

Materia Oscura ed Evoluzione dell'Universo

Claudia Tomei, ricercatrice INFN



Table of contents

01

Di cosa è fatto
l'Universo

02

Il ruolo della gravità
e il problema della
massa mancante

03

Le evidenze
sperimentali della
materia oscura

04

Ipotesi sulla natura
della materia
oscura

05

Come si rivela la
materia oscura

06

Il destino
dell'Universo





Di cosa è fatto l'Universo?

Short answer: Not a clue!



Grandi progressi nell'esplorazione dell'Universo, ...



Occhio nudo



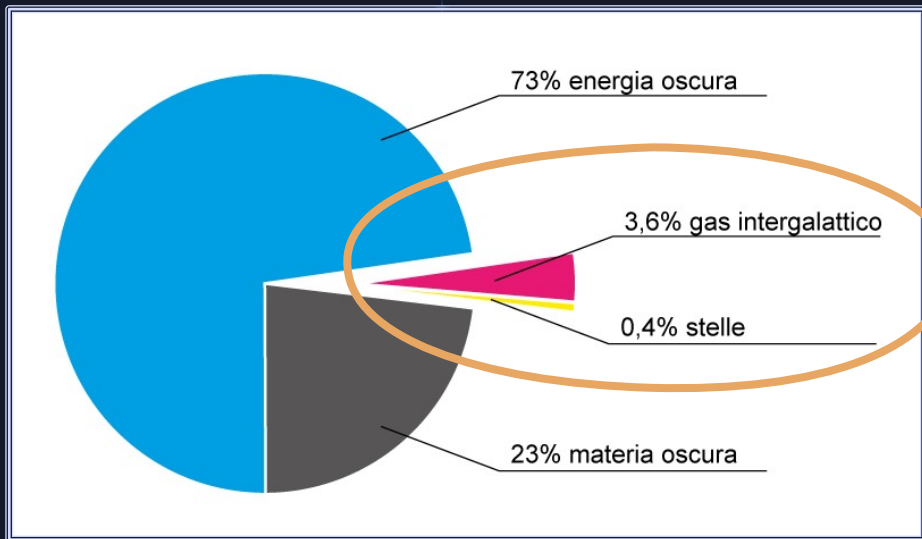
Binocolo



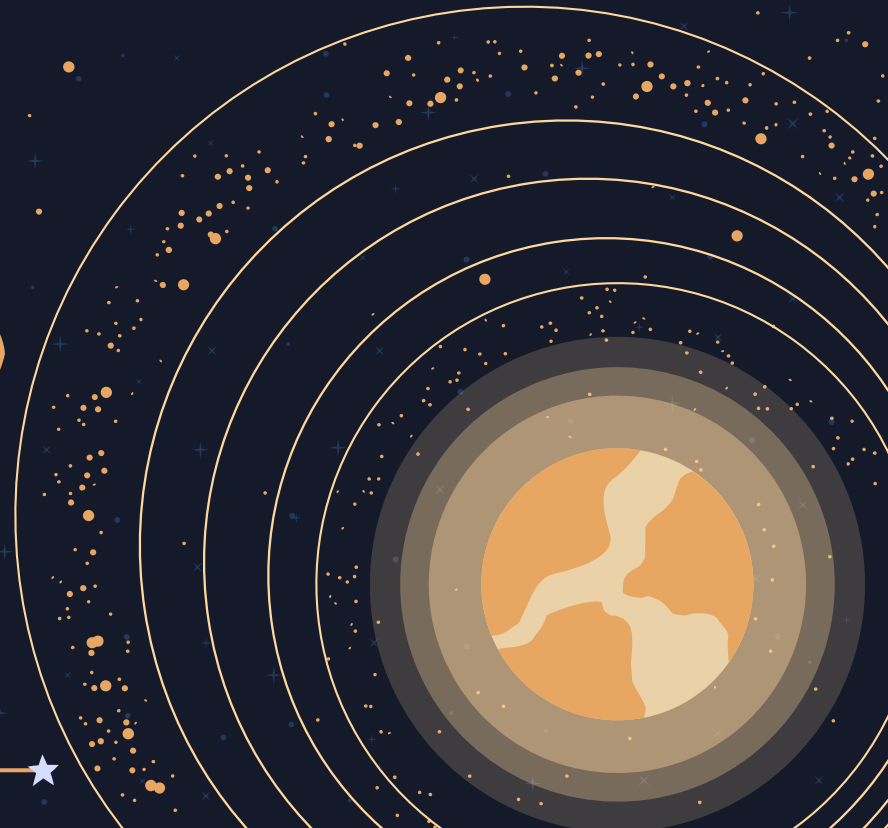
James Webb
Telescope

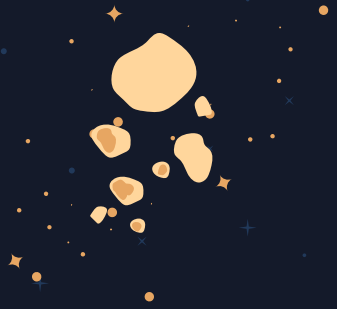
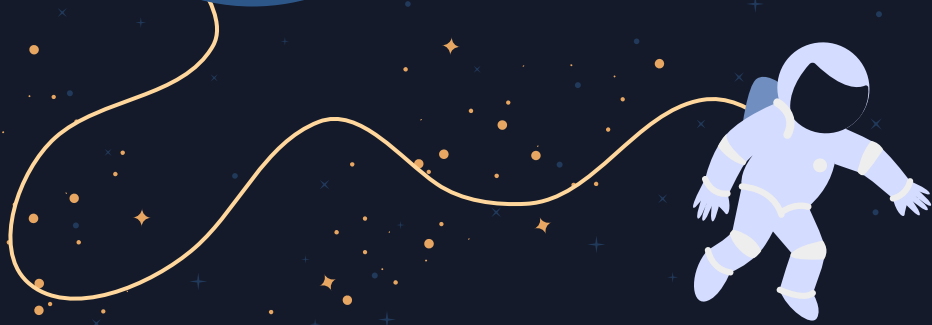


ma in realtà ...



