

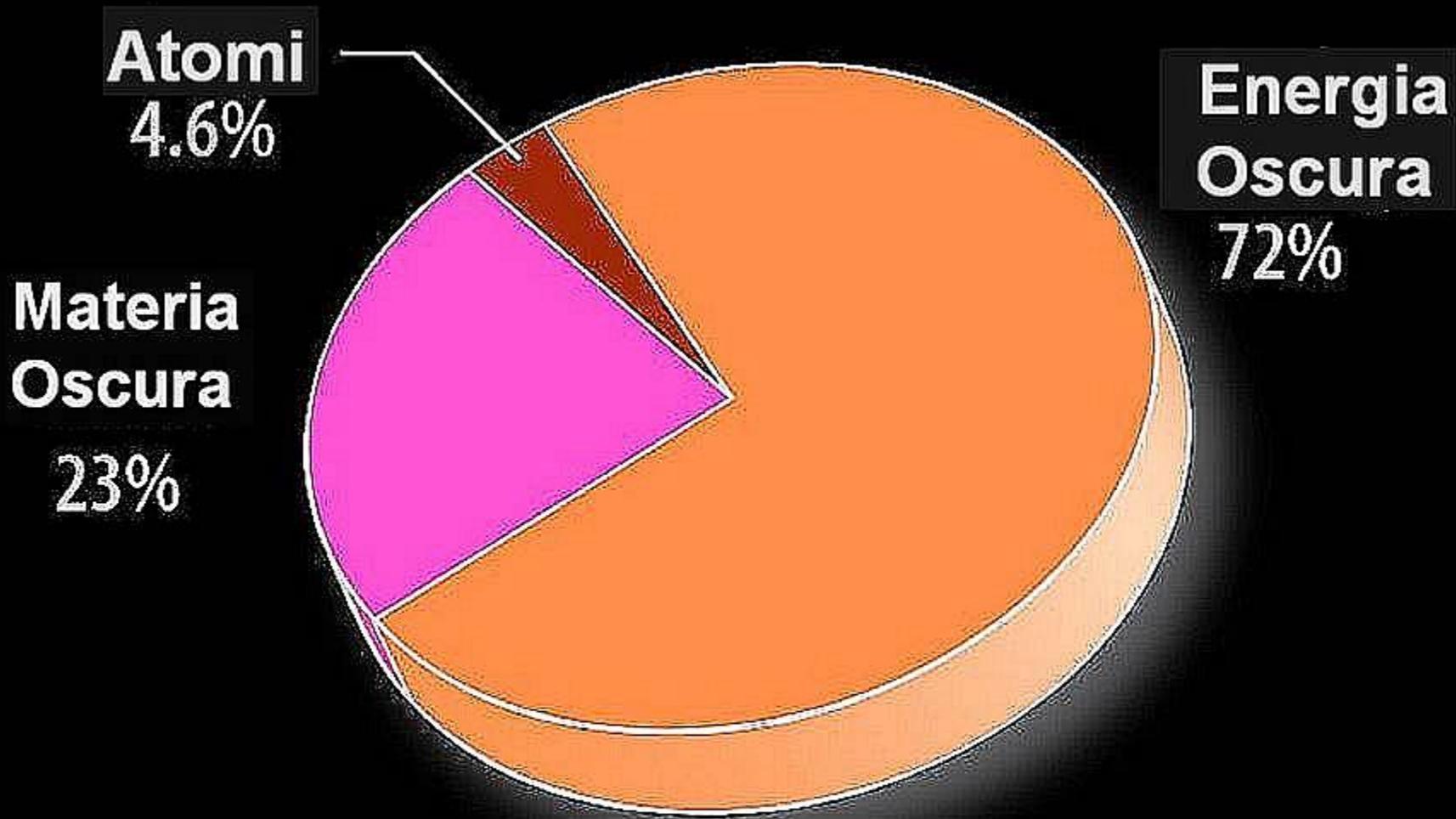


Università della Terza Età "Cardinale
Giovanni Colombo" - Milano

A. A. 2022 - 2023
Corso di Astrofisica

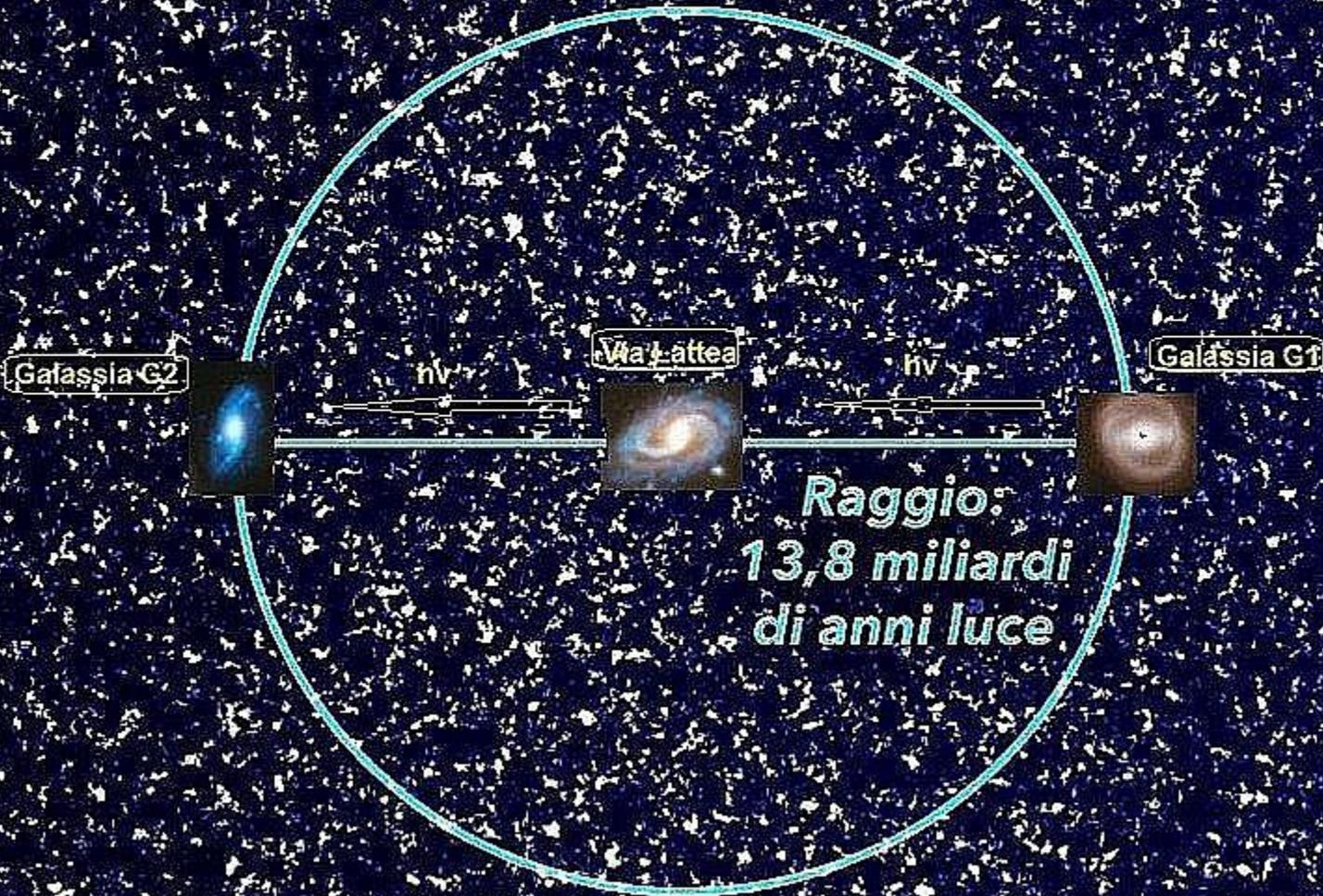
Docente:
Adriano Gaspani

L'Universo Visibile

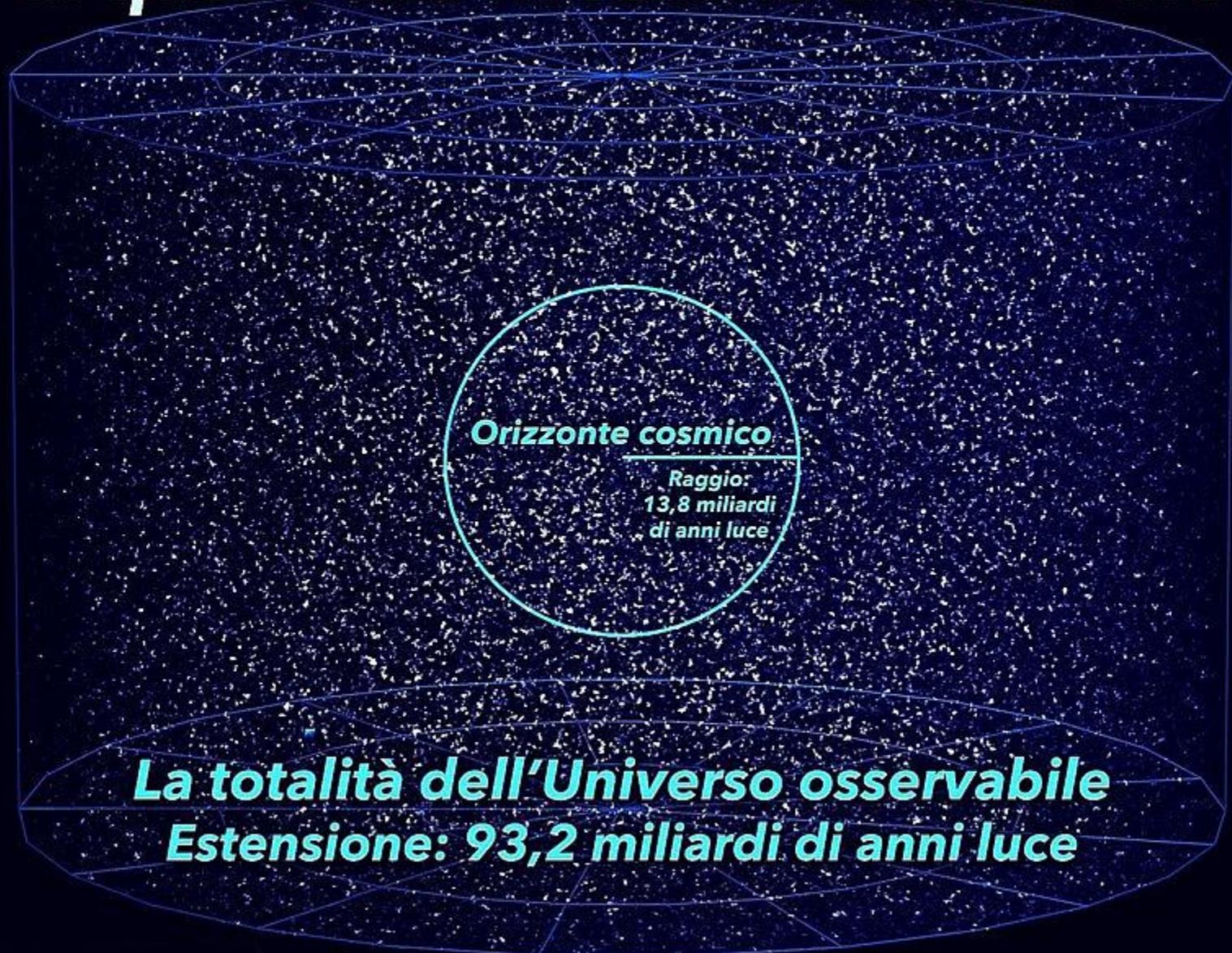


Oggi

Quanto è grande l'Universo?



L'Universo è 38 volte più grande di quello che riusciamo a osservare



Il volume di questo spazio sferico è pari a circa 5×10^{32} anni luce cubi; queste dimensioni potrebbero contenere circa 7×10^{22} stelle, organizzate in circa 2×10^{12} galassie (duemila miliardi, secondo una stima effettuata nel 2016), agglomerate in gruppi e ammassi di galassie e super ammassi.

Alcune stime ipotizzano che lo spazio si potrebbe essere espanso per circa 46,5 miliardi di anni luce ($4,7 \times 10^{23}$ km).

Sulla base di questa stima, il diametro della sfera dell'universo osservabile sarebbe pari a 93 miliardi di anni luce.

Una sfera di 13.72 miliardi di anni luce è quindi quella parte di Universo che ci è in qualche modo accessibile

Questo orizzonte corrisponde quindi alla distanza massima con cui si può più avere *contatto causale*.

...cioè si può osservare e misurare

Cioè non esisterà mai la possibilità di osservare o scambiare alcun segnale o informazione generato d'ora in avanti con regioni oltre l'orizzonte, cioè in pratica *escono* dalla realtà dell'osservatore e quindi, di fatto, "al di fuori" del "suo Universo".

Vediamo un po' cosa
abbiamo dentro quel 5% di
Universo accessibile...

1. La sfera celeste

Osservando il cielo a occhio nudo abbiamo l'impressione di essere circondati da una sfera cava, la **sfera celeste**, punteggiata da luci apparentemente immobili, le **stelle**.

Nel 1609 Galileo Galilei osservò per la prima volta il cielo con un cannocchiale. Da allora gli **astronomi** esaminano i corpi celesti con i telescopi.

Oggi sappiamo che le *stelle* sono distribuite a distanze diverse nello spazio, e che esistono anche altri corpi celesti, come *planeti*, *satelliti*, *comete*, *asteroidi* e *galassie*, tra i quali sono presenti gas e polveri che formano la *materia interstellare*.

