

Effetti delle onde autogenerate sull'accelerazione dei raggi cosmici

È noto da ormai circa un secolo che la Terra è bombardata continuamente da una radiazione cosmica energetica, la cui origine rappresenta uno dei più grandi misteri ancora da svelare. Lo spettro di questa radiazione si estende sino ad energie $> 10^{20} eV$, un'energia macroscopica concentrata in particelle subnucleari: i raggi cosmici (RC). Presenteremo qui una breve rassegna delle nostre attuali conoscenze sull'origine della radiazione cosmica di alta energia, ovvero dei RC di energia fino a $10^{15} eV$, e sui meccanismi di accelerazione di queste particelle in sorgenti astrofisiche.

Inizieremo dando una panoramica generale sulle caratteristiche dei RC quali lo spettro e le sorgenti che li generano; ci concentreremo in particolare sui resti di supernova (SNR) discutendo come queste siano le sorgenti più probabili per l'origine di questa radiazione. Dopo una breve descrizione della struttura fluida delle onde d'urto (shock) di una supernova, entreremo nei dettagli dei meccanismi di accelerazione, descrivendo, dapprima il processo di accelerazione alla Fermi, e introducendo successivamente l'equazione del trasporto. Da questa deriveremo lo spettro delle particelle accelerate in un'onda d'urto nell'ipotesi di particelle test (ovvero che non perturbano il sistema). Introduciamo quindi il concetto di energia massima, notando che, affinché si possano riprodurre le energie rivelate a Terra, bisogna che sia presente una grossa amplificazione del campo magnetico locale, motivo per il quale ci addentreremo in una breve spiegazione dell'interazione particella-perturbazioni (onde) magnetiche, che gioca un ruolo di primo piano nell'amplificazione dei campi; concluderemo questa parte fornendo l'espressione del tasso di crescita di queste onde in diversi regimi di densità dei RC, il suo legame con le amplificazioni dei campi magnetici e presentando il calcolo teorico dell'amplificazione. A questo punto si passa ad una più raffinata descrizione del processo di accelerazione, notando che i RC non sono particelle test, anzi data l'efficienza con cui devono venire accelerate nelle supernove, essi influenzano in modo rilevante il sistema, per cui la loro reazione dinamica non può essere trascurata. Si illustra pertanto una teoria più appropriata alla descrizione del sistema (teoria non lineare). A questo punto si inserisce nella trattazione la presenza di onde magnetiche che, come vedremo, sono generate dall'instabilità nel flusso dei RC: il processo è fortemente non lineare poichè i RC vengono accelerati efficacemente grazie all'interazione con queste onde che sono da essi generate. Vengono, quindi, per la prima volta sviluppati i conti tenendo conto del tasso di crescita delle onde appropriato a un regime di forte corrente dei RC. Infine si passa a mostrare i risultati ottenuti, modificando un codice preesistente, con questo tasso di crescita. Confronteremo i risultati ottenuti in termini delle proprietà dinamiche del sistema e della funzione di distribuzione delle particelle accelerate, con i risultati esistenti in letteratura. Per concludere confronteremo l'amplificazione dei campi magnetici prevista con i dati osservativi, concludendo che il processo di amplificazione magnetica considerato, una volta corretto il tasso di crescita dell'instabilità rispetto a quello storicamente adottato, produce campi di intensità molto minore di quelli dedotti dalle osservazioni.

Candidato: Roberto Poggini

Relatore: Dott.ssa Elena Amato (amato@arcetri.astro.it)

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