

SUPERNOVA CRAB

Le sorprese non finiscono mai

È DAL 1054, ANNO IN CUI ESPLOSE, CHE LA SUPERNOVA DEL GRANCHIO STUPISCE GLI ASTRONOMI. E NON SEMBRA AVERE ALCUNA INTENZIONE DI SMETTERE

Pochi mesi fa abbiamo parlato delle stranezze della *Crab Nebula* (Nebulosa del Granchio), che ha rivelato di avere una personalità estremamente variabile (v. *le Stelle* n. 92, pp. 20-21). Adesso è il turno della stella di neutroni che si trova al suo interno: un oggetto non meno interessante, viste le sorprese che ancora oggi ci riserva.

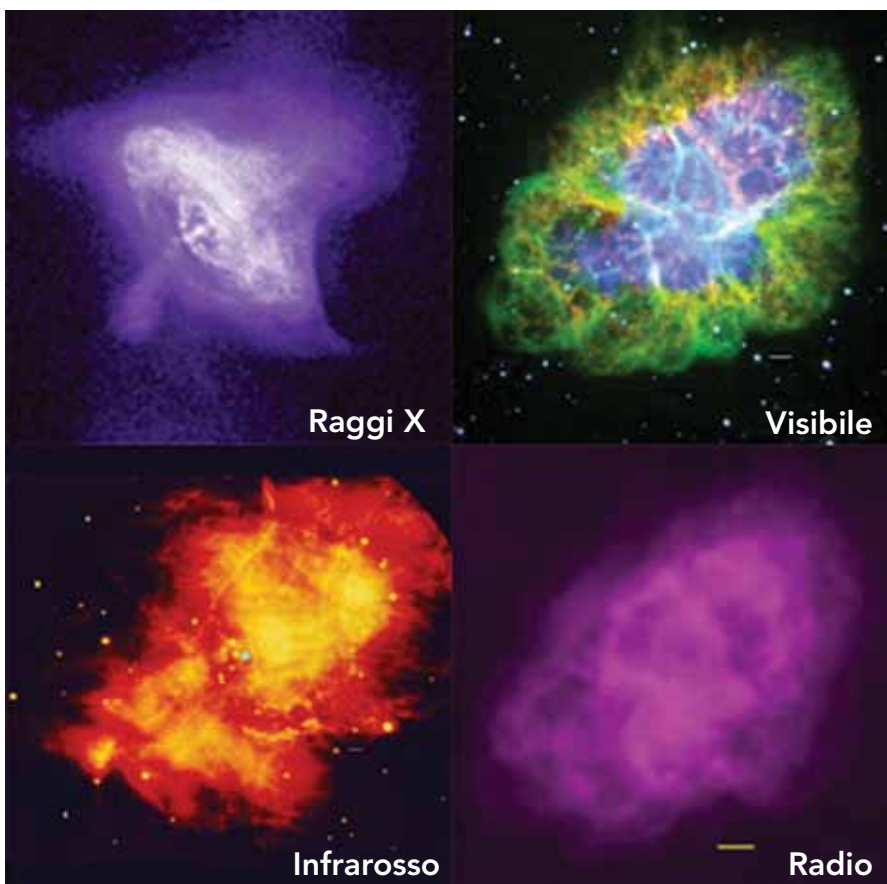
Nel lontano 1054, quando la stella progenitrice esplose in una notte d'estate, illuminò il cielo in maniera così intensa che per settimane fu possibile leggere alla sua luce.

In seguito si è affievolita, ma ciò che rimane della stella esplosa ha continuato a espandersi nello spazio circostante formando, con il passare dei secoli, una nebulosità che ha attratto l'attenzione di Charles Messier. Costui era un cacciatore di comete, che non voleva farsi trarre in inganno da oggetti celesti diffusi. La chiamò M1 e fu la prima di un catalogo di un centinaio di oggetti che ancora oggi porta il suo nome.

Quando, negli anni Cinquanta, si cominciarono a studiare le esplosioni di supernovae, la cosiddetta Nebulosa del Granchio attirò ancora l'attenzione: sembrava proprio il resto dell'esplosione di una supernova.