Polo Nord Celeste

Sfera Celeste

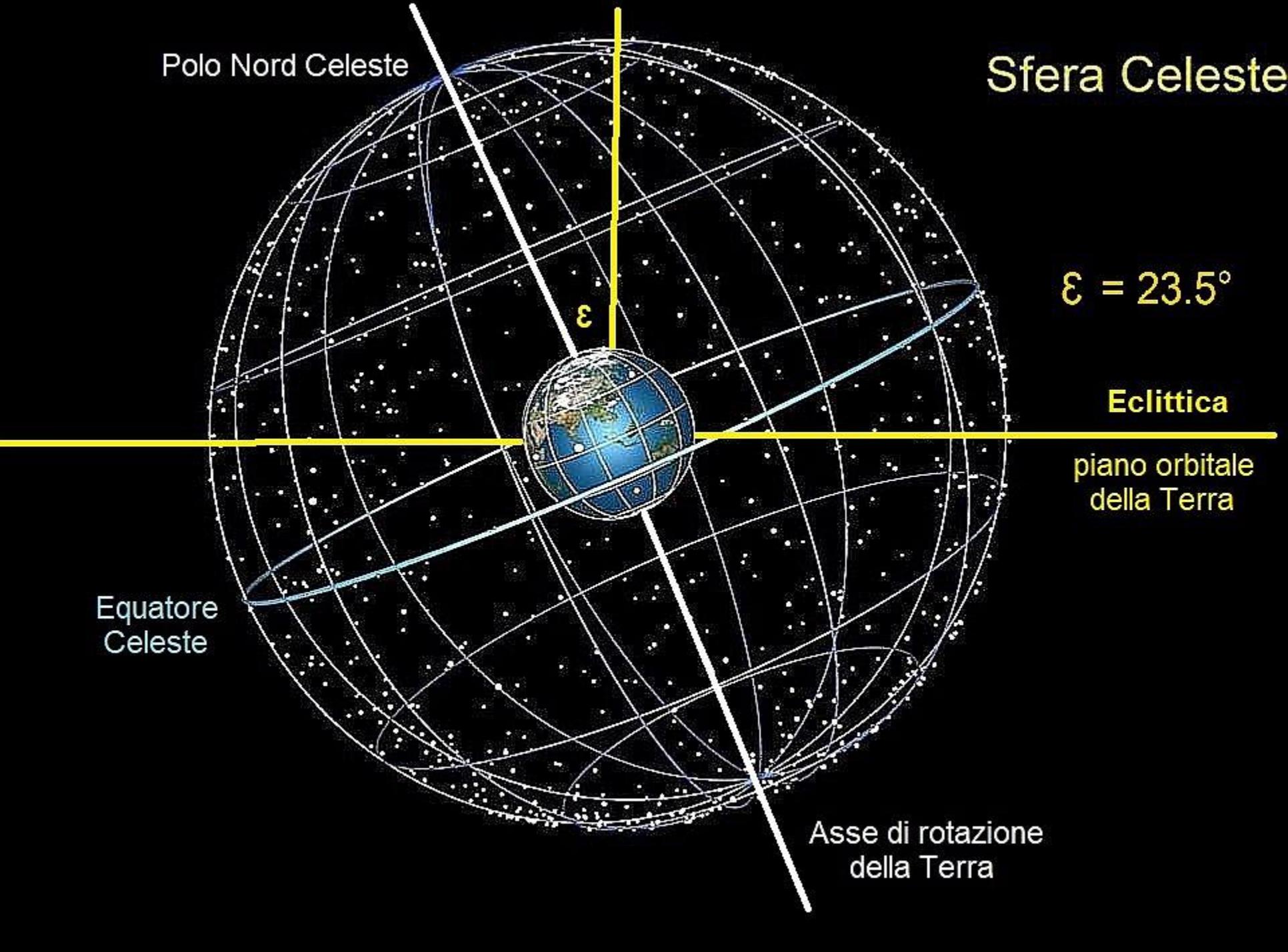
$$\varepsilon = 23.5^\circ$$

Eclittica

piano orbitale
della Terra

Equatore
Celeste

Asse di rotazione
della Terra

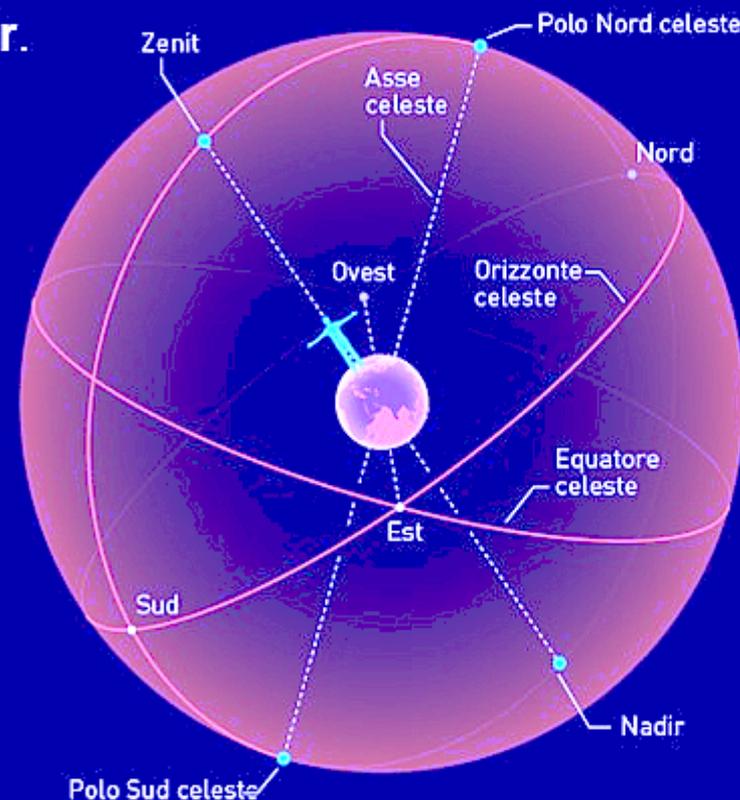


1. La sfera celeste

La sfera celeste è ancora utile per descrivere l'Universo. Noi vediamo solo metà della sfera: il piano che separa la parte visibile da quella invisibile si chiama **orizzonte celeste**.

La **verticale del luogo** è la linea immaginaria che passa per l'osservatore ed è perpendicolare al piano dell'orizzonte. Incontra la sfera celeste in un punto chiamato **zenit** che è esattamente sopra l'osservatore; dalla parte opposta, sotto l'orizzonte celeste, si trova il **nadir**.

L'**asse celeste** è il prolungamento dell'asse di rotazione della Terra. Le stelle compiono un moto apparente intorno all'asse celeste, ma in realtà è la Terra a ruotare. I **Poli celesti** sono gli unici punti del cielo che appaiono fissi.

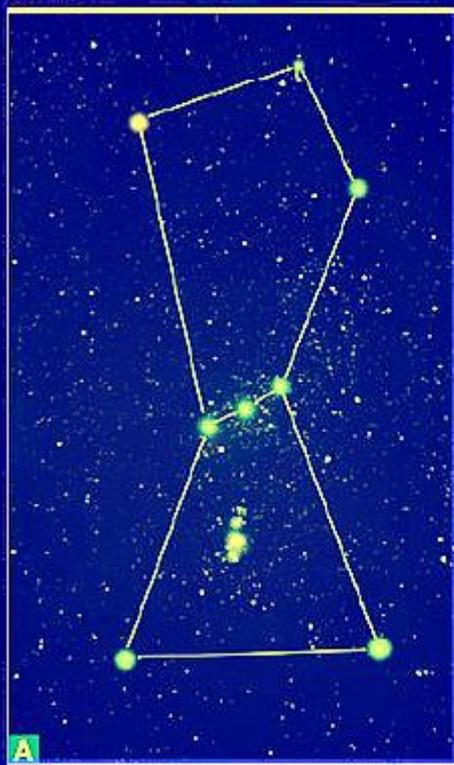


2. Le costellazioni

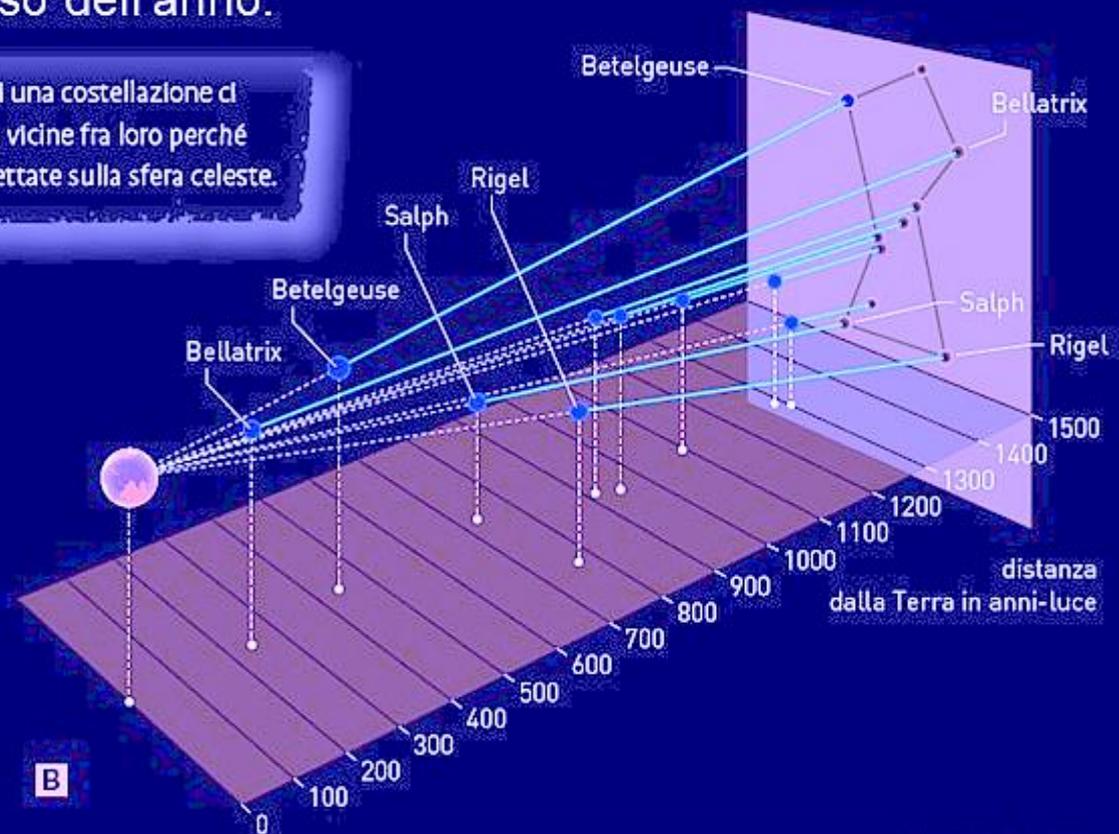
Osservando il cielo, gli astronomi del passato raggrupparono le stelle in modo che formassero 88 figure chiamate **costellazioni**.

Esse hanno rappresentato per secoli un fondamentale strumento di orientamento sia per terra sia per mare.

Su questo sfondo di «stelle fisse» possiamo osservare il cambiamento di posizione dei **planeti** nel corso dell'anno.



