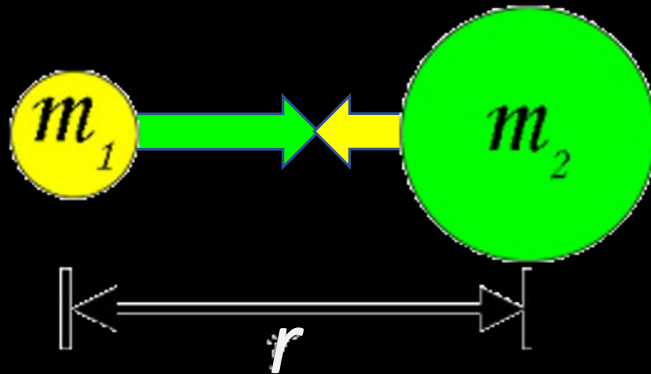


# Legge di gravitazione universale

$$F = k \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

Nell'universo tutti i corpi si attraggono con una forza che è direttamente proporzionale al prodotto delle masse ed inversamente proporzionale al quadrato della distanza

Tuti i corpi, dalle particelle di polvere alle galassie....





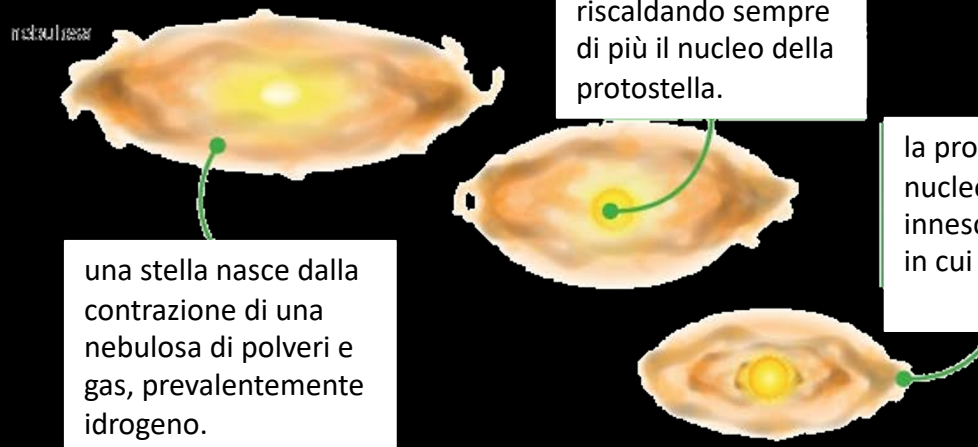
A wide-field astronomical image showing a dense field of stars and interstellar dust. The dust is illuminated in shades of red and pink, creating a complex, filamentary structure. Numerous bright stars are scattered throughout the scene, some appearing as sharp points of light. A central text box is overlaid on the image.

Tuti i corpi, dalle particelle di polvere alle galassie....



Il sole è a metà della sua vita (10x10<sup>9</sup> anni)

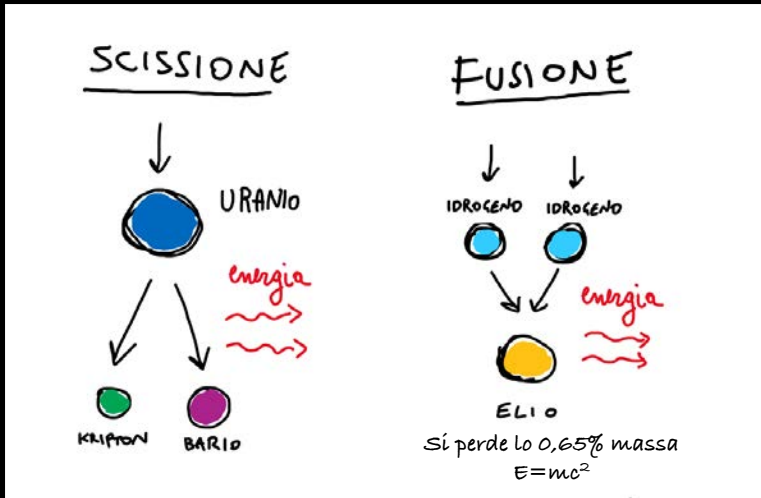
# L'evoluzione delle stelle prevede tre fasi: iniziale, di stabilità e finale



le reazioni termonucleari liberano grandi quantità di energia provocando l'espansione della Stella.

quando l'idrogeno nel nucleo si esaurisce, la stella diventa una gigante rossa.

Dopo aver emesso energia e materia, la stella diventa una nana bianca.

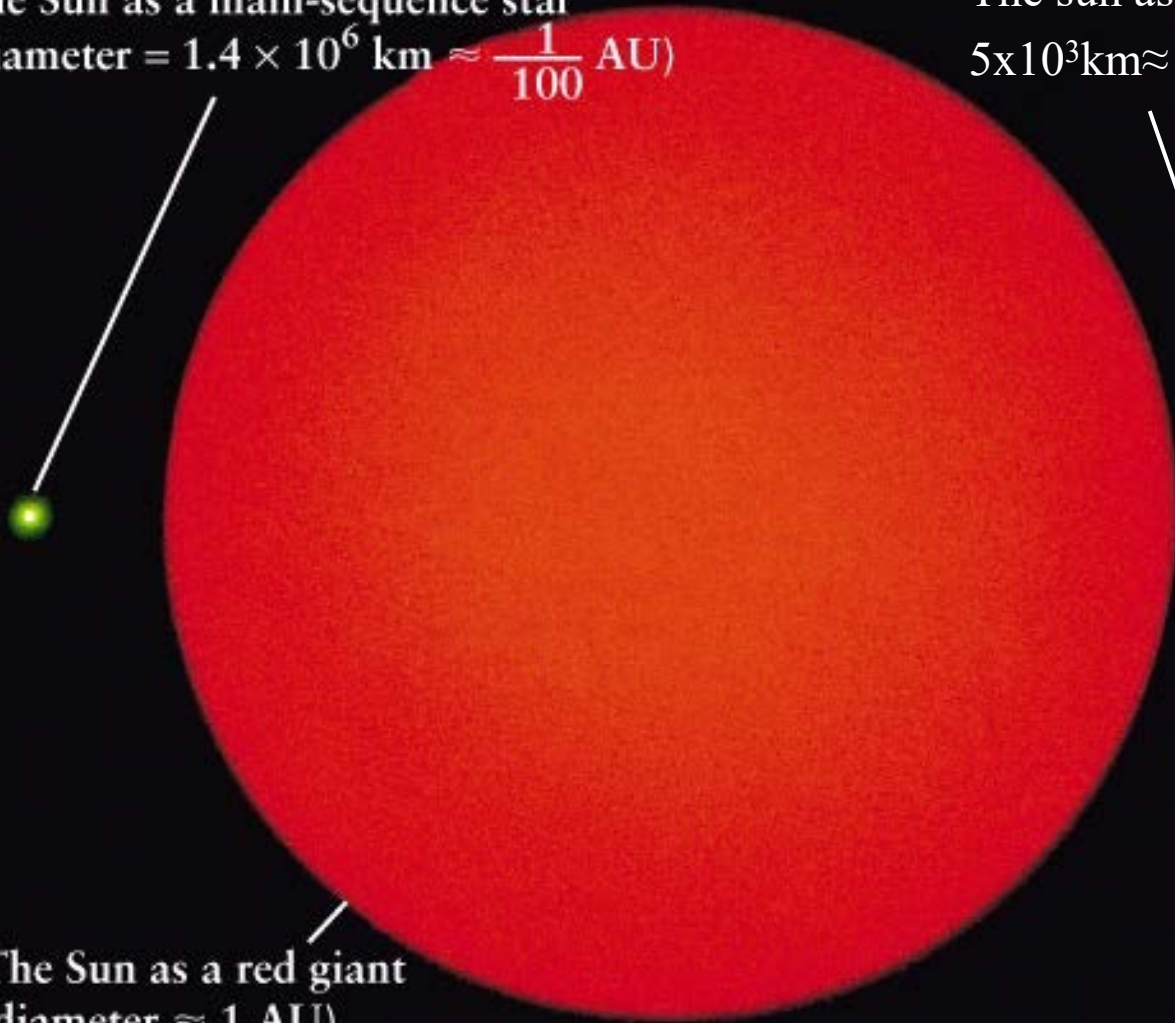


Quando avrà esaurito l'idrogeno ed il sole diventerà una gigante rossa, si espanderà fino alla Terra (1UA)

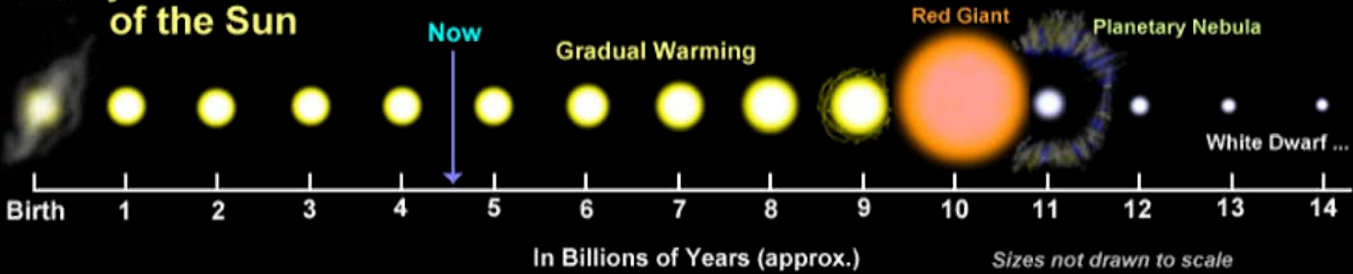
The Sun as a main-sequence star  
(diameter =  $1.4 \times 10^6$  km  $\approx \frac{1}{100}$  AU)