Credits: <https://scienzapertutti.infn.it/>

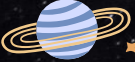




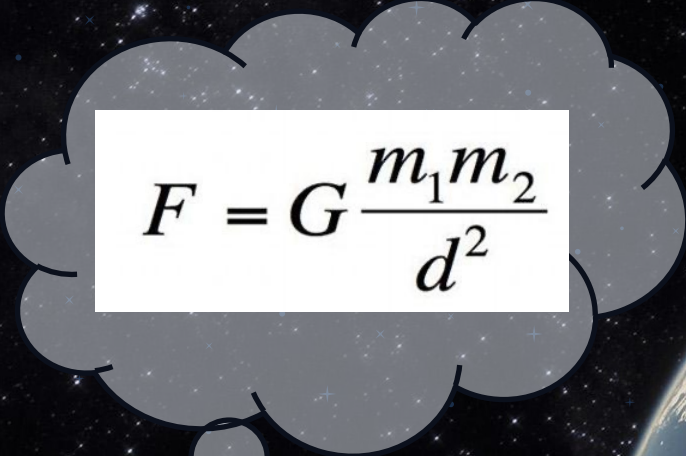
Come facciamo a saperlo?

Il ruolo della gravità





L'Universo è governato dalla forza di gravità


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



G = costante di Newton, una costante che ora non ci interessa

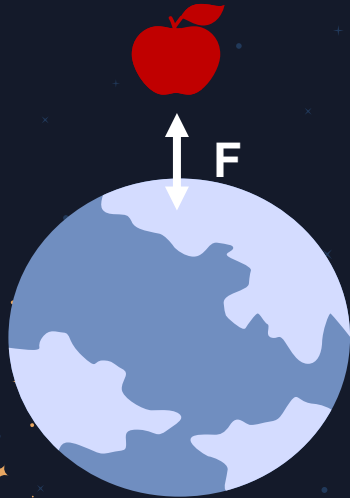
m1, m2 = masse dei corpi che si attraggono

d = distanza reciproca

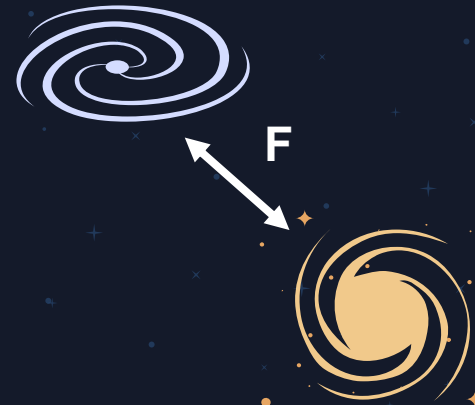
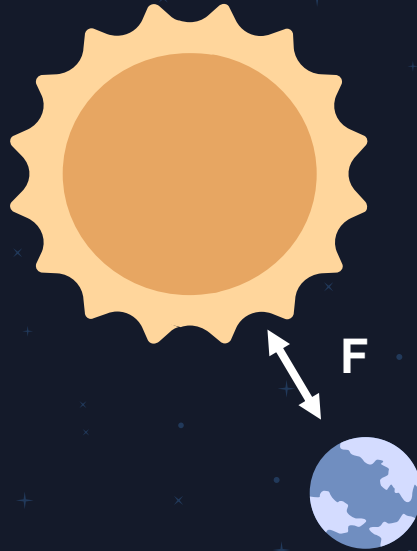


— Newton

La stessa forza che fa cadere gli oggetti sulla Terra è responsabile del movimento dei corpi celesti



