



Fisica dei decadimenti charmless del mesone B a Belle II

**Sebastiano Raiz
INFN ed Università di Trieste
per la collaborazione Belle II**

**106° Congresso Nazionale SIF
14-18 settembre 2020**

Decadimenti *charmless* del *B* per superare il Modello Standard

Modello Standard (MS): solo 20 parametri offrono previsioni precisissime su migliaia di processi di fisica delle particelle dall'eV al TeV.

- Domande aperte:**
- Materia oscura
 - Asimmetria materia-antimateria
 - ...

Estensione del MS a > 10 TeV è obiettivo primario della fisica delle particelle.

Interazioni deboli dei quark pesanti: potentissime per **testare MS e sue estensioni**.

Confronto tra misure e previsioni ad *alta precisione* sensibile a particelle non-MS fino a $O(100 \text{ TeV})$.

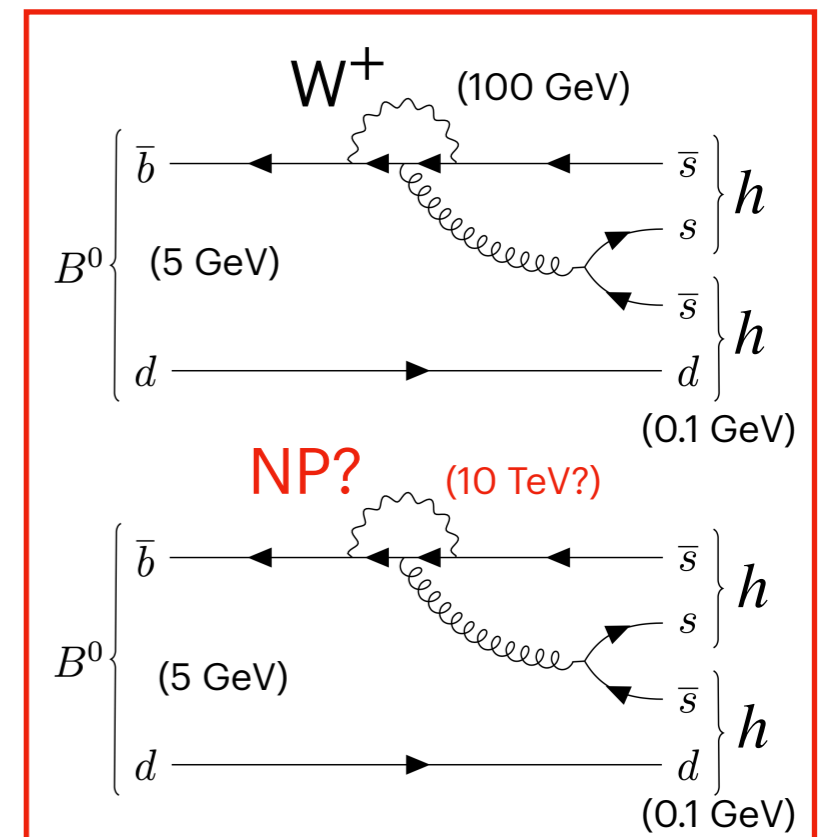
Decadimenti *charmless* del *B*

$(B^0 \rightarrow K^+ \pi^-, B^+ \rightarrow \rho^+ \rho^0 \dots)$

$|V_{ub}| \ll |V_{cb}| \Rightarrow$ Rari: $BF \approx 10^{-5}$
 \Rightarrow Sensibili a fisica non-MS attraverso misure di α, β , e violazione di CP diretta

Ulteriori sfide:

- \Rightarrow stati finali indistinguibili dai fondi più comuni;
- \Rightarrow previsioni complicate da QCD non perturbativa.



Mesone *B*: contiene quark *b*, partner massivo ed a vita media lunga del quark *d* che forma la materia nucleare.

Decadimenti charmless a Belle II

SuperKEKB: ≈ 1000 coppie $B\bar{B}$ al secondo in collisioni e^+e^- a 10 GeV.

> 50 miliardi di $B\bar{B}$ (40x campione attuale) in 10 anni

- Produzione in soglia ad energia nota
- Evoluzione coerente di $B^0\bar{B}^0$

\Rightarrow Basso fondo e condizioni uniche per stati finali con γ, π^0, ν .

