

Università degli Studi di Torino
Corso di Laurea Magistrale in Fisica
A.A. 2021-2022



TESI DI LAUREA MAGISTRALI

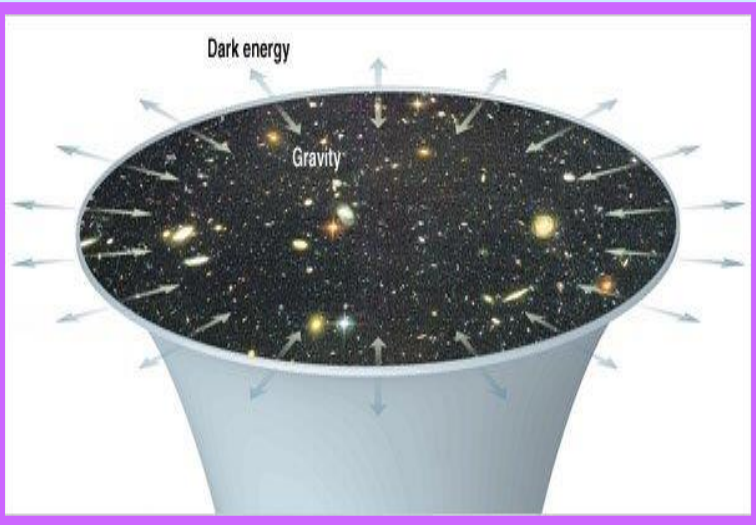
Argomento:

Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

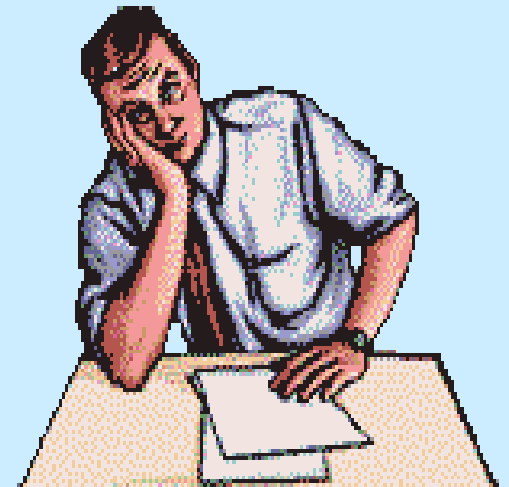
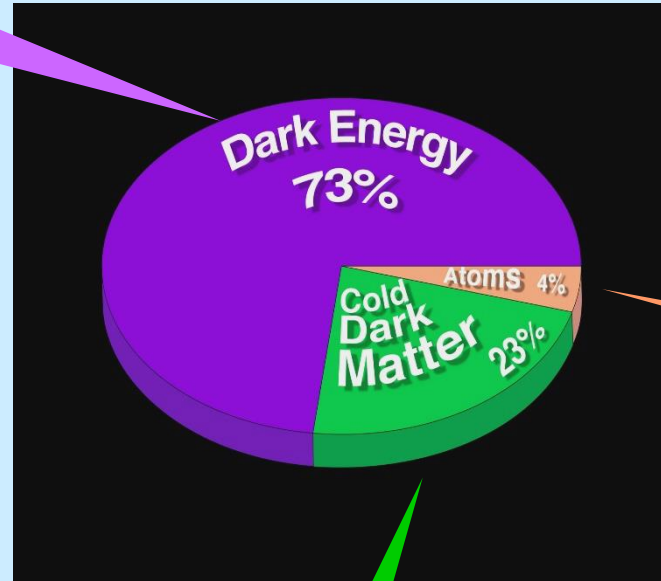
Docenti:

