

# DARK MATTER

**Metodi Indiretti per la rilevazione di DM**

GRUPPO 4

Angela Antonucci, Lucia E. Battistella, Laura Cettolo, Irene Foresti, Maria  
Pisaroni, Enrica Plano, Alessandro Vlora

# Il metodo dell'insegnante

## COSA SAPPIAMO

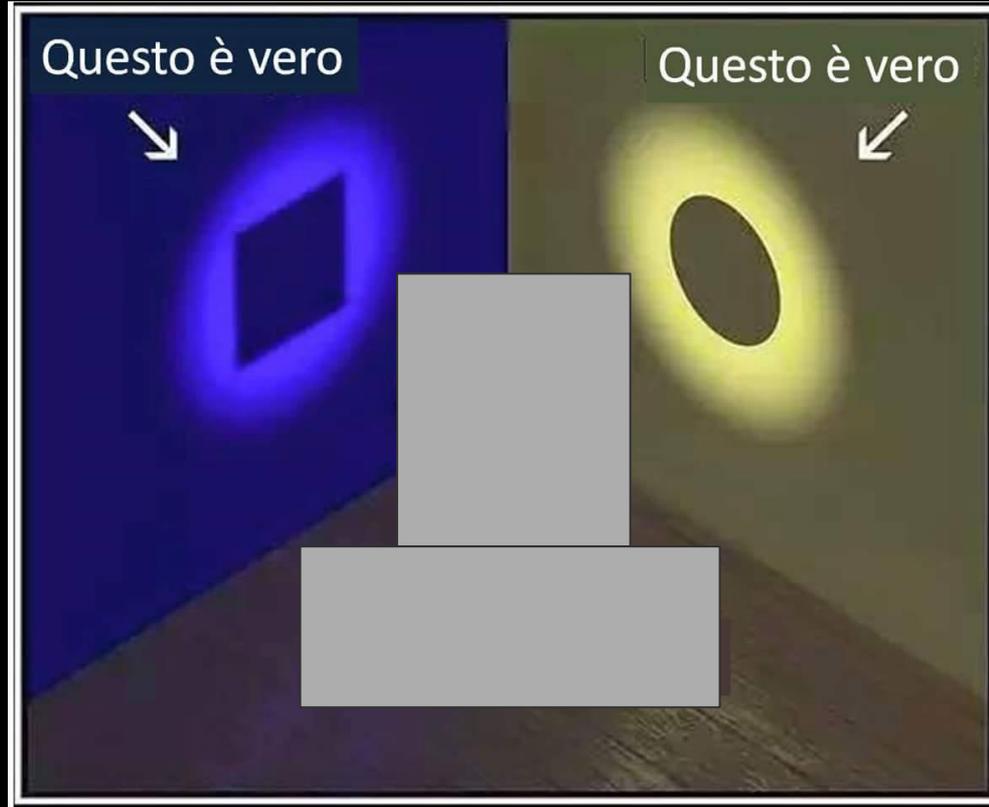
- ✓ I raggi cosmici
- ✓ L'antimateria e il fenomeno dell'annichilazione
- ✓ Modello Standard
- ✓ Spettrometria

