



# L'ALBERO GENEALOGICO DELL'UNIVERSO: LE PRIME STELLE

Alessio Mucciarelli  
(Universita' di Bologna)

Come un grande e complesso castello LEGO ....



... e stiamo cercando il primo mattoncino che e' stato posto

## Un calendario cosmico ... tutta la vita dell'Universo in un anno

- 1 anno ~ 13.7 miliardi di anni (e' tutta la vita dell'Universo)
- 1 mese ~1 miliardo di anni
- 1 settimana ~260 milioni di anni
- 1 giorno ~37 milioni di anni

# Un calendario cosmico ... tutta la vita dell'Universo in un anno



Big Bang occurs.

Milky Way Galaxy forms.

Our solar system forms. Life on Earth begins.

Earth's atmosphere becomes oxygenated.

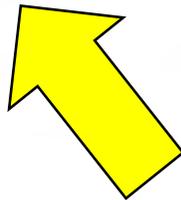
First complex life forms appear.

December						
1	2	3	4	5	6	7
8	9	10	11	12	13	14
15	16	17	18	19 Vertebrates appear.	20 Land plants appear.	21
22	23	24	25 Dinosaurs appear.	26 Mammals appear.	27	28
29	30 Dinosaurs become extinct.	31 Humans appear.				

# Un calendario cosmico ... tutta la vita dell'Universo in un anno



Big Bang occurs.



Milky Way Galaxy forms.

Our solar system forms. Life on Earth begins.

Earth's atmosphere becomes oxygenated.

First complex life forms appear.

December						
1	2	Le prime stelle nascono una/due settimane dopo capodanno				7
8	9					14
15	16	17	18	19 Vertebrates appear.	20 Land plants appear.	21
22	23	24	25 Dinosaurs appear.	26 Mammals appear.	27	28
29	30 Dinosaurs become extinct.	31 Humans appear.				

## Dopo il Big Bang, l'Universo e' un posto inospitale e buio.

- Per i primi 300,000 anni (sono i primi 10 minuti nel calendario cosmico) l'Universo e' **opaco**.

La radiazione (cioe' i fotoni) non riesce a propagarsi liberamente per i continui urti con elettroni liberi.

UNA FOLLA DI ELETTRONI

FOTONE



## Dopo il Big Bang, l'Universo e' un posto inospitale e buio.

- Per i primi 300,000 anni (sono i primi 10 minuti nel calendario cosmico) l'Universo e' **opaco**.

La radiazione (cioe' i fotoni) non riesce a propagarsi liberamente per i continui urti con elettroni liberi.

- Solo quando gli elettroni vengono catturati dai nuclei, la radiazione non ha piu' ostacoli e puo' muoversi liberamente. L'Universo diventa **trasparente**.



## Dopo il Big Bang, l'Universo e' un posto inospitale e buio.

- Per i primi 300,000 anni (sono i primi 10 minuti nel calendario cosmico) l'Universo e' **opaco**.

La radiazione (cioe' i fotoni) non riesce a propagarsi liberamente per i continui urti con elettroni liberi.

- Solo quando gli elettroni vengono catturati dai nuclei, la radiazione non ha piu' ostacoli e puo' muoversi liberamente. L'Universo diventa **trasparente**.
- Attenzione...anche se trasparente e' un Universo buio... non c'e' nulla che lo illumini. Le stelle iniziano a formarsi solo dopo 300 milioni di anni (poco dopo la prima settimana di Gennaio) ...

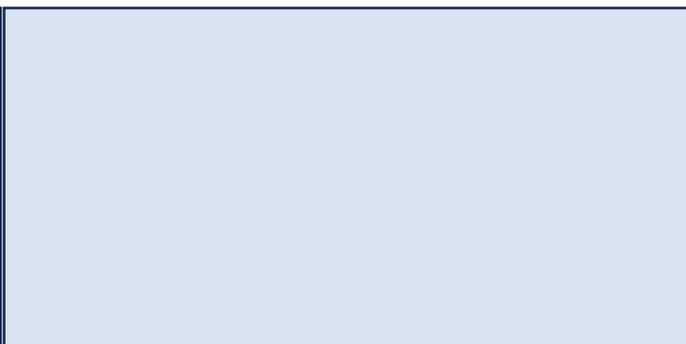
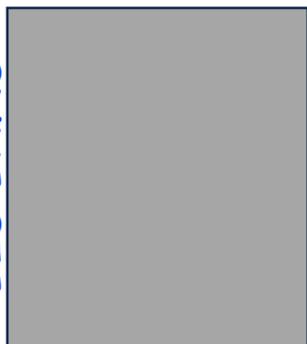
UNIVERSO  
OPACO

UNIVERSO  
TRASPARENTE  
MA BUIO

PRIME  
STELLE

SI FORMANO  
LE GALASSIE...

BIG BANG



300,000 anni

300 milioni  
di anni



TEMPO

# Tavola Periodica degli Elementi

1 IA																	18 VIIIA				
1 <b>H</b> Idrogeno 1.00794																	2 <b>He</b> Elio 4.002602				
2 <b>Li</b> Litio 6.941	<b>Be</b> Berillio 9.012182															<b>B</b> Boro 10.811	<b>C</b> Carbonio 12.0107	<b>N</b> Azoto 14.00674	<b>O</b> Ossigeno 15.9994	<b>F</b> Fluoro 18.9984032	<b>Ne</b> Neon 20.1797
3 <b>Na</b> Sodio 22.989770	<b>Mg</b> Magnesio 24.3050															<b>Al</b> Alluminio 26.981538	<b>Si</b> Silicio 28.0855	<b>P</b> Fosforo 30.973761	<b>S</b> Zolfo 32.065	<b>Cl</b> Cloro 35.453	<b>Ar</b> Argon 39.948
4 <b>K</b> Potassio 39.0983	<b>Ca</b> Calcio 40.078	<b>Sc</b> Scandio 44.955910	<b>Ti</b> Titanio 47.887	<b>V</b> Vanadio 50.9415	<b>Cr</b> Cromo 51.9961	<b>Mn</b> Manganese 54.938049	<b>Fe</b> Ferro 55.8457	<b>Co</b> Cobalto 58.933200	<b>Ni</b> Nichel 58.6934	<b>Cu</b> Rame 63.546	<b>Zn</b> Zinco 65.409	<b>Ga</b> Gallio 69.723	<b>Ge</b> Germanio 72.64	<b>As</b> Arsenico 74.92160	<b>Se</b> Selenio 78.96	<b>Br</b> Bromo 79.904	<b>Kr</b> Kriptone 83.798				
5 <b>Rb</b> Rubidio 85.4678	<b>Sr</b> Stronzio 87.62	<b>Y</b> Ittrio 88.90585	<b>Zr</b> Zirconio 91.224	<b>Nb</b> Niobio 92.90638	<b>Mo</b> Molibdeno 95.94	<b>Tc</b> Tecnezio (98)	<b>Ru</b> Rutenio 101.07	<b>Rh</b> Rodio 102.90550	<b>Pd</b> Palladio 106.42	<b>Ag</b> Argento 107.8682	<b>Cd</b> Cadmio 112.411	<b>In</b> Indio 114.818	<b>Sn</b> Stagno 118.710	<b>Sb</b> Antimonio 121.760	<b>Te</b> Tellurio 127.60	<b>I</b> Iodio 126.90447	<b>Xe</b> Xeno 131.293				
6 <b>Cs</b> Cesio 132.90545	<b>Ba</b> Bario 137.327	57 to 71		<b>Hf</b> Hafnio 178.49	<b>Ta</b> Tantalio 180.9479	<b>W</b> Tungsteno 183.84	<b>Re</b> Renio 186.207	<b>Os</b> Osmio 190.23	<b>Ir</b> Iridio 192.217	<b>Pt</b> Platino 195.078	<b>Au</b> Oro 196.96655	<b>Hg</b> Mercurio 200.59	<b>Tl</b> Tallio 204.3833	<b>Pb</b> Piombo 207.2	<b>Bi</b> Bismuto 208.98038	<b>Po</b> Polonio (209)	<b>At</b> Astatio (210)	<b>Rn</b> Radone (222)			
7 <b>Fr</b> Francio (223)	<b>Ra</b> Radio (226)	89 to 103		<b>Rf</b> Rutherfordio (261)	<b>Db</b> Dubnio (262)	<b>Sg</b> Seaborgio (266)	<b>Bh</b> Bohrio (264)	<b>Hs</b> Hassio (269)	<b>Mt</b> Meitnerio (268)	<b>Ds</b> Darmstadtio (271)	<b>Rg</b> Roentgenio (272)	<b>Uub</b> Ununbio (285)	<b>Uut</b> Ununtrio (284)	<b>Uuq</b> Ununquadio (289)	<b>Uup</b> Ununpentio (288)	<b>Uuh</b> Ununhexio (292)	<b>Uus</b> Ununseptium (291)	<b>Uuo</b> Ununoctium (294)			

Le masse atomiche tra sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.

Design Copyright © 1997 Michael Davah (michael@davah.com), <http://www.davah.com/periodic/>

Nota: il sotto gruppo dei numeri 1-18 è stato adottato nel 1984 dalla International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). I nomi degli elementi 112-118 sono gli equivalenti latini di quei nomi.

