



Вступ до аналізу для Фізики Високих Енергій

Based on slides by Tara Nanut

Що відбувається?

- Частинки народжуються в точці зіткнення
- Майже всі з них розпадаються **ДУЖЕ** швидко!

$$t(B^+) = 1.64 \times 10^{-12} \text{ s} \quad \sim 1 \text{ см довжину пробігу}$$

- “Стабільні” частинки: не розпадаються доволі довго і можуть пролетіти детектор наскрізь (для більшості експериментів)

e, μ , γ , K, π , p, n

- Ми детектуємо **ЛИШЕ** ці частинки і за їх допомогою реконструюємо всі попередні розпади

Реконструкція розпаду

Наприклад: $B^0 \rightarrow K_S^0 J/\psi$

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

$$J/\psi \rightarrow \mu^- \mu^+$$

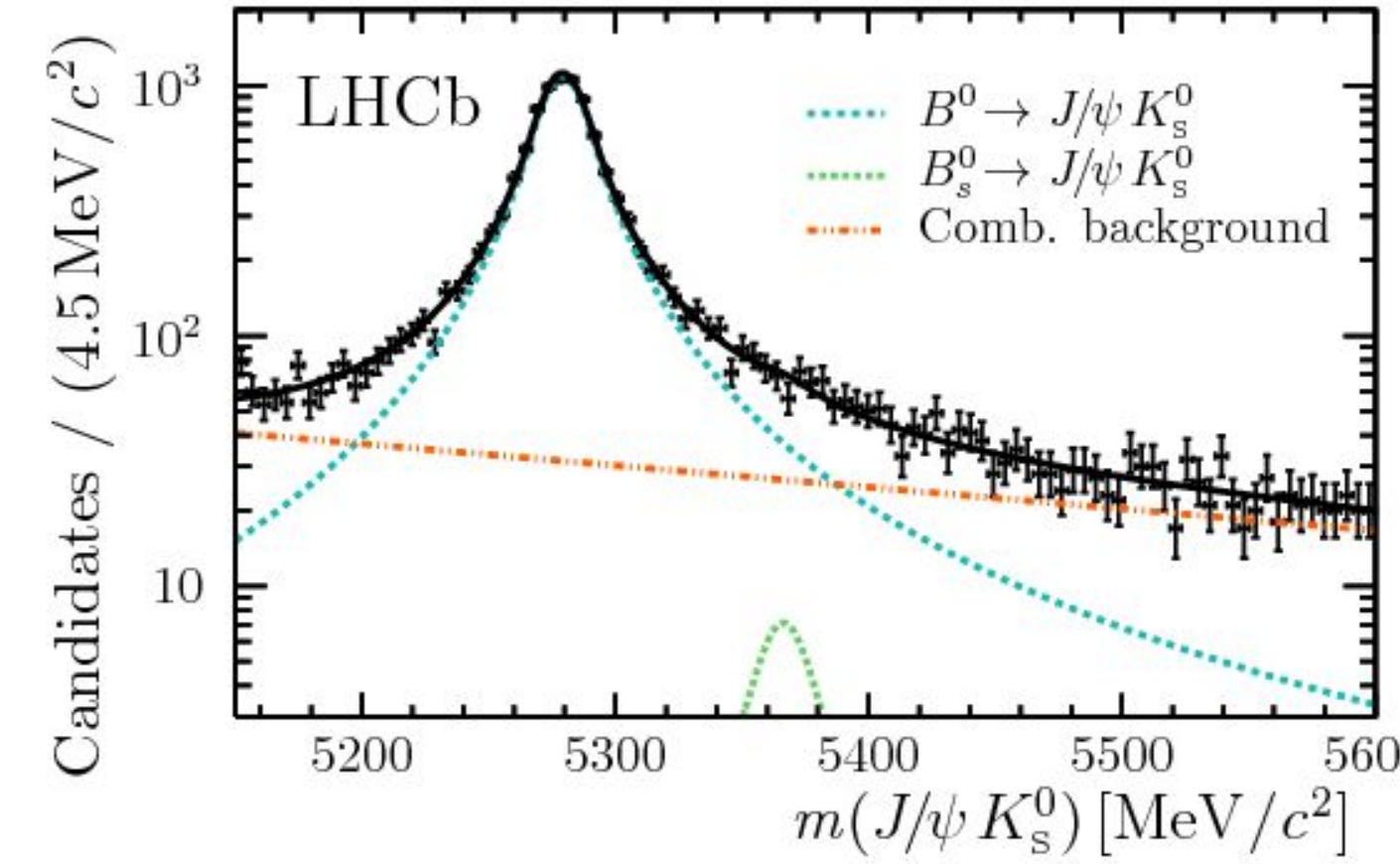
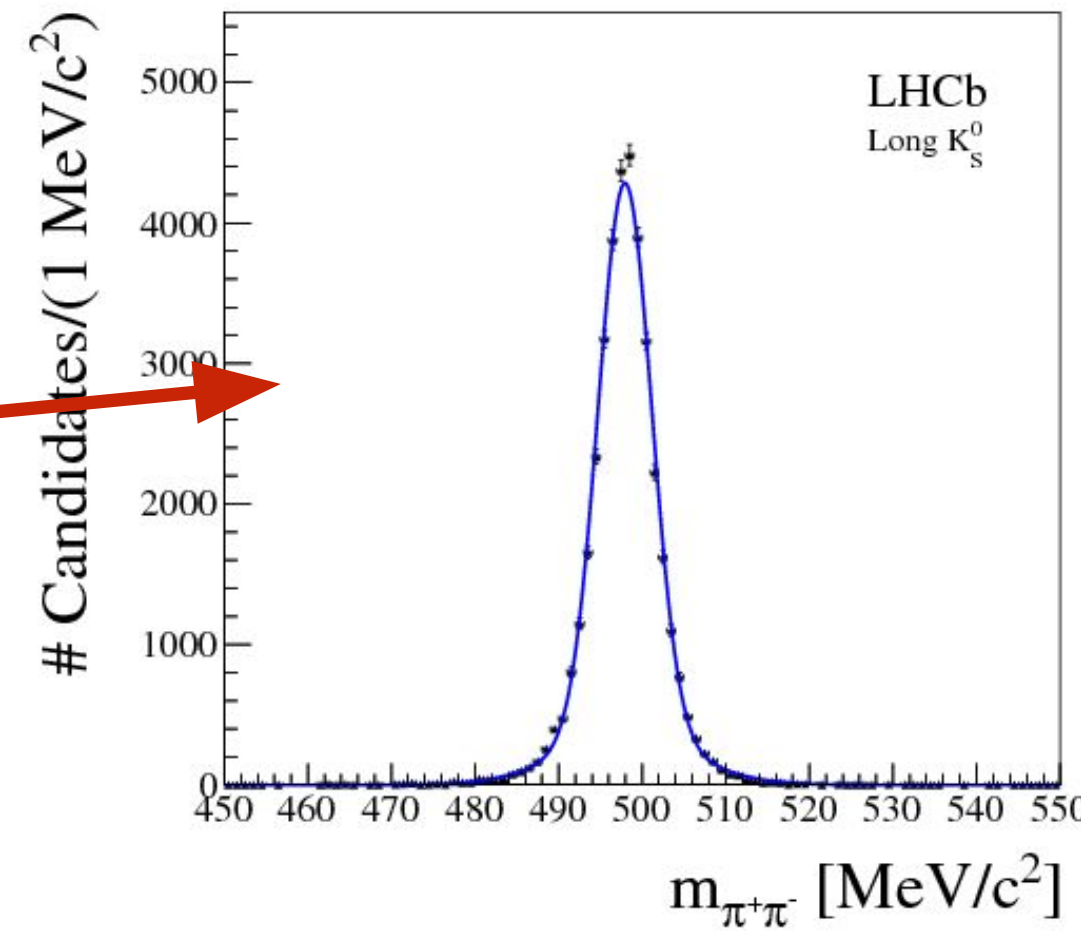
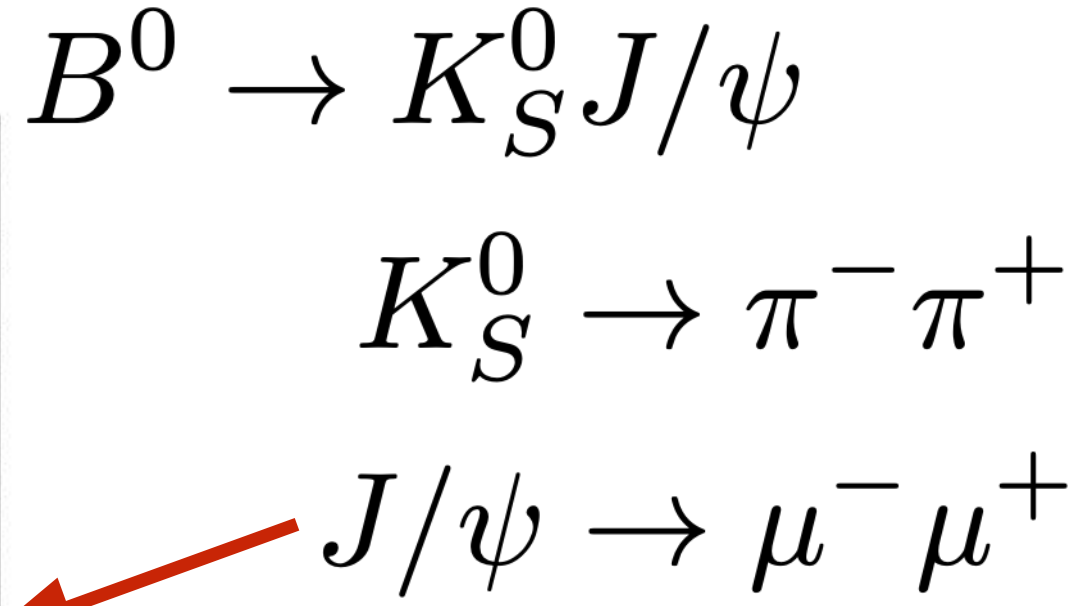
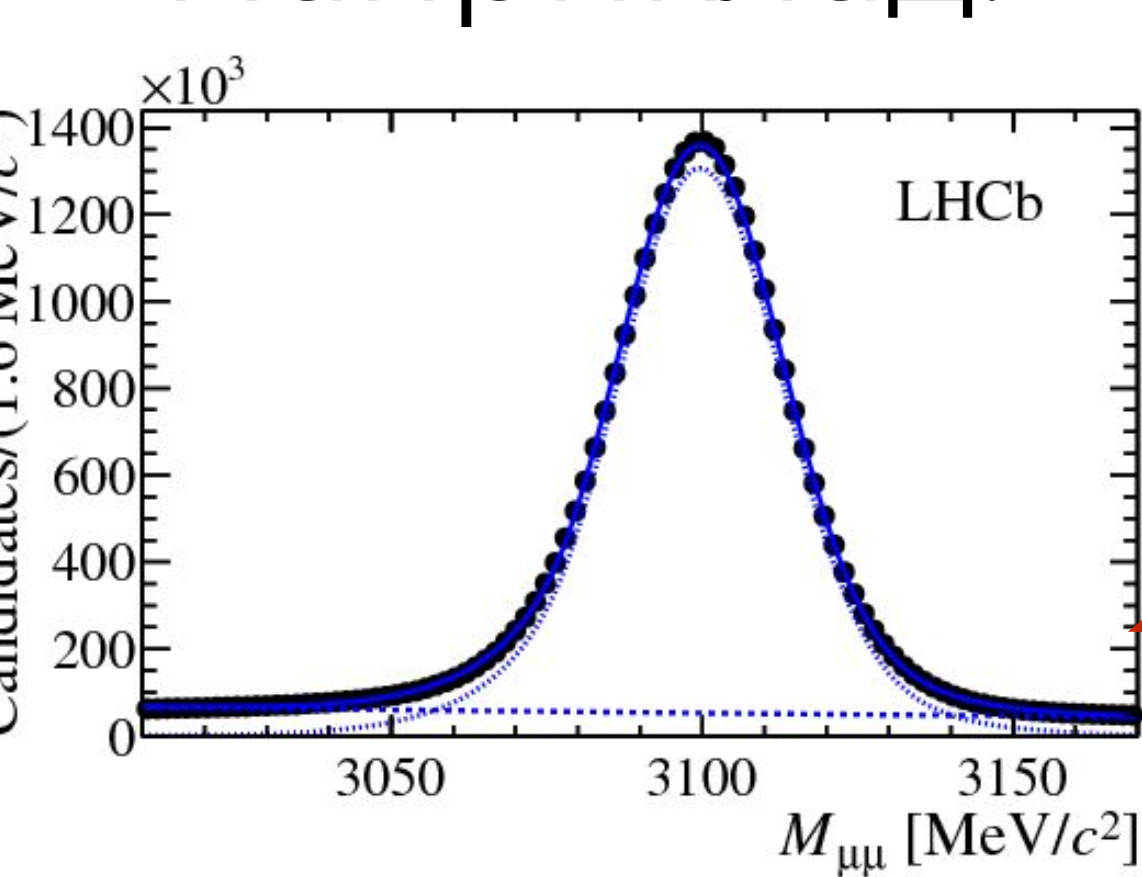
З задетектованих частинок ми реконструємо весь процес поділу крок за кроком. Починаємо з останнього кроку: спочаку К - мезон та J/ψ , з утворених частинок реконструємо В - мезон

