



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare  
Laboratori Nazionali del Gran Sasso



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DELL'AQUILA



GRAN SASSO  
SCIENCE INSTITUTE

# Gruppo Auger GSGC

F. Salamida  
Università dell'Aquila e INFN LNGS

# Composizione e responsabilità

	Percentuale	Afferenza	Stato
Francesco Salamida	70%	UNIVAQ	Prof. Associato - <b>Responsabile locale</b>
Sergio Petrerà	100%	GSSI	Prof. Ordinario - <b>Senior</b>
Vincenzo Rizi	60%	UNIVAQ	Prof. Ordinario
Ivan De Mitri	60%	GSSI	Prof. Ordinario
Denise Boncioli	70%	UNIVAQ	RTD/B
Felicia Barbato	60%	GSSI	RTD/A
Massimo Mastrodicasa	100%	UNIVAQ	Dottorando
Caterina Trimarelli	100%	UNIVAQ	Dottorando

Totale FTE 5.2 (**6.2 considerando i Senior**)

## Responsabilità

1. Leadership Cosmic Ray Phenomenology task Auger: **D. Boncioli**
2. Manutenzione Lidar Raman: **V. Rizi**
3. Fluorescence Detector Performance Coordinator: **F. Salamida**
4. Working Group congiunto sullo spettro UHECR Auger-TA: **F. Salamida**

# Sommario delle attività AUGER GSGC

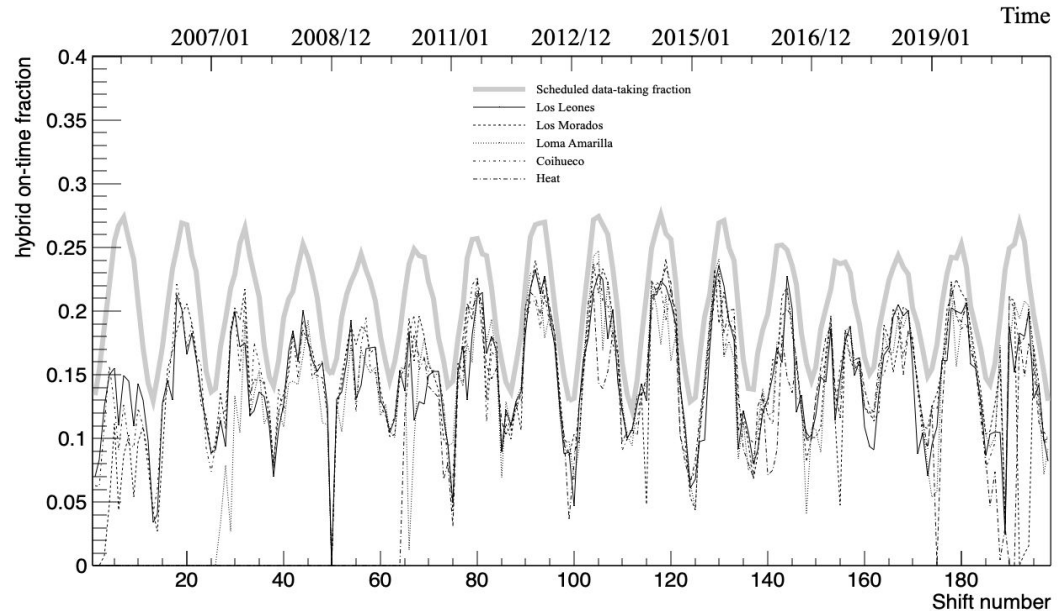
1. Performance del rivelatore ibrido
2. Attività di caratterizzazione atmosferica con il Lidar Raman
3. Misura dello spettro con gli eventi ibridi (detector di Fluorescenza + Superficie) ed orizzontali (detector di Superficie)
4. Sviluppo e mantenimento del codice SimProp per propagazione extragalattica di UHECRs
5. Analisi delle misure di spettro+composizione in termini di scenari astrofisici
6. Analisi delle misure di massa
7. Studio dei neutrini di alta energia ( $E > 10^{17}$  eV) nel contesto della “multimessenger astronomy”:
  - a. sorgenti astrofisiche: **A. Condorelli ICRC 2021**
  - b. ricerca di neutrini con il rivelatore di fluorescenza: **M. Mastrodicasa ICRC 2021**
8. Studio dei limiti sulla rottura dell'invarianza di Lorentz con UHECRs: **C. Trimarelli ICRC 2021**
9. Installazione stanza turno remoto al GSSI

