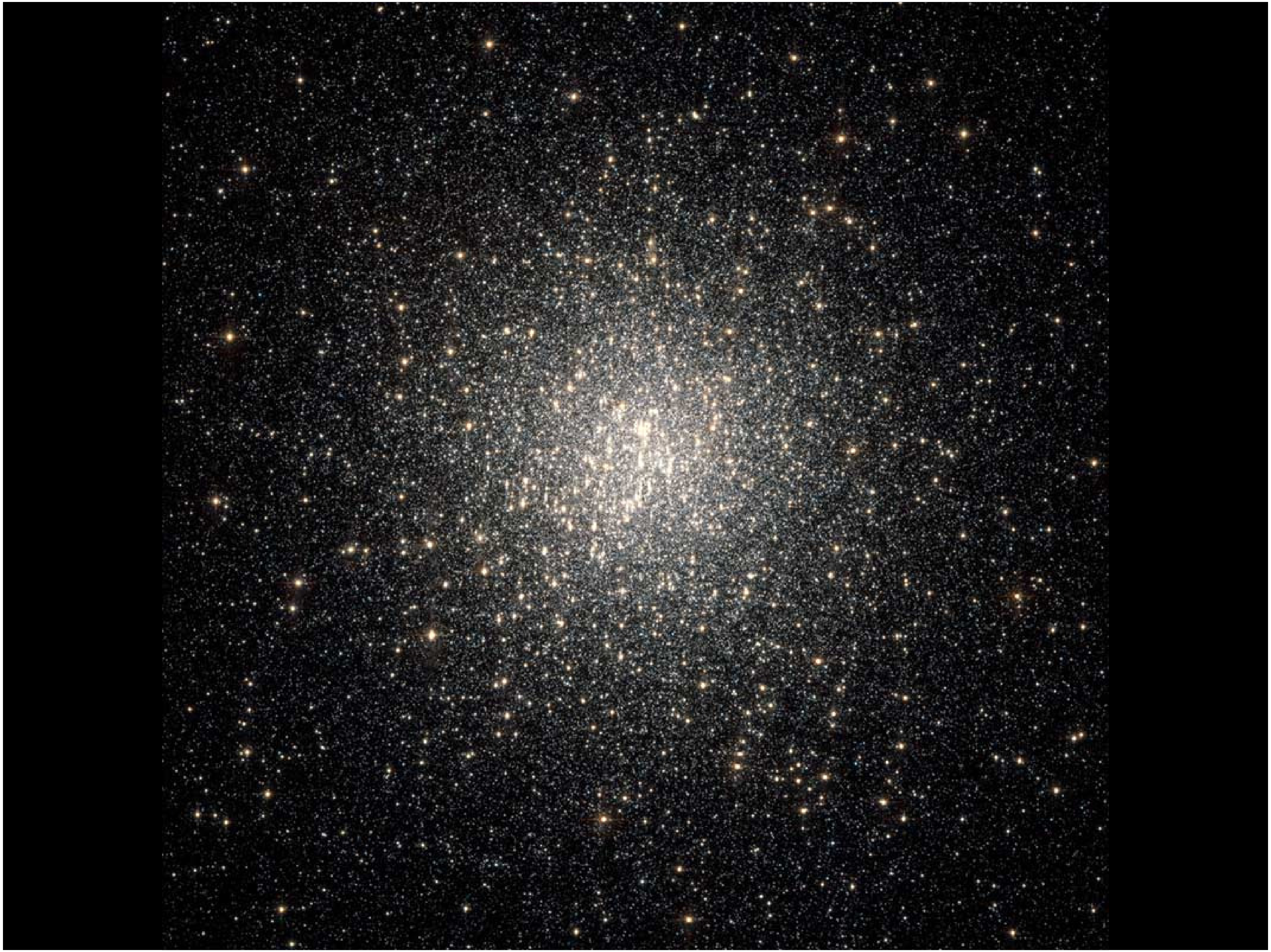


- ✓ *Tutte le stelle dell'ammasso sono coev*
- ✓ *Sono debolmente legate tra di loro: l'*
  distrutto facilmente da interazioni g
  altre nubi molecolari
- ✓ *Sopravvivono per alcune centinaia di milioni di anni*

