

## Processo di Blandford-Znajek

In astrofisica si dicono *galassie attive* quelle da cui proviene un'emissione elettromagnetica per lo più di tipo non stellare. Responsabile della loro produzione di energia è la regione centrale, detta *nucleo galattico attivo* (AGN), e uno dei problemi fondamentali dell'astrofisica extragalattica è che ancora non sappiamo esattamente quale sia il meccanismo che li alimenta.

I modelli più accreditati si basano sull'irraggiamento di energia rotazionale dei buchi neri ruotanti seguendo analogie con le pulsar, stelle di neutroni magnetizzate in rapida rotazione. Il processo di Blandford-Znajek descrive proprio questo fenomeno: tutto va come se ci fosse un frenamento magnetico fra il buco nero e il disco di accrescimento che causa perdita di energia rotazionale e irraggiamento della stessa.

Discutiamo innanzitutto le principali caratteristiche dei buchi neri ruotanti. Essi esercitano un effetto di trascinamento rotazionale su tutti gli osservatori, detto *frame-dragging*, che diventa incontrastabile in una regione attorno al buco nero detta *ergosfera*. Questa è importante perché consente l'estrazione di energia tramite il *processo di Penrose*.

Dopodiché affrontiamo l'elettrodinamica degli oggetti compatti, perché nel Blandford-Znajek dovremo risolvere le equazioni di Maxwell per un buco nero ruotante. L'idea è quella di generalizzare il caso delle pulsar, che è più semplice perché non richiede l'uso della metrica di Kerr. Per prima cosa mostriamo che lo spazio attorno ad esse è denso di plasma, e prende il nome di *magnetosfera*. Risolviamo poi le equazioni di Maxwell sulla superficie della stella derivando l'*equazione delle pulsar*, che ne descrive l'elettrodinamica, illustrando risultati ottenuti tramite simulazioni numeriche.

Passiamo quindi al processo di Blandford-Znajek, cominciando dall'approccio covariante come nell'articolo originale. Non essendo un formalismo con cui è facile fare i calcoli, gli astrofisici hanno sfruttato alcune proprietà geometriche per costruire un metodo alternativo detto *3+1*, che mantiene una separazione fra spazio-assoluto e tempo-universale simile all'approccio newtoniano. Ne illustriamo dunque le caratteristiche e ripetiamo il calcolo in questo formalismo semplificato derivando l'*equazione dei buchi neri*, che è una sorta di riscrittura in metrica di Kerr dell'equazione delle pulsar.

Simulazioni numeriche mostrano che l'energia irradiata è confrontabile con quella osservata dagli AGN, quindi concludiamo che è possibile che siano alimentati dal processo di Blandford-Znajek.

Relatore: Dott. Luca Del Zanna  
luca.delzanna@unifi.it