Inoltre nella sua parte centrale si era notata la presenza di una piccola stella, approssimativamente di magnitudine 16, che appariva insolitamente blu.

Ma il vero colpo di scena avvenne nel 1968, quando David H. Staelin ed Edward C. Reifenstein scoprirono che questa stella produceva un'emissione radio pulsata con un periodo di 33 millisecondi.



La *Crab Nebula* ripresa a diverse lunghezze d'onda dal satellite *Chandra*.

Una pulsar da record

Non era la prima pulsar a essere scoperta (se ne conoscevano già una manciata) ma era sicuramente quella con il periodo più corto. Mantenne il primato per molti anni, fino alla scoperta delle cosiddette "pulsar superveloci", che ruotano intorno al loro asse in appena una manciata di millisecondi.

I radioastronomi si accorsero presto che il

periodo della pulsar del Granchio rallenta in modo impercettibile ma misurabile. Combinando il periodo con il rallentamento si ottiene una stima dell'energia della pulsar: il Granchio ha un primato anche in questo.

In più, supponendo che la stella dia origine a un dipolo rotante, si arriva anche a una stima del campo magnetico: un milione di milioni di volte maggiore di quello

che fa orientare l'ago della bussola sulla Terra! Un campo magnetico che ruota così velocemente induce campi elettrici che trasformano le pulsar in straordinari acceleratori di particelle naturali.

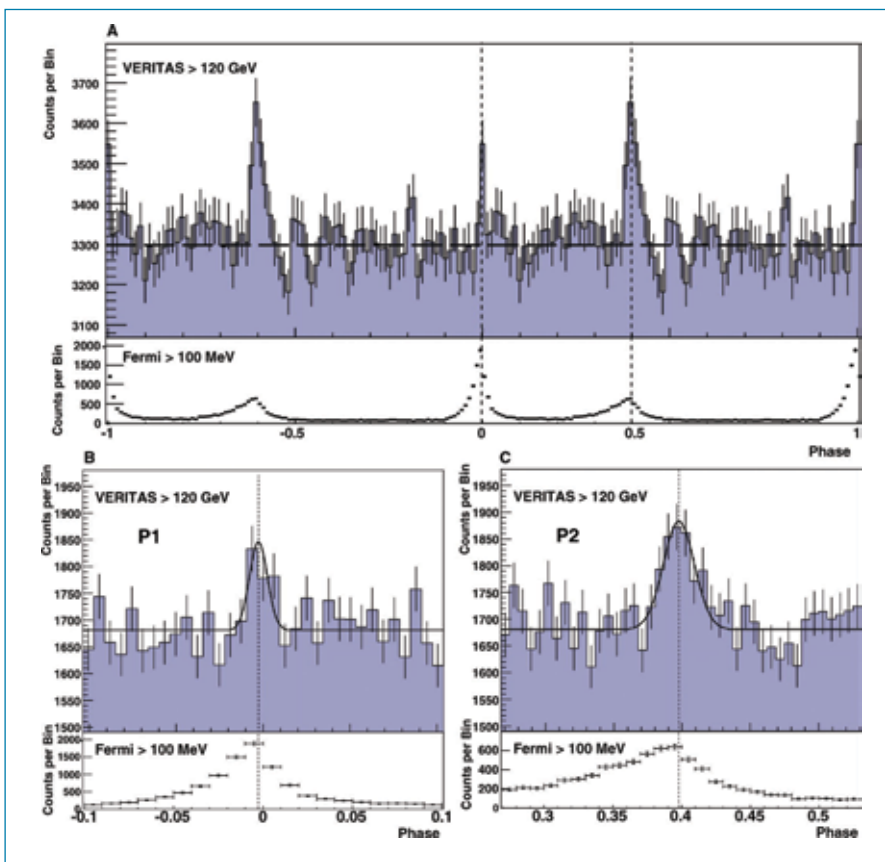
Particelle accelerate (tipicamente elettroni e positroni) a energie relativistiche che si muovono in campi magnetici intensissimi non possono viaggiare indisturbate: sono obbligate a curvare la loro traiettoria fino a spiraleggiare intorno alle linee di forza del campo magnetico. I continui cambiamenti della traiettoria mostrano che le particelle subiscono un'accelerazione, e questo implica la produzione di radiazione.