Ammassi stellari chiusi

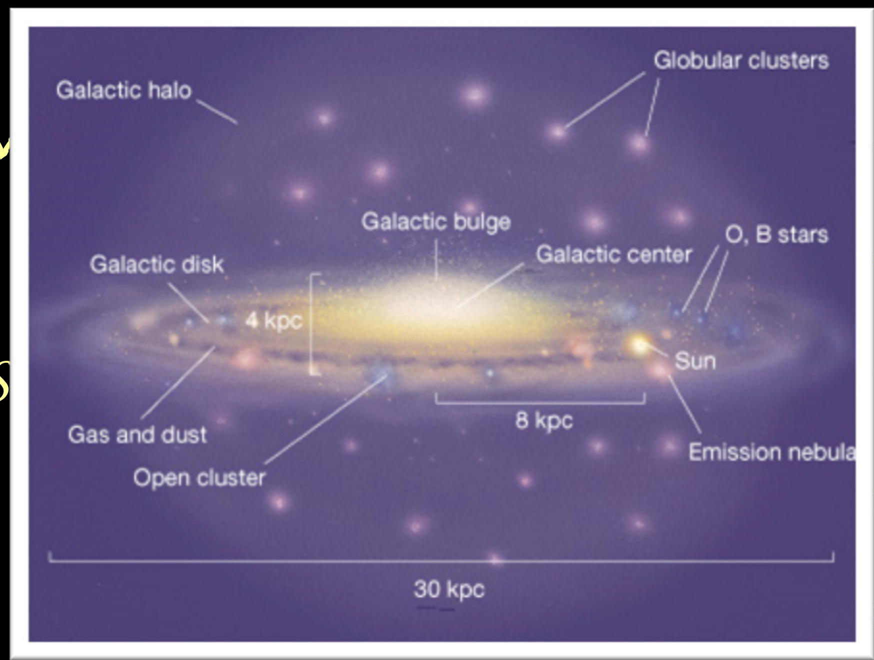
Ammassi globulari

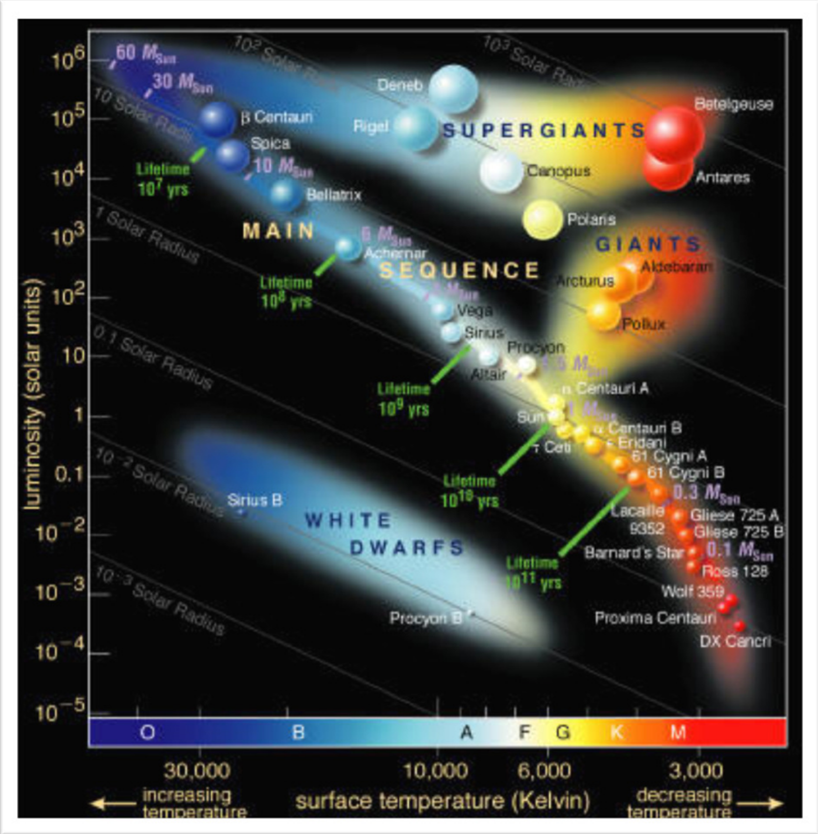




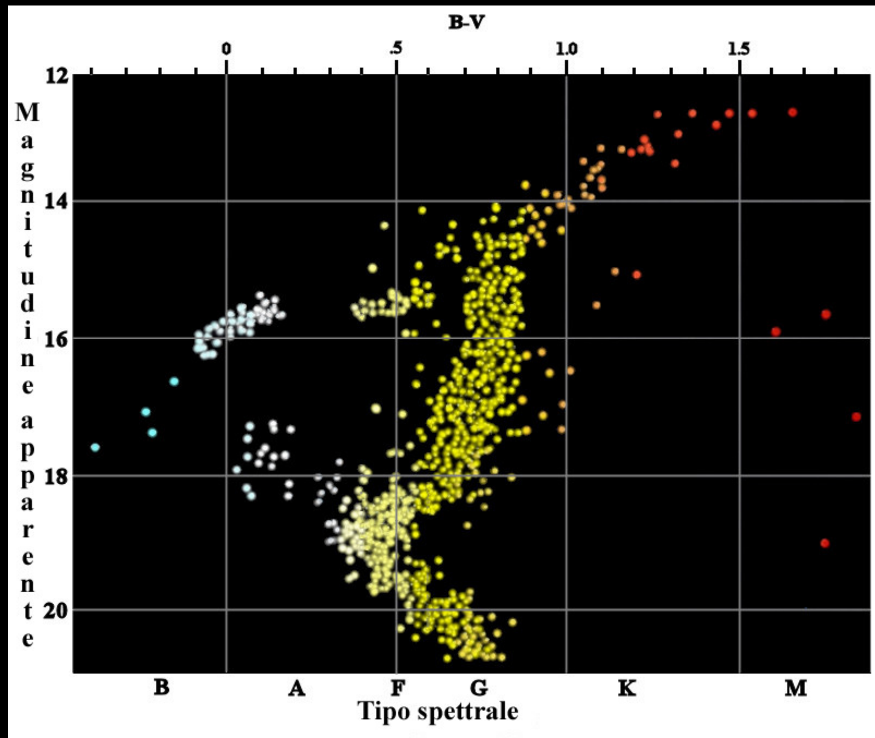
Ammassi globulari

- ✓ *Strutture formate da decine di migliaia a milioni di stelle*
- ✓ *spesso molto vecchie*
- ✓ *occupano un raggio di 10/30 anni luce circa*
- ✓ *Sono distribuiti uniformemente nell'alone delle galassie*