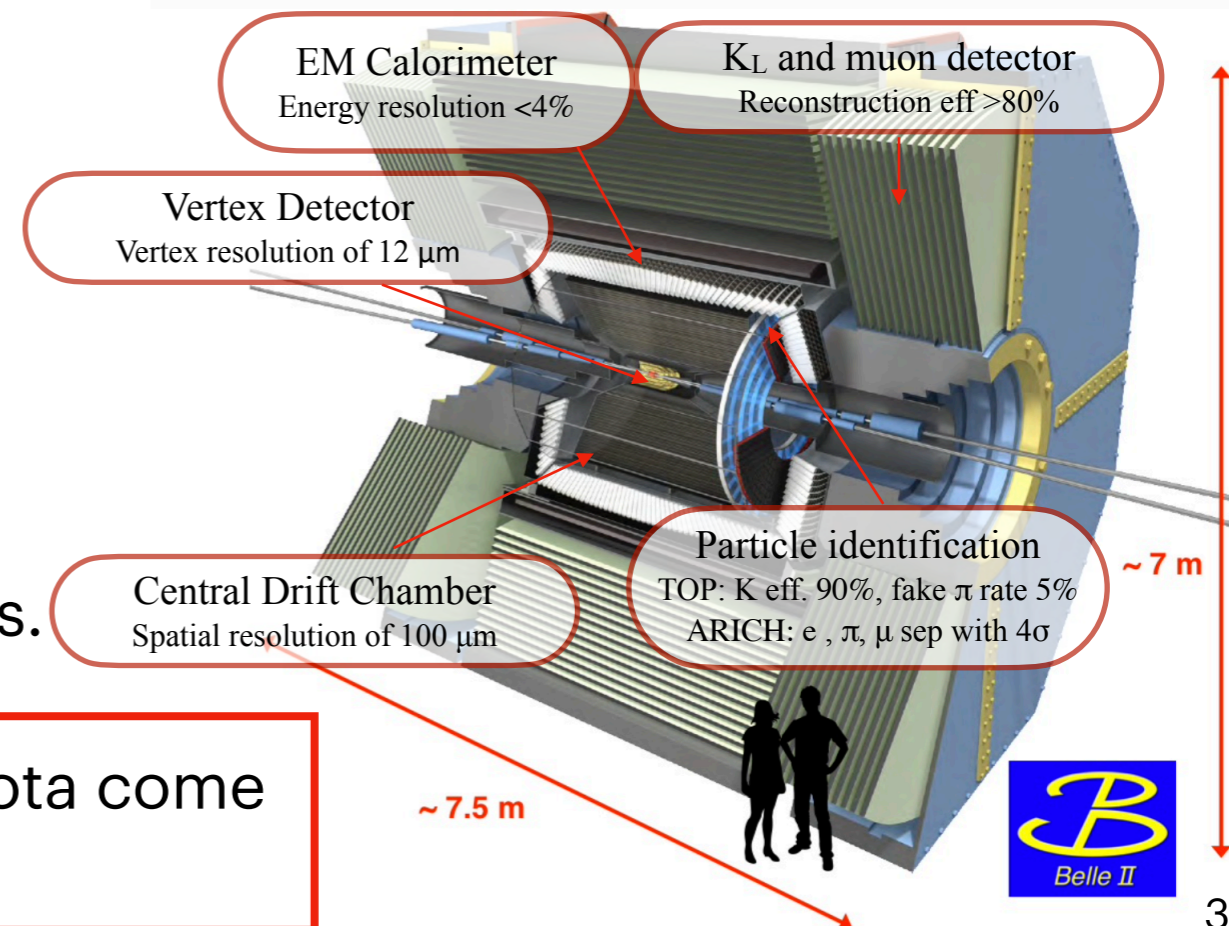
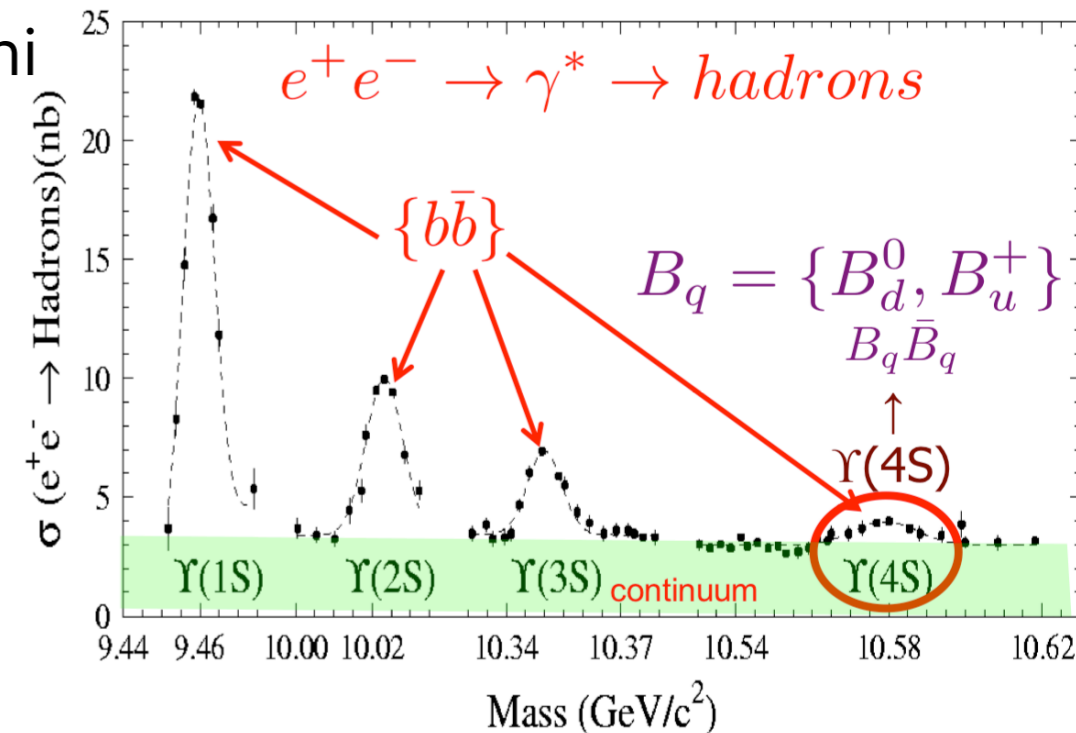
SuperKEKB e Belle II oggi:

- ✓ Record di luminosità e^+e^- : $2.4 \times 10^{34} \text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$;
- ✓ raccolte $\sim 80\text{M}$ coppie $B\bar{B}$;

Belle II ha ruolo chiave nei charmless perché accede a tutti gli stati finali (carichi, neutri) in maniera unificata e consistente.

Oggi: prima misura a Belle II di rapporti di ramificazione e asimmetrie CP nei B charmless.

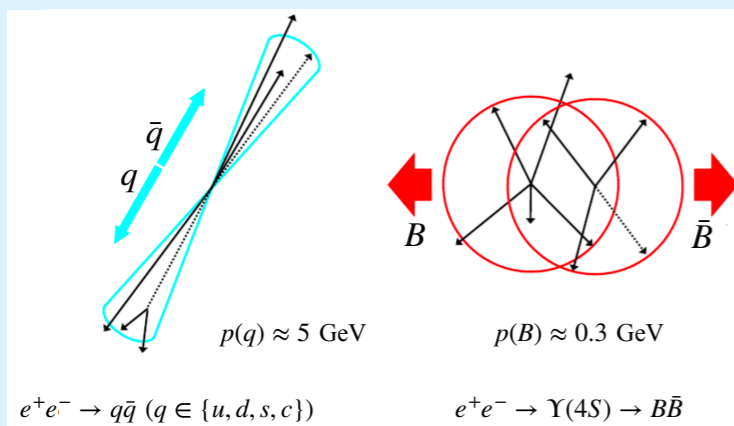
Fase iniziale dell'esperimento: usare fisica nota come referenza per validare il detector.



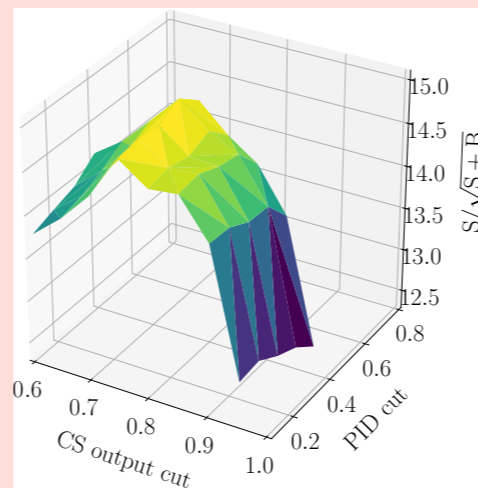
Panorama dell'analisi

Misure di \mathcal{B} e \mathcal{A}_{CP} di $B^0 \rightarrow K^+\pi^-$, $B^0 \rightarrow \pi^+\pi^-$, $B^+ \rightarrow K^+\pi^0$, $B^+ \rightarrow \pi^+\pi^0$,
 $B^+ \rightarrow K_S^0\pi^+$, $B^0 \rightarrow K_S^0\pi^0$, $B^+ \rightarrow K^+\pi^-\pi^+$ e $B^+ \rightarrow K^+K^-K^+$.

