

ASTROPARTICLE PHYSICS OUTREACH PROGRAM FOR HIGH-SCHOOL STUDENTS

- OCRA
- International Cosmic Day
- Local activities
- On line activities

Carla Aramo¹, Sabine Hemmer² for the OCRA Collaboration[£]

¹INFN – Sezione di Napoli, Napoli, Italy

²INFN – Sezione di Padova, Padova, Italy

[£]OCRA Collaboration at <https://web.infn.it/OCRA/>



ICHEP2020 – Virtual Conference – 29th July 2020

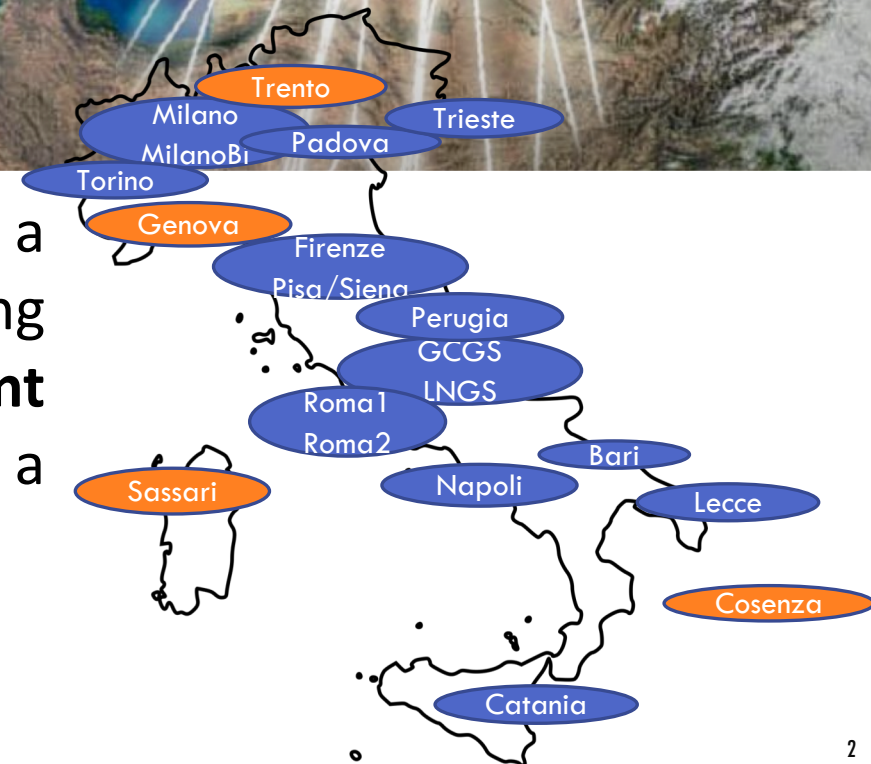




OCRA

Outreach Cosmic Ray Activities

OCRA – Outreach Cosmic Ray Activities was born in 2018 as a national outreach project of INFN with the aim of collecting within a national framework the numerous **public engagement activities in the field of cosmic ray physics** already present at a local level in 21 of the INFN divisions and laboratories.



<https://web.infn.it/OCRA/>





INTERNATIONAL COSMIC DAY (ICD) ORGANIZED BY DESY

- ❖ Seminars
- ❖ Measure with a muon telescope
- ❖ Video call and discussion of the results
- ❖ Questionnaire and/or Kahoot