Формула для розрахунку маси материнської частинки:

$$m^2 = E^2 - |\mathbf{p}|^2 = \left(\sum_i \sqrt{m_i^2 - |\mathbf{p}_i|^2} \right)^2 - \left| \sum_i \mathbf{p}_i \right|^2$$

Реконструкція розпаду

Наприклад:



З задетектованих частинок ми реконструємо весь процес поділу крок за кроком. Починаємо з останнього кроку: спочаку К - мезон та J/ψ, з утворених частинок реконструємо В - мезон

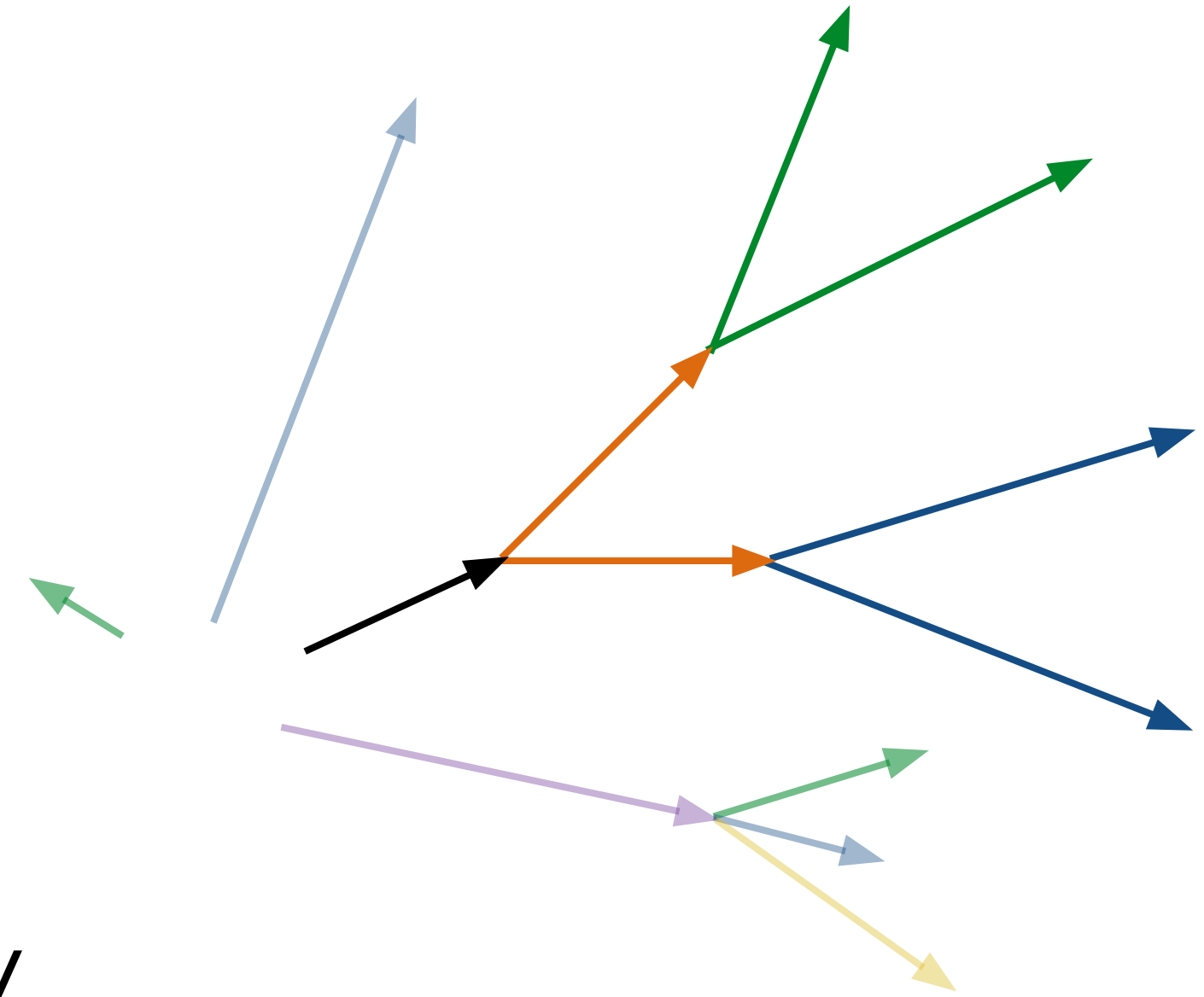
Формула для розрахунку маси материнської частинки:

$$m^2 = E^2 - |\mathbf{p}|^2 = \left(\sum_i \sqrt{m_i^2 - |\mathbf{p}_i|^2} \right)^2 - \left| \sum_i \mathbf{p}_i \right|^2$$

Необхідна інформація

$$m^2 = E^2 - |\mathbf{p}|^2 = \left(\sum_i \sqrt{m_i^2 - |\mathbf{p}_i|^2} \right)^2 - \left| \sum_i \mathbf{p}_i \right|^2$$

- Маса = ідентифікатор частинки
- Імпульс/Енергія
- Вершини:
 - Де частинка була народження?
 - Де вона розпалась?
- Нескінченна кількість інших параметрів, що можуть використовуватись для опису розпаду



