

## Il contributo delle Nebulose di Venti di Pulsar alla crescita con l'energia della frazione di positroni nei Raggi Cosmici

**Candidato:** Marco Rossetti (email: marco.rossetti100@gmail.com)

**Relatore:** Elena Amato (email: amato@arcetri.astro.it)

**Correlatore:** Luca Del Zanna (email: luca.delzanna@unifi.it)

I raggi cosmici sono definiti come l'insieme delle particelle cariche che arrivano a Terra dallo Spazio, e sono composti per la maggior parte da protoni, con una piccola frazione di elettroni e positroni. Queste particelle si osservano fino ad energie altissime ( $\sim 10^{20}$  eV): entro  $10^{15} - 10^{17}$  eV si ritengono di origine galattica e accelerate principalmente nei resti di supernova. Secondo il modello convenzionale i positroni possono avere solo un'origine secondaria: sarebbero esclusivamente prodotti nelle collisioni dei raggi cosmici primari con il mezzo interstellare. In questo scenario la frazione di positroni, ovvero il rapporto tra il flusso di positroni e il flusso totale di elettroni e positroni, dovrebbe avere un andamento monotonicamente decrescente con l'energia. Tuttavia misure recenti (PAMELA, AMS-02) hanno rivelato un incremento della frazione di positroni all'aumentare dell'energia nell'intervallo tra 10 e 250 GeV in contraddizione con il modello standard. Una maniera di spiegare questa discrepanza è invocare l'esistenza di sorgenti primarie di positroni. Le pulsar sono stelle di neutroni rapidamente ruotanti e altamente magnetizzate, note per essere i principali produttori di positroni *primari* nella Galassia. L'interazione tra il loro intenso campo magnetico e la radiazione di alta energia che le circonda dà luogo ad una produzione cospicua di coppie elettrone-positrone. Queste particelle entrano a far parte del vento emanato dalla magnetosfera della stella e sono poi accelerate all'onda d'urto con cui questo termina. Le particelle accelerate vanno a formare una nebulosa di plasma magnetizzato e relativistico intorno alla stella (PWN) e restano confinate all'interno del resto di supernova circostante fino a che la pulsar, dopo qualche decina di migliaia di anni, non ne esce, grazie all'alto moto proprio che caratterizza questa classe di oggetti. A questo punto i positroni e gli elettroni sono liberi di fuggire nel mezzo interstellare e diventare raggi cosmici. In questo lavoro di tesi è stato analizzato il contributo delle PWN al flusso di positroni a Terra, partendo dall'estrazione casuale dei parametri fisici rilevanti di una popolazione di pulsar, quali tempo di esplosione della supernova progenitrice, distribuzione spaziale, periodo iniziale e velocità propria. Sono stati considerati positroni iniettati nell'intervallo di energia tra 10 e 1000 GeV. Si è assunto che la pulsar converta nell'accelerazione di queste particelle una parte  $\xi$  dell'energia rotazionale che ancora possiede al tempo di fuga dal suo resto. Il flusso a Terra è stato calcolato risolvendo l'equazione del trasporto dei positroni per un moto diffusivo nella Galassia, con perdite di energia causate principalmente dalla radiazione di sincrotrone e dall'inverse Compton scattering. Per tenere conto delle fluttuazioni dovute alla casualità delle configurazioni, il calcolo è stato ripetuto per 30 realizzazioni della Galassia, da cui è stata successivamente ottenuta una media del flusso. Infine è stata stimata l'efficienza della pulsar  $\xi$  richiesta affinché venga riprodotto il flusso di positroni a Terra. Il modello è in grado di spiegare l'eccesso della frazione di positroni misurato con un valore ragionevole dell'efficienza (il 33%), ovvero confrontabile con il valore dedotto dalle misure relative alla PWN meglio studiata, la Nebulosa del Granchio.