57 <b>La</b> Lantanio 138.9055	58 <b>Ce</b> Cerio 140.116	59 <b>Pr</b> Praseodimio 140.90765	60 <b>Nd</b> Neodimio 144.24	61 <b>Pm</b> Promezio (145)	62 <b>Sm</b> Samario 150.36	63 <b>Eu</b> Europio 151.964	64 <b>Gd</b> Gadolino 157.25	65 <b>Tb</b> Terbio 158.92534	66 <b>Dy</b> Disprosio 162.500	67 <b>Ho</b> Olmio 164.93032	68 <b>Er</b> Erbio 167.259	69 <b>Tm</b> Tulio 168.93421	70 <b>Yb</b> Itterbio 173.04	71 <b>Lu</b> Lutezio 174.967
89 <b>Ac</b> Attinio (227)	90 <b>Th</b> Torio 232.0381	91 <b>Pa</b> Protattinio 231.03688	92 <b>U</b> Uranio 238.02891	93 <b>Np</b> Nettunio (237)	94 <b>Pu</b> Plutonio (244)	95 <b>Am</b> Americio (243)	96 <b>Cm</b> Curio (247)	97 <b>Bk</b> Berkelio (247)	98 <b>Cf</b> Californio (251)	99 <b>Es</b> Einsteinio (252)	100 <b>Fm</b> Fermio (257)	101 <b>Md</b> Mendelevio (258)	102 <b>No</b> Nobelio (259)	103 <b>Lr</b> Lauzenzio (262)

# Tavola Periodica degli Elementi

## METALLI

1 IA																	18 VIIIA
1 H Idrogeno 1.00794																	2 He Elio 4.002602
3 Li Litio 6.941	4 Be Berillio 9.012182											5 B Boro 10.811	6 C Carbonio 12.0107	7 N Azoto 14.00674	8 O Ossigeno 15.9994	9 F Fluoro 18.9984032	10 Ne Neon 20.1797
11 Na Sodio 22.989770	12 Mg Magnesio 24.3050											13 Al Alluminio 26.981538	14 Si Silicio 28.0855	15 P Fosforo 30.973761	16 S Zolfo 32.066	17 Cl Cloro 35.453	18 Ar Argon 39.948
19 K Potassio 39.0983	20 Ca Calcio 40.078	21 Sc Scandio 44.955910	22 Ti Titanio 47.867	23 V Vanadio 50.9415	24 Cr Cromo 51.9961	25 Mn Manganese 54.938049	26 Fe Ferro 55.8457	27 Co Cobalto 58.933200	28 Ni Nichel 58.6934	29 Cu Rame 63.546	30 Zn Zinco 65.409	31 Ga Gallio 69.723	32 Ge Germanio 72.64	33 As Arsenico 74.92160	34 Se Selenio 78.96	35 Br Bromo 79.904	36 Kr Kriptone 83.798
37 Rb Rubidio 85.4678	38 Sr Stronzio 87.62	39 Y Ittrio 88.90585	40 Zr Zirconio 91.224	41 Nb Niobio 92.90638	42 Mo Molibdeno 95.94	43 Tc Technezio (98)	44 Ru Rutenio 101.07	45 Rh Rodio 102.90550	46 Pd Palladio 106.42	47 Ag Argento 107.8682	48 Cd Cadmio 112.411	49 In Indio 114.818	50 Sn Stagno 118.710	51 Sb Antimonio 121.760	52 Te Tellurio 127.60	53 I Iodio 126.90447	54 Xe Xeno 131.293
55 Cs Cesio 132.90545	56 Ba Bario 137.327	57 to 71	72 Hf Hafnio 178.49	73 Ta Tantalio 180.9479	74 W Tungsteno 183.84	75 Re Renio 186.207	76 Os Osmio 190.23	77 Ir Iridio 192.217	78 Pt Platino 195.078	79 Au Oro 196.96655	80 Hg Mercurio 200.59	81 Tl Tallio 204.3833	82 Pb Piombo 207.2	83 Bi Bismuto 208.98038	84 Po Polonio (209)	85 At Astatio (210)	86 Rn Radone (222)
87 Fr Francio (223)	88 Ra Radio (226)	89 to 103	104 Rf Rutherfordio (261)	105 Db Dubnio (262)	106 Sg Seaborgio (266)	107 Bh Bohrio (264)	108 Hs Hassio (269)	109 Mt Meitnerio (268)	110 Ds Darmstadtio (271)	111 Rg Roentgenio (272)	112 Uub Ununbio (285)	113 Uut Ununtrio (284)	114 Uuq Ununquadio (289)	115 Uup Ununpentio (288)	116 Uuh Ununhexio (292)	117 Uus Ununseptio (294)	118 Uuo Ununoctio (294)
Le masse atomiche tra sono quelle degli isotopi più stabili o più comuni.																	
Design Copyright © 1997 Michael Dayah (michael@dayah.com), <a href="http://www.dayah.com/periodic/">http://www.dayah.com/periodic/</a>																	
57 La Lantanio 138.9055	58 Ce Cerio 140.116	59 Pr Praseodimio 140.90765	60 Nd Neodimio 144.24	61 Pm Promezio (145)	62 Sm Samario 150.36	63 Eu Europio 151.964	64 Gd Gadolinio 157.25	65 Tb Terbio 158.92534	66 Dy Disprosio 162.500	67 Ho Olmio 164.93032	68 Er Erbio 167.259	69 Tm Tulio 168.93421	70 Yb Itterbio 173.04	71 Lu Lutezio 174.967			
89 Ac Attinio (227)	90 Th Torio 232.0381	91 Pa Protattinio 231.03688	92 U Uranio 238.02891	93 Np Nettunio (237)	94 Pu Plutonio (244)	95 Am Americio (243)	96 Cm Curio (247)	97 Bk Berkelio (247)	98 Cf Californio (251)	99 Es Einsteinio (252)	100 Fm Fermio (257)	101 Md Mendelevio (258)	102 No Nobelio (259)	103 Lr Lawrencio (262)			

Nota: il sotto gruppo dei numeri 1-18 è stato adottato nel 1984 dalla International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC). I nomi degli elementi 112-118 sono gli equivalenti latini di quei nomi.

# Tavola Periodica degli Elementi

1	1	1
1A		
1	<b>H</b>	1
	Idrogeno	
	1.00794	
2	3	1
	<b>Li</b>	
	Litio	
	6.941	

18	2	2	18
VIIIA			
	<b>He</b>		
	Elio		
	4.002602		

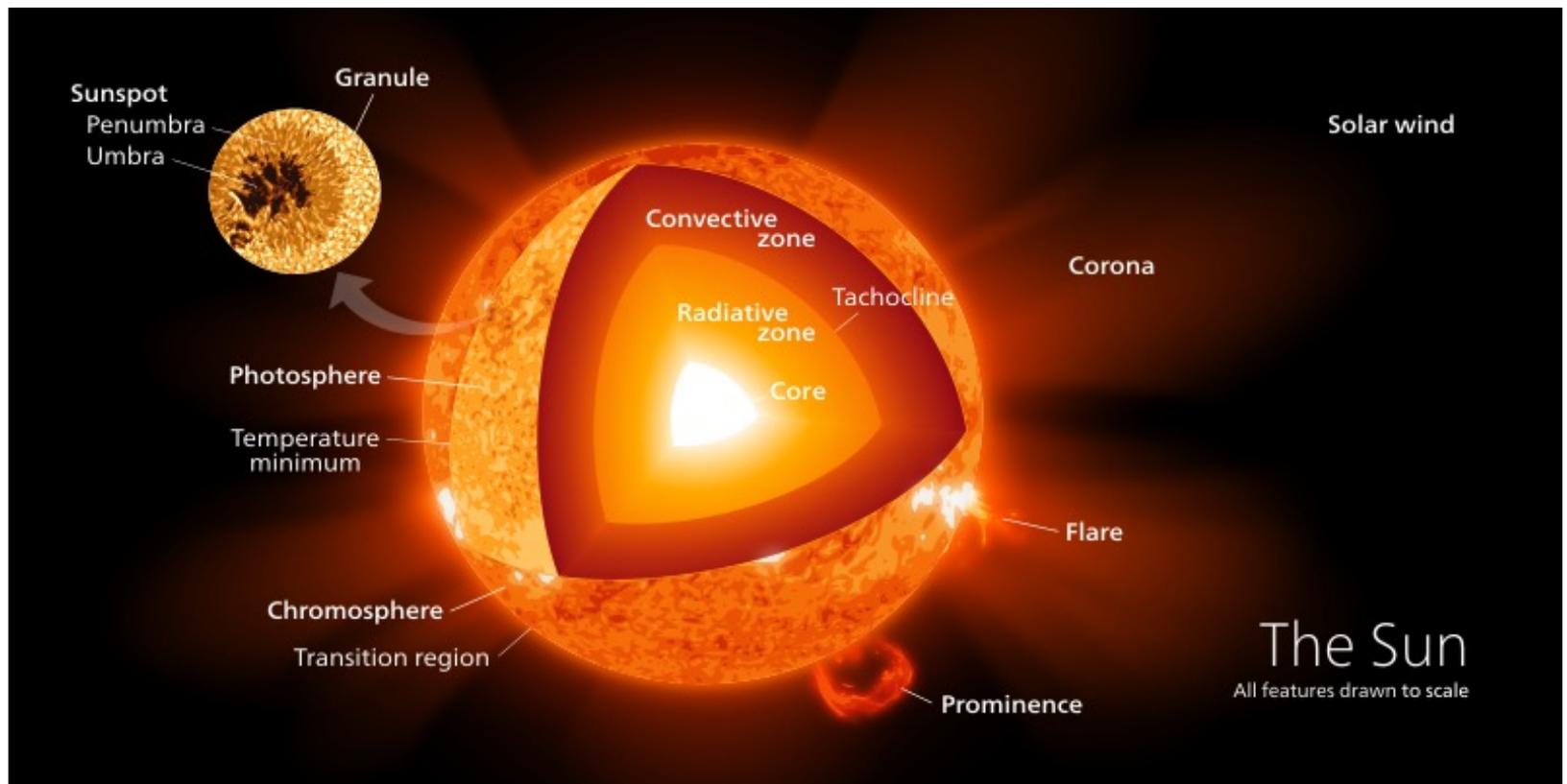
All'inizio dell'Universo la tavola periodica era decisamente piu' semplice da imparare... solo H , He e Li

E gli altri elementi ???

