

Riccardo Pompili

Prof. Riccardo Faccini  
Dott.ssa Cecilia Voena

Studio dei sistemi di mesoni B neutri e dei loro decadimenti in  $J/\psi + K_s$

**MISURA DI  $\sin(2\beta)$   
EFFETTUATA A BABAR**

# Introduzione

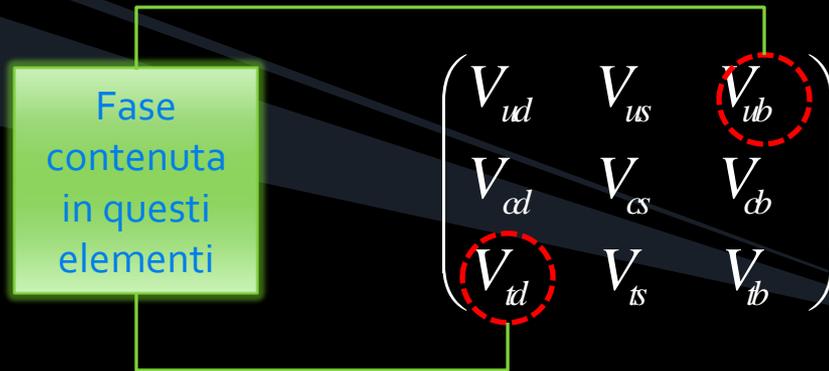
**BaBar** è il rivelatore costruito ai laboratori SLAC per operare con la **macchina asimmetrica**  $e^+e^-$  **PEP-II** e in grado di produrre la risonanza  $\Upsilon(4S)$ , che decade successivamente in coppie di mesoni  $B\bar{B}$ . L'obiettivo di BaBar consiste nello studiare la **violazione di CP** che si ha nei decadimenti dei mesoni B.

Storicamente, la prima osservazione sperimentale di violazione CP risale all'esperimento di Cronin, Fitch ed altri sui decadimenti dei **mesoni K neutri**.

- ❑ **Meccanismo CKM per la violazione di CP nel Modello Standard.**
- ❑ **Violazione di CP nel sistema di mesoni B.**
- ❑ **Asimmetria dei decadimenti  $b \rightarrow cc + K^{0(*)}$ .**
- ❑ **Acceleratore PEP-II e rivelatore BaBar.**
- ❑ **Tecnica sperimentale:**
  - ❑ **Ricostruzione dei mesoni B.**
  - ❑ **Identificazione del flavour dei mesoni B.**
  - ❑ **Misura della differenza dei tempi di decadimento dei due mesoni B.**
- ❑ **Risultato della misura di  $\sin(2\beta)$ .**

# Introduzione alla Violazione CP

Nel Modello Standard (MS) la violazione di CP si "formalizza" introducendo una fase (irriducibile) negli elementi della matrice CKM (ricordiamo che questi elementi descrivono gli accoppiamenti elettrodeboli del bosone **W** con i **quark**).



**CKM magnitudes**

	d	s	b
u	■	■ λ	■ λ <sup>3</sup>
c	■ λ	■	■ λ <sup>2</sup>
t	■ λ <sup>3</sup>	■ λ <sup>2</sup>	■

$\lambda = \cos(\theta_c) = 0.22$

Conseguenze presenza fasi: se ora consideriamo un decadimento a cui contribuiscono due ampiezze  $A_1 = |A_1| \exp(i\phi_1)$  e  $A_2 = |A_2| \exp(i\phi_2) \rightarrow$  l'ampiezza totale di decadimento sarà data da

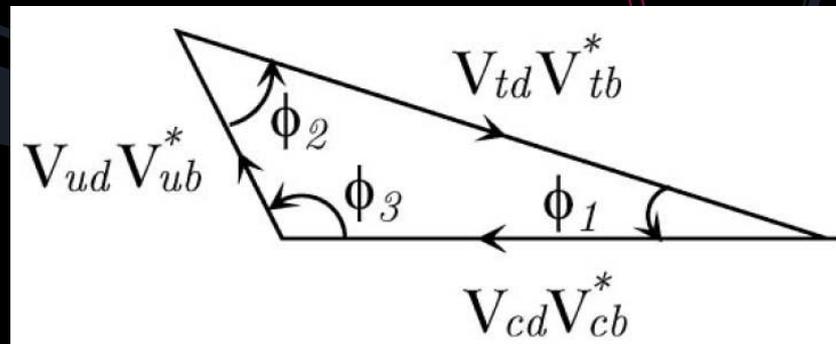
$$|A|^2 = |A_1 + A_2|^2 = |A_1|^2 + |A_2|^2 + 2|A_1||A_2|\cos(\phi_1 - \phi_2)$$

# Triangolo Unitario

La matrice CKM è **unitaria** ( $U^\dagger U = 1$ ). Una delle condizioni che impone è data da

$$V_{ud}V_{ub}^* + V_{cd}V_{cb}^* + V_{td}V_{tb}^* = 0$$

Questa relazione si visualizza utilizzando un triangolo nel piano complesso; come si nota, la matrice CKM comporta l'esistenza di tre **angoli**  $\alpha, \beta, \gamma$ .



Se misuriamo  $\alpha, \beta, \gamma \neq 0$  consistenti con il MS  $\rightarrow$  abbiamo dimostrato la CPV.

$\rightarrow$  Obiettivo BaBar: **MISURA DEGLI ANGOLI DEL TRIANGOLO UNITARIO**

$$\phi_1 = \beta = \arg \left( -\frac{V_{cd}V_{cb}^*}{V_{td}V_{tb}^*} \right) \quad \phi_2 = \alpha = \arg \left( -\frac{V_{ud}V_{ub}^*}{V_{td}V_{tb}^*} \right) \quad \phi_3 = \gamma = \arg \left( -\frac{V_{cd}V_{cb}^*}{V_{ud}V_{ub}^*} \right)$$

# Sistema di mesoni B neutri

Alla fine degli anni '80, la collaborazione ARGUS annunciò l'importante scoperta di oscillazioni (**mixing**)  $B \leftrightarrow \bar{B}$ .

Le oscillazioni comportano la presenza del termine di accoppiamento  $V_{td}$  della matrice CKM, al quale avevamo associato la fase per la violazione di CP. **Tra breve vedremo come questo renda possibile poter misurare l'angolo  $\beta$ .**