# Performance del rivelatore Ibrido

In stretta collaborazione con il gruppo di Lecce

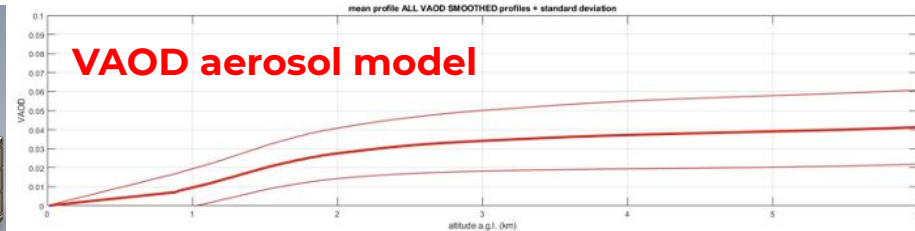
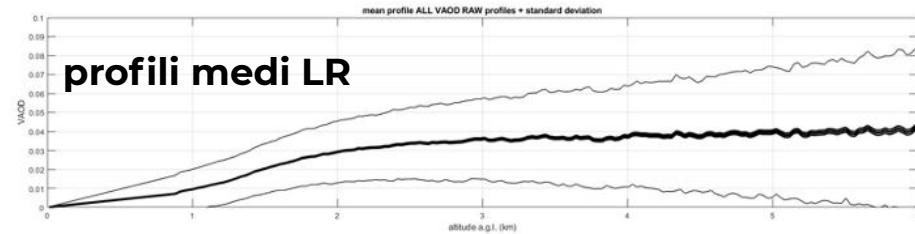
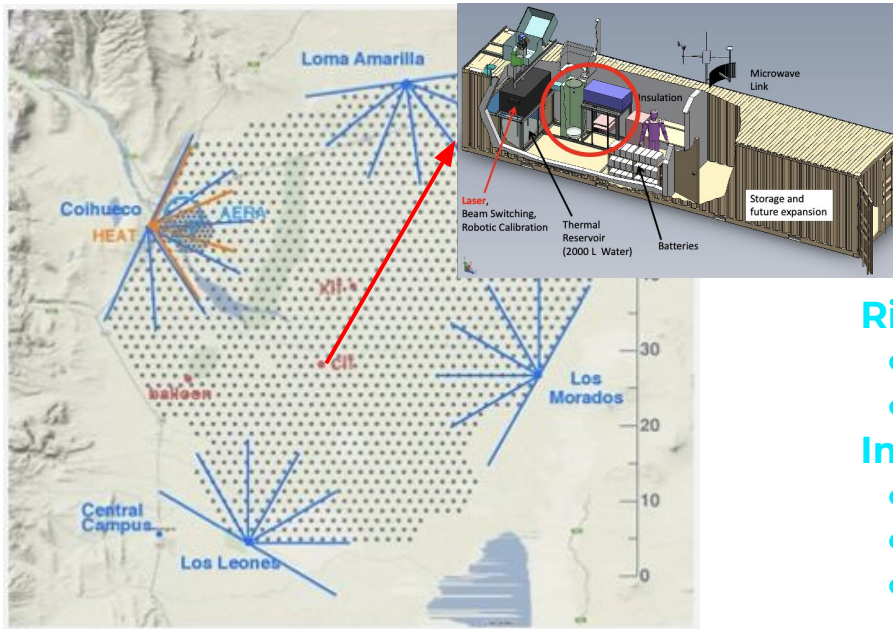
Ibrido: evento FD + almeno una stazione SD  
Rivelatore FD ha un duty cycle del **15%** circa

- Qualità della presa dati
- Qualità dei dati acquisiti
- Coordinamento dei task di detector:
  - Atmospheric Conditions (Napoli)
  - Calibrations (Roma 2)
  - Monitoring
  - Long Term Performances
- Release dei dati:
  - Aggiornamento dei database necessari alla produzione dei dati



# Caratterizzazione atmosferica

- Il Lidar Raman (LR) monitora l'atmosfera al di sopra del CLF e calcola i profili VAOD
- Installato presso il CLF dal gruppo dell'Aquila (V.Rizi) che si occupa della manutenzione (ottiche, elettronica, laser) e della presa dati



