

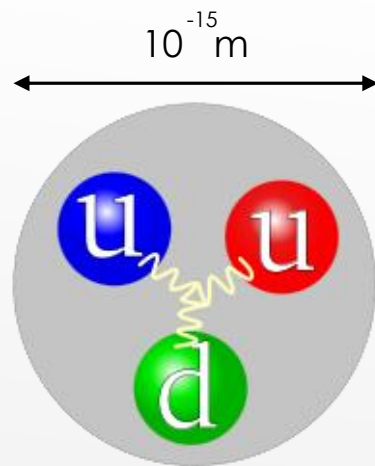
IL B-TAGGING

Da Wikipedia:

«Il **b-tagging** è l'insieme dei metodi utilizzati in fisica delle particelle per l'identificazione ("tagging", dall'inglese etichettare) dei jet adronici prodotti dall'adronizzazione di un quark bottom (anche detto quark b)».

Ovvero???

- Si prenda un protone



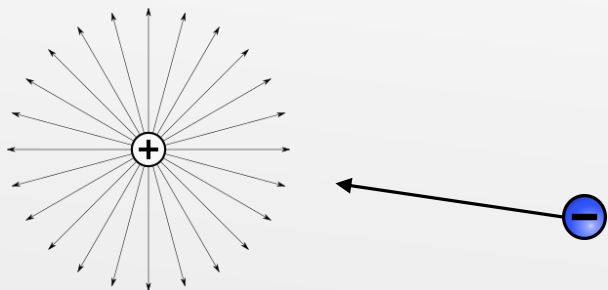
- Non è una particella fondamentale
- È composto da tre quark
- I quark sono tenuti uniti dalla forza forte

- La forza forte

- È una delle forze fondamentali della natura, come la forza di gravità e la forza elettromagnetica
- Così come la forza elettromagnetica causa l'attrazione di cariche di segno opposto e la repulsione di cariche di segno concorde, la forza forte causa l'attrazione reciproca dei quark componenti una particella
- Agisce solo a cortissimo range:
range = 1 fm (1 Fermi) = 10^{-15} m, pari circa al diametro del protone

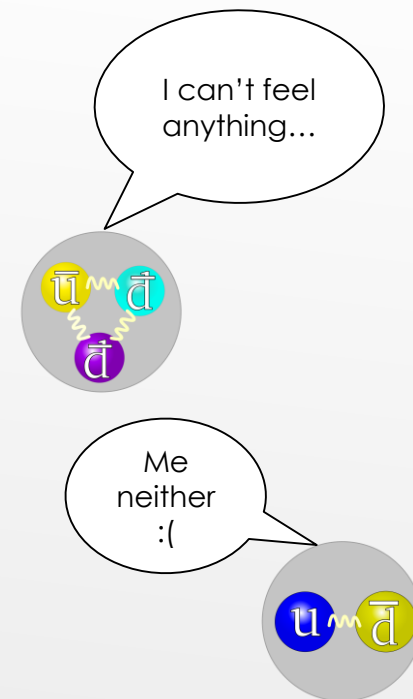
QUARK E FORZA FORTE

«I quark stanno alla forza forte come le cariche elettriche stanno alla forza elettromagnetica (anche se con non poche differenze)»