Le stelle di una costellazione ci sembrano vicine fra loro perché sono proiettate sulla sfera celeste.



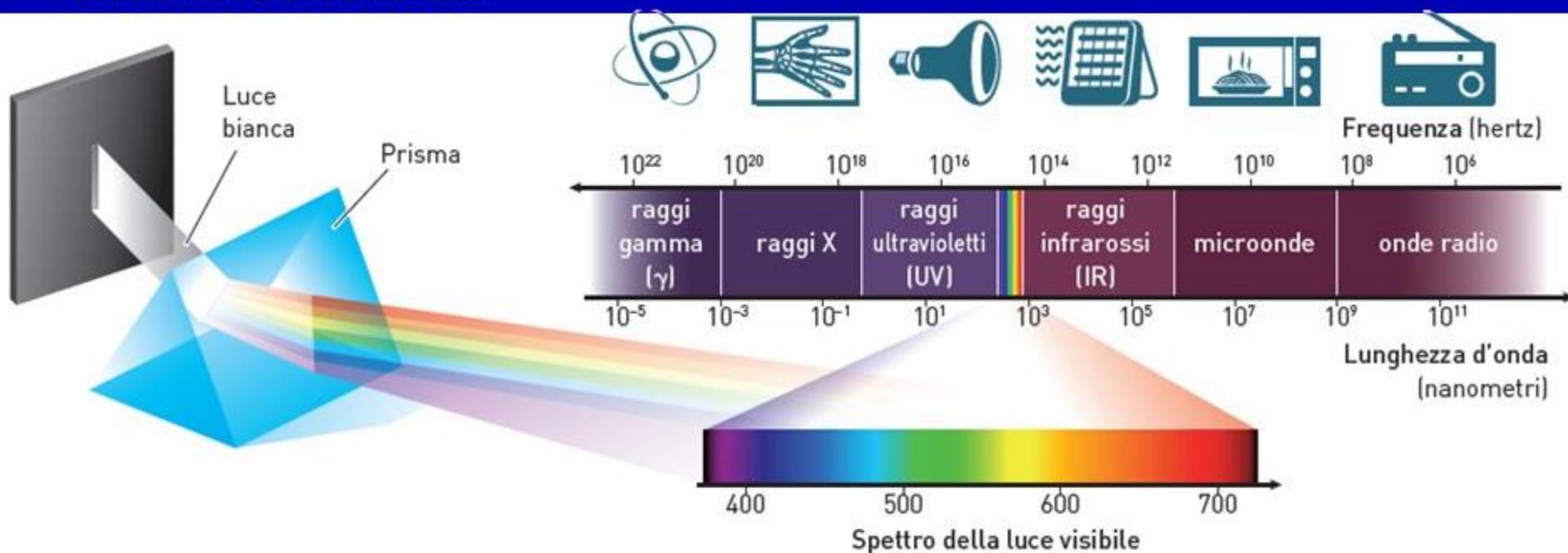
3. Le stelle e la luce

La **luce** è una radiazione elettromagnetica che si propaga con moto ondulatorio. Le onde elettromagnetiche sono caratterizzate da una *cresta*, da una *lunghezza d'onda* e da una *frequenza*.

La luce si propaga sia nel vuoto sia nei corpi trasparenti. La velocità della luce nel vuoto è di **300 000 km/s**.

Lo **spettro della luce visibile** è composto da sette colori.

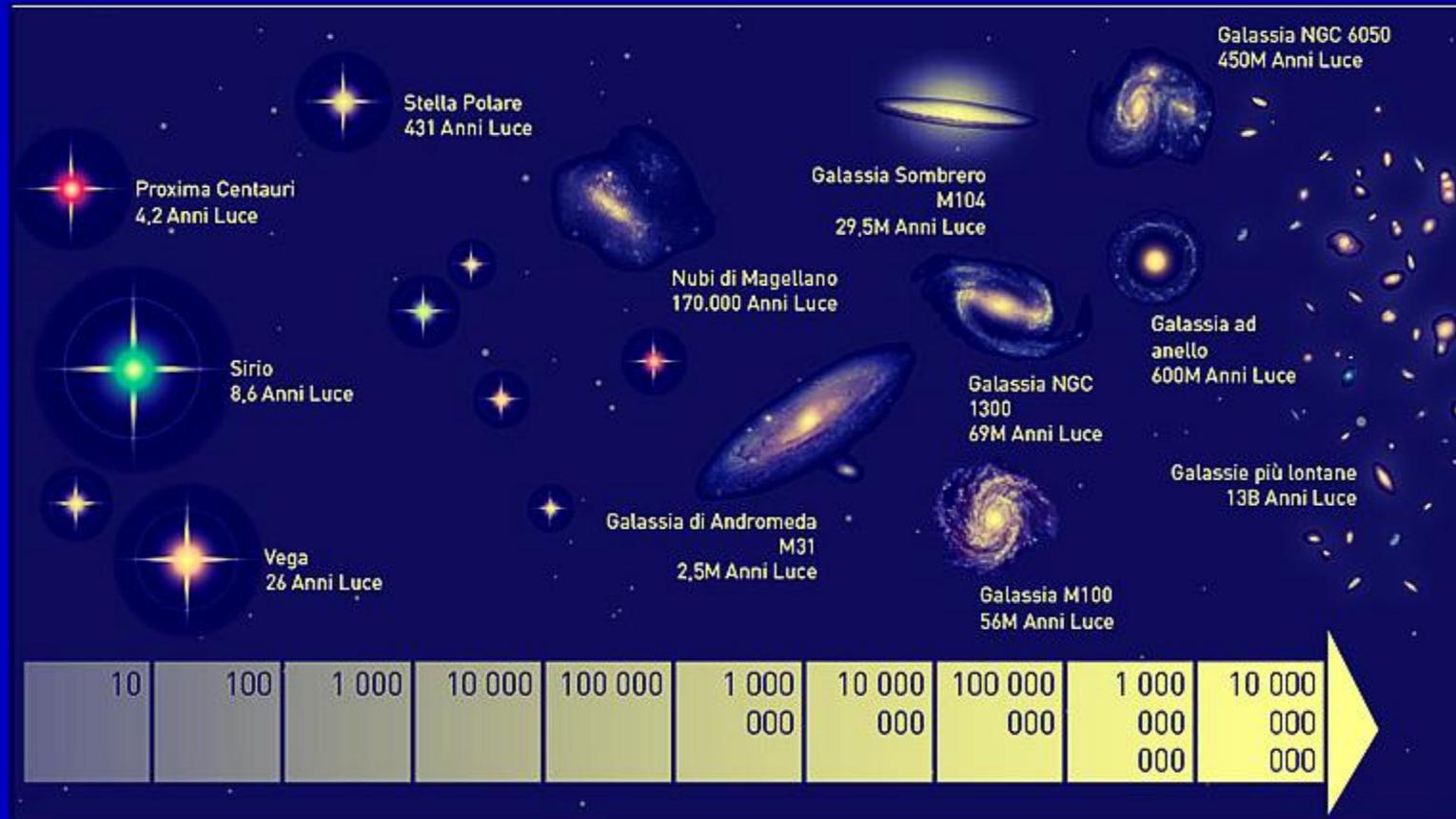
Lo **spettro elettromagnetico** comprende oltre alla luce visibile i raggi infrarossi e ultravioletti.



4. Le distanze in astronomia

Per esprimere le distanze dei corpi celesti molto lontani si usa l'**anno luce (al)**; un anno luce corrisponde alla distanza percorsa in un anno dalla luce nel vuoto ed equivale a circa 9460 miliardi di km.

Per le distanze nel Sistema solare si usa l'**unità astronomica (UA)**, che corrisponde alla distanza media Terra-Sole cioè a 150 milioni di km.

