



Štúdium alignmentu vrcholových detektorov Belle II

Alignment study of vertex detectors of the Belle II experiment

Jakub Kandra

UČJF MFF UK

24. Máj 2016

Štúdium alignmentu vrcholových detektorov



Belle II

Alignment

Výsledky alignmentu

Efekty rozladenia

Monitorovanie

Záver



Experimenty Belle & Belle II

- KEK, High Energy Accelerator Research Organization v Tsukube, neďaleko Tokya v Japonsku
- Štúdium narušenia CP symetrie v systéme B mezónov
- e^-e^+ asymetrický urýchľovač

Experiment Belle

- Naberanie dát: 1999 - 2010
- Rekord v integrovanej luminosite: 1 ab^{-1}
- Spracovanie dát: dodnes

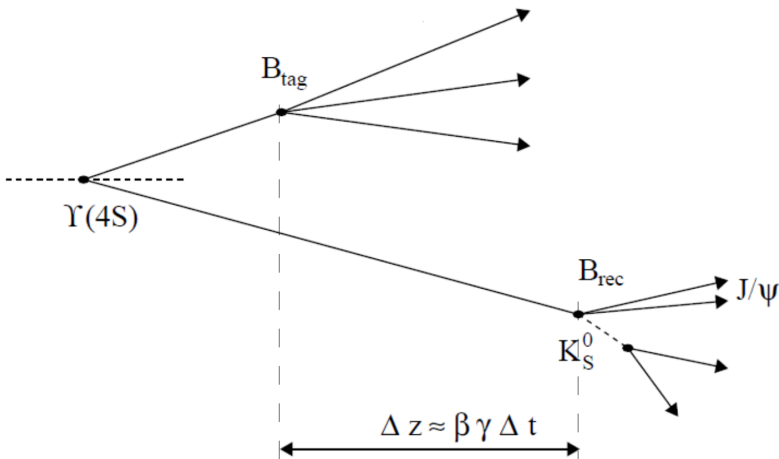
Experiment Belle II

- Predpokladaný začiatok naberania dát: začiatok 2018
- Zväzky elektrónov a pozitronov v urýchľovači: marec 2016
- Predpokladaná integrovaná luminosita: 50 ab^{-1}



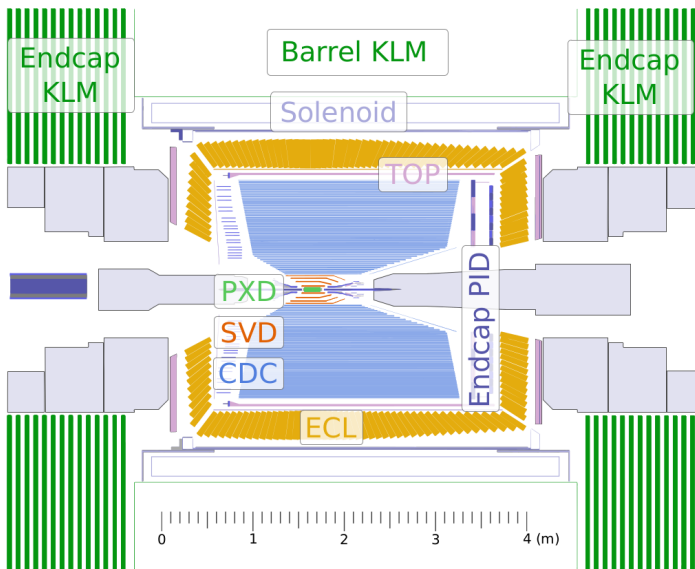
Narušenie CP symetrie v rozpadoch B mezónov

zlatý kanál: $B_{reco}^0 \rightarrow J/\psi + K_{short}^0$





Belle II detektor



Belle II

Alignment

Výsledky alignmentu

Efekty rozladenia

Monitorovanie

Záver



Alignment vrcholových detektorov

- Rozdiel medzi nameranými u_{ij}^m a predpokladanými zásahmi senzorov u_{ij}^p :

$$r_{ij}(\tau_j, \mathbf{a}) = u_{ij}^m - u_{ij}^p(\tau_j, \mathbf{a})$$

- Parametrizácia dráhy nabitej častice τ :
 - Dráha popísaná ako závitnica s 5 parametrami
 - Dráha popísaná v globálnom suradnicovom systéme
- Zásah senzoru u_{ij}^m v lokálnom systéme senzoru