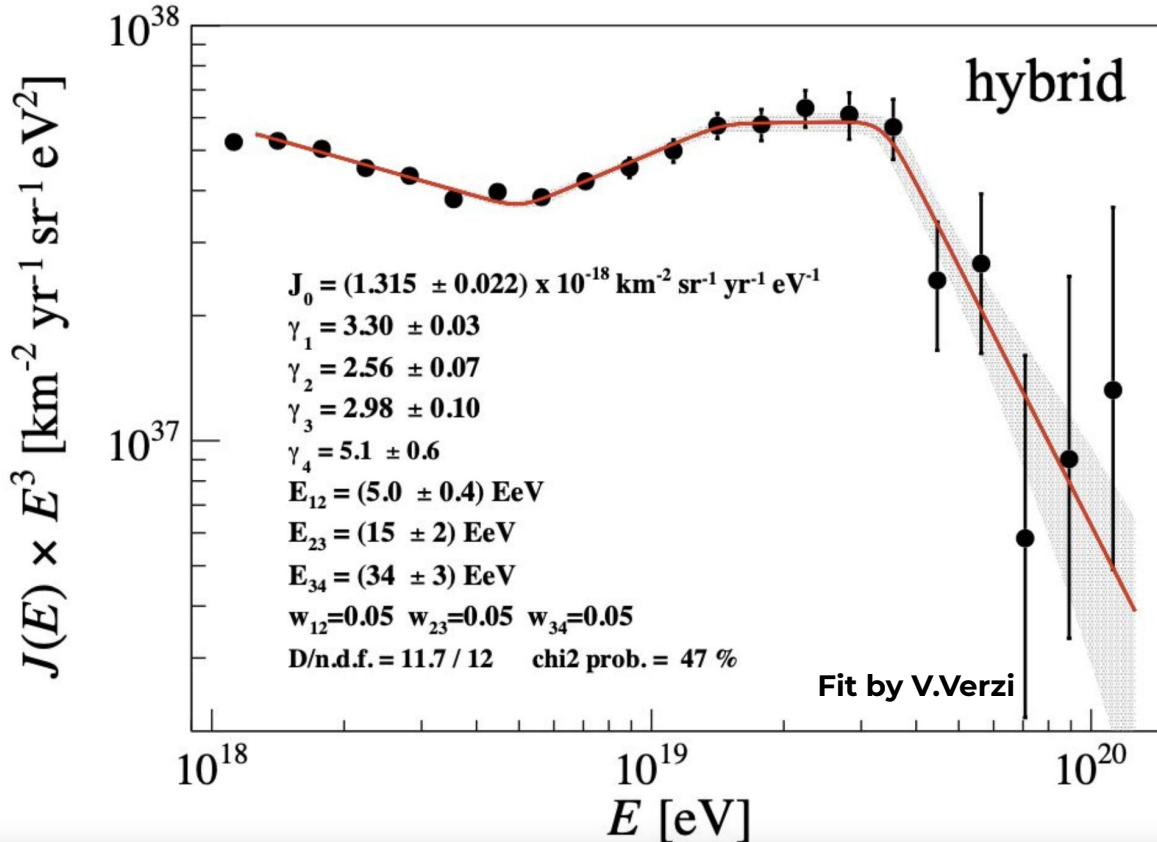
## Risultati:

- Profili Aerosol per confronto con CLF
- Confronto con i modelli

## Impegni futuri:

- Maintenance
- Sostituzione Laser
- Database VAOD LR

# Misura dello Spettro Ibrido

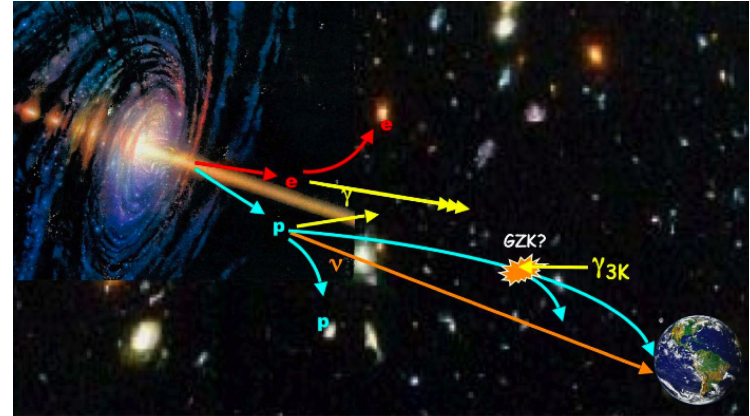
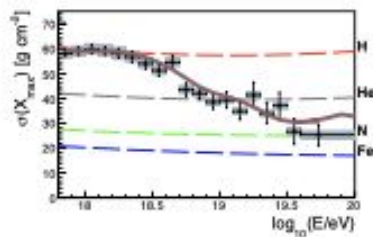
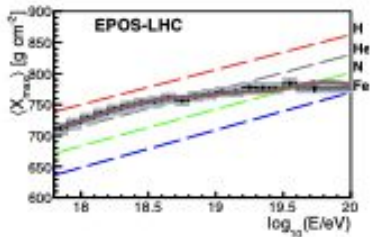
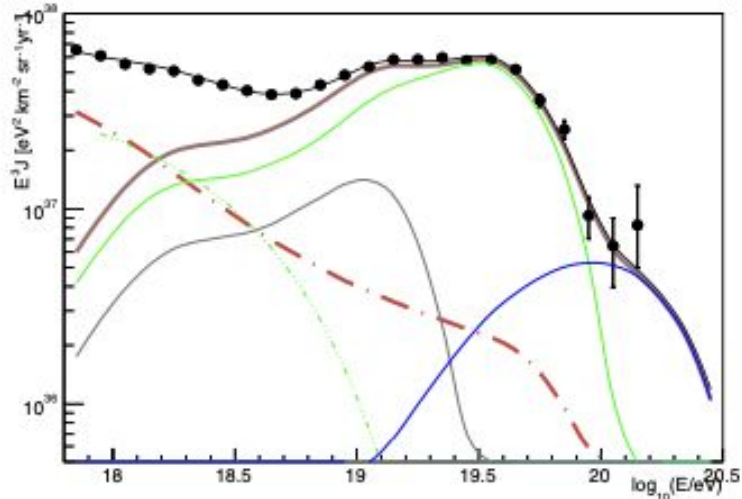


- Misura calorimetrica dell'energia degli sciami
- Calcolo dell'esposizione basata sul MC (demanding dal punto di vista computazionale)

La misura dello spettro ibrido è completamente affidata all'Italia (gruppo dell'Aquila e di Lecce)

Al momento stiamo producendo le simulazioni (CNAF) per poter aggiornare lo spettro (2007-2019 Auger Fase I) e produrre una pubblicazione

# Fit combinato: spettro/massa



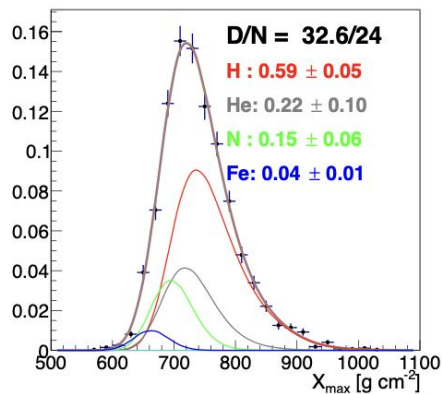
- Fit simultaneo di misure di massa e spettro permette di determinare le caratteristiche spettrale alle sorgenti
- Utilizzo di SimProp per la propagazione dei raggi cosmici in ambiente extragalattico
- Pubblicato in JCAP 04 (2017) 038

## WORK IN PROGRESS

- Estensione a basse energie del fit combinato (in collaborazione con il gruppo di Torino)