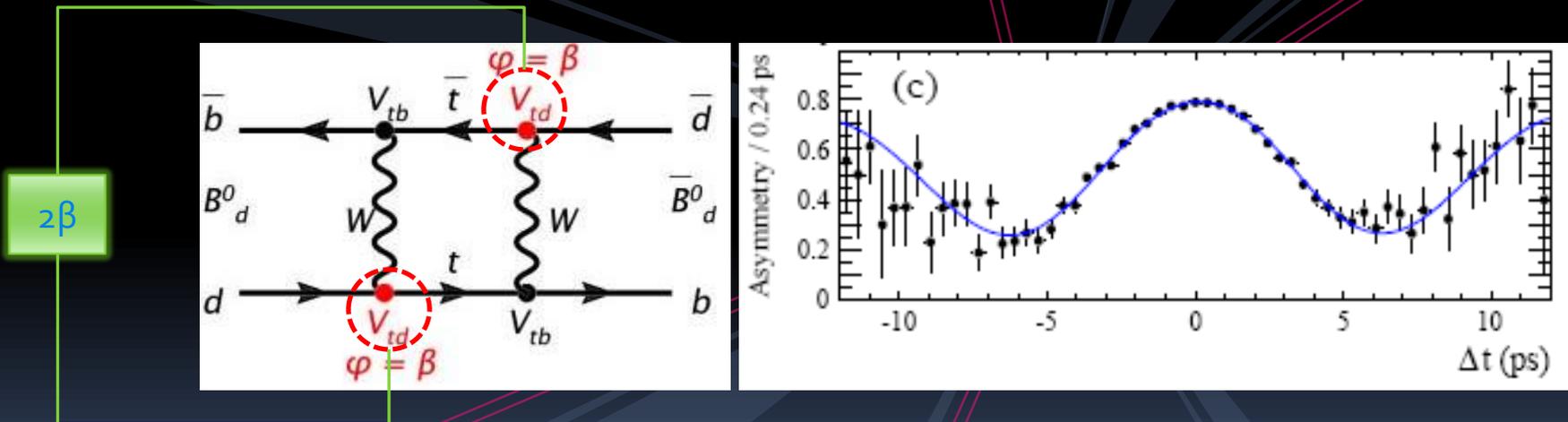
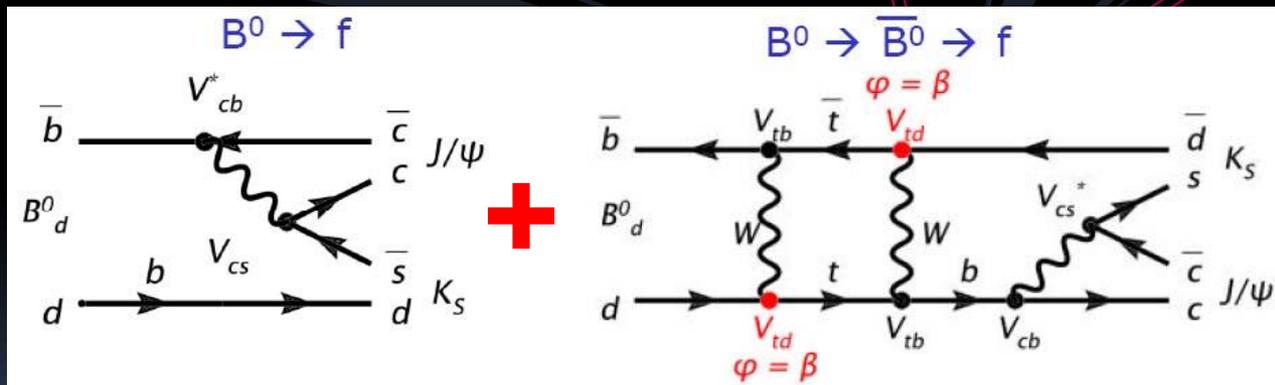


Diagramma di Feynman del mixing  $B \leftrightarrow \bar{B}$  e misura condotta a BaBar.

# Violazione di CP nell'interferenza tra decadimento e mixing

Le fase che compare nell'ampiezza di decadimento può essere osservata nei processi in cui **più ampiezze interferiscono**. Ciò può avvenire in sistemi del tipo mesone – antimisone  $M - \bar{M}$ , quando il decadimento di  $M$  in  $f$  avviene in due modi: **diretto** ( $M \rightarrow f$ ) o **tramite mixing** ( $M \rightarrow \bar{M} \rightarrow f$ ).

In particolare ci concentreremo su un decadimento (pulito sia dal punto di vista teorico che sperimentale) del  $B^0$  o dell'  $\bar{B}^0$  in una  $J/\psi + K_S$  (autostato **-1** di CP).



NB: Poiché le oscillazioni variano in funzione del tempo,  $\rightarrow$  anche **l'interferenza e la conseguente violazione di CP presenteranno una dipendenza dal tempo**.

# Asimmetria CP in funzione di $\Delta t$

Dal punto di vista sperimentale, misurare l'asimmetria significa **contare** il numero di  $B$  che decadono in  $f$  e il numero di  $\bar{B}$  che decadono sempre in  $f$ .

$$A_{CP} = \frac{N(\bar{B}^0 \rightarrow f) - N(B^0 \rightarrow f)}{N(\bar{B}^0 \rightarrow f) + N(B^0 \rightarrow f)}$$

A BaBar è possibile **misurare  $\sin(2\beta)$**  con i decadimenti  $b \rightarrow c\bar{c}s$ , ossia quelli del tipo  $J/\psi + K_S^0, \psi(2S) + K_S^0, \chi_{c1} + K_S^0, J/\psi + K^{*0} (K^{*0} \rightarrow K_S^0 + \pi^0), J/\psi + K_L^0$ .

L'andamento dell'asimmetria  $A_{CP}$  è una funzione di  $\Delta t$  (la differenza di tempo di decadimento dei due mesoni prodotti) e presenta l'andamento seguente:

Frequenza di mixing

Differenza di tempo tra i due decadimenti

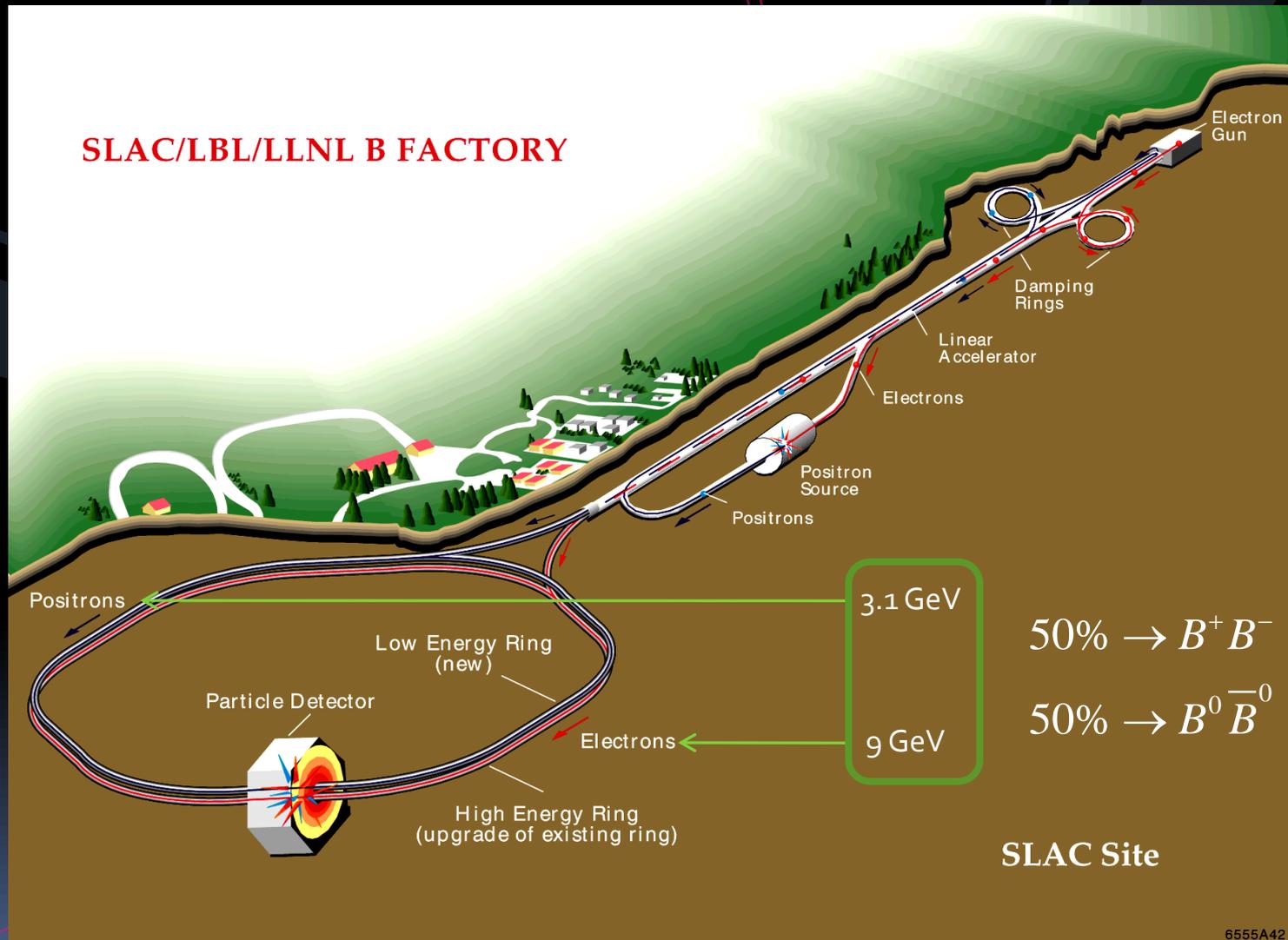
$$A_{CP}(\Delta t) = -\eta_f \sin(2\beta) \sin(\Delta m_d \Delta t)$$