## COSA VEDREMO

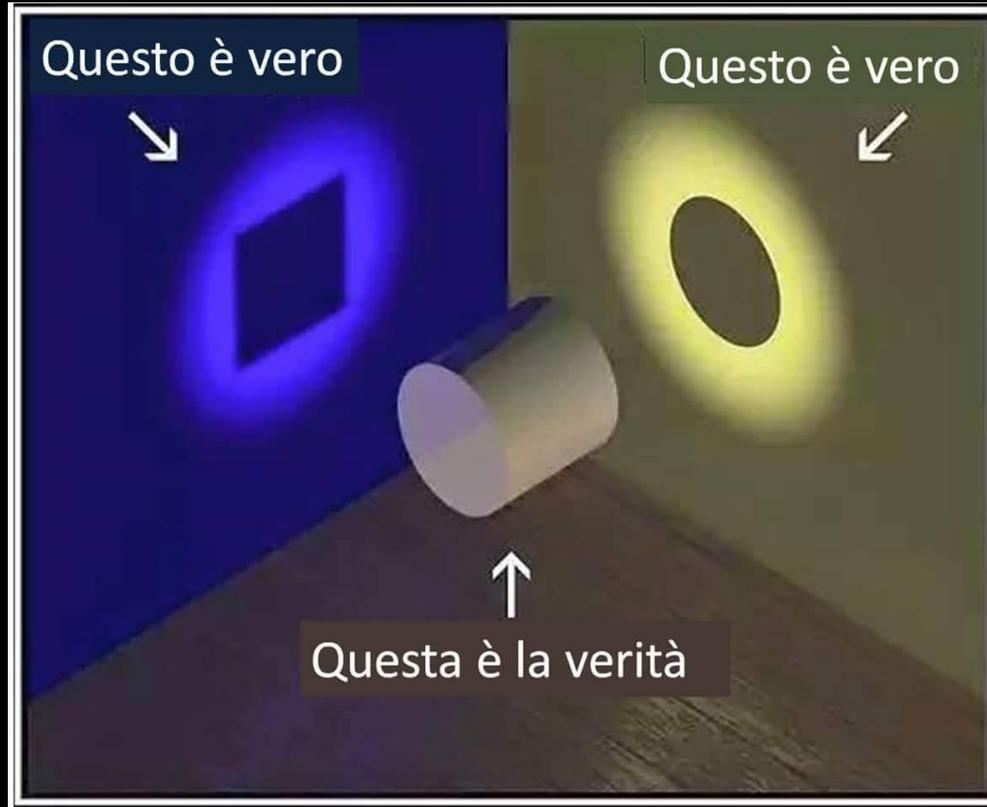
- ✓ Metodo indiretto di rivelazione
- ✓ Esperimenti nello spazio



# Il metodo del ricercatore



# Il metodo del ricercatore



# Rivelazione indiretta della materia oscura

La materia oscura può essere rivelata anche indirettamente.

Due particelle che interagiscono debolmente (Wimp: Weakly Interacting Massive Particle) nella galassia, possono infatti annichilarsi producendo due particelle del Modello Standard



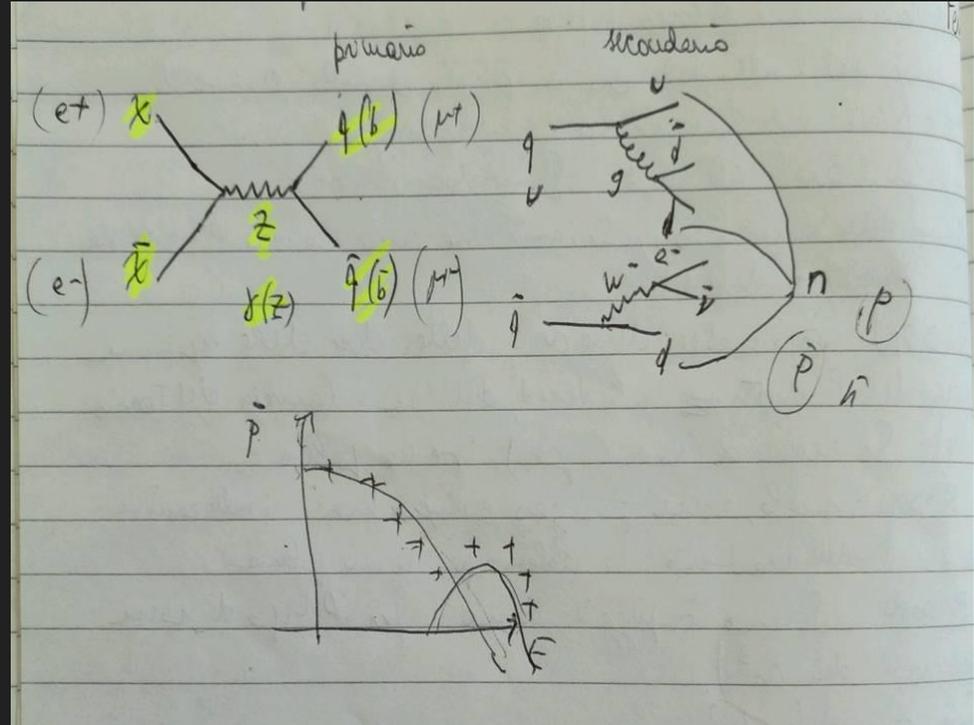


# Quali particelle cerchiamo?



Tra tutti i prodotti dei possibili decadimenti si cercano alcune particelle in particolare

