

Una fabbrica di fascino e bellezza

SuperB, un laboratorio italiano per il futuro.

di Marcello Giorgi

Oggi i grandi programmi sperimentali di fisica delle interazioni fondamentali hanno l'obiettivo di capire se le diverse teorie che descrivono i fenomeni fisici possano derivare da una teoria generale e unificatrice. Una teoria cioè che sia in grado di spiegare i meccanismi che stanno alla base dell'origine dell'universo. Il laboratorio ideale per ricreare le condizioni dei primi istanti di vita dell'universo, frazioni infinitesimali di tempo dopo l'attimo iniziale del Big Bang, sono le grandi macchine acceleratrici, come Lhc al Cern di Ginevra, in grado di produrre eventi rari e nuove particelle elementari.

All'interno degli anelli degli acceleratori a fasci incrociati (i collisori), pacchetti di particelle circolano a velocità prossima a quella della luce in versi opposti. Queste particelle vengono fatte collidere in alcune regioni di incrocio, le zone di interazione. Nello scontro (che può avvenire tra elettroni e positroni, oppure tra protoni e protoni, o tra protoni e antiprotoni) si creano le condizioni per la produzione di particelle, che vengono viste e registrate nei rivelatori.

I collisori sono le macchine ideali per gli studi delle interazioni fondamentali. Questi seguono principalmente due vie diverse ma complementari.

La via classica è quella dell'altissima energia, utilizzata a Lhc, in modo da disporre nella collisione di protoni dell'energia sufficiente a creare nuove particelle di grande massa e studiarne la dinamica.

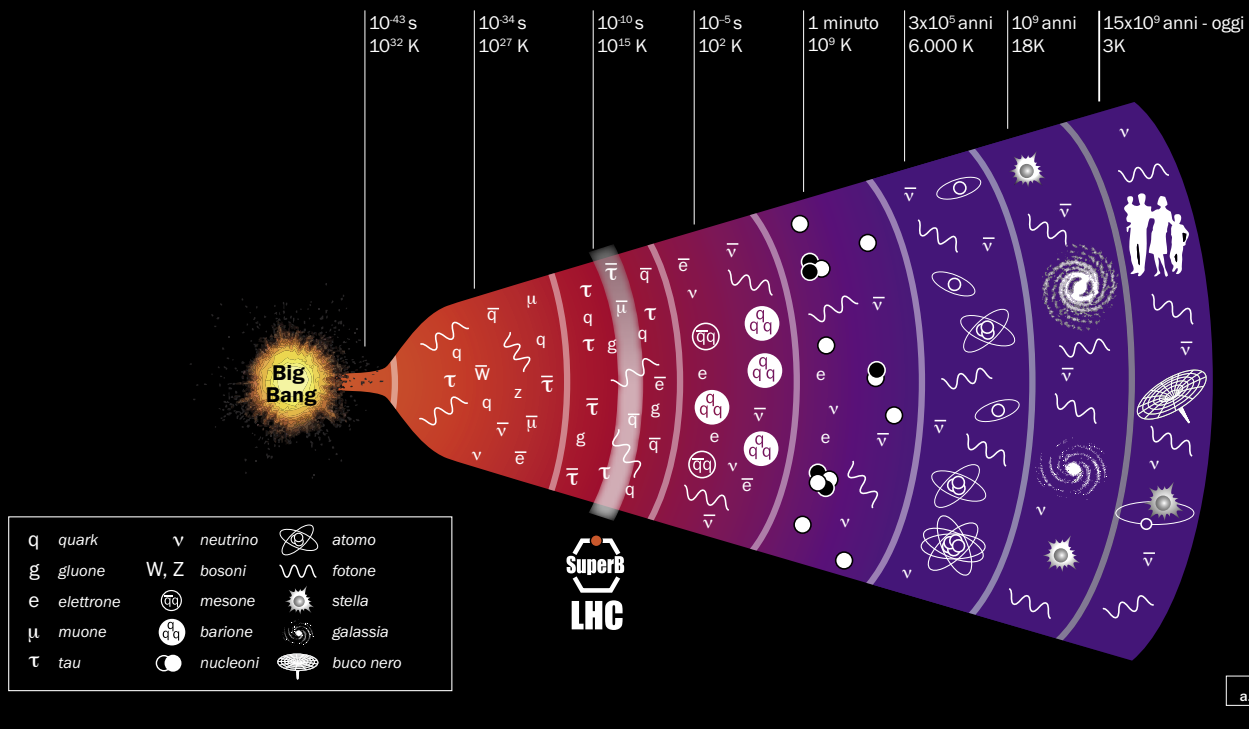
La seconda via consiste invece nell'aumentare a bassa energia il numero di reazioni prodotte nell'unità di tempo in laboratorio.