The sun as a white dwarf  
 $5 \times 10^3$  km  $\approx \frac{1}{100.00}$  AU

The Sun as a red giant  
(diameter  $\approx 1$  AU)



### Life Cycle of the Sun



Quando collasserà dopo la fase di nebulosa diventerà una nana bianca di dimensioni simili alla Terra ma con massa simile a quella del Sole



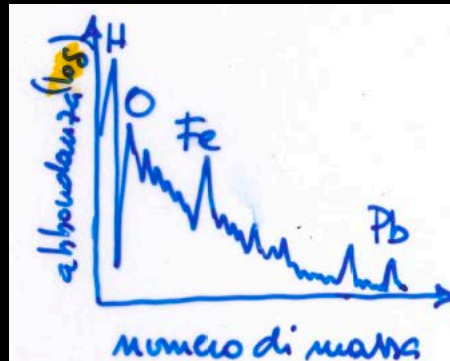
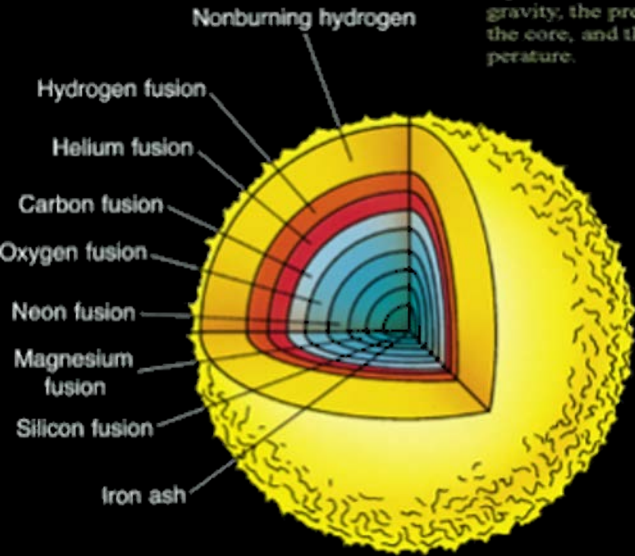
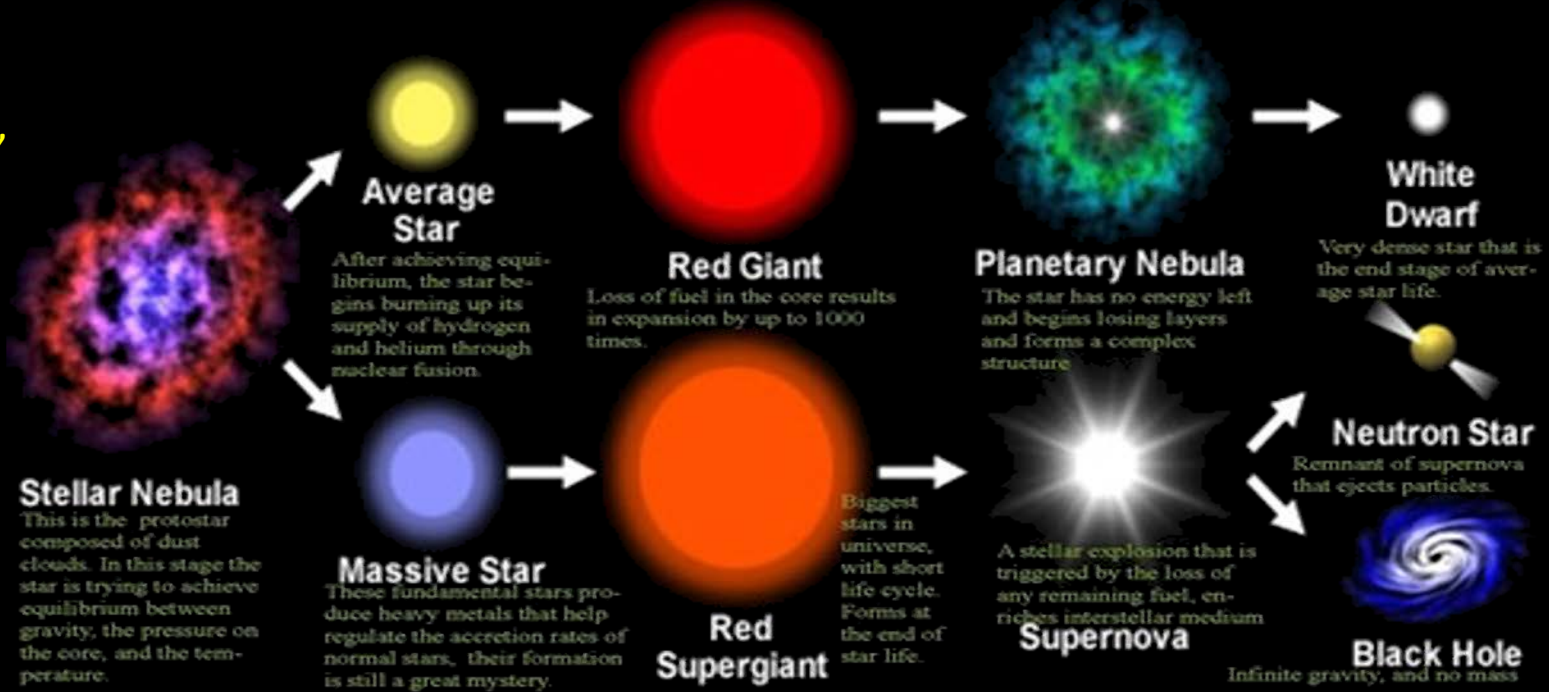
Non tutte le stelle fanno questa fine.

Dipende dalla massa iniziale della nebulosa. Se >> di quella del sole, l'evoluzione porta ad una struttura a cipolla con formazione di elementi con numero atomico sempre più grande.

# Life Cycle of a Star

By: Idrees Kahloon and Kevin Waterman

Sources: <http://www.nasa.gov/cosmic/aweta/images/starlife.jpg>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Neutron\\_star](http://en.wikipedia.org/wiki/Neutron_star)



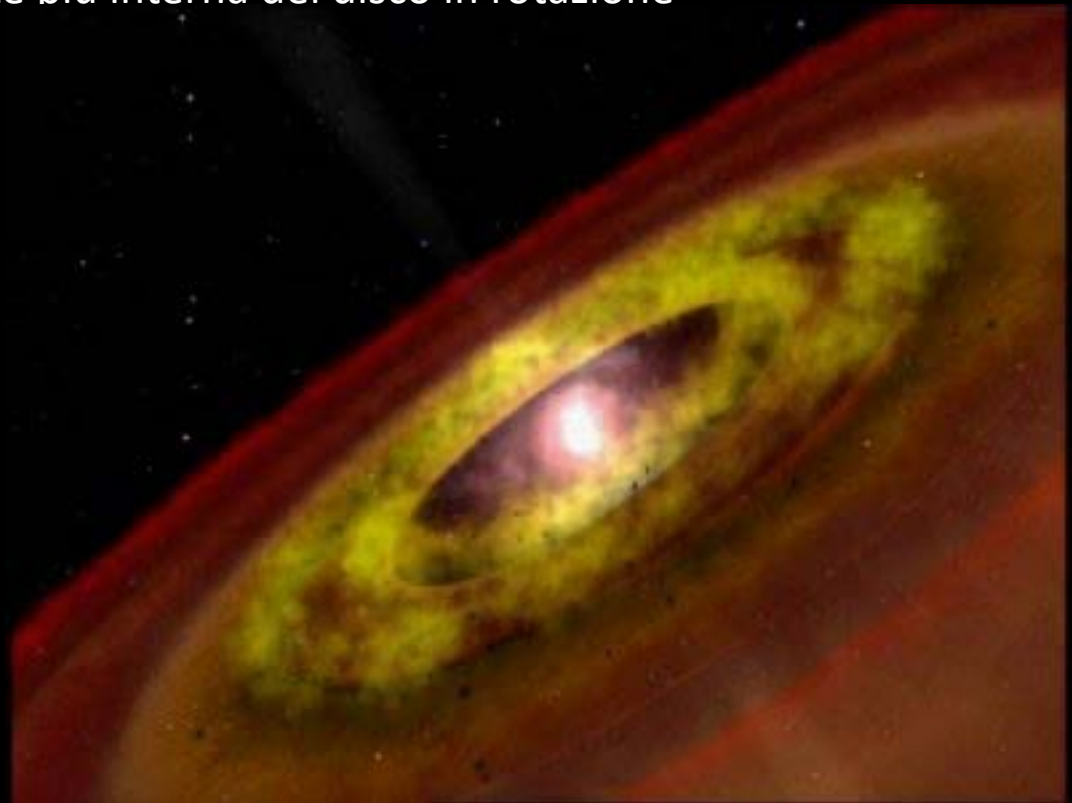
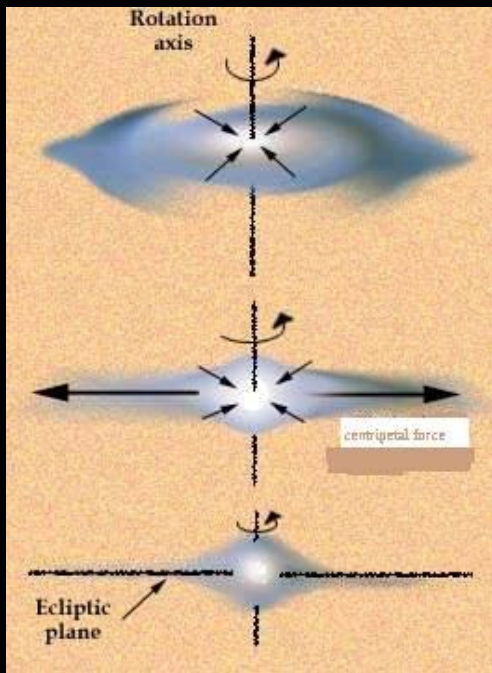
ESISTE ANCHE UN'EVOLEZIONE DELLA COMPOSITIONE CHIMICA DELL'UNIVERSO