Soppressione del fondo di quark leggeri



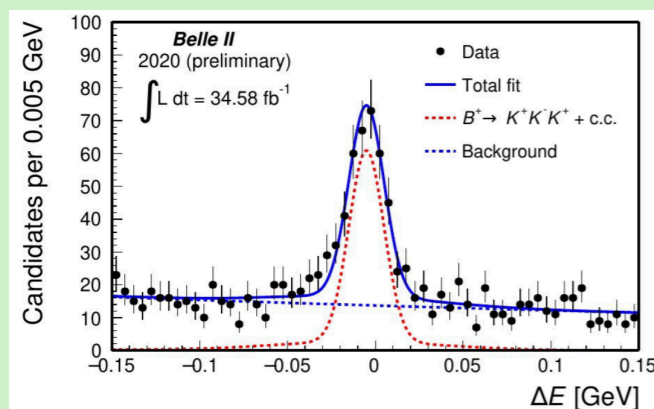
Ottimizzazione della selezione



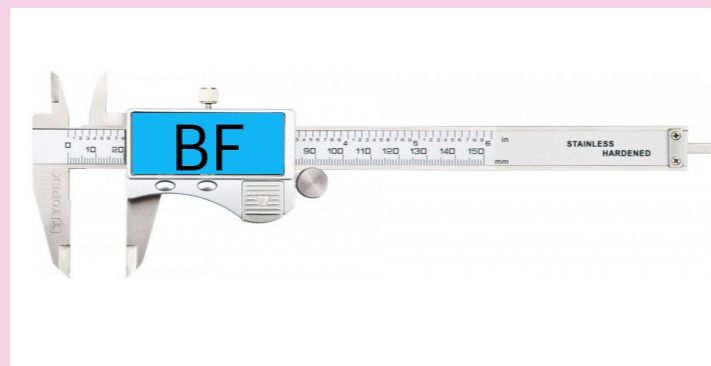
Misura dell'efficienza

$$\varepsilon = \frac{N(\text{passed})}{N(\text{generated})}$$

Estrazione del segnale
 ΔE = differenza tra energia del B e quella di fascio



Misure BF e asimmetrie CP



Sistematiche

Operation	$\varepsilon(B^+ \rightarrow K^+K^-K^+)$	$\varepsilon(B^+ \rightarrow K^+\pi^-\pi^+)$
Reconstruction	0.780	0.692
Pre-selection	0.749	0.664
M_{bc} and ΔE requirements	0.710	0.636
PID requirement	0.435	0.507
CS requirement	0.323	0.290
Charm vetoes	0.290	0.250

Selezione

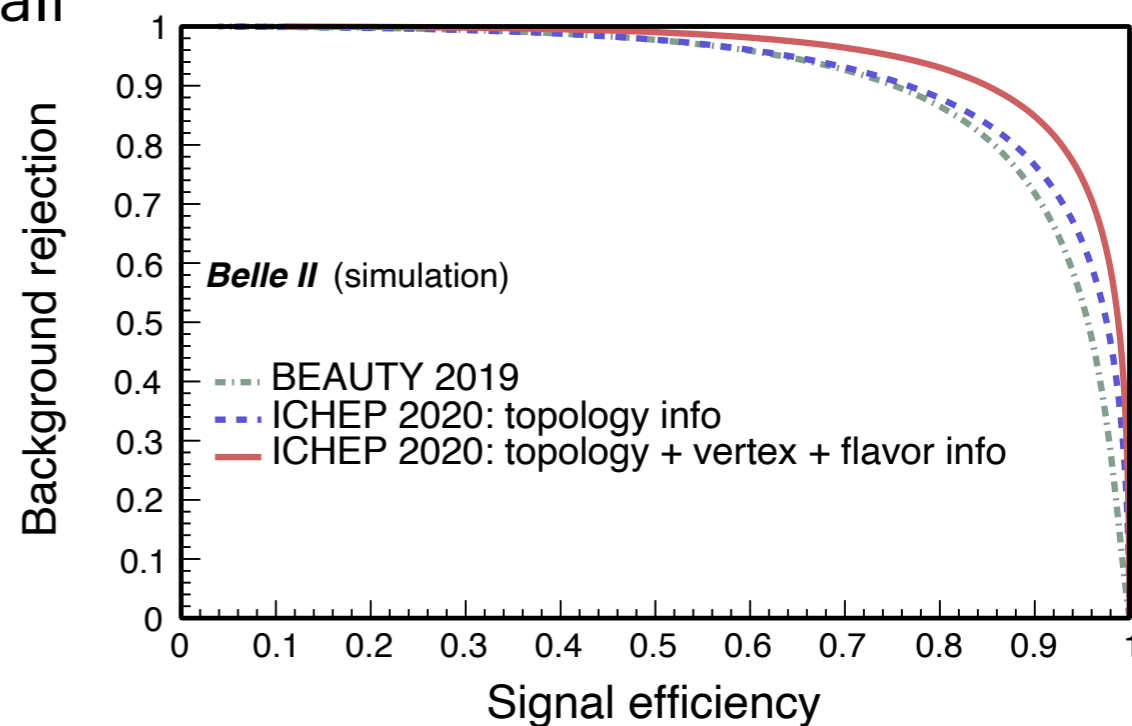
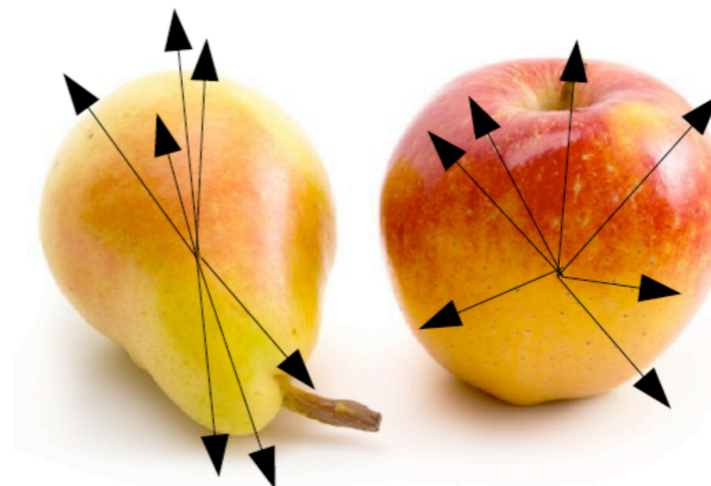
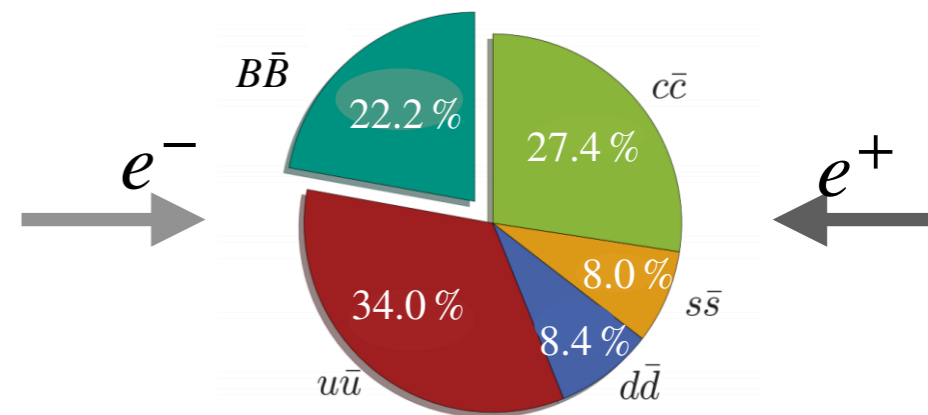
Dati: 38M di coppie $B\bar{B}$ raccolti tra 2019 e 2020.

Sfida: escludere il fondo dominato da coppie di quark leggeri (continuum).

