

Interviste Newsletter

SUPER-B FACTORY E FISICA DEL NEUTRINO: UNO SGUARDO AI LABORATORI KEK IN GIAPPONE



Intervista a Masanori Yamauchi, direttore generale di KEK, l'Organizzazione per la ricerca sugli acceleratori ad alta energia, in Giappone

KEK è l'Organizzazione giapponese per la ricerca sugli acceleratori di alta energia. È uno dei principali laboratori di ricerca scientifica sugli acceleratori al mondo, con il quale l'INFN ha una forte collaborazione che si concentra principalmente sulla fisica delle particelle, con l'esperimento Belle II, e sulla fisica dei neutrini con

l'esperimento T2K (Tokai to Kamioka), il rivelatore Super-Kamiokande e il suo futuro Hyper-Kamiokande.

Abbiamo avuto l'opportunità di visitare il laboratorio principale di KEK a Tsukuba per la riunione della collaborazione [Interactions](#), la rete di comunicatrici e comunicatori scientifici che lavorano per i principali laboratori di fisica delle particelle in tutto il mondo. Nel corso della nostra visita, abbiamo incontrato Masanori Yamauchi, direttore generale di KEK, e gli abbiamo rivolto alcune domande sull'organizzazione che dirige, sui suoi progetti principali e sulla collaborazione tra KEK e INFN.

Ci può presentare KEK e la storia dell'organizzazione?

KEK è stata fondata nel 1971, 52 anni fa, come laboratorio di ricerca incentrato sugli acceleratori di particelle. All'epoca costruimmo un piccolo protosincrotrone con una circonferenza di 300 metri e fu così che iniziammo i primi esperimenti di fisica delle particelle e nucleare.

Negli anni '80, abbiamo poi iniziato la costruzione di un collisore di particelle, il primo collisore in Giappone: era un collisore di elettroni e positroni, con una circonferenza di tre chilometri, e si chiamava TRISTAN. Questa macchina è stata per un po' di tempo il collisore elettrone-positrone a più alta energia del mondo: il suo picco di energia era di 64 GeV, molto al di sotto dell'energia che riusciva a raggiungere il LEP al CERN, per esempio, ma all'epoca era la macchina a più alta energia. Con TRISTAN, abbiamo cercato di trovare il Quark Top, ma purtroppo non è stato possibile perché l'energia di questo acceleratore non era abbastanza alta per riuscire a produrre una particella con la massa del Quark Top.

Dopo questa esperienza, abbiamo trasformato l'anello di TRISTAN in un nuovo tipo di acceleratore chiamato "B factory" (fabbrica di B), il cui nome era KEKB. Questo acceleratore ha iniziato a funzionare nel 1998 e ci ha permesso di iniziare a studiare i fenomeni di violazione CP nei mesoni B e nei loro decadimenti. Abbiamo così iniziato una competizione molto intensa con un altro esperimento simile presso il laboratorio SLAC negli Stati Uniti, il "PEP II B factory" di SLAC. All'epoca, eravamo in forte competizione anche con l'INFN, che era uno dei

principali collaboratori dell'esperimento a SLAC. Si trattava naturalmente di una competizione dura ma amichevole: ci scambiavamo informazioni e collaboravamo molto.

Finalmente, nel 2001, abbiamo scoperto la violazione CP nei mesoni B e questa scoperta ha portato al conferimento del Premio Nobel per la Fisica a Makoto Kobayashi e Toshihide Maskawa nel 2008. Questa scoperta è stata fatta contemporaneamente e indipendentemente a KEK e a SLAC, in Giappone e negli Stati Uniti, su entrambi i lati dell'Oceano Pacifico, e ha spinto all'assegnazione del premio Nobel a Kobayashi e Maskawa. Un momento eccezionale!

Che cosa è successo in seguito? Oggi KEK ospita un esperimento d'avanguardia per lo studio dei mesoni B. Come siete arrivati fin qui?

