

Rekordna luminoznost trkalnika KEKB

# Izziv za fiziko osnovnih delcev

*Dr. Samo Stanič*

Politehnika Nova Gorica in Univerza v Tsukubi

*V raziskovalnem centru za fiziko osnovnih delcev KEK v Tsukubi na Japonskem že četrto leto obratuje trkalnik KEKB, naprava, s katero znanstveniki producirajo veliko število parov mezonov B in anti-B. Študij razpadov mezonov B, nestabilnih delcev, sestavljenih iz kvarkov b in lažjih kvarkov, je velikega pomena za razumevanje fundamentalnih lastnosti snovi in antisnovi.*

**K**EBK obsega velik podzemni kompleks pospeševalnih komor in magnetov, ki v vakuumskih ceveh pospešujejo elektrone in njihove antidelce, pozitrone, in jih v nasprotnih smereh usmerjajo vzdolž krožne poti z obsegom 3 km. Na določenem mestu se poti elektronov in pozitronov sekata in pri trkih v parih nastajajo mezoni B in anti-B.

Merilo za število nastalih parov na enoto časa je tako imenovana luminoznost trkalnika. Odvisna je od števila elektronov in pozitronov, ki krožijo po trkalniku, in od tega, kako so ti delci porazdeljeni v gruče. Luminoznost KEKB se je letošnjega 9. maja prvič dvignila nad rekordnih  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , s čimer je KEKB dosegel pomemben mejnik v fiziki pospeševalnikov visokih energij in fiziki osnovnih delcev.

Pari mezonov B in njihovih antidelcev so posebno primerni za raziskave izvora majhne razlike med lastnostmi snovi in antisnovi. Ta razlika je povezana s kršitvijo simetrije CP in se med drugim kaže v današnji prevladi snovi nad antisnov-



Podzemni tunel trkalnika KEKB. Na sliki sta vakuumski cevi, v katerih ločeno v nasprotnih smereh krožijo elektroni in pozitroni. Okoli obeh cevi so v rednih presledkih nameščene magnetne leče, ki skrbijo, da žarka ostaneta znotraj cevi.

Za večjo luminoznost je treba povečati intenziteto elektronskega in pozitronskega žarka, hkrati pa je treba oba na mestu trka z magnetno optiko kar najbolj stisniti, da je območje, na katerem nastajajo trki, čim manjše. Zadostiti obema pogojema hkrati je velik tehnološki izziv. Poveče-

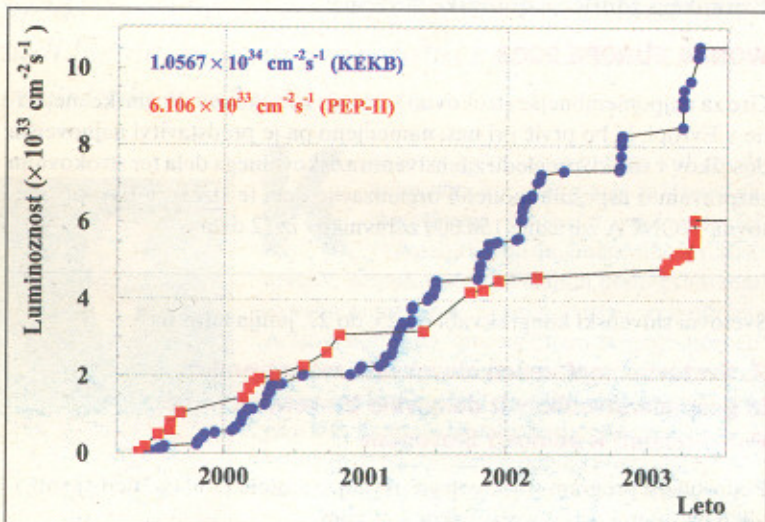
Pot do premostitve tehnoloških ovir je bila pri trkalniku KEKB dolga skoraj deset let in je vodila preko razvoja do uporabe vrste novih tehnologij, na primer na področju supraprevodnih pospeševalnih komor za žarke z visoko intenziteto. Zagon trkalnika KEKB je kljub vsemu od začetka

v fiziki pospeševalnikov visokih energij in fiziki osnovnih delcev.