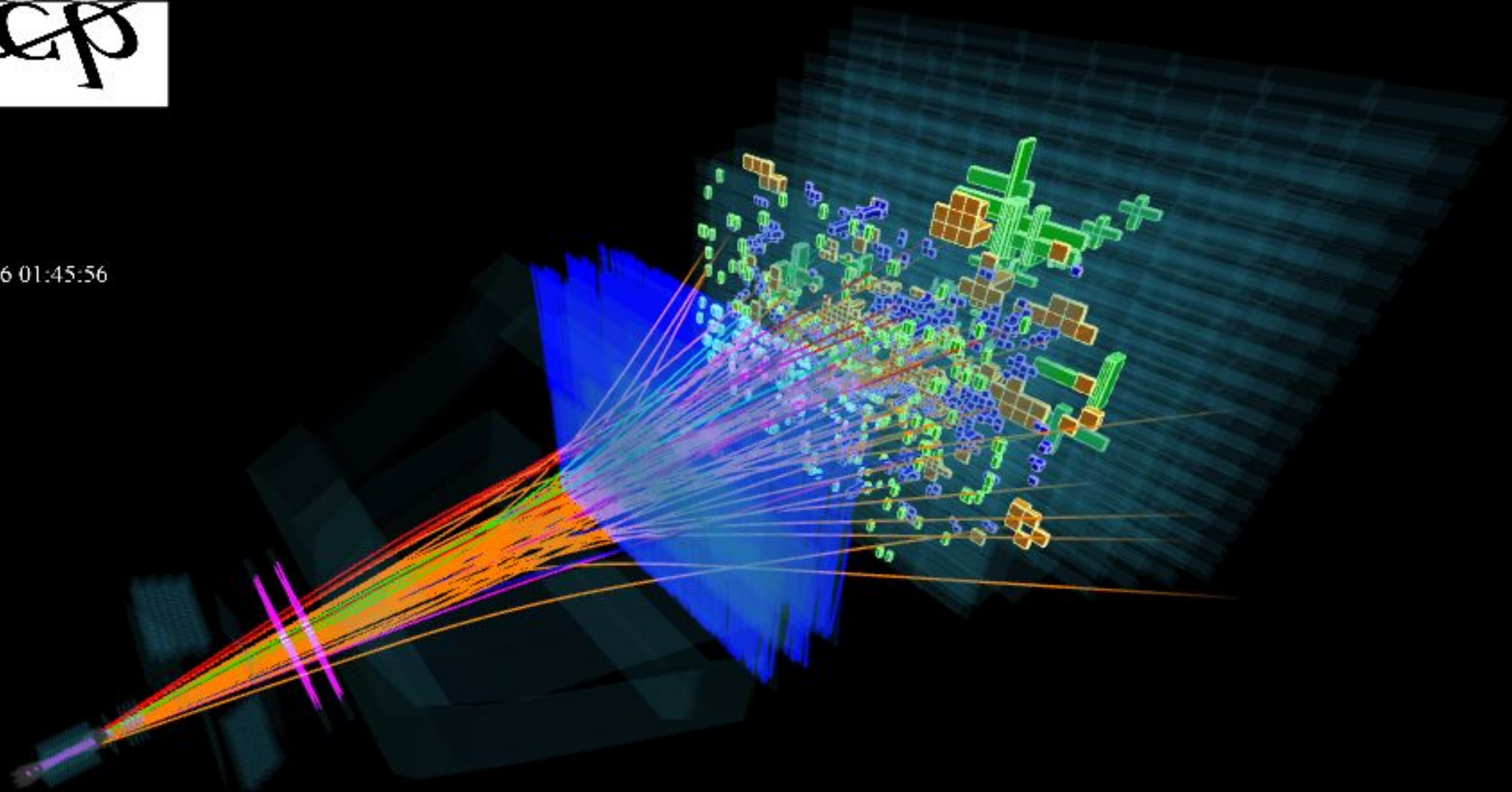
Всю цю інформацію ми отримуємо за допомогою детекторів

