

Introduzione agli esercizi

Giacomo De Pietro

INFN Roma Tre



Masterclass in Fisica delle particelle
3 Marzo 2021 - Roma Tre

Cosa faremo

Tramite Belle II Particle Discovery, toccherete con mano quello che fa abitualmente un Fisico delle particelle: cercare delle particelle in un insieme di dati!

Dopo un tutorial necessario per imparare ad usare Belle II Particle Discovery, vi guideremo alla ricerca di alcune particelle (più o meno rare) usando i dati di Belle. Per i più temerari, vi lasceremo anche un po' di tempo per "giocare" in autonomia e cercare autonomamente le particelle!

Ma...

Cosa faremo

Tramite Belle II Particle Discovery, toccherete con mano quello che fa abitualmente un Fisico delle particelle: cercare delle particelle in un insieme di dati!

Dopo un tutorial necessario per imparare ad usare Belle II Particle Discovery, vi guideremo alla ricerca di alcune particelle (più o meno rare) usando i dati di Belle. Per i più temerari, vi lasceremo anche un po' di tempo per "giocare" in autonomia e cercare autonomamente le particelle!

Ma...

Come si cerca una particella???

Cosa faremo

Tramite Belle II Particle Discovery, toccherete con mano quello che fa abitualmente un Fisico delle particelle: cercare delle particelle in un insieme di dati!

Dopo un tutorial necessario per imparare ad usare Belle II Particle Discovery, vi guideremo alla ricerca di alcune particelle (più o meno rare) usando i dati di Belle. Per i più temerari, vi lasceremo anche un po' di tempo per "giocare" in autonomia e cercare autonomamente le particelle!

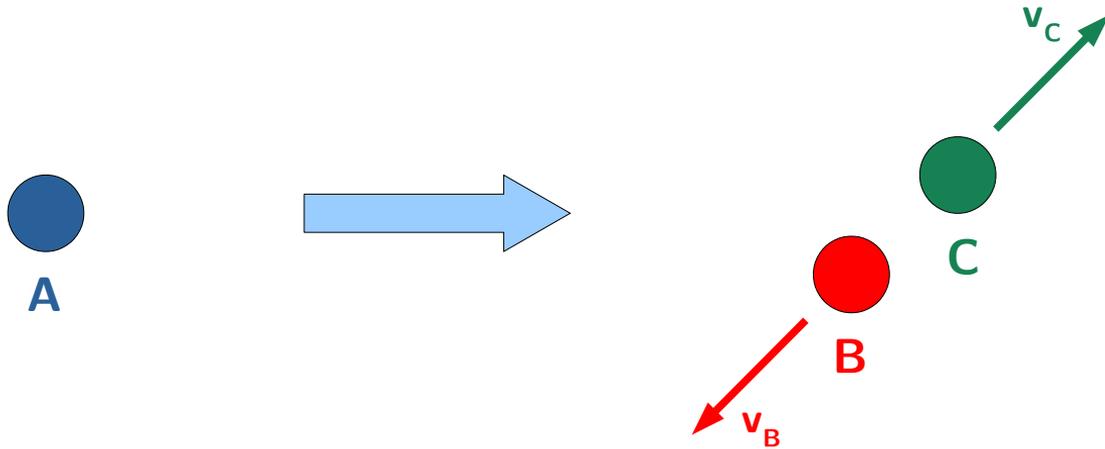
Ma...

Come si cerca una particella???

E cosa è Belle II Particle Discovery???

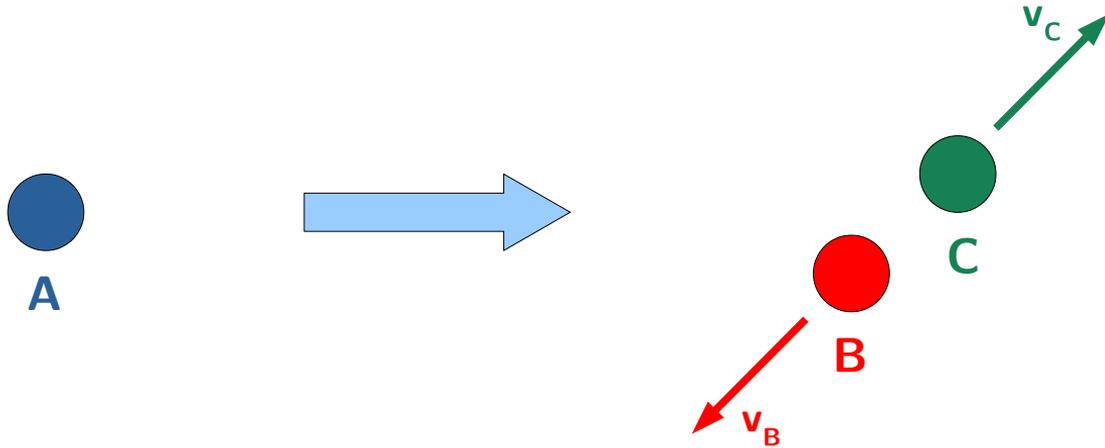
Come si cerca una particella (I)