Autovalore CP

$$J/\psi + K_S \rightarrow \eta_f = -1$$

$$J/\psi + K_L \rightarrow \eta_f = +1$$

# Acceleratore PEP-II (1)



# Acceleratore PEP-II (2)

I mesoni B neutri sono originati dal **decadimento**  $\Upsilon(4S) \rightarrow B^0 \bar{B}^0$ . L'energia del centro di massa dei due fasci che collidono al PEP-II è  $E^* = 10.58 \text{ GeV}$ , cioè proprio la massa della risonanza  $\Upsilon(4S)$ .

Per misurare l'asimmetria  $A_{CP}$  è necessario misurare  $\Delta t$ , **il tempo che trascorre tra i decadimenti del primo e del secondo mesone B**.

Se  $\Upsilon(4S)$  è prodotta a riposo, le distanze percorse dai B sono troppo *piccole*,  **$\sim 25 \mu\text{m}$**  (inferiore alla risoluzione del rivelatore), per poter essere correttamente misurate  $\rightarrow$  è necessario imprimere un **boost** alla  $\Upsilon(4S) \rightarrow$  necessità di macchine **asimmetriche**  $e^+e^-$  (le distanze vengono dilatate).

❑ La separazione media tra i due vertici di decadimento è  **$\sim 250 \mu\text{m}$** .

❑ Con le energie in gioco la  $\Upsilon(4S)$  ha  $\beta\gamma = 0.56$ .

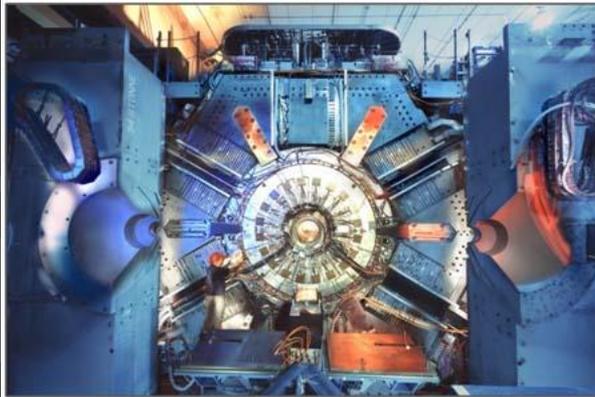
❑ Poiché il Branching Ratio della reazione  $BR(B \rightarrow J/\psi + K_s) \approx 10^{-4}$  risulta molto piccolo, è richiesta un'**alta luminosità**  $\rightarrow \sim 3 \times 10^{33} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  ( $10^{34} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$  di picco).

❑ La sezione d'urto del decadimento  $\Upsilon(4S) \rightarrow B\bar{B}$  risulta pari a  $1.1 \text{ nb}$ .



