

Liceo "Giordano Bruno" Arzano (NA)

III Edizione 2018/2019

A scuola di astroparticelle

"Dalle astroparticelle alle nanotecnologie... a scuola di Fisica Moderna"



sito web: www.na.infn.it
 mail: direzione@na.infn.it
 segreteria di direzione: 081.67.61.86
 facebook: [ascuoladiastroparticelle](https://www.facebook.com/ascuoladiastroparticelle)
 facebook: INFN Sezione di Napoli

$$E = mc^2$$

$$\frac{1}{\gamma} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Liceo "Giordano Bruno"
 Arzano (NA)
www.liceogiordanobruno.gov.it/

Docenti interni: **De Rosa Arturo**
 Tutor esterni: **Giulio Saracino, Mariaelena D'Errico, Luca Scognamiglio**

Classe 4C LS di Arzano

Andeloro Miriana
 Brandi Elisabetta
 Caruso Rosa
 D'Agostino Francesco Pio
 Di Fiore Teresa
 Di Giacomo Giuseppe
 Ferrara Chiara

Mastellone Antonella
 Murri Raffaella
 Pagliuca Nicola
 Panzariello Giada
 Pelliccio Alessia
 Pesce Marta
 Piscopo Anna

Rennella Roberto
 Russiello Agrippino
 Emanuele
 Saviano Enzo



Liceo "Giordano Bruno"
 Arzano (NA)
www.liceogiordanobruno.gov.it/

Docenti interni: **De Rosa Arturo**
 Tutor esterni: **Giulio Saracino, Mariaelena D'Errico, Luca Scognamiglio**

Classe 4C LS di Arzano

Andeloro Miriana
 Brandi Elisabetta
 Caruso Rosa
 D'Agostino Francesco Pio
 Di Fiore Teresa
 Di Giacomo Giuseppe
 Ferrara Chiara

Mastellone Antonella
 Murri Raffaella
 Pagliuca Nicola
 Panzariello Giada
 Pelliccio Alessia
 Pesce Marta
 Piscopo Anna

Rennella Roberto
 Russiello Agrippino
 Emanuele
 Saviano Enzo



ALLA SCOPERTA DEI MUONI

I raggi cosmici sono composti da particelle, provenienti da ogni direzione dello spazio, che colpiscono continuamente la Terra. Più precisamente sono costituiti da protoni e nuclei di atomi completamente ionizzati (cioè che hanno perso tutti i loro elettroni) e che hanno acquisito velocità vicine a quelle della luce, cioè 300.000 km/s.

A seconda dell'energia dei raggi cosmici è possibile stabilire delle probabili sorgenti che li hanno originati. Il Sole è responsabile della produzione dei raggi cosmici con energia più bassa; le esplosioni di **supernovae nella nostra galassia** sono le maggiori responsabili di quelli a energie intermedie, mentre per le energie più elevate l'origine è **al di fuori della nostra galassia**, tra cui anche i buchi neri.



I raggi cosmici sono composti essenzialmente da protoni (~90%), i quali interagendo e collidendo con le molecole dell'atmosfera terrestre, generano uno sciame di particelle secondarie (come i muoni).



Il **muone** è una particella elementare, di massa 207 volte quella dell'elettrone. I muoni che giungono al suolo terrestre sono prodotti dall'interazione tra i raggi cosmici e gli atomi del gas presenti nella parte più alta dell'atmosfera. Immaginate che, mentre leggete queste righe, una gran quantità di queste particelle vi stia attraversando: su un metro quadrato di superficie, possiamo registrare ben 10.000 muoni al minuto.



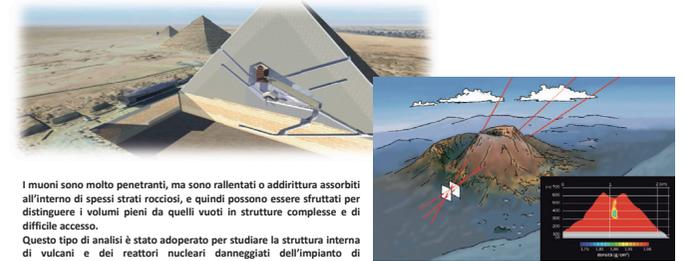
I raggi cosmici e la teoria della relatività ristretta

I muoni così prodotti sono particelle che vivono circa 2,2 microsecondi. Avendo una velocità quasi uguale a quella della luce, prima di decadere coprono una distanza di circa 660 m. Ma come si spiega allora che, nonostante l'atmosfera abbia uno spessore di circa 15 km, al suolo ne arrivano più della metà?