Il metodo che i fisici usano per cercare una particella è quello di ricostruire un suo decadimento: supponiamo di avere la particella A che decade nelle particelle B e C. Dallo studio delle proprietà di B e C (energia ed impulso), è possibile risalire alla massa della particella A, e quindi alla sua identità!



Come si cerca una particella (I)

Il metodo che i fisici usano per cercare una particella è quello di ricostruire un suo decadimento: supponiamo di avere la particella A che decade nelle particelle B e C. Dallo studio delle proprietà di B e C (energia ed impulso), è possibile risalire alla massa della particella A, e quindi alla sua identità!



Date le energie E_B e E_C e gli impulsi $m_B v_B$ e $m_C v_C$, la relatività ci dice che:

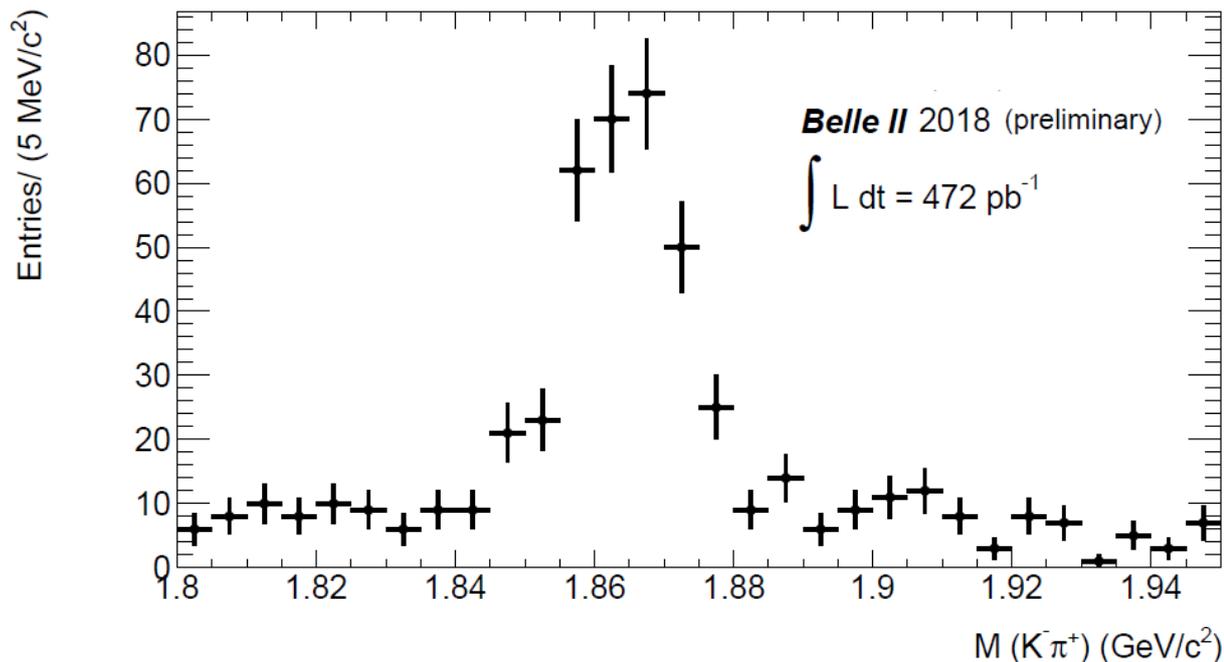
$$m_A = \sqrt{\left(\frac{E_B + E_C}{c^2}\right)^2 - \left(\frac{m_B \vec{v}_B + m_C \vec{v}_C}{c}\right)^2}$$

m_A è definita come **massa invariante**
della particella A

(per comodità, si misura in multipli di eV/c^2)