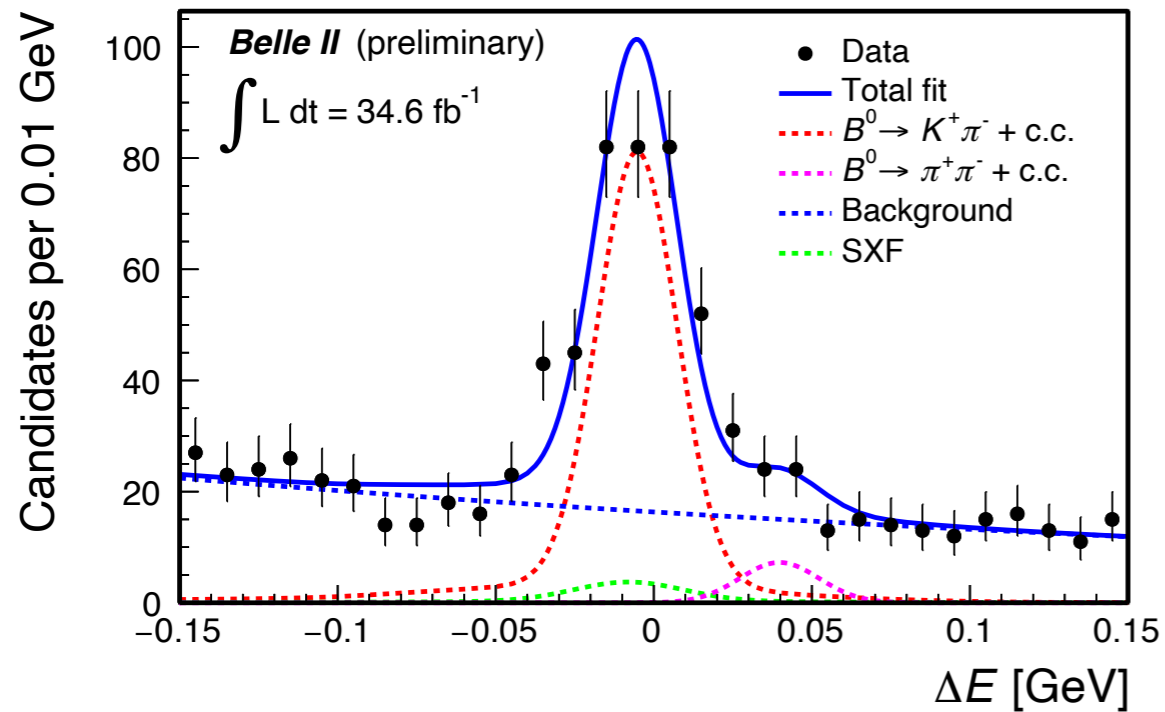
Combino 40 variabili sensibili a differenze topologiche, cinematiche, dinamiche in un discriminante non lineare che massimizza $S/\sqrt{S+B}$.

Ottimizzo selezione usando dati simulati e canali di controllo.

Efficienza di selezione CS: 35 - 79%
Soppressione del fondo $q\bar{q}$: 96 - 99%



Due corpi: $B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$, $B^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$



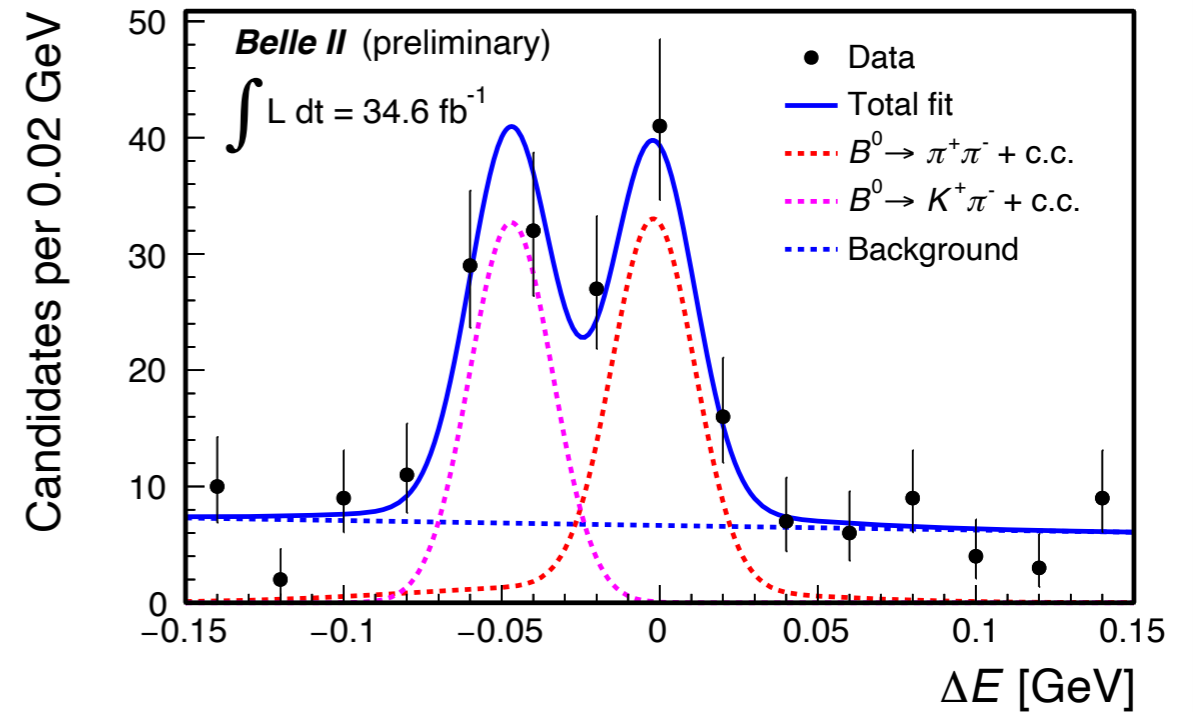
$B^0 \rightarrow K^+ \pi^-$

$N_{\text{sig}} \quad 289^{+22}_{-21}$

$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 18.9 \pm 1.4(\text{stat}) \pm 1.0(\text{syst})$

PDG

$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 19.6 \pm 0.5$



$B^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$

$N_{\text{sig}} \quad 61^{+11}_{-10}$

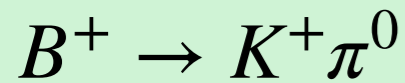
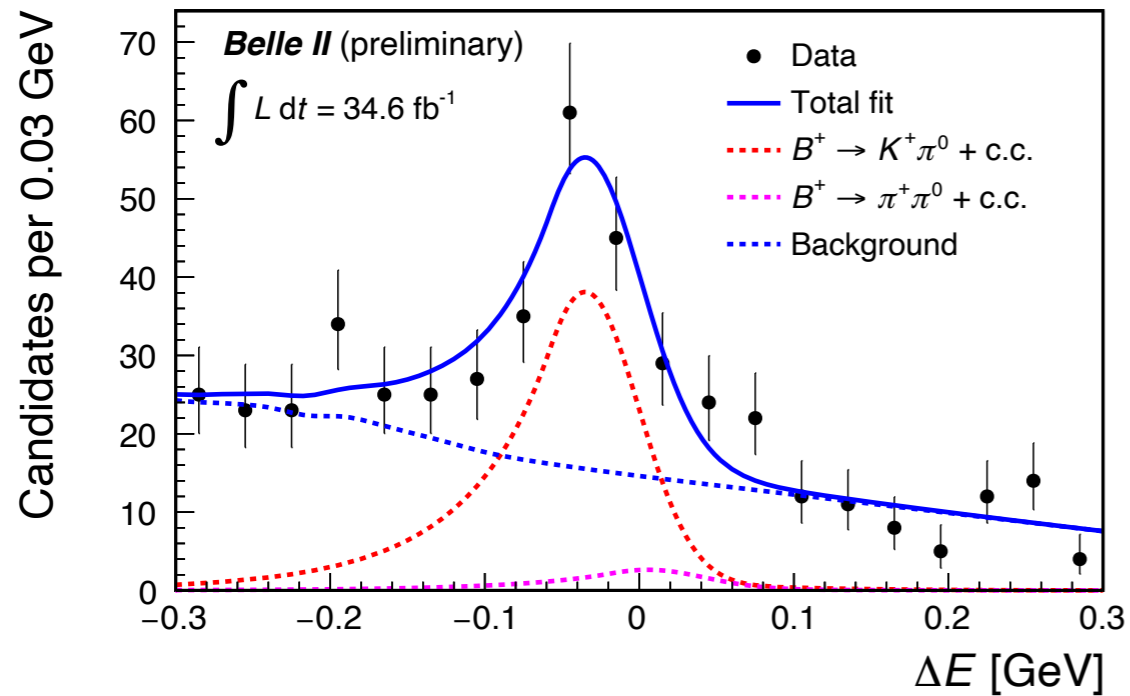
$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 5.6^{+1.0}_{-0.9}(\text{stat}) \pm 0.3(\text{syst})$

PDG

$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 5.12 \pm 0.19$

Due tracce: validazione tracciatura e identificazione adroni carichi.