La spiegazione è da ricercare nella **relatività del tempo**. Dal punto di vista del muone, il suo tempo "proprio" di decadimento è effettivamente 2,2 microsecondi. Tuttavia, se questo muone va molto veloce, un osservatore che sta sulla Terra ne vede il tempo "dilatato" di circa 25 volte. Questo vuol dire che, per l'osservatore a Terra, il tempo di decadimento del muone diventa 55µs, il che permette al muone di percorrere ben 16 km. Ecco perché, non tutti, ma una buona parte dei muoni riesce ad attraversare tutto lo strato di atmosfera e giungere fino al suolo dove sono rivelati.

Se vi trovate a passare nella stazione di Toledo della metropolitana di Napoli, fate caso a questo «strano» macchinario tra una rampa di scale mobili e un'altra.

Si tratta di un rivelatore di muoni vero e proprio che registra il passaggio di muoni, determinandone la direzione di provenienza.



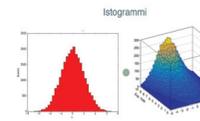
I muoni sono molto penetranti, ma sono rallentati o addirittura assorbiti all'interno di spessi strati rocciosi, e quindi possono essere sfruttati per distinguere i volumi pieni da quelli vuoti in strutture complesse e di difficile accesso.

Questo tipo di analisi è stato adoperato per studiare la struttura interna di vulcani e dei reattori nucleari danneggiati dell'impianto di Fukushima: luoghi impossibili da raggiungere. Impenetrabili proprio come la Piramide di Cheope, oggetto del lavoro pubblicato su Nature "Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons"

ESPERIMENTO e COMPUTER

I rivelatori raccolgono una gran mole di dati che devono essere accuratamente selezionati, studiati e convertiti in una forma tradotta di più semplice comprensione (come grafici, mappe etc.)

Pertanto per analizzare dati bisogna imparare a dialogare con un computer, in linguaggio C++, in modo da programmarlo per fargli trattare i dati raccolti ed elaborarli secondo le nostre intenzioni e necessità.



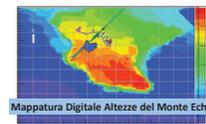
```

ESEMPIO PER TRACCIARE UN ISTOGRAMMA
Void ImIstogramma()
FW1F "IstogrammaScale", "Istogramma della Scala", 50,0,50;
for (int i=0; i<50; i++) {
    if(i<25) Istogramma->SetBinContent(i+1, i+1);
    else Istogramma->SetBinContent(i+1, 50-i);
}
Istogramma->Draw();
    
```

Ma anche per realizzare radiografie **MUONICHE**, posizionando opportunamente rivelatori muonici nelle profondità del sottosuolo (nella foto quelli posizionati in una cavità sotto il Monte Echia a Napoli)

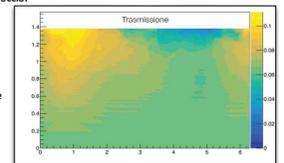


Infatti, si può utilizzare la mappatura delle altezze rispetto al livello del mare così da sapere lo spessore di roccia che sovrasta il rivelatore.



Conoscendo la legge di perdita di energia in funzione dello spessore possiamo ricavare per ogni direzione l'Energia minima (energia persa nello spessore corrispondente)

Sommando per ogni direzione tutti i muoni con energia superiore all'energia minima si ottiene il numero atteso di muoni al rivelatore. Questa fase di «simulazione» culmina con una mappatura della **trasmissione prevista**, cioè del rapporto tra numero di muoni giunti al rivelatore e numero di muoni a «cielo libero» (cioè se non ci fosse affatto roccia)



Una volta effettuata la misura reale, si confronta la mappatura del rapporto tra **trasmissione sperimentale** con quella prevista dalla simulazione: sono proprio le anomalie evidenziate da questa analisi che possono rappresentare eventuali cavità sotterranee.