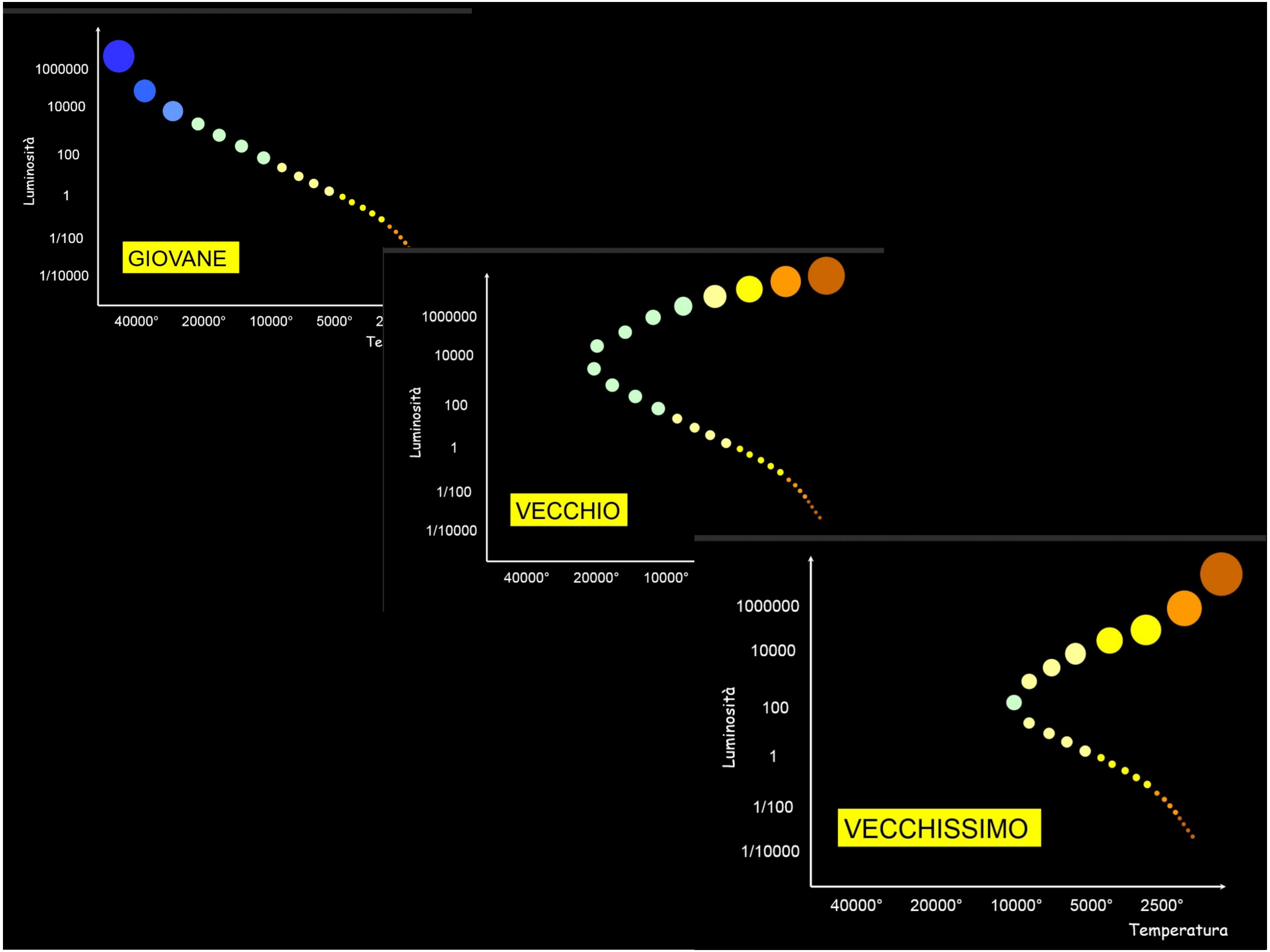




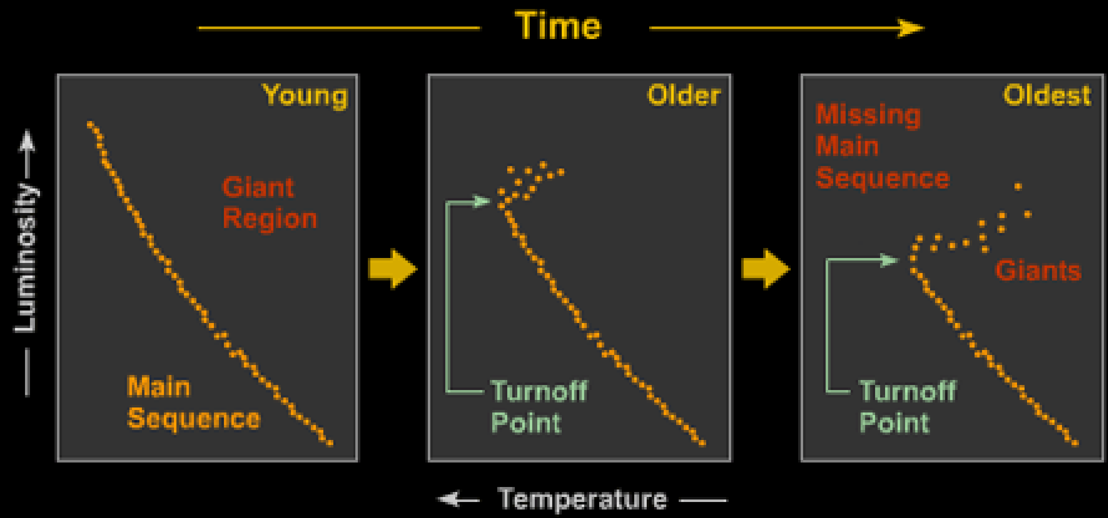
luminosity (solar units)
SUPERGIANTS
GIANTS
MAIN
SEQUENCE
WHITE
DWARFS
Deneb
Rigel
Betelgeuse
Antares
Canopus
Polaris
β Centauri
Spica
Bellatrix
Achernar
Aldebaran
Arcturus
Pollux
Vega
Sirius
Procyon
Altair
α Centauri A
Sun
α Centauri B
τ Ceti
ε Eridani
61 Cygni A
61 Cygni B
Lacaille 9352
Gliese 725 A
Gliese 725 B
Barnard's Star
Ross 128
Wolf 359
Proxima Centauri
DX Cancri
Sirius B
Procyon B
O B A F G K M
30,000
10,000
6,000
3,000
increasing temperature
surface temperature (Kelvin)
decreasing temperature