Luisa Ostorero, Antonaldo Diaferio

Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità



Scala: ~ Gpc



Scala:
~10-100 kpc



Scala:
~ Mpc

Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

Dinamica su scala delle galassie

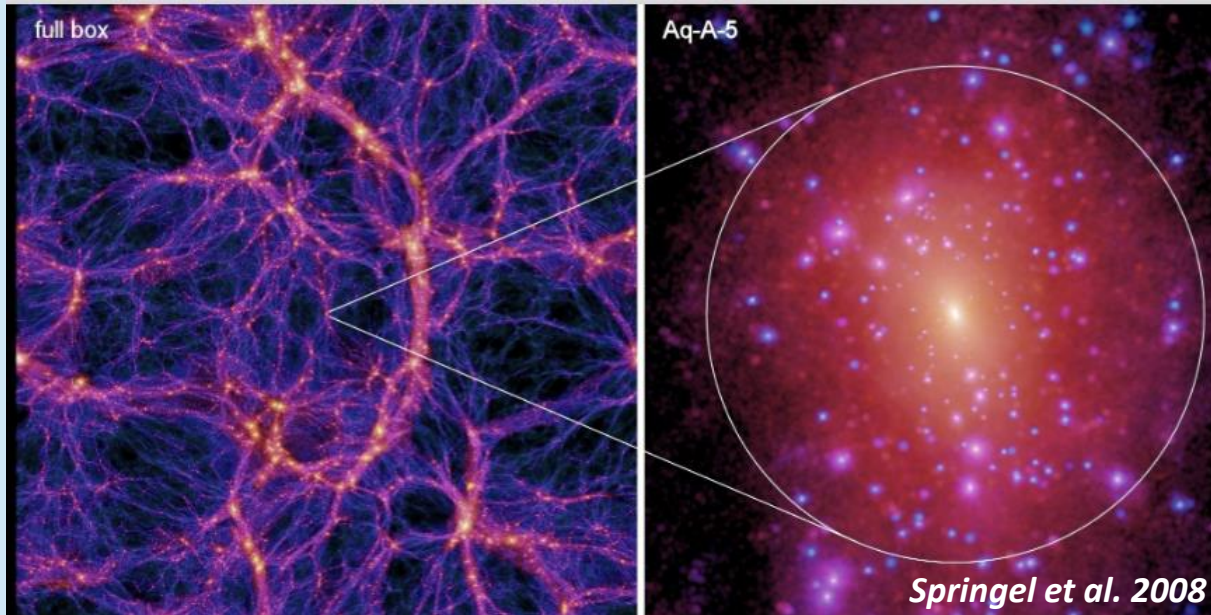
Per spiegare la dinamica delle stelle nelle galassie:
necessari **aloni di materia oscura** (*dark matter*, DM) che “avvolgono” le galassie



Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

Aloni di materia oscura

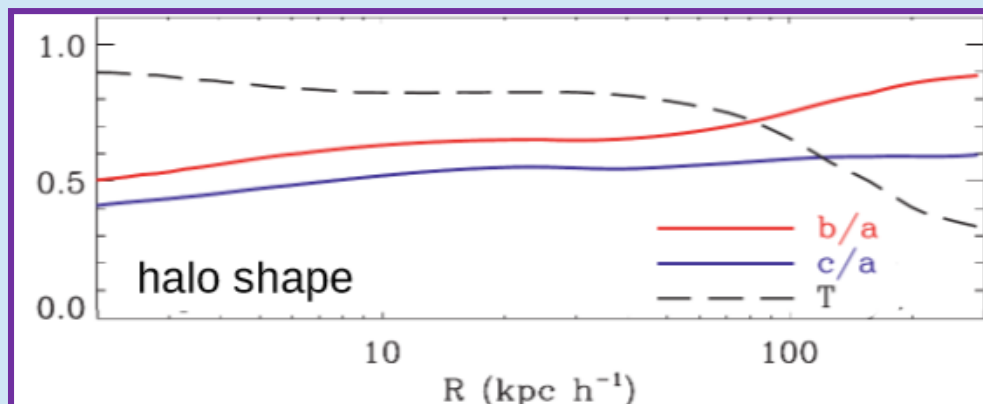
Simulazioni numeriche di formazione delle strutture cosmiche in *Cold Dark Matter (CDM)*



