

Capitolo 1

Introduzione

Lo scopo dell'esperimento è quello di misurare il tempo di vita media dei muoni cosmici nel sistema di riferimento solidale con essi. I muoni sono leptoni con una massa pari a $m_\mu = 105.7 \text{ Mev}/c^2$ e risultano quindi particelle al minimo di ionizzazione per energie dell'ordine del GeV.

1.1 I raggi cosmici

I raggi cosmici (RC) sono nuclei altamente ionizzanti accelerati da sorgenti astrofisiche che giungono sulla Terra in maniera isotropa. La composizione chimica dei RC è molto simile a quella del Sistema Solare, sono quindi presenti in abbondanza nuclei di idrogeno ed elio ma sono presenti anche tutti i nuclei fino al ferro. I RC primari hanno uno spettro di energie molto ampio che va da una frazione di GeV fino a 10^{11} GeV il che li rende le particelle più energetiche misurabili in Fisica (al Large Hadron Collider del CERN si raggiungono energie di 7 TeV). Una volta entrati in contatto con i nuclei dell'atmosfera i RC interagiscono con essi generando degli sciami di particelle principalmente composti da π^\pm, π^0 . I pioni neutri decadono quasi istantaneamente ($\tau \sim 10^{-17}$ s) in due fotoni mentre i pioni carichi decadono quasi esclusivamente ($\text{BR} = 99.98770 \pm 0.00004$) in muone neutrino muonico. I fotoni *prompt* derivanti dal decadimento del π^0 , interagendo con i

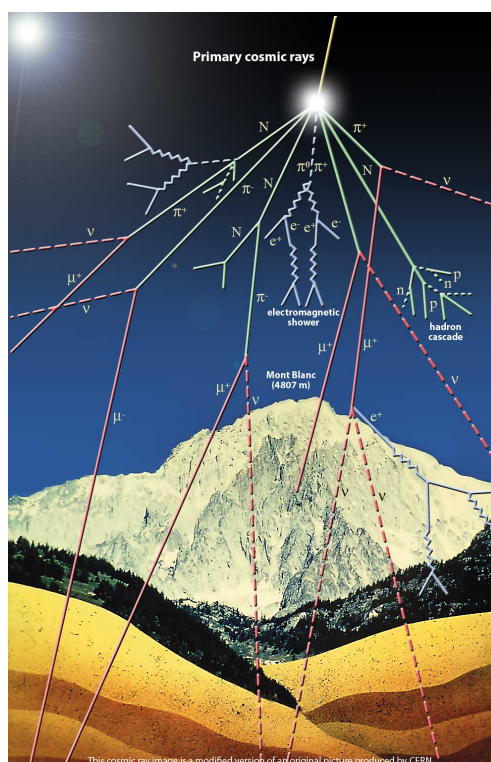


Figura 1.1: Sciami prodotti in atmosfera dai raggi cosmici

nuclei dell'atmosfera, producono coppie e^+e^- di alta energia che a loro volta emetteranno fotoni per bremsstrahlung generando in questo modo uno sciame elettromagnetico.

A differenza degli elettroni i muoni, essendo MIP (Minimum Ionizing Particle), interagiscono molto debolmente con i nuclei dell'atmosfera e rappresentano quindi, insieme ai neutrini, la componente più penetrante dei RC. In Fig 1.1 uno schema dell'interazione dei RC con l'atmosfera.

Il flusso di muoni al livello del mare varia con l'energia con una legge del tipo $\Phi_\mu \propto KE^{-2.7}$ dove K è una costante; l'energia media dei muoni che arrivano sulla superficie terrestre è $\langle E \rangle_\mu \approx 4 \text{ GeV}$.

1.2 Interazioni con la materia

I muoni sono leptoni carichi come gli elettroni ed anche loro interagiscono con la materia tramite ionizzazione o, ad energie più elevate, tramite bremsstrahlung. I muoni sono però dotati di una massa 200 volte superiore a quella degli elettroni il che rende l'energia critica (energia alla quale la probabilità di perdere energia per ionizzazione eguaglia quella di perderla per bremsstrahlung) molto più elevata. Come si può notare dalla Fig.1.2 i muoni sono particelle al minimo di ionizzazione per energie inferiori al TeV. A

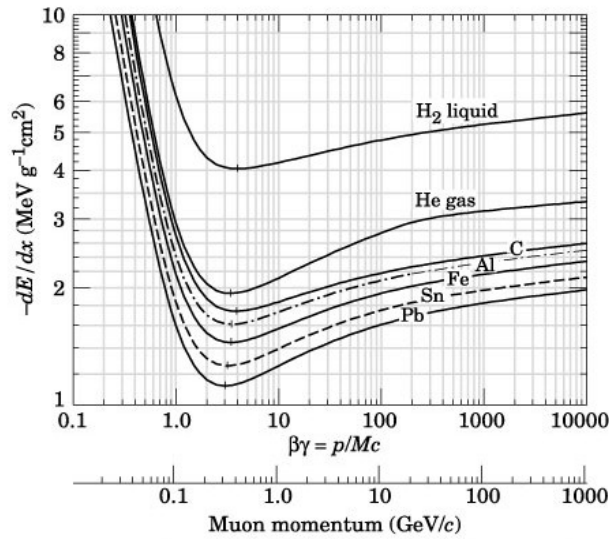


Figura 1.2: Perdita di energia per ionizzazione dei muoni in diversi materiali

basse energie il μ^- ha inoltre la possibilità di venire catturato da un nucleo generando un atomo muonico. Tale stato legato modifica la vita media del muone, tale variazione dipende inoltre dal tipo di nucleo dell'atomo muonico.

1.3 Decadimento del muone

Il muone decade debolmente con un BR $\approx 100\%$ nel canale elettronico secondo la reazione (per l'antimuone la reazione di decadimento è la coniugata di carica):

$$\mu^- \rightarrow e^- \nu_\mu \bar{\nu}_e$$

Come per ogni decadimento la probabilità di decadimento per unità di tempo risulta costante; perciò la probabilità che un muone generato al tempo $t = 0$ sopravviva fino al tempo t è di tipo poissoniano:

$$P(t) = e^{-t/\tau_\mu}$$

dove τ_μ indica la vita media del muone nel sistema di riferimento solidale con esso. Da tale probabilità si ottiene, per un insieme di particelle, la ben nota legge del decadimento esponenziale:

$$N(t) = N_0 e^{-t/\tau_\mu}$$

1.4 Apparato sperimentale