Due corpi: $B^+ \rightarrow K^+ \pi^0, B^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$

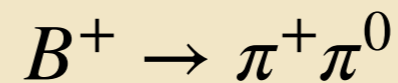
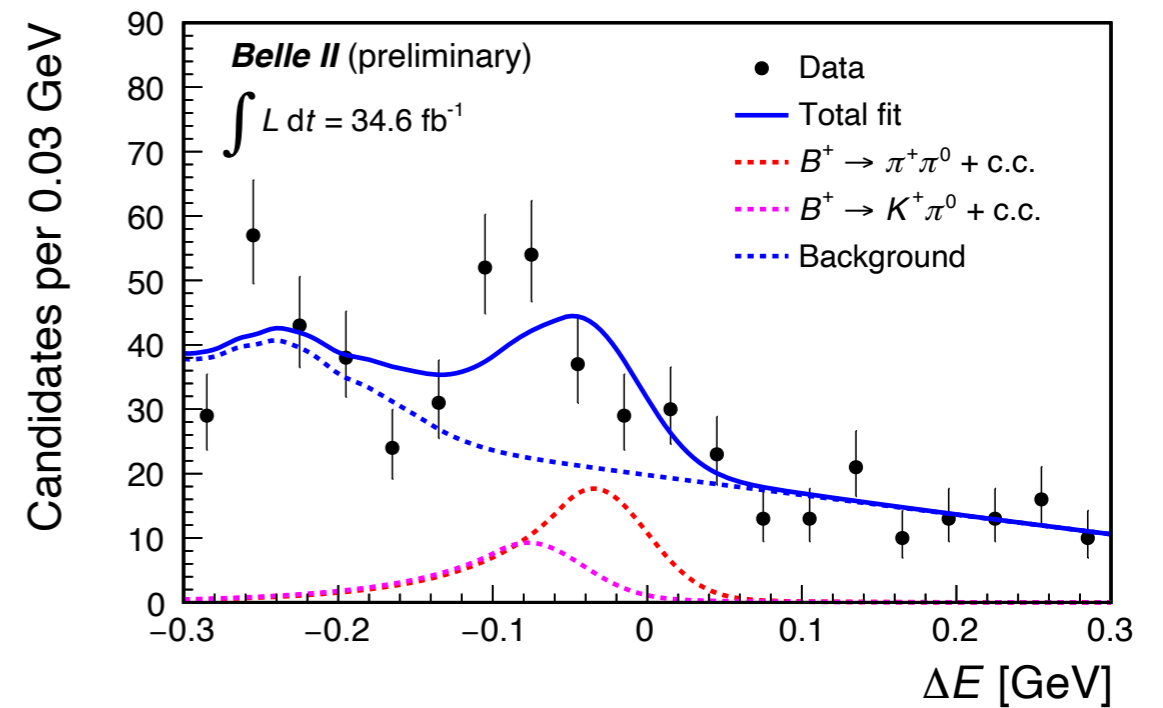


$$N_{\text{sig}} \quad 144^{+25}_{-24}$$

$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 12.7^{+2.2}_{-2.1}(\text{stat}) \pm 1.1(\text{syst})$$

PDG

$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 12.9 \pm 0.5$$



$$N_{\text{sig}} \quad 68 \pm 27$$

Prima ricostruzione nei dati di Belle II!

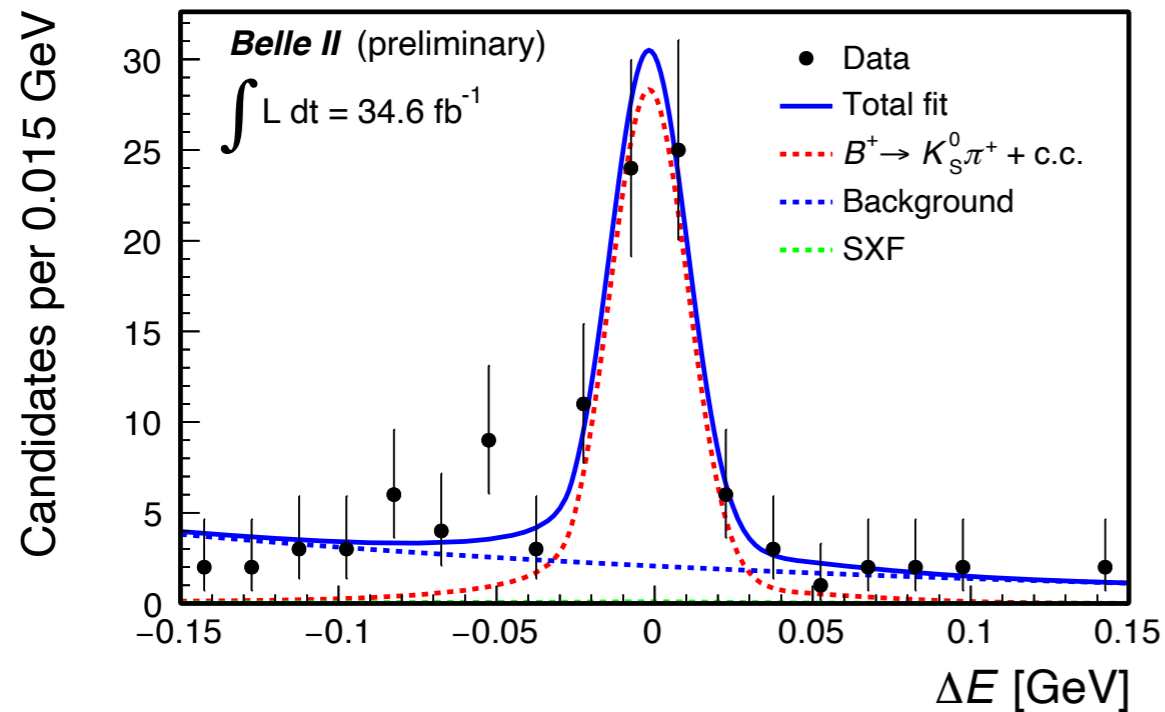
$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 5.7 \pm 2.3(\text{stat}) \pm 0.5(\text{syst})$$

PDG

$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 5.5 \pm 0.4$$

Validazione ricostruzione π^0 .