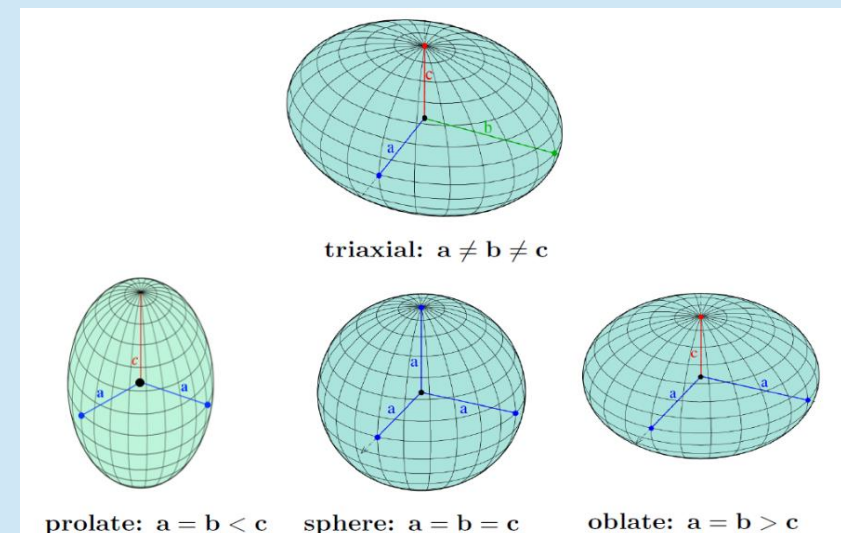
Forma dell'alone galattico

→ dipende da:

- *distanza dal centro*
- *alone considerato*



Vera-Ciro et al. 2011

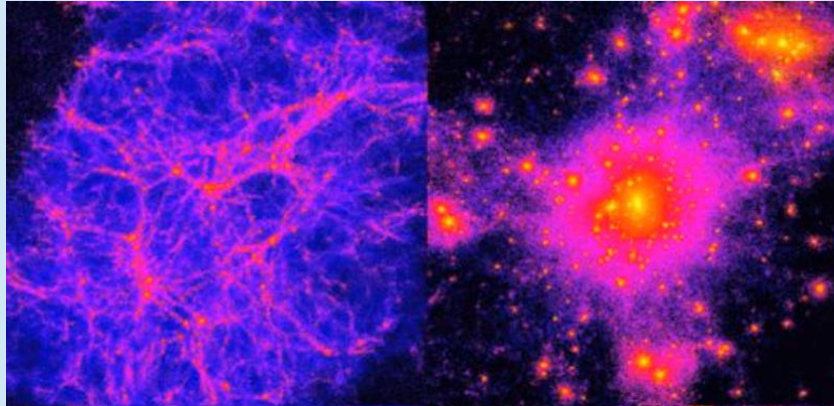


Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

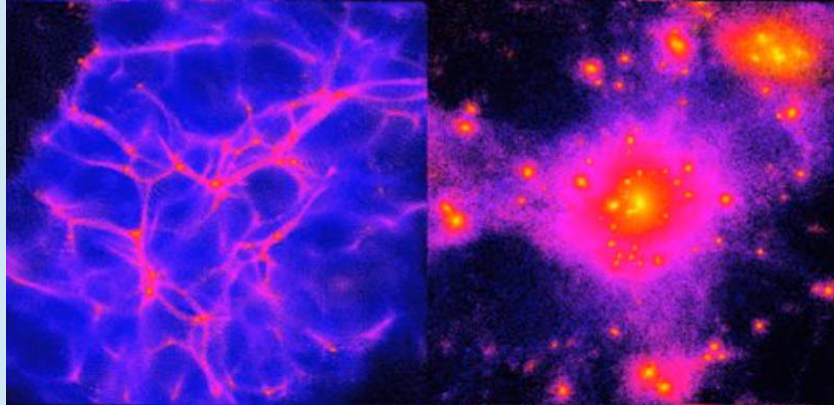
Aloni di materia oscura

Simulazioni numeriche di formazione delle strutture cosmiche con diversi tipi di *Dark Matter*

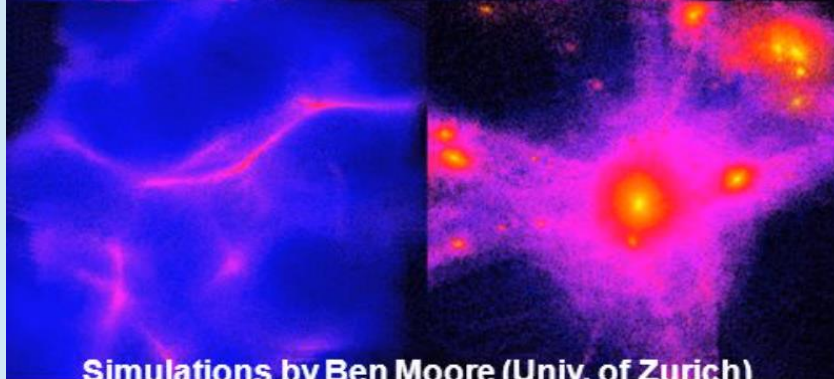
Cold Dark Matter
(WIMPs)



Warm Dark Matter
(CDM+neutrinos)



Hot Dark Matter
(only neutrinos)



Simulations by Ben Moore (Univ. of Zurich)

Forma dell'alone galattico

→ dipende da:

- *distanza dal centro*

- *alone considerato*

- *natura della DM*
(CDM, WDM, HDM, SIDM...)