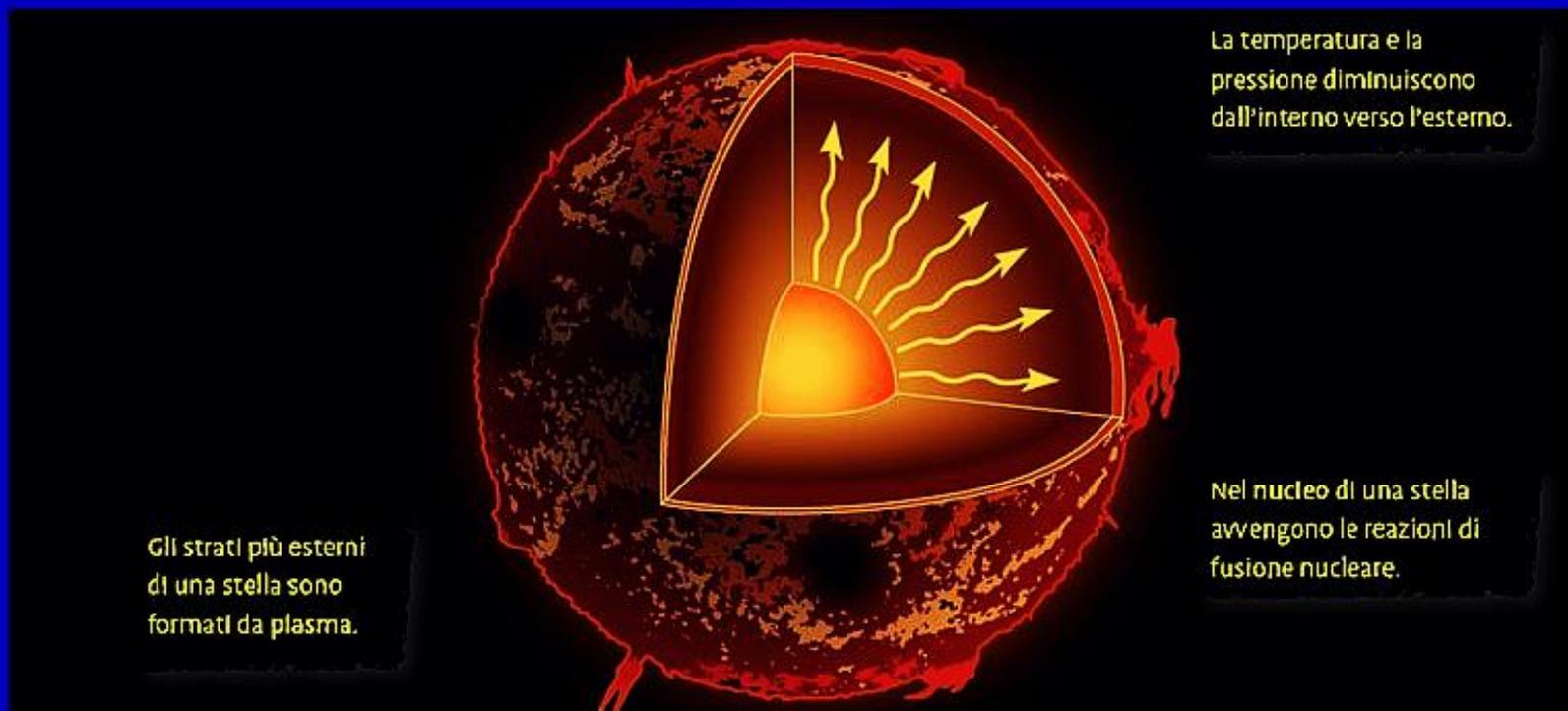


5. Le proprietà fisiche delle stelle

Le **stelle** sono sfere costituite da gas caldissimi, soprattutto idrogeno ed elio.

Nel **nucleo stellare** le temperature sono molto elevate e la materia si trova allo stato di **plasma**.

Nel nucleo avvengono le **reazioni di fusione termonucleare** che liberano moltissima energia, la quale si propaga nello spazio sotto forma di luce e altre radiazioni elettromagnetiche.



6. La classificazione delle stelle

Le stelle hanno colori diversi, che dipendono dalla loro **temperatura superficiale**.



La **luminosità assoluta** di una stella è l'energia che emette in una unità di tempo e dipende dalle dimensioni e dalla temperatura superficiale.

La **luminosità apparente** è influenzata anche dalla distanza.

Più una stella è luminosa, più la sua **magnitudine** è bassa.

Le stelle hanno **dimensioni** molto variabili: si va dalle stelle giganti e supergiganti, con un raggio anche 1000 volte quello solare, alle nane, pari al Sole o più piccole.

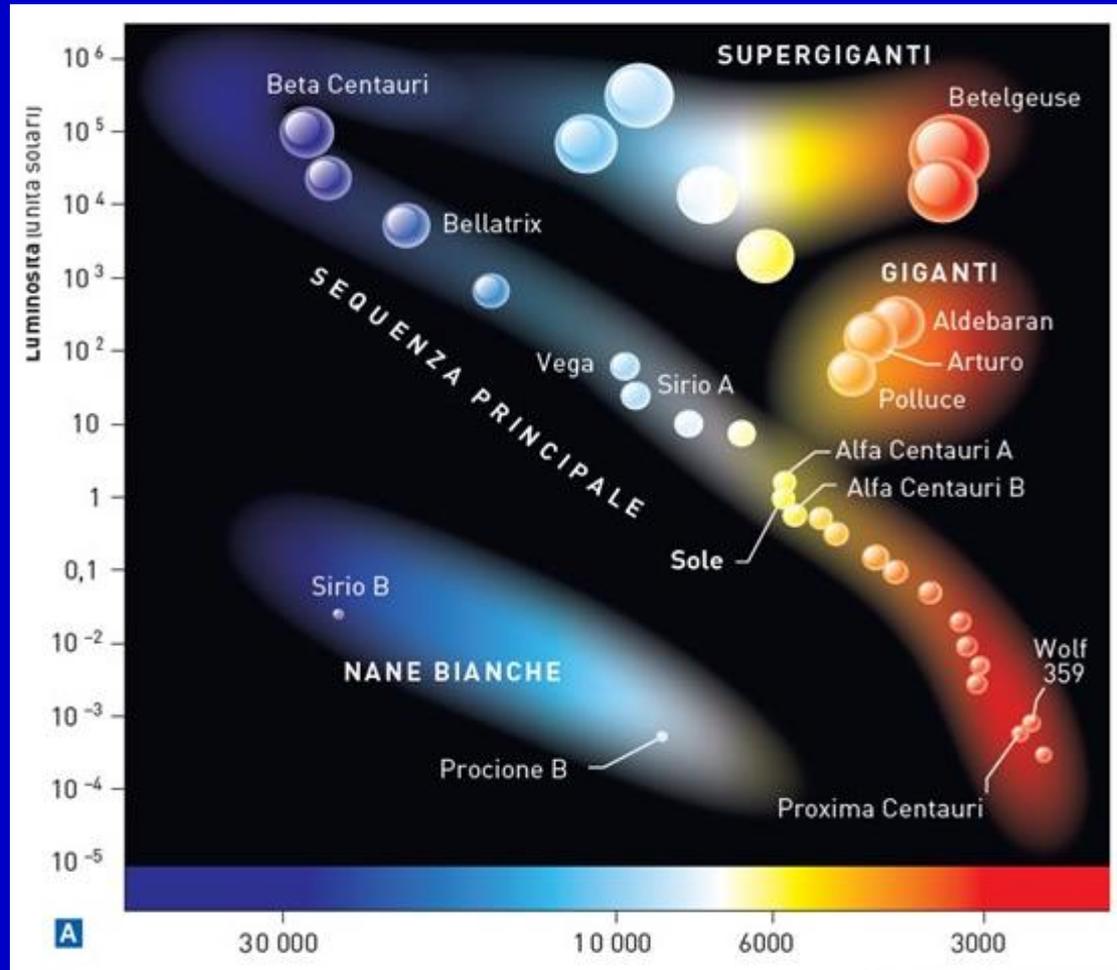
7. Il diagramma HR

Il **diagramma HR** mette in relazione il colore delle stelle con la luminosità.

La maggior parte delle stelle si trova nella **sequenza principale**, una banda che attraversa il diagramma da sinistra in alto a destra in basso.

Le stelle della sequenza principale sono disposte in ordine decrescente di dimensioni, temperatura, luminosità e massa.

Al di fuori della sequenza troviamo giganti e supergiganti rosse e nane bianche.



8. La vita delle stelle

La vita delle stelle si suddivide in tre fasi.

Fase iniziale: una stella si forma quando una *nebulosa* inizia a contrarsi per effetto dell'attrazione gravitazionale.

La temperatura interna sale e il calore è emesso come radiazione infrarossa. La futura stella diventa visibile ed è detta **protostella**.