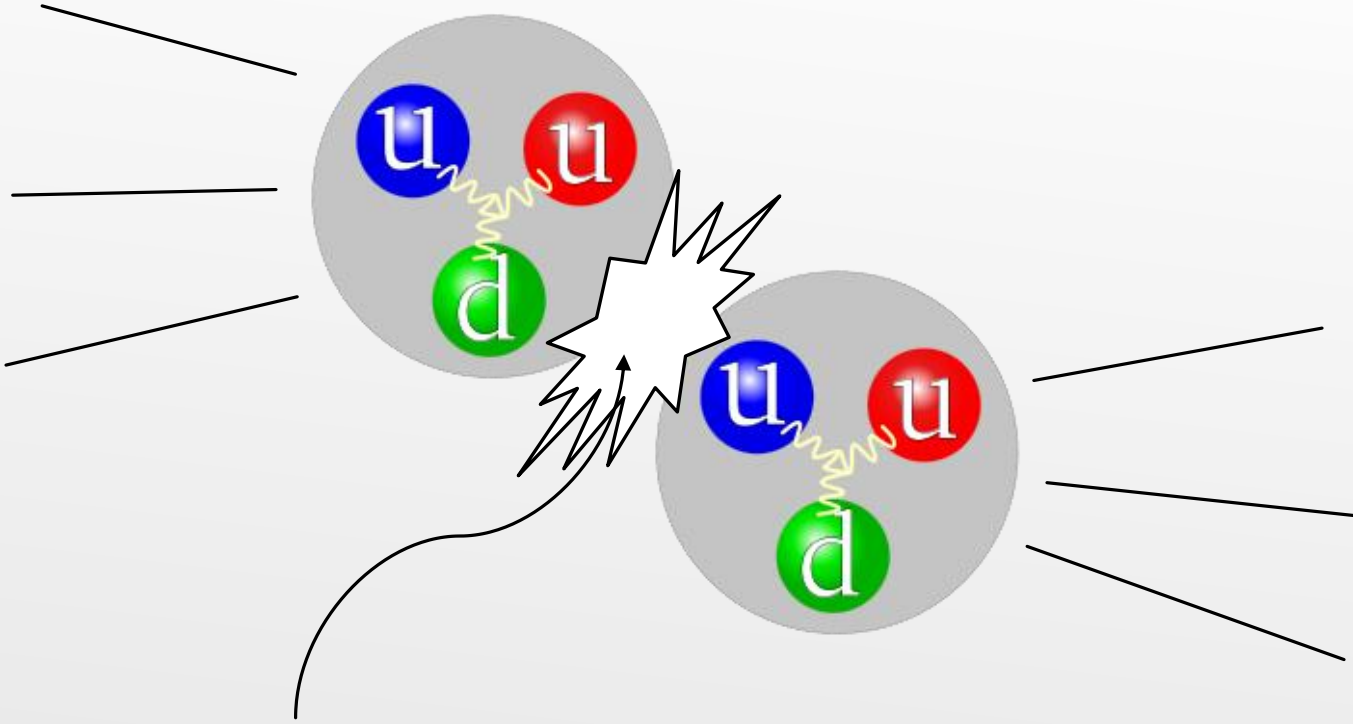
- Una carica elettrica isolata genera un campo elettrico, un'altra carica che si trovi in questo campo subirà una forza dovuta a esso: una forza attrattiva se le due cariche sono di segno discorde, repulsiva se sono di segno concorde

- Un quark isolato... NON PUÒ ESISTERE! I quark si possono trovare solo raggruppati, principalmente in coppie o tripletti
- All'interno di una particella come un protone c'è un campo di forza forte generato dai tre quark che lo compongono, i quali per via del corto range della forza forte sono anche gli unici a subirne gli effetti ovvero l'attrazione reciproca



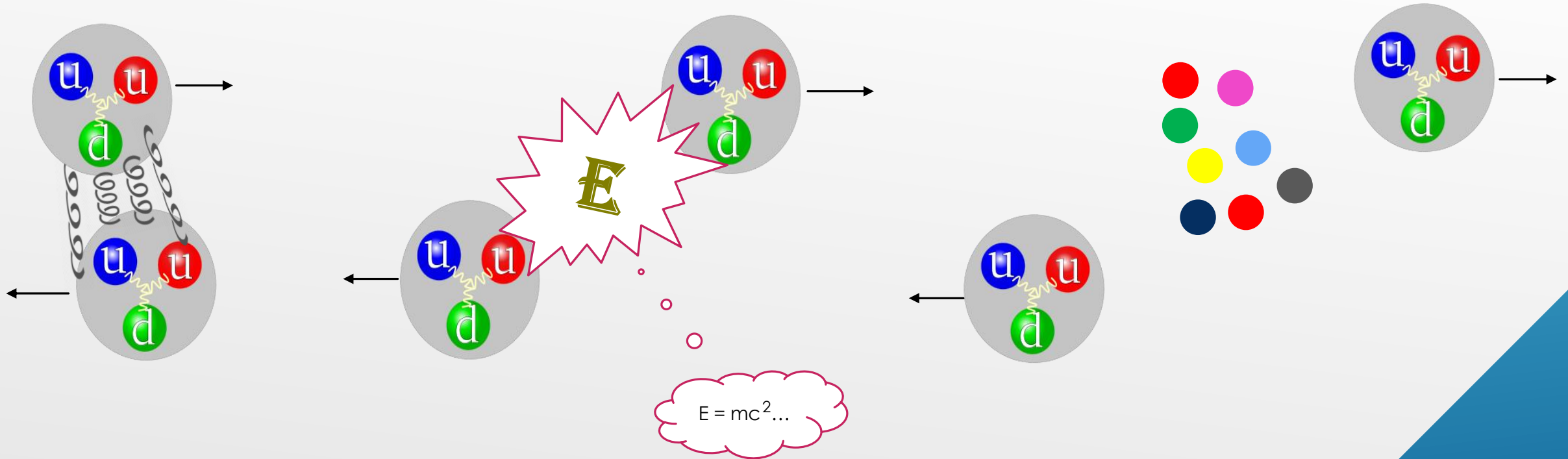
Questo però non vuol dire che due campi di forza forte non possano mai interagire tra loro...