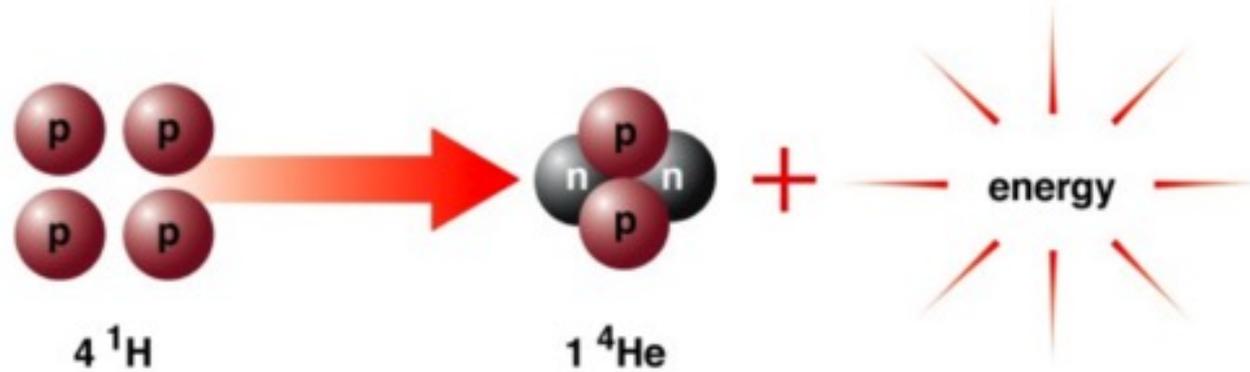
## I metalli sono tutti prodotti dalle stelle ...

Le stelle posseggono un motore energetico in grado di mantenere la loro luminosità'. La principale sorgente di energia sono le **reazioni termonucleari** che avvengono nell'interno delle stelle. Bruciare elementi per crearne di più pesanti (metalli...).

Quando il motore si esaurisce (fine della produzione di energia) la stella muore...



Esempio: il bruciamento dell'idrogeno (servono 10 milioni di gradi !!!)



Dalla fusione di 4 atomi di idrogeno otteniamo un atomo di elio (piu' pesante dell'idrogeno)...ma viene anche liberata una piccola quantita' di energia. Quanta?

$$E = \Delta m \times c^2$$

Difetto di massa: e' la differenza tra la massa di un nucleo di elio e la massa di 4 nuclei di idrogeni.

Il Sole produce energia attraverso il bruciamento dell'idrogeno che avviene nel suo nucleo.

# La vita di una stella dipende dalla sua massa

STELLE PICCOLE  
(COME IL SOLE)



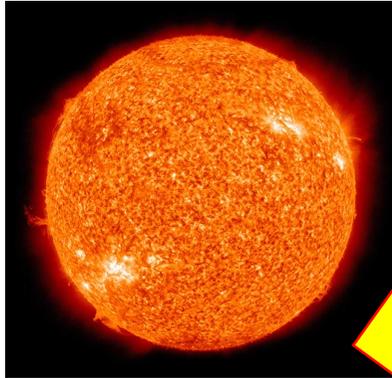
- CONSUMANO POCO
- VIVONO A LUNGO
- MUOIONO COME "NANE BIANCHE"

STELLE GRANDI  
(ANCHE 100  
VOLTE IL SOLE)

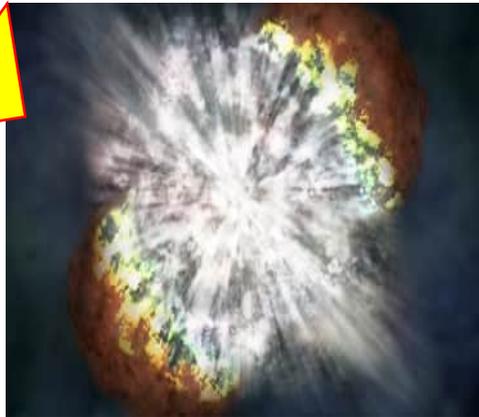


- CONSUMANO TANTO
- VIVONO POCO
- ESPLODONO COME SUPERNOVAE

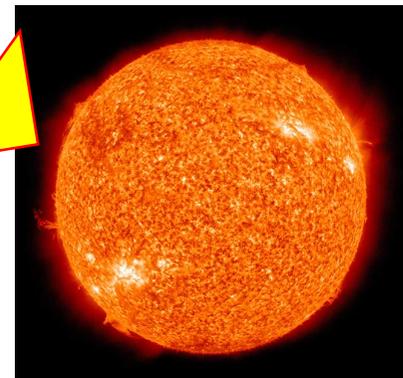
LE STELLE DURANTE LA LORO  
VITA PRODUCONO METALLI



QUANDO MUOIONO QUESTI  
METALLI ARRICCHISCONO  
IL GAS CIRCOSTANTE



DA QUESTO GAS NASCONO  
NUOVE STELLE **PIU' RICCHE  
DI METALLI**



# BIG BANG



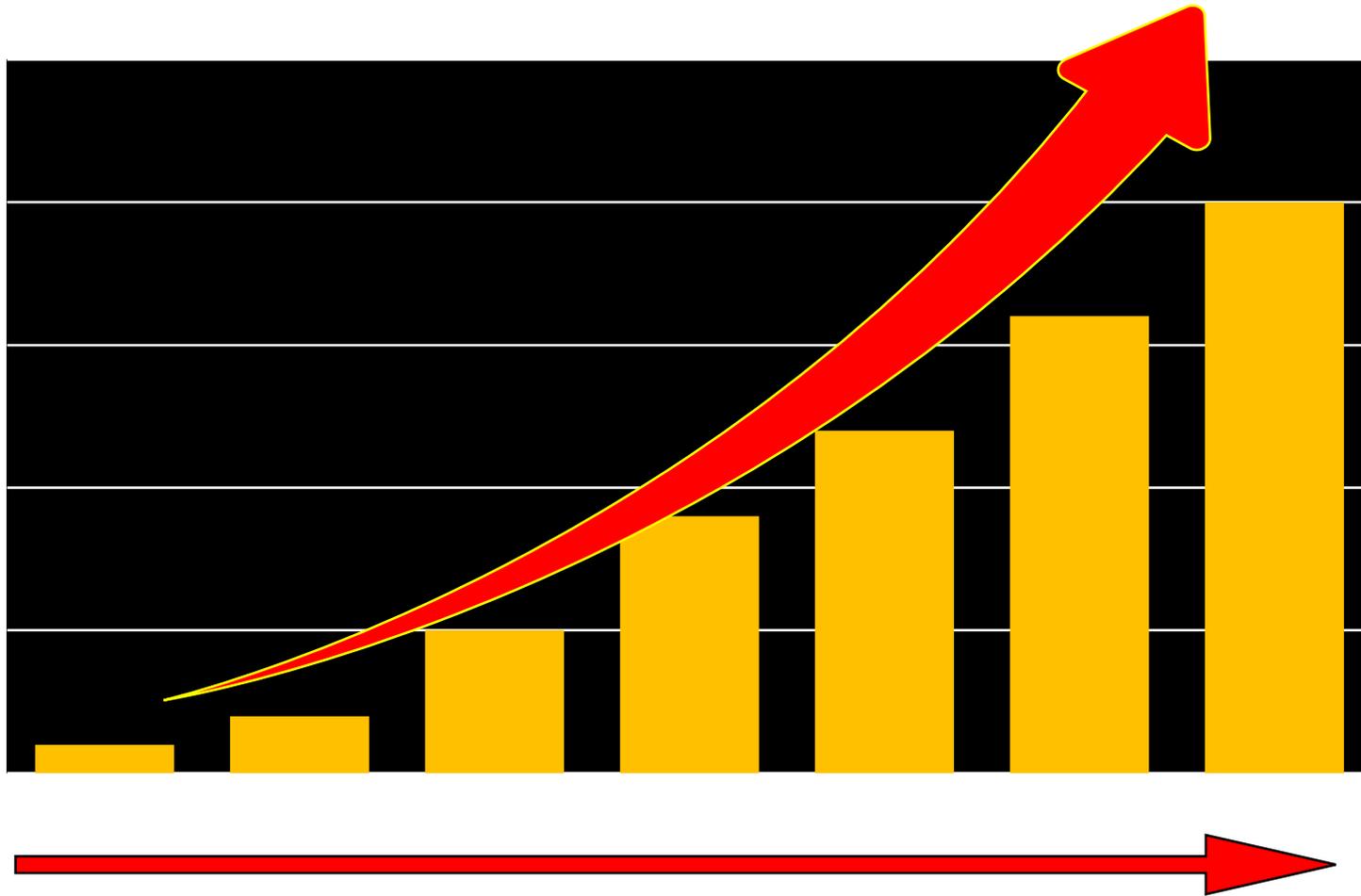
Il Big Bang produce solo idrogeno ed elio ma niente metalli ...

Quindi le prime stelle che si sono formate nell'Universo dovevano avere questa composizione chimica: totale assenza di metalli. Erano fatte come l'Universo appena nato.

Le prime stelle NON hanno metalli...ma ne producono e le tramandano in eredita' alle stelle successive. Ogni generazione di stelle e' piu' ricca di metalli della precedente.