LHcb
LHCb

Event 74374790

Run 173768

Mon, 09 May 2016 01:45:56

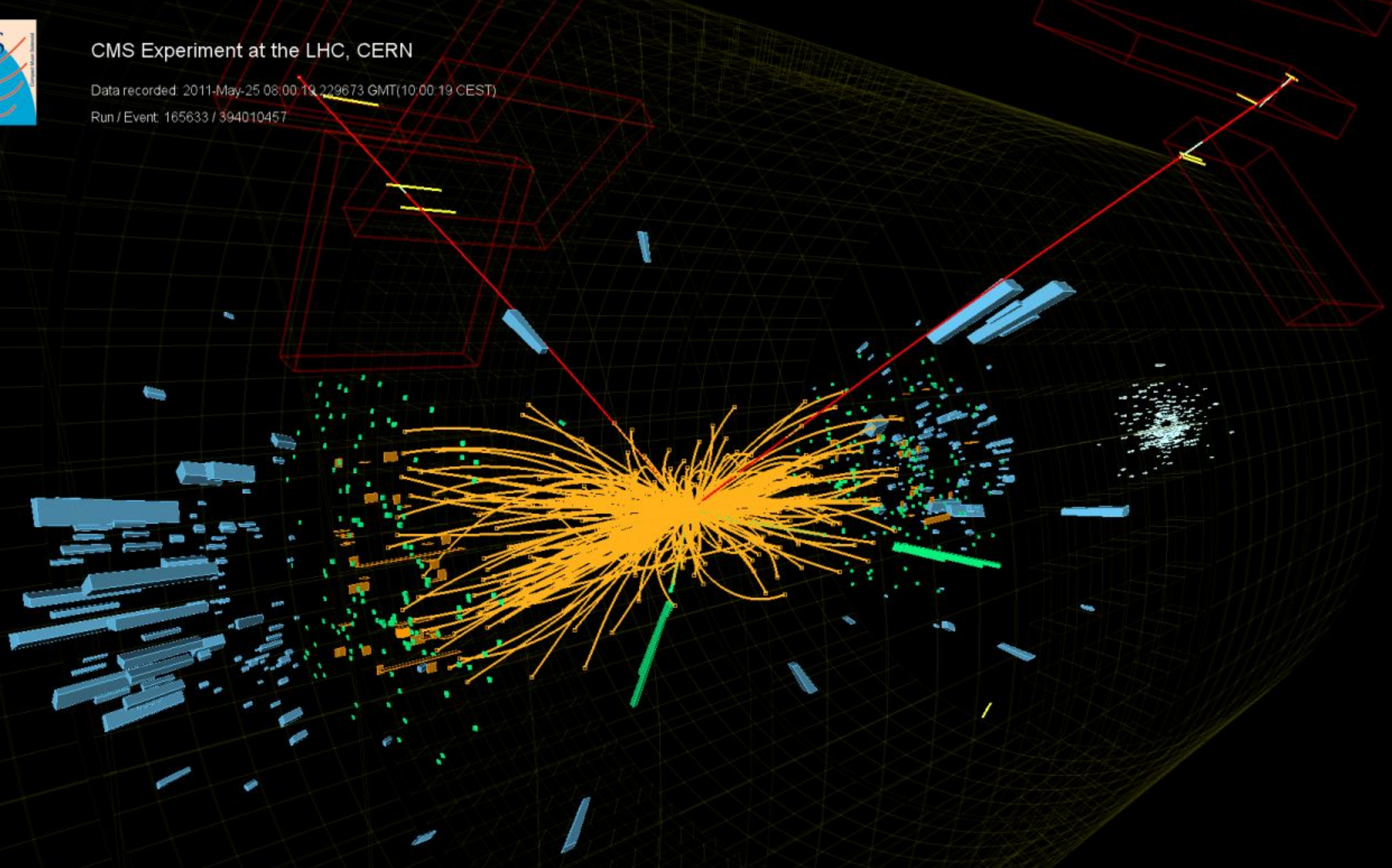




CMS Experiment at the LHC, CERN

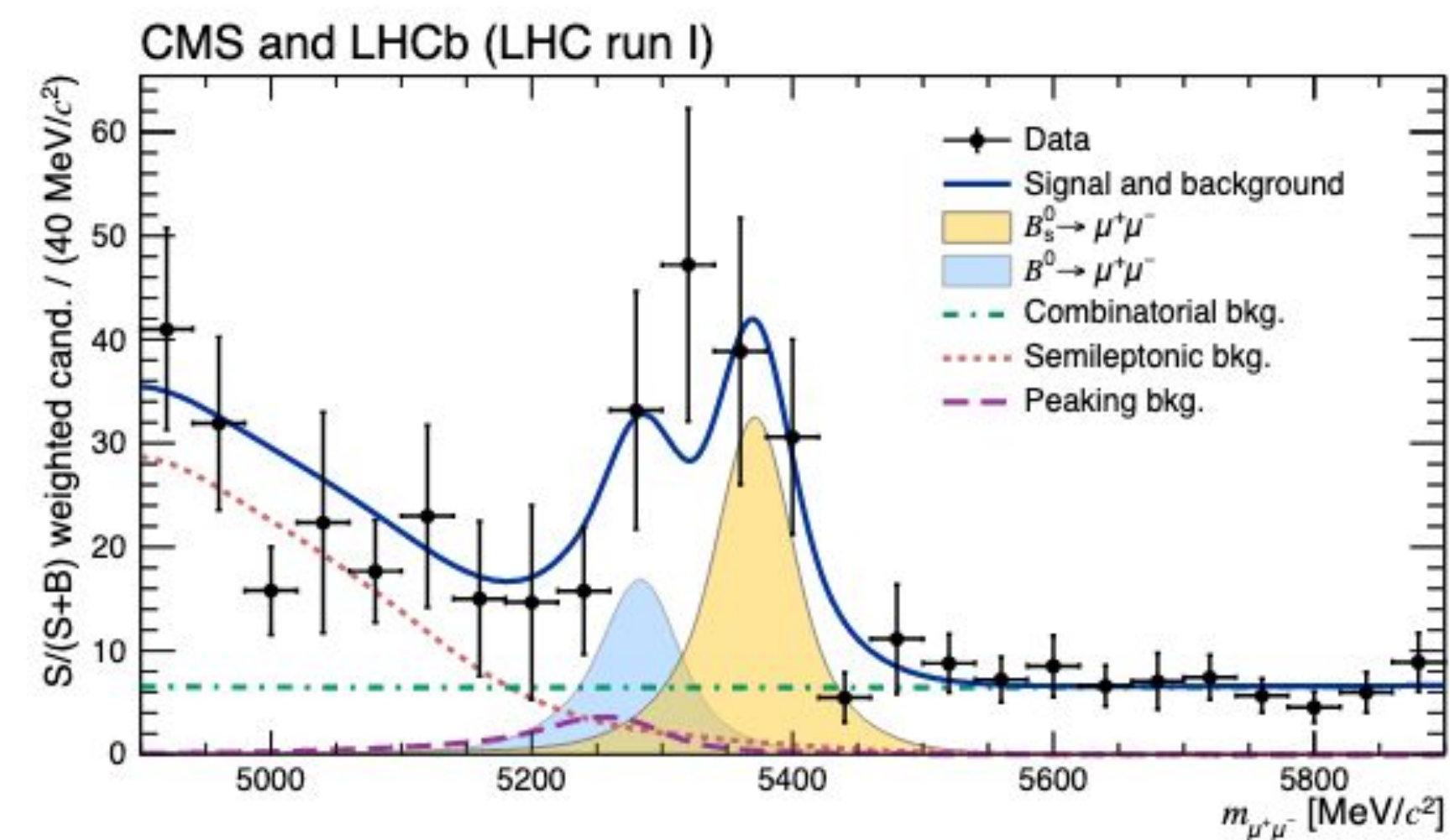
Data recorded: 2011-May-25 08:00:19.229673 GMT(10:00:19 CEST)