Come si cerca una particella (II)

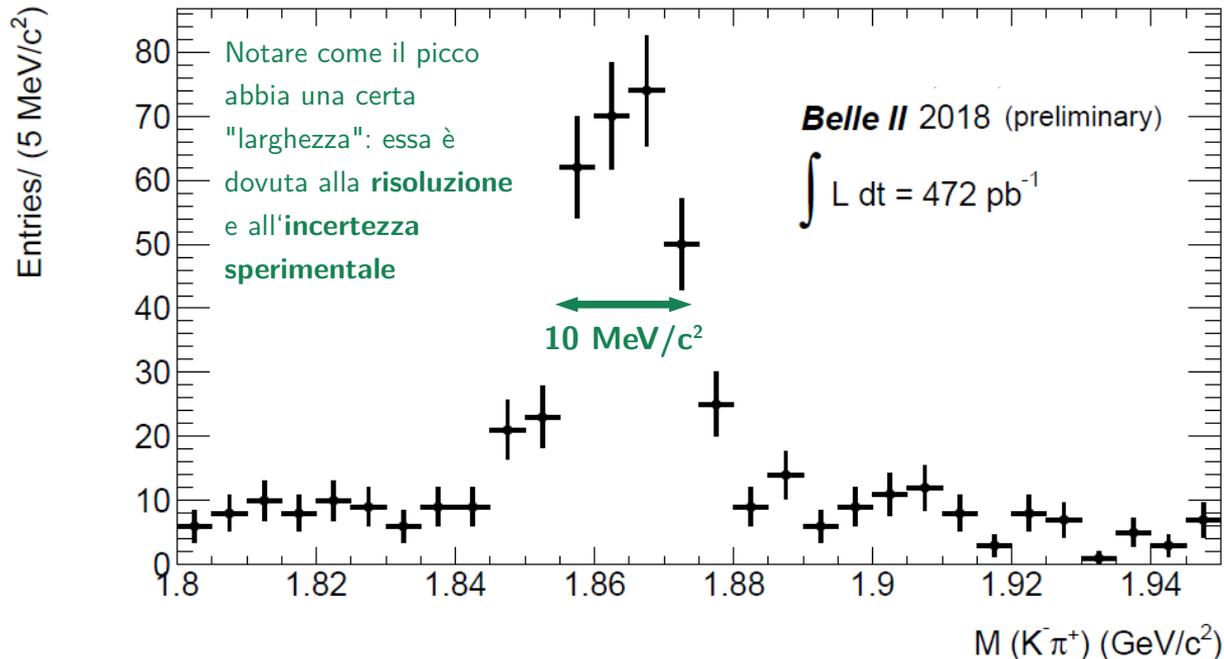
Operativamente: date due particelle, si combinano opportunamente le loro energie e i loro impulsi tramite la formula della massa invariante e si cerca un "picco" nella distribuzione ottenuta.



Un esempio dai primi dati raccolti da Belle II: si combinano un K^- e un π^+ e, intorno a $1.87 \text{ GeV}/c^2$, si osserva un picco: esso corrisponde al decadimento della particella D^0 .

Come si cerca una particella (II)

