

Fisica delle Particelle, dopo il bosone di Higgs

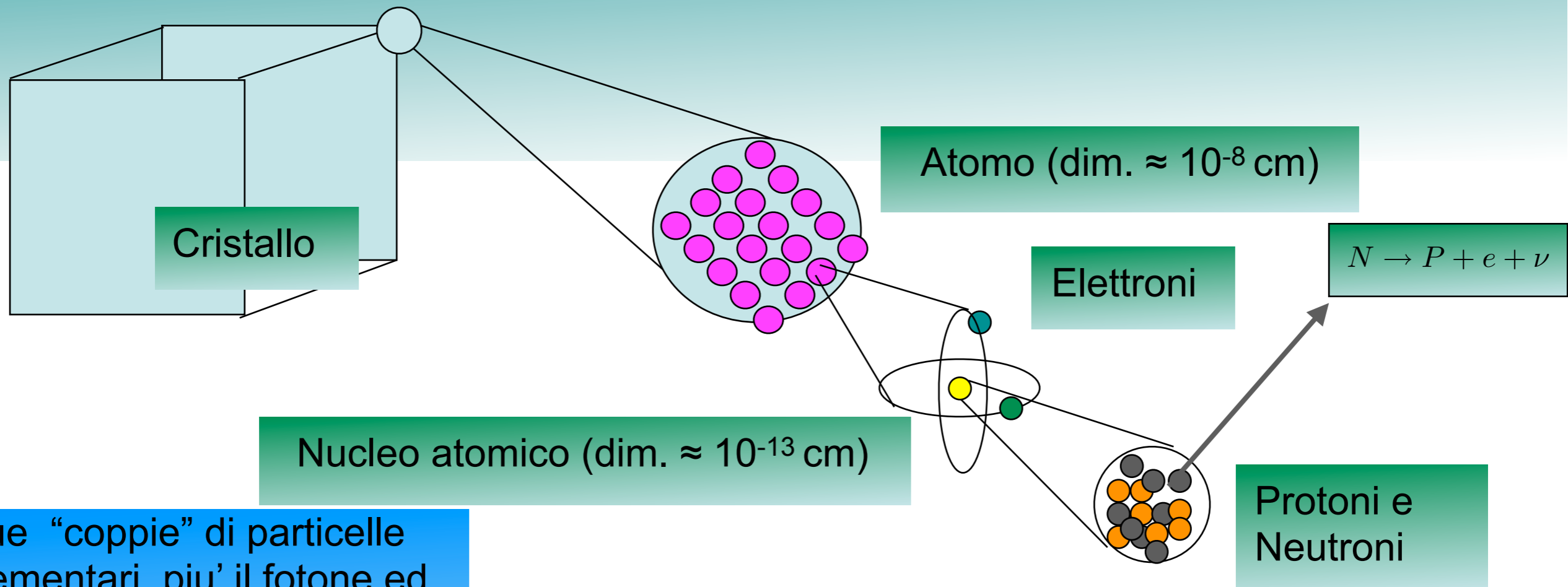
Luciano Maiani

Cattedra E. Fermi, Sapienza Università di Roma

Accademia Nazionale dei Lincei

13 febbraio, 2015

1. L'immagine della materia negli anni 1930

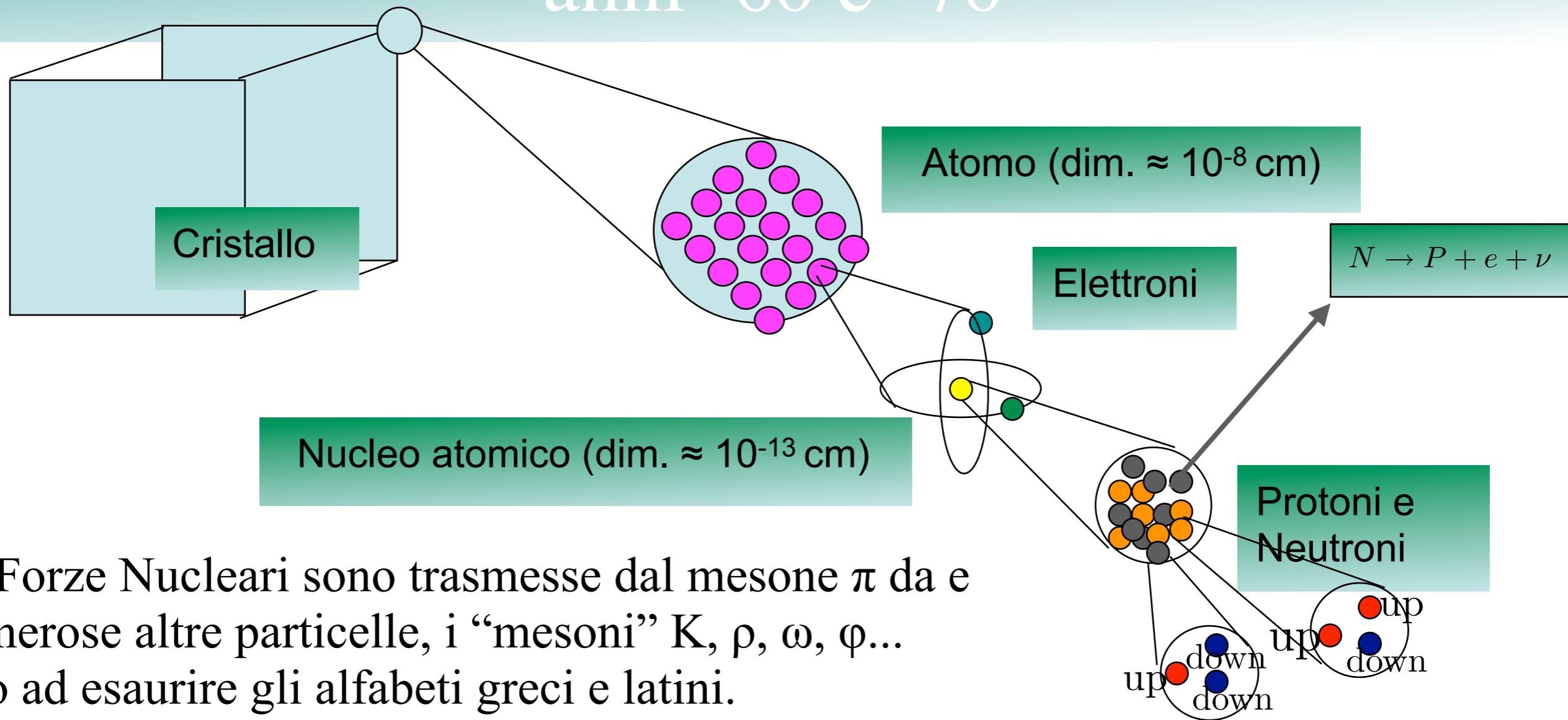


Due "coppie" di particelle elementari, piu' il fotone ed il mesone di Yukawa possono spiegare tutto il mondo osservato?

$$\begin{pmatrix} P \\ N \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} \nu \\ e \end{pmatrix} \quad \gamma \quad \pi ?$$

H. Yukawa. Le Forze Nucleari sono trasmesse da una particella di massa ≈ 200 volte la massa dell' elettrone : il mesone π

..e il nuovo livello di realta' conquistato negli anni '60 e '70



Three Quarks for Master Mark!
Gell-Mann, 1963, ripreso da
Finnegan's Wake di James Joyce

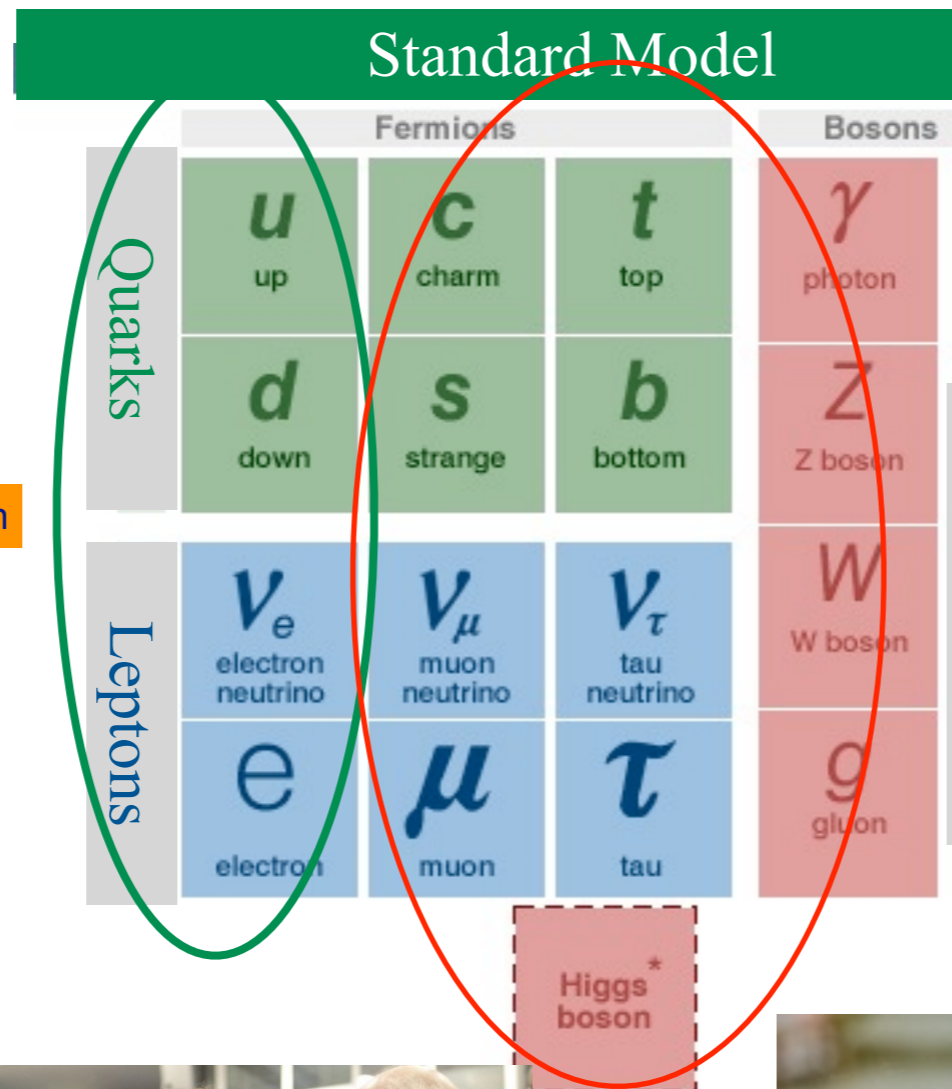
Le Forze Nucleari sono trasmesse dal mesone π da e numerose altre particelle, i “mesoni” K , ρ , ω , ϕ ... fino ad esaurire gli alfabeti greci e latini. E ci sono anche nuovi tipi di particelle pesanti, Λ , Σ ... Barioni e Mesoni sono anche loro costituiti da quark, (qqq) e (q-anti q) rispettivamente, e includono un terzo tipo di quark, il quark *strano*.