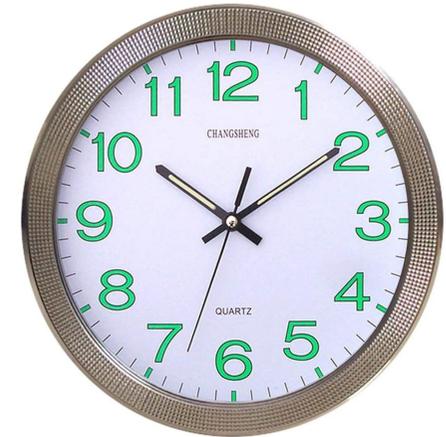


METALLICITA'



TEMPO

Abbiamo trovato un orologio per stimare l'eta' relativa delle stelle



**Meno metalli misuriamo ... piu' la stella e' vecchia**

## Perche' le prime stelle sono cosi importanti

- Conferma della nostra teoria del Big Bang e di come si e' formato l'Universo
- Sono le stelle che hanno arricchito le stelle piu' povere di metalli che osserviamo oggi
- Sono il primo mattone da cui si sono poi formate le galassie

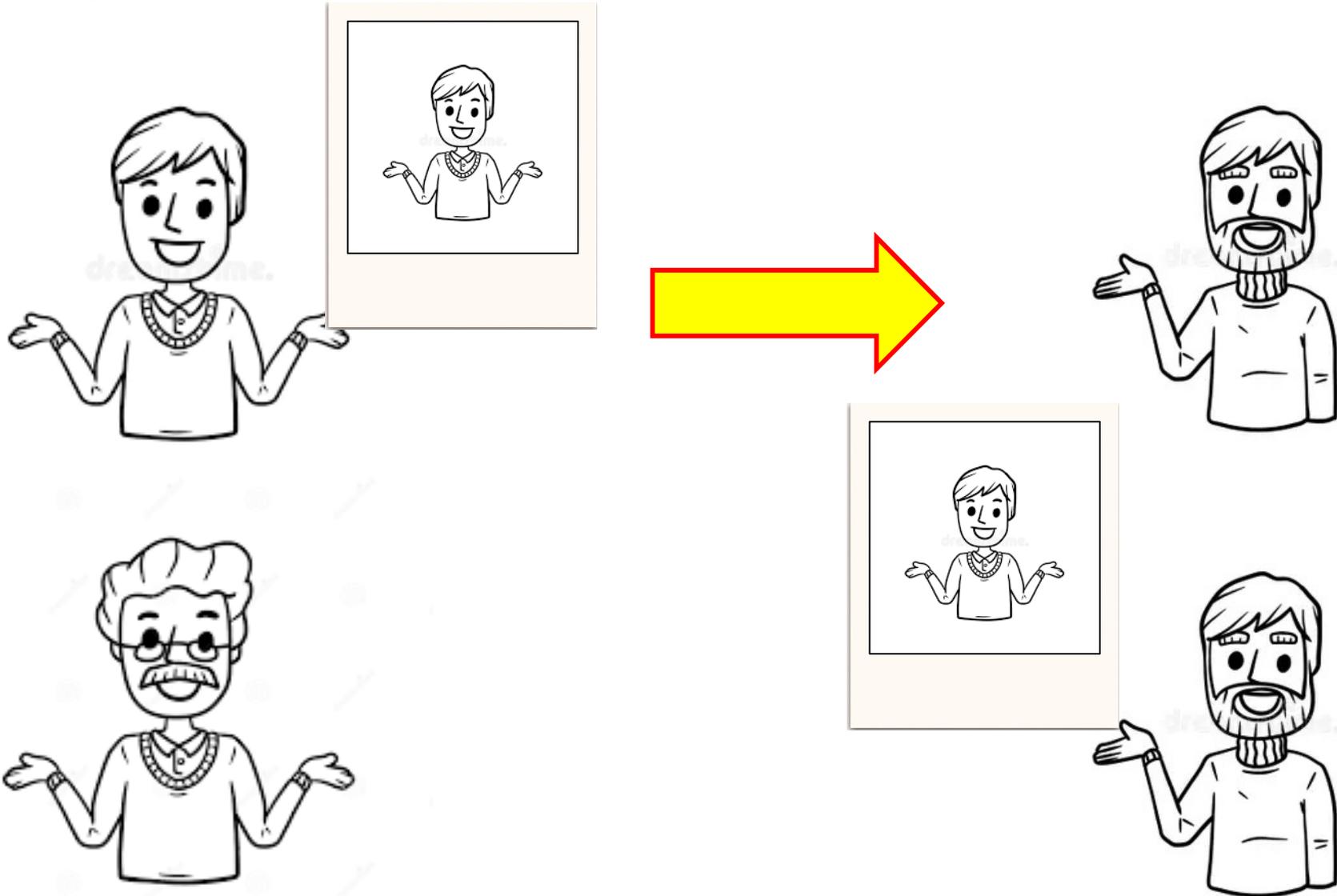
## Alcune "particolarita'" di queste prime stelle ...

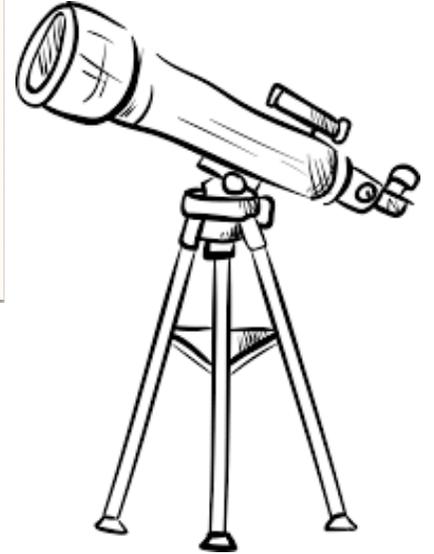
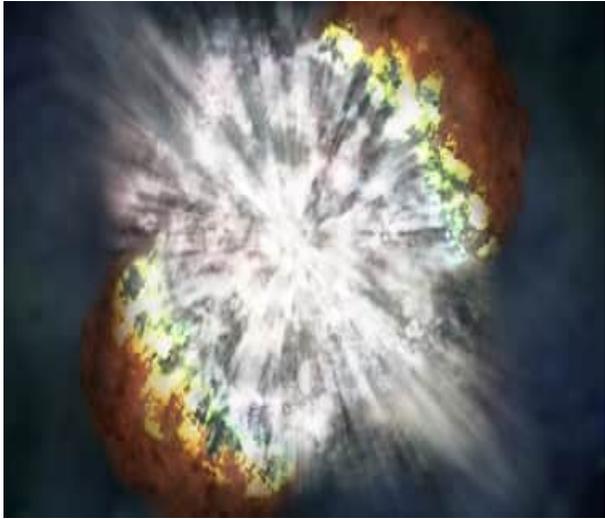
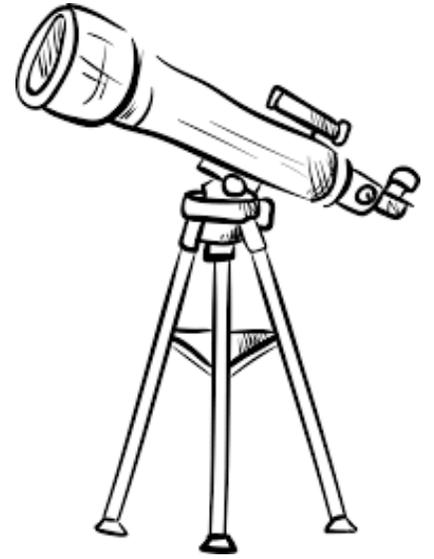
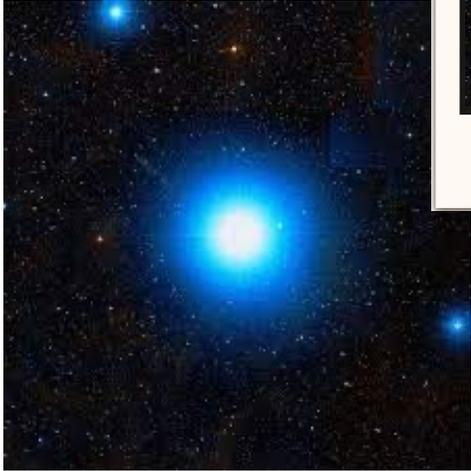
- Solo idrogeno ed elio, niente metalli
- Possono raggiungere masse enormi, anche 1000 volte la massa del Sole. Le stelle normali non superano 100 masse solari.
- Molte delle prime stelle avranno avuto vite brevissime (milioni di anni o meno) e sono quindi gia' morte...sono ancora vive le prime stelle con masse piccole.

Non abbiamo ancora osservato una di queste prime stelle ...  
Sono tutte gia' morte? Sono pochissime?  
Come le cerchiamo?

Ricordiamoci una proprieta' importante della luce...  
per quanto velocissima (300,000 km/s, cioe' in un secondo percorre la distanza  
Terra-Luna) si muove a velocita' finita ...

Immaginiamo di spedire una nostra foto di oggi ad un amico molto lontano....  
data la distanza tra di noi e la velocità di consegna la foto arriverà quando noi  
saremo già vecchi ...





Due modi per cercare le prime stelle

### (1) L'UNIVERSO VICINO

Vicino a noi vediamo la luce di stelle che sono ancora vive :  
e' una foto quasi in tempo reale !!!

Qui cerchiamo prime stelle che hanno una massa piu' piccola di quella del Sole e vivono almeno quanto l'eta' dell'Universo (se non oltre) ...