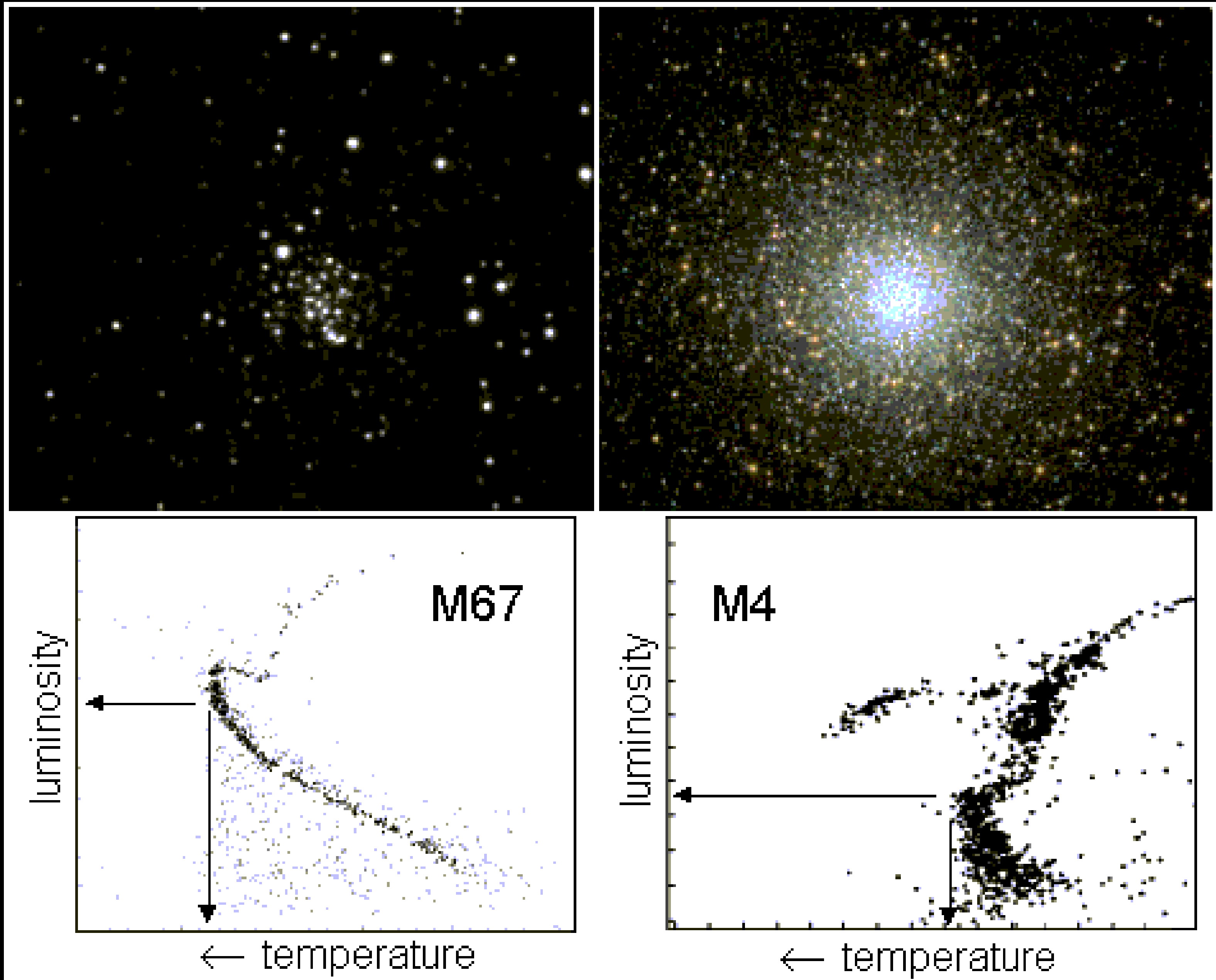


B-V
0
.5
1.0
1.5
12
14
16
18
20
Magnitudine apparente
B A F G K M
Tipo spettrale

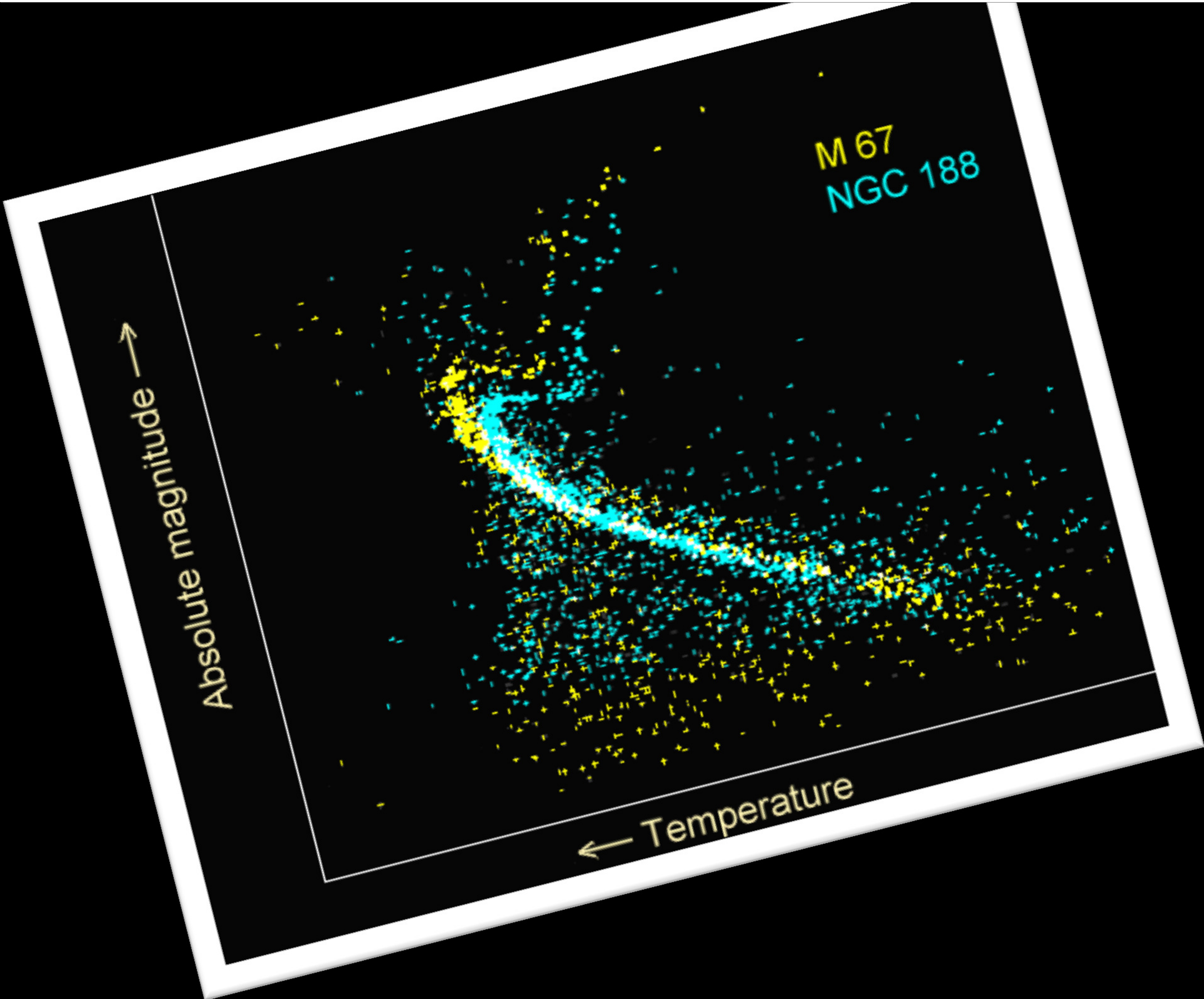


Luminosità
1000000
10000
100
1