6 November 2019
About 1000 students
in 20 of INFN divisions
and laboratories

ICD 2019 IN OCRA



946 STUDENTS



20 INFN UNITS



40% GIRLS



86% LICEO SCIENTIFICO, 6% LICEO CLASSICO, 5% ITIS, 3% ALTRO



65% of 5th, 30% of 4th, 5% of 3th



9 TRADITIONAL PRESS ARTICLES, 34 ONLINE ARTICLES, 2 RADIO INTERVIEWS, 2 TGR SERVICES, 1 LOCAL TV SERVICE



102 SCHOOLS FROM 76 CITIES

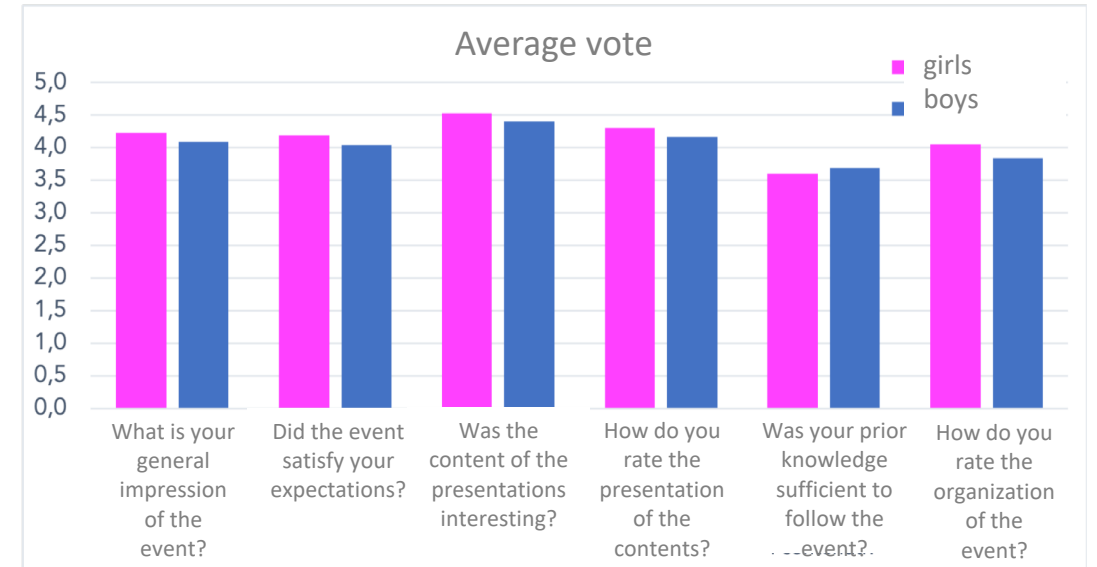
ICD 2019 IN OCRA



ALMOST 1000
STUDENTS



BETWEEN 30 AND
100 STUDENTS AT
EACH LOCAL EVENT



What was the part of the day you liked best?	Frequency
Theory/seminars	123
Experiment/data analysis	79
Vidyo conference	25

OCRA SCIENCE CAMP 2019

➤ Two students for each OCRA ICD 2018 site were selected among the almost 800 participants via a competition to join the OCRA Science Camp at the Gran Sasso in Italy. The participating students were between 16 and 18 years old.

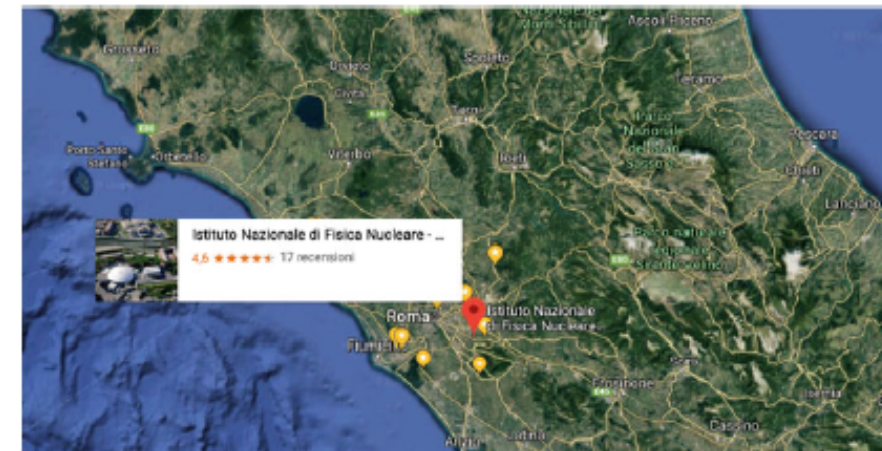
➤ The science camp took place from April 14 to 17, 2019. The local organizers were the Gran Sasso Science Institute (GSSI) located in L'Aquila and the Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS). The activities involved introductory seminars, a series of measurements in the field, the analysis of the data by the students under guidance of the researchers and a visit to the LNGS underground laboratories.



The measurements aimed at determining the dependence of the cosmic ray flux on the altitude by means of a set of measurements carried out in several places around the Gran Sasso massif. All data taking was carried out with the Cosmic Ray Cube (CRC), a telescope composed of 4 double-plane horizontal scintillation levels, orthogonal to each other. Each plane consists of four solid scintillator strips of $4 \times 1 \times 26 \text{ cm}^3$ size with a wavelength-shifter fiber inside, carrying the light produced by interaction with a penetrating particle to one end of the strip where it is collected by a SiPM which generates an electrical signal firing a blue LED.

OCRA SCIENCE CAMP 2020

- This year's camp was scheduled at the National Laboratories of Frascati from 19 to 21 April 2020 and involved the launch of an air balloon equipped with instruments to measure the flow of cosmic rays during the flight.
- Under the guidance of the researchers, 50 students assist in the preparation of the launch and analyse the data. In this way, the students themselves are the protagonists of the experience, discovering what it means to do scientific research, work in a team, manage unexpected events and solve various problems related to taking data in the field.



Due to COVID19, the camp was postponed to spring 2021

SOME LOCAL ACTIVITIES

A SCUOLA DI ASTROPARTICELLE @NAPOLI

600 students involved in astroparticle physics but also in radioactivity, nano-optics, biosensors, accelerators, theoretical physics, data acquisition techniques, etc.