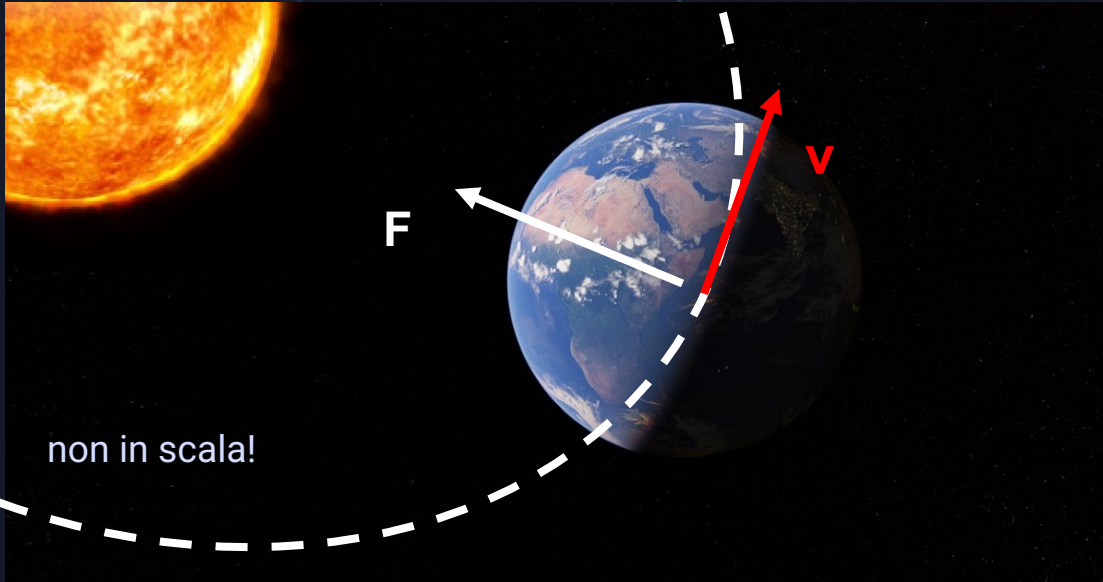
caduta dei gravi



moto orbitale

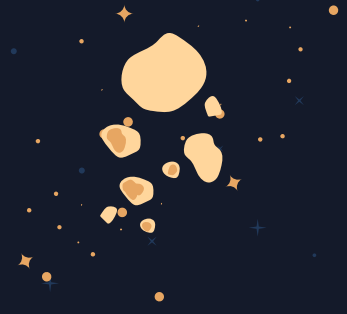
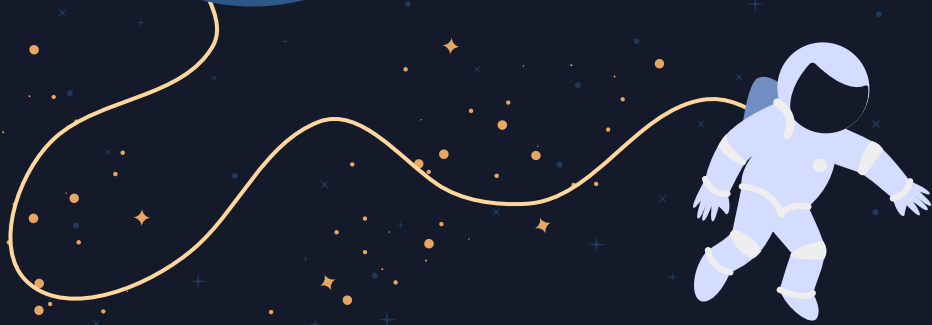


$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$



Per ogni distanza c'è una velocità giusta che permette di mantenere l'orbita e che dipende dalla massa dei due corpi





C'è materia oscura

Le evidenze sperimentali





Il problema della massa mancante

Nei primi anni '30 l'astronomo svizzero Fritz Zwicky intraprese uno studio sistematico della Chioma, un ammasso di migliaia di galassie a circa 350 milioni di anni luce dalla Terra.

Dalle sue osservazioni dedusse che le velocità delle singole galassie erano troppo elevate perché l'ammasso potesse mantenersi compatto.

Ipotizzò quindi che ci fosse dell'ulteriore materia, molto più abbondante di quella visibile dal telescopio, che teneva insieme l'ammasso.



M : massa totale dell'ammasso
 v : velocità delle singole galassie



Le velocità dei pianeti



Mercury

48 km/s



Venus

35 km/s



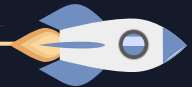
Earth

30 km/s



Mars

24 km/s



Le velocità dei pianeti



Jupiter

13 km/s



Saturn

9 km/s



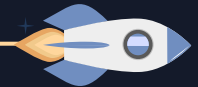
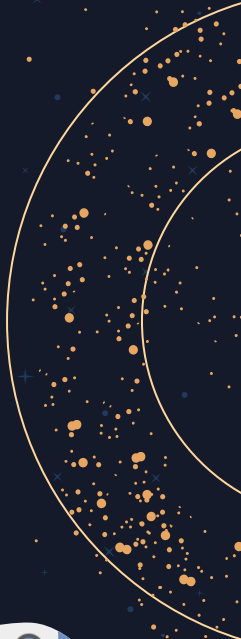
Uranus

7 km/s



Neptune

5 km/s



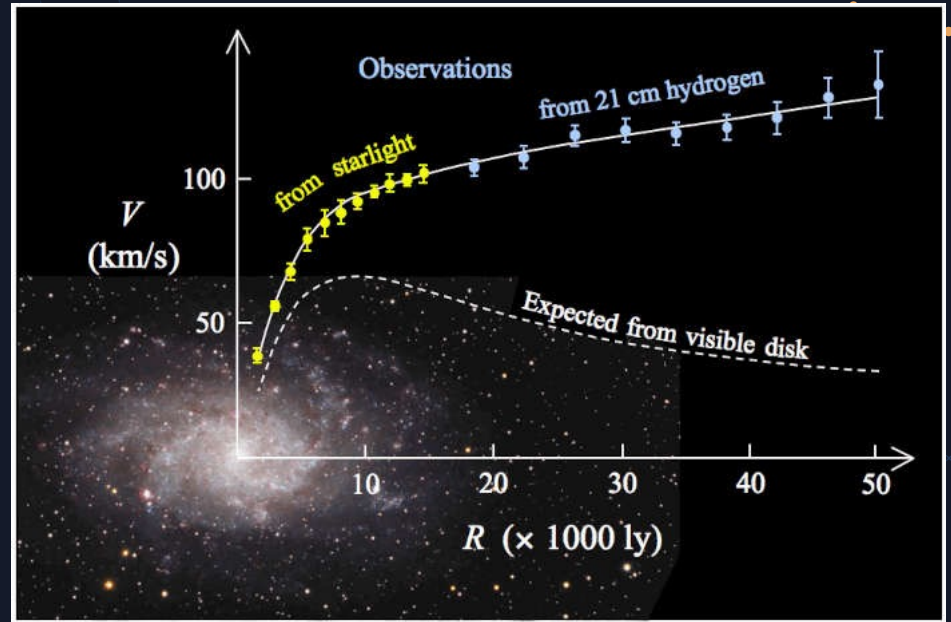


Curva di rotazione di una galassia



La curva di rotazione di una galassia misura la velocità con cui le stelle della galassia orbitano attorno al centro, in funzione della loro distanza da esso.