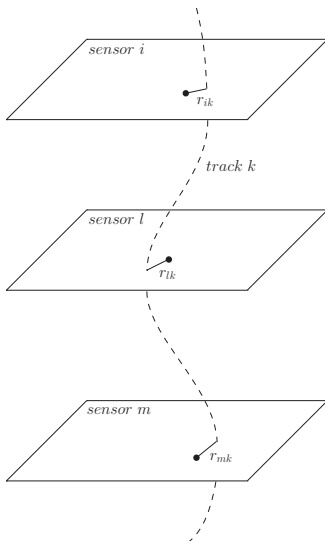
- Transformácia z globálneho do lokálneho systému:

$$\mathbf{q}^c = \Delta \mathbf{R} \mathbf{R} (\mathbf{r} - \mathbf{r}_0) - \Delta \mathbf{q}$$

\mathbf{r}_0 - ťažisko senzoru

\mathbf{r} - vektor v global. systéme

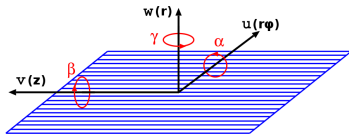
$\Delta \mathbf{R}$, $\Delta \mathbf{q}$ korekcií pre rotácie, resp. translácie





Minimalizácia $\chi^2(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{a})$

- Alignmentové parametre \mathbf{a} :
 - Posuny: u, v, w
 - Rotácie: α, β, γ
 - Počet: $6 \times 212 = 1272$ parametrov



$$\chi^2(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{a}) = \sum_j^{\text{tracks}} \sum_i^{\text{hits}} \left(\frac{r_{ij}(\boldsymbol{\tau}_j, \mathbf{a})}{\sigma_{ij}} \right)^2 \quad r_{ij}(\boldsymbol{\tau}_j, \mathbf{a}) = u_{ij}^m - u_{ij}^p(\boldsymbol{\tau}_j, \mathbf{a})$$

- Minimalizačný algoritmus: Millepede II
- Linearizácia $\chi^2(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{a})$ s použitím obmedzení pre polohy senzorov

$$\chi^2(\boldsymbol{\tau}, \mathbf{a}) = \sum_j^{\text{tracks}} \sum_i^{\text{hits}} \frac{1}{\sigma_{ij}^2} (r_{ij}(\boldsymbol{\tau}_j^0, \mathbf{a}^0) + \frac{\partial r_{ij}}{\partial \mathbf{a}} \delta \mathbf{a} + \frac{\partial r_{ij}}{\partial \boldsymbol{\tau}_j} \delta \boldsymbol{\tau}_j)^2$$

- Parametrizácia a fitovanie pomocou metódy General broken lines

Belle II
○○○

Alignment
○○

Výsledky alignmentu
○○○○○

Efekty rozladenia
○○

Monitorovanie
○○○

Záver

Belle II

Alignment

Výsledky alignmentu

Efekty rozladenia

Monitorovanie

Záver



Konvergencia parametrov alignmentu

- Alignment senzorov v nominálnych polohách
- Očakávaná hodnota v parametroch polohy je nula
- Obmedzenia: "Súčet jednotlivých rotácií (α, β, γ), alebo posunov (u, v, w) cez všetky senzory sa musí v rovnať nule (v globálnych súradniciach)."

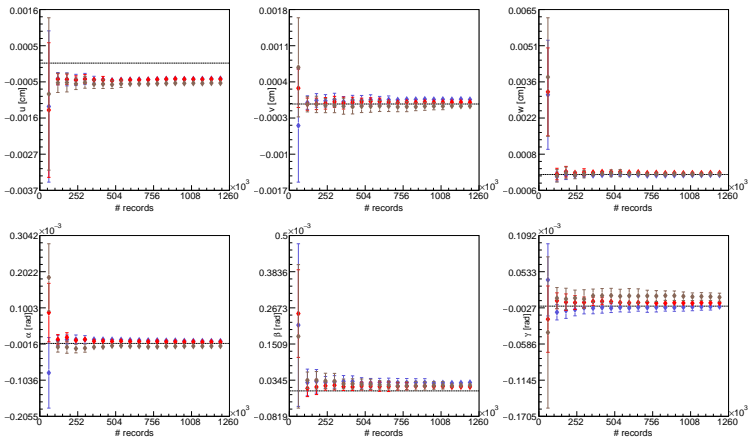
Fyzikálne procesy:

- *Upsilon*: Náhodný event z rezonancie $\Upsilon(4S)$
- *Kozmika*: Mióny z kozmického pozadia
- *Mióny*: Miónový pár z procesu $e^+ + e^- \rightarrow \mu^+ + \mu^-$



Konvergencia parametrov alignmentu

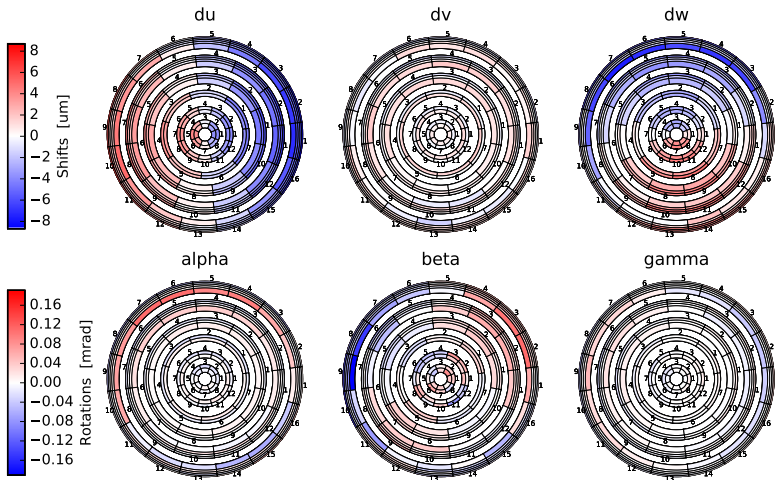
Layer 4, ladder 1: —●— *sensor 1* —●— *sensor 2* —●— *sensor 3*



Zmes 600 000 upsilon a 600 000 kozmických dráh.
Rýchla konvergencia parametrov, ale nie stále k očakávaným hodnotám.



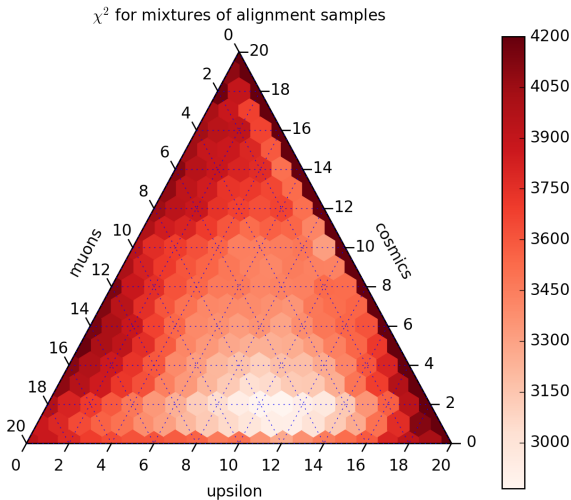
Stredné hodnoty posunov a rotácií senzorov



Zmes 600 000 upsilon a 600 000 kozmických dráh.
Nedostatočná fixácia senzorov, výskyt χ^2 invariantných módov



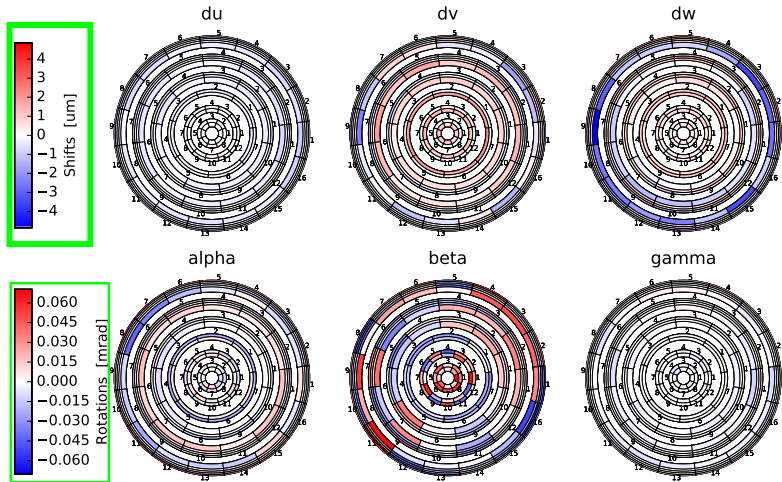
Aká zmes dát nám dá najlepši alignment?