Costituenti della materia e Forze Fondamentali, 2015



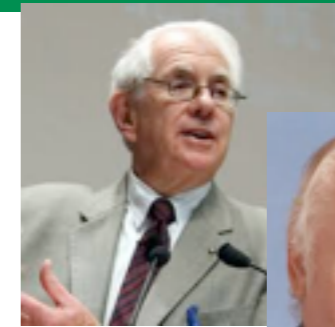
Murray Gell-Mann

Quark e leptoni più leggeri sono i costituenti della materia ordinaria

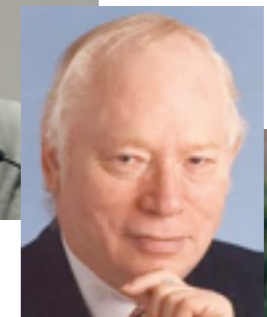


Tranne il fotone, sono tutte particelle instabili: che ruolo hanno nell'Universo?

Force particles



Sheldon Glashow



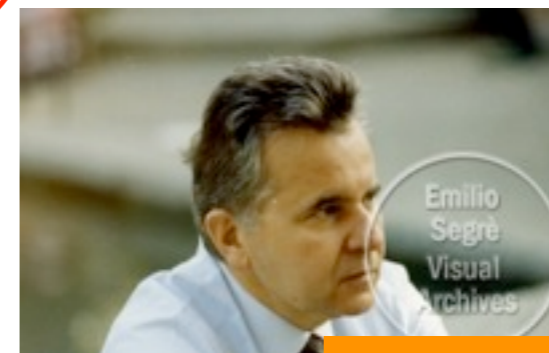
Steven Weinberg



Abdus Salam
@ ICTP Trieste



Robert Englert e Peter Higgs



Nicola Cabibbo



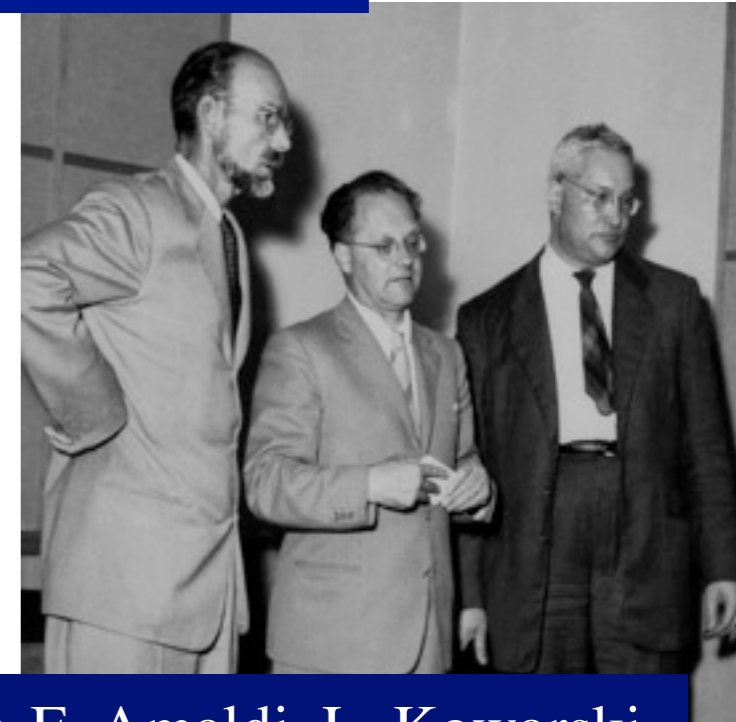
Carlo Rubbia

Il CERN è stato lo strumento cruciale per lo sviluppo della fisica delle particelle nel nostro continente.
E' nato dalla visione di alcuni scienziati e uomini politici illuminati
Fondato nel 1954, oggi e' il Laboratorio base per la Fisica delle Particelle Elementari in Europa.

".. a laboratory or institution where it would be possible to do scientific work, but somehow beyond the framework of the different participating states.

...(the laboratory) could ... undertake tasks which, by virtue of their size and cost, were beyond the scope (of national laboratories) "

(L. De Broglie, 1949)



P. Auger, E. Amaldi, L. Kowarski

The History of CERN(Vol.1, p.130), a proposito di di Auger, Amaldi e Kowarski:

"Their goal() was not merely to construct a medium-sized accelerator, it was to awaken Europe and, through the construction of a giant accelerator, to make her understand the urgency and necessity of developing fundamental scientific research on a large scale as had happened in the US since the war".

2. La svolta degli anni sessanta/ settanta

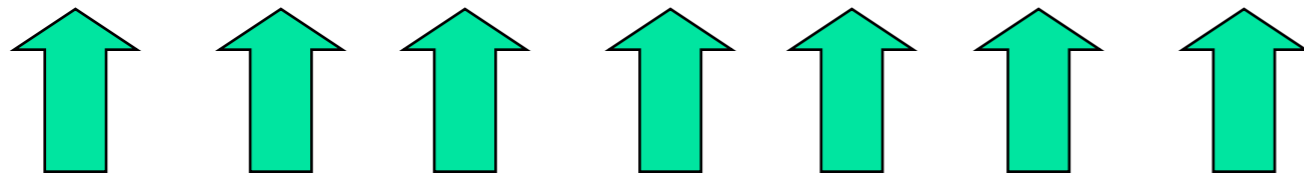
Cabibbo, Glashow, Higgs, Brout, Englert, Weinberg,
Salam

- Le idee di Fermi trovano una formulazione concreta nella teoria unificata delle Interazioni elettromagnetiche e deboli
- E' fondamentale il lavoro di Nicola Cabibbo (1962)
- Sono forze diverse ma provenienti da una stessa origine: l'interazione elettro-debole
- Un passo analogo all'unificazione di magnetismo ed elettricità compiuto da Maxwell nel secolo precedente
- Higgs, Brout e Englert, Kibble, propongono un nuovo modo di generare le masse dei costituenti: ci vuole il "bosone di Higgs"
- ...e anche altre particelle, come il quark charm (Glashow, Iliopoulos, Maiani) o i bosoni intermedi

Il Bosone di Higgs

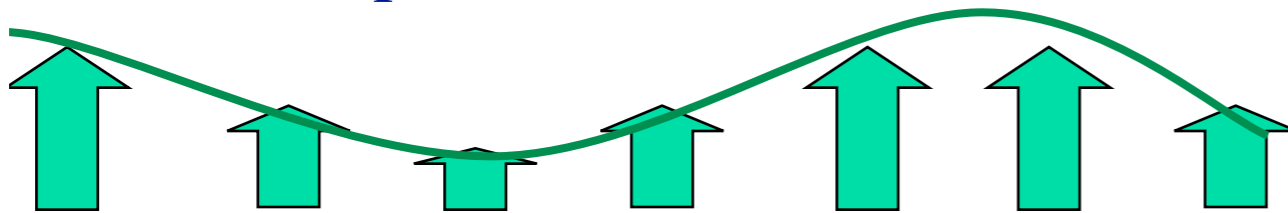
L'origine delle masse

- Un campo pervade lo spazio ed influenza il moto delle particelle
- Il campo “distingue” tra le particelle collegate dalla simmetria .. W, Z acquistano una massa, il fotone resta a massa zero etc.



- Il VUOTO è come la superficie di un lago perfettamente calmo

- Nelle collisioni si producono delle onde...



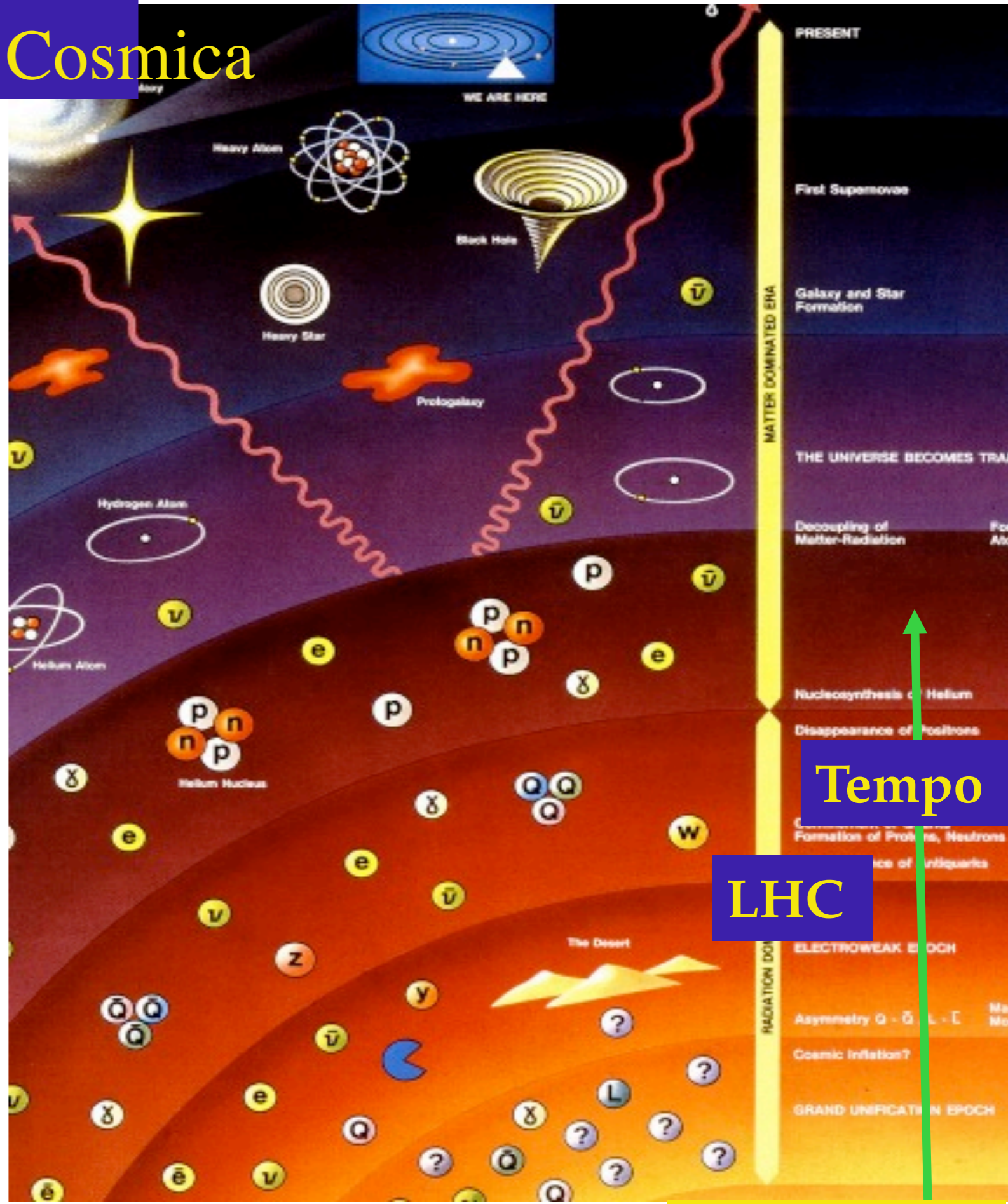
... che corrispondono ad una nuova particella: il **BOSONE di HIGGS**

- Il bosone di Higgs è necessario per l' accordo tra teoria e Natura...
- Ma dá una nuova visione del VUOTO, che puo spiegare nuovi fenomeni: (inflazione, universo caotico, ...)
- per trovarlo, sono state costruite due macchine di taglia mondiale: LEP e LHC al CERN di Ginevra.