Quando 4,6 miliardi di anni fa ci fu il collasso gravitazionale della nebulosa solare, la materia cominciò a ruotare su di un piano, formando una specie di disco (PIANO DELL'ECLITTICA).

Nel disco la forza centrifuga è in equilibrio con l'attrazione gravitazionale.

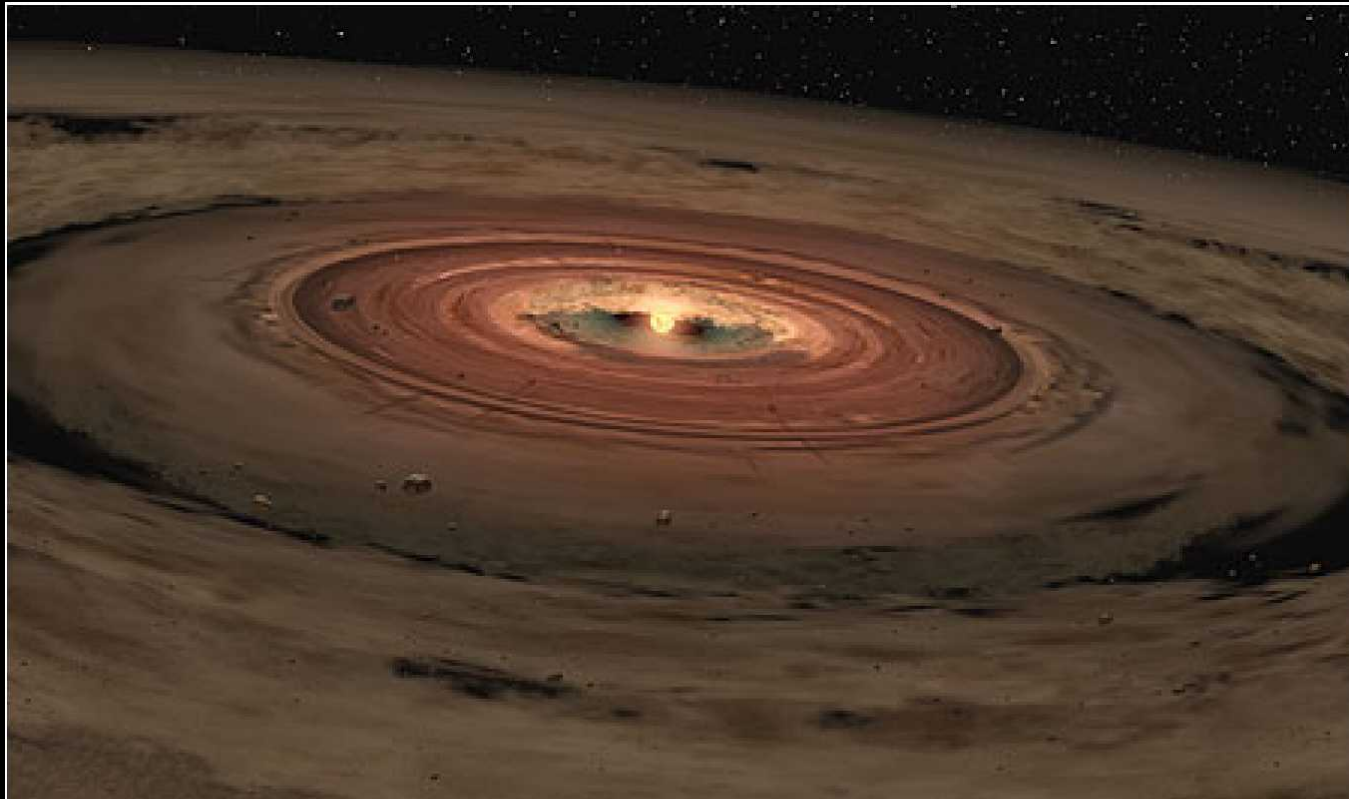
La contrazione convertì l'energia gravitazionale in energia cinetica e termica facendo aumentare la temperatura del disco; al raggiungimento di una soglia termica la materia che si trovava al centro si accese ed il rilascio di pressione sviluppato dall'accensione della stella bloccò la contrazione.

Il nostro Sole entrò nella fase T-Tauri: una stella T-Tauri presenta fusione nucleare al suo interno ed origina un vento solare dalle 2 alle 4 volte più forte dell'attuale. Questo vento e la temperatura elevata spazzarono via H ed He dalla parte più interna del disco in rotazione



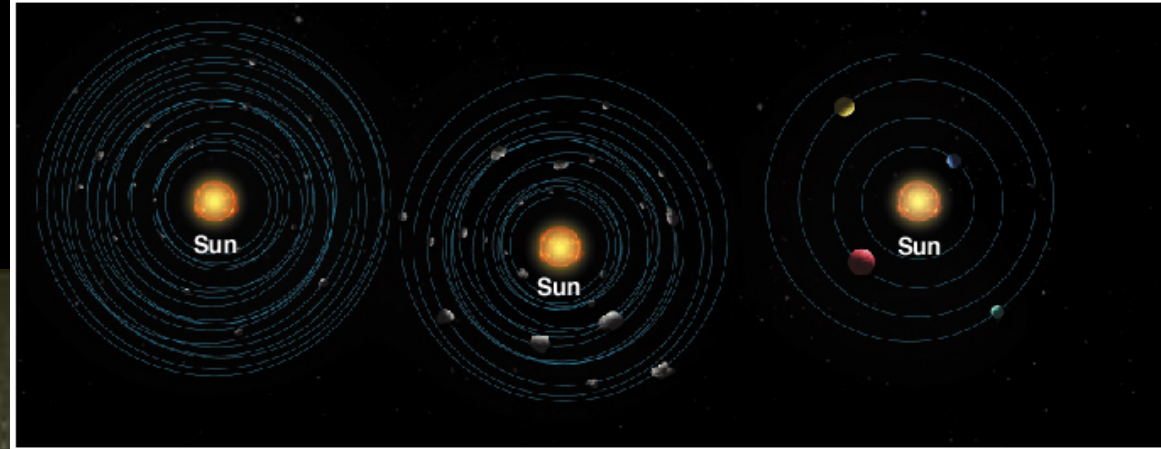


Sul piano dell'eclittica in quella frazione piccolissima di materia (0,15%) che non era collassata nella stella comincia la collisione fra i condensati che porta alla formazione di grani aggregati che si accrescono di dimensione. I più grossi cominciano ad inglobare quelli più piccoli. Dopo solo 10.000 anni si hanno già di grani centimetrici e dopo 100.000 anni grani di 0,1-10 km.



Da questo punto in poi la collisione avviene non più per colpa di traiettorie coincidenti ma per attrazione gravitazionale tra corpi di grosse dimensioni (planetesimi); gli impatti divengono sempre più isolati ma catastrofici producendo nei corpi in continua collisione con delle vere e proprie fusioni totali.