Dalla distribuzione della materia luminosa (maggiore al centro e minore in periferia), ci si aspettava che da una certa distanza in poi, le velocità dovessero decrescere mentre le misure indicavano che esse rimanevano praticamente costanti indipendentemente dalla distanza.

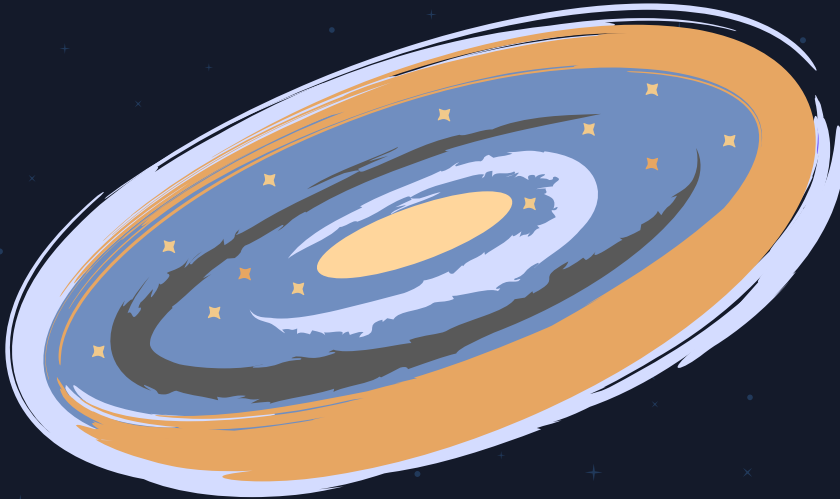


Credits: <https://edu.inaf.it/>



C'è bisogno di materia non luminosa

Negli anni '60, Louise Volders e Vera Rubin studiarono le curve di rotazione di molte galassie



● Materia luminosa

Come accade con i pianeti del sistema solare, le stelle avrebbero dovuto muoversi sempre più lentamente man mano che ci si spostava verso la periferia galattica.

● Materia oscura

Si ipotizzò che ci fosse della materia invisibile presente in tutta la galassia. L'attrazione gravitazionale di questa materia trascina con sé tutte le stelle alla stessa velocità.



Lente gravitazionale

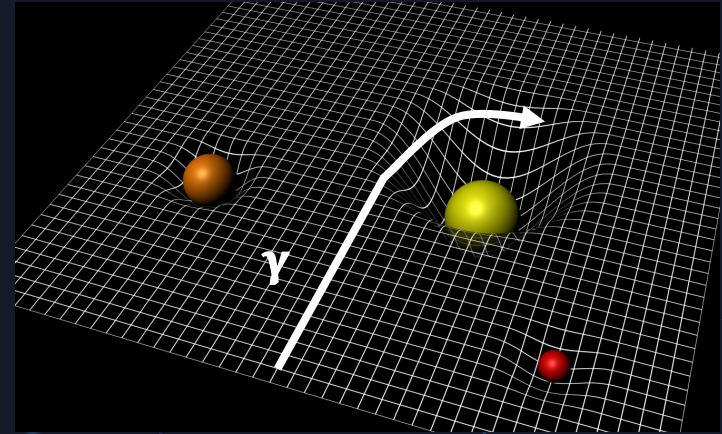


$$F = G \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

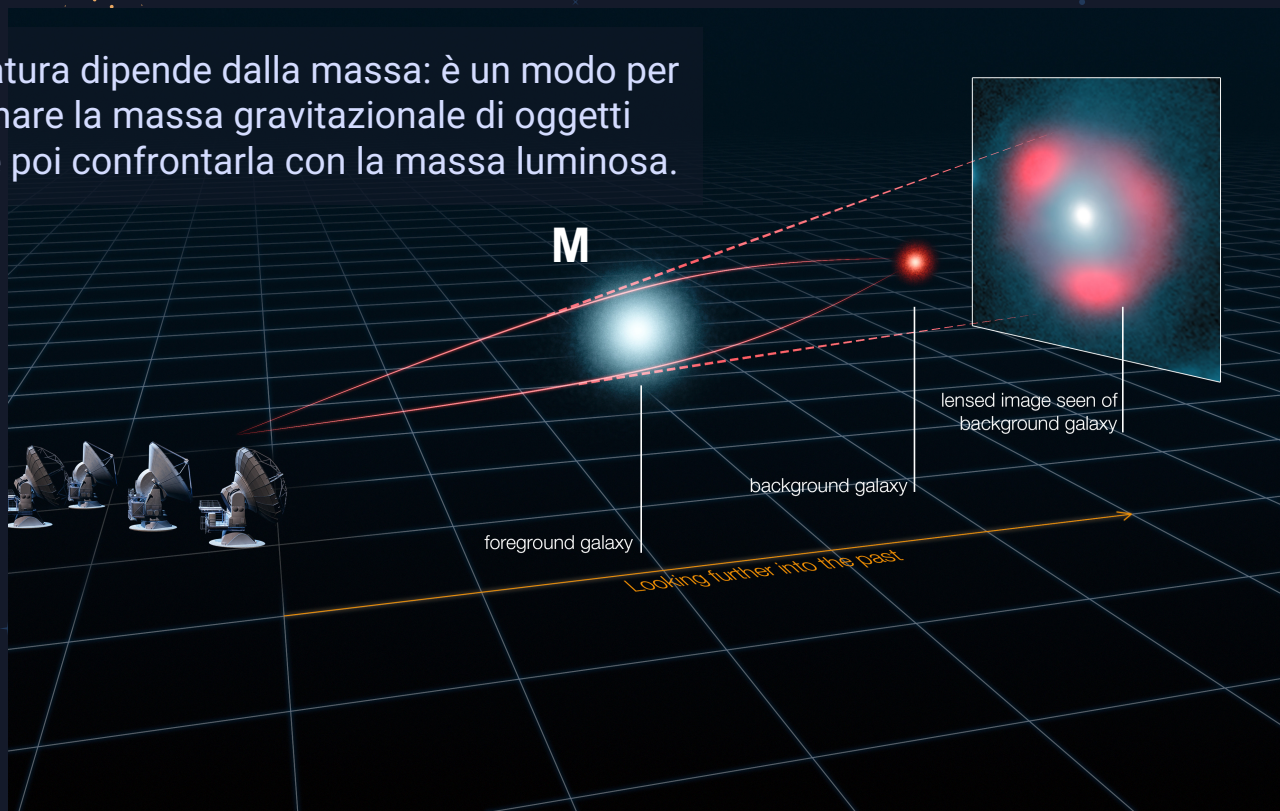
La formula di Newton vale nella meccanica classica.