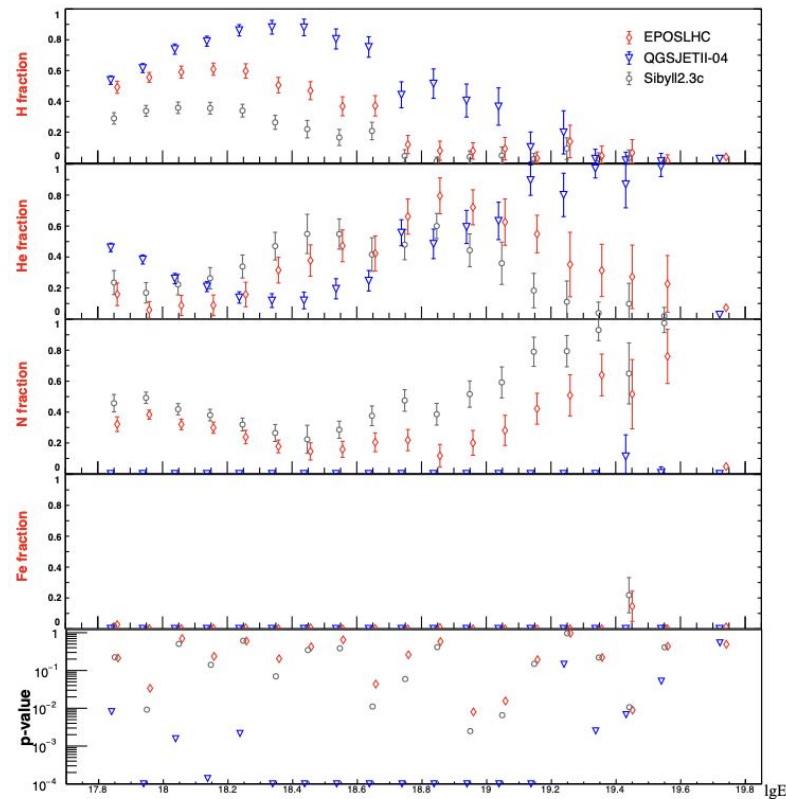
# Analisi delle misure di massa

- Fit delle distribuzioni di  $X_{\max}$  per ottenere le frazioni di massa al top dell'atmosfera
- proton fraction alle energie più alte (CR astronomy)
- Nessun modello astrofisico ed energie indipendenti
- Il codice sviluppato all'Aquila è uno dei diversi codici/approcci disponibili nella Collaborazione e consiste di 2 parti:
  - Log-likelihood fit che utilizza minuit per ricavare le frazioni
  - Bootstrap method, per la stima degli errori e della bontà del fit



## WORK IN PROGRESS

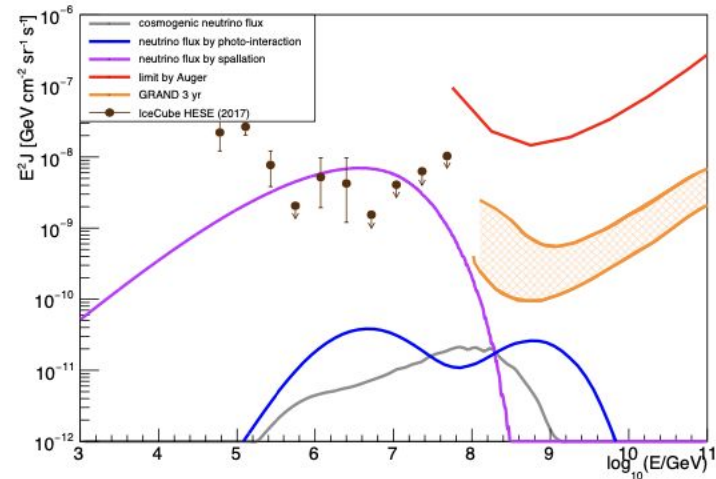
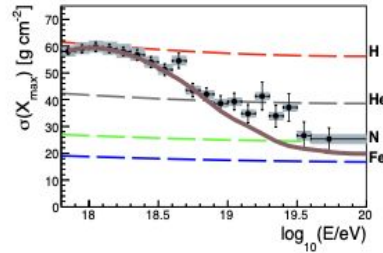
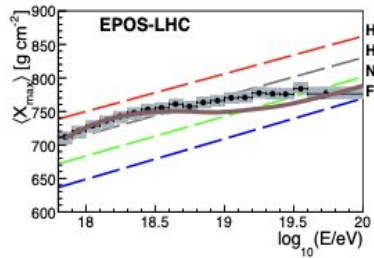
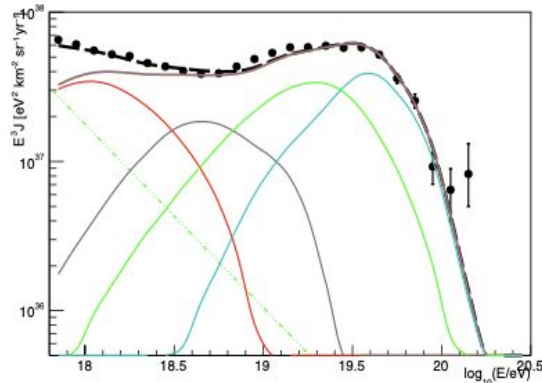
- Confronto con gli altri codici
- inclusione degli errori sistemati nel fit
- rimozione dell'indipendenza dei bin di energia