Quindi i planetesimi in rotazione lentamente formano pianeti che continuano a ruotare attorno al sole sul piano dell'eclittica



Il bombardamento meteoritico (aggregazione di planetesimi) termina 4 miliardi di anni fa



I planetesimi più vicini al Sole primordiale si accrebbero per aggregazione di rocce e metalli (H ed He erano stati spazzati via nella fase T-tauri) dando origine ai pianeti rocciosi: **Mercurio, Venere, Terra e Marte.**



Quelli più lontani si ricoprirono di ghiaccio trattenendo enormi quantità di gas, formando i pianeti giganti: **Giove, Saturno, Urano e Nettuno.**



**Mercurio**

5% Terra  
Densità ≈ Terra  
Nucleo attivo  
Pianeta morto

**Terra**

**Venere**

Simile Terra  
Atmosfera densa CO<sub>2</sub>  
molto caldo (480°C)  
Ancora vulcanismo basaltico

**Marte**

85% Terra  
Crateri, vulcani (Nix Olympia), tettonica, erosione, valli fluviali, dune.  
Atmosfera quasi assente  
Acqua permafrost sotto ghiaccio secco ai poli

**Fascia degli asteroidi**

Gravità di Giove ha impedito la formazione di un pianeta. Separa i pianeti interni dagli esterni

**Nettuno**

Scoperto per calcoli oceani di gas liquido (specie CH<sub>4</sub>), atmosfera sottile

**Urano**

Asse rotazione orizzontale  
Nucleo roccioso, 1.000km H liquido

**Saturno**

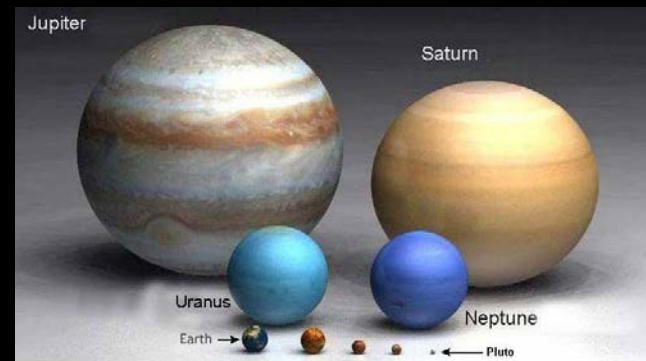
Massa 1/3 Giove  
Composizione simile  
Anelli per frammentazione di un satellite

**Giove**

2 volte la massa di tutti gli altri  
85%H, 15%He  
Irradia 2,5 energia che riceve  
Bande rosse=nubi  
evolvono con turbolenza a 10.00km da nubi H liquido a 24.000 km H metallico  
Enorme campo magnetico

**I pianeti interni o terrestri, sono pianeti rocciosi (Mercurio, Venere, Terra e Marte), sono caldi e costituiti da un nucleo metallico circondato da un mantello basaltico.**

**I pianeti esterni o gioviani sono giganti gassosi più freddi, con composizione simile al sole primordiale (principalmente H, He e CH<sub>4</sub>)**





# La Luna

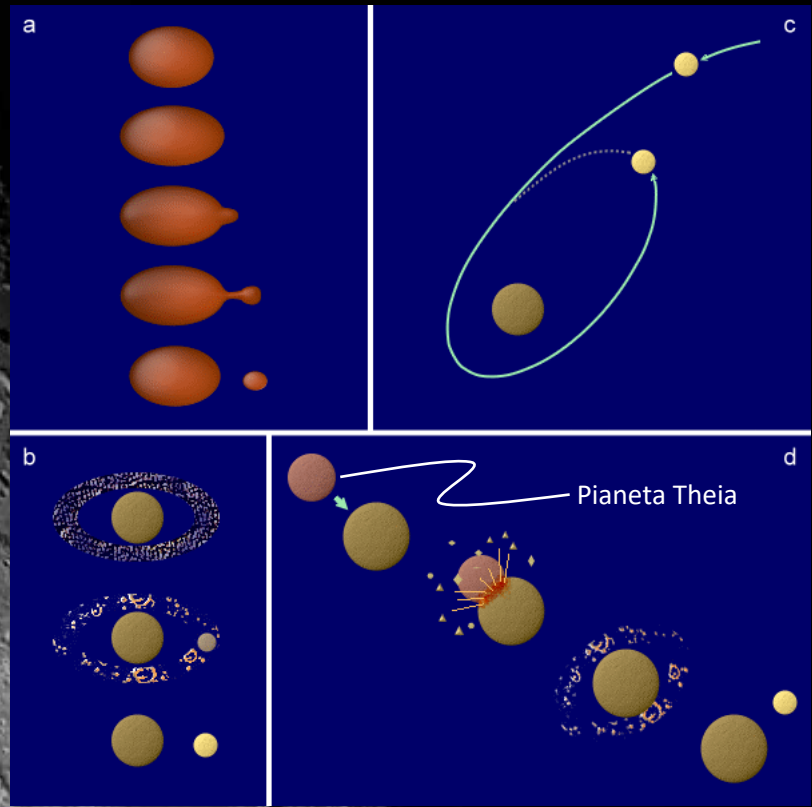
è uno dei satelliti più grandi del Sistema solare (raggio medio 1740 km).  
volume è 1/50 rispetto alla Terra e la gravità 1/6 rispetto a quella terrestre.

E' in rotazione sincrona con la Terra (27,5g) per effetto mareale.

E' meno densa e più piccola della Terra, assenza atmosfera non ha cancellato i crateri da impatto. Mari di basalto per effusioni prodotte dagli impatti meteoritici. L'età max. delle rocce lunari è di 4,6 miliardi di anni (inizio sistema solare)



## Ipotesi di formazione della luna

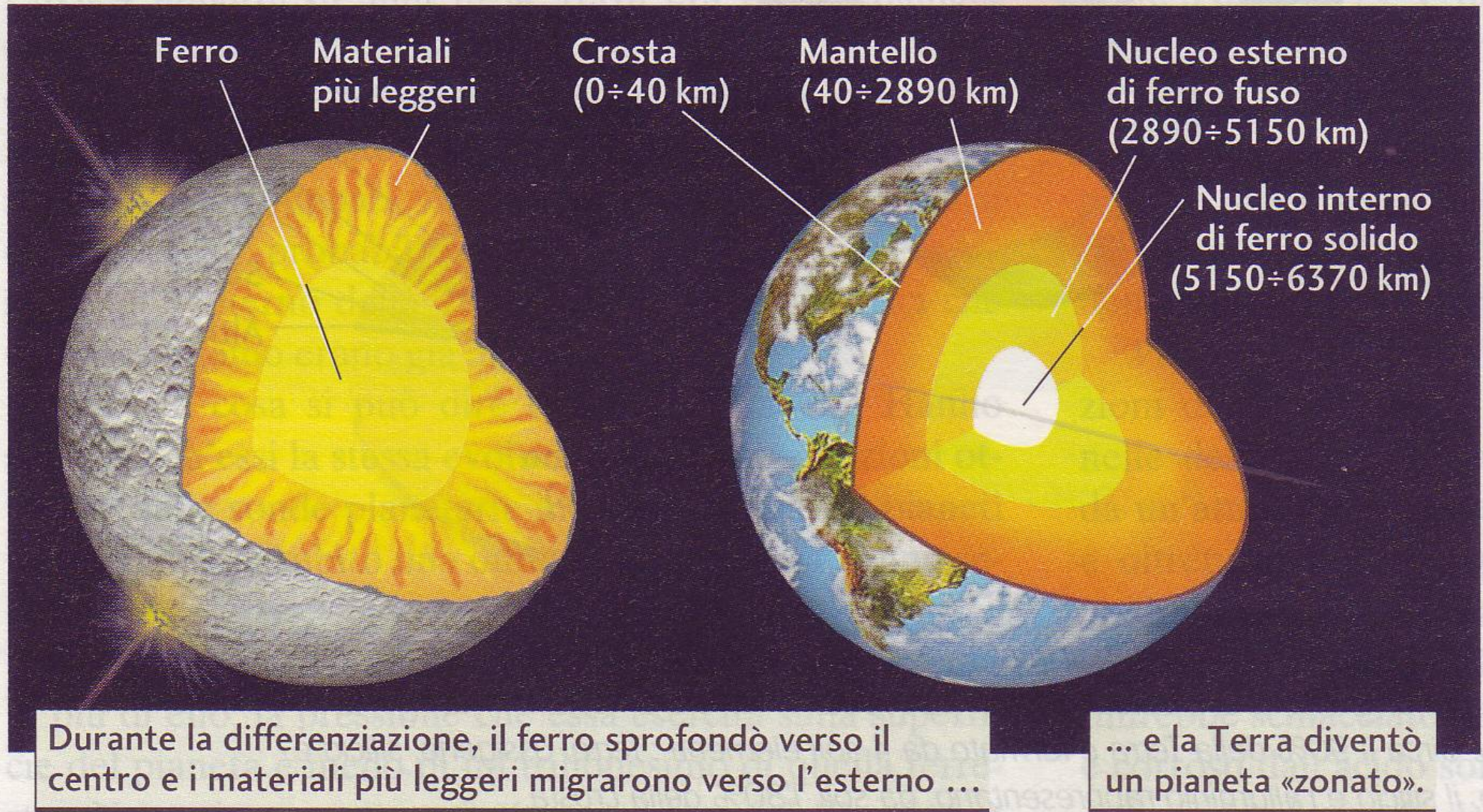












# Differenziazione della Terra





## Materiali nella nebulosa solare

	metalli	rocce	Composti dell'idrogeno	Gas leggeri
Esempi				
Temperatura di condensazione	Ferro, nickel, alluminio 1.000-1.600°K	silicati 500-1.300°K	Acqua (H <sub>2</sub> O) Metano (CH <sub>4</sub> ) Ammoniaca (NH <sub>3</sub> ) <150°K	Idrogeno, elio Non condensano nella nebulosa
Abbondanza relativa	▪ (0.2%)	▪ (0.4%)	▪ (1.4%)	■ (98%)



# EVOLUZIONE DEL PIANETA TERRA

Composizione totale  
(da campionamenti, sismica e meteoriti)