In questo modo, attraverso lo studio di processi estremamente rari di decadimento di particelle già note, si possono evidenziare piccolissimi effetti non previsti dalle teorie oggi universalmente accettate.

Questa seconda via consente di raggiungere l'obiettivo a costi decisamente inferiori, a condizione di costruire un acceleratore, per esempio un collisore elettrone-antielettrone ($e^+ e^-$), in grado di raggiungere una luminosità (cioè la grandezza proporzionale alla frequenza delle collisioni) circa cento volte più elevata rispetto alle macchine attuali. Ma è necessario anche costruire rivelatori assai resistenti alle radiazioni e in grado di registrare eventi con frequenze cento volte più elevate rispetto agli apparati attuali. È questa la strada seguita nel progetto *SuperB*.

Il programma completo di SuperB richiede alta luminosità, ma anche alta polarizzazione (80-90%) di un fascio, e possibilità di operare a energie diverse, inclusa la bassa energia, per produrre esclusivamente quark charm e leptoni tau. Pertanto SuperB, guardando a violazioni della simmetria CP e della conservazione del sapore leptonico (vd. p. 20, ndr), esplorerà i vari settori della fisica del sapore, un ambito di ricerca che ha ricevuto contributi fondamentali sia dal punto di vista teorico che sperimentale da parte dei fisici italiani.

Nel suo complesso, SuperB, intesa come macchina acceleratrice e rivelatore, avrà la sensibilità sufficiente per garantire la misura di piccole asimmetrie nel decadimento di particelle instabili: leptoni pesanti come il tau e quark



pesanti beauty e charm. Le asimmetrie che si intende misurare sono legate a piccole deviazioni da quanto previsto dalla teoria standard delle particelle elementari. SuperB ha questa capacità di scoperta come altri progetti scientifici di grande respiro, incluso il progetto di esperimento nella macchina giapponese *SuperKekB*. L'unicità di SuperB poggia su tre punti. Primo, una luminosità più elevata e aumentabile fino a un fattore quattro, che significa la possibilità di raccogliere un numero di eventi fino a cinque volte superiori a quello ottenibile ad esempio con *SuperKekB*. Secondo, la possibilità di avere fasci polarizzati, cioè con lo spin degli elettroni allineati lungo la direzione del moto delle particelle che collidono. Questa caratteristica, attraverso lo studio delle correlazioni delle particelle prodotte dopo la collisione, permette di studiare violazioni di simmetria e inoltre di eliminare parte di eventi non desiderati che possono mascherare piccoli effetti. Infine, la possibilità di variare l'energia dei fasci e arrivare a produrre coppie di mesoni con caratteristiche che consentano alla macchina di guadagnare ancora in sensibilità per lo studio della violazione della simmetria CP nel decadimento del quark charm. Il collisore ad alta luminosità SuperB, oltre al programma di fisica delle interazioni fondamentali, si presta a impieghi multidisciplinari con importanti ricadute nello sviluppo di nuove tecnologie. A questo proposito