→ **indicatore delle proprietà della materia oscura**

Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

La Via Lattea: il nostro laboratorio

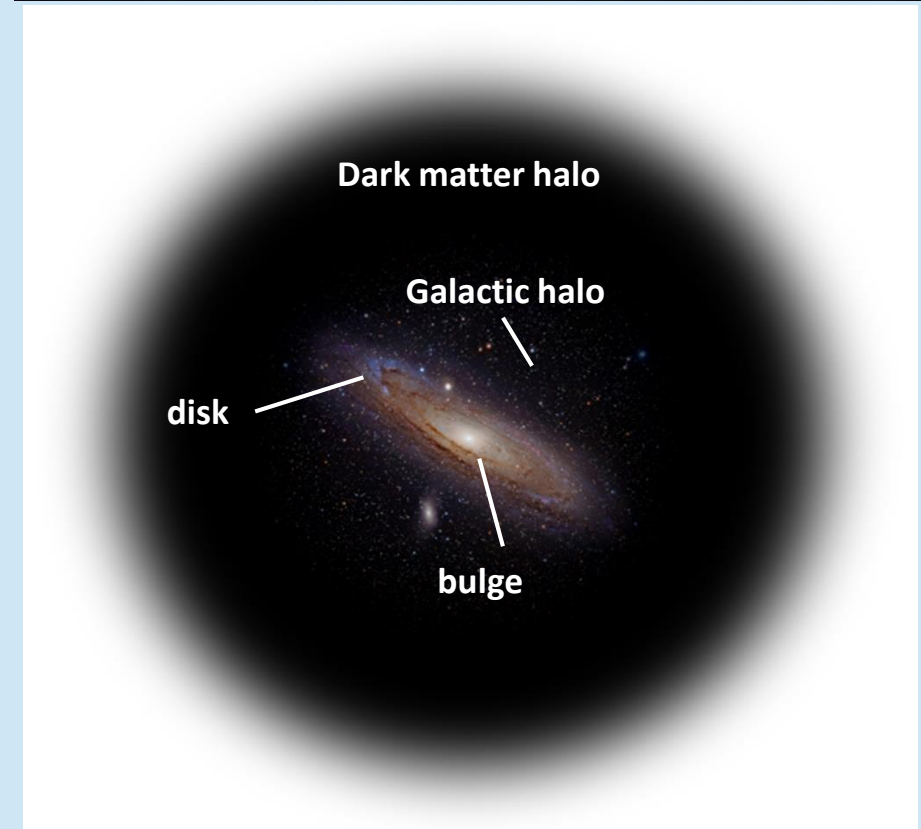
Alone Galattico di materia oscura

Forma vincolabile con diverse sonde del potenziale gravitazionale:

- *Distribuzione e cinematica delle stelle di alone;*
- *Cinematica delle stelle del disco vicine al Sole;*
- *Code mareali di galassie satelliti della Via Lattea e di ammassi globulari;*
- *Distribuzione di galassie satelliti e ammassi globulari;*
- *Rigonfiamento del disco di HI;*
- *Stelle iperveloci.*