3. La Connessione Cosmica

Gli acceleratori di particelle sono delle « macchine del tempo » che riproducono le condizioni dei primi istanti dell' Universo, quando particelle instabili di tutte le “generazioni” popolavano l'Universo

..e le fluttuazioni primordiali producevano i « semi » delle strutture che osserviamo oggi: ammassi di galassie, galassie, stelle, pianeti.



Tempo

LHC

BIG BANG

Materia Oscura

Fritz Zwicky ipotizza nel 1938 l'esistenza di una "materia oscura", dalle osservazioni sul Coma Cluster, L'esistenza della Materia Oscura e' confermata da Vera Rubin negli anni '70, dalle curve di rotazione delle galassie La materia normale (H, He) rende conto di solo circa 1/6 della massa presente nell' Universo

Le osservazioni astronomiche possono dare la distribuzione della materia oscura, ma non permettono di identificarne la natura fisica (Neutrini? Stringhe Cosmiche? Neutralini?).



Fritz Zwicky. © AIP Emilio Segrè Visual Archives, Physics Today Collection.

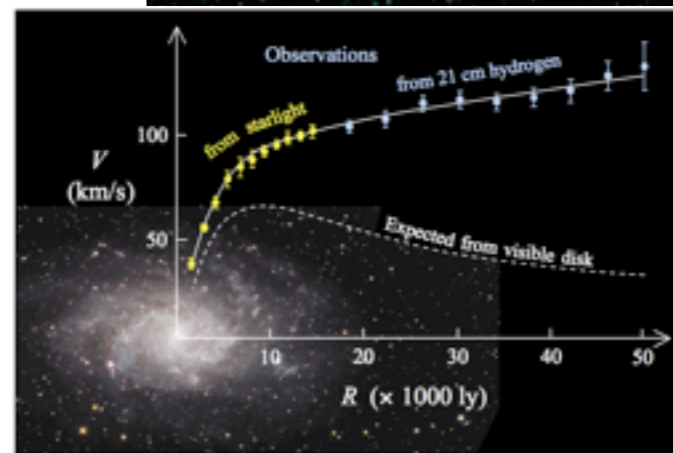
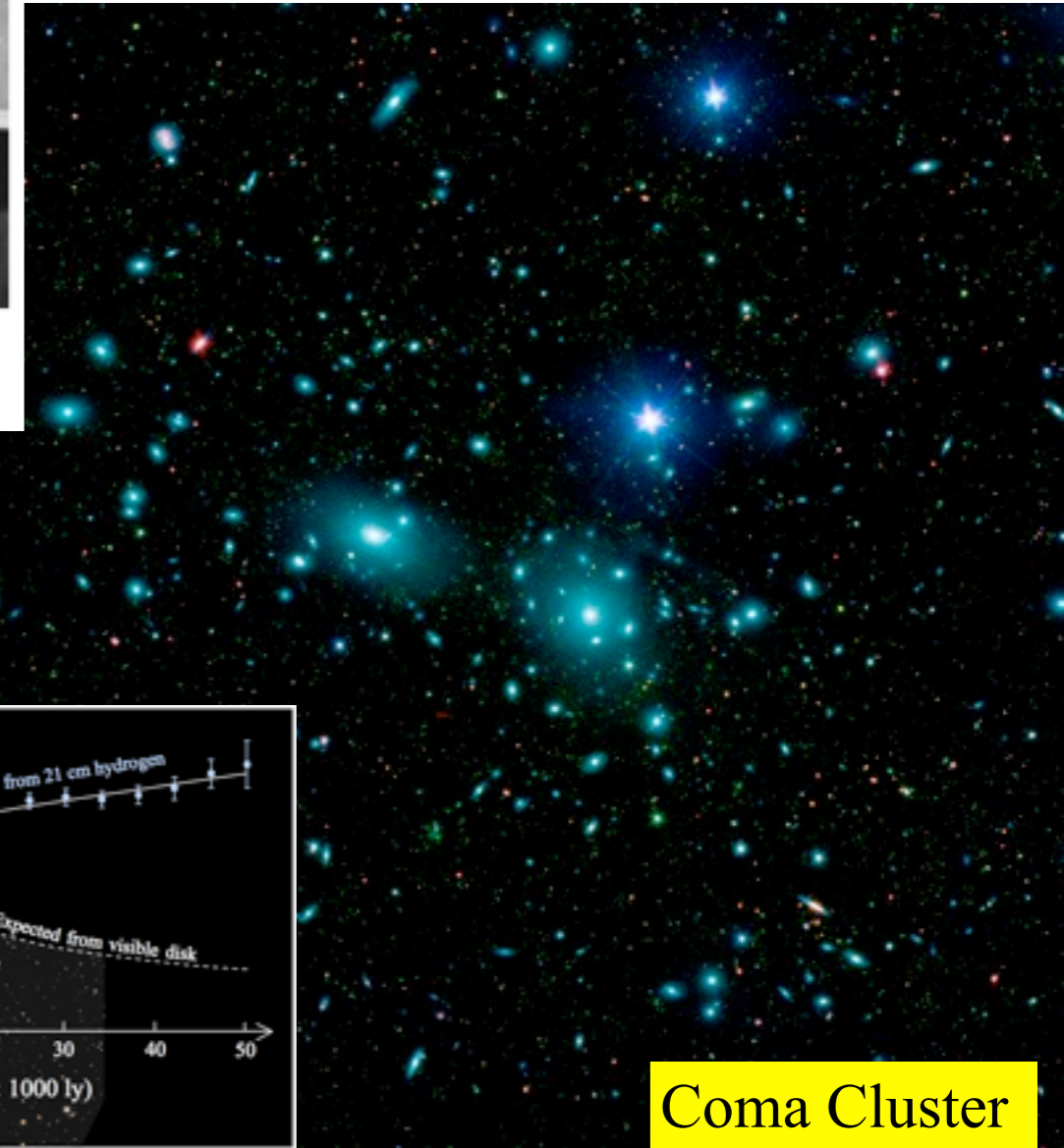
Fritz Zwicky

1898 Varna, Bulgaria

1974 Pasadena, California, USA

Residenza: USA

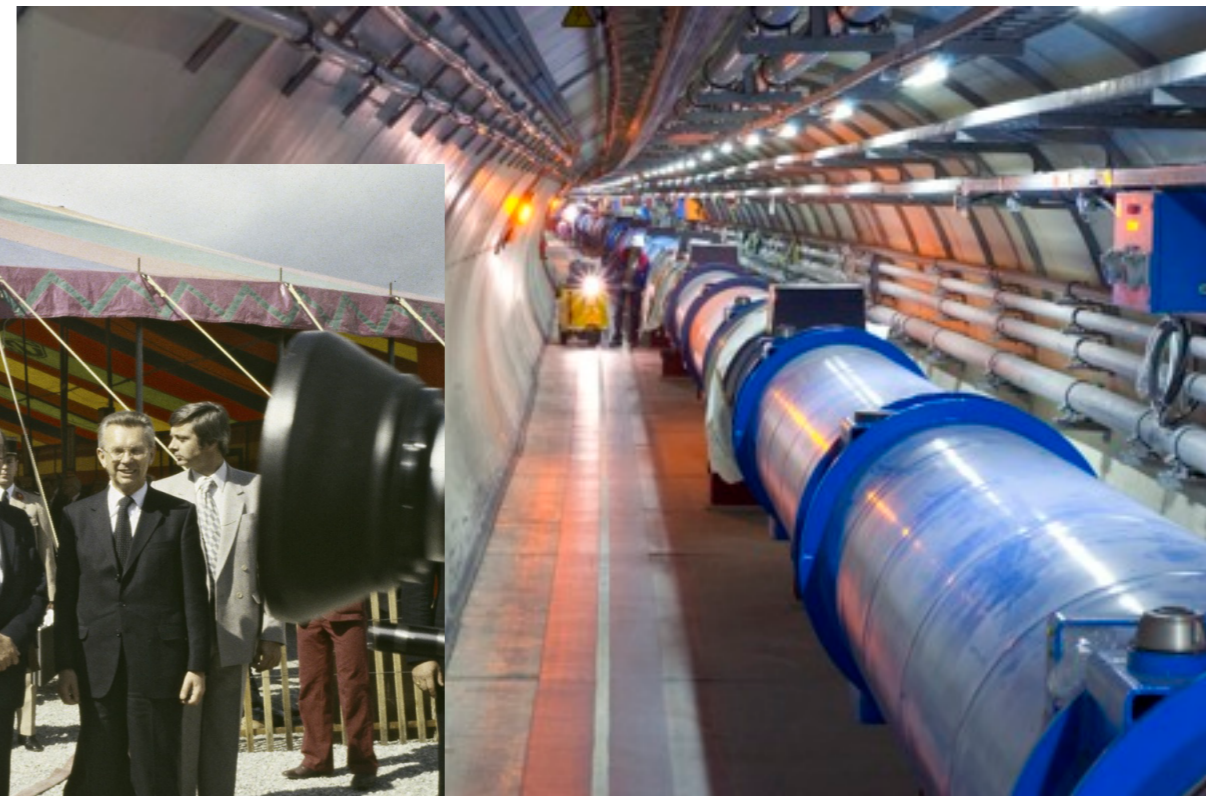
Cittadinanza: Svizzera



Coma Cluster

Se la materia oscura è fatta di "neutralini", il Large Hadron Collider potrebbe produrli in laboratorio e permetterci di studiarli completamente.