Luminosità integrata:  $390 \text{ fb}^{-1}$

# Rivelatore BaBar



**Electromagnetic Calorimeter**  
6580 CsI crystals  
e<sup>+</sup> ID, π<sup>0</sup> and γ reco

$$\sigma_E = \left[ \left( 2.3 / \sqrt[4]{E} \right) + 1.85 \right] \%$$

**Instrumented Flux Return**  
12-18 layers of RPC/LST  
μ ID

95% ID μ±  
2% contaminazione π

**e<sup>+</sup> [3.1 GeV]**

Separazione K/π > 4σ a 3 GeV

**Cherenkov Detector**  
144 quartz bars  
K, π, p separation

$$\sigma_{pt} = (0.13 * pt + 0.45) \%$$

**Drift Chamber**  
40 layers  
tracking + dE/dx

$$\sigma(dE/dx) = 7.5 \%$$

**e<sup>-</sup> [9 GeV]**

**Campo Magnetico**  
1.5T Magnet

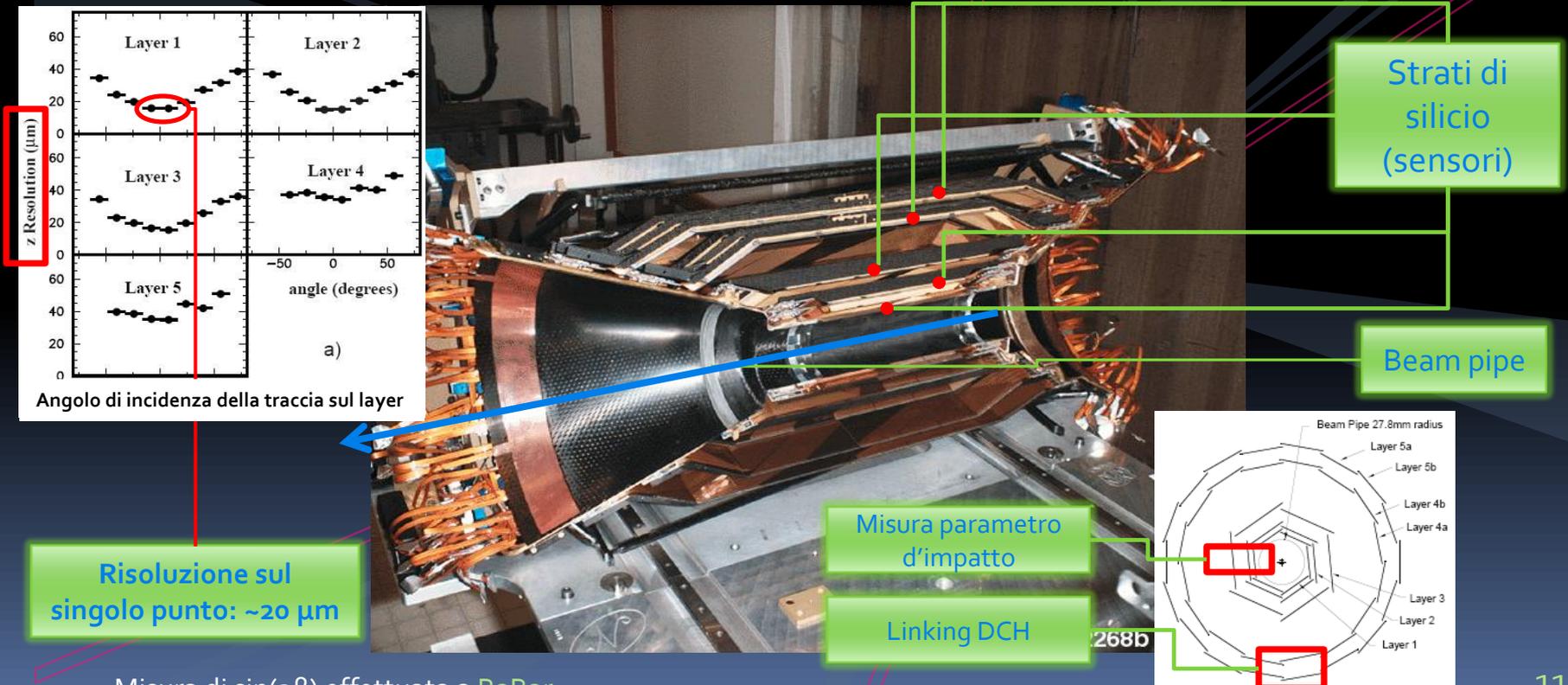
$$\sigma_z = 65 \mu\text{m}$$

**Silicon Vertex Tracker**  
5 layers (double-sided Si sensors)  
vertexing + tracking (+ dE/dx)

# Silicon Vertex Tracker

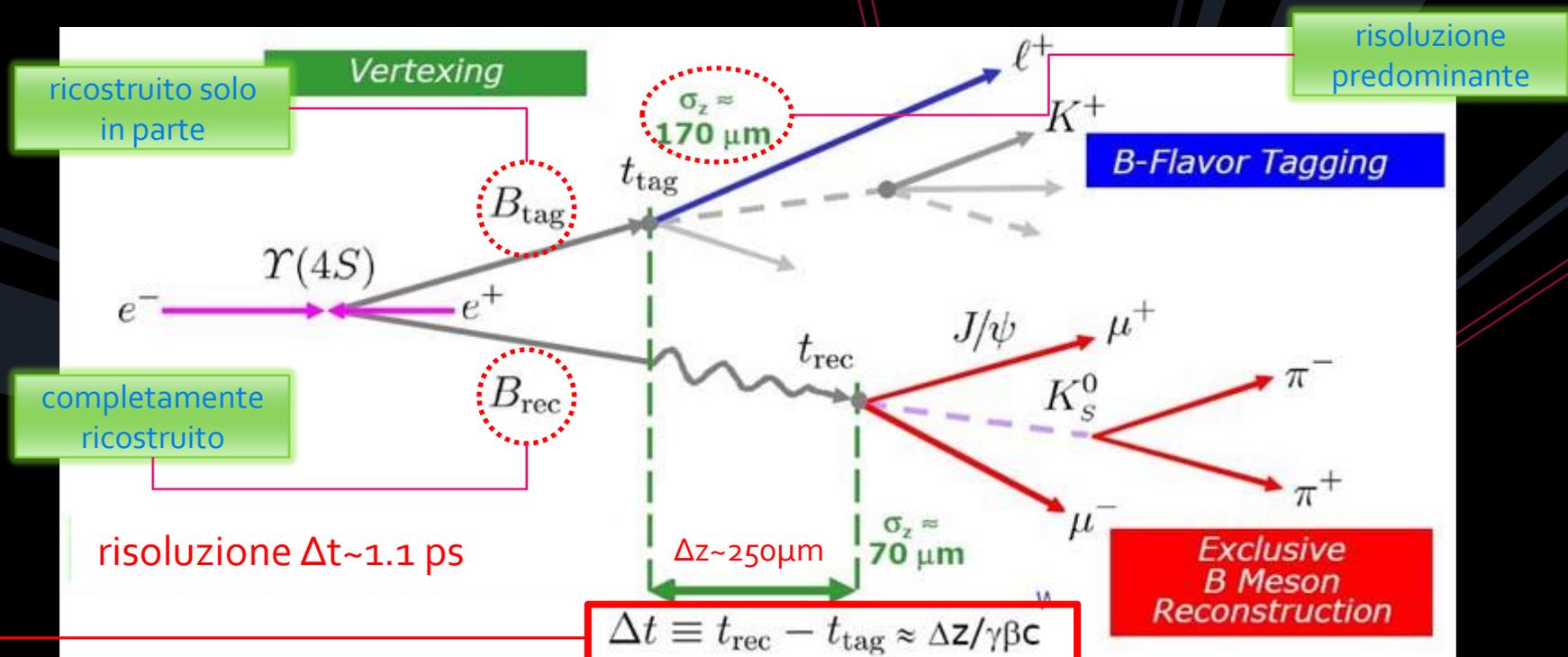
L'obiettivo principale del **Silicon Vertex Tracker (SVT)** in BaBar è quello di **misurare i vertici** di decadimento dei due mesoni B. Il SVT provvede dunque a

- ❑ Ricostruire **le tracce delle particelle cariche**.
- ❑ Misurare i loro **impulsi** e **angoli** con alta precisione.



Misura di  $\sin(2\beta)$  effettuata a BaBar

# Tecnica Sperimentale



La dipendenza dal tempo dell'asimmetria richiede la ricostruzione della differenza di tempo tra i decadimenti dei due B, che risulta praticabile grazie al boost della  $\Upsilon(4S)$  e al SVT che provvede a misurare accuratamente le traiettorie delle particelle cariche. È necessario dunque misurare la **distanza spaziale** tra i due vertici  $B_{\text{rec}}$  e  $B_{\text{tag}}$  per poter risalire a  $\Delta t$ .