→ **Risultati odierni:**

**validi su diverse scale spaziali
e non sempre concordi**



Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

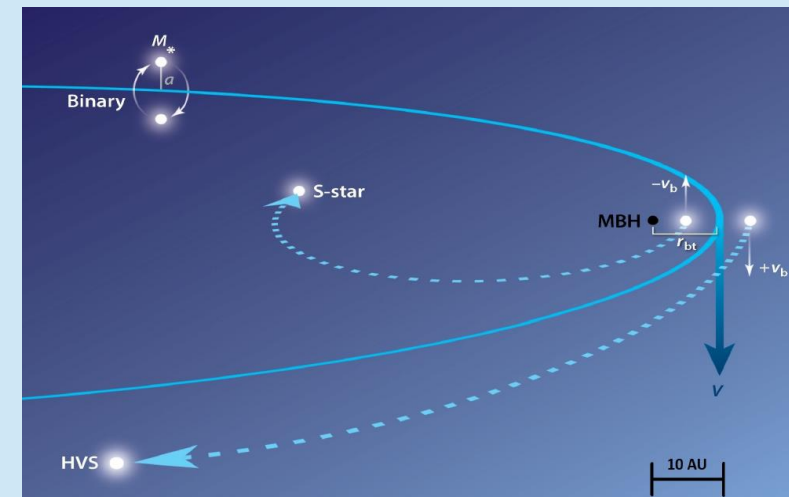
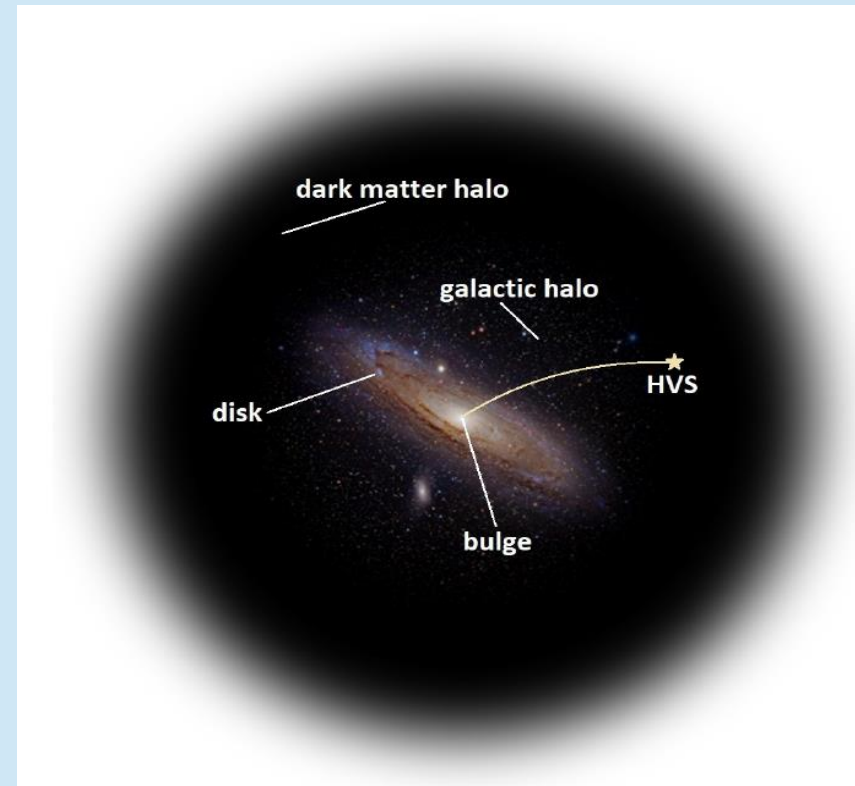
Le stelle iperveloci (Hyper-Velocity Stars, HVS) : la nostra “sonda”

Caratteristiche:

- Previste da Hills (1988): espulsione di stella con $v > v_{\text{esc}}$ dal Centro Galattico in seguito ad interazione di stella binaria con SMBH
- Confermate da Brown (2005)
- Diversi possibili meccanismi di espulsione
- Campione odierno: ~ 80 stelle ($d_{\text{GC}}=5\text{-}110$ kpc; $v_{\text{GC}}=85\text{-}1755$ km/s)

Utilizzo:

- Sonda del potenziale gravitazionale Galattico su un ampio intervallo di distanze (10-100 kpc)