Run / Event: 165633 / 394010457



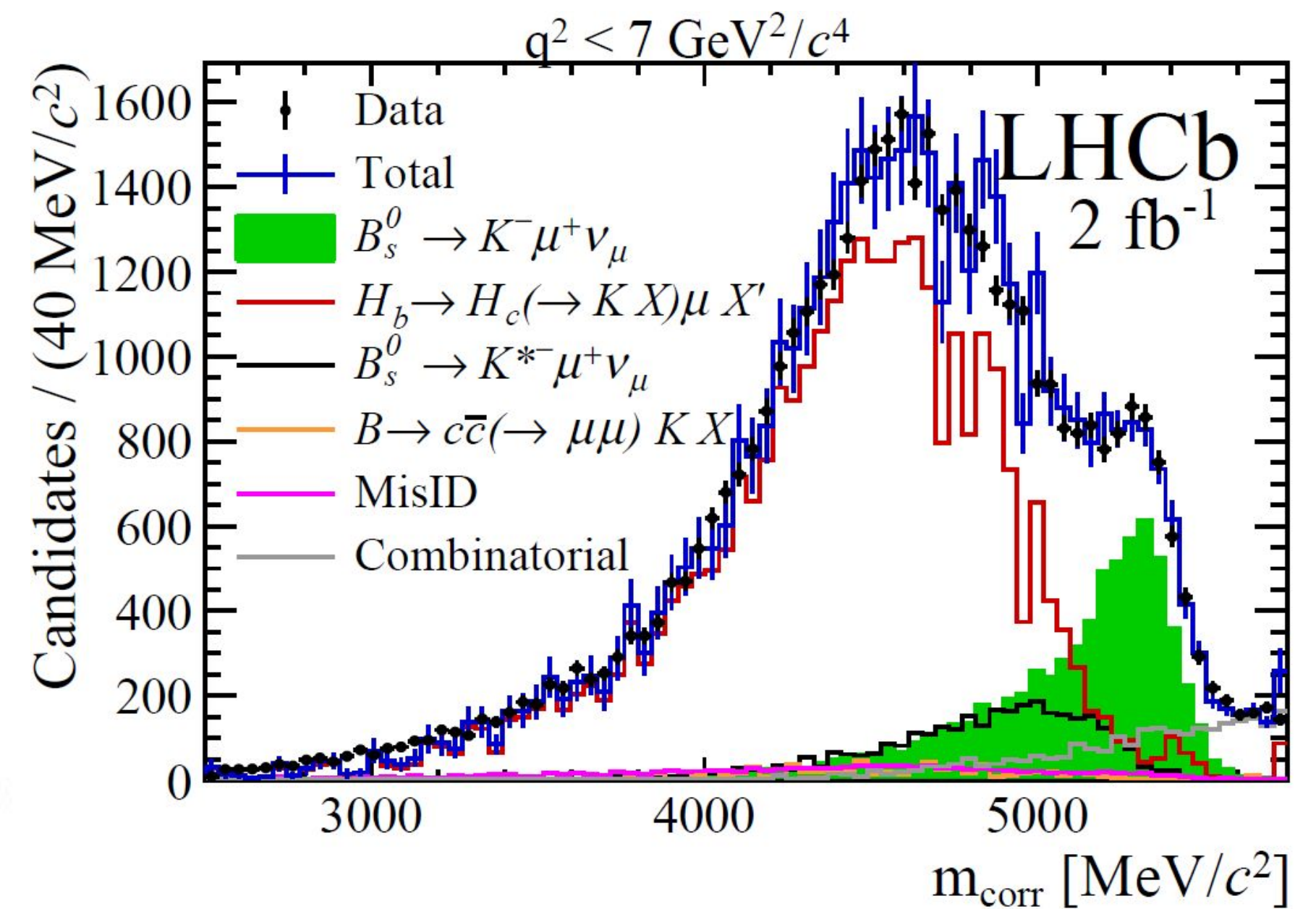