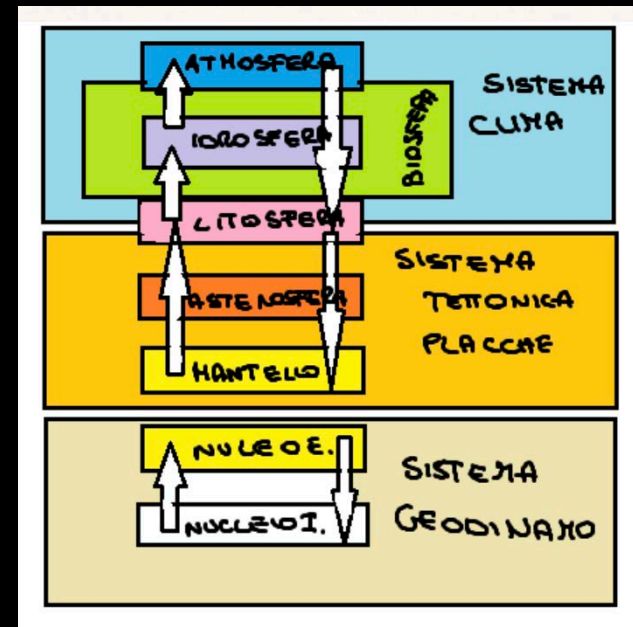
**Fe 35%**   **O 30%**   **Si 15%**   **Mg 13%**   Ni 2,4%

4 elementi 90%

S 1,9%  
Ca 1,1%  
Al 1,1%  
Ca 1,1%  
Al 1,1%

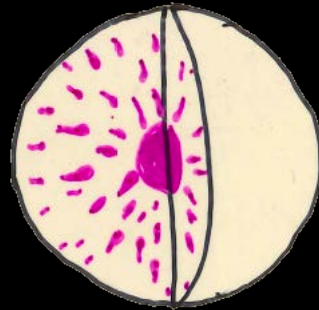
Na 0,57%  
Cr 0,26%  
Mn 0,22%  
Co 0,18%  
P 0,1%  
K 0,08%  
Ti 0,05%

Ma la distribuzione non è omogenea (tutt'altro)  
in quanto è il risultato dell'evoluzione fisica del pianeta



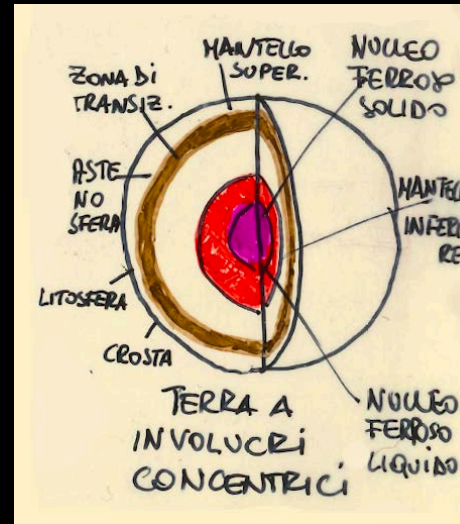
accrescimento freddo per  
coalescenza planetesimi

Da 4,5 a 4 miliardi di anni,  
testimoniato crateri lunari



accrescimento caldo per impatti  
fa fondere planetesimi

atmosfera primaria con elementi volatili  
strato superficiale fuso (oceano  
magmatico di 1000 km)  
segregazione del nucleo



Da circa 3,5 miliardi di anni, la  
Terra ha la sua struttura attuale

I **metalli** (Fe, Ni, S) a più alto  
numero atomico sono scesi a  
formare il nucleo  
I **silicati** (SiO<sub>2</sub>) hanno formato il  
mantello, i più leggeri la crosta.

Attuale produzione di **calore** per  
dinamiche della litosfera  
Proveniente da:

1. Residuo impatti meteoritici
2. Contrazione gravitazionale
3. Decadimento radioattivi

Solidificazione del mantello  
ha prodotto **atmosfera** secondaria  
poi modificata dalla biosfera

# Altri corpi celesti

Un **asteroide** è un corpo celeste simile per composizione ad un pianeta terrestre ma più piccolo, e generalmente privo di una forma sferica; ha in genere un diametro inferiore al chilometro, anche se non mancano corpi di grandi dimensioni. La maggior parte arriva dalla fascia degli asteroidi tra Marte e Giove.

Una **cometa** è un corpo celeste relativamente piccolo, simile a un asteroide ma composto prevalentemente di ghiaccio. Nel Sistema solare, le orbite delle comete si estendono oltre quella di Plutone. Chiamate "palle di neve sporche" (biossido di carbonio, metano e acqua ghiacciati, con mescolati aggregati di polvere e vari minerali).

Una **meteora** è un frammento di cometa o di asteroide (o di un altro corpo celeste), che entrando all'interno dell'atmosfera terrestre si incendia a causa dell'attrito, è chiamata comunemente **stella cadente**.

Un **meteorite** è ciò che rimane dopo l'ablazione atmosferica di un meteoroide (cioè "piccolo" asteroide) entrato in collisione con la Terra. In pratica è ciò che di esso raggiunge suolo.



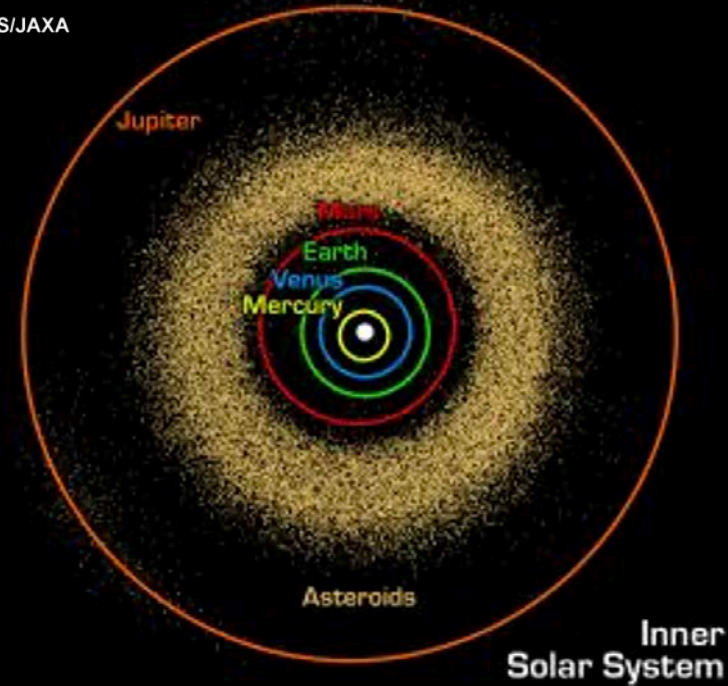
# Altri corpi celesti – Asteroidi e comete