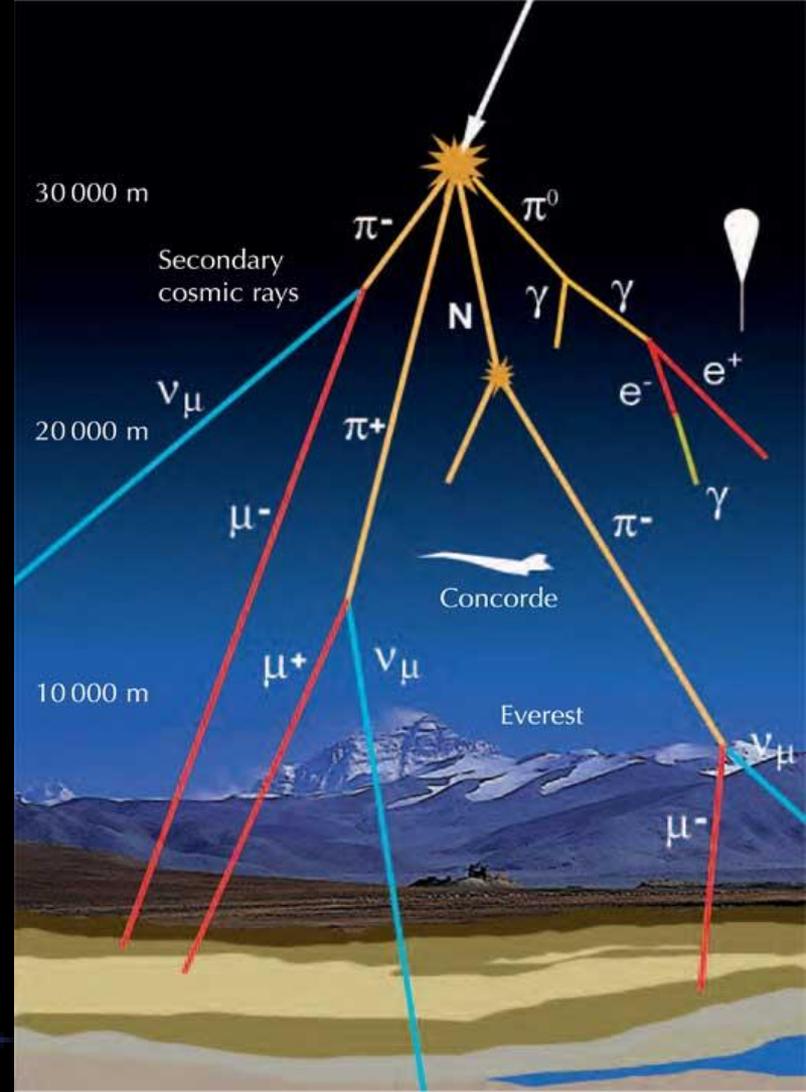
- ★ Raggi gamma (fotoni ad alta energia)
- ★ Positroni e antiprotoni (rimangono stabili, cioè non decadono ulteriormente)



# Perchè nello spazio?

Gli esperimenti vengono condotti nello spazio per evitare le interazioni con l'atmosfera.

Infatti i raggi cosmici attraversando l'atmosfera interagiscono con essa producendo sciami di particelle simili a quelle cercate.



Queste particelle provenienti dallo spazio vengono rivelate mediante strumenti posti a bordo di satelliti.



# Il metodo di indagine

Queste particelle sono prodotte anche dall'interazione dei raggi cosmici con il materiale interstellare.

Come distinguere le particelle prodotte dalla DM da quelle prodotte da materia ordinaria?