Dopo questo grande successo, coronato da un Premio Nobel, abbiamo proposto di aggiornare la "*B factory*" in una "*Super-B factory*", SuperKEKB. In realtà, nello stesso periodo, i ricercatori e le ricercatrici che lavoravano alla "*B factory*" di SLAC proposero di costruire una "*Super-B factory*" in Italia, presso i Laboratori Nazionali di Frascati dell'INFN. Eravamo quindi in attesa di avviare un'altra competizione collaborativa tra KEK e INFN nell'era delle "*Super-B factory*".

Questo non è successo perché, per varie ragioni, l'Italia ha deciso di non proseguire con la "*Super-B factory*". Così, dopo qualche tempo, abbiamo costruito la "*Super-B factory*" a KEK e abbiamo invitato le colleghe e i colleghi italiani a unirsi alla nostra attività sul programma di SuperKEKB e di Belle II. Questo grande esperimento è ora attivo. Al momento, in realtà, è in pausa a causa di alcuni aggiornamenti minori dell'acceleratore e del rivelatore, ma la fase di presa dati riprenderà presto, nel gennaio 2024.

Per questo esperimento abbiamo instaurato una forte collaborazione con le ricercatrici e i ricercatori italiani, dei laboratori e delle sezioni dell'INFN. Il loro contributo è molto prezioso, perché portano all'esperimento l'esperienza accumulata nell'esperimento a SLAC. Siamo molto grati di avere una così valida collaborazione con gli scienziati e le scienziate italiani.

Quali sono le altre principali attività scientifiche in cui è impegnato KEK?

Il J-PARC è un complesso di acceleratori di protoni ad alta intensità ed è ora gestito da una collaborazione tra KEK e un'altra istituzione, l'Agenzia giapponese per l'energia atomica (JAEA). Un'altra attività di punta qui al KEK sono i neutrini. Al J-PARC produciamo fasci di neutrini e li facciamo viaggiare per 300 km fino al sito di Super-Kamiokande, dove studiamo quindi la natura del neutrino. Il neutrino è una particella molto speciale che può penetrare qualsiasi cosa, quasi tutto. Persino la Terra può essere attraversata da un neutrino senza che avvenga alcuna interazione. Quindi, catturare un neutrino o studiare la natura dei neutrini è molto difficile perché, per quanti neutrini si possano produrre, questi penetrano nei rivelatori senza interagire per niente. Per questo utilizziamo un rivelatore molto grande, costruito dell'Istituto per la Ricerca sui Raggi Cosmici (ICRR) dell'Università di Tokyo e chiamato Super-Kamiokande. Si tratta di un grande serbatoio d'acqua, del peso di 50.000 tonnellate, installato nella montagna di Kamioka, dove si attende il passaggio dei fasci di neutrini provenienti dall'acceleratore del Laboratorio J-PARC, che si trova a Tokai, 60 o 70 chilometri a nord del Laboratorio principale del KEK, qui a Tsukuba. Da qui il nome dell'esperimento T2K, Tokai to Kamioka.

L'ICRR sta anche lavorando all'aggiornamento del rivelatore Super-Kamiokande: Hyper-Kamiokande sarà un esperimento di neutrini di nuova generazione con una sensibilità molto più elevata. Super-Kamiokande, Huper-

Kamiokande e T2K sono collaborazioni internazionali molto ampie, composte da 500 ricercatori e ricercatrici provenienti istituzioni diverse in tutto il mondo e, anche per questi progetti, la collaborazione e il contributo dei ricercatori e delle ricercatrici INFN sono estremamente preziosi.

Quindi, per quanto riguarda la fisica dei neutrini, il futuro grande impegno di KEK sarà Hyper-Kamiokande. Per quanto riguarda il futuro della fisica degli acceleratori, quale sarà l'impresa principale di KEK?