Through Paths for Transversal Skills and Orientation (PCTO in Italian)

An innovative teaching method, which through practical experience helps to:

- consolidate the knowledge acquired at school
- test the aptitudes of students on the field
- enrich their training and guide their study path

Due to Covid19 the activities have been postponed to the next school year!

In viaggio verso... la Fisica Moderna

Bando



Percorsi per le Competenze Trasversali e di Orientamento (PCTO) attivabili nell'ambito del concorso.

I percorsi saranno attivati su base annuale e strutturati in 4-5 incontri per un totale massimo di 40 ore, secondo uno schema che prevede, tra l'altro:

- Presentazione del percorso e formazione sulla sicurezza dei luoghi in cui gli studenti saranno accolti
- Introduzione alle astroparticelle con visita al telescopio di Toledo
- Formazione seminariale sull'argomento scelto ed attività pratiche presso i laboratori scientifici e didattici degli enti coinvolti
- Seminari sulle problematiche della fisica moderna e visite ai Laboratori dove queste tematiche vengono studiate
- Elaborazione e presentazione obbligatoria nella manifestazione conclusiva pubblica di un prodotto legato al percorso seguito

Ogni scuola può partecipare a un solo percorso con una sola classe di studenti, tranne nell'eventualità di disponibilità a supportare gli oneri per esperti formatori non afferenti agli Enti. L'utilizzo delle apparecchiature e dei laboratori presso le strutture ospitanti è gratuito. Ad ogni gruppo ammesso a partecipare sarà assegnato un tutor afferente agli Enti ospitanti che curerà il percorso e fornirà il necessario supporto didattico-scientifico. Tale attività formativa è svolta a titolo gratuito. Le attività concordate saranno regolate da specifica convenzione con gli Enti. Le scuole saranno ammesse ai programmi PCTO in base alla disponibilità del percorso scelto, all'ordine temporale di arrivo della richiesta telematica, ed infine alla dichiarata disponibilità di risorse per il reclutamento degli esperti formativi (limitatamente ai percorsi che lo richiedono).

Percorsi PCTO

- Analisi dati esperimento per raggi cosmici Pierre Auger
- Analisi dati Totem-Telescopio di Toledo
- Muoni e relatività ristretta
- Fotonica e fibre ottiche
- Esposizione al Radon e percezione del rischio radon
- Elettronica
- Astrofisica ed osservazioni del Sole
- Le nanotecnologie e la meccanica quantistica
- Nanobiotecnologie per la salute e l'ambiente
- Luce e Tecnologia
- Misure di fisica ed astronomia al Telescopio Ottico
- Radiografia Muonica
- Fisica medica
- Fisica nucleare
- I linguaggi della fisica e comunicazione scientifica
- Le onde gravitazionali
- Accelerare le particelle
- Astrofisica delle galassie