4. Il CERN e il tunnel di LEP-LHC, tra Ginevra e il Jura

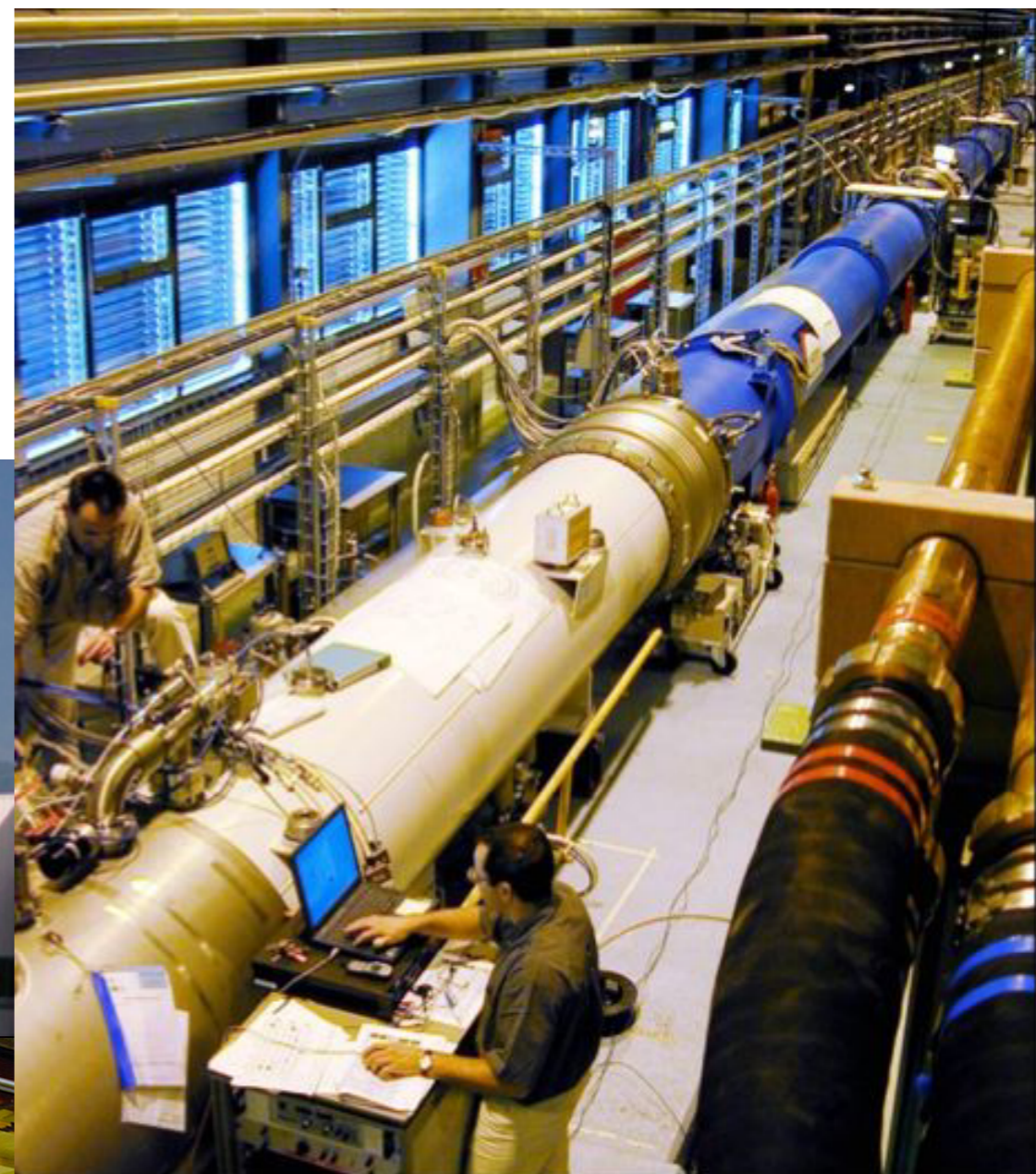


LHC al CERN- protagonisti





Magneti per LHC



5. L' Italia e il CERN

- L' Italia e' tra i Paesi che meglio utilizzano le strutture scientifiche del CERN;
- L' INFN ha un programma complementare che si armonizza bene con il CERN: ad esempio i Laboratori del Gran Sasso;
- Le ricadute tecnologiche delle attivita' del CERN sull' industria italiane sono numerose, in settori cruciali come elettronica, superconduttivita', vuoto, informatica, medicina, etc..;
- L' Italia al CERN e' stata costantemente piu' che bilanciata sui contratti industriali;
- L' INFN svolge un ruolo insostituibile di aggregazione e di indirizzo del mondo universitario italiano, ai fini dell' efficace utilizzo delle infrastrutture del CERN;
- ...e costituisce una cerniera preziosa tra il CERN ed il mondo della produzione industriale.

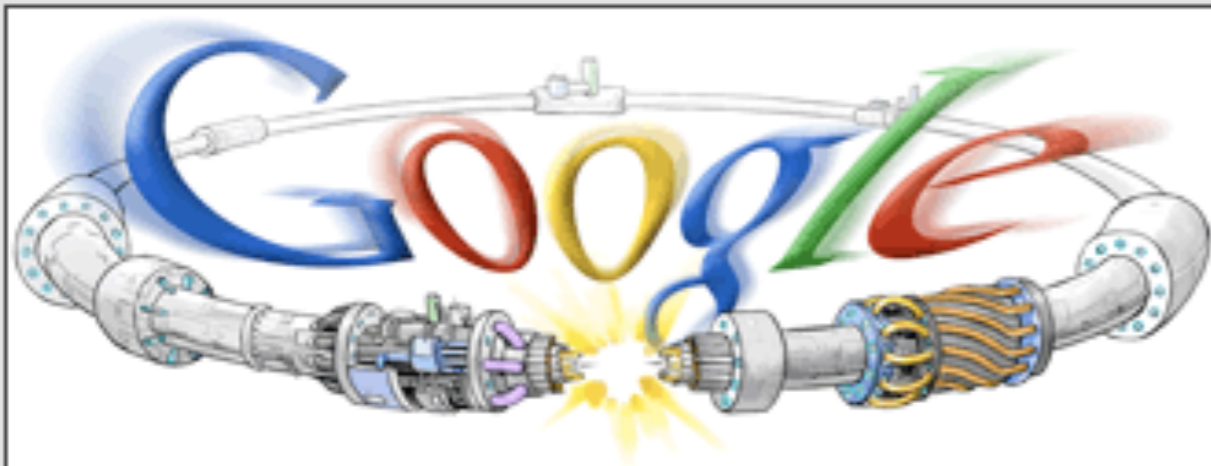
L'industria italiana in LHC

- 17% dei contratti di LHC (macchina e aree sperimentali) attribuiti ad industrie italiane in regime di libera concorrenza (contributo italiano al CERN: 12%);
- Importantissimo il ruolo dell' Istituto Nazionale di Fisica Nucleare;
- Un caso esemplare di interazione positiva tra ricerca di base e industria.

GOOGLE nel primo giorno di LHC

Google LHC Logo

Today, Google place a different logo for their homepage having **Large Hadron Collider (LHC)** experiment theme.



We can easily see the excitement about this LHC experiment on any face who have interest in science and scientific things specially in physics as this would be the future of physics.

Scientists at the CERN research centre in Switzerland are aiming to use this wonder machine to gain a better understanding of the birth and structure of the universe, and to fill gaps in our knowledge of

physics.

Well, it's a big topic to discuss...I am not that much intelligent said that "Whatever the LHC finds or fails to find, the results w

Cheers!

September 10, 2008 - Posted by [imstrategist](#) | [Uncategorized](#)