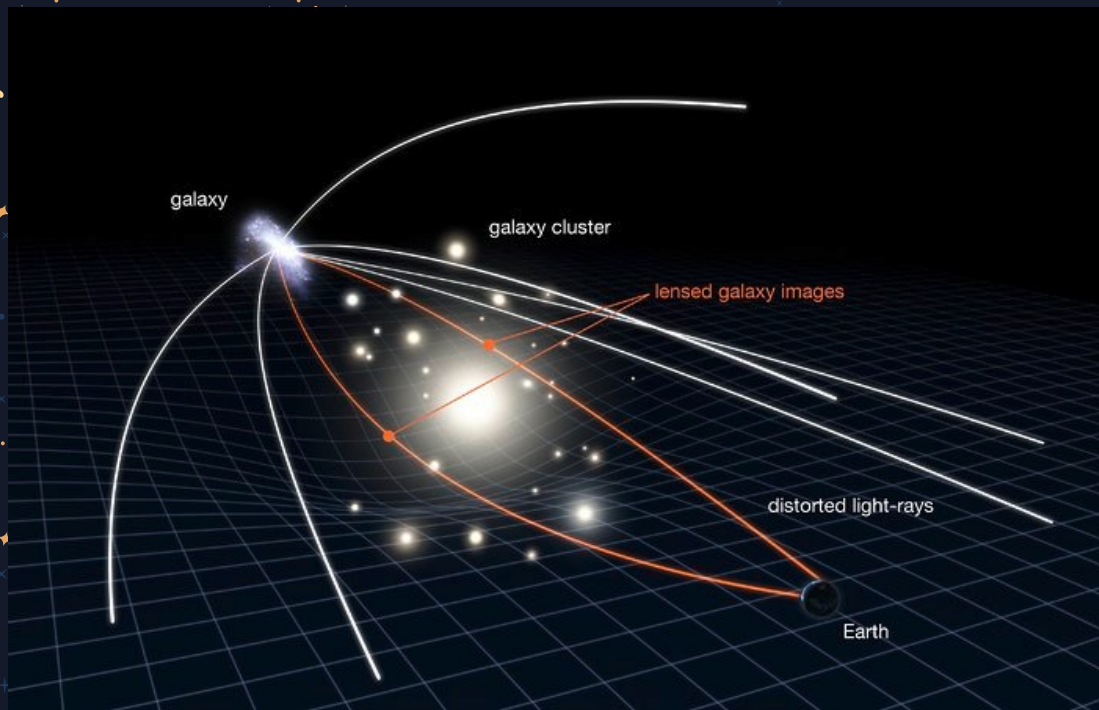
La lente gravitazionale è un effetto spiegabile solo con la Relatività Generale di Einstein.

La gravità curva lo spazio-tempo e anche la luce (nonostante abbia massa nulla) risente di questa curvatura.

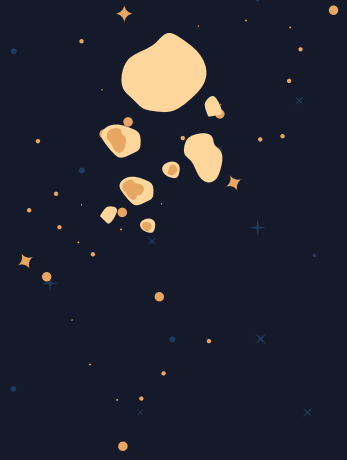


La curvatura dipende dalla massa: è un modo per determinare la massa gravitazionale di oggetti celesti e poi confrontarla con la massa luminosa.





Il lensing gravitazionale ha dimostrato in maniera indipendente l'esistenza di una massa mancante negli ammassi.



Ma allora

di cosa è fatta la Materia
Oscura?



Cosa vuol dire oscura?