PCTO – SOME ACTIVITIES

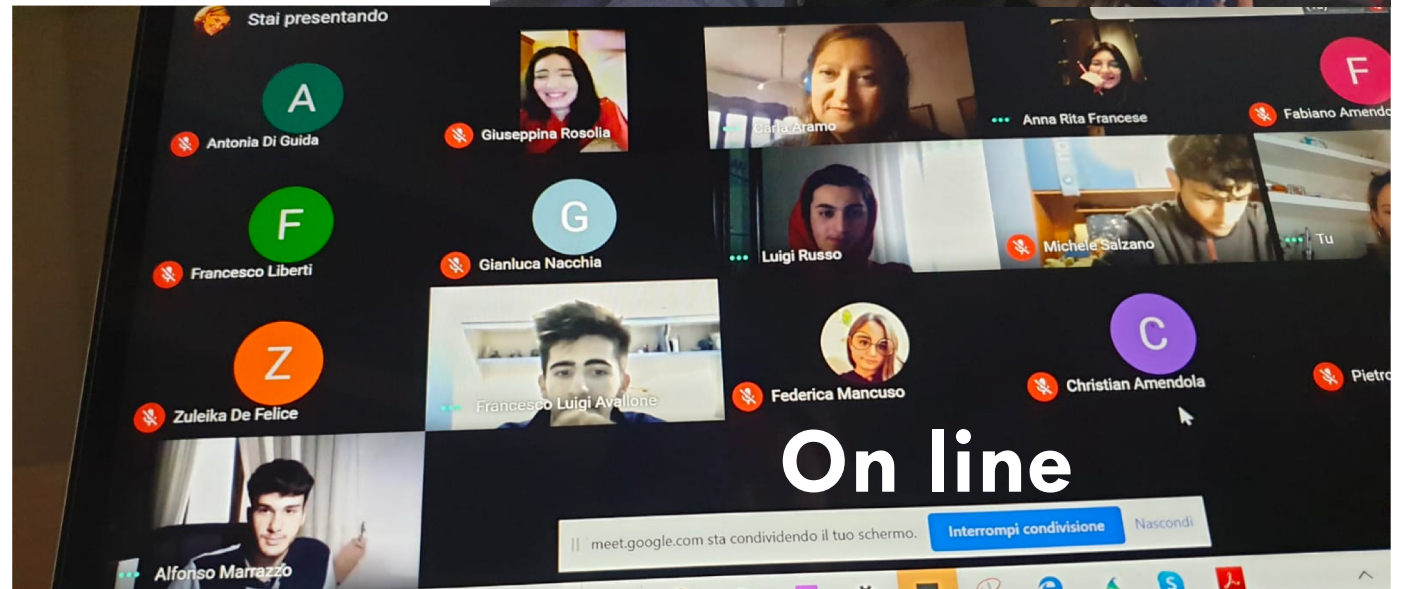
Metro Toledo Telescope



Seminars



CTA Napoli Laboratory



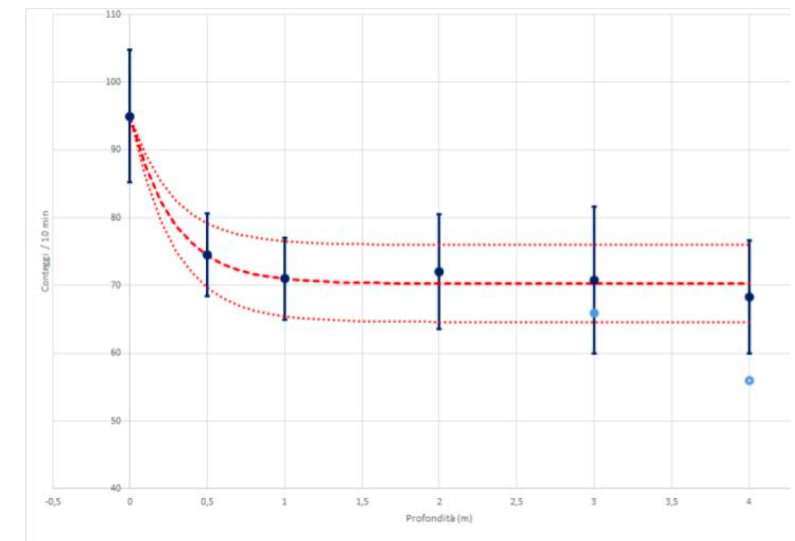
PIERRE AUGER OBSERVATORY @LECCE

- Within the PCTO program dedicate to the students to consolidate and expand the knowledge acquired at school via internships in private or public working environments, the Lecce division has initiated a project that allows the students to work together with a researcher to build Scintillator Surface Detector (SSD) for the upgrade of the **Pierre Auger Observatory**.
- The activities carried out so far involve **10 schools in Apulia for a total of around 6000 hours** of internship. In the figure below some students are working in the detector's laboratory.



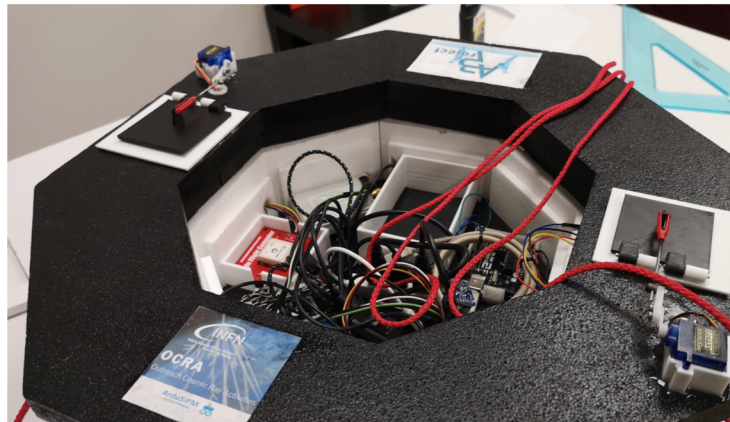
PACINI EXPERIMENT @PISA

- Some students from the Cecioni scientific high school of Livorno participated in the measurement led by researchers from Pisa, on 11/12/2019 off the port of S. Jacopo at the Naval Academy of Livorno.
- The students made the measurements and verified the decrease in events according to the depth using two "Gamma Scout" counters placed in waterproof boxes.
- **Measuring the radiation shielding effect with Pacini's method is an exciting experience for students.**
- Unlike what happens in the laboratory, they are engaged in a series of "en plein air" measures with the difficulty of solving problems and also identifying the reasons for an anomalous behaviour of the data due to systematic reasons.
- The data are described by an exponential two-parameter function that allows refined statistical analysis and, therefore, an introduction to basic concepts of statistical data treatment such as fit with the least squares method that can be done by hand by the student.