$$A_{CP}(\Delta t) = -\eta_f \sin(2\beta) \sin(\Delta m_d \Delta t)$$

# Ricostruzione dei mesoni B

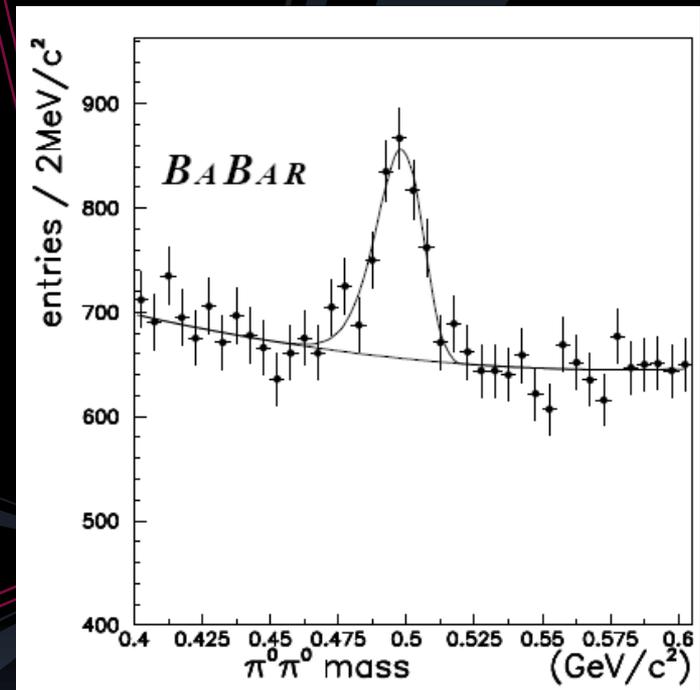
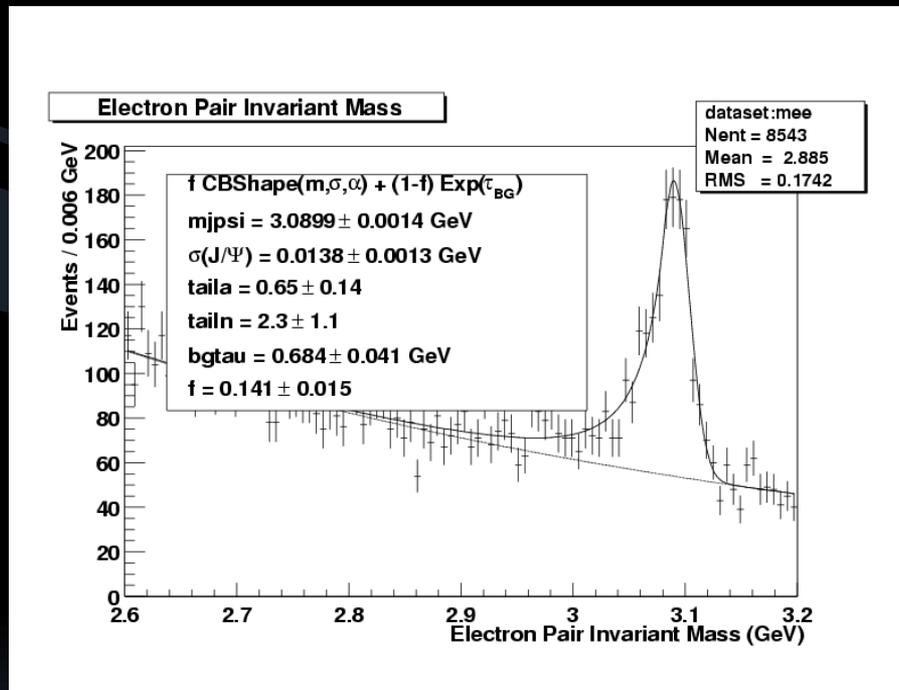
Il decadimento  $b \rightarrow c\bar{c}s$  che descriveremo per **ricostruire completamente il mesone B** è quello dato da  $J/\psi + K_S$ . Si procede in questo modo:

- ❑ I candidati **B** sono completamente ricostruiti a partire dal loro **stato finale**; (nel nostro caso  $J/\psi + K_S$ ).
- ❑ I **mesoni intermedi**  $J/\psi$  sono ricostruiti attraverso i decadimenti  $J/\psi \rightarrow e^+e^-$ , e  $J/\psi \rightarrow \mu^+\mu^-$ , combinando le tracce cariche **opposte** dei **leptoni**  $e, \mu$ .
- ❑ I mesoni  $K_S$  sono ricostruiti a partire dai  $\pi^+\pi^-, \pi^0\pi^0$  nei quali decadono.
- ❑ Per sopprimere il **continuum background** (che ha la tipica forma "allungata" di un jet), si impongono delle condizioni sulla **sfericità** (gli eventi  $B\bar{B}$  hanno una forma tipicamente sferica [nel c.m.]).



Dalla collisione  $e^+e^-$  non si ha solo la produzione di coppie  $b, \bar{b}$  ma anche quella di coppie  $c\bar{c}, d\bar{d}, s\bar{s}, u\bar{u}$  che adronizzano; questo è il **continuum background**. I jet hanno forma allungata perché questi quark sono più leggeri del **b**.

# Ricostruzione di $J/\psi + K_s$



**Ricostruzione** (inclusiva) dei mesoni intermedi  $J/\psi \rightarrow e^+e^-$  e  $K_s^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0$ .

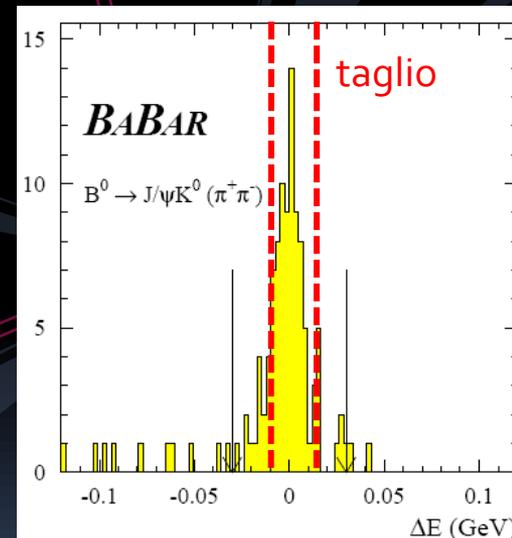
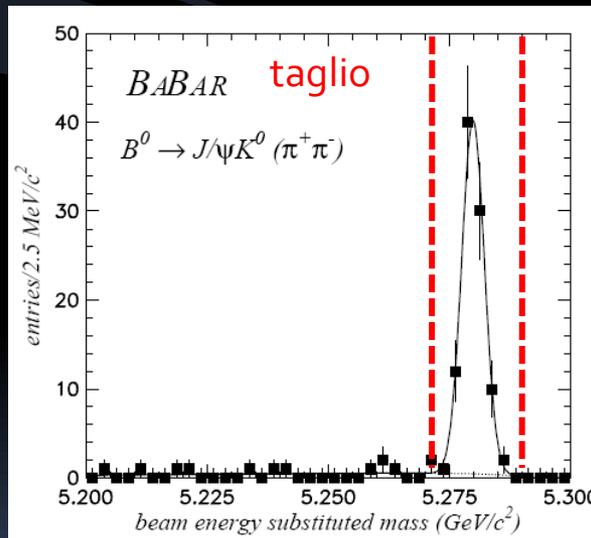
# Variabili $\Delta E$ e $m_{ES}$ per $J/\psi + K^0$

Per determinare la **composizione dello stato finale** e per **discriminare** il segnale dal fondo si utilizzano le variabili cinematiche  $m_{ES}$  e  $\Delta E$ .

$$m_{ES} = \sqrt{E_{beam}^{*2} - p_B^{*2}}$$

$$\Delta E = E_B^* - E_{beam}^*$$

scorrelate



Grafici di  $m_{ES}$  e  $\Delta E$  per  $J/\psi + K_S(\pi^+\pi^-)$ . Come ci si aspetta  $\Delta E$  è correttamente centrata sullo zero, mentre  $m_{ES}$  è centrata sulla massa del mesone B.

# Flavor Tagging (1)

I mesoni B neutri che si originano dal decadimento della  $\Upsilon(4S)$  sono prodotti in uno **stato coerente**, ossia ritroviamo sempre (istante per istante) un mesone B e un anti-B  $\rightarrow$  quando uno dei due decade l'altro deve avere **flavor opposto (nello stesso istante)**.

Dopo che i prodotti del B ricostruito ( $B_{rec}$ ) sono stati identificati, le particelle rimanenti appartengono *tutte* al decadimento dell'altro mesone B ( $B_{tag}$ ).

Per **contare il numero di eventi**  $B$  o  $\bar{B}$  (e dunque misurare **l'asimmetria CP**) è necessario identificare il **sapore** di quest'ultimo **quark b (tagging)**.