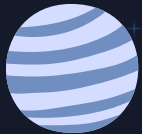
Non brilla come le stelle

Altrimenti l'avremmo già vista



Nelle galassie

Non è concentrata solo al centro ma dappertutto (DM halo)



Non assorbe o emette luce

Come il gas interstellare

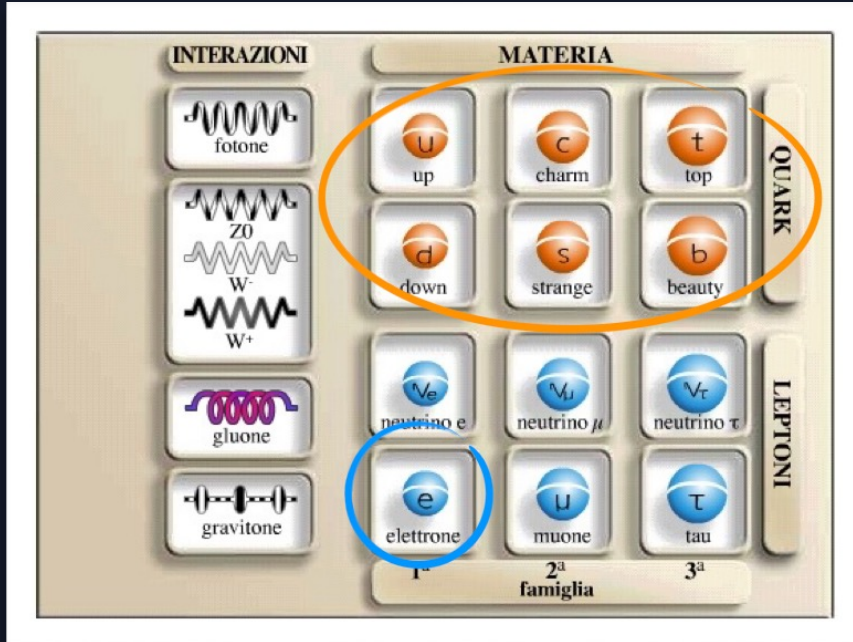


Buchi neri e altri corpi non luminosi

Non bastano, inoltre non può essere tutta materia barionica



Cos'è allora? Una particella?



I barioni sono le particelle composte da 3 quarks (protoni, neutroni, ...).

Noi siamo (quasi tutta) materia barionica.

Ma c'è un limite al contenuto di materia barionica dell'Universo.



Particelle debolmente interagenti



neutrini

Sappiamo che esistono.
Hanno una massa
piccolissima

assioni

Non sono ancora
stati rivelati.
Hanno una massa
piccolissima.

WIMPS

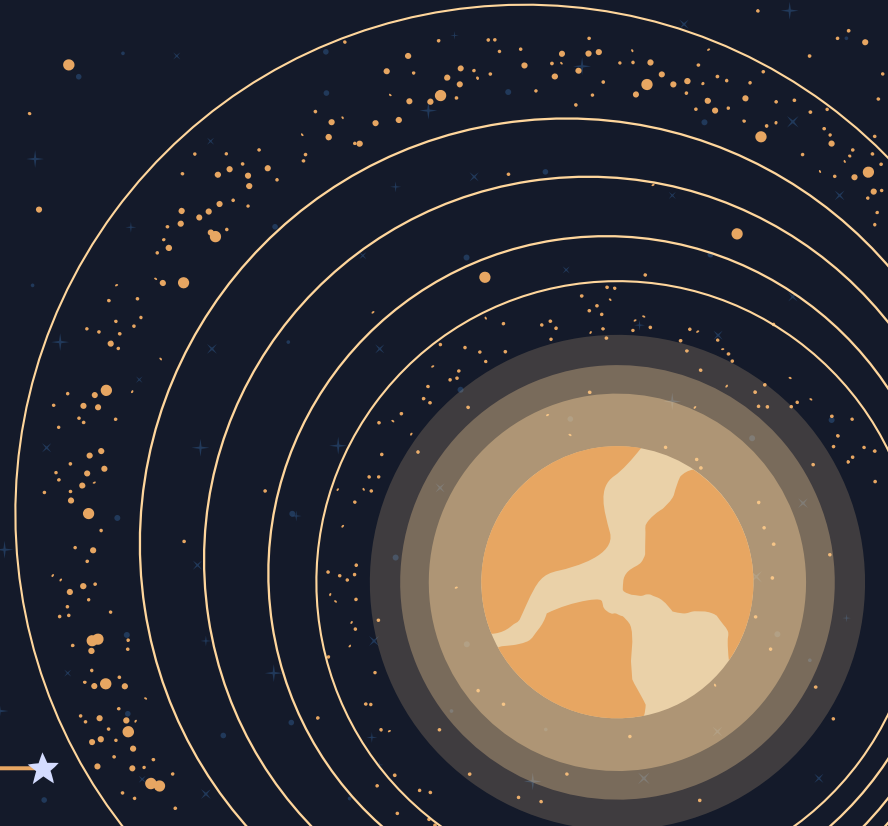
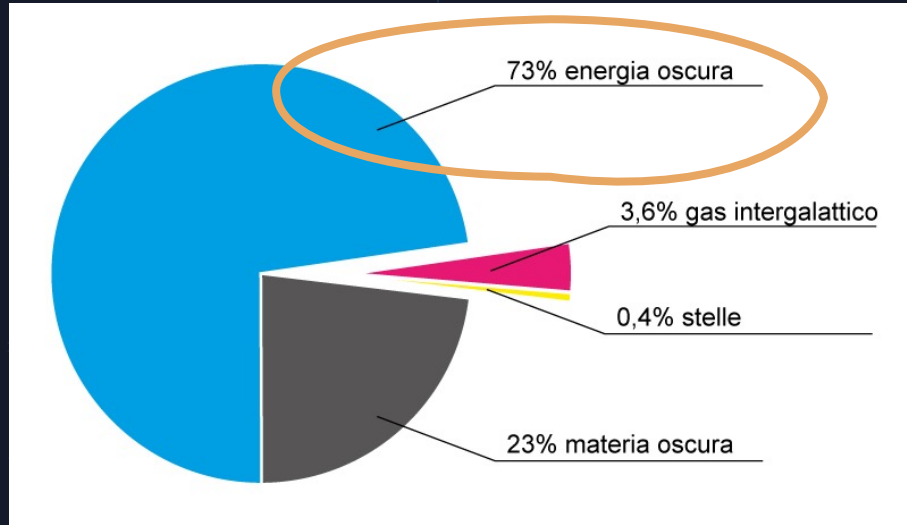
Sono massive.
Non sono ancora
state rivelate.