PCTO@ROMA

The group of Rome, in collaboration with the Cariati scientific high school and with the l'ABProject (a company specialized in light balloon flight), realized a stratospheric balloon launch in order to **measure the flux of cosmic rays as a function of the altitude**. The launch of MoCRiS (Measurement of Cosmic Ray in Stratosphere) started in Camigliatello Silano and reached an altitude of 34.111 meters.



The collected data allowed us to study the physics of the atmosphere and the dependence of the flow of cosmic rays on the quota

WORKSHOP@MILANO

The INFN Milano group organizes astroparticle summer workshops for High School students. These workshops are full-time and last two to three weeks. During these workshops, around 10 students from the Milan area are provided with the possibility to do some hands-on astroparticle physics: they analyze data from the Pierre Auger Observatory and the Borexino experiment, follow classes on cosmic rays, neutrinos and dark matter and build detectors such as a cloud chamber and scintillators.



OCRA COSMIC RAY ONLINE EDUCATIONAL ACTIVITIES

DEVELOPED DURING THE LOCKDOWN TO SUPPORT STUDENTS IN THE GRADUATION EXAM



1. Particelle dallo spazio
2. La conferma di Hess
3. Cosa sono i raggi cosmici
4. Dove si studiano i raggi cosmici
5. I Muoni
6. L'astronomia multi-messaggera
7. Ricadute tecnologiche
8. In laboratorio con noi

Il percorso presenta una breve introduzione alla fisica dei raggi cosmici, particelle provenienti da tutte le possibili direzioni dello spazio, da sorgenti che ancora oggi in molti casi sono sconosciute, come sconosciuti sono alcuni fenomeni ad essi associati. Lo studio dei raggi cosmici, cominciato nei primi anni del '900, ha dato inizio alla fisica delle particelle elementari e continua a dare importanti contributi per la comprensione dell'Universo.

Completano il percorso esperimenti didattici e per la ricerca inseriti nella sezione "In laboratorio con noi", buon divertimento!

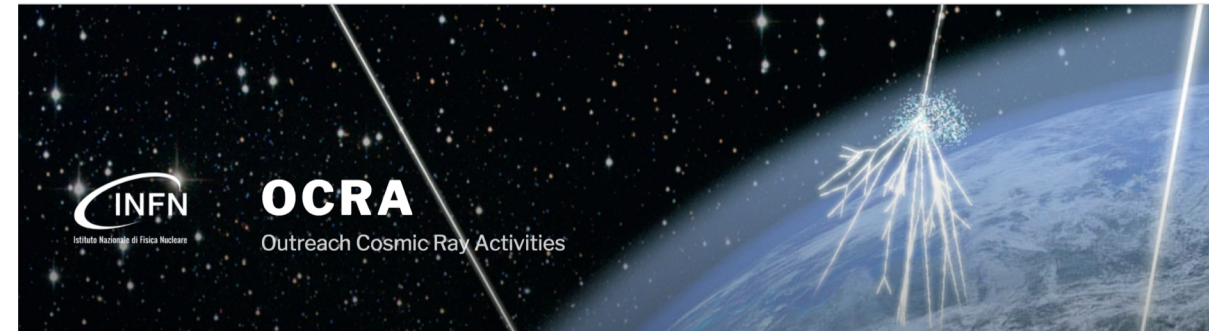
Per domande e/o curiosità sul percorso scrivere a ocra.infn@gmail.com

Lecture suggerite

Bruno Rossi, *I Raggi Cosmici*, Einaudi

Alessandro de Angelis, *L'Enigma dei Raggi Cosmici*, Springer

<https://web.infn.it/OCRA/>



Homepage International Cosmic Day ▾ Stage per studenti Percorso Raggi Cosmici ▾ Collaborazione Contatti

OCRA - OUTREACH COSMIC RAY ACTIVITIES

OCRA - Outreach Cosmic Ray Activities

Attività di public engagement nell'ambito della fisica nucleare

Particelle dallo spazio

La conferma di Hess

Cosa sono i raggi cosmici

Dove si studiano i raggi cosmici

I Muoni

L'astronomia multi-messaggera

In laboratorio con noi

The realization of the "Cosmic Rays" online activities were possible thanks to the contribution of: R. Antolini, C. Aramo, V. Bocci, M. Buscemi, L. Caccianiga, A. Candela, G. Cataldi, R. Colalillo, F. Convenga, M.R. Coluccia, P. Di Nezza, G. Di Sciascio, C. Evoli, G. Galbato, A. Giampaoli, F. Iacoangeli, D. Liguori, S. Miozzi, R. Paoletti, N. Rossi, D. Rozza, M. Schioppa, I. Veronesi

EDUCATIONAL EXPERIMENTS



Educational experiments made with simple devices to measure cosmic muons and describe their behaviour



Each experiment is dedicated to the description of a measurement.