A seconda della combinazione tra energia delle particelle e intensità del campo magnetico, si possono ottenere fotoni di diverse energie, dal radio al gamma. Per questo molte pulsar radio sono rivelate anche come brillanti sorgenti di raggi gamma. Ne abbiamo parlato diffusamente qualche tempo fa (*v. le Stelle n. 68 pp. 14-15 e n. 84 pp. 46-52*).

Tuttavia, c'è un limite all'energia massima alla quale possono arrivare i fotoni anche nelle migliori circostanze. Per produrre fotoni molto energetici gli elettroni perdono energia: quindi, per sostenere la produzione devono essere riaccelerati rapidamente. Quando l'energia persa (trasformata in fotoni) è uguale all'energia riguadagnata, siamo arrivati al limite.

Per questo gli spettri curvano a energie dell'ordine di qualche miliardo di GeV (miliardi di elettronvolt). Anzi, osservare uno spettro con una marcata curvatura è un ottimo indice che la sorgente in esame sia proprio una pulsar.

Per questo è così sorprendente la notizia, diffusa all'inizio di ottobre, che il telescopio VERITAS (il quale misura da terra fotoni gamma di energia molto più alta del limite raggiunto dagli strumenti in orbita, grazie alla tecnica degli specchi Cerenkov, *v. le Stelle n. 62, pp. 60-65*) ha misurato a circa 300 GeV l'emissione della pulsar del Granchio. La misura non è stata facile, ha richiesto molte ore di osservazione, ma il risultato (raggiunto da una collaborazione internazionale di astrofisici fra cui un gruppo del Dipartimento di Fisica della *Washington University* a Saint Louis) è molto significativo.



Le curve di luce di VERITAS paragonate a quelle di *Fermi*. Si noti la differente distribuzione di energia rilevata dai due strumenti.

Possibili spiegazioni

Nella figura qui sopra vediamo la curva di luce rivelata a terra da VERITAS (che opera in Arizona) messa a confronto con quella vista dal telescopio spaziale *Fermi*. L'importanza relativa dei picchi varia passando dalle energie gamma rivelate dal satellite a quelle (molto più alte) dei telescopi terrestri.

Lungi dal seguire la curvatura attesa, i fotoni ultra-energetici sono distribuiti secondo una legge di potenza. Guardando lo spettro ci chiediamo cosa possa produrre fotoni così energetici nella magnetosfera di una stella di neutroni.

Non possiamo essere sicuri che i fotoni gamma ripresi da terra e quelli rivelati in orbita siano prodotti da un unico meccanismo, come la riga di connessione che vediamo nello spettro nella figura in alto sembrerebbe indicare.

Potrebbe darsi che la radiazione segua la riga tratteggiata per poi riemergere grazie a un diverso meccanismo di emissione. In

questi casi si invoca l'“effetto Compton inverso”, un meccanismo ideale per aumentare l'energia dei fotoni grazie alla spinta di un elettrone che cede a esso parte della sua energia. È questo meccanismo il responsabile dell'emissione di altissima energia della Nebulosa del Granchio, una delle sorgenti più brillanti del cielo per gli strumenti di tipo Cerenkov.

L'unica cosa certa è che i fotoni devono essere prodotti lontano dalla superficie della stella in regioni della magnetosfera dove il campo magnetico è affievolito. In caso contrario, i fotoni appena prodotti avrebbero un'interazione distruttiva con il campo magnetico, che li obbligherebbe a trasformarsi in una coppia elettrone-positrone, facendo aumentare la popolazione di particelle ma azzerando la produzione di fotoni altamente energetici.

Giunti a questo punto, non rimane che aspettare dalla *Crab* un'altra sorpresa. Ormai ci ha davvero abituato a tutto.

Patrizia Caraveo