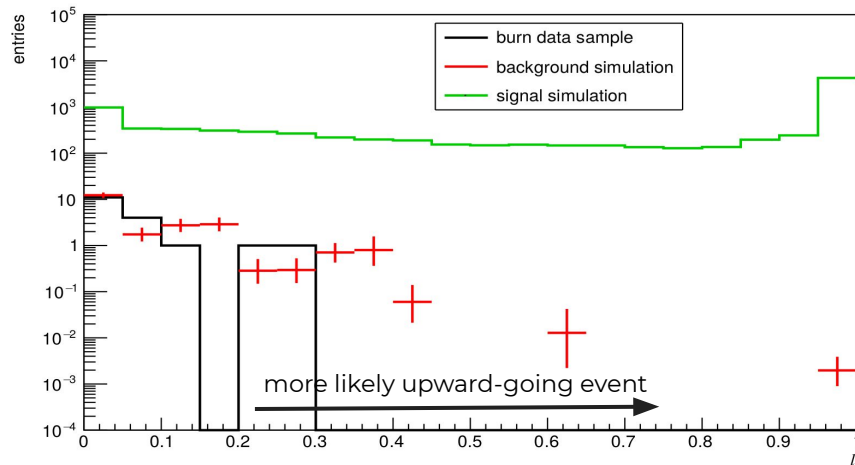
# Multimessenger Astronomy: sorgenti astrofisiche

- Modello di sorgente + propagazione
  - interazione di raggi cosmici in sorgenti e nello spazio extragalattico
  - produzione di neutrini da interazioni adroniche e foto-adroniche (modifiche a SimProp)
- contributo orale a ICRC 2021 da A. Condorelli

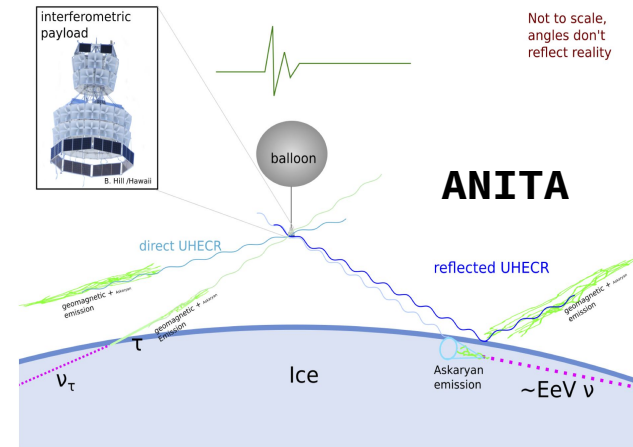


# Multimessenger Astronomy: ricerca di eventi neutrino-like

- L'esperimento ANITA ha rivelato 2 eventi consistenti con sciami provenienti dal basso (PRL 117 (2016) 071101)
- Il rivelatore di Fluorescenza di Auger è sensibile a questo tipo di eventi
- È stata fatta una analisi "blinded" usando il 10% dei dati FD



- Il gruppo dell'Aquila si è in particolare occupato della simulazione degli eventi (down-going e upgoing), del calcolo dell'esposizione e del fondo (M. Mastrodicasa contributo orale a ICRC)
- Paper in preparazione: confronto con ANITA



- Il numero di eventi attesi di background è  $nbkg = 0.45 \pm 0.18$ . Dopo l'unblinding è stato osservato un evento ed è stato derivato un limite integrale sul flusso di tali eventi:
  - $3.6 \times 10^{-20} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$  exposure pesata con  $E^{-1}$
  - $8.5 \times 10^{-20} \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1} \text{ s}^{-1}$  exposure pesata con  $E^{-2}$

# Fundamental Physics: LIV

Limiti su LIV utilizzando il contenuto di muoni negli sciami atmosferici estesi (basato su Auger PRL 126, 152002 (2021))