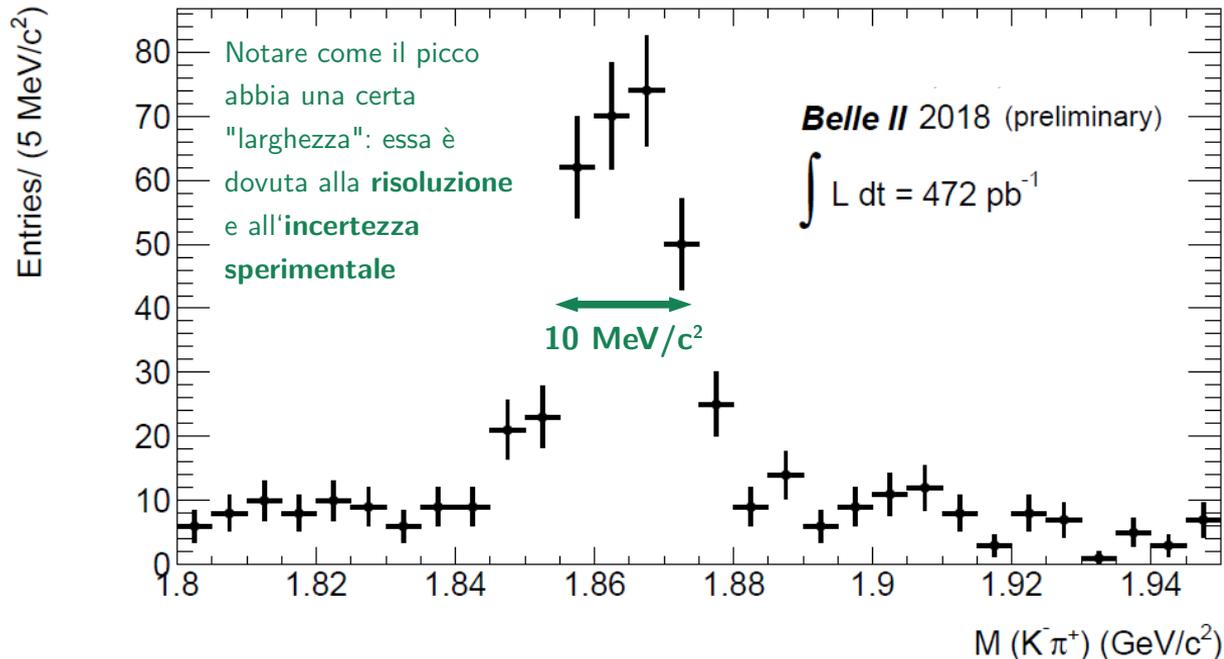
Operativamente: date due particelle, si combinano opportunamente le loro energie e i loro impulsi tramite la formula della massa invariante e si cerca un "picco" nella distribuzione ottenuta.



Un esempio dai primi dati raccolti da Belle II: si combinano un K^- e un π^+ e, intorno a 1.87 GeV/c^2 , si osserva un picco: esso corrisponde al decadimento della particella D^0 .

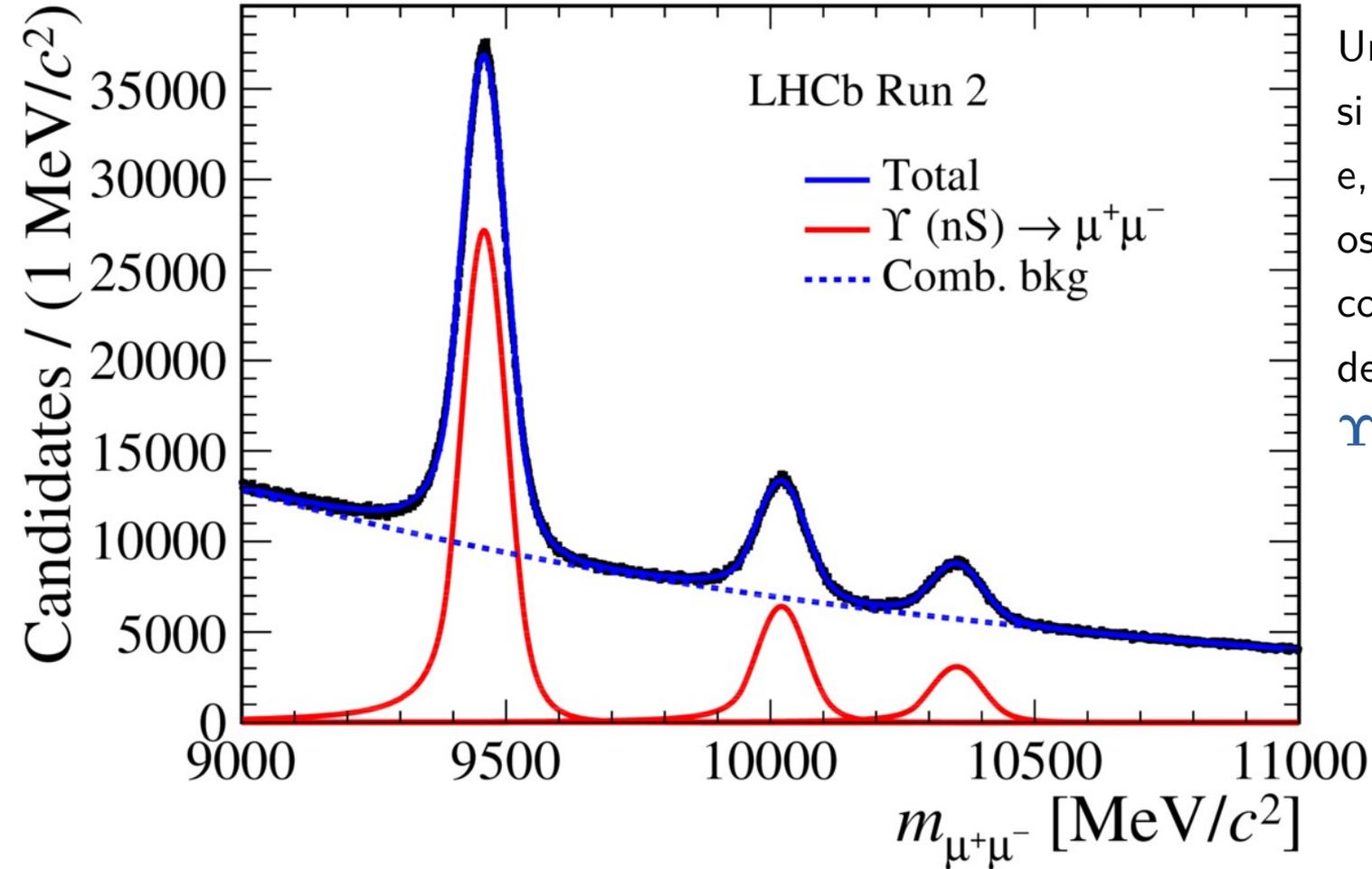
Come si cerca una particella (II)