Continueremo a lavorare con SuperKEKB e l'esperimento Belle II per i prossimi dieci anni, circa, e su un possibile futuro di questo esperimento con collisore. Allo stesso tempo, però, stiamo valutando la possibilità di costruire un collisore lineare, l'acceleratore International Linear Collider (ILC). Si tratta di un progetto molto ambizioso per la costruzione di un acceleratore lineare lungo 20 chilometri, dove elettroni e positroni vengono accelerati in direzioni opposte e si scontrano in un punto di interazione.

L'idea dell'ILC è stata proposta oltre 20 anni fa dalla comunità scientifica internazionale che lavora nel campo della fisica ad alta energia: si tratta di un progetto su larga scala, molto costoso e i progressi sono lenti. Un progetto così grande può essere sviluppato solo come progetto globale, non solo da KEK o dal governo giapponese. Dobbiamo quindi collaborare con il maggior numero possibile di governi e istituzioni e stiamo proponendo alle persone di riunirsi per discutere su come farlo. Si tratta di una sfida molto impegnativa, perché tutti i diversi attori hanno le proprie idee sul futuro della fisica delle particelle ed è quindi molto difficile individuare una direzione comune. Stiamo ancora attraversando un periodo difficile. Tuttavia, sono fermamente convinto che gli esperimenti di fisica delle particelle di prossima generazione potranno essere sviluppati solo nell'ambito di grandi collaborazioni scientifiche internazionali.

La "Big-science" e la "Big-physics" possono anche portare allo sviluppo di nuove tecnologie d'avanguardia che possono trovare applicazioni utili nella vita quotidiana per le persone e per la società. Su quali applicazioni tecnologiche state lavorando qui a KEK?

Qui a KEK abbiamo SuperKEKB ma anche un acceleratore più piccolo, chiamato compact cERL, e abbiamo anche una struttura di ricerca e sviluppo per l'ILC. Ciò che accomuna queste strutture sono le tecniche di accelerazione con superconduttori.

Abbiamo sviluppato una buona esperienza con gli acceleratori superconduttori che può avere diverse applicazioni industriali e mediche. Ad esempio, utilizzando fasci di elettroni ad alta intensità provenienti da acceleratori superconduttori, possiamo produrre il tecnezio 99, un elemento molto importante per la diagnosi medica, ad esempio per guardare dentro alle ossa e individuare un tumore nel primissimo stadio. Finora il tecnezio 99, utilizzato per questo tipo di diagnosi, è stato prodotto in grandi reattori nucleari. Tuttavia, il numero di reattori nucleari nel mondo sta diminuendo ed è difficile produrre una quantità sufficiente di tecnezio 99 solo con questi ultimi. Pertanto, stiamo sviluppando un nuovo metodo per creare tecnezio 99 utilizzando gli acceleratori di particelle, macchine che producono un'alta intensità di elettroni. Abbiamo ottenuto alcuni successi nella fase iniziale e stiamo pianificando di aumentare ulteriormente l'intensità dei fasci per produrre una quantità di tecnezio sufficiente a soddisfare le esigenze della diagnosi medica.

Un altro esempio è che stiamo lavorando a un EUV FEL, un laser a elettroni liberi nell'ultravioletto estremo: si tratta di una tipologia di laser basato su un acceleratore che emette luce con lunghezze d'onda molto brevi nella regione dell'ultravioletto estremo (EUV). Questo FEL può essere utilizzato nella litografia di prossima

generazione, per lo sviluppo di chip semiconduttori di nuova generazione ad altissima densità. L'industria dei semiconduttori ha bisogno di una fonte di luce molto intensa nella regione dell'EUV e solo gli acceleratori possono produrre questa luce EUV molto intensa.

Potrei elencare altri esempi, ma mi sono concentrato sulle applicazioni degli acceleratori a radiofrequenza superconduttori perché riteniamo che questi possano avere numerose applicazioni industriali e mediche, e stiamo facendo grandi sforzi in questa direzione. La ricerca nel campo della fisica delle particelle sviluppa tecnologie all'avanguardia per scoprire i segreti dell'universo e spesso queste tecnologie hanno effetti inaspettati e di grande impatto sulla nostra vita quotidiana.