1/100
1/10000
GIOVANE
40000°
20000°
10000°
5000°
Luminosità
1000000
10000
100
1
1/100
1/10000
VECCHIO
40000°
20000°
10000°
Luminosità
1000000
10000
100
1
1/100
1/10000
VECCHISSIMO
40000°
20000°
10000°
5000°
2500°
Temperatura

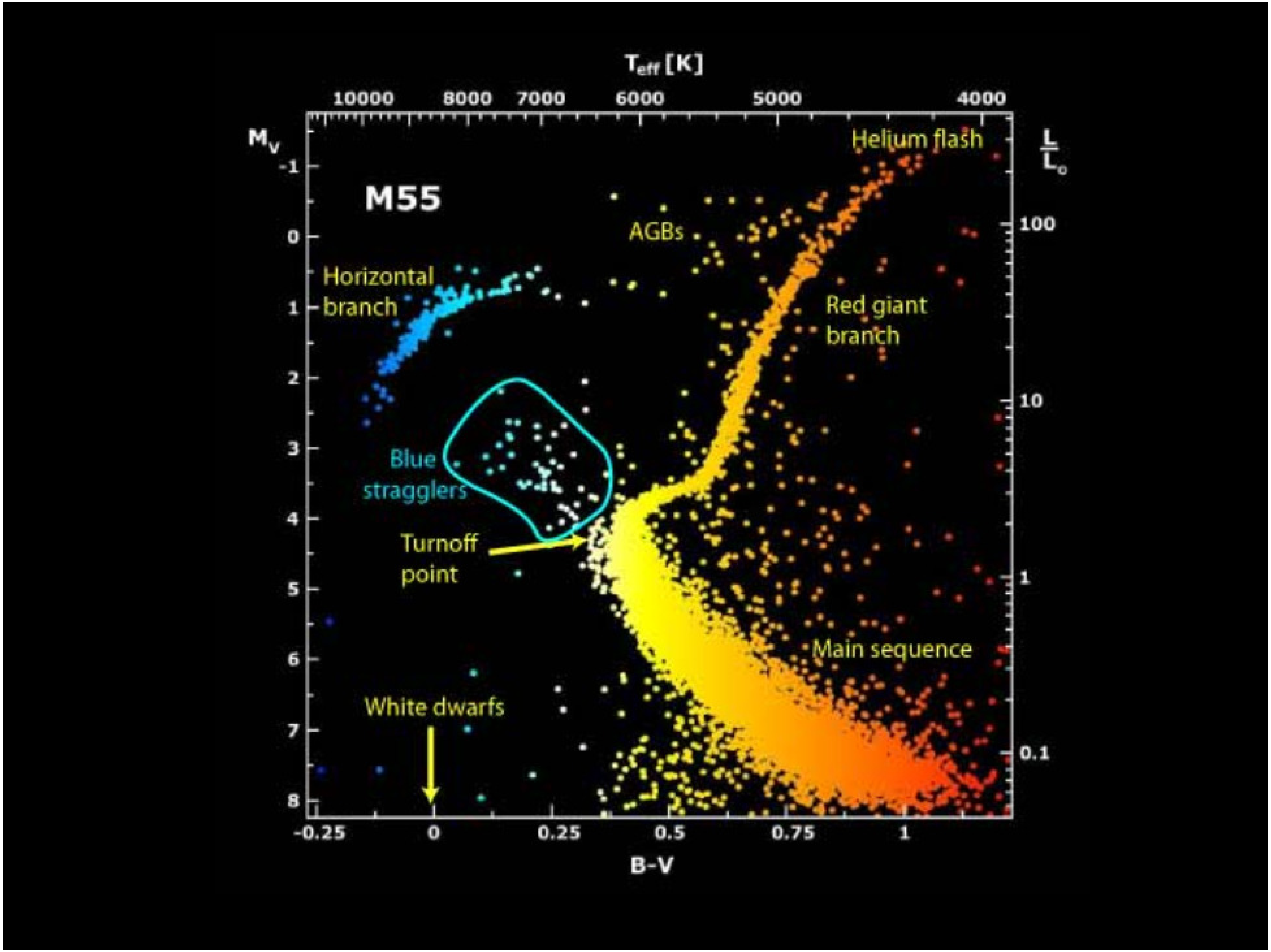

Time
Young
Giant
Region
Main
Sequence
Luminosity
Older
Turnoff
Point
Oldest
Missing
Main
Sequence
Giants
Turnoff
Point
Temperature