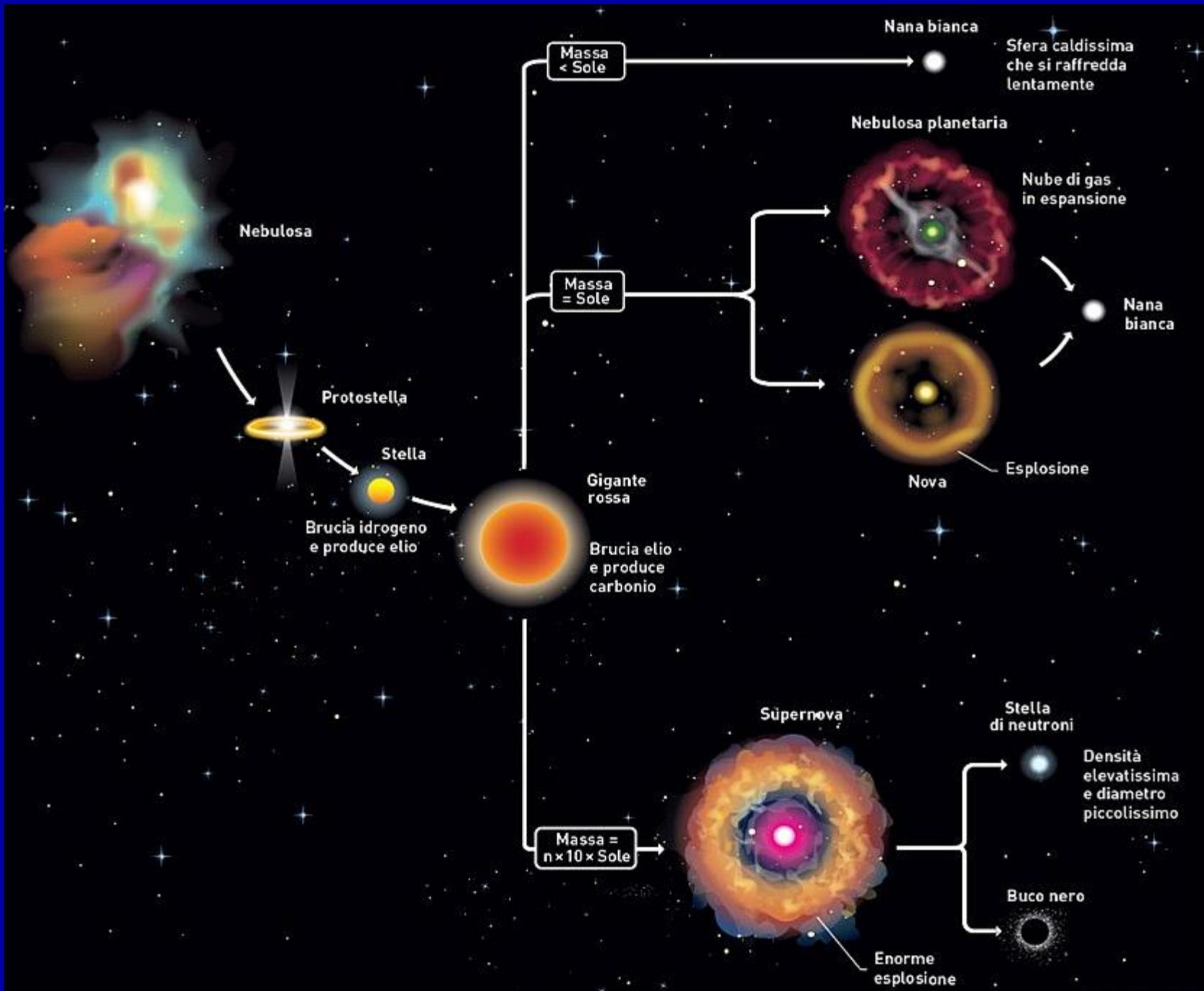
Fase di stabilità: quando il nucleo interno di una protostella raggiunge temperature intorno ai dieci milioni di gradi Celsius, hanno inizio le reazioni di fusione nucleare che producono grandi quantità di energia. Ha inizio la fase più lunga e stabile della **stella**.

Fase finale: quando la maggior parte dell'idrogeno si è trasformato in elio, il nucleo della stella comincia a contrarsi. Ciò provoca un aumento della temperatura interna, che a sua volta causa l'espansione degli strati esterni della stella. Quando gli strati esterni si raffreddano, la stella diventa una **gigante rossa**.

8. La vita delle stelle

Dopo aver raggiunto la fase di gigante rossa, il destino della stella dipende dalla sua massa iniziale.

1. Se la massa della stella è di poco *inferiore a quella del Sole*, il suo nucleo continua a contrarsi e collassa fino a diventare una **nana bianca**.
2. Se la massa iniziale è *simile a quella del Sole* la stella può espellere gli strati gassosi più esterni dando origine a una **nebulosa planetaria** oppure esplodere in una **nova**.
3. Se la massa iniziale della stella è almeno 10 volte *superiore a quella del Sole*, nel nucleo si formano elementi sempre più pesanti fino al ferro. Quando la massa del nucleo un limite critico collassa ed esplosione generando una **supernova**. Il suo destino finale dipende dalla massa:
 - se è fino a tre volte quella del Sole diventa una **stella di neutroni**;
 - se è maggiore può formare un **buco nero**.



9. Le galassie e la Via Lattea

Le stelle fanno parte di sistemi complessi chiamati **galassie**. In una galassia sono presenti miliardi di stelle, sistemi planetari, polveri e gas. La Terra, il Sistema solare e tutte le stelle che vediamo a occhio nudo si trovano all'interno di una galassia chiamata **Via Lattea**.

Nello spazio le galassie sono riunite in ammassi che ne possono contenere molte centinaia. La Via Lattea fa parte del **gruppo locale**.



1 La galassia a spirale, come M51, ha forma di disco rigonfio con dei bracci avvolti a spirale che si dipartono dal centro.