Il metodo più semplice e con minor probabilità di errore consiste nello studiare i decadimenti semi-leptonici, caratterizzati dalla produzione di **leptoni primari** (con alto impulso, visto che provengono dal decadimento diretto del B).



**MISTAG**: leptoni *secondari* prodotti nel decadimento del  $\underline{c}$ .

$b \rightarrow c + l^- + \bar{\nu}$  Segno sbagliato!!!  
 $\rightarrow x + l^+ + \nu$

# Flavor Tagging (2)

Per il tagging in realtà si usano anche altre informazioni, per esempio i **kaoni**:



In BaBar la **performance del tagging** si determina con questi due parametri:

- $\epsilon$  → definisce l'**efficienza** nell'identificazione del sapore.
- $w$  → definisce la probabilità che il sapore identificato sia **sbagliato (mistag)**.

L'errore statistico sull'asimmetria di CP è proporzionale all'**efficienza effettiva**, cioè  $\sim \epsilon_{\text{eff}}^{-1/2}$ , dove

$$\epsilon_{\text{eff}} = \epsilon(1 - 2w)^2$$

	$\epsilon(\%)$	$w(\%)$	$Q(\%)$
Lepton	$8.96 \pm 0.07$	$2.9 \pm 0.3$	$7.95 \pm 0.11$
Kaon1	$10.81 \pm 0.07$	$5.3 \pm 0.3$	$8.64 \pm 0.14$
Kaon2	$17.18 \pm 0.09$	$14.5 \pm 0.3$	$8.64 \pm 0.17$
KaonPion	$13.67 \pm 0.08$	$23.3 \pm 0.4$	$3.91 \pm 0.12$
Pion	$14.19 \pm 0.08$	$32.6 \pm 0.4$	$1.73 \pm 0.09$
Other	$9.55 \pm 0.07$	$41.5 \pm 0.5$	$0.28 \pm 0.04$
Total	$74.36 \pm 0.10$		$31.1 \pm 0.3$

Efficienza

Probabilità di errore

Leptoni → bassa probabilità di errore

Kaoni → alta efficienza tagging

# Fondo residuo

Il fondo presente nei dati acquisiti è di due tipologie:

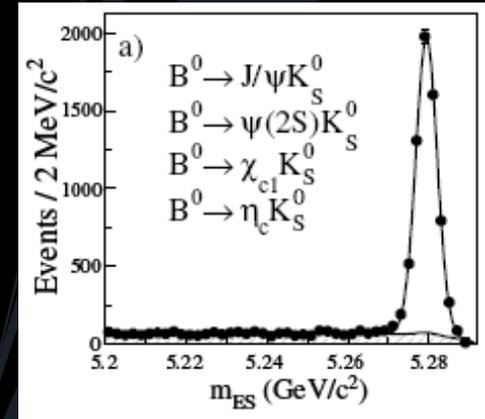
- Fondo di tipo **combinatorio** nella distribuzione  $m_{ES}$ , ben descritto dalla formula **empirica** introdotta dalla collaborazione ARGUS:

$$A(m_{ES}; m_0, \xi) = A_B m_{ES} \sqrt{1 - \left(\frac{m_{ES}}{m_0}\right)^2} e^{-\xi \left(1 - \left(\frac{m_{ES}}{m_0}\right)^2\right)}$$

- Fondo “peaking” per il quale **lo stato finale è simile a quello del segnale**; nel caso  $B^0 \rightarrow J/\psi + K_S^0$  questo può provenire da decadimenti dei B carichi, ad esempio

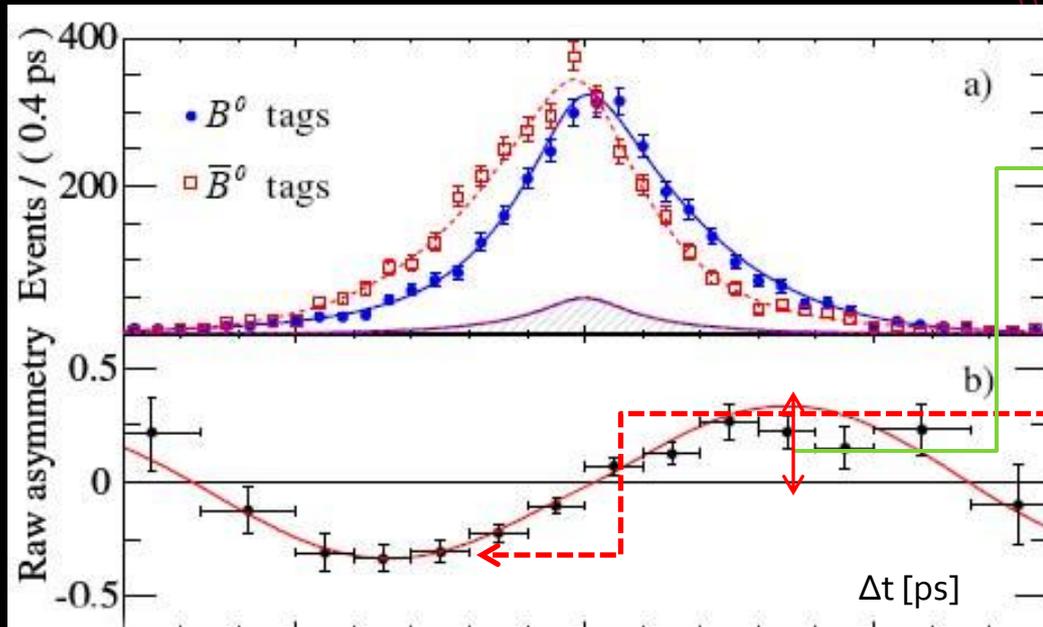


Il campione di dati usato per misurare  $\sin(2\beta)$  si basa sull'analisi di **382 milioni di coppie  $B\bar{B}$** .



Sample	$N_{tag}$	$P(\%)$
Full CP sample	12677	75
$J/\psi K_S^0 (\pi^+\pi^-)$	4459	96
$J/\psi K_S^0 (\pi^0\pi^0)$	1086	88
$\psi(2S)K_S^0$	687	83
$\chi_{c1}K_S^0$	313	89
$\eta_c K_S^0$	328	69
$J/\psi K_L^0$	4748	55
$J/\psi K^{*0}$	1056	66
$J/\psi K^0$	10275	76
$J/\psi K_S^0$	5547	94
$\eta_f = -1$	6873	92

# Risultato: $\sin(2\beta)$



Dall'ampiezza di oscillazione si ricava il valore di  $\sin(2\beta)$

$$A_{CP}(\Delta t) = \frac{N(\bar{B}^0 \rightarrow f) - N(B^0 \rightarrow f)}{N(\bar{B}^0 \rightarrow f) + N(B^0 \rightarrow f)}$$

Errore dominato dall'incertezza sul fondo e sulla funzione R

**Risultato sperimentale:**  
 $\sin(2\beta_{BaBar}) = 0.714 \pm 0.032(stat) \pm 0.018(syst)$

LIKELIHOOD FIT

$$A_{CP}(\Delta t) = D \cdot \sin(\Delta m_d \Delta t) \otimes R(\Delta t - \Delta t') + \text{termini dovuti al fondo}$$

Diluizione (MISTAG)