### (2) L'UNIVERSO DISTANTE

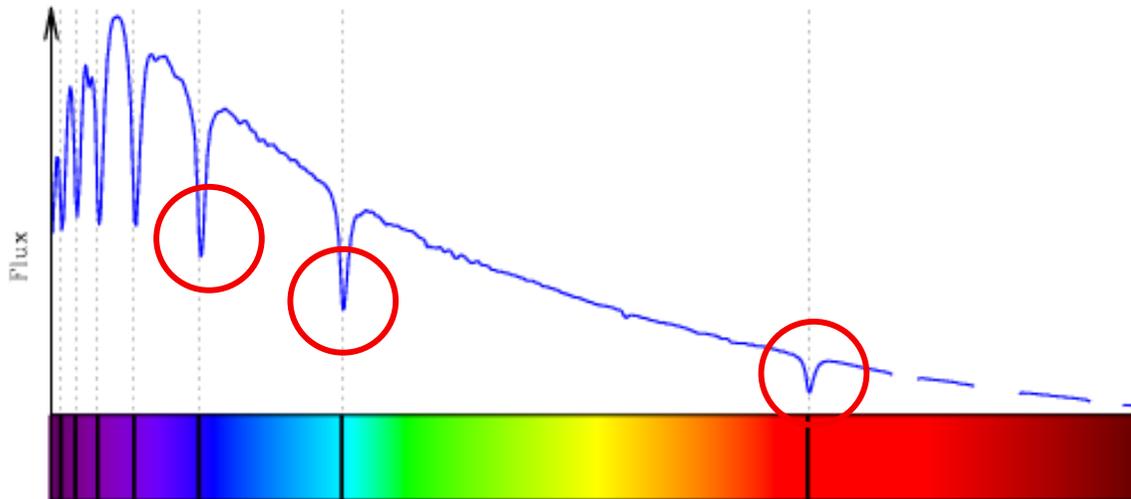
Quando guardiamo galassie lontane riceviamo una foto di quando esse erano giovani !!!  
Qui cerchiamo prime stelle di grande massa e che sono gia' morte ...

## (1) L'UNIVERSO VICINO

Nella nostra Galassia e nelle galassie piu' vicine, possiamo studiare le stelle individualmente e possiamo misurare l'abbondanza di metalli dal loro spettro (energia in funzione della lunghezza d'onda)

Riconosciamo i metalli da queste "righe".

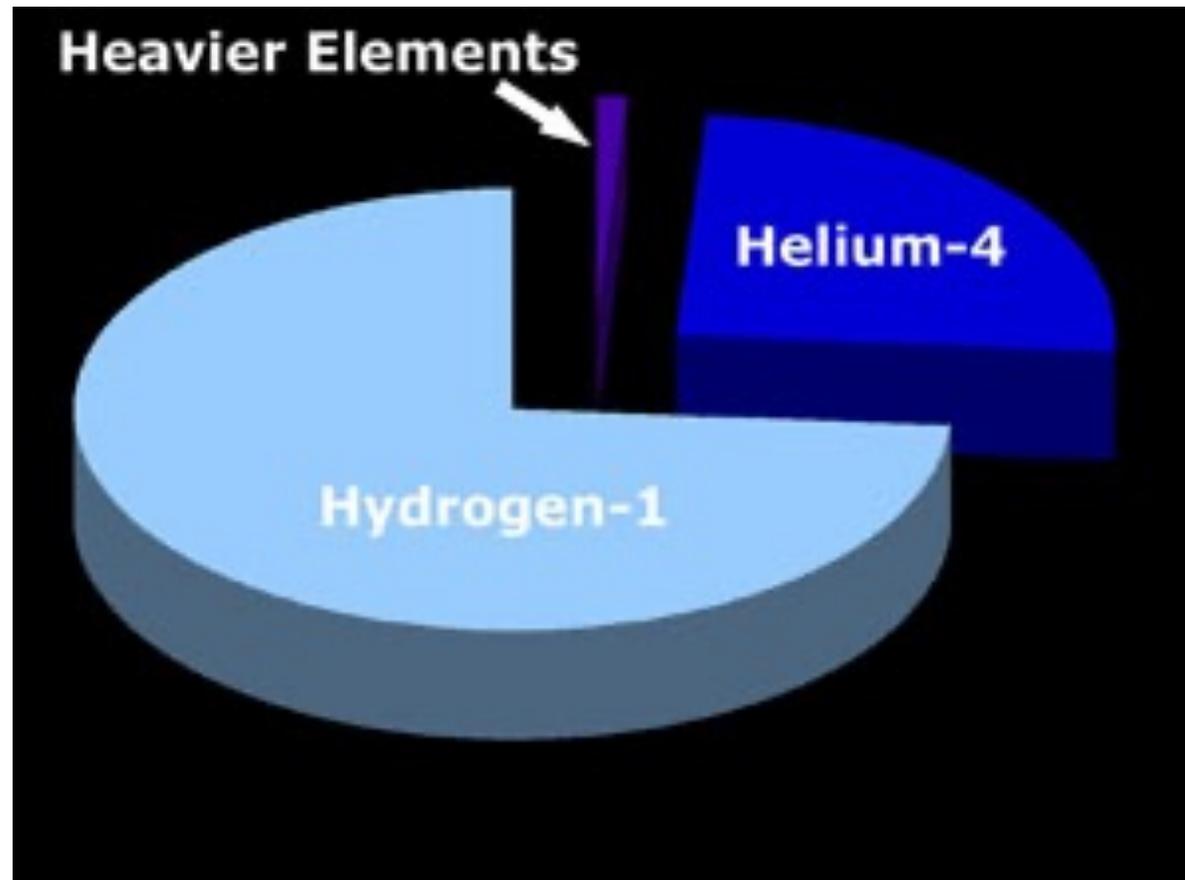
Piu' sono profonde piu' i metalli sono abbondanti



Cosa sappiamo oggi della chimica delle stelle?

Sono formate principalmente da idrogeno, elio e tracce di metalli ...

Nel Sole il 2% della massa e' composto da metalli



## Una vecchia nomenclatura degli astronomi...ma ancora in uso

### Popolazione I :

stelle giovani e ricche di metalli, come il Sole ... 2% della loro massa e' fatta di metalli

### Popolazione II :

stelle vecchie e povere di metalli ... 0.1% o meno della loro massa e' composta di metalli

### Popolazione III :

le prime stelle, totalmente prive di metalli ... NIENTE METALLI !!!!

### ATTENZIONE !!!

La nostra conoscenza della chimica delle stelle oggi e' molto dettagliata, ma non e' sempre stato cosi ...

Fino agli anni '20 si riteneva che tutte le stelle avessero la stessa composizione chimica del Sole il quale era fatto completamente di ... Ferro (come la crosta terrestre) !!!

Cecilia Payne, PhD Thesis "Stellar Atmospheres" (1925).  
Uno dei suoi risultati suggerisce che nel Sole l'elemento dominante e' l'idrogeno.



OK, il Sole e' composto principalmente di idrogeno ed elio. E le altre stelle?

Fino agli anni '50 si riteneva che tutte le stelle avessero la stessa quantita' di metalli del Sole ... perche'? Perche' tutte le stelle osservate avevano quella composizione chimica.

## LA TEORIA DEL CIGNO NERO



Prima della scoperta dell'Australia gli abitanti del Vecchio Mondo erano convinti che tutti i cigni fossero bianchi: una convinzione inconfutabile poiche' sembrava pienamente confermata dall'evidenza empirica.

Una sola osservazione puo' confutare un'asserzione generale ricavata da millenni di avvistamenti di milioni di cigni bianchi. Basta un solo cigno nero.

*N. T. Taleb (Il Cigno nero)*



## THE ATMOSPHERES OF A-TYPE SUBDWARFS AND 95 LEONIS\*

JOSEPH W. CHAMBERLAIN AND LAWRENCE H. ALLER

Observatory, University of Michigan

Received February 14, 1951

### ABSTRACT

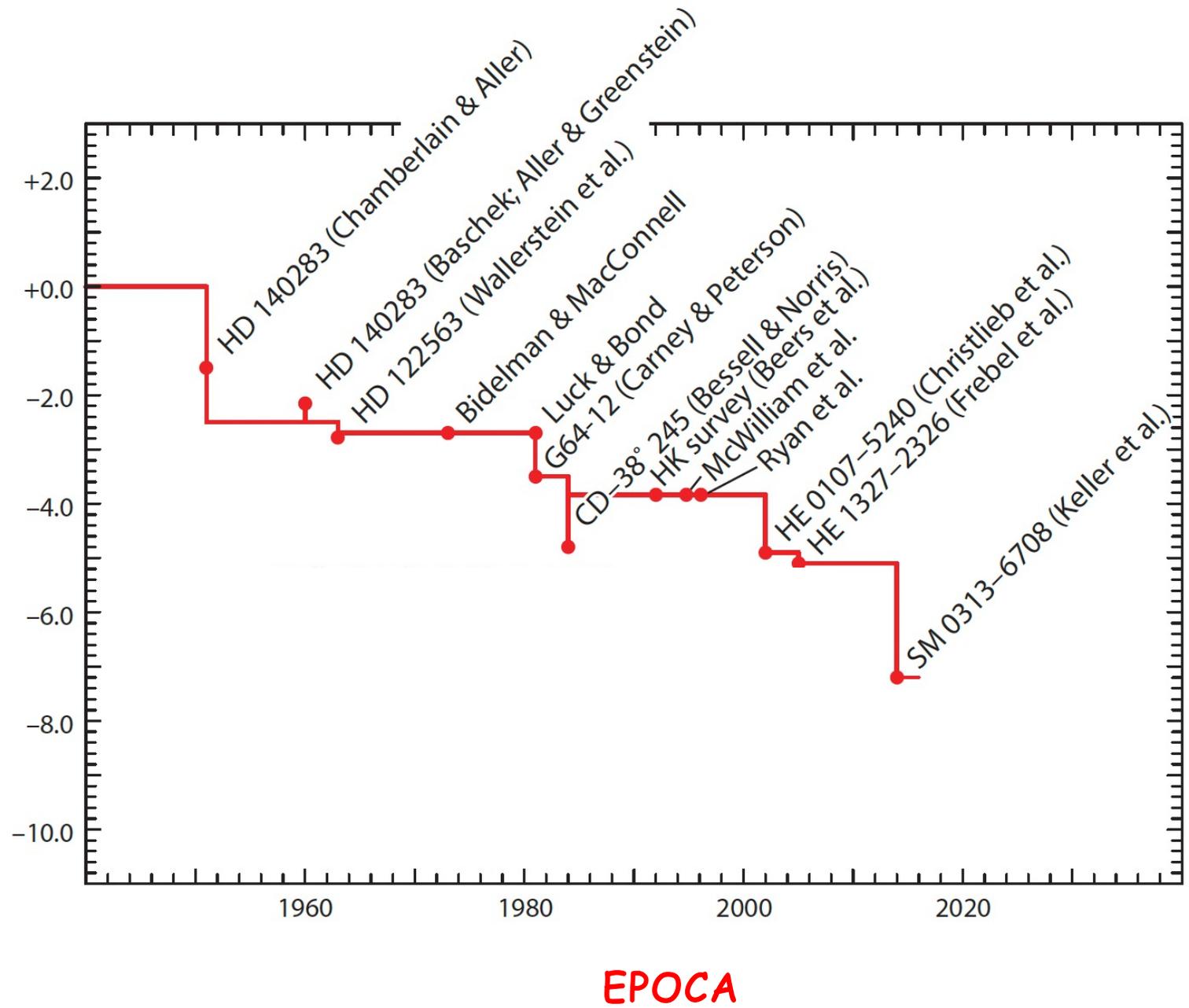
Line profiles and equivalent widths have been measured in the spectra of two subdwarfs, HD 19445 and HD 140283, classified as A4sp and A5sp, and a main-sequence A4 star, 95 Leonis. The data are analyzed by conventional curve-of-growth procedures and by the method of model atmospheres and line profiles. The point of view adopted is that the structure of the atmosphere must correctly reproduce the profiles of the hydrogen lines. It is found that for 95 Leonis  $T_{\text{eff}} = 8900^{\circ}\text{K}$  and  $\log g \simeq 3.90$  (which are normal for an A4 star), whereas for the subdwarfs  $T_{\text{eff}} = 6300^{\circ}\text{K}$  and  $\log g \simeq 4.80$ .