Asteroido 951 Gaspra ripresa dal veicolo spaziale Galileo



Release 051101-1 ISAS/JAXA



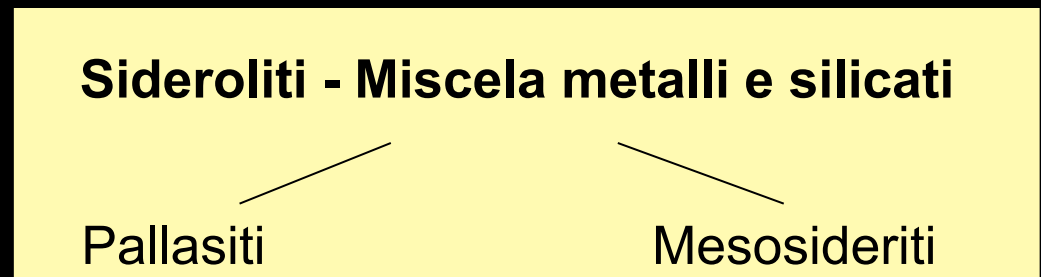
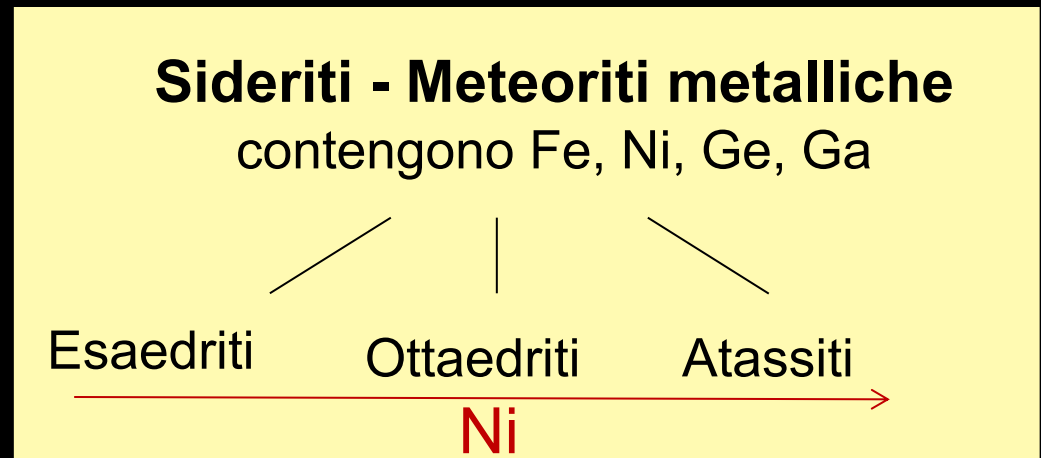
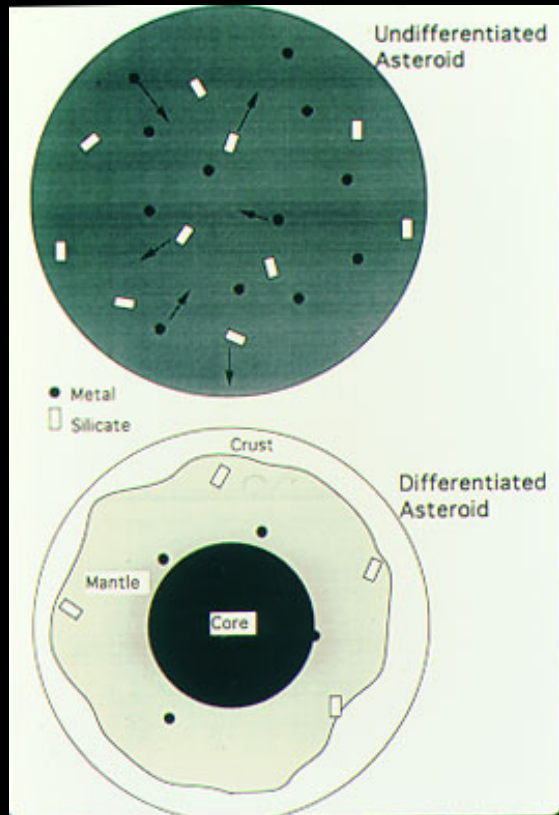
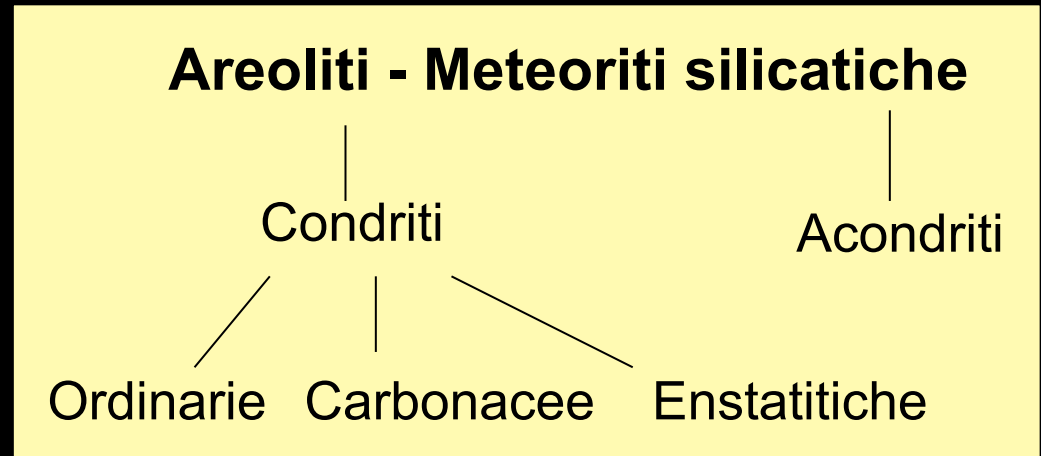
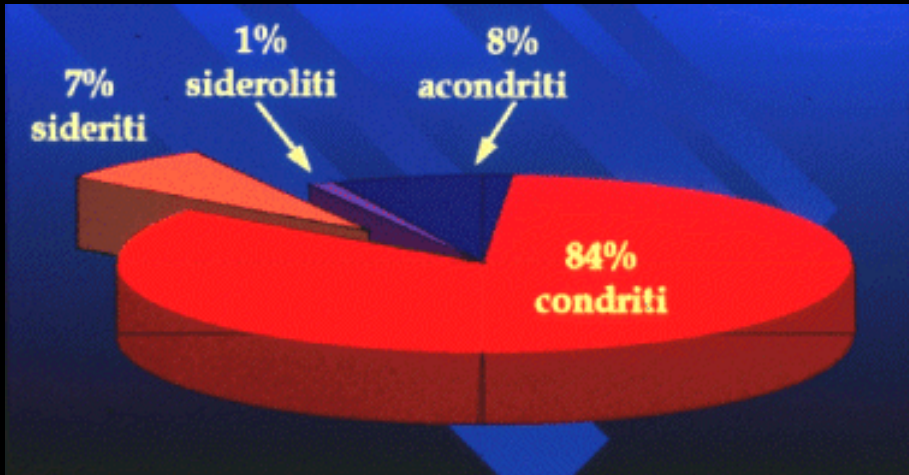


A photograph of a meteor streaking across a starry night sky. The meteor is a bright, glowing line of light, appearing to descend from the top left towards the center. The sky is filled with numerous stars of varying brightness. In the foreground, the dark silhouette of a city is visible, with some lights glowing from buildings and streets. The overall scene is a dramatic night sky event.

Una **meteorite** è una meteora (asteroide o frammento di esso) che è sopravvissuto entrando attraverso l'atmosfera ed ha raggiunto la superficie della Terra.



# Classificazione delle Meteoriti



# Condriti e Acondriti

## Condriti

- Caratterizzati dalla presenza di condrule.
- Costituiscono il materiale indifferenziato del sistema solare.





# Sideriti

**sono formati da leghe di ferro-nichel in diverse proporzioni, che portano ai seguenti tipi:**

- ESAEDRITI, contenuto di nichel minore del 6%
- OTTAEDRITI, contenuto di nichel tra 6 / 14%
- ATASSITI, contenuto di nichel tra 14 / 30%



Meteorite Alvard, un'ottaedrite con visibili le figure di Widmanstätte (come facce di un ottaedro)

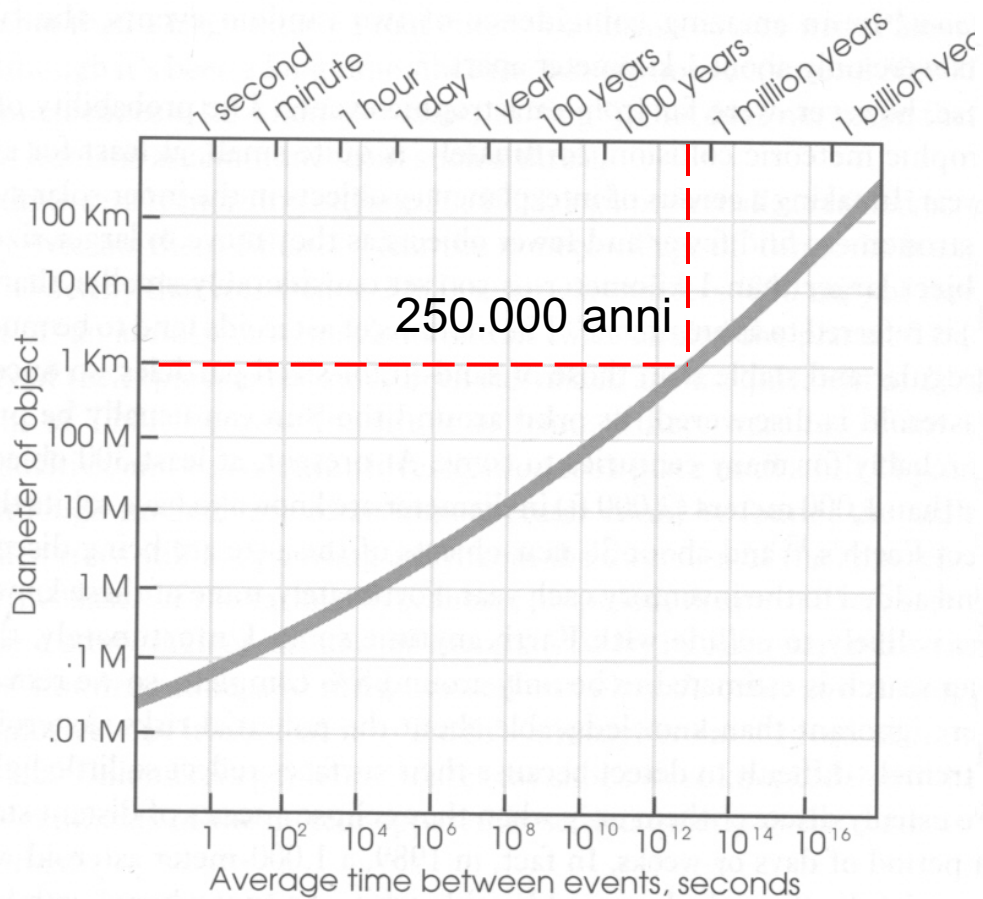


Uegit, meteorite di 251 Kg Lugh Ferrondi, Somalia conservato presso il Museo Universitario di Scienze della Terra in Sapienza. E' un'ottaedrite con caratteristiche fossette e convessità, dovute al passaggio nell'atmosfera.

