

Produzione di antiprotoni da decadimento di anti-iperoni in collisioni p - He con l'esperimento LHCb al CERN

Candidato: Saverio Mariani

saverio.mariani@stud.unifi.it

Relatore: Giacomo Graziani

giacomo.graziani@fi.infn.it

Correlatore: Giovanni Passaleva

giovanni.passaleva@fi.infn.it

Allo stato dell'arte nella fisica delle alte energie, la misura della frazione di antimateria nei Raggi Cosmici è riconosciuta dalla comunità scientifica come uno strumento sempre più importante ai fini della ricerca di fisica oltre al Modello Standard ed è per questo eseguita con precisioni sempre maggiori da esperimenti nello spazio come PAMELA ed AMS. Eccessi di antimateria rispetto alle predizioni potrebbero essere infatti connessi a processi di annichilazione o decadimento di Materia Oscura. Recentemente, i dati raccolti da AMS-02 per gli antiprotoni hanno mostrato interessanti tensioni rispetto alla predizione teorica, la quale li vedrebbe prodotti unicamente nel processo secondario di collisione fra una particella di un raggio cosmico con una del mezzo interstellare. Il disaccordo non è però conclusivo, in quanto i modelli che descrivono la produzione e la propagazione nello spazio dei raggi cosmici sono ancora soggetti ad alte incertezze. In particolare, la sezione d'urto di produzione di antiprotoni in collisioni p - He , rilevante in quanto sia i raggi cosmici che il mezzo interstellare sono prevalentemente composti da idrogeno e elio, non è mai stata misurata direttamente ed è nota con un'incertezza del 20-30%.

L'esperimento LHCb, uno dei quattro principali all'acceleratore LHC al CERN di Ginevra, è stato progettato per misure di fisica dei *quark* pesanti (charm e bottom) e presenta una geometria in avanti e delle ottime capacità di individuazione dei vertici primari e secondari, di tracciatura e di identificazione delle particelle. Tutte queste caratteristiche, unite alla possibilità di iniettare in prossimità del punto di interazione gas nobili grazie ad un apposito sistema (SMOG), permettono di utilizzare LHCb come un esperimento a bersaglio fisso ampliandone notevolmente gli obiettivi di fisica. I dati raccolti nel 2016 per un'energia nel centro di massa per nucleone di $\sqrt{s_{NN}} = 110$ GeV hanno permesso la prima misura della sezione d'urto $pHe \rightarrow \bar{p}X$. Questa ha però considerato i soli antiprotoni primari, prodotti cioè direttamente nella collisione o da processi dovuti all'interazione forte o elettromagnetica. In aggiunta, un contributo del 25%-30% è atteso da antiprotoni secondari, originati cioè da decadimenti degli anti-iperoni $\bar{\Lambda}^0 \rightarrow \bar{p}\pi^-$ e $\bar{\Sigma}^+ \rightarrow \bar{p}\pi^0$. Un terzo meccanismo di produzione di antiprotoni a LHCb è poi legato al *rescattering* di particelle con il materiale di cui è costituito il rivelatore e, in quanto non correlato con la collisione p - He , rappresenta un fondo per questa analisi.

La misura della frazione di antiprotoni secondari rappresenta il contributo originale di questo lavoro di tesi ed è eseguita secondo una strategia inclusiva rispetto ai decadimenti di cui sopra. Le tre categorie di antiprotoni vengono distinte sulla base della compatibilità della loro traccia con la posizione individuata del vertice primario, il parametro di impatto. Delineando tramite la simulazione MonteCarlo dei modelli per le distribuzioni delle tre categorie e dei fondi, ovvero gli antiprotoni da *rescattering* e le particelle che vengono erroneamente identificate, è possibile poi applicarli ai dati, derivando le abbondanze di antiprotoni primari e secondari (rispettivamente $N_{\text{PROMPT,DET}}^{\text{DATI}}$) e calcolando il rapporto

$$R = \frac{N_{\text{DET}}^{\text{DATI}}/\varepsilon_{\text{DET}}}{N_{\text{PROMPT}}^{\text{DATI}}/\varepsilon_{\text{PROMPT}}}$$

dove $\varepsilon_{\text{PROMPT,DET}}$ sono le relative efficienze di ricostruzione e selezione ottenute dalla simulazione.

Per svincolare la misura dalle predizioni della simulazione sugli andamenti cinematici, essa è realizzata in intervalli della quantità di moto p e della sua componente trasversa p_T all'interno della regione fiduciale $p \in [12, 110]$ GeV/c, $p_T > 400$ MeV/c.

Il risultato medio ottenuto è $\hat{R} = 0.362 \pm 0.002 \pm 0.040$, con il primo contributo all'incertezza è statistico e il secondo sistematico. La dipendenza di R dalla cinematica ricalca quella prevista dai modelli teorici, ma in assoluto il valore è significativamente superiore alle predizioni.

Questo risultato permetterà di ridurre una delle principali incertezze sulla sezione d'urto inclusiva di produzione di antiprotoni in collisioni p - He .