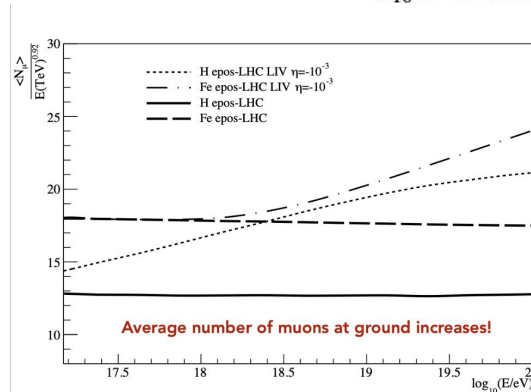
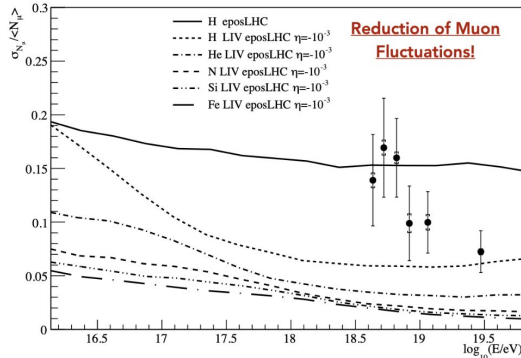
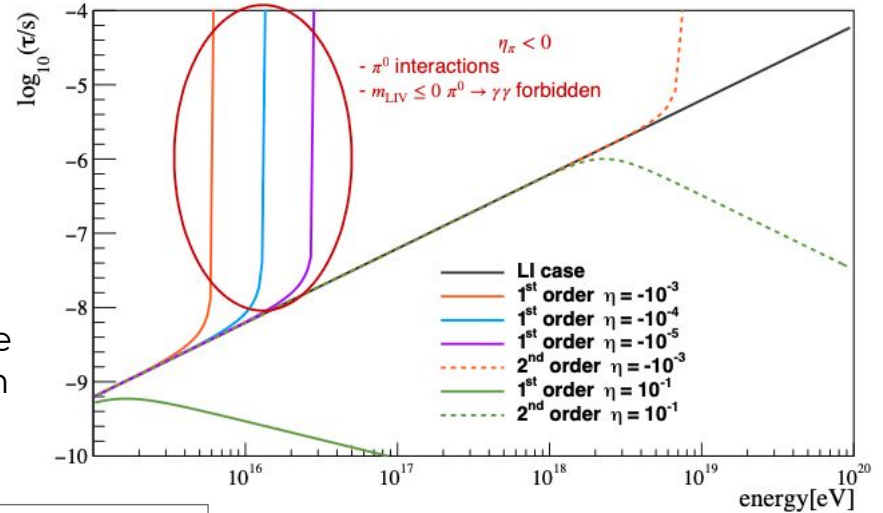
Modified dispersion relation

$$E^2 - p^2 = m^2 + \sum_{n=0}^N \eta^{(n)} \frac{p^{n+2}}{M_{pl}^n}$$

$m_{LIV}^2$

$$\tau = \frac{E}{m_{LIV}} \tau_0$$

Utilizzando simulazioni degli sciami è possibile quantificare le fluttuazioni dei muoni attese in funzione dell'intensità delle violazioni



- Abbiamo utilizzato per la prima volta le misure dei muoni per LIV
- I limiti trovati sono più stringenti dei precedenti in letteratura
- contributo orale a ICRC by C. Trimarelli
- A breve l'inizio della fase di scrittura di un articolo Auger