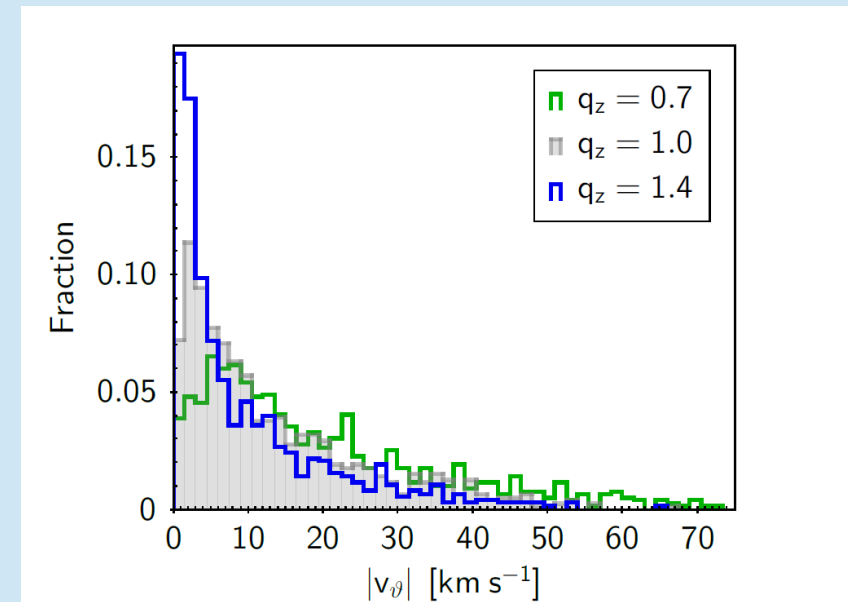
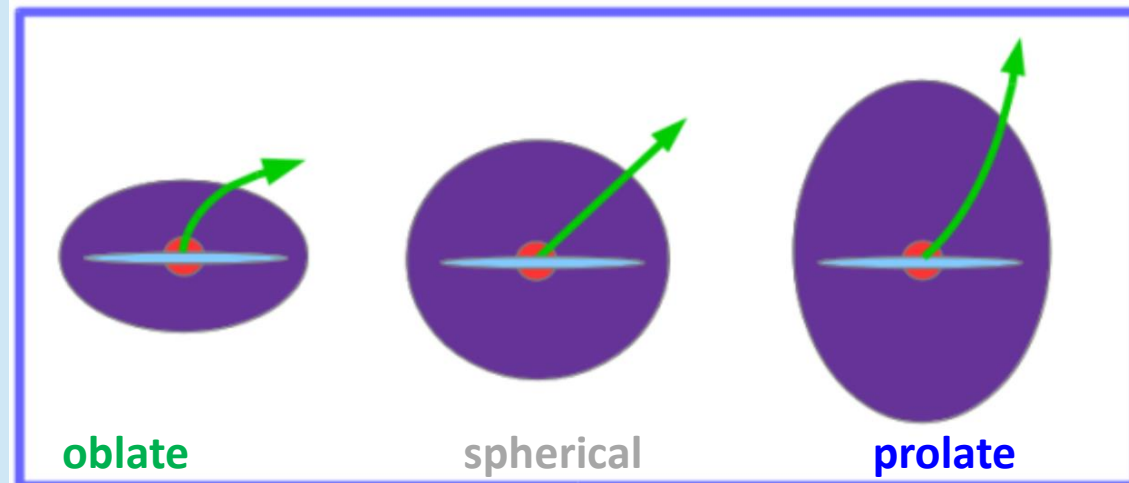
Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

Le stelle iperveloci (Hyper-Velocity Stars, HVS) : la nostra “sonda”

Vincolo alla forma dell'alone oscuro

- Simulazione di espulsione di HVS dal Centro Galattico e calcolo delle loro traiettorie in aloni di diversa forma
→ diversa distribuzione di velocità tangenziali
- Elaborazione di un metodo statistico per vincolare la forma dell'alone a partire dalla distribuzione delle velocità tangenziali di un campione di HVS [Gallo et al. 2022]

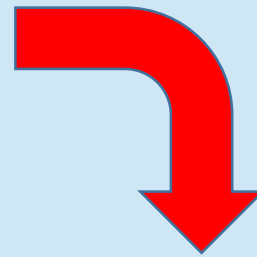
→ Studi preparatori per la futura missione astrometrica *Theia*, con precisione del microarcosecondo (μas) sulle posizioni delle stelle.



Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

E se la materia oscura non esistesse?