Supponiamo di far scontrare due protoni ad altissima energia all'interno di un acceleratore di particelle



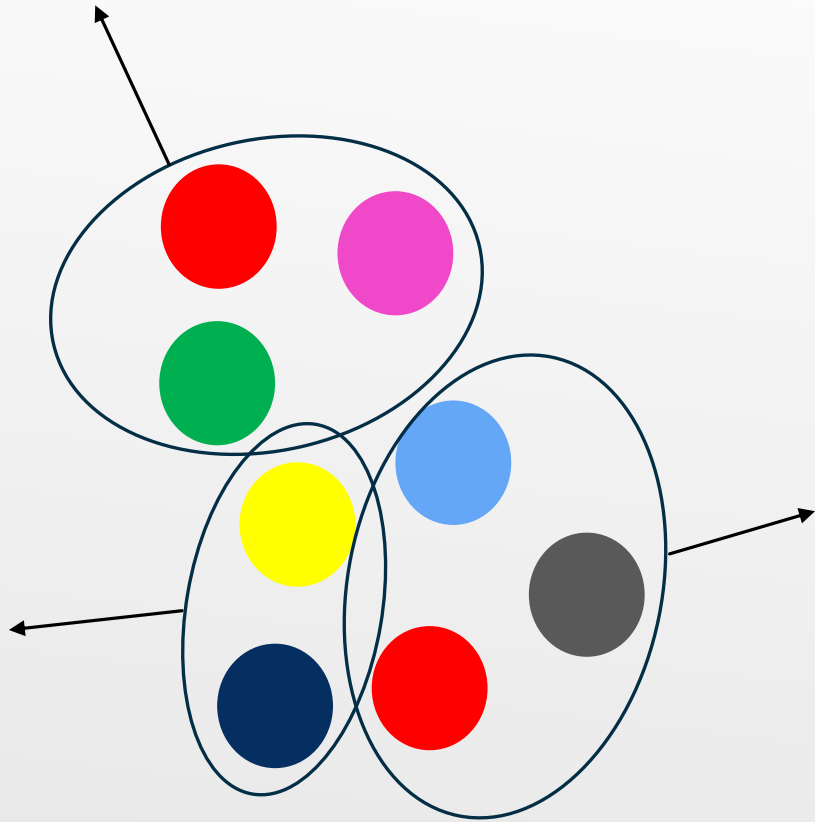
Se i due protoni hanno energia sufficiente, durante la collisione questi si avvicinano in modo tale che, per un brevissimo periodo di tempo, la distanza tra i quark di uno e i quark dell'altro è inferiore a 1 fm. In questo breve istante i quark di un protone interagiscono coi quark dell'altro

CREAZIONE DI NUOVE PARTICELLE



Si crea quindi un campo di forza forte attivo tra i due protoni, che si traduce in una grande quantità di energia. Quando i due protoni si allontanano e il campo si rompe, questa energia viene convertita in massa dando origine a nuovi quark

ADRONIZZAZIONE



Come abbiamo detto i quark non possono esistere come singoletti, dunque una volta creati si raggruppano opportunamente in gruppi di tre o di due, andando così a formare nuove particelle. Questo processo si chiama adronizzazione.