The assumption that the amount of hydrogen per gram of stellar material is the same as that in the sun is in harmony with the data; i.e., there is no evidence that the subdwarfs are deficient in hydrogen. The excitation temperatures are derived from curves of growth for  $Fe\ I$ , using King's laboratory  $f$ -values. A comparison of theoretical and observed line profiles and equivalent widths suggests that  $Ca$  is deficient in the subdwarf atmospheres. Low  $Fe$  abundances in these stars are indicated by curves of growth constructed with Greenstein's empirical line strengths for  $\tau\ \text{UMa}$  and  $\nu\ \text{Sgr}$ . The color temperatures and the Balmer discontinuities are predicted.

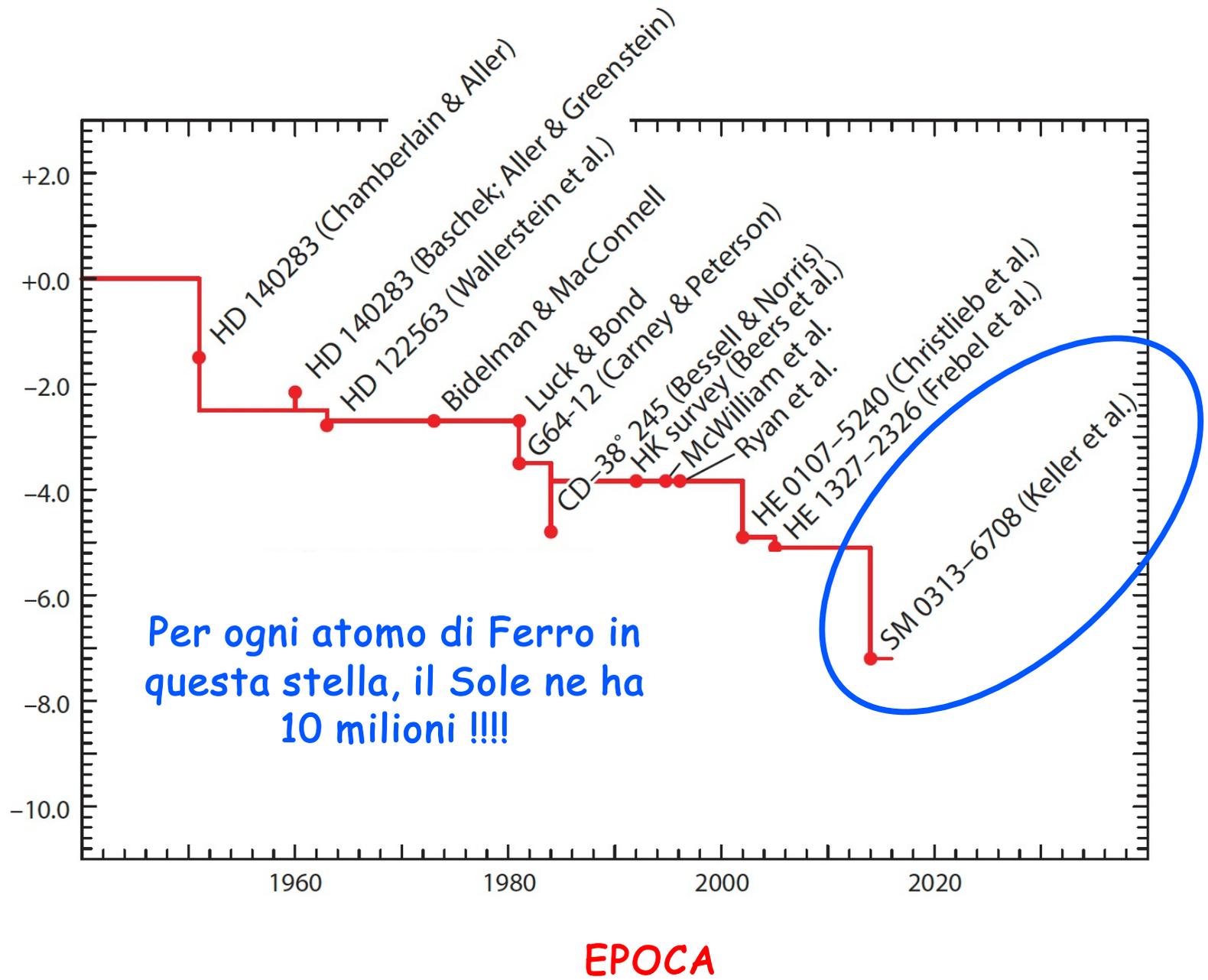
Ecco due cigni neri !!!

Due stelle con abbondanze chimiche un decimo di quella del Sole.

METALLICITA'



**METALLICITA'**

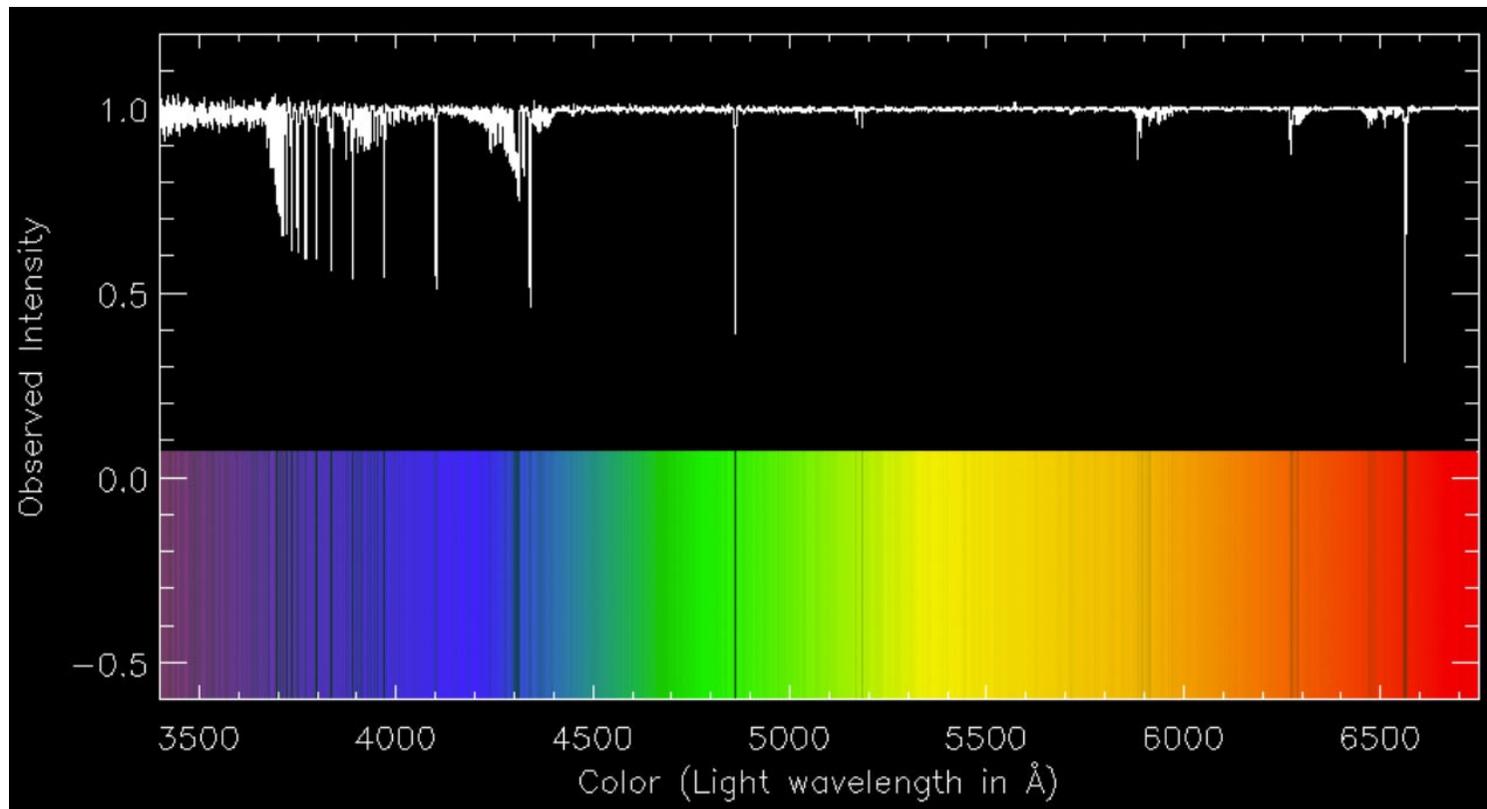


SM-0313-6708 e' la stella piu' povera di metalli scoperta finora nella nostra Galassia.