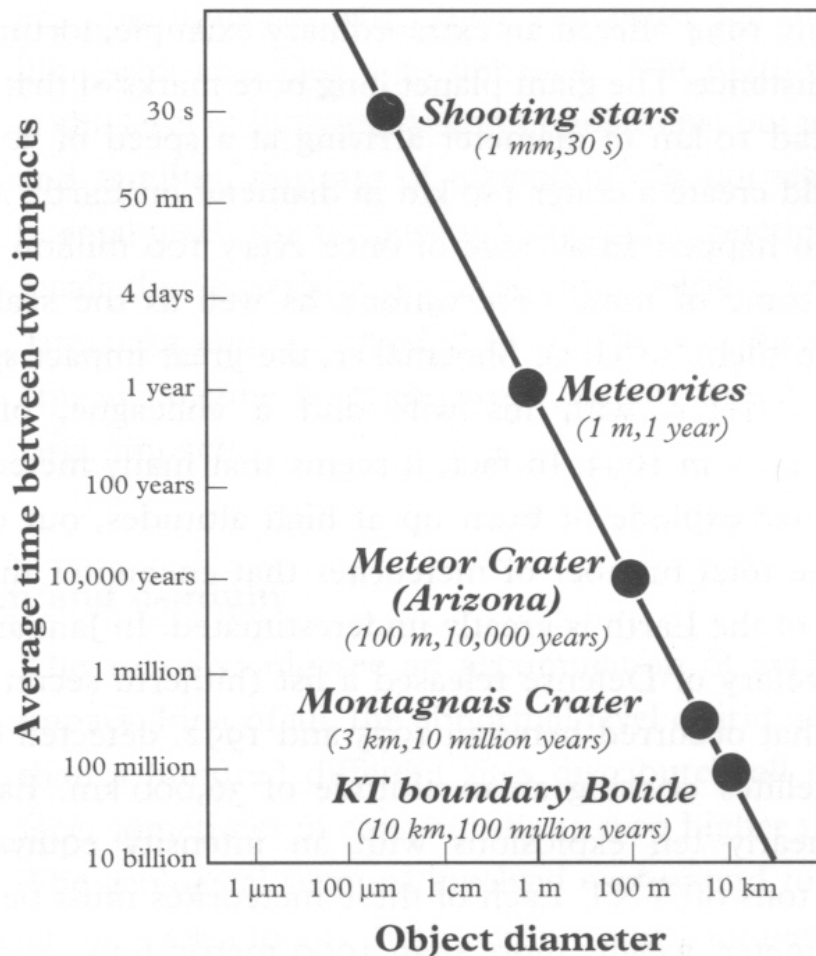


# Probabilità di un impatto

Courtillot, 1999

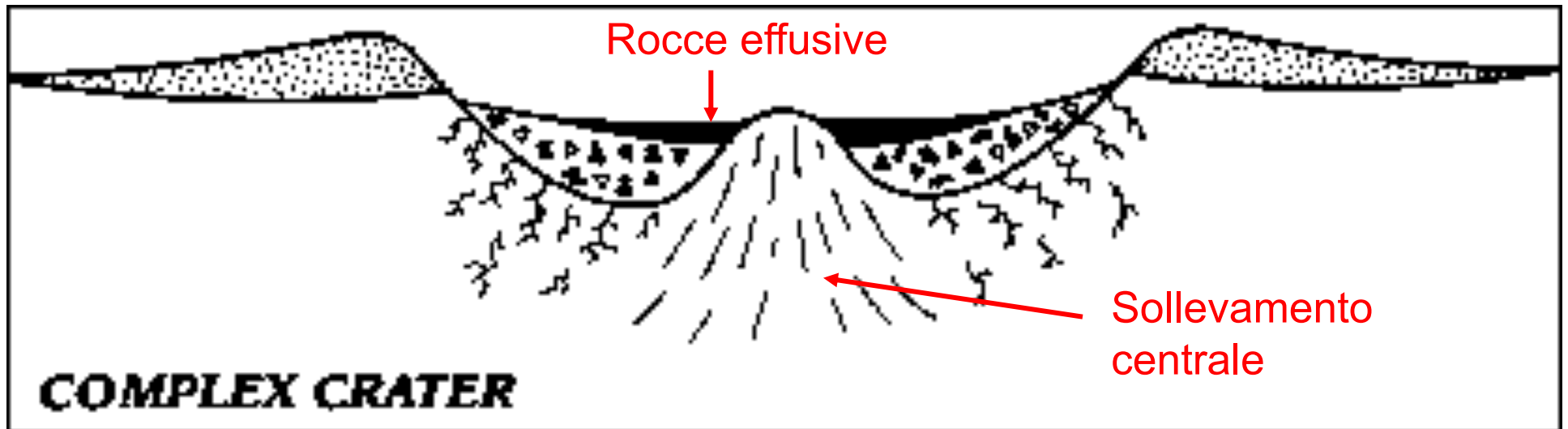
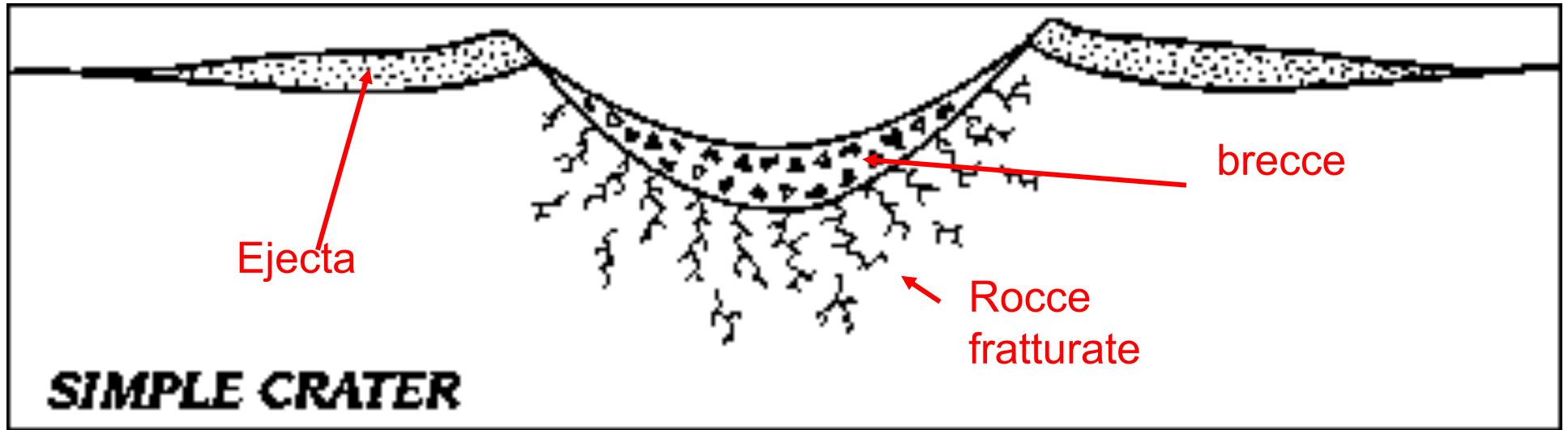