Operativamente: date due particelle, si combinano opportunamente le loro energie e i loro impulsi tramite la formula della massa invariante e si cerca un "picco" nella distribuzione ottenuta.



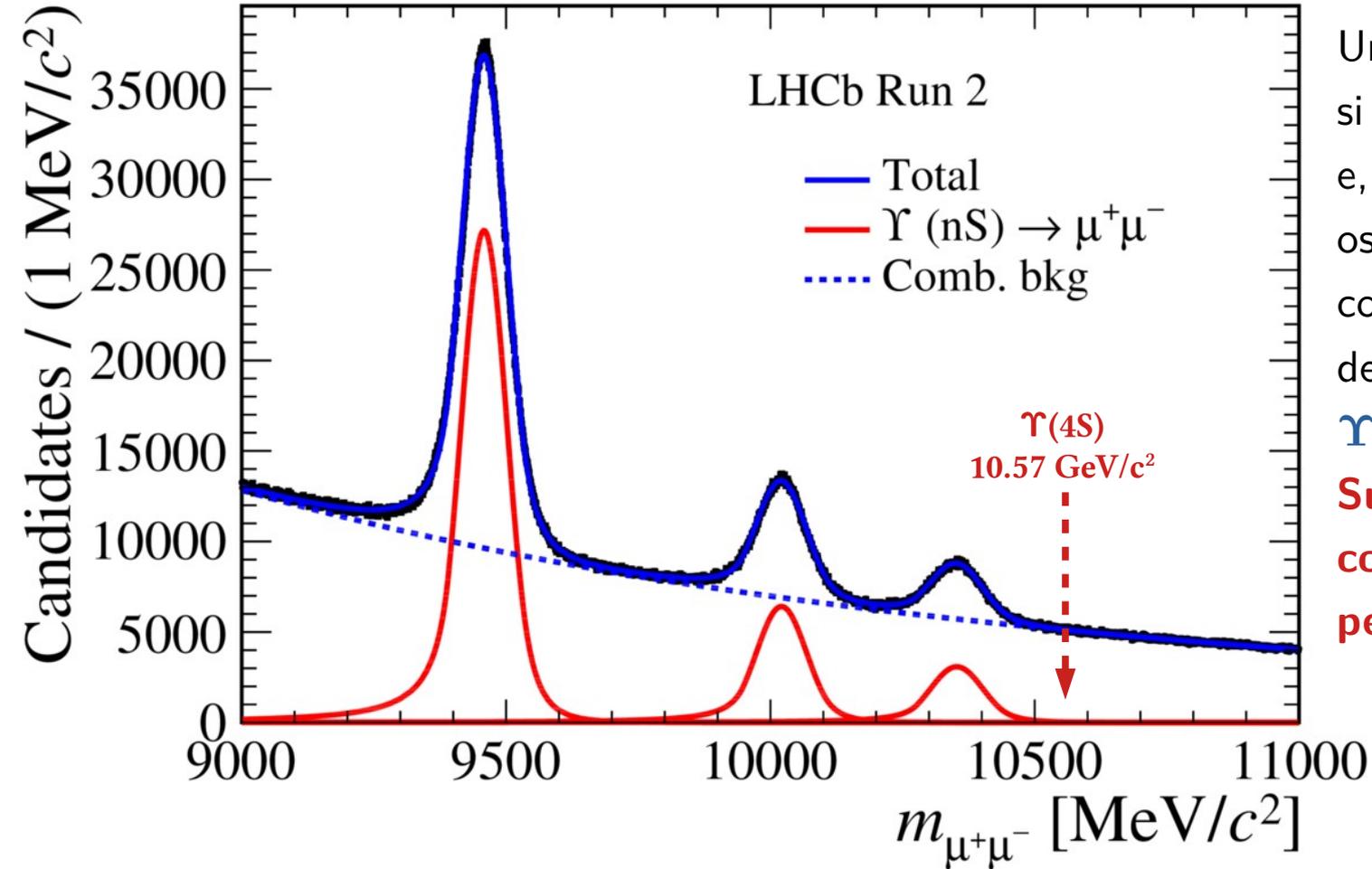
Un esempio dai primi dati raccolti da Belle II: si combinano un K^- e un π^+ e, intorno a $1.87 \text{ GeV}/c^2$, si osserva un picco: esso corrisponde al decadimento della particella D^0 .
Che particella ottengo se si combinano un K^+ e un π^- ?