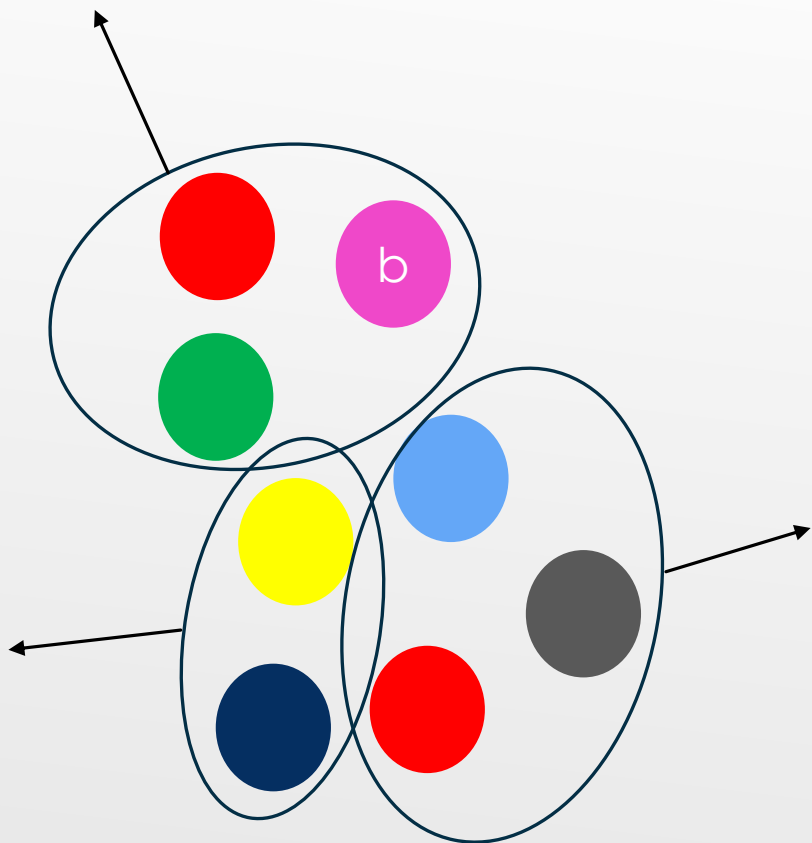
Una volta terminata l'adronizzazione le particelle risultanti sono generalmente fortemente instabili, queste proseguono il cammino lungo direzioni diverse ma decadono quasi istantaneamente in altre particelle. Ciascuno di questi gruppi di particelle vengono detti jet (sciami) o, in particolare, jet adronici (essendo che questi jet sono formati anche da adroni ovvero particelle formate da due o tre quark).

OSS: Sono questi jet a venire «visti» durante un esperimento, non i quark stessi.

Ma questi jet contengono anche altre particelle elementari cariche come elettroni e positroni, queste particelle sono quelle che vengono rivelate come tracce, ovvero sono particelle di cui è possibile ricostruire il percorso e capire dunque qual è il punto in cui sono state originate.

B-JETS

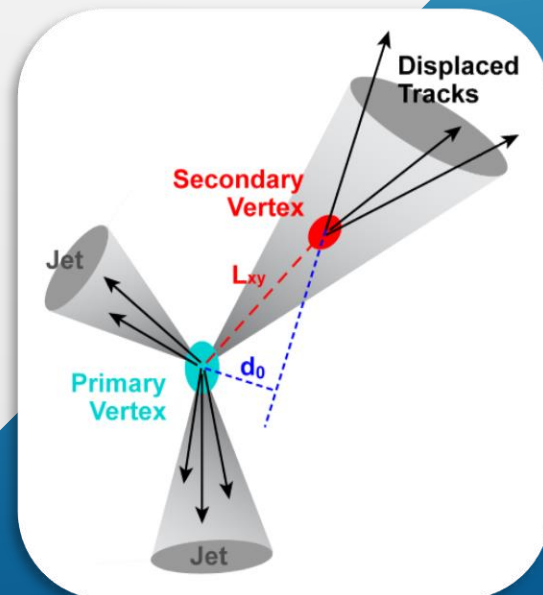
Nel caso in cui uno dei quark generati dallo scontro dei protoni sia un quark bottom (o b), allora una delle particelle che si formano è un così detto «adrone b » (ovvero un adrone in cui uno dei quark è un bottom). L'adrone b è una particella sì instabile ma con una vita media considerevole, dunque decade in altre particelle dopo aver percorso un breve tratto (qualche mm) all'interno del rivelatore dando così origine a delle particelle in un vertice secondario, diverso dal vertice primario che coincide col punto di collisione dei due protoni iniziali.



Le tracce provenienti da questo tipo di jet risulteranno originate in punto diverso rispetto alle altre!



RICOSTRUZIONE DEL VERTICE SECONDARIO



PARENTESI SUI SAPORI DEI QUARK

I quark sono le particelle elementari che (assieme agli elettroni) compongono tutta la materia ordinaria nell'universo, in particolare i quark up e down che sono gli unici necessari per formare protoni (u u d) e neutroni (u d d)

Ne esistono sei tipi o, meglio, sapori:

QUARK	massa	$\approx 2.2 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.28 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 173.1 \text{ GeV}/c^2$
	carica	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
	spin	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
		u	c	t
		up	charm	top
QUARK		$\approx 4.7 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 96 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$
		$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
		$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
		d	s	b
		down	strange	bottom

Il quark top è molto pesante ed ha un tempo di vita molto basso (circa $5 \times 10^{-25} \text{ sec}$) il che gli impedisce di prendere parte al processo di adronizzazione, quindi lo ignoreremo.

