



<

Vista aerea del Tevatron. L'anello lungo 6 km che costituisce l'acceleratore è sotterraneo, ma sono ben visibili il "fiume" circolare che serve il sistema di raffreddamento e varie stazioni di servizio lungo il suo percorso, nonché l'edificio arancione che contiene il rivelatore Cdf.

La ricerca dell'Higgs oltre oceano

A Chicago la caccia è già iniziata, ma a energie minori.

di Franco Bedeschi

Fino all'avvento di Lhc il Tevatron, situato presso il laboratorio Fermilab vicino a Chicago, è stato per più di vent'anni la macchina acceleratrice con la più alta energia di collisione dei fasci al mondo. L'associato programma di fisica sviluppato dagli esperimenti Cdf e DZero è stato ed è tuttora uno dei maggiori successi scientifici nell'ambito della fisica delle particelle elementari. La ricerca del bosone di Higgs non poteva quindi mancare nella lista delle più importanti attività perseguite da questi esperimenti.

Il Tevatron è stata la prima macchina acceleratrice di grosse dimensioni realizzata interamente con magneti superconduttori. Questi sfruttano il principio secondo cui la resistenza elettrica di certi metalli si riduce

quasi a zero quando sono raffreddati a temperature di circa 270 gradi sotto zero. Ciò permette di raggiungere campi magnetici molto più elevati di quelli ottenibili con magneti convenzionali e un minore dispendio di energia. Il successo ottenuto con la sua realizzazione ha costituito un importante passo avanti nella tecnologia delle macchine acceleratrici. Questa tecnologia di base è stata successivamente utilizzata su scala ancora più grande per Lhc. L'esperimento Cdf è stato progettato e costruito nella prima metà degli anni ottanta da una collaborazione di istituzioni americane, giapponesi e italiane. Il contributo dell'Italia al progetto è stato molto significativo: grosse parti del rivelatore sono state costruite in Italia o con un sostanziale contributo italiano. Negli anni seguenti i fisici italiani hanno proposto e costruito miglioramenti del rivelatore di concezione fortemente innovativa, inoltre hanno dato un grosso contributo alla gestione dell'esperimento e alla realizzazione di importanti misure di fisica partendo dalla massiccia quantità dei dati raccolti. Per ogni collisione tra i fasci, la probabilità che si formi un bosone di Higgs è estremamente piccola: servono quindi una grande quantità di collisioni per potere produrre un numero sufficiente di Higgs da permetterne l'osservazione. Nel corso della prima campagna di presa dati, che si è conclusa nel 1996, Cdf non aveva nessuna seria prospettiva di osservare la produzione diretta di bosoni di Higgs, perché l'intensità dei fasci era ancora troppo bassa.

Ciononostante i risultati conseguiti sono stati in grado di darci delle informazioni indirette su questo bosone estremamente sfuggente. I modelli teorici infatti legano strettamente tra di loro la massa di tre fondamentali particelle elementari: il bosone W, il quark top e il bosone di Higgs. Quindi misurando con precisione le prime due è possibile stimare quella dell'Higgs. Nel 1994 mentre il bosone W era già ben misurato, del quark top, l'ultimo della famiglia dei quark, ancora non c'era nessuna traccia, nonostante una caccia serrata che era iniziata già dagli anni settanta e aveva impegnato scienziati di tutto il mondo. Finalmente, in quell'anno, Cdf osservò per la prima volta un'evidenza sperimentale di quark top, con produzione simultanea della coppia top e anti-top, poi confermata da DZero e successivamente, con un più grande campione di dati, da entrambi gli esperimenti. Il valore della massa del quark top misurato al Tevatron era compatibile con i risultati indiretti ottenuti al Lep del Cern, confermando così la validità dell'impianto teorico. Il valore osservato portò a un'altra importantissima conclusione: il bosone di Higgs doveva essere leggero, quindi forse alla portata degli esperimenti al Tevatron! Ma servivano fasci più intensi. Da tempo il Fermilab aveva iniziato un programma per aumentare l'intensità dei fasci del Tevatron. Dopo una lunga sosta per completare tutte le modifiche apportate sia all'acceleratore che agli apparati sperimentali, si ricominciò a prendere dati intorno alla metà del

a.
Vista dei magneti superconduttori nel tunnel del Tevatron. Il grosso tubo subito sopra porta l'elio liquido che serve per il loro raffreddamento fino a 270 gradi sotto zero.

a.



2001. L'anno prima, i risultati dell'acceleratore Lep al Cern avevano incendiato il dibattito scientifico con una debole indicazione di un possibile avvistamento dell'Higgs a una massa di circa $114 \text{ GeV}/c^2$.

Purtroppo il definitivo spegnimento del Lep non permise di verificare questo segnale, che era in una zona potenzialmente accessibile dagli esperimenti al Tevatron. Nello stesso periodo gruppi di scienziati lavorarono intensamente per valutare le possibilità di scoperta dell'Higgs al Fermilab con il nuovo Tevatron potenziato e gli apparati sperimentali molto migliorati. La conclusione fu che esisteva un ambito di possibili masse dell'Higgs dove gli esperimenti Cdf e DZero potevano osservarlo o escluderne l'esistenza. Era però necessario che sia l'acceleratore che gli esperimenti funzionassero al massimo delle loro possibilità.

Questo diede a tutti uno stimolo enorme, ma solo nell'agosto 2008 e dopo uno sforzo colossale, con un campione di dati ancora circa 5 volte più piccolo di quanto ci si attende per la fine della presa dati, si è riusciti per la prima volta a escludere l'esistenza dell'Higgs in una piccola zona di massa intorno a $170 \text{ GeV}/c^2$, poi estesa già nell'inverno del 2009. Quasi in contemporanea, viene per la prima volta osservata la produzione di un quark top singolo, un raro processo previsto dal Modello Standard e con difficoltà sperimentali molto simili a quelle della rivelazione del bosone di Higgs. Sono dei risultati importanti perché fanno capire che, comunque sia, Cdf lascerà il suo segno nella

storia della ricerca dell'Higgs. Servirà ancora un po' di tempo prima che sia l'acceleratore che gli esperimenti di Lhc diventino completamente operativi. Nel frattempo gli esperimenti al Tevatron continueranno ad accumulare dati e a migliorare le tecniche di analisi sperando di osservare una qualche evidenza del bosone di Higgs prima di Lhc. È possibile che ciò avvenga e sarebbe il meritato coronamento del lavoro svolto al Fermilab.

Comunque vada però solo una macchina con energia e intensità enormemente superiori al Tevatron, come Lhc, potrà produrre un numero sufficiente di Higgs da poter studiare nel dettaglio necessario per capire se abbiamo veramente a che fare con il responsabile della generazione della massa di tutte le altre particelle. Tutta la comunità scientifica mondiale attende con ansia quel momento.

b.
Il rivelatore Cdf subito prima di essere posto nel punto di collisione dei fasci di particelle, nel gennaio 2001.

Biografia

Franco Bedeschi è ricercatore presso la sezione Infn di Pisa. Ha svolto attività di ricerca al Cern e al Fermilab. Collabora dal 1980 all'esperimento Cdf di cui è stato responsabile dal 1998 al 2002.

Link sul web

www.fnal.gov

www-cdf.fnal.gov

www-d0.fnal.gov

b.

