

Modellizzazione dell'emissione non termica della Nebulosa del Granchio tramite simulazioni numeriche.

Candidata: *Barbara Olmi (barbara@arcetri.astro.it)*

Relatore: *Luca Del Zanna (ldz@arcetri.astro.it)*

La Nebulosa del Granchio è il residuo dell'esplosione di una Supernova avvenuta nel 1054 d.C. e, per le sue caratteristiche, è ad oggi uno degli oggetti più studiati in astrofisica. Per cercare di capire i processi fisici che vi avvengono è di assoluta importanza lo sviluppo e l'utilizzo di modelli numerici, che permettano di ricostruire le regioni non accessibili direttamente per via osservativa. In particolare la nebulosa presenta una regione sottoluminosa nella zona più interna, dove si trova la stella centrale, motore energetico dell'oggetto, e luogo di origine del plasma freddo ($P \ll \rho c^2$) e ultrarelativistico di coppie, principalmente elettroni e positroni, responsabile dell'emissione osservata. Questa si origina nella nebulosa oltre lo *shock*, situato a circa 0.2 pc dalla stella centrale, che converte il vento freddo in un plasma caldo. Lo *shock* provoca anche accelerazione delle particelle fino ad energie elevatissime (dell'ordine del PeV), con meccanismi ancora non chiari, rendendo la Nebulosa del Granchio il più potente acceleratore di particelle noto in natura. Ma il meccanismo di accelerazione è solo uno dei molti tasselli ancora mancanti per una compiuta comprensione della natura di questo oggetto; molte caratteristiche, legate ai processi fisici che avvengono proprio nella regione non osservabile, restano infatti ancora da comprendere completamente: la morfologia del campo magnetico generato dalla stella, e strettamente connesso alle caratteristiche osservate della nebulosa; il meccanismo con cui viene dissipata l'enorme quantità di energia magnetica contenuta nel vento al passaggio dello *shock*, oltre il quale il plasma è invece dominato dai flussi cinetici; l'eventuale presenza di una componente adronica, importante soprattutto alla alte energie; la natura delle molte strutture variabili, alle piccole scale, che si osservano prevalentemente in banda X. La caratteristica più sorprendente, quanto incompresa, è sicuramente quella dei *flares*: recentemente sono infatti stati rilevati alcuni eventi estremamente energetici (con emissione circa 30 volte quella normale nei Gamma) e di durata molto breve (dell'ordine dei giorni), che hanno destato enorme stupore nella comunità astrofisica, che aveva sempre considerato la Nebulosa del Granchio come una sorgente altamente stabile, tanto da utilizzarla come calibratore per l'Astrofisica delle Alte energie. La natura di questi fenomeni è ancora un mistero, ma si è circoscritta la probabile area della loro origine in una regione molto prossima allo *shock*. E' quindi estremamente importante analizzare tale regione e testare i modelli analitici grazie alle simulazioni numeriche: il confronto tra i risultati simulati e i dati osservati consente infatti di ricavare preziose informazioni sui parametri fisici non accessibili direttamente. In questo lavoro abbiamo sviluppato e analizzato una serie di simulazioni numeriche assisimmetriche 2D basate su un modello MHD relativistico, fornendo un set completo di strumenti di diagnostica applicati alla Nebulosa del Granchio ed esportabili all'analisi di altri oggetti descrivibili tramite plasmi relativistici. Per poter ricostruire lo spettro osservato con un'elevata precisione abbiamo introdotto, per la prima volta in questo genere di simulazioni numeriche, l'evoluzione di due "traccianti" per la densità numeriche di particelle nella nebulosa e per quella *post-shock*. La conoscenza di queste due quantità in ogni punto della nebulosa, assieme a quella dell'energia massima locale, già precedentemente implementata nel codice numerico, ci ha consentito di riprodurre lo spettro prodotto nei processi di sincrotrone eliminando i gradi di approssimazione ancora presenti e utilizzando la forma teoricamente corretta per l'emissività. In questo modo abbiamo stimato i parametri non accessibili dalle osservazioni, ottenendo valori in ottimo accordo con le previsioni teoriche. Data la forte dipendenza dello spettro dai parametri in gioco il fit è estremamente complicato e in letteratura vengono utilizzati generalmente più parametri liberi per riuscire a fittare le diverse zone dello spettro. Il nostro modello permette invece di calcolare l'emissività per Compton inverso come naturale conseguenza del riprocessamento dei fotoni emessi per sincrotrone, senza definire parametri *ad hoc* per il fit dei dati. I risultati ottenuti presentano un ottimo accordo con i valori sperimentali, rappresentano un notevole miglioramento rispetto ai precedenti lavori del gruppo e, in generale, una delle rappresentazioni migliori dello spettro completo della Nebulosa del Granchio presenti in letteratura, con l'utilizzo di un campo magnetico dalla struttura complessa e non uniforme.