Due corpi: $B^+ \rightarrow K^0 \pi^+$, $B^0 \rightarrow K^0 \pi^0$



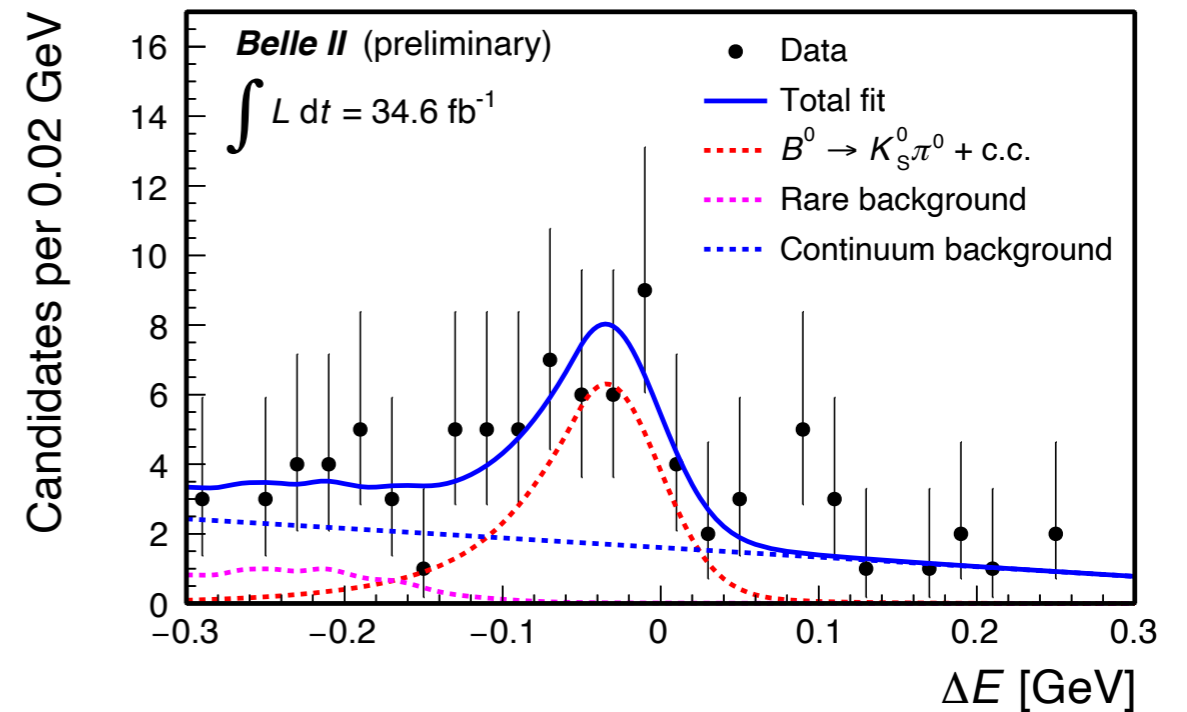
$$B^+ \rightarrow K^0 \pi^+$$

$$N_{\text{sig}}(B^+ \rightarrow K_S^0 \pi^+) \quad 65_{-9}^{+10}$$

$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 21.8_{-3.0}^{+3.3}(\text{stat}) \pm 2.9(\text{syst})$$

PDG

$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 23.7 \pm 0.8$$



$$B^0 \rightarrow K^0 \pi^0$$

$$N_{\text{sig}}(B^0 \rightarrow K_S^0 \pi^0) \quad 35 \pm 9$$

Prima ricostruzione nei dati di Belle II!

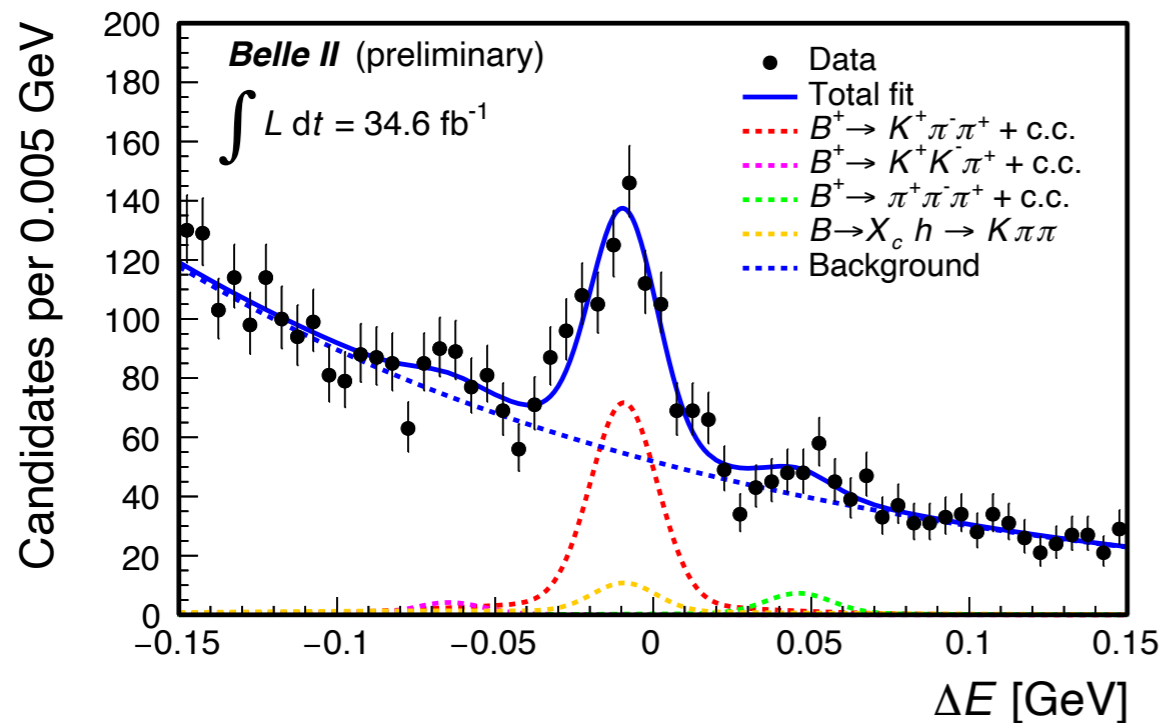
$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 10.9_{-2.6}^{+2.9}(\text{stat}) \pm 1.6(\text{syst})$$

PDG

$$\mathcal{B} [10^{-6}] \quad 9.9 \pm 0.5$$

Validare ricostruzione K_S^0 .