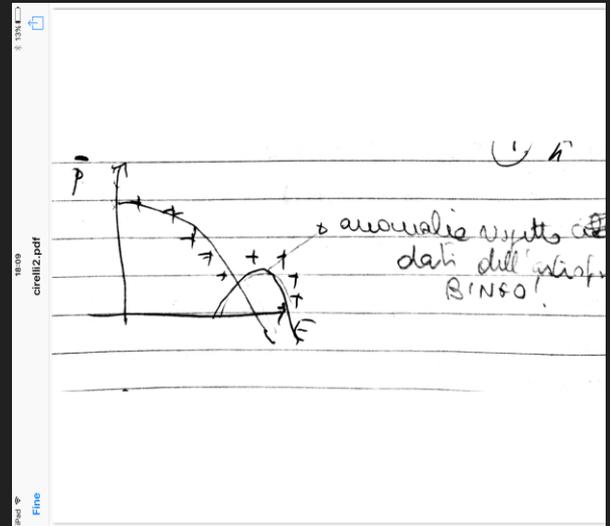
★Cerchiamo particelle rare, quindi **ANTIMATERIA** (positroni e antiprotoni)

★Stabiliamo quante particelle ci aspettiamo di trovare provenienti da materia ordinaria in base alle previsioni dell'astrofisica **FONDO**

★Ricerchiamo un' **ANOMALIA** delle misure rispetto ai dati previsti



Ma c'è un problema!



# La missione spaziale PAMELA

Payload for Antimatter Matter Exploration and Light Nuclei Astrophysics

Il modulo di ricerca PAMELA, in orbita dal giugno del 2006

★E' frutto di una collaborazione tra l'I.N.F.N. e l'Agenzia Spaziale Russa e istituti di ricerca russi, con la partecipazione dell'Agenzia Spaziale Italiana.

★A bordo sono installati dei rivelatori di particelle.

★Orbita attorno alla Terra, a un'altezza tra 350 e 600 chilometri.

★Studia i raggi cosmici e la loro componente di antimateria.



# La missione spaziale PAMELA

Payload for Antimatter Matter Exploration and Light Nuclei Astrophysics

Il modulo di ricerca PAMELA, in orbita dal giugno del 2006

★E' frutto di una collaborazione tra l'I.N.F.N. e l'Agenzia Spaziale Russa e istituti di ricerca russi, con la partecipazione dell'Agenzia Spaziale Italiana.

★A bordo sono installati dei rivelatori di particelle.

★Orbita attorno alla Terra, a un'altezza tra 350 e 600 chilometri.

★Studia i raggi cosmici e la loro componente di antimateria.