Come si cerca una particella (III)



Un esempio da LHCb:
si combinano un μ^+ e un μ^-
e, tra 9 e 11 GeV/c², si
osservano ben tre picchi: essi
corrispondono al decadimento
della particelle $\Upsilon(1S)$, $\Upsilon(2S)$ e
 $\Upsilon(3S)$.

Come si cerca una particella (III)



Un esempio da LHCb:
si combinano un μ^+ e un μ^-
e, tra 9 e 11 GeV/c^2 , si
osservano ben tre picchi: essi
corrispondono al decadimento
della particelle $\Upsilon(1S)$, $\Upsilon(2S)$ e
 $\Upsilon(3S)$.

**SuperKEKB opera in
corrispondenza della $\Upsilon(4S)$:
perché qua non si vede?**

Un po' di "bestiario"

Le particelle più comunemente utilizzate a Belle II come "mattoni fondamentali" per ricostruire i vari decadimenti sono:

- il fotone (γ) \rightarrow $m = 0 \text{ eV}/c^2$, $q = 0$
- l'elettrone (e) \rightarrow $m = 511 \text{ keV}/c^2$ $q = \pm 1$
- il muone (μ) \rightarrow $m = 105 \text{ MeV}/c^2$ $q = \pm 1$
- il pione (π) \rightarrow $m = 139 \text{ MeV}/c^2$ $q = \pm 1$
- il kaone (K) \rightarrow $m = 493 \text{ MeV}/c^2$ $q = \pm 1$
- il protone (p) \rightarrow $m = 938 \text{ MeV}/c^2$ $q = \pm 1$

Sebbene il μ , il π ed il K siano particelle instabili, a Belle II sono prodotti con un'energia tale da avere una **vita media** piuttosto **lunga** e da attraversare quindi tutto il rivelatore senza decadere!

Due parole sul software (I)

Belle II Particle Discovery è un software che permette di analizzare, in maniera semplificata, una parte dei dati raccolti dagli esperimenti Belle e Belle II.

→ Quanti dati? Lo 0.1% dei dati raccolti da Belle

Il software è basato su un "nucleo" sviluppato a partire dal 2004 dai nostri colleghi giapponesi, per poi essere stato notevolmente migliorato (a partire dall'interfaccia grafica) dai nostri colleghi sloveni.

Per accedervi:

→ <http://belle2.roma3.infn.it>

Due parole sul software (II)

Sono disponibili tre insiemi di dati:

- 1) "Belle-1.root", contenente 628975 eventi
- 2) "Belle-2.root", contenente 5665997 eventi
- 3) "BelleII.root", contenente 7085107 eventi

In ciascun evento sono presenti delle liste di particelle (γ , e^\pm , μ^\pm , π^\pm , K^\pm , p/\bar{p}) già classificate come tali

→ Non vi sarà richiesto di distinguere, ad esempio, un μ da un π !

A ciascuna particella in un evento sono già assegnati i valori di energia e di impulso misurati da Belle e Belle II

→ Non vi sarà richiesto di fare conti con calcolatrice o fogli di calcolo!