Pari mezonov B in njihovih antidelcev so posebno primerni za raziskave izvora majhne razlike med lastnostmi snovi in antisnovi. Ta razlika je povezana s kršitvijo simetrije CP in se med drugim kaže v današnji prevladi snovi nad antisnovo v vesolju. Zaradi statistične narave procesov v fiziki osnovnih delcev je za natančno primerjavo lastnosti mezonov B in njihovih antidelcev potrebno čim večje število enih in drugih. Najpomembnejši dejavnik za uspeh meritve je torej velika luminoznost trkalnika, v katerem ti delci nastajajo. Rekordna vrednost  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , ki jo je dosegel trkalnik KEKB, pomeni, da vsako sekundo tvorimo približno deset parov mezonov B in anti-B, kar v normalnih obratovalnih okoliščinah pomeni približno 100 milijonov takih parov na leto.

V trkalniku KEKB je od začetka obratovanja leta 1999 do danes nastalo že več kot 150 milijonov parov mezonov B. Kolaboracija Belle, velika mednarodna raziskovalna skupina, ki združuje okoli 300 raziskovalcev iz 55 inštitucij z vsega sveta, je na podlagi zajetih podatkov leta 2001 dokončno potrdila kršitev simetrije CP pri razpadih mezonov B. V raziskovalni skupini sodeluje tudi 11 slovenskih raziskovalcev z Instituta Jožef Stefan, Univerze v Ljubljani, Univerze v Mariboru in Politehniko v Novi Gorici. Prispevki slovenskih znanstvenikov segajo od razvoja novih detektorskih sklopov in trkalnika do metod za analizo eksperimentalnih podatkov.

Rast največje dosežene luminoznosti trkalnikov KEKB in PEP-II od začetka njenega obratovanja do danes.



Za večjo luminoznost je treba povečati intenziteto elektronskega in pozitronskega žarka, hkrati pa je treba oba na mestu trka z magnetno optiko kar najbolj stisniti, da je območje, na katerem nastajajo trki, čim manjše. Zadostiti obema pogojema hkrati je velik tehnološki izziv. Povečevanje intenzitete žarkov nabitih delcev vodi namreč do nastanka vse močnejših elektromagnetnih polj v vakuumskih ceveh, po katerih žarka krožita, tako da je vse težje natančno nadzorovati njuno lego. Luminoznost  $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , ki so si jo za cilj zastavili pri trkalniku KEKB, so ob predlogu za izgradnjo leta 1994 mnogi strokovnjaki označili za nerealistično in preveč ambiciozno. Trkalnik PEP-II v Centru za linearne pospeševalnike v Stanfordu v Kaliforniji, prav tako namenjen tvorbi mezonov B, si je na primer za cilj zastavil kar trikrat manjšo luminoznost.

Pot do premostitve tehnoloških ovir je bila pri trkalniku KEKB dolga skoraj deset let in je vodila preko razvoja do uporabe vrste novih tehnologij, na primer na področju supraprevodnih pospeševalnih komor za žarke z visoko intenziteto. Zagon trkalnika KEKB je kljub vsemu od začetka obratovanja potekal sorazmerno gladko in luminoznost je že v prvem letu dosegla petino načrtovane vrednosti, kar pri tovrstnih pospeševalnikih še zdaleč ni pravilo. Doseg načrtovane vrednosti v štirih letih obratovanja je izjemen uspeh v svetovnem merilu.

Hitro povečevanje količine podatkov, ki ga na podlagi rekordnih uspehov trkalnika KEKB v kolaboraciji Belle pričakujemo v bližnji prihodnosti, bo pomembno ne le za natančnejši študij kršitve simetrije CP, ampak lahko pripelje tudi do novih odkritij v fiziki osnovnih delcev. ■



Na mestu trka elektronov in pozitronov se prej ločeni vakuumski cevi združita v eno, okrog katere so na razdaljah od nekaj centimetrov do nekaj metrov nameščene različne vrste detektorjev za meritve razpadov mezonov B. V razvoj te posebne komponente trkalnika in polvodniškega detektorja za natančno določanje mesta razpadov delcev so vključeni tudi slovenski raziskovalci.