Minimum zodpovedá pomeru 11 × upsilon, 2 × kozmika a 7 × mióny.



Stredné hodnoty posunov a rotácií senzorov



Zmes $11 \times$ upsihon, $2 \times$ kozmických a $7 \times$ miónových vzoriek.
Slabá fixácia v β uhle a w posune pre šikmé senzory.

Belle II
○○○

Alignment
○○

Výsledky alignmentu
○○○○○

Efekty rozladenia
○○

Monitorovanie
○○○

Záver

Belle II

Alignment

Výsledky alignmentu

Efekty rozladenia

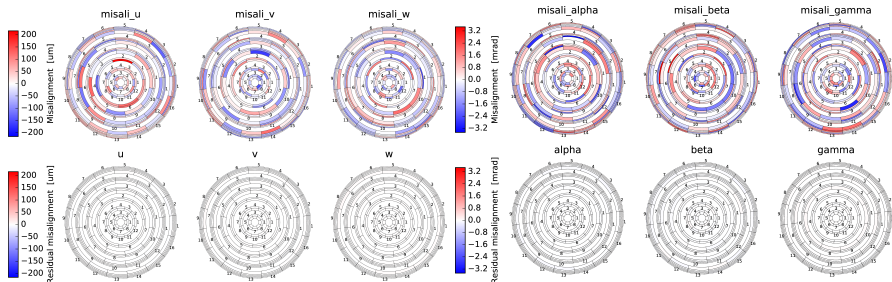
Monitorovanie

Záver



Konvergencia alignmentu

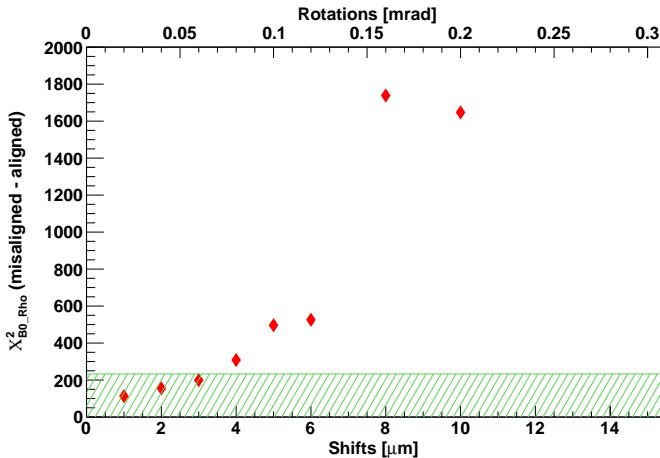
Initial shifts [μm]	0.0	10.2	157.7	0.0	0.0	215.7
Initial rotations [mrad]	0.000	0.000	0.000	0.247	3.040	3.467
Residual shifts [μm]	4.62	4.11	4.06	4.15	4.09	4.35
Residual rotations [mrad]	0.086	0.106	0.106	0.104	0.104	0.104



Situácia pri počiatočnom náhodnom rozladiení v intervale $(-215.7, 215.7) \mu\text{m}$ pre shifty a $(-3.467, 3.467) \text{mrad}$ pre rotácie.



Hodnotenie alignmentu a pás rozlišiteľnosti



Zelený pás predstavuje oblasť, v ktorej nedokážeme odlíšiť rozladenú geometriu od nonimálnej. Do pásu rozlišiteľnosti spadá rozladenie do $3 \mu m$ v posunoch a $0.06 mrad$ v rotáciach.