1 Comment »

1. Yaaay, im still alive, no black holes 😊



Comment by ZeroZool | September 10, 2008



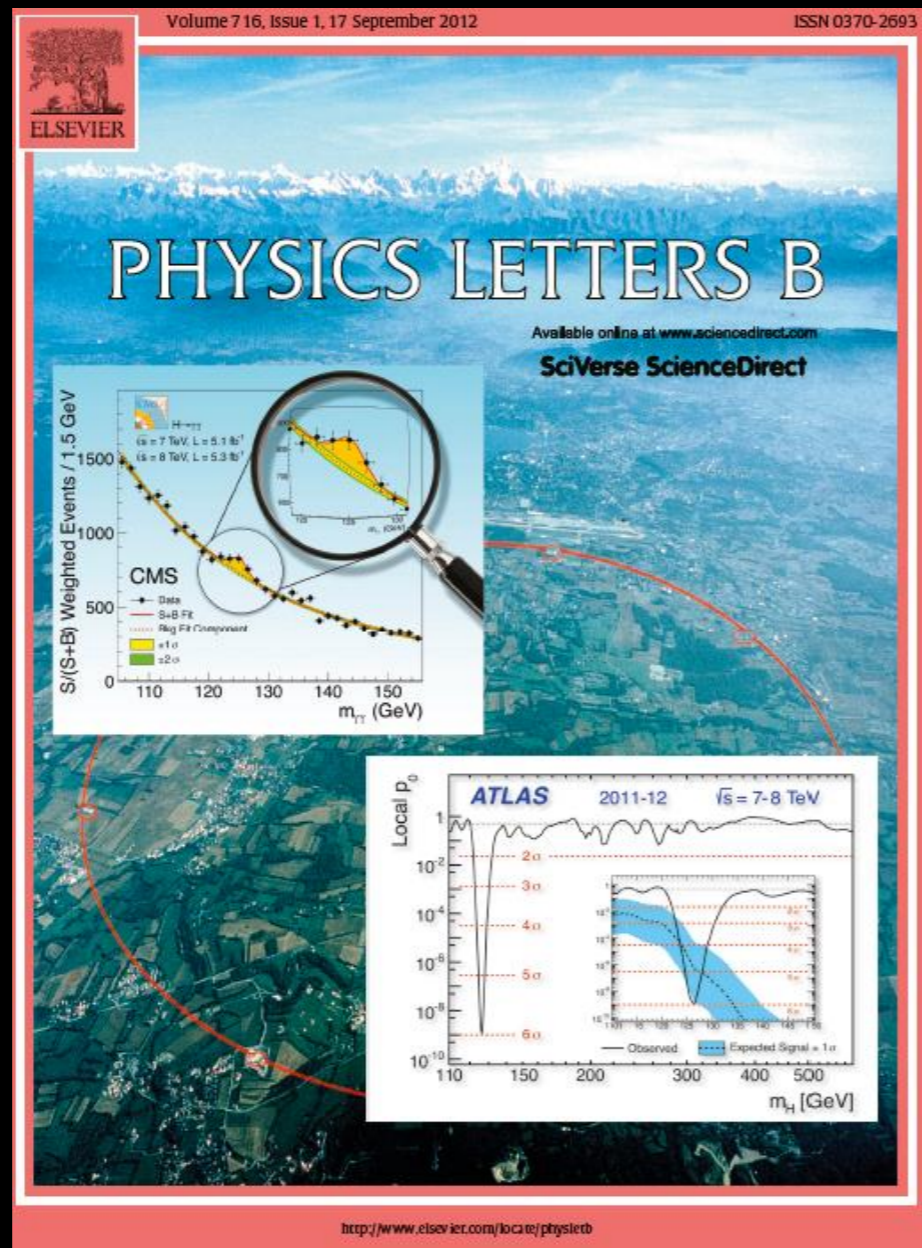
CERN: 4 luglio 2012



Nella stampa scientifica

The Discovery

July 2012



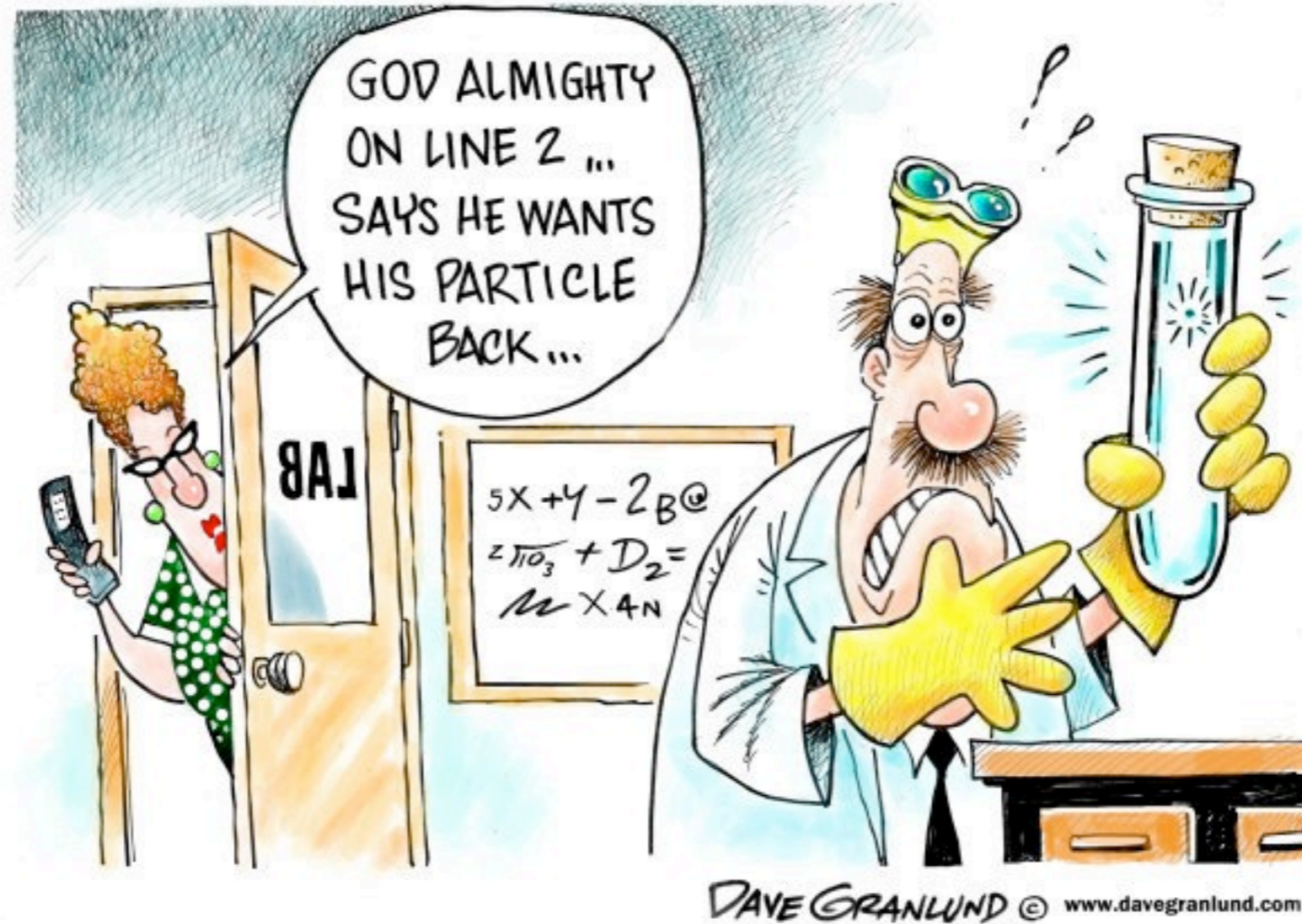
October 2013



"For the theoretical discovery of a mechanism that contributes to our understanding of the origin of mass of subatomic particles, and which recently was confirmed through the discovery of the predicted fundamental particle, by the ATLAS and CMS experiments at CERN's Large Hadron Collider"

~ 3800 citations / experiment so far

The “God particle”



5. Gli obiettivi di LHC

- Trovare il Bosone di Higgs

L' Origine delle masse

4 Luglio 2012

- Trovare le Particelle Supersimmetriche

L' Origine dello Spin

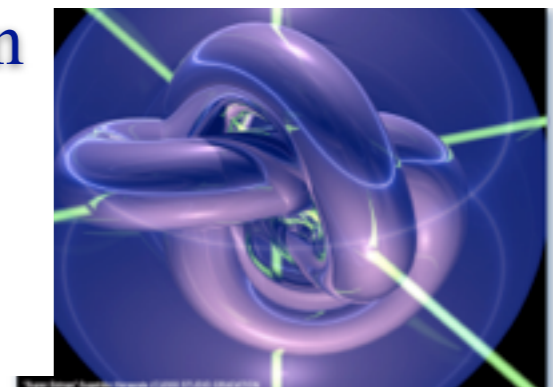
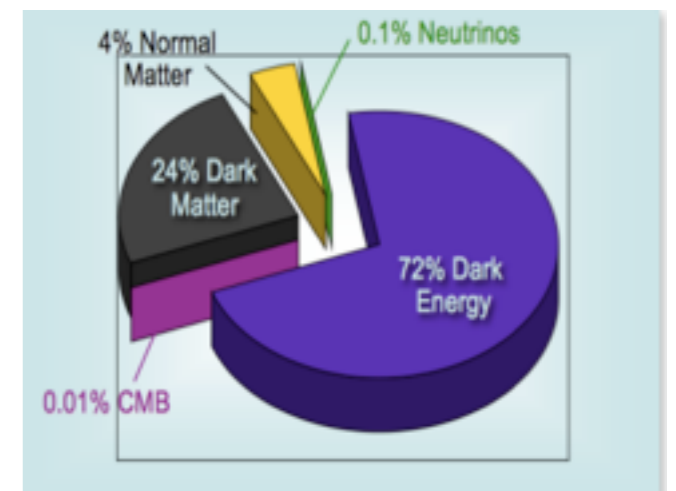
L'Unificazione delle Forze **richiede** una Simmetria che colleghi particelle con spin differenti: questa è la SUPERSIMMETRIA scoperta al CERN negli anni settanta da J. Wess e B. Zumino

- Scoprire la natura della Materia Oscura

Supersimmetria Cosmica ?

- Ricercare nuove dimensioni dello spazio

- La moderna formulazione della Gravità Quantistica non è consistente in 3 dimensioni spaziali !!
- ci vogliono dimensioni extra, curve.. ma quali sono le loro dimensioni?



LHC e Supersimmetria

- La particella vista al CERN è relativamente leggera: 125 in unità di massa del protone:
 - buona notizia per la Supersimmetria, che prevede che la massa sia inferiore a 135;
 - meno buona per i modelli alternativi, che avrebbero preferito una massa tra 600 e 800

Un intero mondo di nuove particelle da scoprire

La più leggera potrebbe essere stabile e se è di tipo s-neutrino o s-higgs/s-z sarebbe il candidato ideale per la materia oscura



6. La ricerca delle particelle della Materia Oscura

- La ricerca della Materia Oscura, oggi, si svolge su fronti molto diversi
- nei Laboratori sotterranei, es. ai Laboratori del Gran Sasso dell'INFN
- Esperimenti su satellite per la ricerca di antimateria nei raggi cosmici
- e naturalmente terra' occupati gli esperimenti di LHC che stanno partendo proprio in questi giorni con il run2 della macchina, ad energia piu' alta (14 TeV invece di 7-8 TeV) e la prospettiva di raccogliere eventi di collisione pari a 10 volte gli eventi del run precedente.

Grandi apparati criogenici per rivelare rarissimi eventi di collisione



[Collaboration Internal Page \(Restricted\)](#)
[Publications](#)
[Presentations](#)
[Education & Outreach](#)
[Photo Gallery](#)
[News](#)

XENON100 Experiment

[Collaboration](#)
[Expected Signal](#)
[Background](#)
[Photo Gallery](#)

External Resources

[Dark Matter Portal](#)
[Dark SUSY](#)
[Dark Matter Limit Plot](#)
[Dark Matter Online Tools](#)

Collaboration

Columbia University, USA



Rice University, USA



University of California, Los Angeles, USA



University of Zurich, Switzerland



University of Coimbra, Portugal



Gran Sasso National Laboratories, Italy



INFN Turin, Italy



Shanghai Jiao Tong University, China



Johannes Gutenberg University Mainz, Germany



University of Bologna, Italy



SubaTech, France



University of Muenster, Germany



National Institute for Subatomic Physics, the Netherlands



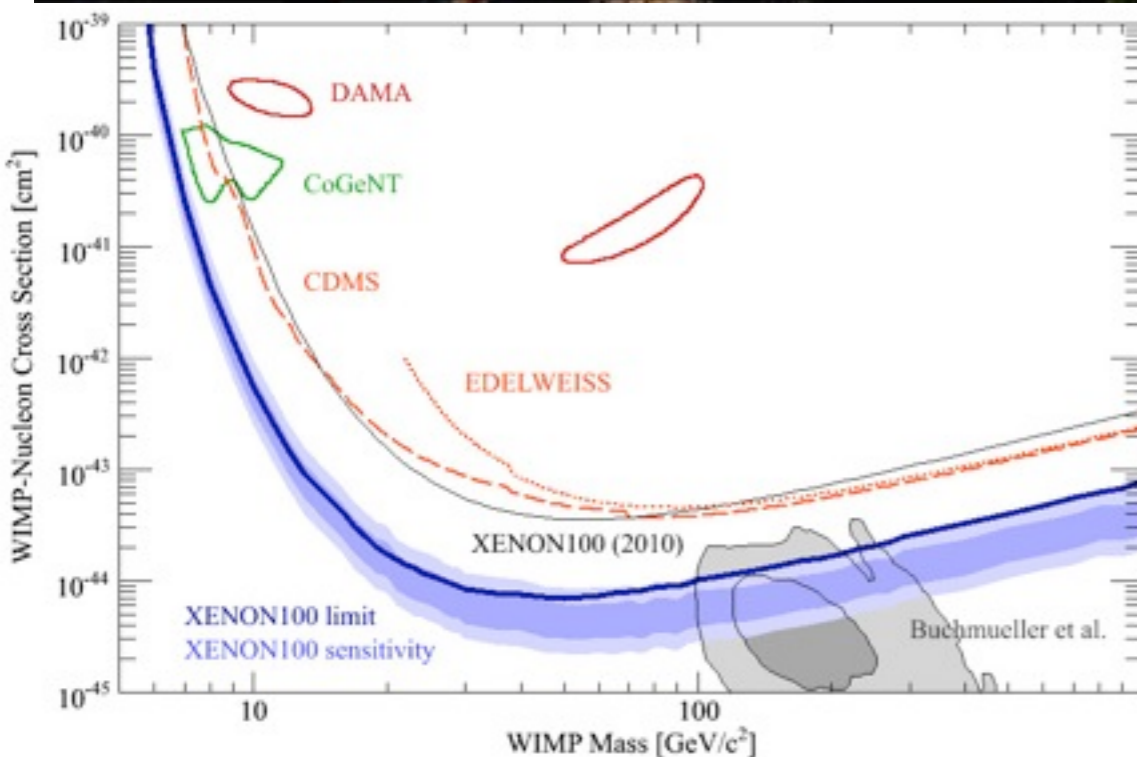
The Max Planck Institute for Nuclear Physics, Germany