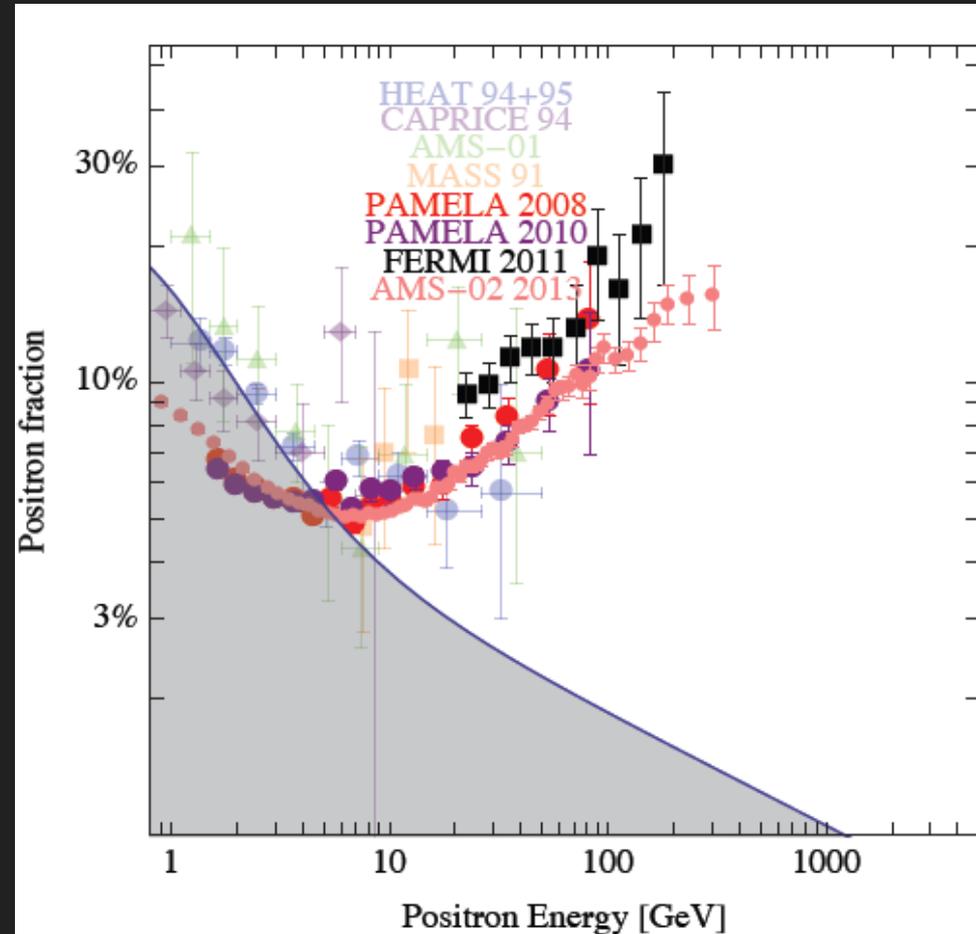
# Risultati

Trova un eccesso di positroni che potrebbe provenire da Materia Oscura annichilata.

## CRITICHE

È possibile anche la provenienza da pulsar.

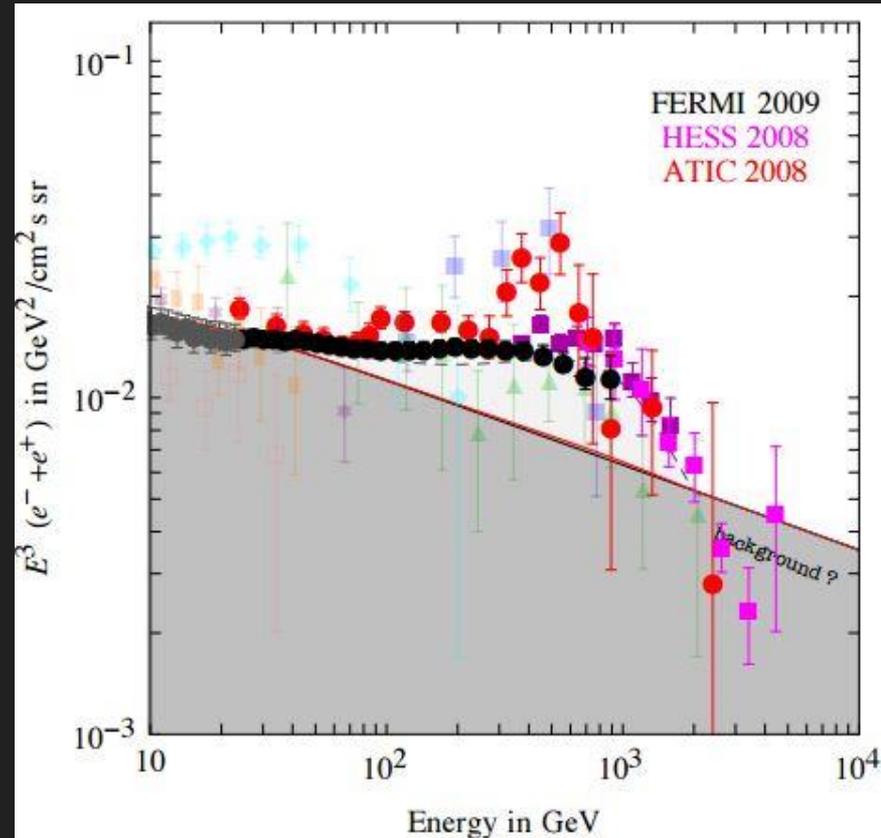
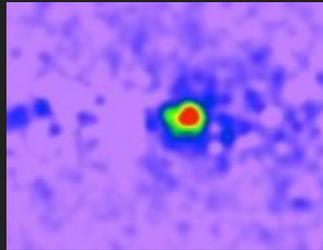
E' in disaccordo con la teoria che prevede che un eccesso di positroni è accompagnato da un eccesso di antiprotoni che Pamela non vede.



# La missione spaziale FERMI

Gamma - Ray Space Telescope -2008

- ★ Misura con più precisione l'eccesso di positroni rispetto a quanto visto da Pamela.
- ★ Vede un eccesso di raggi gamma (2014) proveniente dal centro della Via Lattea.



# Sono un segnale di materia oscura?



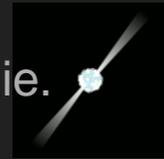
# Le critiche...