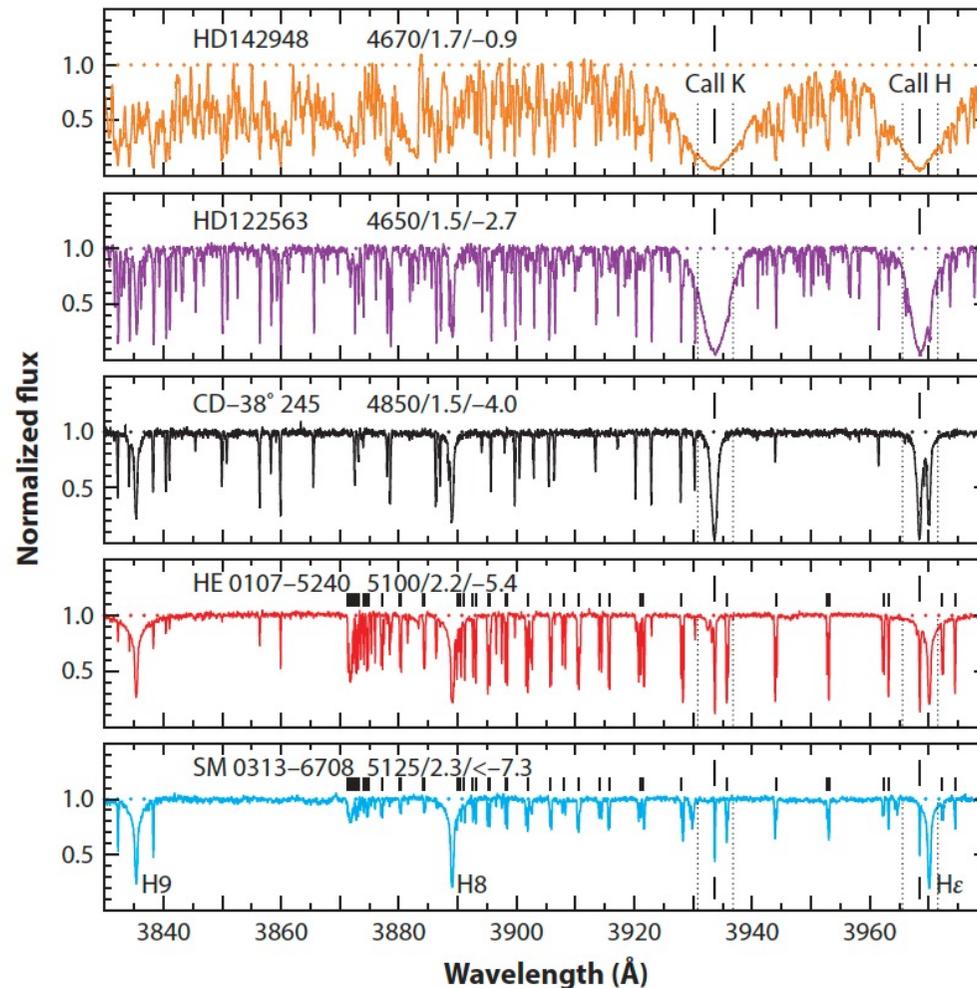
E' una prima stella?

**NO**

Nel suo spettro, oltre all'idrogeno ci sono alcune deboli righe di metalli (carbonio...).  
Per quanto poverissima di metalli NON e' ancora la prima stella che cerchiamo.



Con questa metallicita' e' una delle stelle piu' antiche della nostra Galassia ma non una delle prime ... forse appartiene alla seconda generazione di stelle che si sono formate nella nostra Galassia ... il carbonio (poco ma c'e') che vediamo e' stato prodotto dalle stelle della prima generazione (forse ora morte?).



## (2) L'UNIVERSO LONTANO

A grande distanza non siamo in grado di distinguere le singole stelle di una galassia. La luce delle galassie lontane che vediamo ci mostra come esse apparivano quando la luce e' partita verso di noi.

Vediamo quindi galassie quando erano ancora giovani (anche se sono tra le piu' vecchie).

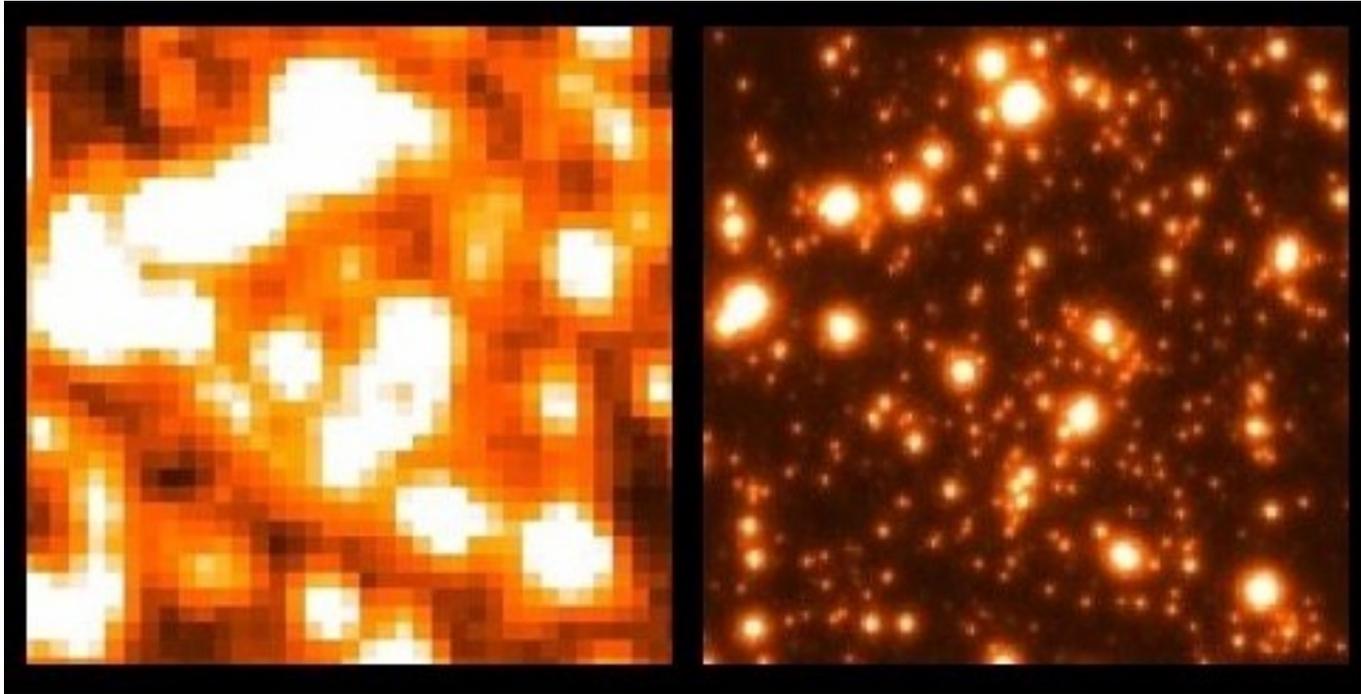
Quindi potremmo vedere anche la luce di prime stelle di grande massa (morte dopo pochi milioni di anni).

# TELESCOPIO SPAZIALE JAMES WEBB



Perche' un telescopio spaziale?