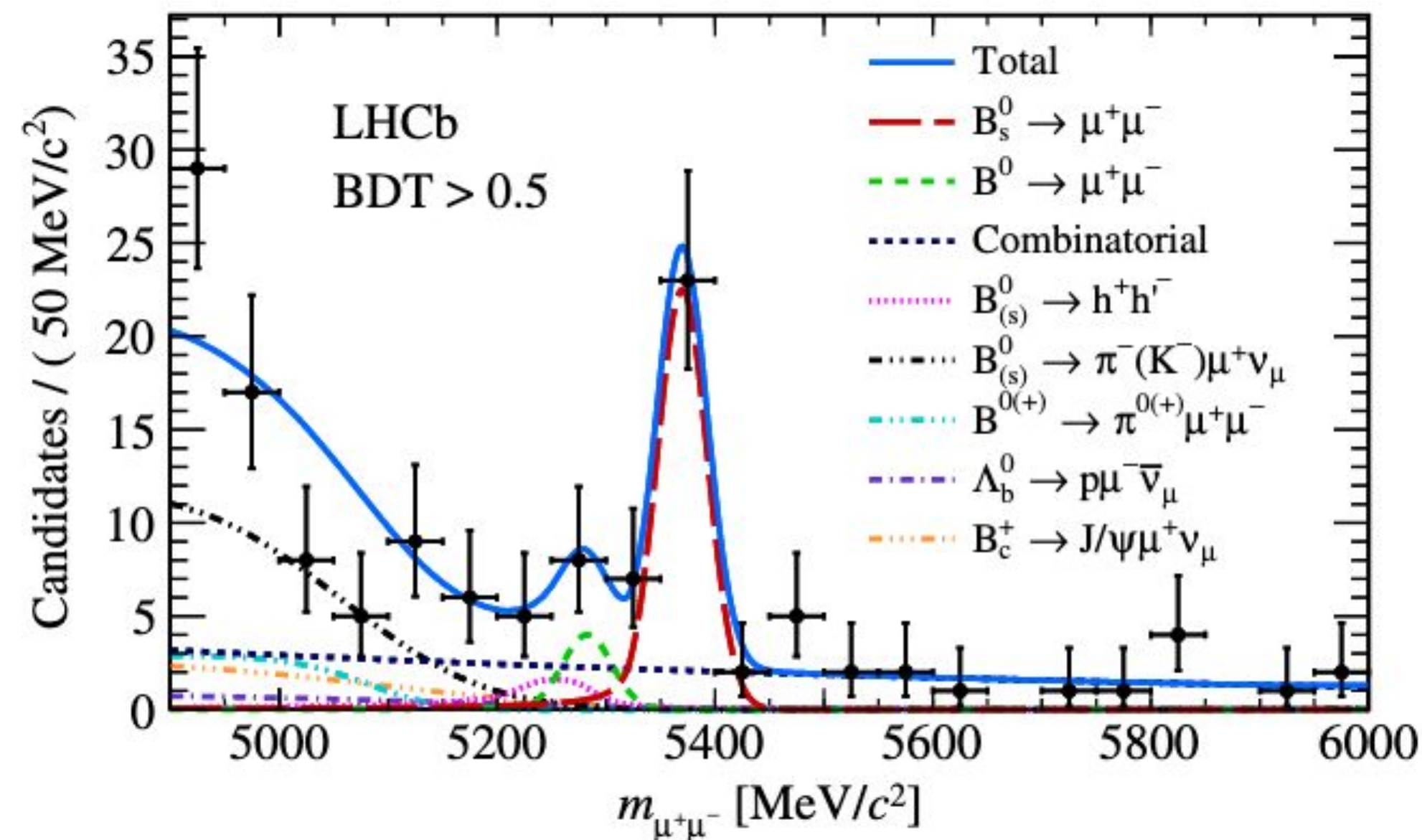
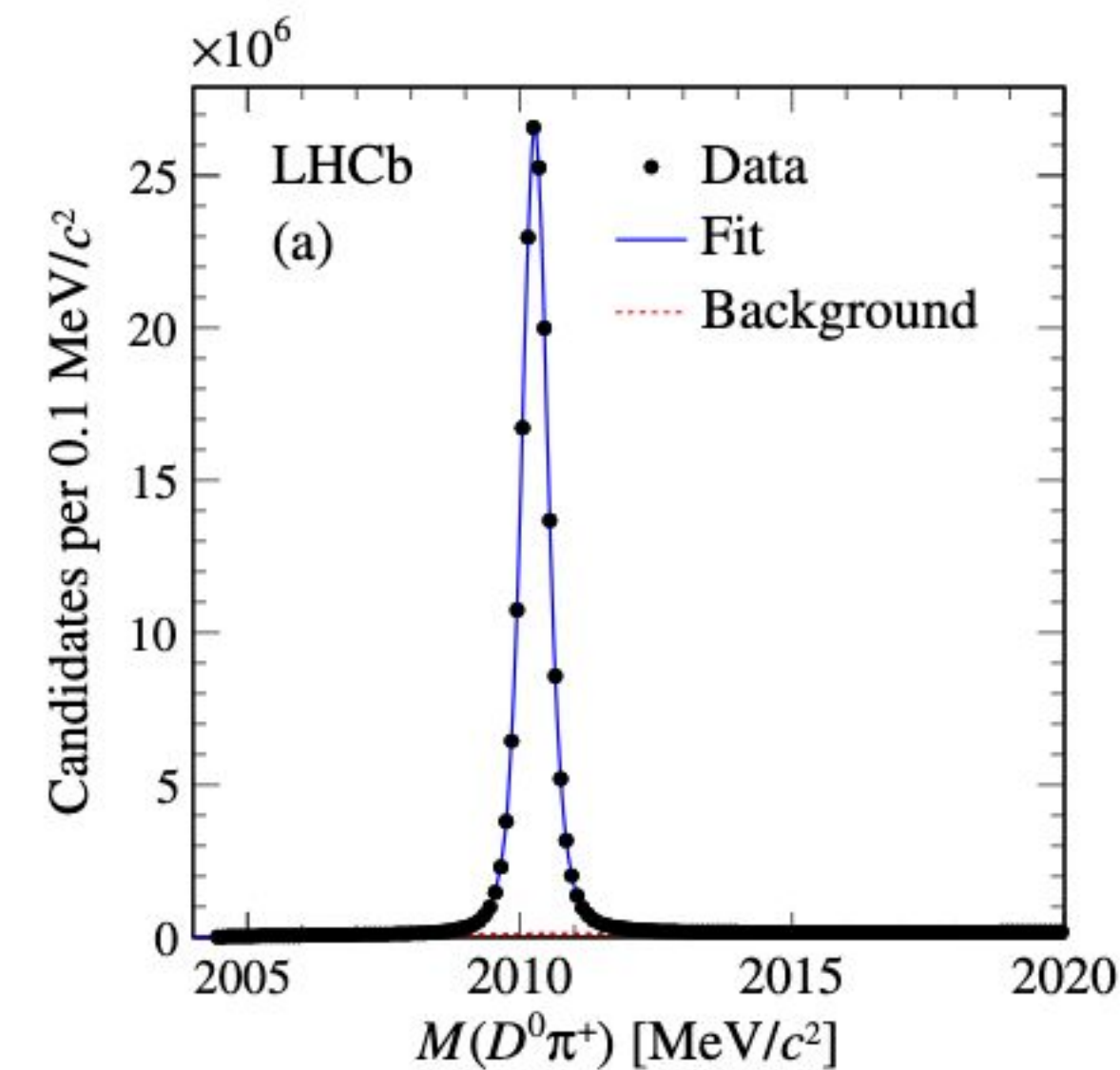
Сигнал та Фон