Weizmann Institute of Science, Israel



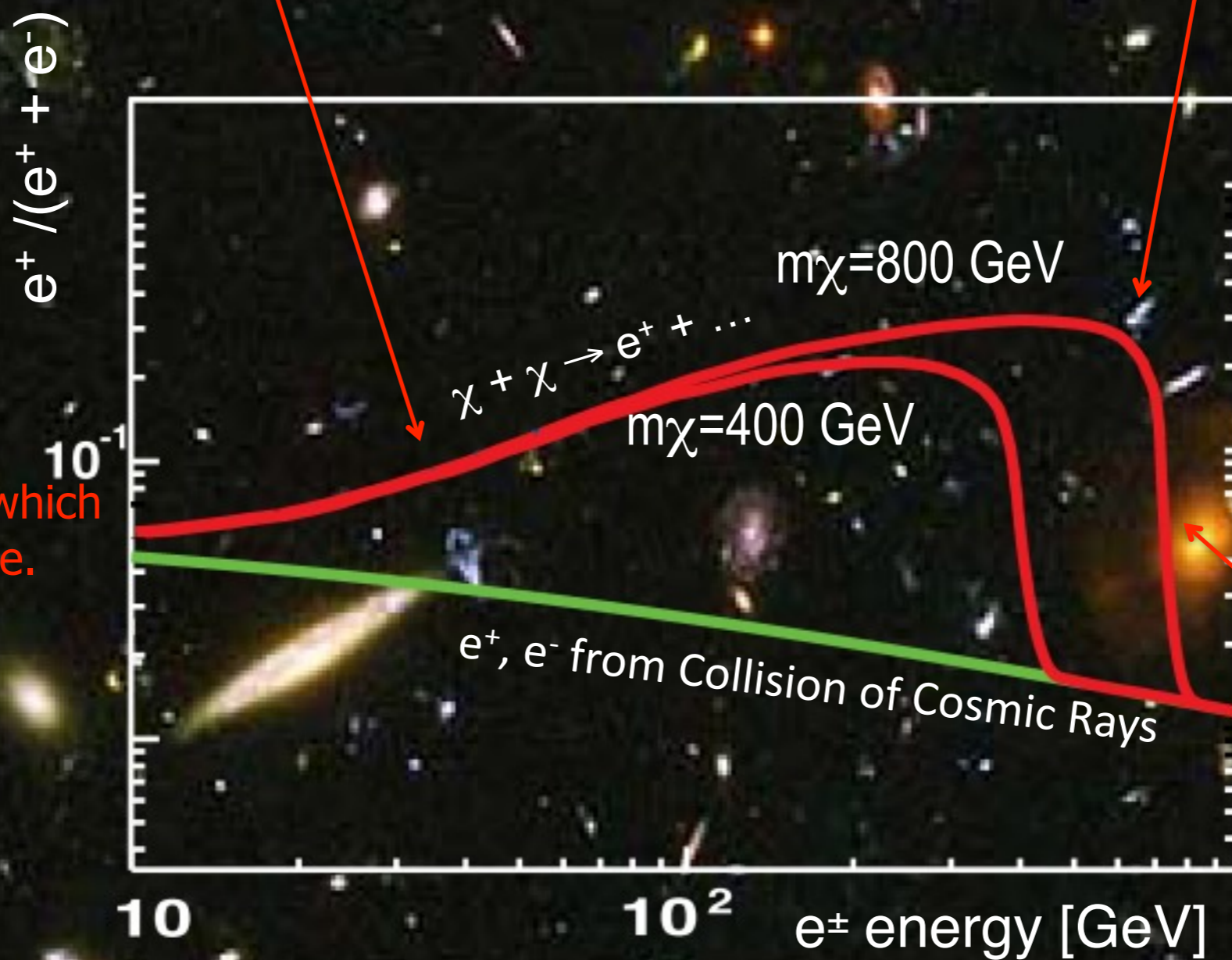
Purdue University, USA



La sensibilita' del rivelatore Xenon-100 ai Laboratori del Gran Sasso dell'INFN (fascia blu), sta per raggiungere la zona dove dovrebbe incontrare il segnale previsto dalla Supersimmetria, tenuto conto dei risultati finora negativi di LHC (zona grigia)

2. The rate of increase with energy
3. The existence of sharp structures.

4. The energy beyond which it ceases to increase.



5. Isotropy.

1. The energy at which it begins to increase.

6. The rate at which it falls beyond the turning point.

Pamela



Antiproton and Electron Measurements and Dark Matter Indirect Searches



Piergiorgio Picozza

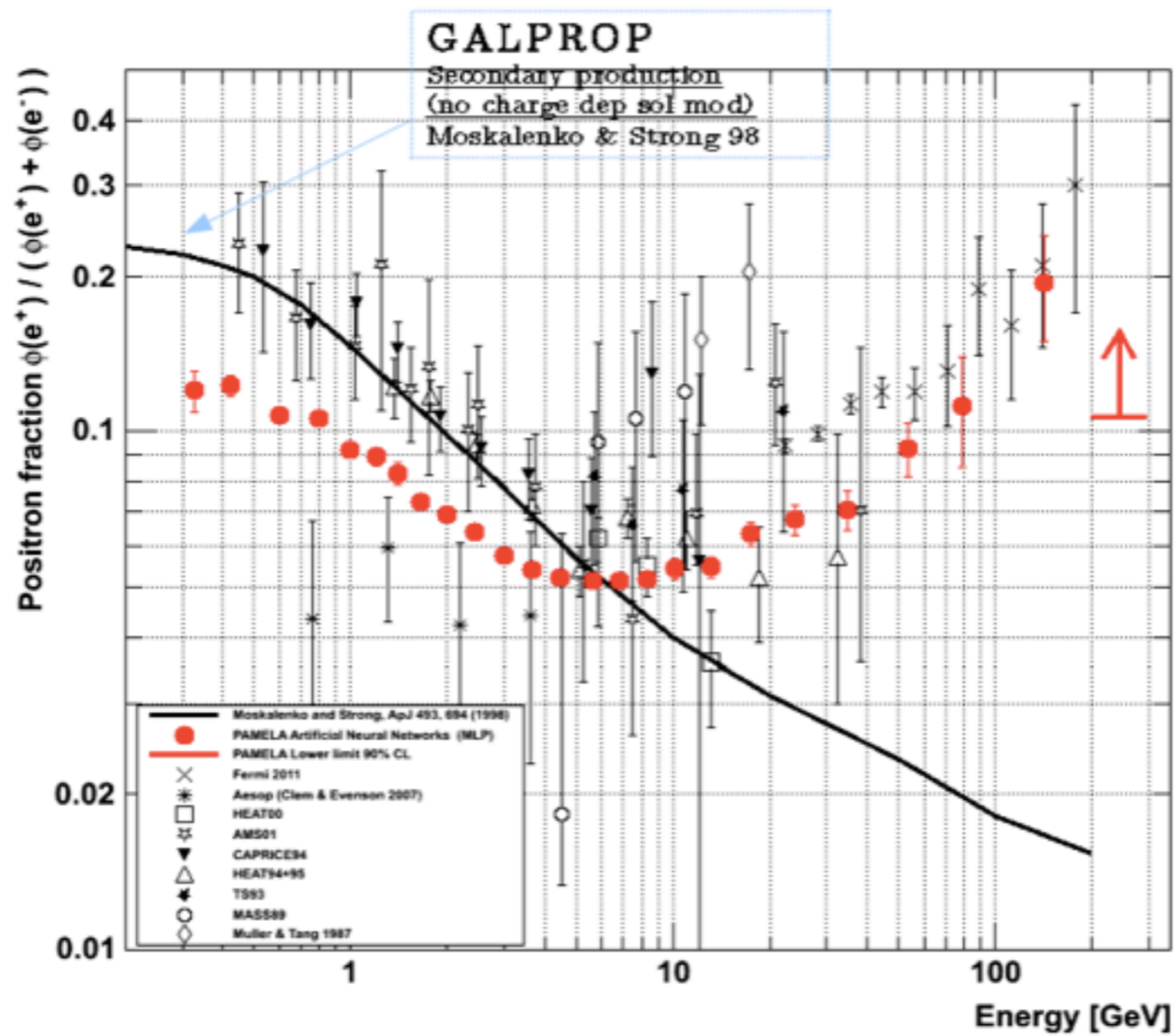
INFN and University of Rome Tor Vergata

8th International Workshop On Identification Of Dark Matter

26-30 Jul 2010, Montpellier, France

Positron fraction

un segnale?