Altre particelle non ancora
scoperte o ipotizzate

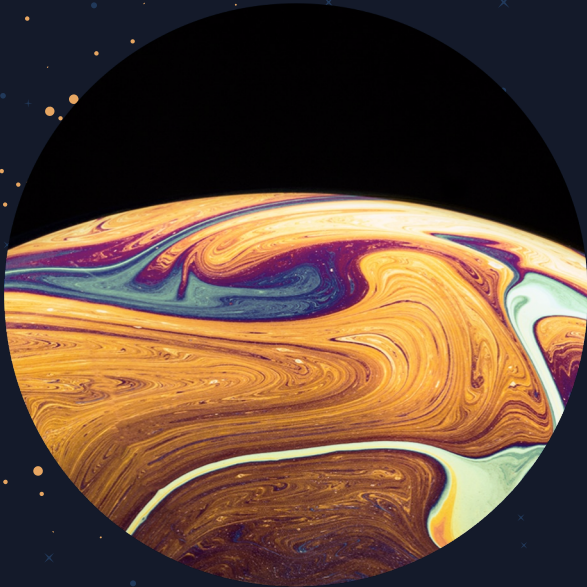
???????



Non dimentichiamo che ...



...c'è anche l'Energia Oscura



La materia oscura è solo una parte dell'enigma del nostro universo.

Addirittura il 73% dell'Universo è costituito da "energia oscura", una sorta di pressione negativa che domina l'evoluzione dell'Universo accelerandone l'espansione.



Come si rivela la materia oscura?

o come ci stiamo provando
da decenni senza riuscirci



Ricerca di materia oscura

Ricerche indirette

Particelle di materia oscura possono scontrarsi e annichilirsi producendo altre particelle note. Queste poi possono essere rivelate da esperimenti nello spazio o a terra.

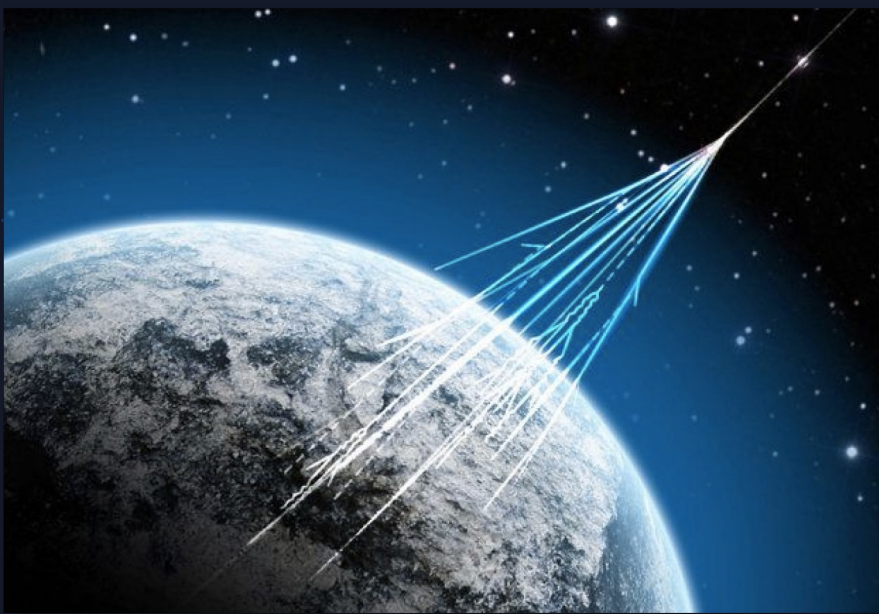
Acceleratori di particelle

Se esiste una particella di materia oscura, essa può essere prodotta nelle collisioni di particelle agli acceleratori come LHC.

Ricerche dirette

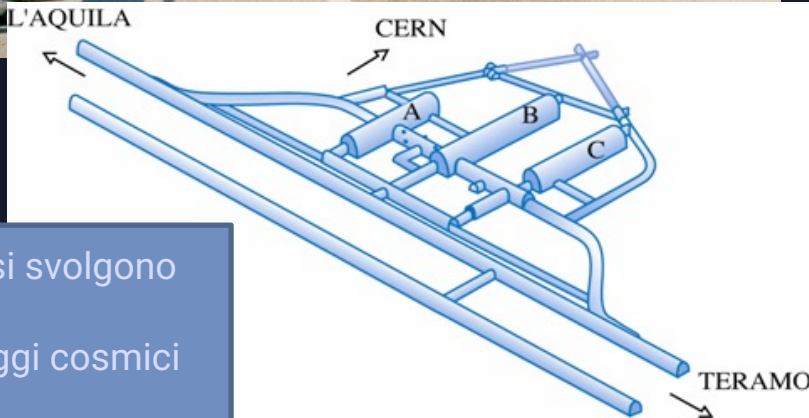
Le particelle di materia oscura possono produrre un segnale diretto in un rivelatore a terra.





