

# MISURA DEL FLUSSO DI RAGGI COSMICI E SEPARAZIONE DELLE COMPONENTI CARICA E NEUTRA.

ADRIANO DEL VINCIO    VIOLA FLORIS    DANIELE PASSARO    DOMENICO RICCARDI  
MARCO RIGGIRELLO    NICCOLÒ TORRITI    ANTOINE VENTURINI

7 Maggio 2021

## 1 INTRODUZIONE

I raggi cosmici (RC) sono particelle elementari e nuclei provenienti dall'universo che bombardano costantemente l'atmosfera terrestre. I RC sono solitamente classificati in due categorie: i *primari*, ovvero le particelle cosmiche che incidono direttamente nell'alta atmosfera, tipicamente composti da protoni, particelle alpha e in parte minore da nuclei leggeri; i *secondari*, prodotti dagli sciami adronici ed elettromagnetici generati dalle interazioni dei primari con l'atmosfera, e tipicamente composti da muoni, mesoni, adroni leggeri e nuclei. I



FIGURA 1: Sciami prodotto da un raggio cosmico primario. [? ]

RC sono noti fin dai primi decenni del '900 e la loro fisica è stata studiata approfonditamente nel corso degli anni. Ciononostante, alcuni aspetti non sono stati approfonditi, per cui risulta tutt'ora di grande interesse scientifico effettuare ricerca in questo campo. Le misure di interesse che vogliamo effettuare con il nostro esperimento sono:

1. **Misura di flusso verticale dei RC carichi in funzione dell'altitudine** - Il flusso verticale di raggi

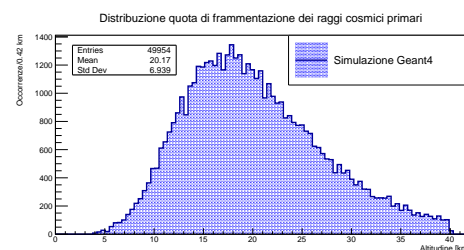


FIGURA 2: Simulazione GEANT4 della quota di frammentazione di un fascio di protoni energetici nell'atmosfera.

cosmici è atteso dipendere dalla quota: l'interazione adronica dei primari con l'atmosfera (Figura 2) dipende criticamente dalla densità del mezzo. Stimiamo che il massimo della produzione di secondari avvenga attorno ai 20km. Questa misura è di duplice interesse: correlazione con l'altitudine di formazione delle nuvole, rivelando un possibile ruolo dei RC nella loro formazione (esperimento CLOUD @CERN); stima dei danni da radiazione indotti sull'elettronica, importante per stimare i *single event upset* nella strumentazione di missioni spaziali;

2. **Misura di flusso orizzontale dei RC carichi in funzione dell'altitudine** - Ci si aspetta che la componente orizzontale dei RC sia fortemente soppressa, ma questo dipende dallo spessore trasverso di atmosfera attraversata, dunque dalla quota. Questa misura non è presente in letteratura e può apportare un contributo originale alla comprensione dei RC;
3. **Misura del flusso di neutroni termici in funzione dell'altitudine** - I neutroni vengono prodotti in seguito a reazioni di spallazione nucleare tra la componente di raggi cosmici primari ed i nuclei di azoto

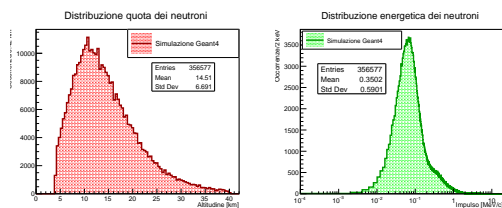


FIGURA 3: Simulazione GEANT4 della quota e spettro energetico iniziale dei neutroni prodotti. Si noti come la distribuzione in quota segue quella dei protoni primari (Fig. 2).

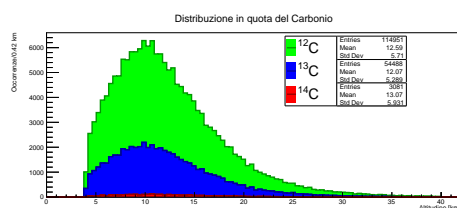


FIGURA 4: Simulazione GEANT4 della distribuzione in quota degli isotopi del C prodotti dai RC primari.

e ossigeno. Lo spettro energetico risulta piccato per energie di 100 KeV, come si osserva dalla Figura 3. Attraverso processi di scattering multiplo l'energia cinetica dei neutroni diminuisce, fino ad energie inferiori ad 1 eV. Neutroni con tale range di energie sono definiti termici. A queste energie diventano importanti fenomeni di assorbimento, in particolare si sottolinea il seguente:  $n + {}^{14}\text{N} \longrightarrow {}^{14}\text{C} + p$ , in cui da un nucleo di azoto si forma un particolare isotopo del carbonio. La reazione descritta regola la produzione e abbondanza relativa del carbonio-14 in natura. Dalla misura del flusso di neutroni termici possiamo ricavare il rate di produzione del  ${}^{14}\text{C}$  in funzione della quota (Figura 4). La misura è importante perché l'attività legata al carbonio-14 è uno dei metodi più diffusi di datazioni di reperti organici.