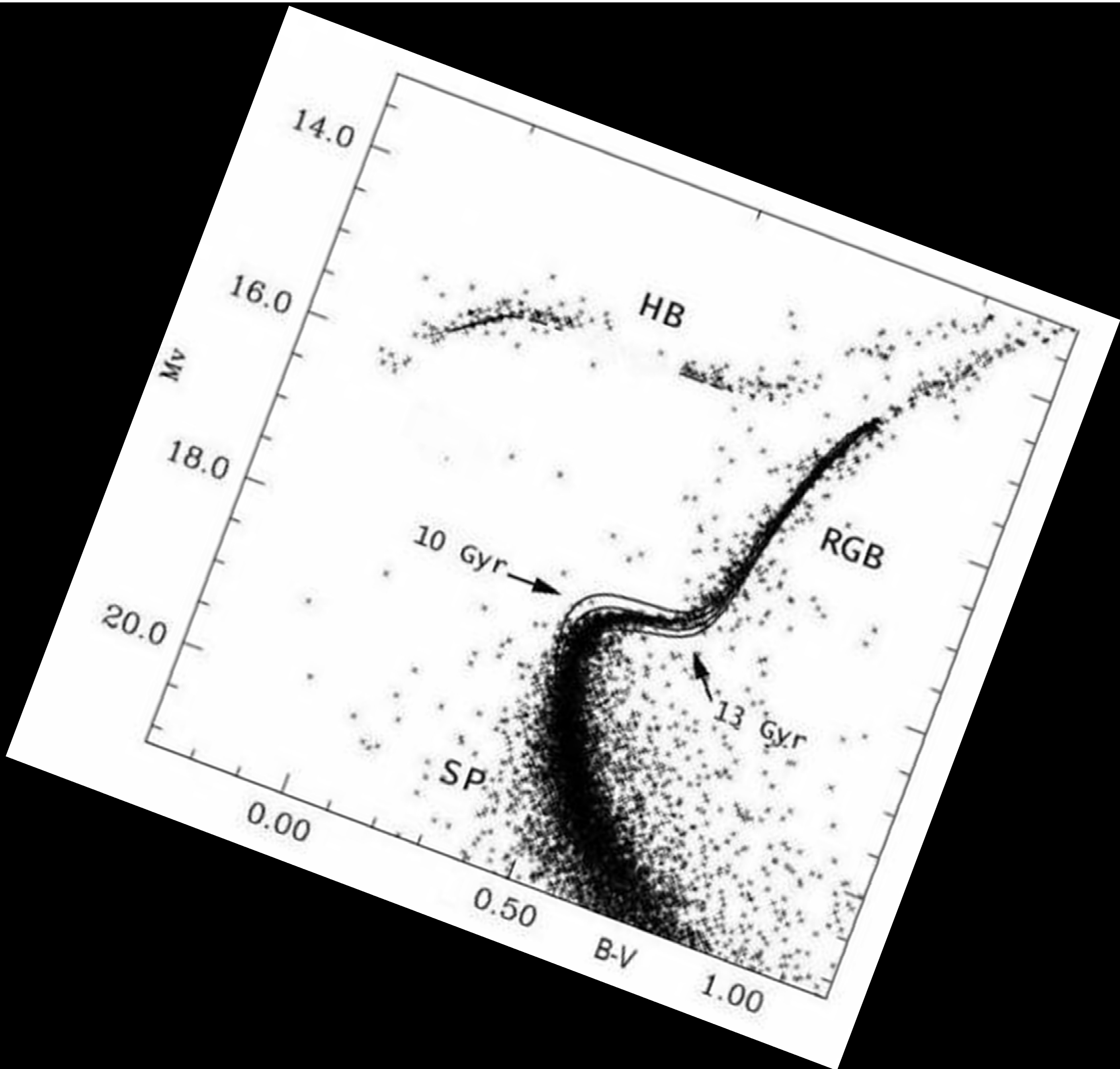
M67
luminosity
← temperature
M4
luminosity
← temperature



M 67
NGC 188
Absolute magnitude
Temperature



M55
T_{eff} [K]
10000
8000
7000
6000
5000
4000
M_V
-1
0
1
2
3
4
5
6
7
8
$\frac{L}{L_\odot}$
100
10
1
0.1
-0.25
0
0.25
0.5
0.75
1
B-V
Helium flash
AGBs
Horizontal branch
Red giant branch
Blue stragglers
Turnoff point
Main sequence
White dwarfs



14.0
16.0
18.0
20.0
Mv
HB
RGB
10 Gyr
13 Gyr
SP
0.00
0.50
1.00
B-V


«La Chioccetta per l'aia azzurra
va co suo pigolio di stelle»
- Il gelsomino notturno - G.Pascoli

[redacted]