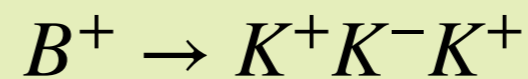
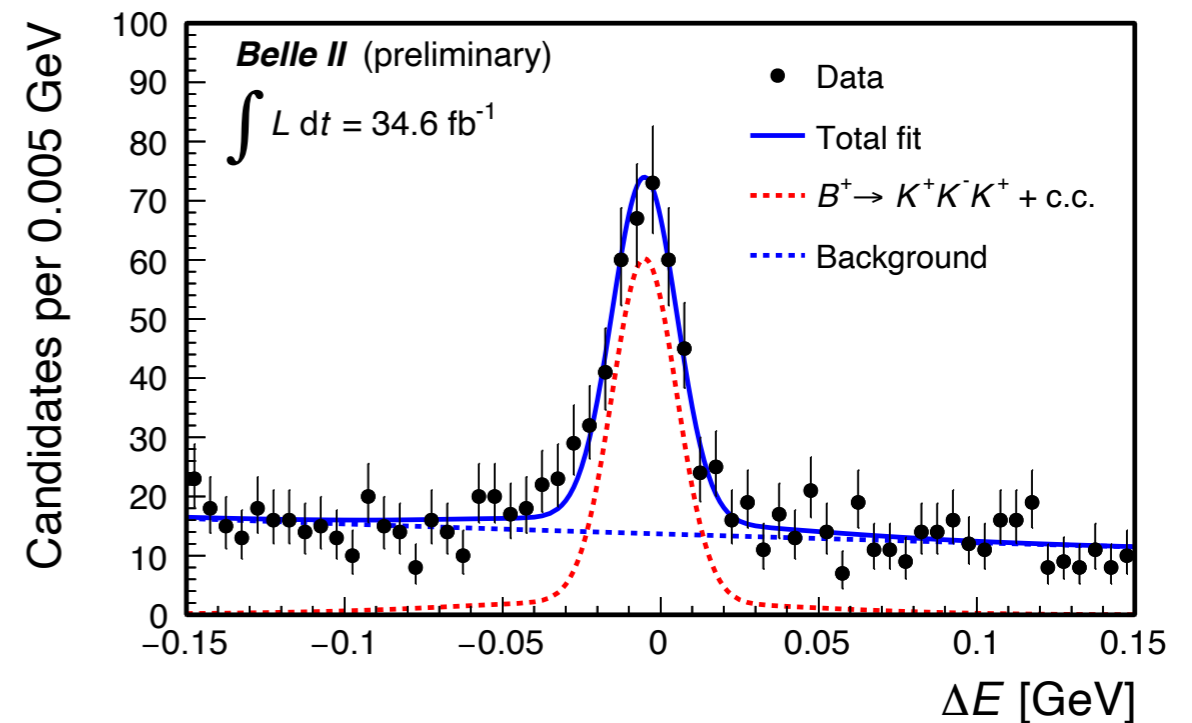
Tre corpi: $B^+ \rightarrow K^+ \pi^- \pi^+$, $B^+ \rightarrow K^+ K^- K^+$



N_{sig}	449 ± 37
$\mathcal{B} [10^{-6}]$	$48.0 \pm 3.8(\text{stat}) \pm 3.3(\text{syst})$

PDG

$\mathcal{B} [10^{-6}]$	51.0 ± 2.9
-------------------------	----------------



N_{sig}	359 ± 25
$\mathcal{B} [10^{-6}]$	$32.0 \pm 2.2(\text{stat}) \pm 1.4(\text{syst})$

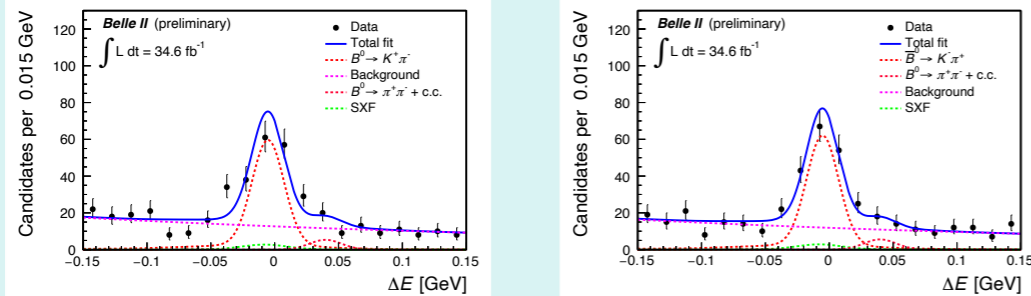
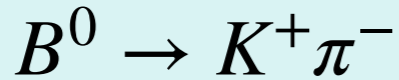
PDG

$\mathcal{B} [10^{-6}]$	34.0 ± 1.4
-------------------------	----------------

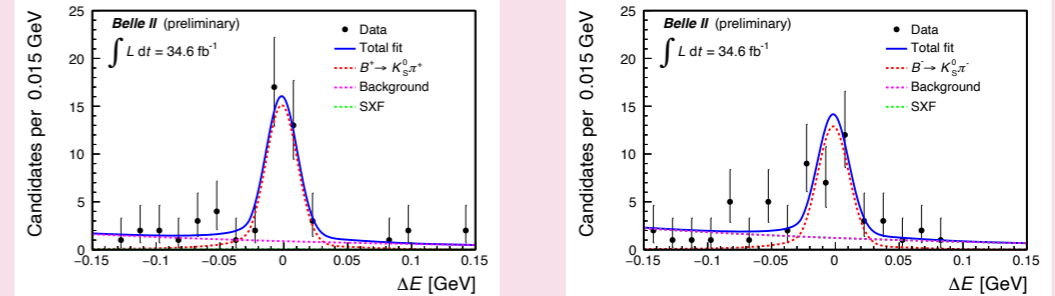
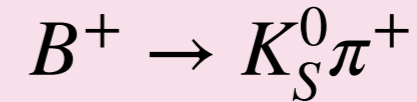
Validazione gestione peaking backgrounds.

Violazione diretta della simmetria carica-parità

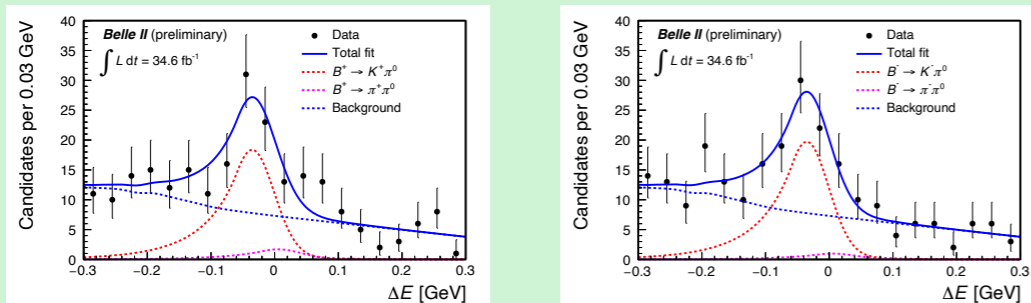
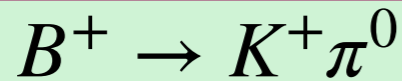
Misuro asimmetrie di carica.



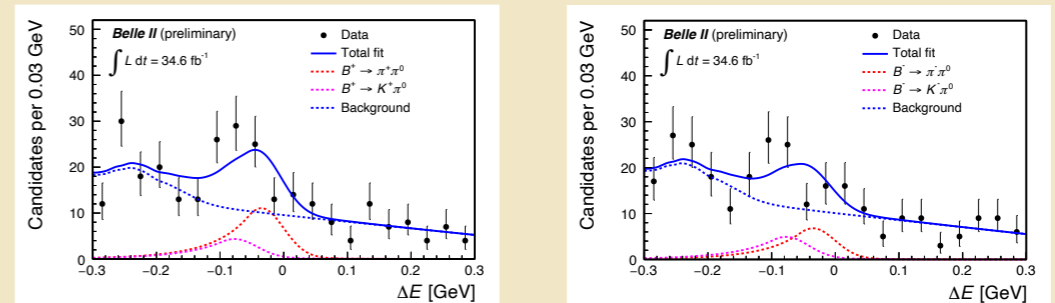
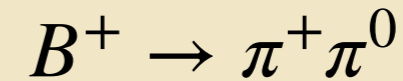
$$\mathcal{A}_{CP} = 0.030 \pm 0.064(\text{stat}) \pm 0.008(\text{syst})$$