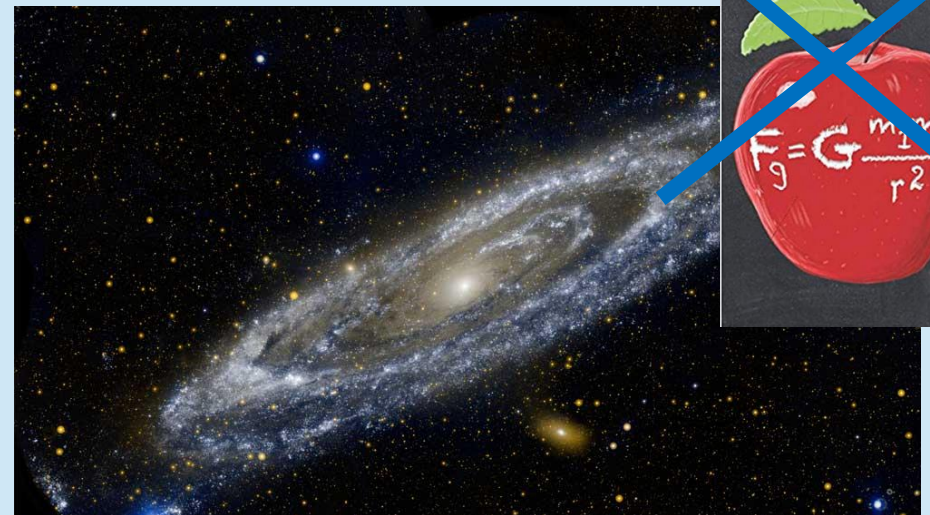
Aloni di materia oscura (*dark matter*, DM)



Modifiche della teoria di gravità

Galassie:

- sistemi privi di materia oscura
- modifiche alla legge di Newton, p.es. in regimi di bassa densità o bassa accelerazione



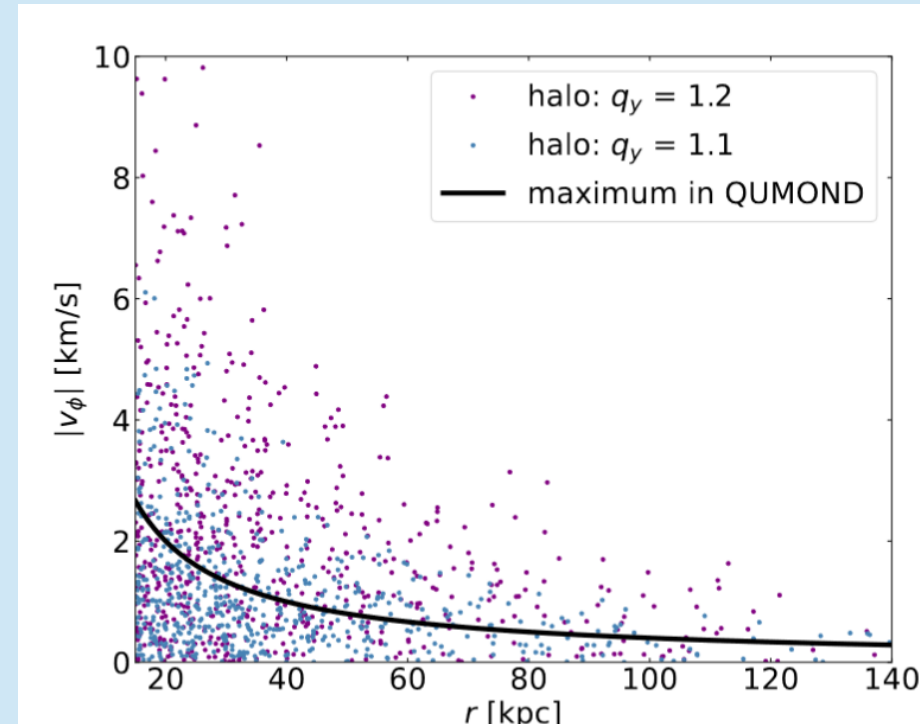
Dinamica della Via Lattea e teorie di gravità

Le stelle iperveloci (Hyper-Velocity Stars, HVS) : la nostra “sonda”

Test di validità di teorie di gravità non Newtoniane

Es. Modified Newtonian Dynamics
(MOND; Milgrom 1983) $\rightarrow a_0$

- Calcolo delle traiettorie di campioni di HVS simulate in MOND
 \rightarrow limite superiore alle velocità azimutali delle HVS in MOND
- Elaborazione di un test per distinguere MOND dal modello Newtoniano con alone di materia oscura [Chakrabarty et al. 2022]



Chakrabarty, Ostorero et al. 2022

\rightarrow Studi preparatori per la futura missione astrometrica *Theia*, con precisione del microarcosecondo (μas) sulle posizioni delle stelle.