- ★ Se questo segnale arrivasse dalla materia oscura, secondo i calcoli teorici, le WIMP dovrebbero avere una massa circa 30 volte quella di un protone (30-35 GeV) e quindi gli esperimenti di misura diretta avrebbero già dovuto trovarle.

Potrebbe esistere un quinto tipo di interazione, non conosciuta?

- ★ Provengono da una pulsar che fa una rotazione ogni 0,001 s

.... ma le pulsar note non producono raggi gamma a queste energie.



Esiste quindi una nuova classe di pulsar?



# Come trovare altre prove a favore? ...Idee



Se lo stesso segnale arrivasse anche dalle galassie nane (intorno alla Via Lattea) che presentano molta materia oscura, sarebbe una prova a favore dell'ipotesi che il picco di raggi gamma osservato sia originato dalla materia oscura.

Problema: sono galassie difficili da studiare perché emettono poca luce

**Finora non si è visto nulla**



# La missione spaziale AMS-02

## Alpha Magnetic Spectrometer

- ★ Posizionata su International Space Station, AMS (Alpha Magnetic spectrometer).
- ★ è un rivelatore di raggi cosmici.
- ★ l'apparato è, tra l'altro, costituito da:
  - rivelatori a silicio per il tracciamento di particelle
  - un magnete capace di deflettere le particelle entranti in direzioni opposte a seconda del segno della loro carica.



# La missione spaziale AMS-02

Alpha Magnetic Spectrometer

Principali ricerche di AMS-02 :

- ★ Antimateria.
- ★ Studi di precisione dei Raggi Cosmici.
- ★ Materia Oscura; Raggi  $\gamma$ .