With the available data it is possible to be guided in the analysis that leads to the:

- muon rate measurement and track reconstruction (Cosmic Ray Cube telescope);
- measurement of the angular distribution of muons (Toledo Muon Telescope);
- measurement of muon intensity as a function of the Zenith angle (ICD);
- measurement of muons as a function of height in the atmosphere (Balloon Flight);
- measurement of muons as a function of depth in water (Pacini Experiment)

Il telescopio per muoni cosmici della metropolitana di Toledo a Napoli

Il percorso ci porterà alla scoperta del rivelatore installato nel 2014 nella stazione di Toledo (Fig.1), la più bella stazione metropolitana d'Europa! Guarda il [Video](#)

Nel percorso "Raggi Cosmici" Abbiamo imparato molto sul **muone** e come si può rivelare. In questo percorso vedremo come un telescopio installato sotto 40 m di roccia può rivelare queste particelle che hanno una massa 200 volte quella dell'elettrone e che vivono solo 2.2 us. Il telescopio descritto in questo percorso è simile al [Cosmic Ray Cube \(CRC\)](#), solo che è costituito da 10 piani rispetto ai 4 del CRC.



L'OSSERVATORIO PIERRE AUGER

L'Osservatorio Pierre Auger è il più grande osservatorio al mondo per lo studio dei raggi cosmici di altissima energia ($E > 10^{19}$ eV). È situato nella pampa argentina a 1400 m sul livello del mare e copre un'area di 3000 km², corrispondente alla superficie della Valle d'Aosta.

L'Osservatorio è costituito da due rivelatori principali, il rivelatore di superficie (SD) e il rivelatore di fluorescenza (FD). Questi sono ottimizzati per studiare gli Sciami Atmosferici Estesi (EAS), cioè l'insieme di particelle, dette raggi cosmici secondari, prodotte dall'urto dei raggi cosmici primari con i nuclei dell'atmosfera terrestre e schematizzati nella Fig.1.

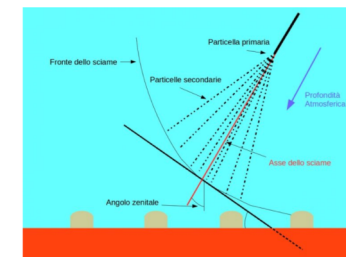


Fig.1: Schematizzazione dello sviluppo di uno sciame atmosferico esteso.

INTERACTIVE

MISURA DEI MUONI IN FUNZIONE DELL'ANGOLO DI ZENITH

Modifica

Le misure che descriviamo in questa sezione e che rendiamo disponibili per l'analisi dati sono state eseguite durante l'**INTERNATIONAL COSMIC DAY (ICD)**. L'ICD è un progetto internazionale per gli Istituti Superiori organizzato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (<https://web.infn.it/OCRA/international-cosmic-day/>) in collaborazione con DESY Accelerator Laboratory (Amburgo) e con altri Laboratori di Fisica e Istituti in tutto il mondo. Durante la giornata dedicata ai raggi cosmici gli studenti entrano in contatto con l'attività di ricerca in fisica, portano a termine un piccolo esperimento sui raggi cosmici, analizzano i dati, confrontano i propri risultati con gli altri gruppi collegati da altre università o centri di ricerca nel mondo, lavorano per un giorno come in una collaborazione internazionale e pubblicano i risultati.

Cosa dobbiamo misurare?

I raggi cosmici primari (come spiegato [qui](#)) non riescono a raggiungere la superficie terrestre perché interagiscono (si scontrano) con gli atomi dell'atmosfera creando una cascata di particelle secondarie. Questi sciame di particelle secondarie durano pochi miliardesimi di secondo e, una volta arrivati a terra, possono coprire un'area di diversi chilometri quadrati. Tra le particelle cariche che arrivano a terra, i muoni sono quelli più facilmente misurabili. Nonostante risultino invisibili all'occhio umano, il metodo usato dai ricercatori, per evidenziarne il passaggio, consiste nel farli interagire con la materia sensibile (particolari materiali che danno un segnale elettrico o luminoso una volta che vengono attraversati da queste particelle). La registrazione di questi fenomeni fornisce ai ricercatori informazioni sul passaggio delle particelle e dell'energia che hanno rilasciato. Questa strumentazione prende il nome di rivelatore ("detector" in inglese). Il rivelatore utilizzato in questa esperienza è il CosmicRayCube (CRC), per una descrizione dettagliata del rivelatore usato per queste misure vi rimandiamo al link [CRC](#). In sintesi il rivelatore è fatto da 4 piani di rivelazione messi in coincidenza.