è evidente il ruolo importante che riveste la sinergia con i programmi dell'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT). È infatti possibile, ad esempio, sfruttare l'acceleratore come sorgente di luce pulsata ad alta brillantezza. La macchina sarà dotata di varie linee di luce per poterla così utilizzare anche nella scienza dei materiali e in applicazioni biotecnologiche. Ben al di là del normale tempo di vita di un acceleratore dedicato alla fisica fondamentale, che è solitamente dell'ordine di un decennio, è prevedibile che si possa impiegare SuperB come sorgente di luce per alcune decadi. Il programma di ricerca di SuperB richiede la minuziosa analisi di una quantità di eventi tale che il collisore elettrone-positrone più luminoso attualmente disponibile (*KekB*) impiegherebbe ben più di un secolo per fornirci la stessa messe di dati. Com'è possibile ottenere questo risultato con SuperB? Il tempo necessario per produrre un determinato numero di particelle in un collisore è inversamente proporzionale alla densità di ciascuno dei due pacchetti nel punto di collisione e alla frequenza con cui essi collidono. Dunque la ricetta per ridurre un'attesa secolare è di far collidere pacchetti di densità massima il più frequentemente possibile. La strada seguita nel progetto SuperB consiste nel ridurre considerevolmente le dimensioni dei pacchetti che nelle attuali B factories hanno lunghezza dell'ordine del centimetro, larghezza dell'ordine

a.
Rappresentazione schematica dell'evoluzione dell'universo. SuperB riuscirà ad andare "indietro nel tempo", come Lhc. Se il punto di forza di Lhc è l'altissima energia a cui avvengono le collisioni, SuperB studierà eventi rarissimi grazie all'elevatissima luminosità che potrà raggiungere.



b.

del decimo di millimetro e altezza dell'ordine di qualche millesimo di millimetro.

La soluzione di SuperB è frutto del lavoro degli esperti dei vari laboratori, ma si basa su idee sviluppate soprattutto in Italia e sperimentate dalla divisione acceleratori dei Laboratori Nazionali di Frascati dell'Infn con l'acceleratore Dafne, come l'originale idea dell'incrocio ad angolo dei fasci (*crab waist transformation*), che costituisce uno dei punti di forza del progetto.

Gli esperimenti e le simulazioni sin qui compiute mostrano che SuperB sarà in grado di soddisfare la richiesta della fisica e produrre 1.000 coppie di mesoni B, altrettante coppie di leptoni tau e diverse migliaia di mesoni D per ogni secondo di operazione a pieno regime.

I ricercatori non dovranno attendere più di un secolo per accumulare il campione di SuperB, ma solo pochi anni (vd. p. 48, ndr).

Il laboratorio di appoggio privilegiato per gli sviluppi e il lavoro preparatorio per SuperB è quello dei Laboratori Nazionali di Frascati, dove tradizionalmente si sono concentrate le attività di ricerca di fisica delle particelle elementari. Basti ricordare il sincrotrone, il primo esperimento di collisioni elettrone-positrone con il piccolo anello Ada a opera di Bruno Touschek, successivamente Adone e infine Dafne che ha prodotto interessanti risultati proprio per la fisica del sapore con l'esperimento Kloe (vd. p. 33, ndr). Un'impresa basata su una concentrazione così elevata di tecnologie avanzate come quelle

richieste per la realizzazione della macchina, dei rivelatori, dell'elettronica e dei mezzi informatici necessari alla digestione dei dati avrà certamente una ricaduta positiva sulle imprese italiane. E costituisce anche uno stimolo forte per il miglioramento delle loro capacità di innovazione. L'esperimento SuperB, con una presenza costante di oltre duecento collaboratori stranieri, oltre a un flusso di visitatori valutabili in cinquecento scienziati all'anno, si propone come il luogo ideale per la formazione di personale tecnico-scientifico di alto livello e come un'opportunità di prestigio internazionale per la ricerca scientifica italiana.

b.

In primo piano i magneti di Pep II, il collisore che era in funzione al laboratorio Slac di Stanford negli Stati Uniti.

Questi magneti saranno impiegati per la costruzione di SuperB.

Biografia

Marcello Giorgi è ricercatore dell'Infn e professore all'Università di Pisa. Ha lavorato all'esperimento Aleph al Cern e ha diretto l'esperimento Babar allo Slac (USA). Ora guida la collaborazione internazionale del progetto SuperB.

Link sul web

<http://web.infn.it/superb/>

<http://www.kek.jp/intra-e/feature/2009/SuperKEKB.html>