I Laboratori Nazionali del Gran Sasso

Si trovano sotto la montagna del Gran Sasso, da 35 anni vi si svolgono esperimenti per rivelare particelle o decadimenti rari. Lo schermo della montagna protegge gli esperimenti dai raggi cosmici che interferirebbero con la misura.



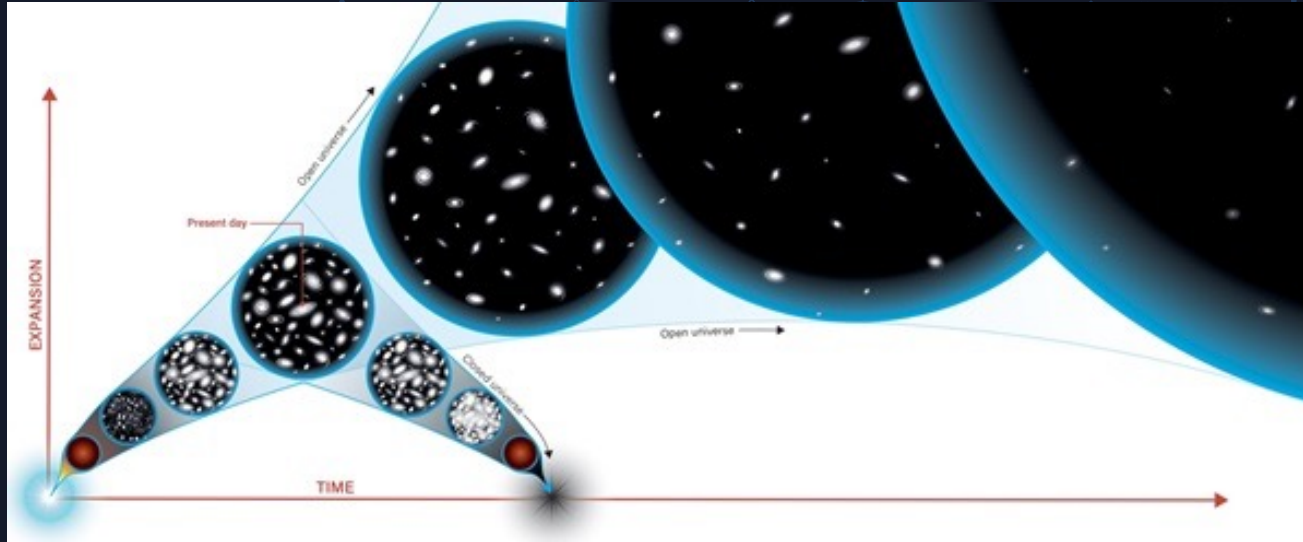
Il destino dell'Universo

In un futuro molto molto lontano...





Espansione o contrazione?



Credits: Astronomy magazine

Big Bang

La teoria più accreditata sulla nascita dell'Universo è che esso si sia formato a partire da uno stato iniziale di altissima densità e temperatura, cui sarebbe seguita una rapida espansione, che dura ancora oggi.

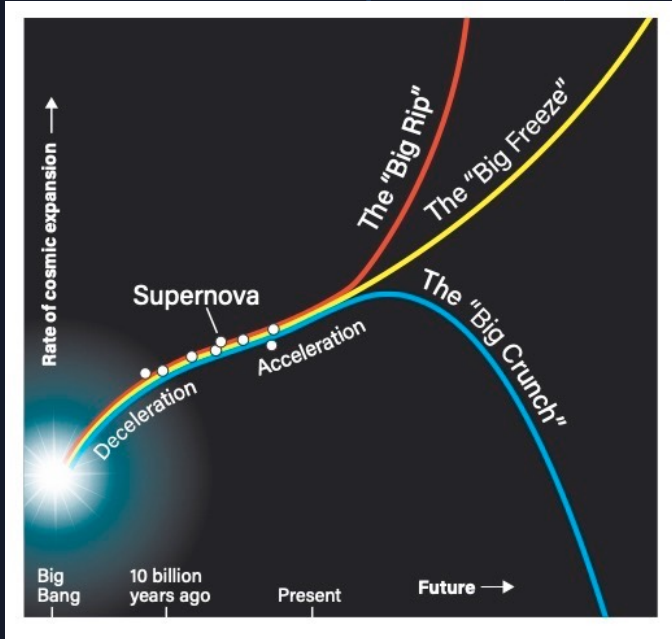
Massa critica

Se l'Universo contenesse sufficiente massa, l'attrazione gravitazionale potrebbe rallentare o addirittura fermare l'espansione, portando a una contrazione dell'Universo su se stesso.





L'Universo è in espansione accelerata



Credits: Astronomy magazine

Premio Nobel per la Fisica 2011

for the discovery of the accelerating expansion of the Universe through observations of distant supernovae

Redshift (Z)

La misura dello spostamento verso il rosso per effetto Doppler della luce delle Supernovae ha permesso di misurare la loro velocità.

Supernovae di tipo IA

Hanno una luminosità standard, quindi possiamo misurare la loro distanza con precisione





Nicole R. Fuller
©2012

Thanks!

Do you have any questions?

claudia.tomei@roma1.infn.it



CREDITS: This presentation template was created by **Slidesgo**, including icons by **Flaticon**, infographics & images by **Freepik**