Funzione di risoluzione ( $\Delta t$  finita)

# Conclusioni

Le misure dell'asimmetria in funzione del tempo nei decadimenti dei mesoni B (con il **charmonium**) mostrano che esiste un'evidente violazione di CP. Se la simmetria CP fosse esatta, infatti, il tasso di decadimento dei B e degli anti-B dovrebbe essere identico. BaBar, invece, ha confermato che

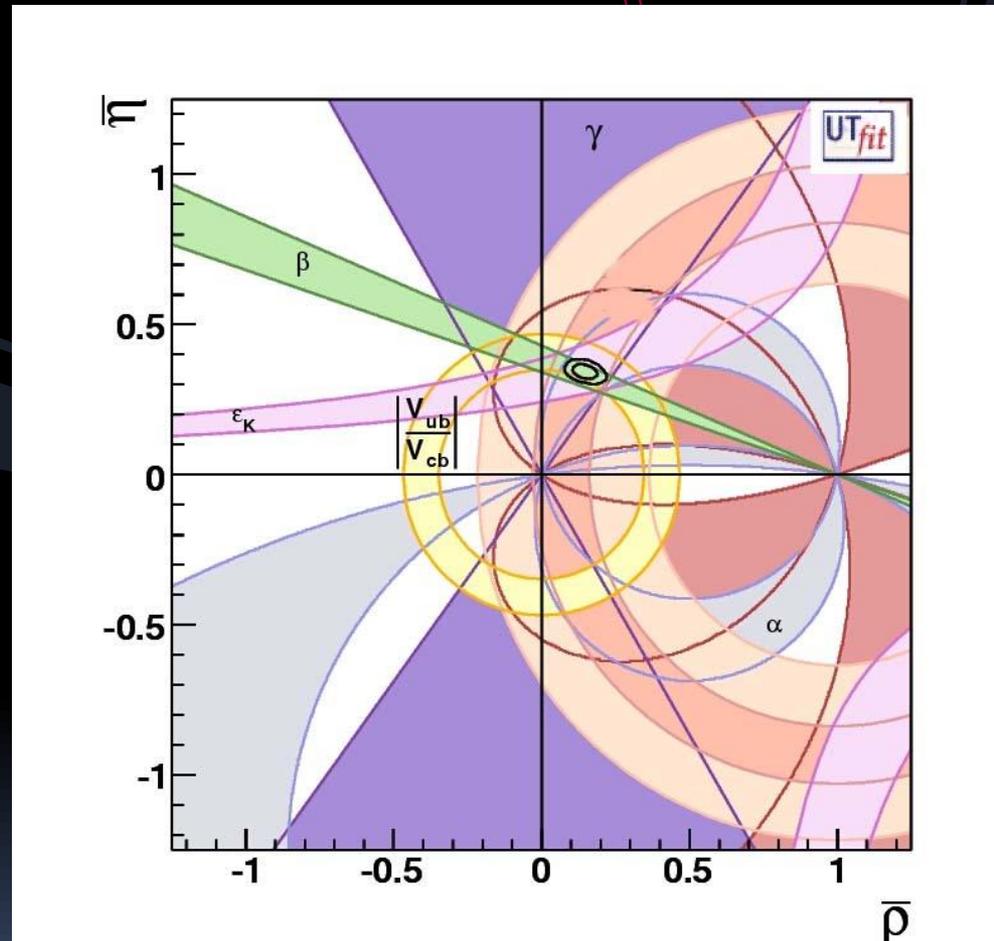
- ❑ La simmetria CP non è esatta.
- ❑ Il valore di  $\sin(2\beta)$  ottenuto a BaBar è in accordo con le predizioni del Modello Standard.

Oggi la media mondiale di  $\sin(2\beta)$  (inclusendo l'esperimento BELLE) è pari a:

$$\sin(2\beta) = 0.681 \pm 0.025$$

in accordo con i vincoli indiretti sul triangolo unitario. Grazie a queste misure ora conosciamo con maggior precisione l'angolo  $\beta$ , anche se continuano ad essere possibili più soluzioni (il FIT, infatti, determina il  $\sin(2\beta)$  anziché  $\beta$ ). Sono state comunque condotte altre misure in grado di imporre ulteriori vincoli a  $\beta$ .

# Vincoli sul triangolo unitario



$1 - \lambda^2/2$	$\lambda$	$A\lambda^3(\rho - i\eta)$
$-\lambda$	$1 - \lambda^2/2$	$A\lambda^2$
$A\lambda^3(1 - \rho - i\eta)$	$-A\lambda^2$	$1$

# FIT dei dati sperimentali

Il valore di  $\sin(2\beta)$  si estrae dai dati usando la tecnica della **massima verosimiglianza**, riferita all'equazione

$$A_{CP}(\Delta t) = -\eta_f \sin(2\beta) \sin(\Delta m_d \Delta t)$$

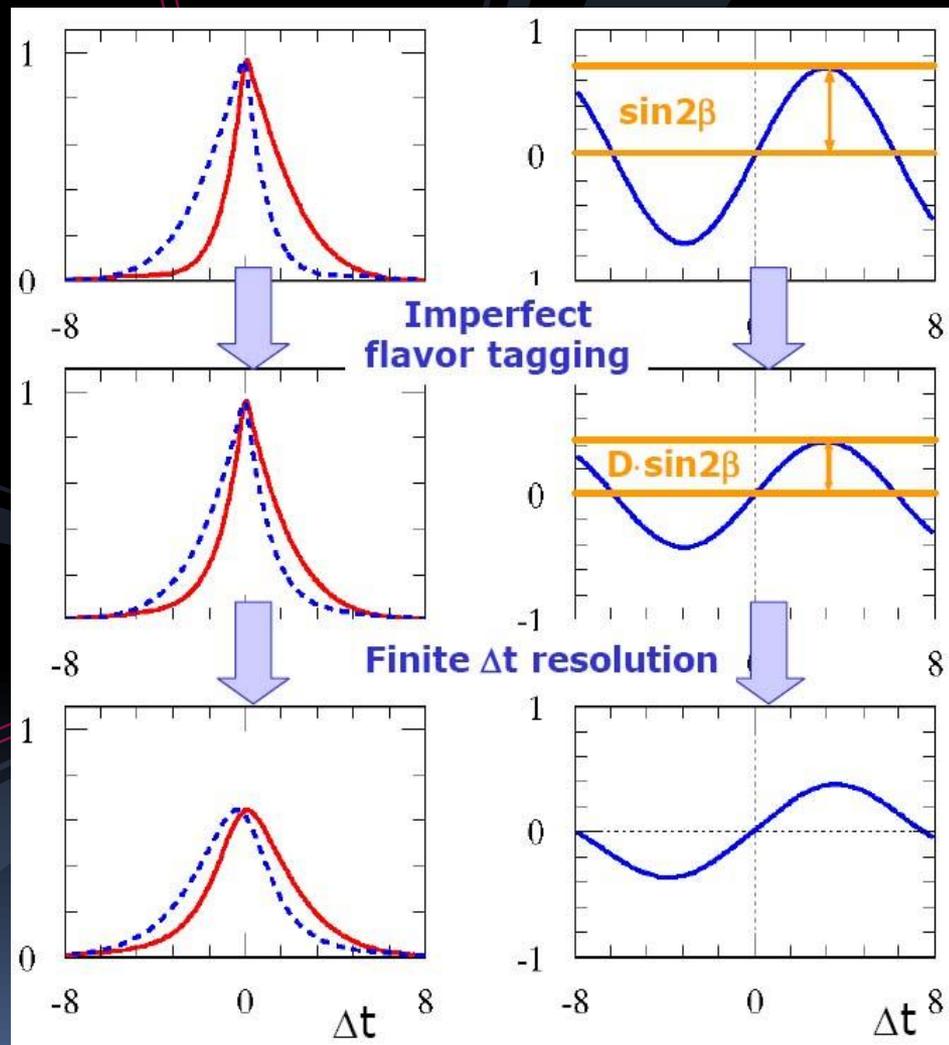
Per poter considerare la **risoluzione dei vertici** (dominata dalla non completa ricostruzione del vertice  $B_{tag}$ ) e il **tagging errato**, la funzione viene convoluta con una funzione di risoluzione **R**. La nuova funzione di FIT avrà allora la forma