Zebrowsky, 1997

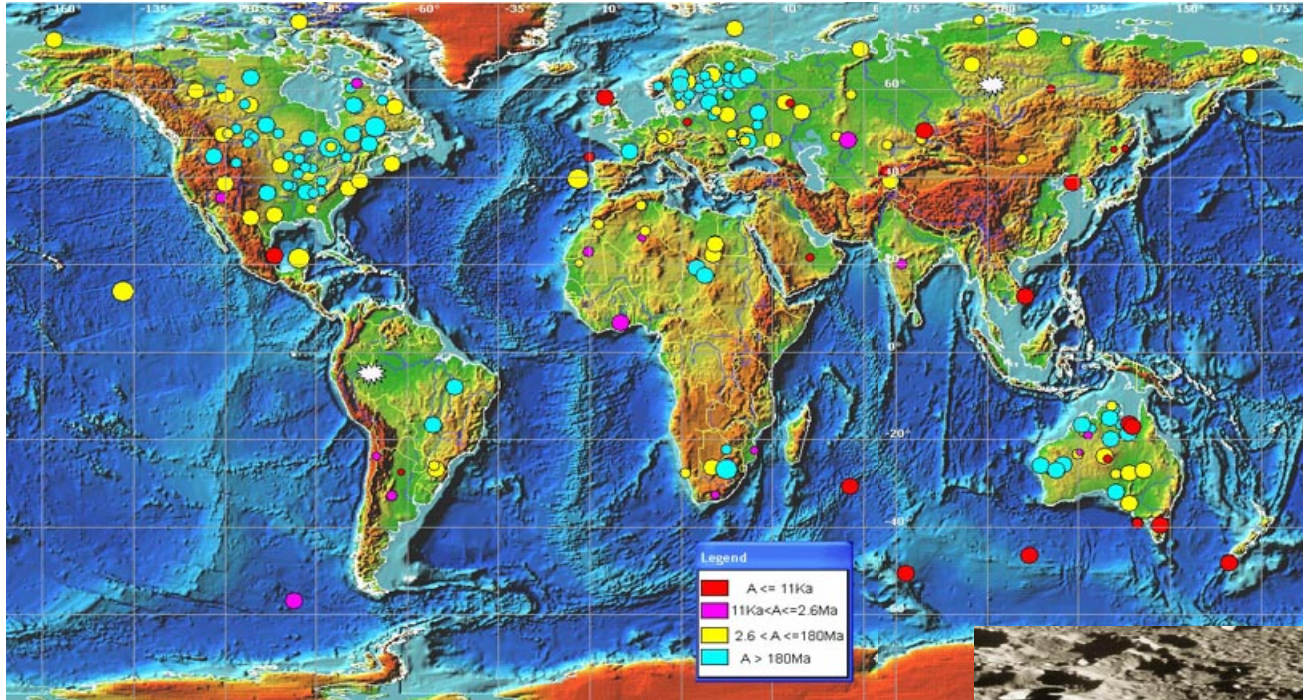




# crateri da impatto



# Alcuni crateri da impatto



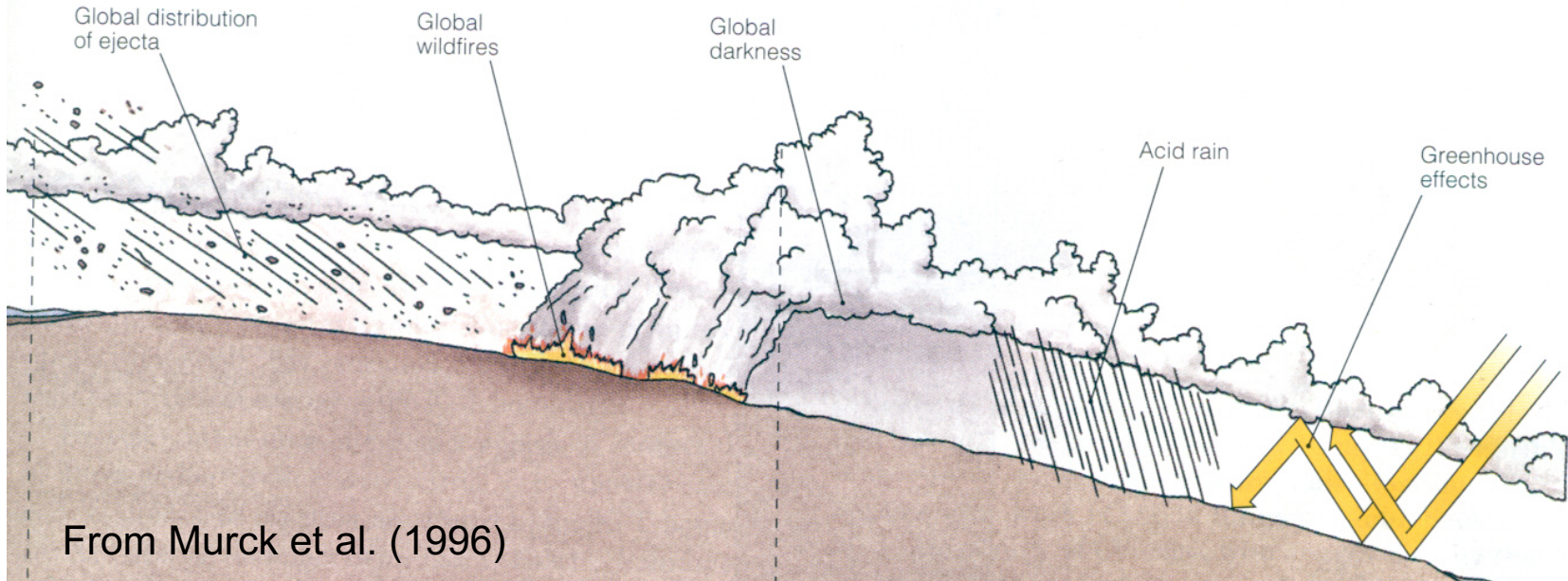
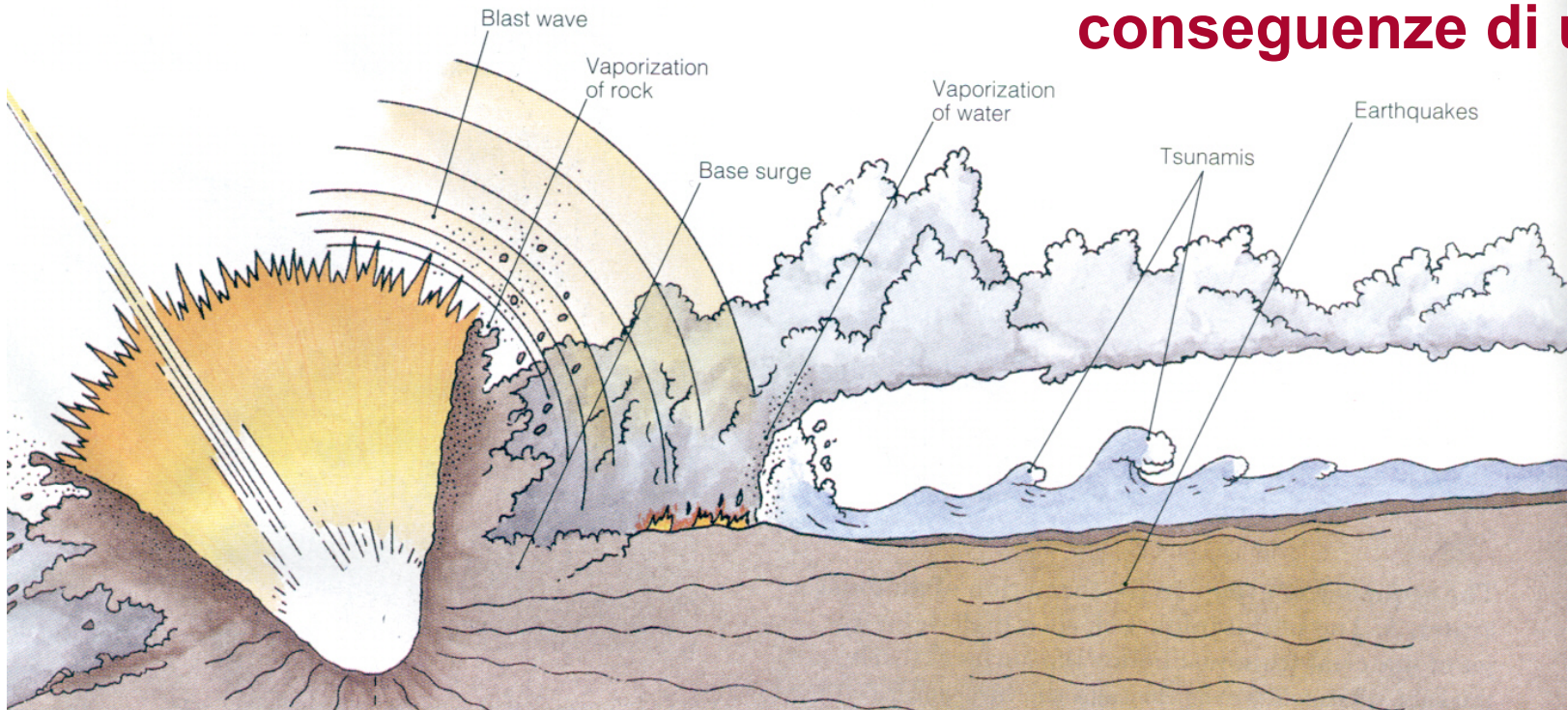
Distribuzioni dei crateri da impatto riconosciuti sulla Terra

Meteor Crater in Arizona  
Meteorite di 75 m di diametro ha formato un cratere di 1,2 km





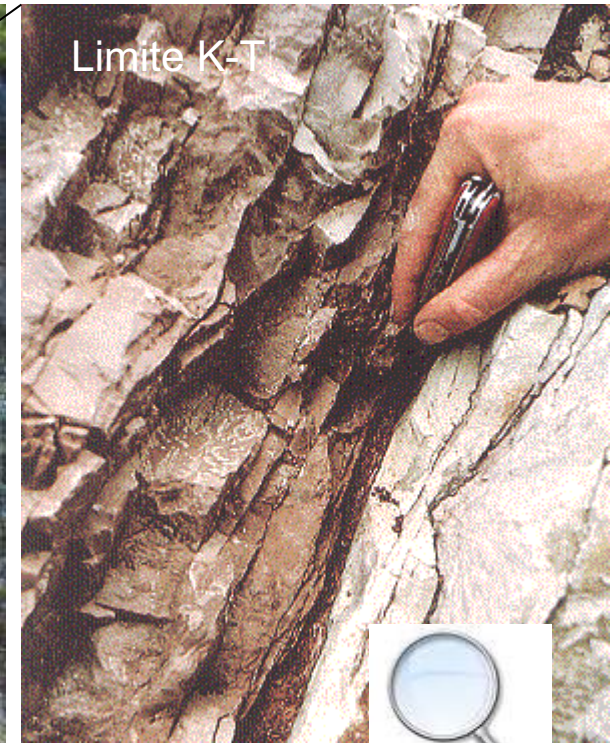
# conseguenze di un impatto



From Murck et al. (1996)



# Cambiamenti a scala Globale - Il limite K-T



9 parti per miliardo (ppb) di iridio  
La crosta terrestre ne ha in media  $<0.1$  ppb  
Alcune meteoriti metalliche 500 ppb

**Meteorite o eruzione vulcanica?**