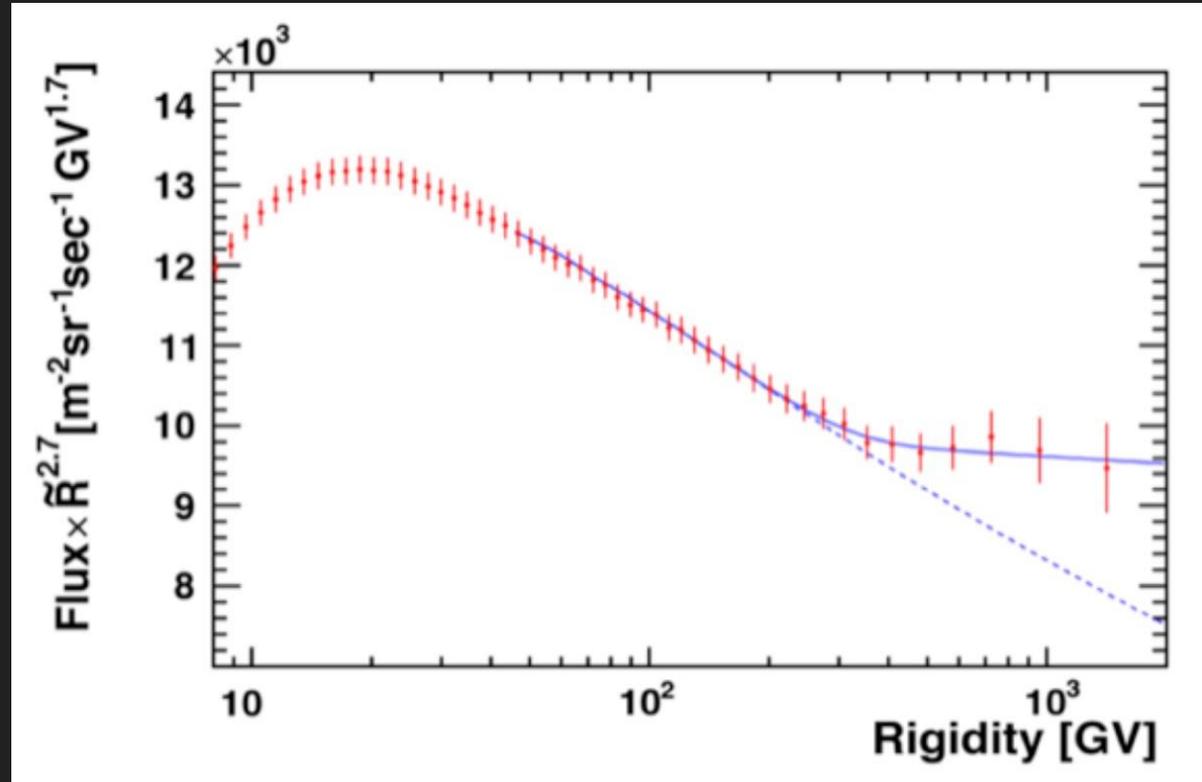
# AMS-02 : dati sperimentali

Alpha Magnetic Spectrometer

Linea continua: dati sperimentali

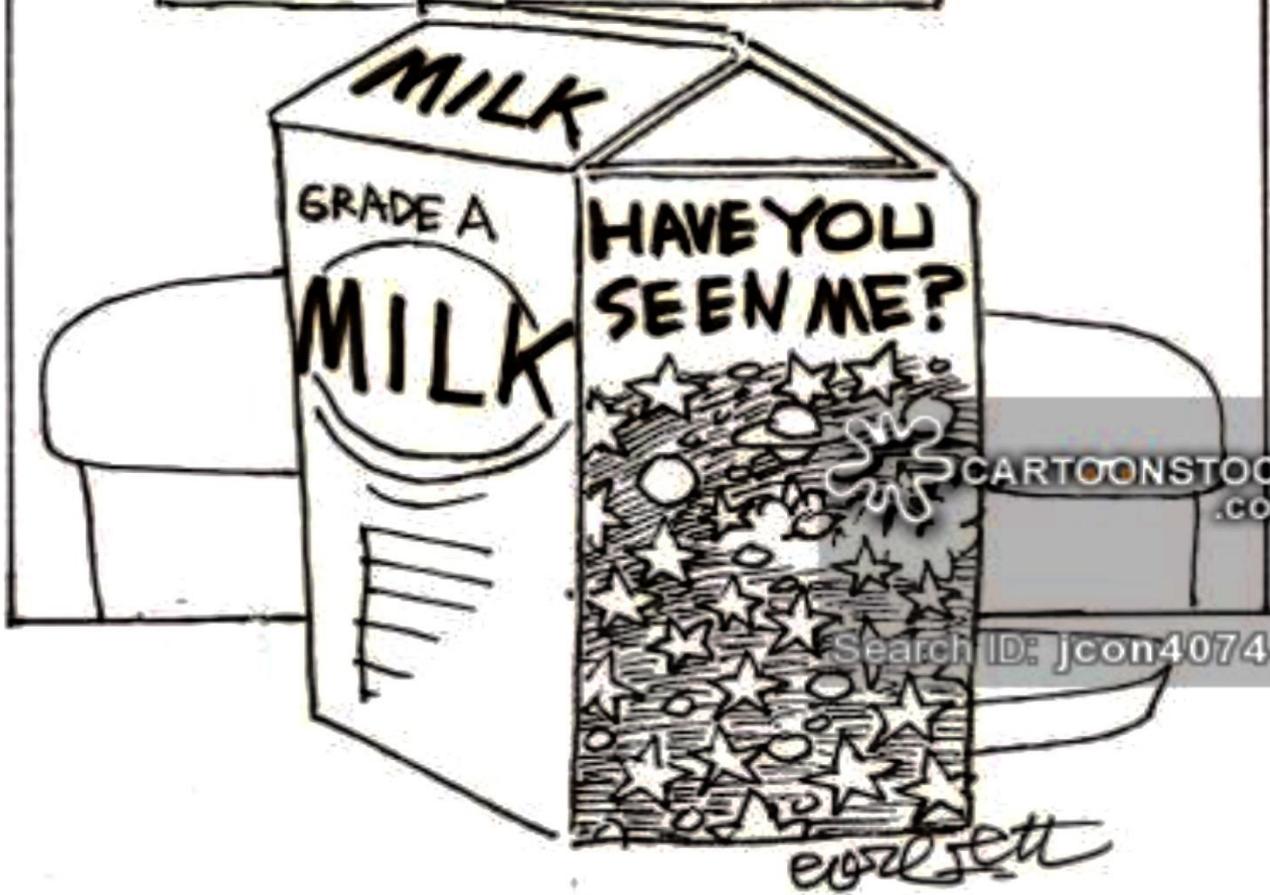
Linea tratteggiata: dati teorici

Rigidità=  
momento/carica





MISSING DARK MATTER!