MISURA DEI MUONI IN FUNZIONE DELL'ALTEZZA IN ATMOSFERA

Modifica

Il percorso didattico che presentiamo ripercorre l'esperienza di un progetto realizzato nell'ambito dei Percorsi per le Competenze Trasversali e per l'Orientamento (PCTO), ex Alternanza Scuola-Lavoro. Il progetto, denominato MoCRIS (Measurement of Cosmic Ray in Stratosphere), nasce da una collaborazione tra l'ABProject, OCRA INFN Roma1 (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare Outreach Cosmic Ray Activities) ed il Liceo Scientifico di Cariati. Questa collaborativa ha consentito l'interazione tra il mondo della scuola, quello della ricerca e quello della tecnologia ed ha fornito, a tutti i partecipanti, la possibilità di apprendere da un ampio spettro di esperienze e professionalità. Gli alunni, sono stati coinvolti dalla progettazione alla realizzazione della sonda, nello studio dei principi teorici della fisica e delle tecnologie aerospaziali, nonché nella fase del lancio del pallone aerostatico che ha raggiunto la quota di 34111 metri. Scopo principale del lancio la misura del flusso di raggi cosmici in funzione della quota eseguito tramite due rivelatori di particelle di tipo ArduSiPM sviluppati dall'INFN Sezione di Roma.



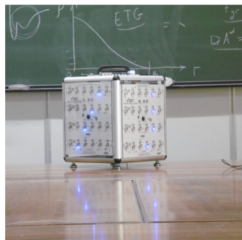
Fig. 1: Foto del team MoCRIS.

MISURA DELLA RATE DI MUONI COSMICI

Modifica

Cosmic Ray Cube

Ai Laboratori Nazionali del Gran Sasso (LNGS) è stato progettato e realizzato un telescopio di raggi cosmici, ideato per essere utilizzato in eventi pubblici e didattici. Il telescopio, utilizzando le più innovative tecnologie che normalmente si impiegano negli esperimenti di fisica delle particelle, è in grado di visualizzare il passaggio di particelle contenute nello sciame di raggi cosmici che continuamente arrivano sul suolo terrestre. Lo strumento, chiamato Cosmic Rays Cube (CRC), grazie alla sua struttura compatta ed alla possibilità di essere alimentato a batteria è di facile portabilità e consente di misurare il flusso di particelle a varie altitudini, la loro distribuzione angolare, l'efficienza del rivelatore al variare di alcuni parametri di funzionamento.



MISURA DEI MUONI IN FUNZIONE DELLA PROFONDITÀ IN ACQUA

Modifica

Esperimento Pacini

Nei primi anni del '900 gli scienziati scoprirono l'esistenza di radioattività naturale sulla Terra, e si chiesero da dove questa radioattività avesse origine; tra le varie ipotesi la più accreditata era che fosse dovuta a radiazioni provenienti dalla crosta terrestre. La soluzione dell'enigma richiese

una decina di anni, e fu una delle imprese intellettuali più emozionanti della storia della scienza. Essa portò alla scoperta che buona parte della radiazione trae origine da sorgenti extraterrestri - e alla radiazione extraterrestre fu in seguito dato il nome di "raggi cosmici".



Sappiamo oggi che i raggi cosmici sono particelle (in maggioranza protoni) che urtano l'atmosfera terrestre apparentemente da ogni direzione, a velocità prossime a quelle della luce. Le loro energie sono tra le più alte osservate in natura (anche cento milioni di volte l'energia delle particelle dell'acceleratore LHC al CERN di Ginevra): devono quindi provenire da potentissimi acceleratori cosmici, probabilmente in resti di supernova e nei dintorni di buchi neri supermassicci. Il meccanismo di accelerazione fu spiegato da Enrico Fermi nel 1949 (raggi cosmici di minore energia provengono, invece, dal Sole). Arrivare a questa conclusione fu difficile: la contemporanea esistenza di radiazione cosmica e di radiazione terrestre rendeva delicati gli esperimenti. [\[Approfondimenti\]](#)

Excel
Python

EXPERIMENTS FOR RESEARCH: PIERRE AUGER OBSERVATORY

Esercizio 1: Ricostruisci lo spettro dei raggi cosmici di energia estrema

Conoscendo l'energia degli sciami rivelati dall'Osservatorio e il numero di sciami raccolti in un certo intervallo di energia, possiamo calcolarne il flusso e costruire lo *spettro dei raggi cosmici* primari rappresentato in Fig. 1.