Belle II
○○○

Alignment
○○

Výsledky alignmentu
○○○○○

Efekty rozladenia
○○

Monitorovanie
○○○

Záver

Belle II

Alignment

Výsledky alignmentu

Efekty rozladenia

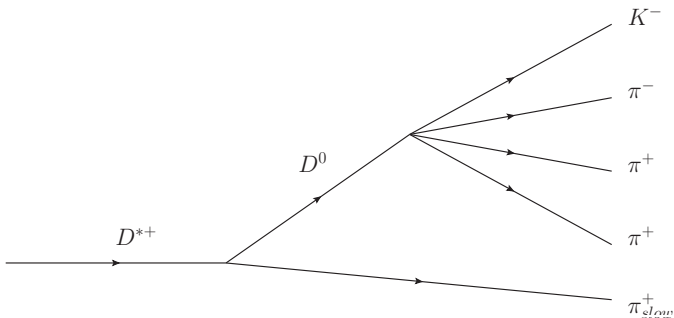
Monitorovanie

Záver



Monitorovanie alignmentu

1. Fyzikálny proces s vysokou pravdepodobnosťou rozpadu

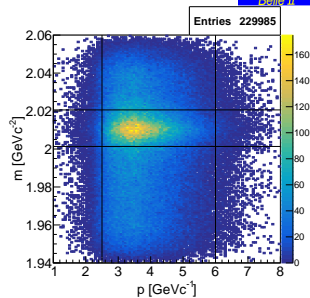
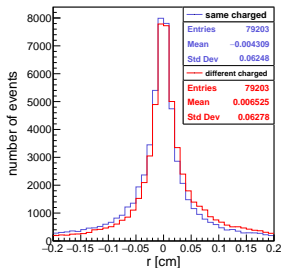
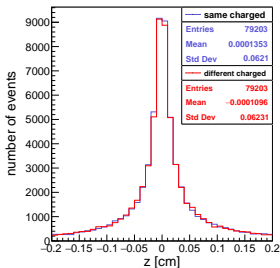


2. Kozmické žiarenie

- Rozdelenie dráhy kozmického miónu na dve nezávislé dráhy:
 - v hornej časti detektoru
 - v dolnej časti detektoru
- Porovnanie parametrov dráh

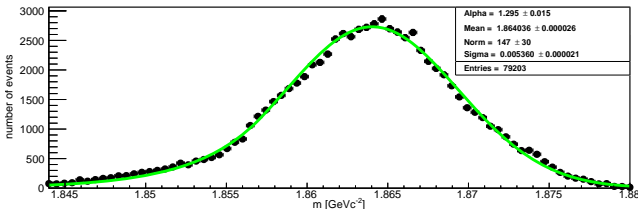


Monitorovanie fyzikálnym procesom



Rozdiely medzi polohami vertexov vytvorenými z rovnako a opačne nabitých častíc

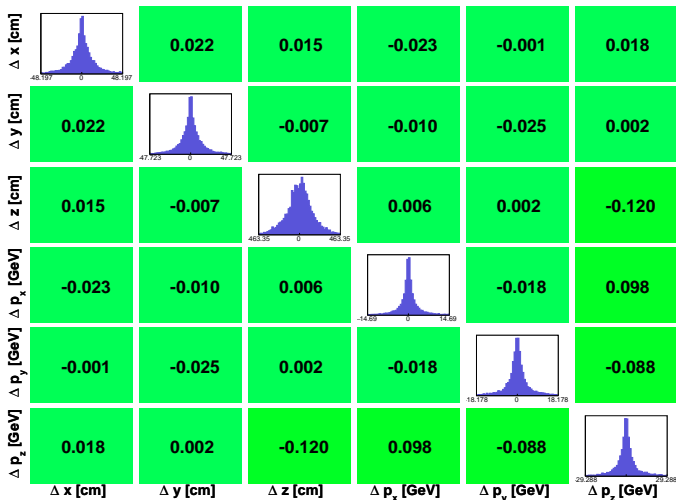
Podmienky na oddelenie signálu od pozadia



Invariantná hmota D^0 fitovaná funkciou Crystall-ball shape.



Monitorovanie kozmickým žiarením



Rozdiely medzi parametrami rozdelenej dráhy (diagonála)
a ich vzájomné korelácie (nediagonálna časť)



Záver

1. Štúdiá alignmentu senzorov

- Selekcia najvhodnejších dráh
- Pridanie ďalších vzorkov
- Aplikácia iných obmedzení

2. Hodnotenie alignmentu na základe fyzikálneho procesu

- Optimálna zmes dostatočne fixuje senzory
- Objavili sme nástroj, ktorý umožňuje dostatočné posúdenie výsledkov alignmentu

3. Plány

- Štúdiá χ^2 invariantných módov
- Aký ma vplyv tvar vyrobeného senzoru na fyzikálnu analýzu?
- Ako deformácie senzorov (spôsobené vlhkosťou, teplotou, opotrebovaním, ...) ovplyvňujú fyzikálne výsledky?
- Ladenie monitorovacieho nástroja na základe našich výsledkov