Senza l'atmosfera terrestre possiamo distinguere dettagli fini



Esattamente come guardarsi in giro  
dopo essersi puliti gli occhiali



## Maggio/Giugno 2023

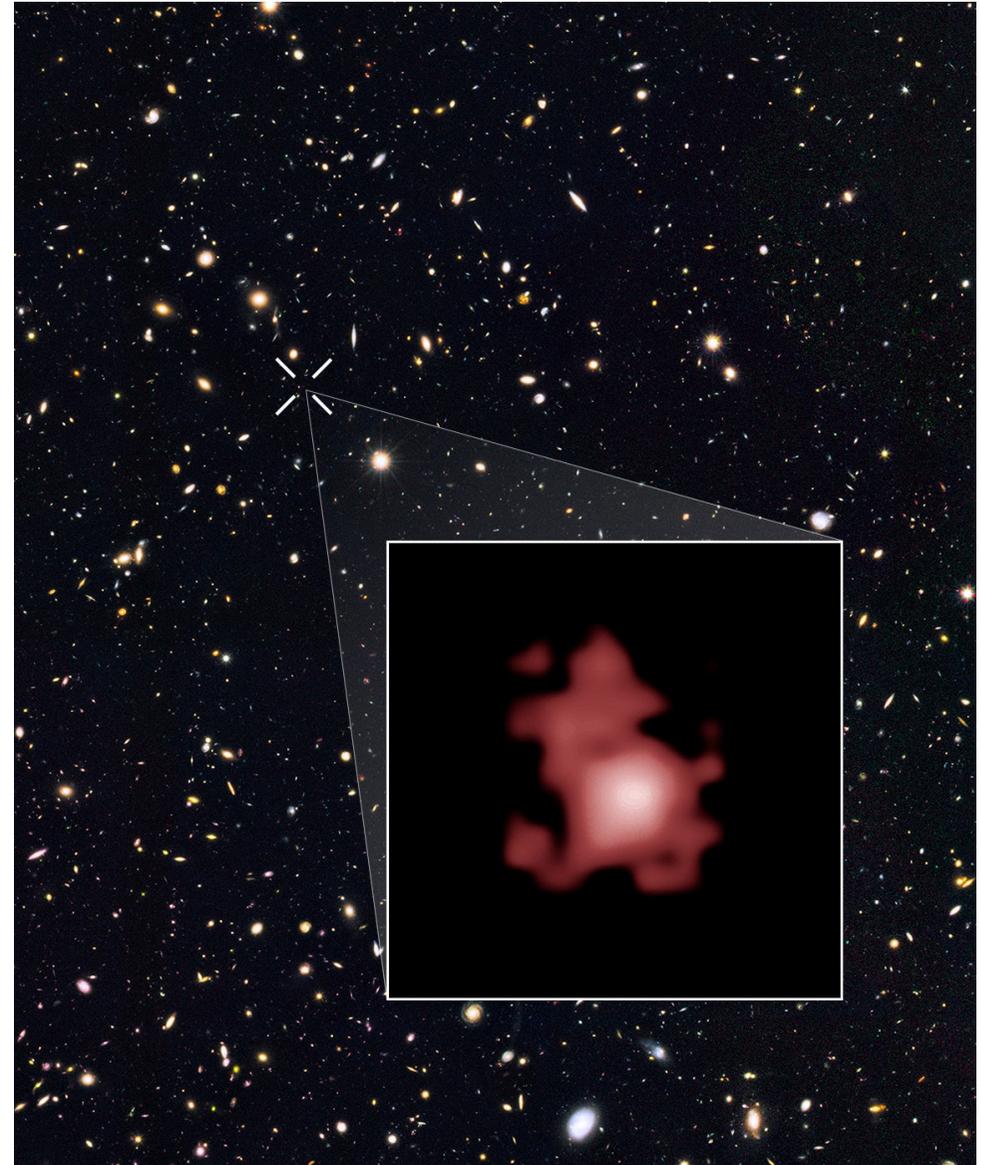
In pochi mesi due risultati importanti ottenuti con James Webb che potrebbero indicare la presenza di prime stelle in galassie lontane ...

(uno dei due risultati ottenuto da un Team dell'Osservatorio di Astrofisica e Scienza dello Spazio di Bologna !!!)

## GN-z11

Una delle galassie piu' distanti conosciute fino ad oggi ...

La sua luce e' partita verso di noi quando  
l'Universo aveva 400 milioni di anni  
(11 Gennaio nel calendario cosmico)

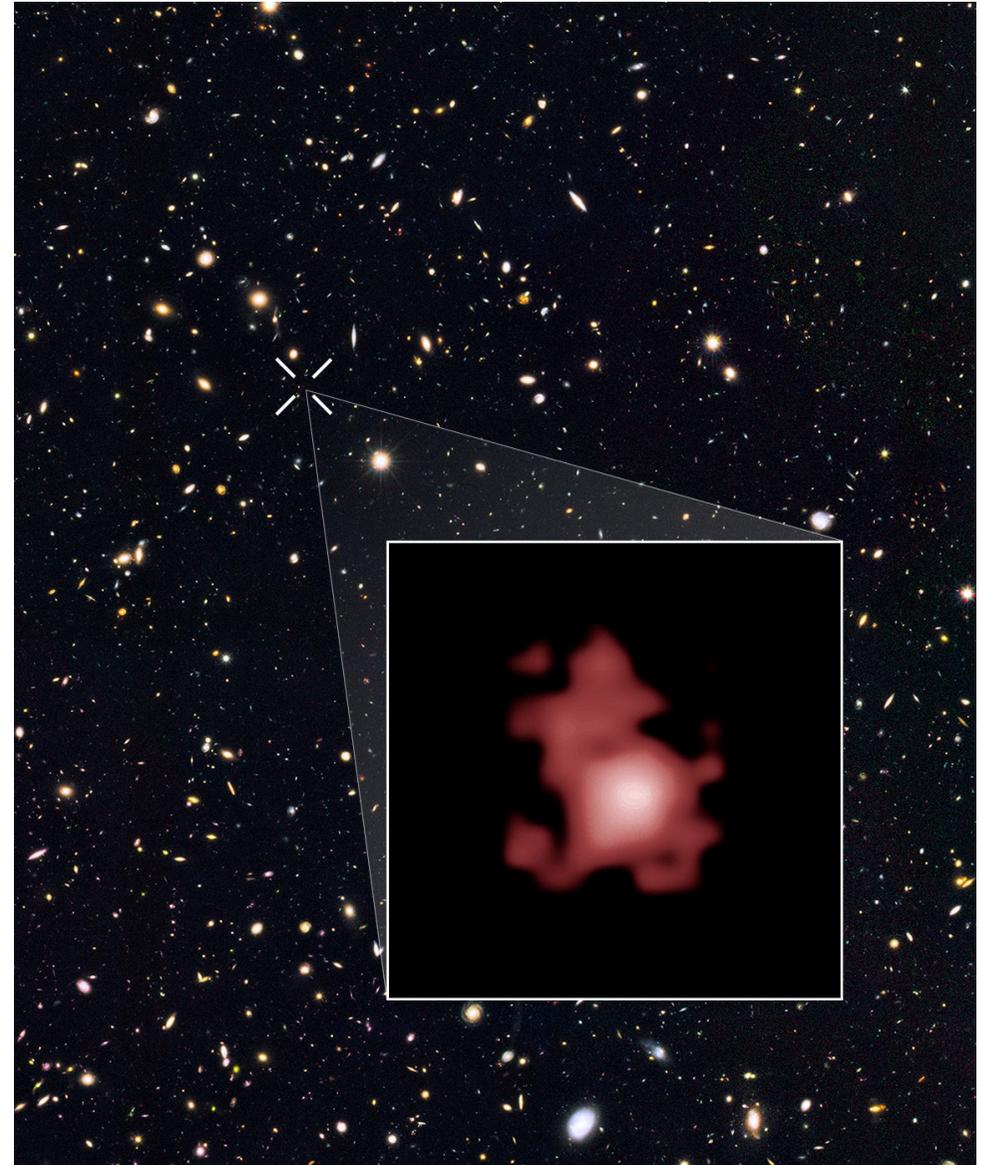


## GN-z11

Una delle galassie piu' distanti conosciute fino ad oggi ...

Giugno 2023 !!!!

James Webb osserva questa galassia e "vede" la presenza di elio ma non di altri metalli ... potrebbe essere la luce di una stella di grande massa ... una prima stella?

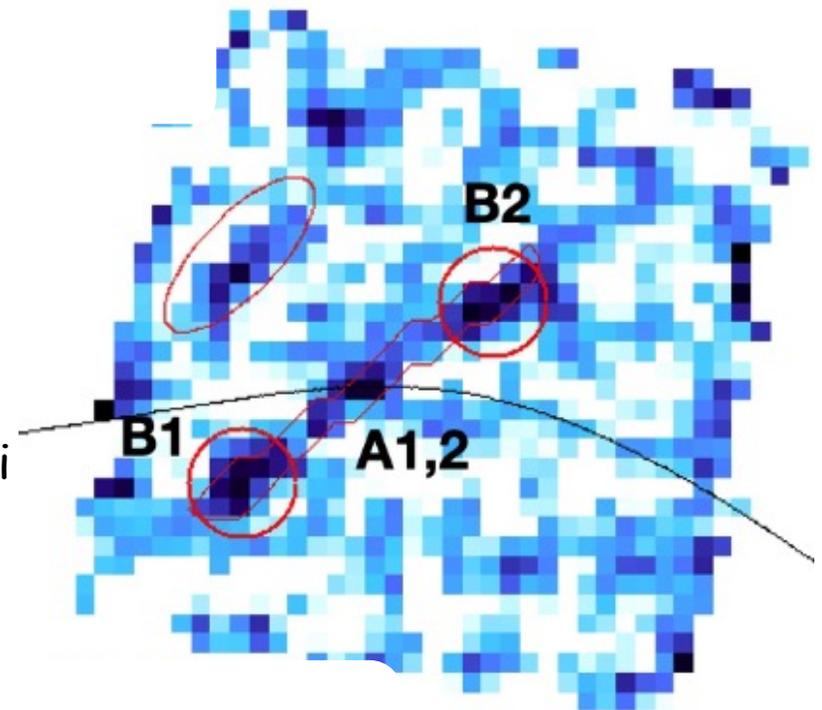


## LAP-1

La sua luce e' partita verso di noi quando l'Universo aveva 800 milioni di anni (21 Gennaio nel calendario cosmico).

E' probabilmente un gruppo di stelle di grande massa (quindi gia' morte) che vediamo per effetto di lente gravitazionale (la sua luce e' deviata da una galassia che si trova davanti).

Anche in questo caso quasi totale assenza di metalli ma qualcosa c'e' ... non sono prime stelle ma forse nate subito dopo.



## In conclusione...

- Le prime stelle sicuramente sono esistite ma ancora non le abbiamo trovate.
- Nell'Universo vicino siamo riusciti a scoprire stelle milioni di volte meno metalliche del Sole
- Nell'Universo lontano abbiamo evidenze di stelle estremamente povere di metalli...

**CI SIAMO QUASI**



The End