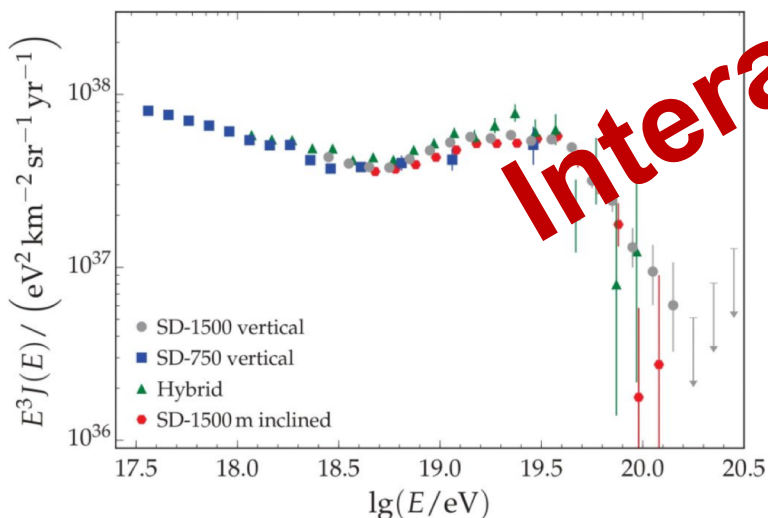


Fig. 1: spettro dei raggi cosmici di altissima energia misurato dall'Osservatorio Pierre Auger. Ciascuno degli spettri rappresentati in figura è stato ottenuto con diversi metodi e rivelatori dell'Osservatorio. Utilizzare più rivelatori e tecniche di misura diverse, permette di misurare lo spettro su un intervallo di energia più ampio. Gli intervalli di energia sono di 0.1 Log (E/eV). Ref. <https://pos.sissa.it/301/486/pdf>

<https://colab.research.google.com/drive/1Vh8kb4oB9yS8E6ubc9I3uhC1Ykol51ck>



Esercizi interattivi

L'Osservatorio Pierre Auger ha reso pubblici il 10% dei dati acquisiti finora. È possibile scaricare i dati direttamente dal sito della collaborazione [Auger](https://www.auger.org).

Mappa_Auger.ipynb
File Edit View Insert Help Tools Help

Open in playground

Tutorial per rappresentare la mappa galattica delle direzioni di arrivo dei raggi cosmici di altissima energia usando i dati pubblici dell'Osservatorio Pierre Auger.

A cura di: Mario Buscemi (INFN-Catania), Carla Aramo (INFN-Napoli) e Roberta Colalillo (INFN-Napoli)

Contatti: augermasterclass@gmail.com

ISTRUZIONI

La piattaforma che stiamo utilizzando, Google Colab, fornisce un python-notebook, cioè una interfaccia che ci consente di eseguire comandi nel linguaggio di programmazione python e visualizzare dati e grafici.

Per utilizzare il notebook, cliccare sul tasto "Open in playground" posizionato in alto a sinistra. Ogni blocco di comandi può essere eseguito cliccando sul tasto "play" situato in alto a sinistra della cella, oppure ponendo il cursore nella cella e cliccando Shift+Invio oppure Ctrl+Invio. All'esecuzione del primo blocco comparirà una finestra di pop-up, nella quale bisogna cliccare sul tasto "Run anyway".

Il notebook può essere modificato, ma le modifiche non verranno salvate. Per salvare le proprie modifiche è necessario salvare una copia del notebook nel proprio account GoogleDrive, cliccando sul tasto "Copy to Drive", posizionato in alto sotto la barra dei Menù.

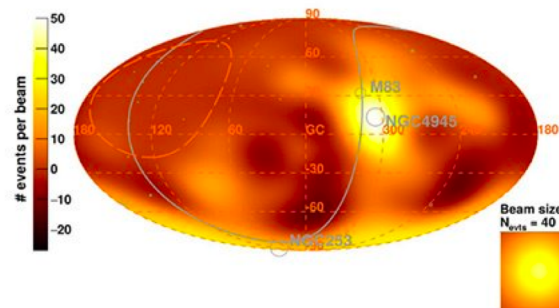
Prima di ciascuna parte dello script è presente una spiegazione del suo contenuto.

Iniziamo importando alcune librerie standard di Python che contengono delle funzioni di base che saranno utilizzate nel programma.

```
[ ] import pandas as pd
from pandas import DataFrame
import matplotlib
```

<https://colab.research.google.com/drive/15UUuOeUGXZRxXNSZcziGphFEGTIZbEFz>

Observed Excess Map - E > 39 EeV



CONCLUSIONS

- OCRA has been active for only two years but has grown constantly, involving almost all INFN divisions;
- OCRA organizes ICD and camp as its common activity and completed by many local activities;
- during the COVID-19 lockdown new online activities to bring students closer to cosmic rays through muon detectors and analysis of experimental data;
- synergies between the groups and also between researchers and high school teachers are very fruitful and fundamental for developing new educational activities;
- more activities to come.... like the Pierre Auger Observatory masterclass!



OCRA SCIENCE CAMP 2019 – Campo Imperatore (L'Aquila)

FOR MORE INFORMATION PLEASE CONTACT:

OCRA.INFN@GMAIL.COM
CARLA.ARAMO@NA.INFN.IT
SABINE.HEMMER@PD.INFN.IT

Thank you!