CARTOONSTOCK.com

Search ID: jcon4074

eozjet

GRAZIE PER L'ATTENZIONE :-)

... e arrivederci al terzo livello!



DM  
Complementari... ma!

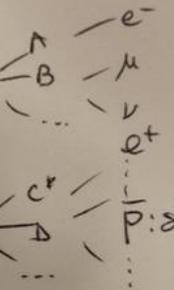
doc. A  
LUCIA

doc. B  
ENEICA

CERN

stud. A

stud. B



docenti che interagiscono poco con il mondo materiale ...

... ma alcuni studieranno fisica... qualcuno lavorerà al CERN!

non visibile ... MA...

Statisticamente  
=> si osservi un  $\frac{\Delta F}{P}$

aumento di 1 (evento raro ...)

che proviene da DM!

-> DM E!

# LINK

Generale: <http://www.asimmetrie.it/images/stories/archivio-neri-passati-pdf/asimmetrie-4-HR.pdf>

[https://indico.cern.ch/event/507258/contributions/2237959/attachments/1331421/2001902/MarcoCirelli\\_italian\\_teachers\\_lecture\\_2016.1.pdf](https://indico.cern.ch/event/507258/contributions/2237959/attachments/1331421/2001902/MarcoCirelli_italian_teachers_lecture_2016.1.pdf)

Raggi cosmici: <http://www.extremetech.com/extreme/207353-cosmic-ray-induced-radiation-powered-life-in-subsurface-pockets-of-the-universe>

Dark Matter: <https://home.cern/about/physics/dark-matter>

[http://www.lescienze.it/news/2015/04/16/news/ams\\_indizi\\_materia\\_oscura\\_antiprotoni-2568094/](http://www.lescienze.it/news/2015/04/16/news/ams_indizi_materia_oscura_antiprotoni-2568094/)

<http://www.inaf.it/it/campi-di-attivita/astrofisica-relativistica-e-particellare/origine-dei-raggi-cosmici-e-materia-oscura>

[http://www.lescienze.it/news/2014/04/17/news/materia\\_oscura\\_annichilazione\\_centro\\_via\\_lattea-2104855/](http://www.lescienze.it/news/2014/04/17/news/materia_oscura_annichilazione_centro_via_lattea-2104855/)

Le stazioni spaziali:

Pamela: [http://scienzapertutti.lnf.infn.it/index.php?option=com\\_content&view=article&id=942%3Aesperimento-pamela&Itemid=395](http://scienzapertutti.lnf.infn.it/index.php?option=com_content&view=article&id=942%3Aesperimento-pamela&Itemid=395)

<http://www.media.inaf.it/2011/11/29/qualcosa-non-torna/http://pamela.roma2.infn.it/index.php>

<http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.116.241105>

Pamela: <http://pamela.roma2.infn.it/index.php>

Fermi: <http://fermi.gsfc.nasa.gov/>

AMS: <http://home.cern/about/experiments/ams>

<http://www.ams02.org/>

[https://indico.cern.ch/event/405876/sessions/162886/attachments/1167833/1684388/SoniaNatale\\_TeachersPres\\_IT\\_9ott2015.pdf](https://indico.cern.ch/event/405876/sessions/162886/attachments/1167833/1684388/SoniaNatale_TeachersPres_IT_9ott2015.pdf)

Onde gravitazionali e materia oscura: [http://www.repubblica.it/scienze/2016/06/28/news/materia\\_oscura\\_onde\\_gravitazionali-143014533/](http://www.repubblica.it/scienze/2016/06/28/news/materia_oscura_onde_gravitazionali-143014533/)

Varie: <https://www.theguardian.com/science/punctuated-equilibrium/2011/may/03/1>

Video: [https://www.youtube.com/watch?v=GOJscqquXNQ&feature=player\\_embedded](https://www.youtube.com/watch?v=GOJscqquXNQ&feature=player_embedded)

[https://www.youtube.com/watch?v=pZGbopE-X2k&feature=player\\_embedded](https://www.youtube.com/watch?v=pZGbopE-X2k&feature=player_embedded)