2 Nella galassia a spirale barrata NGC 1300 le braccia si dipartono dagli estremi di una barra che attraversa il nucleo.

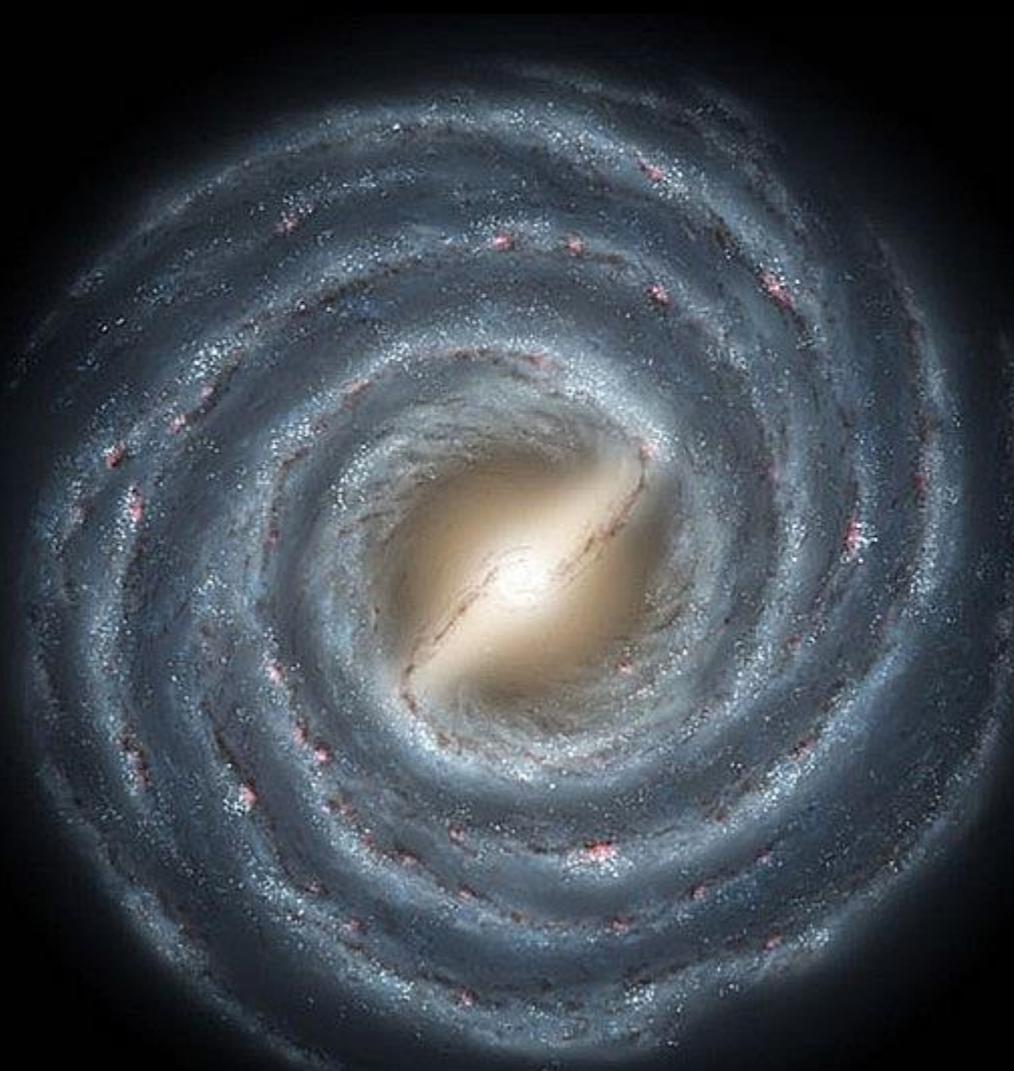


3 Una galassia ellittica ha forma ellissoidale con una distribuzione omogenea delle stelle e luminosità decrescente.



4 Una galassia irregolare ha una forma variabile e contiene solamente stelle giovani.

La nostra galassia



Caratteristiche fisiche

Tipo Galassia a spirale
barrata

Classe SBbc

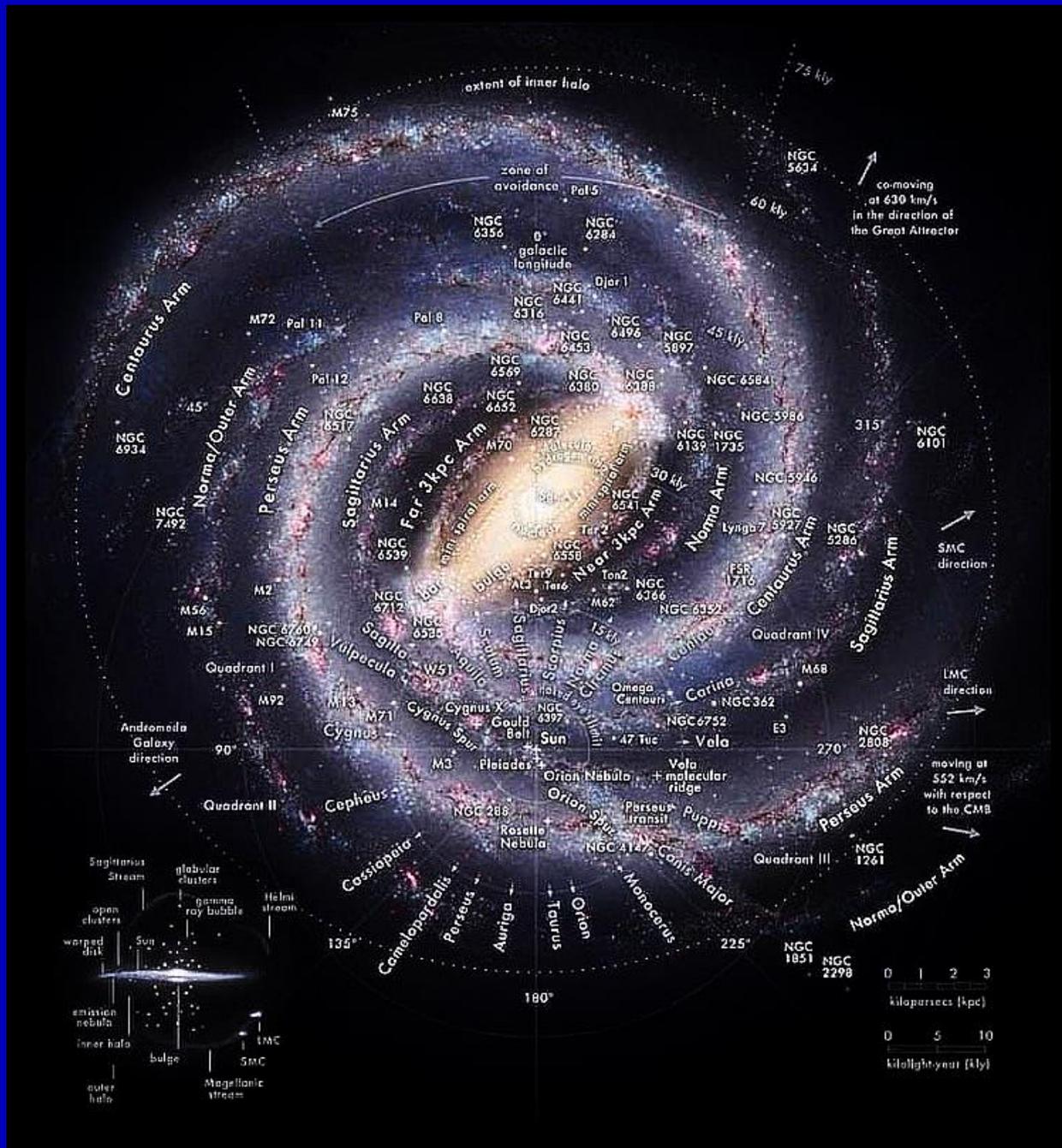
Massa $6,82 \times 10^{11} M_{\odot}$

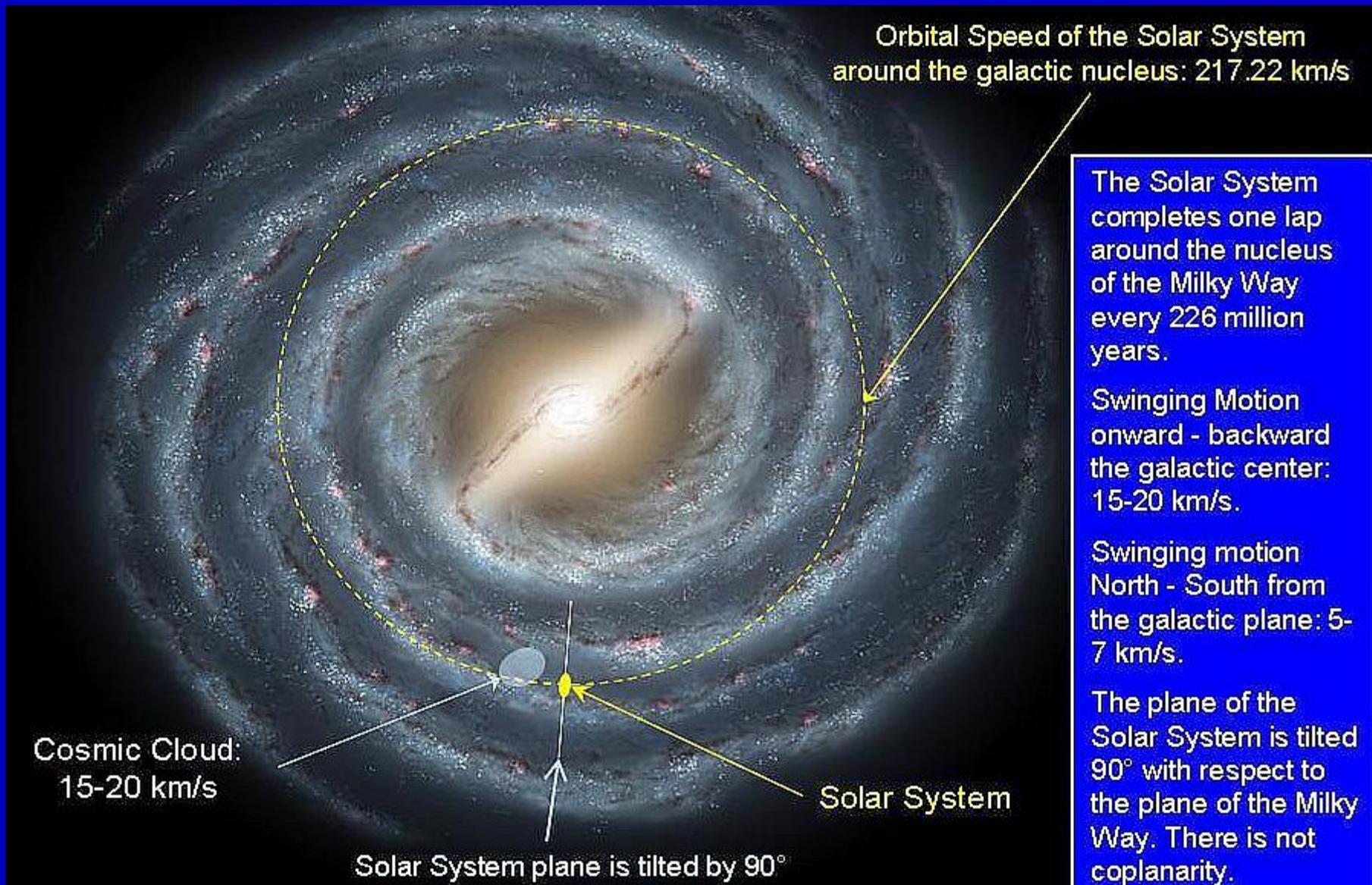
Dimensioni 100 000 a.l.
(32 600 pc)