$$A_{CP}(\Delta t) = \boxed{D} \cdot \sin(\Delta m_d \Delta t) \otimes \boxed{R(\Delta t - \Delta t')} + \text{termini dovuti al fondo}$$

+ termini dovuti al fondo

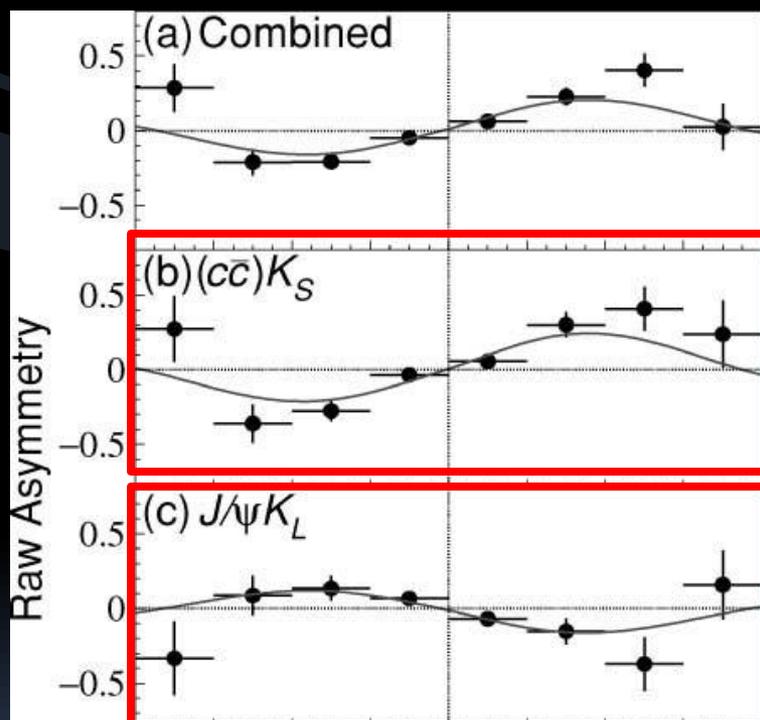
Diluizione (MISTAG)  $D = (1 - 2w)$

Funzione di risoluzione ( $\Delta t$  finita)



# Altri risultati violazione CP

$$A_{CP}(\Delta t) = -\eta_f \sin(2\beta) \sin(\Delta m_d \Delta t)$$



Osservazione dell'asimmetria nei decadimenti con K short  
 $(\eta_F = -1)$

Osservazione dell'asimmetria nei decadimenti con K long  
 $(\eta_F = +1)$

Dati acquisiti dall'esperimento BELLE

# Formula generale della CPV (1)

Se un mesone **B** decade in uno stato finale **f**, sia direttamente che oscillando prima nella sua antiparticella per poi decadere, la **probabilità di decadimento** in un tempo  $\Delta t$  dopo la produzione è tale da produrre un'asimmetria pari a

$$f_{\pm}(\Delta t) = \frac{e^{-|\Delta t|/\tau_{B^0}}}{2\tau_{B^0}(1+|\lambda|^2)} \times \left\{ \frac{1+|\lambda|^2}{2} \pm \left[ \text{Im} \lambda \sin(\Delta m_d \Delta t) - \frac{1-|\lambda|^2}{2} \cos(\Delta m_d \Delta t) \right] \right\}$$

Dove il (+) si riferisce al  $B^0$  e il (-) all'  $\bar{B}^0$ .

Il parametro  $\lambda$  presente nell'equazione è legato con la **violazione diretta di CP**. Tuttavia, misure effettuate dimostrano che la probabilità di violazione diretta nei sistemi di mesoni B è **trascurabile** e si misura  $|\lambda| \simeq 1$ . In questo modo si arriva ad una formula più semplice (alcuni termini si cancellano con questa scelta di  $\lambda$ )

Ad oggi risulta noto il valore  $|\lambda| = 1.007 \pm 0.026$

# Formula generale della CPV (2)

Mostriamo ora come risulti il fattore  $\sin(2\beta)$  nella formula dell'asimmetria CP nel caso di decadimento  $J/\psi + K_s$ . Il  $\lambda$  della formula precedente risulta essere dato dalla relazione seguente.

$$\lambda = \eta_{cp} \frac{q}{p} \frac{\bar{A}}{A}$$

Autovalore di CP

Rapporto ampiezze  $B^0 \rightarrow f_{cp} / \bar{B}^0 \rightarrow f_{cp}$

$$|B_{\pm}\rangle = p|B^0\rangle \pm q|\bar{B}^0\rangle$$

Relazione autostati di massa

Tuttavia dobbiamo considerare anche le oscillazioni dei K e dunque riscriviamo la formula precedente come

$$\lambda = \eta_{cp} \frac{q}{p} \frac{\bar{A}}{A} \left(\frac{q}{p}\right)_K = \eta_{cp} \underbrace{\left(\frac{V_{tb}^* V_{td}}{V_{tb} V_{td}^*}\right)}_{B^0 \text{ mixing}} \underbrace{\left(\frac{V_{cb} V_{cs}^*}{V_{cb}^* V_{cs}}\right)}_{\text{Decadim.}} \underbrace{\left(\frac{V_{cs} V_{cd}^*}{V_{cs}^* V_{cd}}\right)}_{K^0 \text{ mixing}} = \eta_{cp} e^{-2i\beta}$$

# Errori sistematici

Gli errori sistematici che risultano dominanti per la valutazione di  $\sin(2\beta)$  sono rappresentati da:

- *Vertexing.*
- *Diluizioni.*
- *Funzione di Risoluzione.*
- *Conoscenza del fondo.*

L'errore sistematico dominante deriva dalla **non perfetta conoscenza dei vertici di decadimento**. BaBar, inoltre, effettua simulazioni di Monte Carlo per la valutazione di possibili errori nell'**allineamento** tra il SVT e la DCH e li include nel risultato finale.

# Bibliografia

- ❑ ESTABLISHMENT OF *CP VIOLATION IN B DECAYS*, R. Faccini e T.E. Browder
- ❑ *Measurement of  $\sin(2\beta)$  with charmonium decays*, Wouter Verkerke
- ❑ *The BaBar Detector*, BaBar Collaboration
- ❑ Improved Measurement of CP Violation in Neutral B Decays to *ccs*, hep-ex/0703021
- ❑ Measurement of Branching Ratios of charged and Neutral B mesons into Charmonium + K final state.