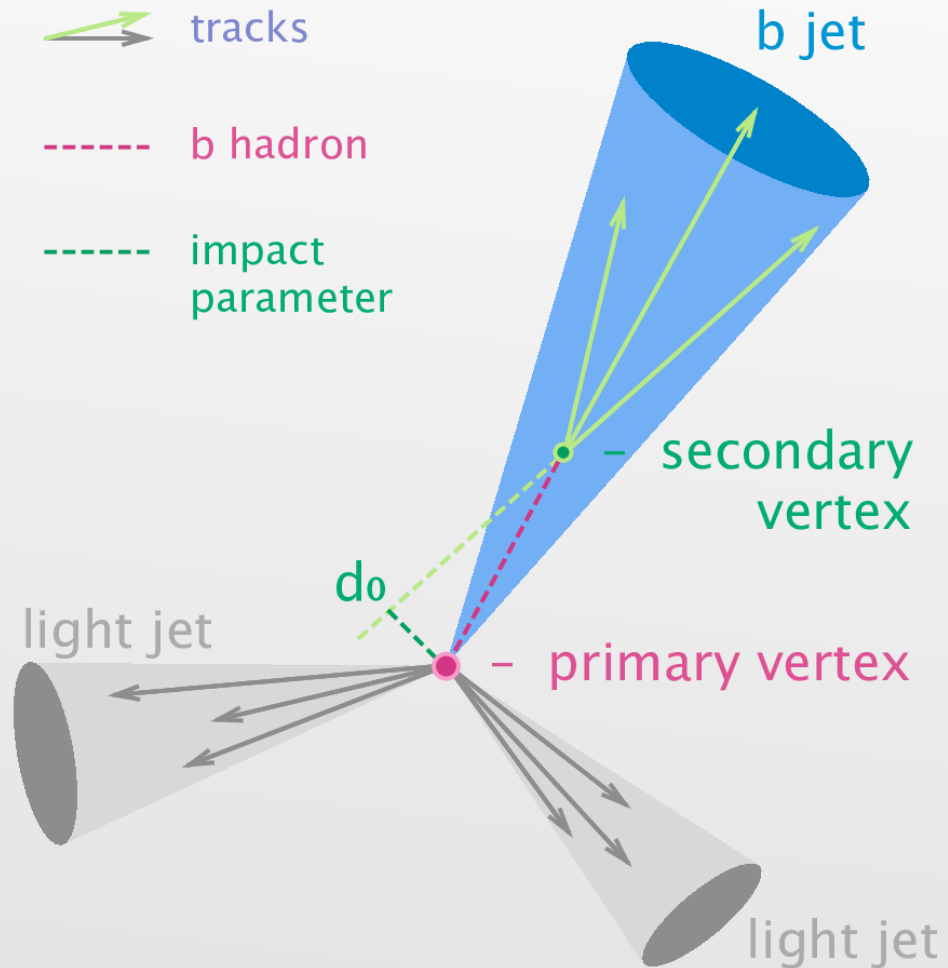
I quark si dividono in
leggeri (light): up, down, strange
pesanti (heavy): charm, bottom, top

Più in generale rispetto quanto detto prima:

- ▶ I jet di particelle provenienti dall'adronizzazione di quark leggeri(u, d, s) sono detti light-jets
- ▶ I jet di particelle provenienti dall'adronizzazione di quark c sono detti c-jets
- ▶ I jet di particelle provenienti dall'adronizzazione di quark b sono detti b-jets

Durante un esperimento in un rivelatore di particelle dopo la collisione tra i due protoni verranno generati e quindi rivelati una grande quantità di jets, l'obiettivo è sviluppare un algoritmo che riesca efficacemente a distinguere i b-jets da tutti gli altri

COME DISTINGUERE I B-JETS



Come abbiamo detto prima, riuscire a ricostruire un vertice secondario è un chiaro segno della presenza di un b-jet

Inoltre sappiamo che il quark b è molto più pesante delle particelle in cui decade, quindi i suoi prodotti di decadimento tendono ad avere un alto valore di impulso trasverso e il che rende i b-jet più ampi rispetto ai light-jet e in genere sono composti da un numero di particelle più elevato.

Tutte queste informazioni vengono utilizzate dagli algoritmi di machine learning che studieremo sui notebook per distinguere con successo i b-jet da altri tipi di jet.