

# Introduzione

La ricerca della simmetria in Natura è un aspetto focale della Fisica. Nulla affascina un fisico quanto una teoria ricca di simmetrie: queste sono sinonimo di una più profonda struttura dell'universo e indagarle porta nuove consapelozezze. In un mondo reale e non idealizzato alcune simmetrie vengono rotte. Quando ciò accade, riuscire a comprenderne il meccanismo permette di svelare gli ingranaggi della Natura.

Campi elettrici e campi magnetici presentano un elevato grado di simmetria: come spiegano le equazioni di Maxwell e la Relatività Ristretta, il campo magnetico altro non è che un campo elettrico in movimento o in evoluzione, e viceversa. Una carica ferma nel nostro sistema di riferimento produce un campo elettrostatico: se iniziassimo a correre vedremmo la carica allontanarsi da noi. Poiché una corrente non è altro che un moto di carica elettrica, osserveremmo quindi un campo magnetico prodotto dalla corrente stessa. Al contrario, un filo percorso da corrente produce un campo magnetico. Se ora ci muovessimo alla stessa velocità della carica che corre nel filo, vedremmo solamente il campo elettrostatico prodotto dalla stessa carica, adesso ferma nel nostro sistema di riferimento. I monopoli magnetici è una rottura di questa simmetria: nonostante in natura esistano singole cariche elettriche, la loro controparte magnetica non è mai stata osservata.

Paul Dirac, con il suo celebre articolo ?? del 1931, pose le basi per la moderna teoria del monopolio magnetico e accese l'interesse per la ricerca a livello teorico sull'argomento.

Un primo modello elementare per descrivere il moto di un elettrone nel campo prodotto da una ipotetica carica magnetica può essere formulato, senza grossi problemi, con la meccanica newtoniana e l'elettromagnetismo classico. Tuttavia, per costruire una formulazione hamiltoniana o lagrangiana del sistema, occorre introdurre un potenziale elettromagnetico. Questo, però, non può essere definito per cariche magnetiche isolate senza incorrere in singolarità e contraddizioni. Poiché la Meccanica Quantistica è sviluppata sulla base di un formalismo hamiltoniano, l'ipotesi del monopolio magnetico risulta scoraggiata.

Nonostante ciò, non si è mai spento l'interesse per la costruzione di una teoria consistente dei monopoli. Come detto in precedenza, riuscire a spiegare la rottura di simmetria tra elettricità e magnetismo può portare a più profonde consapevolezze sul funzionamento della Natura.

A livello più applicativo, la soluzione del problema del monopolio magnetico si lega con molti dei problemi irrisolti in Fisica, quali il problema del confinamento in Cromodinamica Quantistica, il problema del decadimento del protone e la spiegazione della quantizzazione della carica elettrica.

Lo scopo di questo elaborato è fornire una breve panoramica della teoria dei monopoli magnetici, secondo i formalismi della Relatività Ristretta, della Meccanica Quantistica Non Relativistica e delle teorie di campo classiche. Non verranno trattati aspetti relativi a una teoria quantistica relativistica o a teorie quantistiche di campo.

Si inizierà presentando un modello elementare di monopolio magnetico utilizzando la meccanica newtoniana di base, con il solo scopo di evidenziare le principali problematiche della questione. Successivamente si adotterà il formalismo delle teorie di gauge, partendo dal più semplice caso abeliano per arrivare alla più efficace descrizione di una teoria non abeliana. Qui si vedranno il monopolio di Wu-Yang e un caso particolare del modello di Georgi-Glashow. Si concluderà accennando alla proposta di soluzione di 't Hooft e Polyakov, lasciando aperta la questione riguardo la soluzione numerica del modello.