New Results from the Alpha Magnetic Spectrometer on the International Space Station

S. Ting



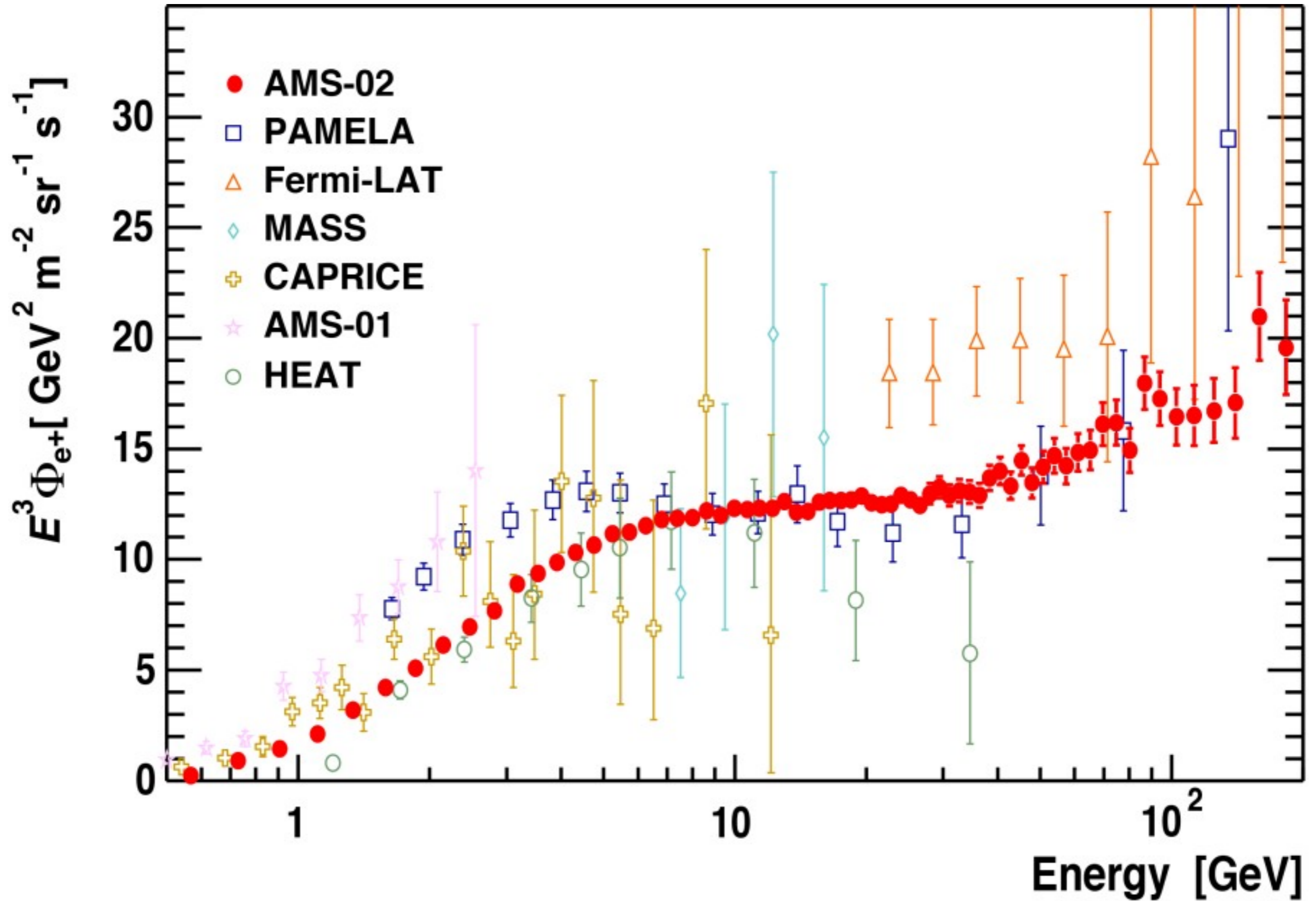
R. Battiston



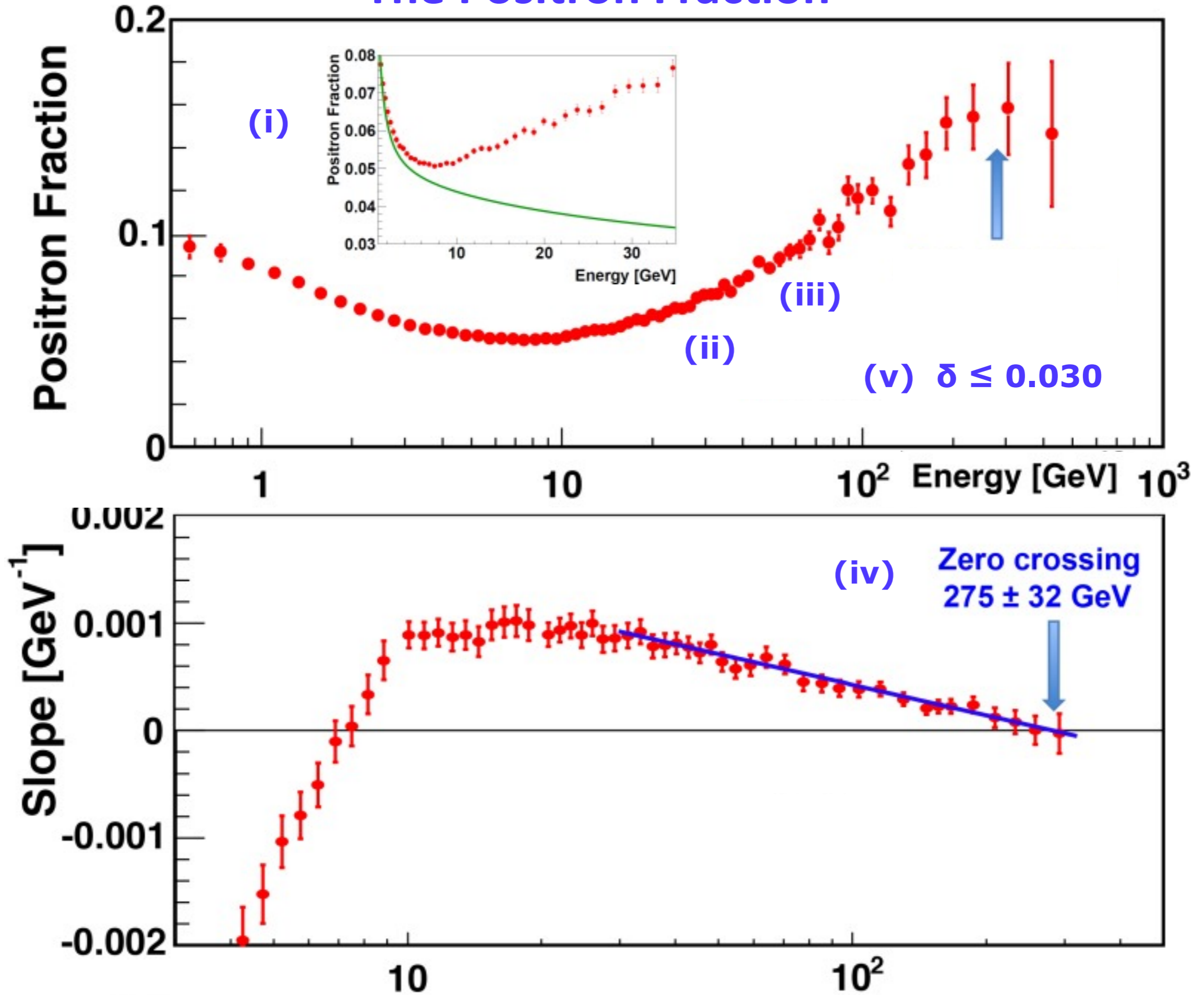
18 September 2014

S. Ting

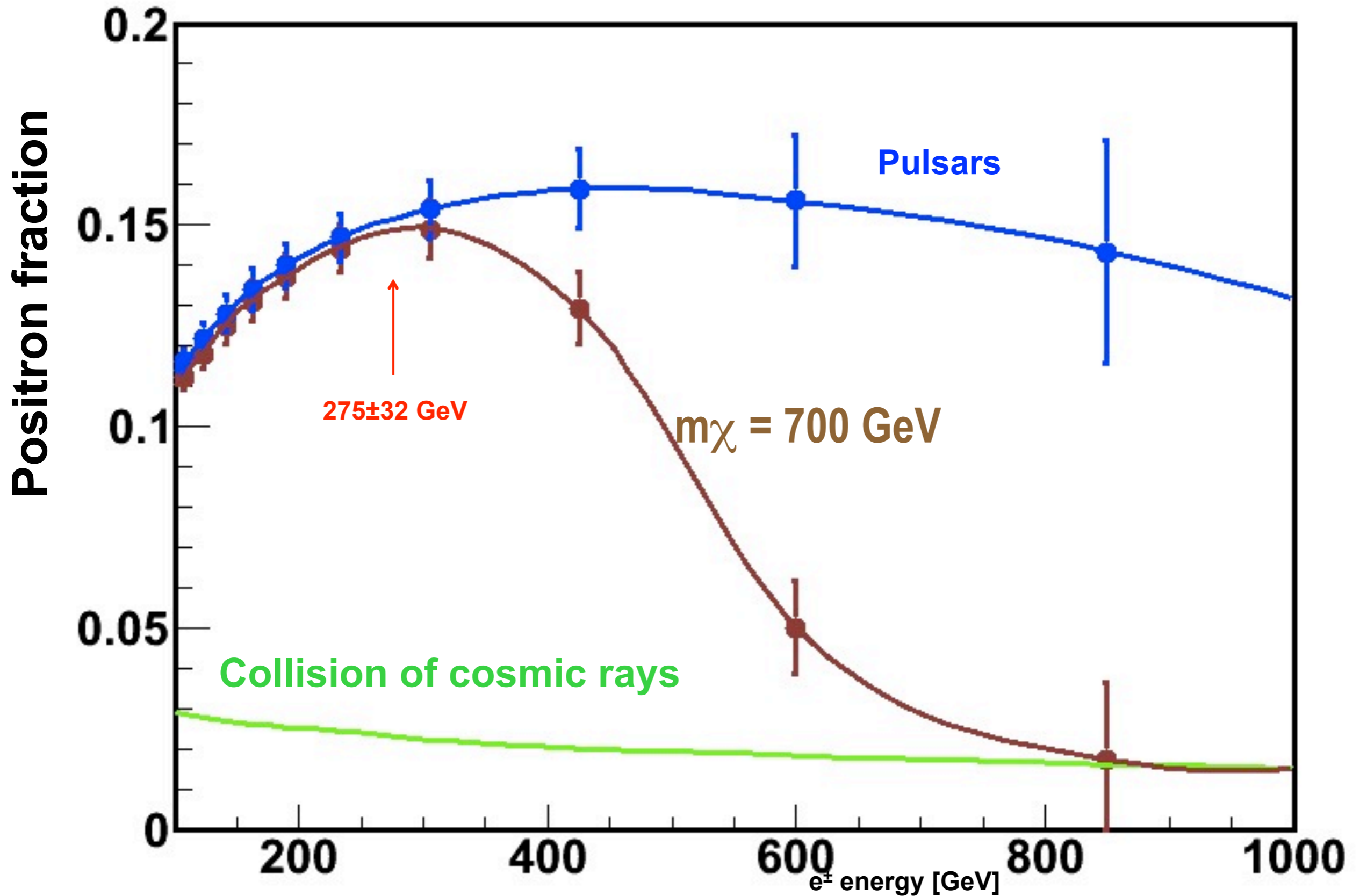
Positron Flux



The Positron Fraction



**(vi) The expected rate at which it falls
beyond the turning point.**



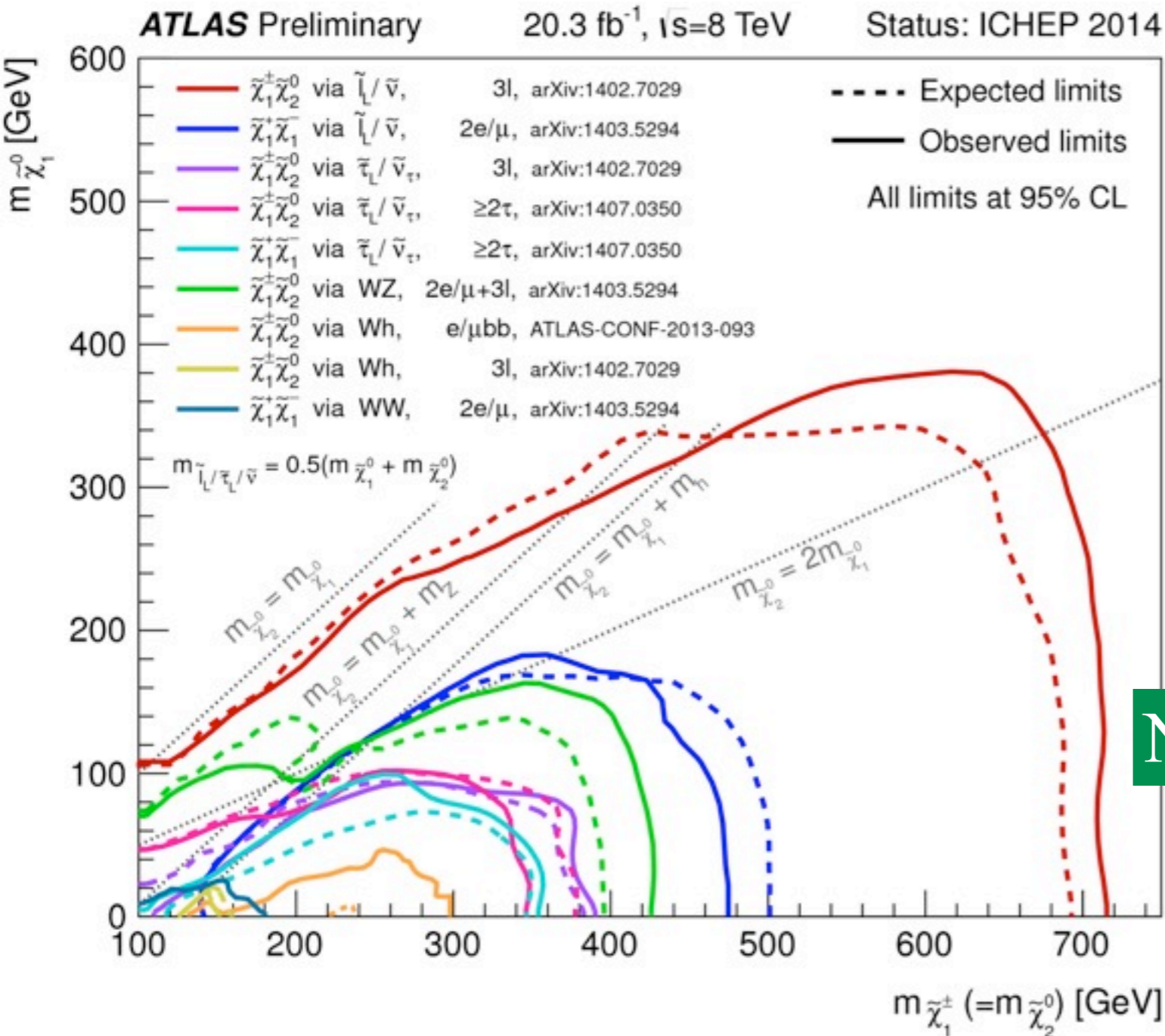
WIMP a LHC ?

- Nelle collisioni di LHC si producono in modo abbondante i neutrini: come?
 - con interazioni forti si producono quark metastabili che decadono in neutrini, e.g $b \rightarrow c + e + \nu$
 - con interazioni elettrodeboli si producono $W \rightarrow e + \nu$
- Analogamente, nelle collisioni ad LHC si possono produrre (se esistono a masse raggiungibili da LHC) particelle supersimmetriche con interazione forte (gluini) o elettrodebole (chargini) nei cui prodotti di decadimento si trova la particella supersimmetrica stabile
- La prima campagna dati a LHC ha prodotto solo limiti inferiori sulla masse, dell'ordine di qualche centinaia di GeV
- LHC e AMS stanno entrando nella regione di massa interessante?

Produzione elettrodebole di neutralini a LHC

- esempio di produzione a LHC:

$$p + p \rightarrow W^\pm + \dots \rightarrow \chi^\pm + \chi^0 + \dots$$



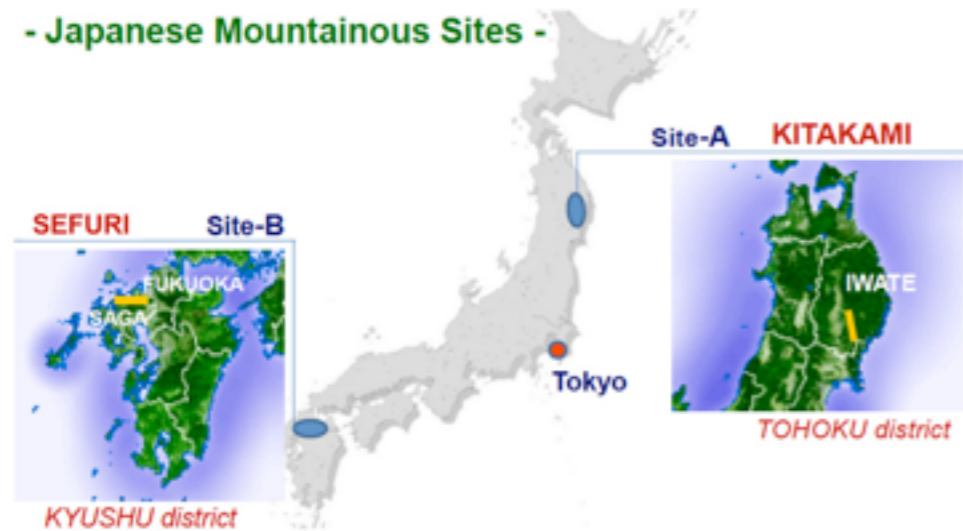
NO GOOD NEWS, SO FAR !

- Summary of ATLAS searches for electroweak production of charginos and neutralinos based on 20/fb of pp collision data at $\sqrt{s} = 8$ TeV. Exclusion limits at 95% confidence level are shown in the $m(C1)$, $m(N1)$ plane. The dashed and solid lines show the expected and observed limits, respectively, including all uncertainties except the theoretical signal cross section uncertainties.

7. Post LHC@ 8-13 TeV projects

- high Luminosity LHC (10x luminosity = 1.5 energy)
- International Linear Collider, e^+e^- @ 0.5 TeV:

- Japanese Mountainous Sites -



- Proton-proton Collider @100 TeV: CERN? China?

TLEP tunnel in the Geneva area – “best” option

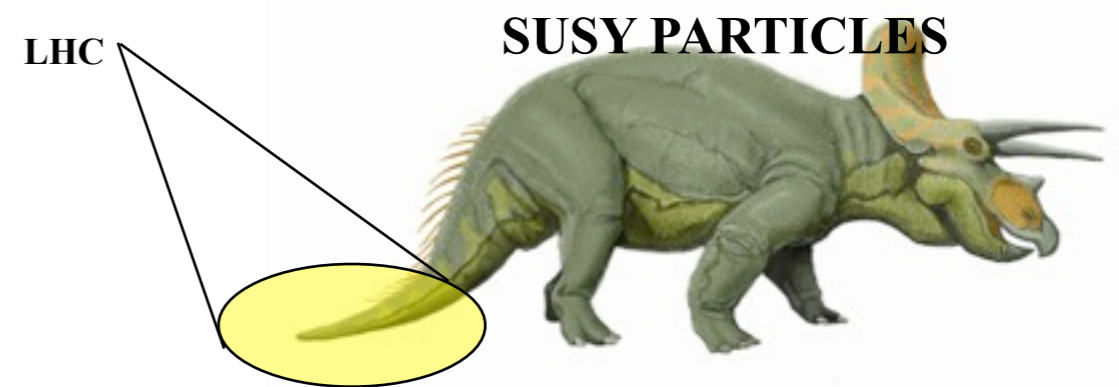


A good example is Qinghungdao (秦皇岛)



LHC e Supersimmetria

- Con l'energia di LHC non si potranno vedere tutte le particelle SUSY:
 - LHC+: maggiore luminosità
 - ILC, collisioni e^+e^- : maggiore precisione
 - Very Large Hadron Collider/Eloisatron: energia x 10 !!!!
- ma forse potremo vedere la coda del dinosauro....



- Una sfida planetaria che richiede un programma mondiale
- Equilibrio Geo-politico, Efficienza nelle decisioni

Anni 1950: Laboratori Nazionali in IT, FR, UK, DE... \Rightarrow CERN-Europa
Anni 2020: Laboratori regionali in Europa, America, Asia \Rightarrow Global Accelerator Network- Mondo ??

9. Conclusioni

- Svelare la natura del 90% della materia presente nell'Universo e', forse, il problema piu' acuto della fisica moderna
- le osservazioni puramente astronomiche, grav lensing, spettro di potenza delle galassie, e, vedremo, le fluttuazioni primordiali, hanno dato molte informazioni ma sembrano arrivate al limite
- Il problema della materia oscura si intreccia con la ricerca di nuove simmetrie e di nuove particelle che completino ad alta energia la Teoria Standard, dopo la conferma del bosone di Higgs
- Esperimenti per una rivelazione positiva della materia oscura continueranno nei prossimi anni sui diversi fronti
 - rivelazione nei laboratori sotterranei, verso masse maggiori, rivelazione direzionale, etc.
 - rivelatori nello spazio per lo studio dell'antimateria nei raggi cosmici
 - LHC (run2, upgrade luminosita') e macchine future per la produzione in laboratorio
- E' una sfida intellettuale di prima grandezza per la nostra scienza e le nostre tecnologie
- La fisica italiana e' tra gli attori principali in questa impresa globale

So much accomplished and so much more left to do