\*\*\*\*\* da inserire nella sezione rivelatori \*\*\*\*\*

Si propone una misura della componente termica del flusso di neutroni al variare della quota mediante l'impiego del dosimetro CT007-T (GammaGuard)

## 2 PRESENTAZIONE DEL GRUPPO

**Adriano Del Vincio** — Laurea triennale in fisica e attualmente iscritto al corso di laurea magistrale in fisica

medica. Il mio ruolo all'interno del gruppo è legato all'analisi dati ed ho contribuito a definire la misura proposta del flusso di neutroni in alta atmosfera ed il suo importante legame con la produzione di carbonio 14, impiegato nelle misure di datazione. Inoltre sono stato di supporto a Daniele Passaro nella realizzazione della simulazione dell'interazione di raggi cosmici con l'atmosfera, attraverso l'uso del programma *GEANT4*.

**Viola Floris** — Laureata in Fisica presso l'Università degli Studi di Perugia. Ho sviluppato una tesi triennale sulla misura dell'energia in Fisica delle Particelle mediante calorimetri, approfondendo l'esperimento NA62 al SPS (Cern). Attenta ai dettagli ed amante delle sfide, mi sono appassionata agli aspetti più sperimentali della fisica delle particelle visitando i tunnel del Cern. Attualmente frequento il Corso di Laurea Magistrale in *Interazioni Fondamentali* all'Università di Pisa, dove, grazie al corso di laboratorio, sto portando avanti misure sui raggi cosmici, sul decadimento del muone e sull'annichilazione del positrone. Do il mio contributo al progetto con l'esperienza acquisita proprio in queste misure.

**Daniele Passaro** — Sono uno studente iscritto al corso di laurea magistrale in Fisica presso l'Università di Pisa, curriculum di "Interazioni Fondamentali". Il mio percorso formativo è incentrato sulla fisica delle particelle, in particolare dando grande attenzione ai metodi sperimentali necessari per l'attività di ricerca in fisica delle alte energie. Riguardo l'attività sperimentale, ho acquisito esperienza seguendo un totale di 6 corsi di laboratorio: 5 durante il corso di laurea triennale in Fisica presso UniSa, incentrati su analisi dati, elettronica digitale e analogica, microelettronica, magnetismo e simulazioni numeriche; uno durante il corso di laurea magistrale, dedicato alla fisica delle interazioni fondamentali ed in particolare sui raggi cosmici.

Nel progetto mi occupo delle simulazioni Monte Carlo, realizzate tramite il toolkit di simulazione avanzata *GEANT4* (©CERN), e collaboro alla caratterizzazione del modulo rivelatore *micromegas* e della sua elettronica di lettura.

**Domenico Riccardi** — Sono iscritto al corso di laurea magistrale in Fisica presso l'Università di Pisa, curriculum di "Interazioni Fondamentali". I miei interessi sono rivolti, principalmente, alla fisica sperimentale delle alte energie e all'analisi dei dati. L'attività sperimentale svolta nel corso della laurea triennale, frequentando

tre laboratori, e in quella magistrale, con il laboratorio d'interazioni fondamentali, mi hanno permesso di approfondire aspetti e problematiche nell'ambito della realizzazione e dell'analisi dei risultati di esperimenti scientifici. La mia passione per la fisica delle alte energie, mi ha portato ad un lavoro di tesi triennale incentrato sullo studio dell'efficienza di ricostruzione dei muoni nel decadimento del mesone  $B_c^+$  su simulazioni Monte Carlo prodotte dall'esperimento CMS ad LHC. Nell'esperimento concepito mi occupo dello studio dell'efficienza dell'apparato, che è una variabile fondamentale per le misure di flusso che si vogliono ricavare, e più in generale sulla sua caratterizzazione.

dell'analisi dei dati raccolti (se tutto andrà bene).

**Marco Riggirello** — Sono uno studente magistrale del dipartimento di Fisica dell'Università di Pisa iscritto al curriculum di *Fisica delle Interazioni Fondamentali*. Per la laurea triennale, conseguita nel 2020, ho presentato una tesi sulla misura della violazione dell'universalità leptonica con l'esperimento CMS in cui ho effettuato un'analisi volta a ottimizzare la precisione della misura di  $R(J/\psi)$ . Sono molto interessato alle sfide sperimentali della fisica delle alte energie: durante il mio percorso triennale ho seguito numerosi corsi su argomenti di elettronica e analisi dati che sto approfondendo nella prosecuzione magistrale.

Per il nostro progetto mi sono occupato del *design* dell'apparato e, se sarà effettuato il lancio, contribuirò all'analisi dei dati raccolti.

**Antoine Venturini** — Sono uno studente della laurea magistrale in Fisica presso l'Università di Pisa, iscritto al curriculum di Interazioni Fondamentali. Ho coltivato l'interesse per la fisica delle particelle sin dagli anni della triennale, laureandomi (nel 2020) con una tesi su una misura del bosone di Higgs di LHC @CERN e frequentando poi la stessa estate la Summer School tenuta in Giappone dalla collaborazione per l'esperimento Belle 2. Insieme ai corsi teorici seguo numerosi corsi dedicati agli aspetti sperimentali della ricerca in fisica delle alte energie, sia all'analisi dati che alla strumentazione per la rivelazione delle particelle. Ho alle spalle l'esperienza di quattro corsi di laboratorio, dedicati all'analisi dati e all'elettronica analogica e digitale. In particolare, nell'ultimo anno ho condotto esperienze sulla rivelazione di raggi cosmici per mezzo di rivelatori a scintillazione e fototubi.

Nell'ambito del nostro progetto, mi occupo (o mi occuperò) del sistema per la rivelazioni dei neutroni e