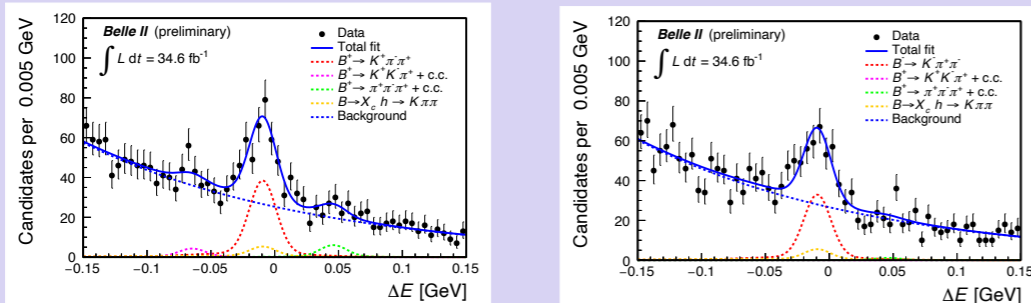
$$\mathcal{A}_{CP} = -0.072_{-0.114}^{+0.109}(\text{stat}) \pm 0.024(\text{syst})$$



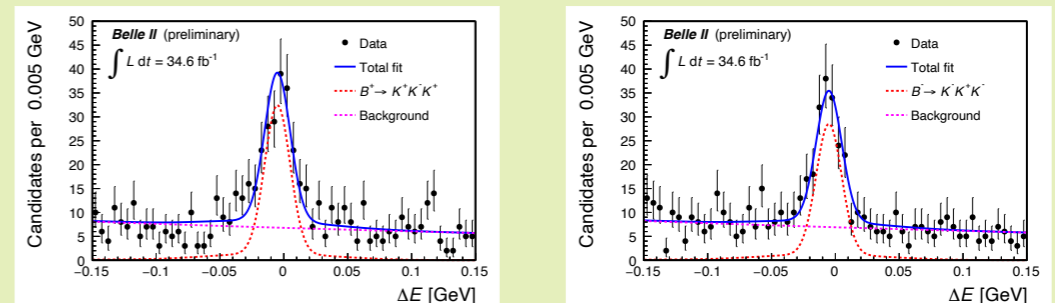
$$\mathcal{A}_{CP} = 0.052_{-0.119}^{+0.121}(\text{stat}) \pm 0.022(\text{syst})$$



$$\mathcal{A}_{CP} = -0.268_{-0.322}^{+0.249}(\text{stat}) \pm 0.123(\text{syst})$$



$$\mathcal{A}_{CP} = -0.063 \pm 0.081(\text{stat}) \pm 0.023(\text{syst})$$



$$\mathcal{A}_{CP} = -0.049 \pm 0.063(\text{stat}) \pm 0.022(\text{syst})$$

Studio approfondito asimmetrie strumentali usando $D^+ \rightarrow K_S^0 \pi^+$ e $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$.

Sommario

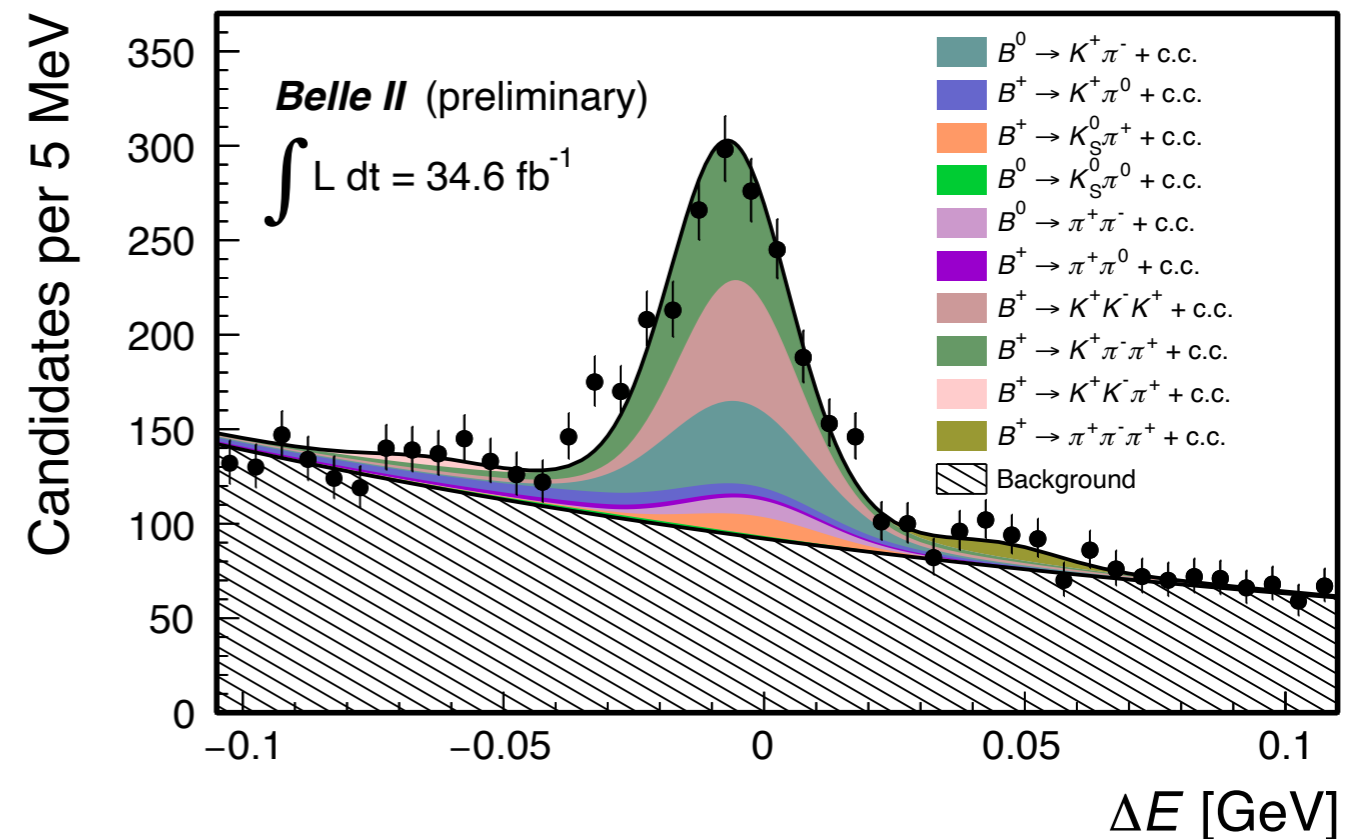
La fisica del sapore è fondamentale nella ricerca di estensioni del Modello Standard.

Decadimenti charmless del B hanno ruolo essenziale. Belle II è esperimento ideale per studiarli in condizioni di basso fondo.

Oggi: prime misure di BF e asimmetrie CP di decadimenti charmless in Belle II.

<https://indico.cern.ch/event/868940/contributions/3815672/>

Risultati in accordo con i valori noti, e prestazioni confrontabili con le migliori di Belle \Rightarrow Buona comprensione del detector e degli strumenti utilizzati.



Belle II pronto a fare la sua parte nella ricerca di fisica non-MS.