# Stanza turno remoto FD

## Situazione FD shift 2021

Dates	People in Shift		Suggested Shifters Number
	Local	Remote	
From first day evening to last day morning			#
Jan 06th - Jan 22nd (FULL) (COVID Lockdown)		J. Glombitza (DE: Aachen), Aachen 2 (DE), L. Zehrer (SL: Nova Gorica), J.P. Lundquist (SL: Nova Gorica)	4
Feb 05th - Feb 21st (FULL) (COVID Lockdown)		L. Perrone (IT: Lecce), Lecce 2 (IT), T. Fitoussi (DE: KIT), M. Schimassek (DE: KIT)	4
Mar 05th - Mar 23rd (FULL) (COVID Lockdown)		L. Deval (DE: KIT), K. Bismark (DE: KIT), N. Borodai (PL: Krakow), D. Gora (PL: Krakow), P. Assis (PT: LIP), Shifter 2 (PT: LIP)	6
Apr 03rd - Apr 22nd (FULL) (COVID Lockdown)		G. Isar (RO: ISS-Bucharest), D. Hirnea (RO: ISS-Bucharest), B. Dawson (AU), J. Bellido (AU), J. Rautenberg (DE:Wuppertal), E. Mayotte (DE:Wuppertal)	6
May 02nd - May 21st (FULL) (COVID Lockdown)	M. Cerda (Obs. Staff), J. Rodriguez (Obs. Staff), M. Del Rio (Obs. Staff), equiv. 2.5 shifters	Team KIT equiv. 3.5 shifters	6
May 31st - Jun 19th (FULL) (COVID Lockdown)		Adelaide 1 (AU), Adelaide 2(AU), R. Mussa (IT: Torino), F. Mariani (IT: Torino), O. Zapparrata (BE: UL Brussels), I. Maris (BE: UL Brussels)	6
Jun 29th - Jul 19th (FULL) (COVID Lockdown)		M. Büsken (DE: KIT), B. Keilhauer (DE: KIT), Lecce 1 (IT), C. Blevé in Lecce (FR: Grenoble), M. Suarez Duran (BE: UL Brussels), N. Gonzalez (BE: UL Brussels)	6
Jul 29th - Aug 16th (FULL) (COVID Lockdown)	J. Rodriguez (Obs. Staff), M. Del Rio (Obs. Staff)	E.E. Perreira Martins (DE: KIT), F. Knapp (DE: KIT) + 2 shifters equivalent by teams from BsAs, Puebla, KIT, Wuppertal, Brussels, Krakow, Lisboa	6
Aug 27th - Sep 14th (FULL) (COVID Lockdown)		<b>P. Travnicek (CZ: FZU), A. Bakalova (CZ: FZU), P. Tobiska (CZ: FZU), M. Majercakova(CZ: FZU), M. Havelka (CZ: FZU), K. Syrokvás (CZ: FZU)</b>	6
Sep 26th - Oct 12th (FULL)		P. Ruehl (DE: Siegen), J. Rautenberg (DE: Wuppertal), D. Gora (PL: Krakow), shifter 2 (PL: Krakow)	4
Oct 26th - Nov 10th (FULL)	A. Pacek (AR: ITeDA), H. Tettamanti (AR: ITeDA)	J. Glombitza (DE: Aachen), Aachen 2 (DE: Aachen)	4
Nov 25th - Dec 09th (FULL)	I. Caracas (DE: Wuppertal), S. Sehgal (DE: Wuppertal)	Grenoble 1 (FR), Naples 1 (IT) in Lecce	4
Dec 26th - Jan 10th 2022			4

- Causa COVID i turni FD possono essere solo remoti
- Lo staff locale copre (con fatica) le necessità sul sito
- A crisi finita si ritornerà ad avere una modalità mista con parte dei turnisti in remoto e parte in locale
- In Italia le stazioni per i turni remoti sono solo 2: Lecce e Torino
- Una stanza di turno remoto all'Aquila può essere utile sia al gruppo locale che a quelli vicini (Roma, Napoli)
- La stanza verrà installata al GSSI (I. De Mitri)

# Richieste finanziarie 2022

Capitolo	Descrizione	Parziale (k€)	Totale (k€)
<b>MISSIONI</b>	Partecipazione responsabile gruppo a incontro con referee e incontri istituzionali	2.00	
	Meeting europeo per working group neutrini FD (2 persone)	4.00	
	Partecipazione a conferenze Nazionali ed Internazionali (1 Naz 1 keuro + 1 Int. 2 keuro)	3.00	
	Meeting in Italia con il gruppo di Lecce su analisi Spettro Ibrido	1.00	
	Un turno di presa dati FD	4.00	
	Meeting di collaborazione a Malargüe (2 meeting 4 persone per meeting)	24.00	
	Manutenzione Lidar Raman a Malargüe (1 persona)	4.00	42.00
<b>CONSUMO</b>	Materiale ottico (filtri, beam splitter) per il Lidar Raman	3.00	3.00
<b>TRASPORTI</b>	Trasporti sul sito per manutenzione Lidar Raman	1.50	
	Trasporti presso l'Osservatorio per meeting	2.00	
	Trasporti sul sito per meeting	1.50	5.00
<b>INVENTARIO</b>	Hardware per installazione di una stanza di turno remoto presso il GSSI	6.00	6.00

Grazie per l'attenzione