**Magnitudine
assoluta (V)** -20,9

Età stimata 13,7 miliardi di anni

Caratteristiche rilevanti **Spessore:**
gas: 12 000 al^[1]
fascia stellare: 1 000 al
Periodo di rotazione:
barra: 15-18 milioni di anni^[2]
spirale: 50 milioni di anni^[2]
Sole: 225-250 milioni di anni





10. L'espansione dell'Universo e il Big Bang

Nel 1929, Edwin Hubble scoprì l'esistenza di un numero enorme di galassie in movimento rispetto alla nostra, e osservò che le galassie si allontanano una dall'altra con una velocità proporzionale alla distanza.

La scoperta di questo **moto di recessione** o **recessione galattica** ha portato gli astronomi a formulare nuove ipotesi, in cui l'Universo si espande in tutte le direzioni e ha avuto un momento di inizio.

Alla fine degli anni Quaranta del secolo scorso Gamow propose la teoria del **Big Bang**, secondo cui l'Universo sarebbe nato circa *13,7 miliardi di anni fa* da una specie di esplosione di una massa superconcentrata e caldissima, che ne causò l'espansione che continua ancora oggi.

10. L'espansione dell'Universo e il Big Bang

1 Al tempo zero la materia e l'energia sono concentrate in un unico punto.

3 Una parte dell'energia diventa materia e si formano le particelle elementari indivisibili, come quark ed elettroni.

Tempo zero

1 microsecondo

1 secondo

3 minuti

1

2

3

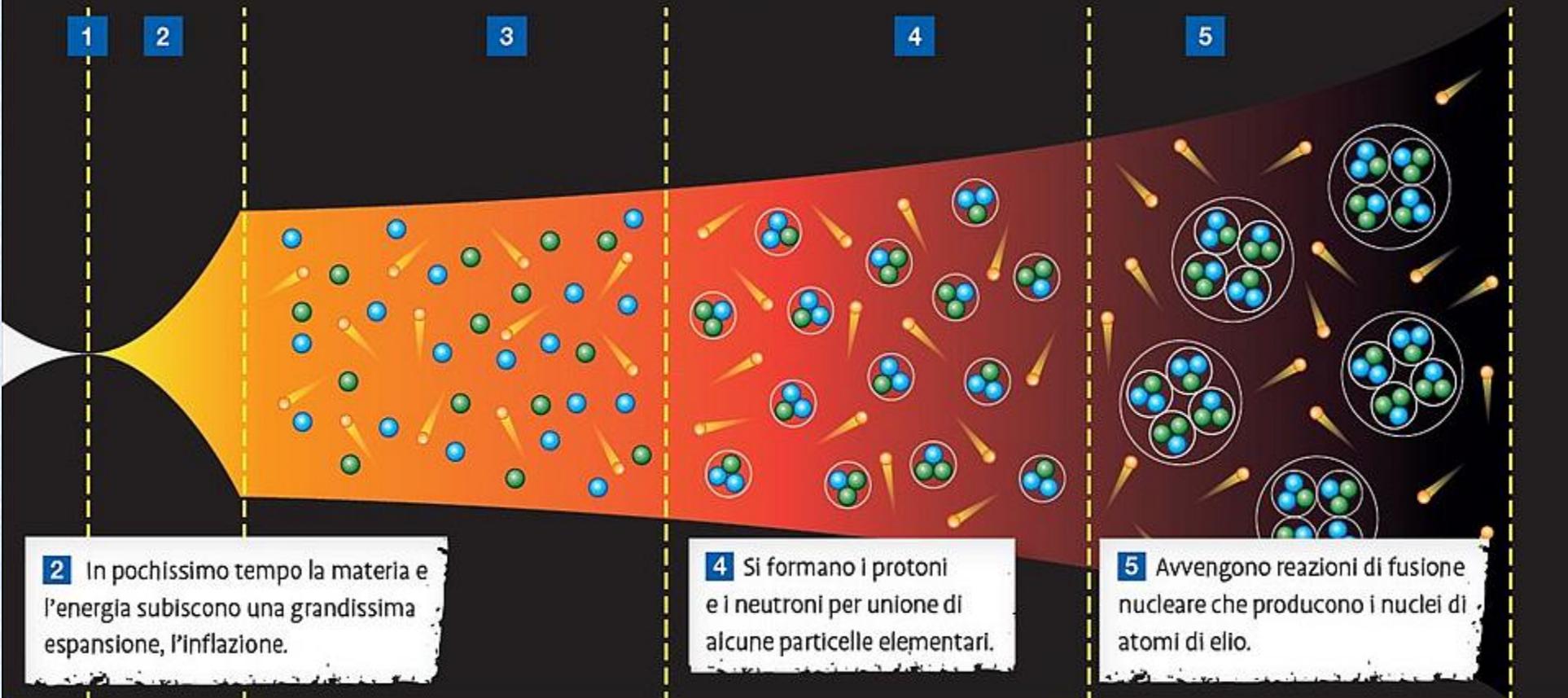
4

5

2 In pochissimo tempo la materia e l'energia subiscono una grandissima espansione, l'inflazione.

4 Si formano i protoni e i neutroni per unione di alcune particelle elementari.

5 Avvengono reazioni di fusione nucleare che producono i nuclei di atomi di elio.



10. L'espansione dell'Universo e il Big Bang

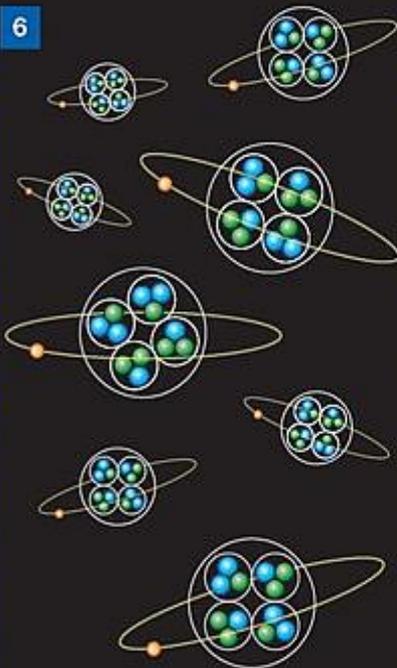
6 Si formano i primi atomi con nuclei di protoni e neutroni e uno sciame di elettroni che ruotano attorno.

7 Si formano le prime nebulose e le prime stelle.

8 Si formano le prime galassie.

3 minuti

6



300 milioni di anni

7



1 miliardo di anni

8



11. Il futuro dell'Universo

Il destino dell'Universo dipende dalla massa totale della materia che lo compone. Sono state formulate due ipotesi a riguardo:

- il **Big Crunch**, se la massa presente nell'Universo fosse superiore al *valore critico*, allora la forza di gravità avrebbe il sopravvento sull'espansione. Si avrebbe così un grande collasso, che riporterebbe la materia allo stato iniziale del Big Bang;
- la **morte fredda dell'Universo**, se la massa fosse inferiore al *valore critico*, l'espansione continuerebbe indefinitamente e la materia diventerebbe sempre più rarefatta e fredda.

Nel 1998 si scoprì che *l'espansione dell'Universo sta accelerando*.

Oggi si ritiene che questo fenomeno si possa spiegare con la presenza dell'**energia oscura**, che costituisce circa il 70% dell'Universo.