Ammasso aperto- NGC 3603

Nebulosa della carena – formazione stellare


Ammasso aperto – NGC 290

Nebulosa del granchio - Resto di supernova

Ammasso globulare – Omega Centauri

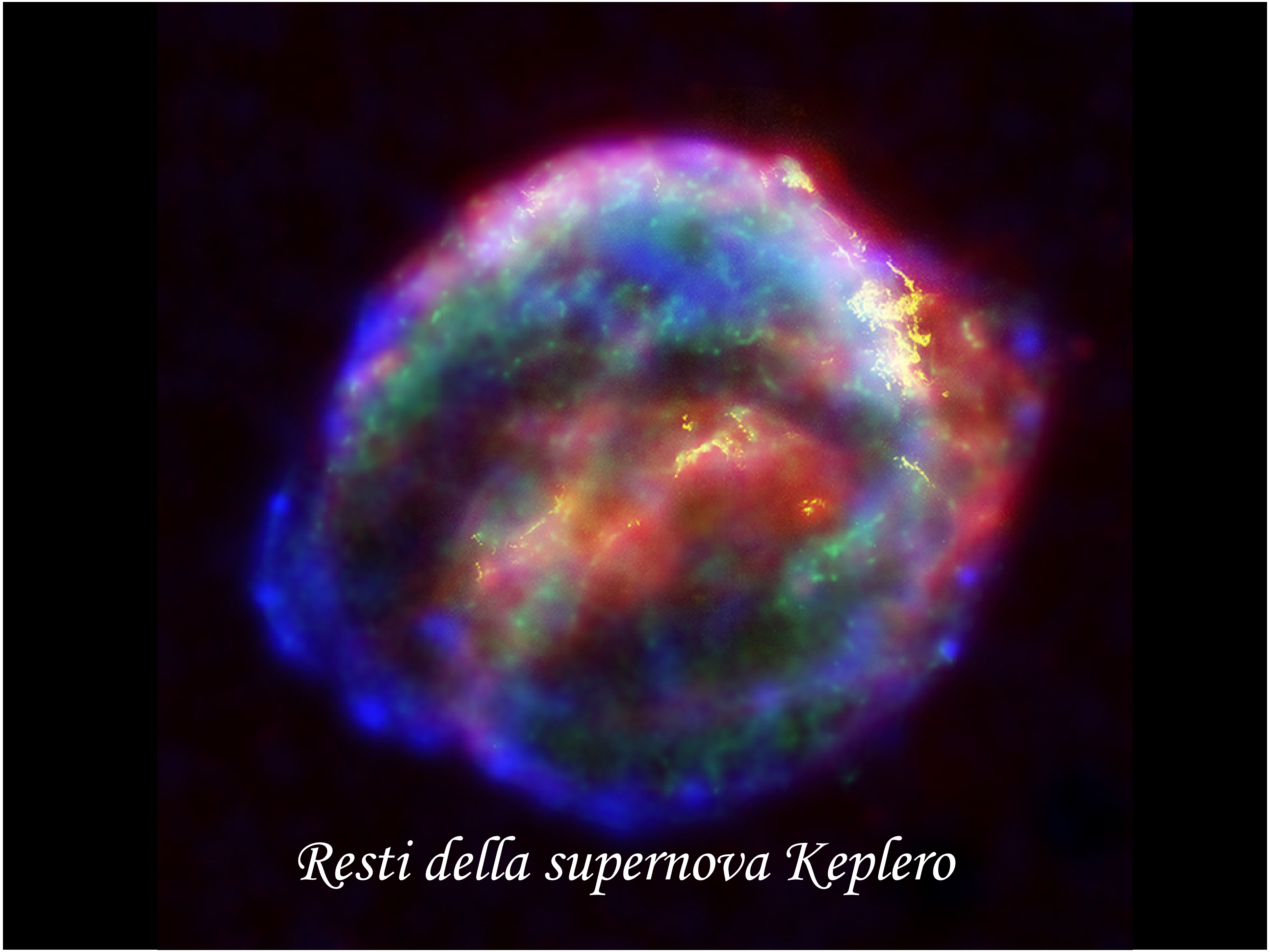

Getto di gas nella nebulosa della carena

Nebulosa planetaria – NGC 6302

V838 Monocerotis – stella variabile


Ammasso globulare – M80

Nebulosa planetaria - Occhio di gatto



Resti della supernova Keplero

Formazione stellare nella piccola nube di Magellano


Ammasso globulare NGC 1846

Nebulosa planetaria – IC 418


Nebulosa testa di cavallo – formazione stellare

Nebulosa planetaria - Clessidra

Un uomo che coltiva il suo giardino, come voleva Voltaire.
Un uomo che è grato del fatto che sulla Terra esista la musica.
Chi scopre con piacere una etimologia.
Due impiegati che in un caffè del sud giocano una silenziosa partita a scacchi.
Il ceramista che premedita un colore e una forma.
Il tipografo che compone per bene una pagina che magari non è del suo gradimento.
Una donna ed un uomo che leggono i terzetti finali di un certo canto.
Chi accarezza un animale che dorme.
Chi giustifica o vuole giustificare un male che ha ricevuto.
Chi ringrazia il fatto che ci sia Stevenson.
Chi preferisce dare ragione agli altri.
Queste persone, che vengono ignorate, sono quelle che stanno salvando il mondo.

Jorge Luis Borges