- **Завжди** буде існувати фон - невірно реконструйовані пари
- Два основні типи фону:
 - **Комбінаторний фон**: випадкові комбінації частинок, що з певних причин
 - **Фізичний фон**: подібні до сигнального розпаду (наслідок місс-ідентифікації)
- Зменшення фону - частинка **КОЖНОГО** аналізу
 - Мета: максимально зменшити фон
- Методи зменшення фону
 - Умови роботи детектору (DUNE, ICESUBE)
 - Відкидання на етапі збору даних
 - Оффлайн аналіз: обмеження параметрів та ШІ



Сигнал та Фон

- Співвідношення Сигнал/Фон залежить від:
 - Наскільки часто відбувається розпад (Чим більше статистики тим краще)
 - Дочірні частинки (Як точно ми можемо виміряти параметри) *!Роздільна здатність!*
 - (Нейтральні частинки - часта проблем (особливо **нейтрино**))
 - Наскільки багато подібних розпадів
 - Проблема міс-ідентифікації



Міс-ідентифікація

- Як ви думаєте, що відбудеться, якщо неправильно визначити тип частинки (приписати їй невірну масу)

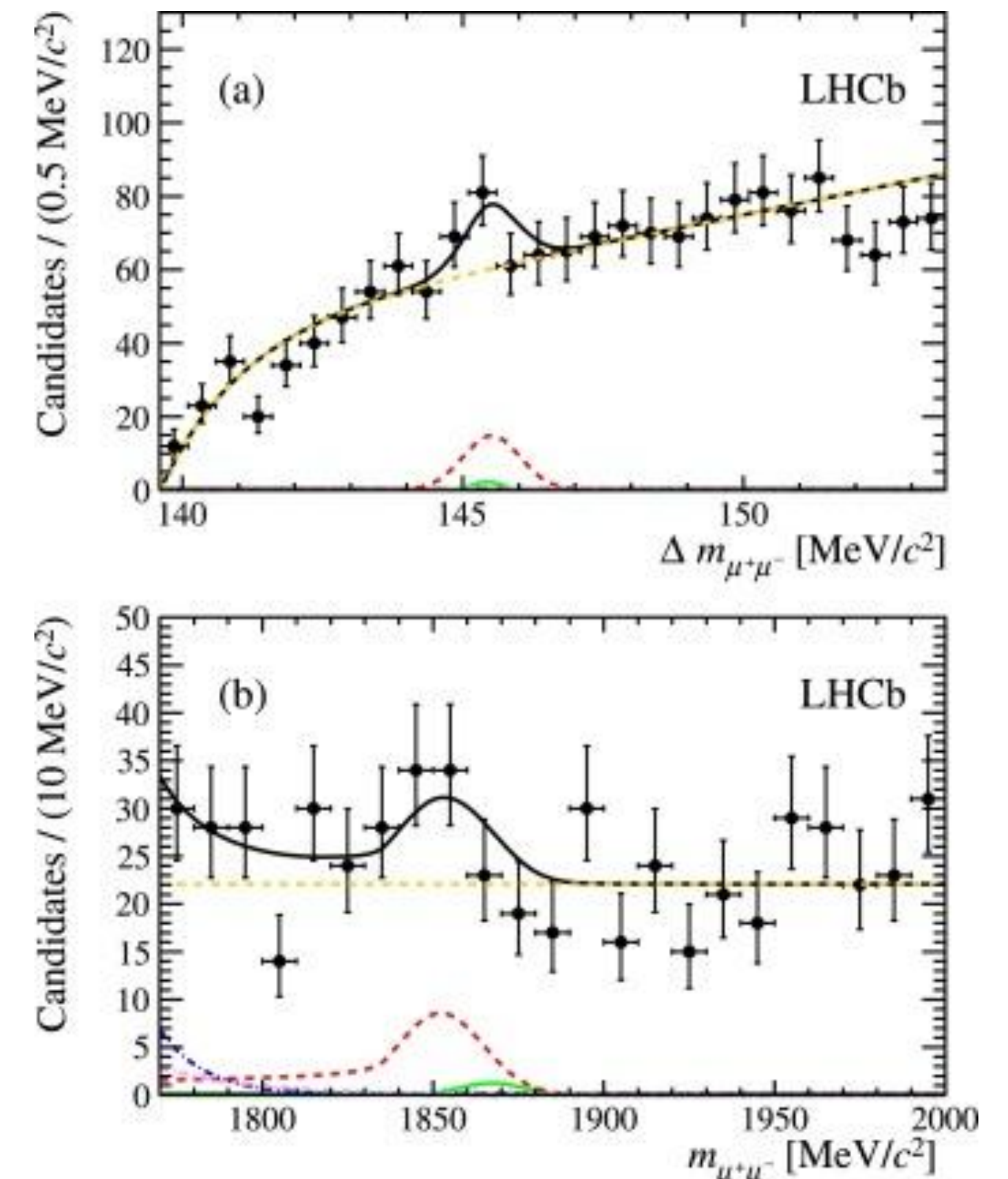
$$m^2 = E^2 - |\mathbf{p}|^2 = \left(\sum_i \sqrt{m_i^2 - |\mathbf{p}_i|^2} \right)^2 - \left| \sum_i \mathbf{p}_i \right|^2$$

Міс-ідентифікація

- Як ви думаєте, що відбудеться, якщо неправильно визначити тип частинки (приписати їй невірну масу)

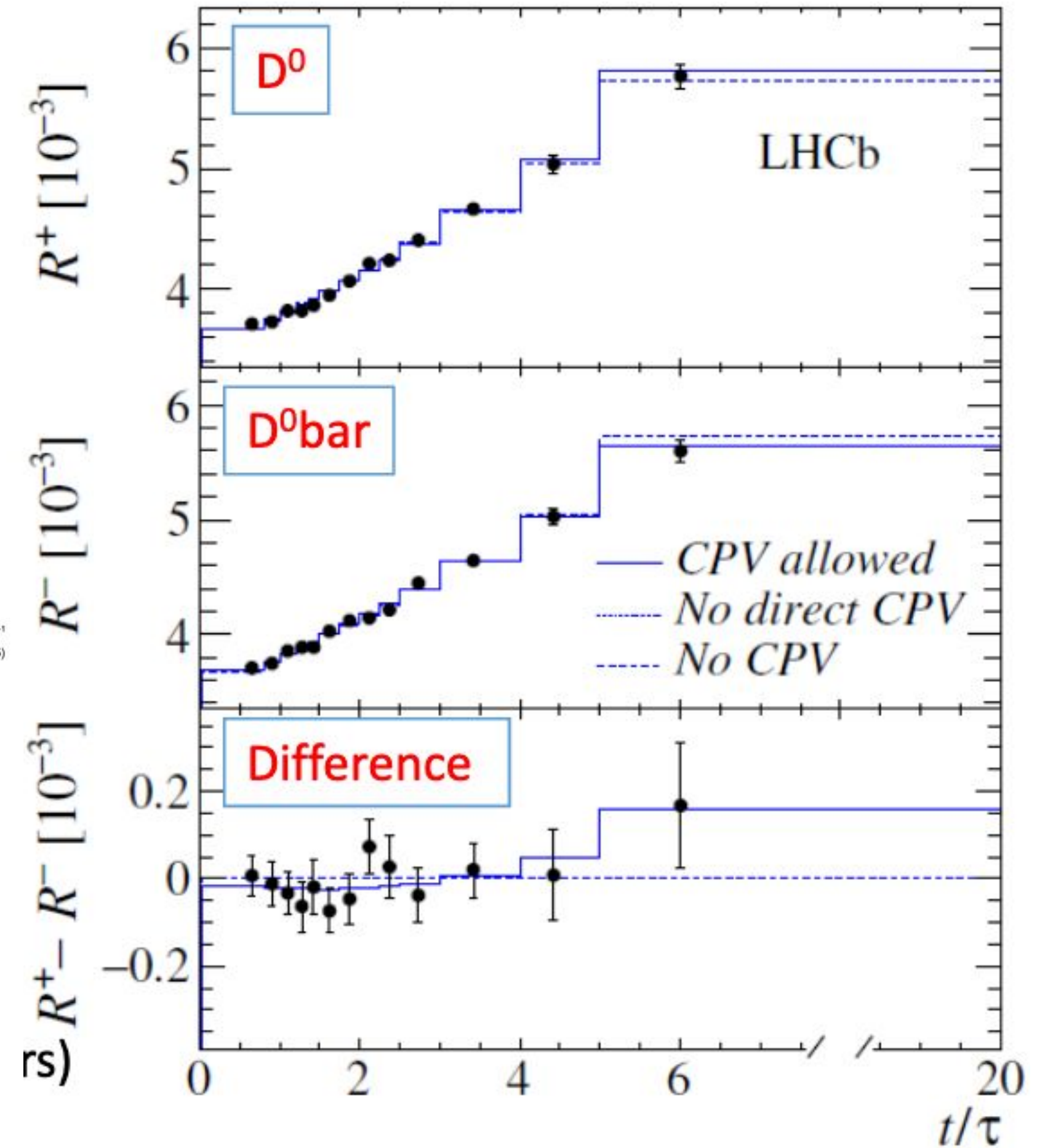
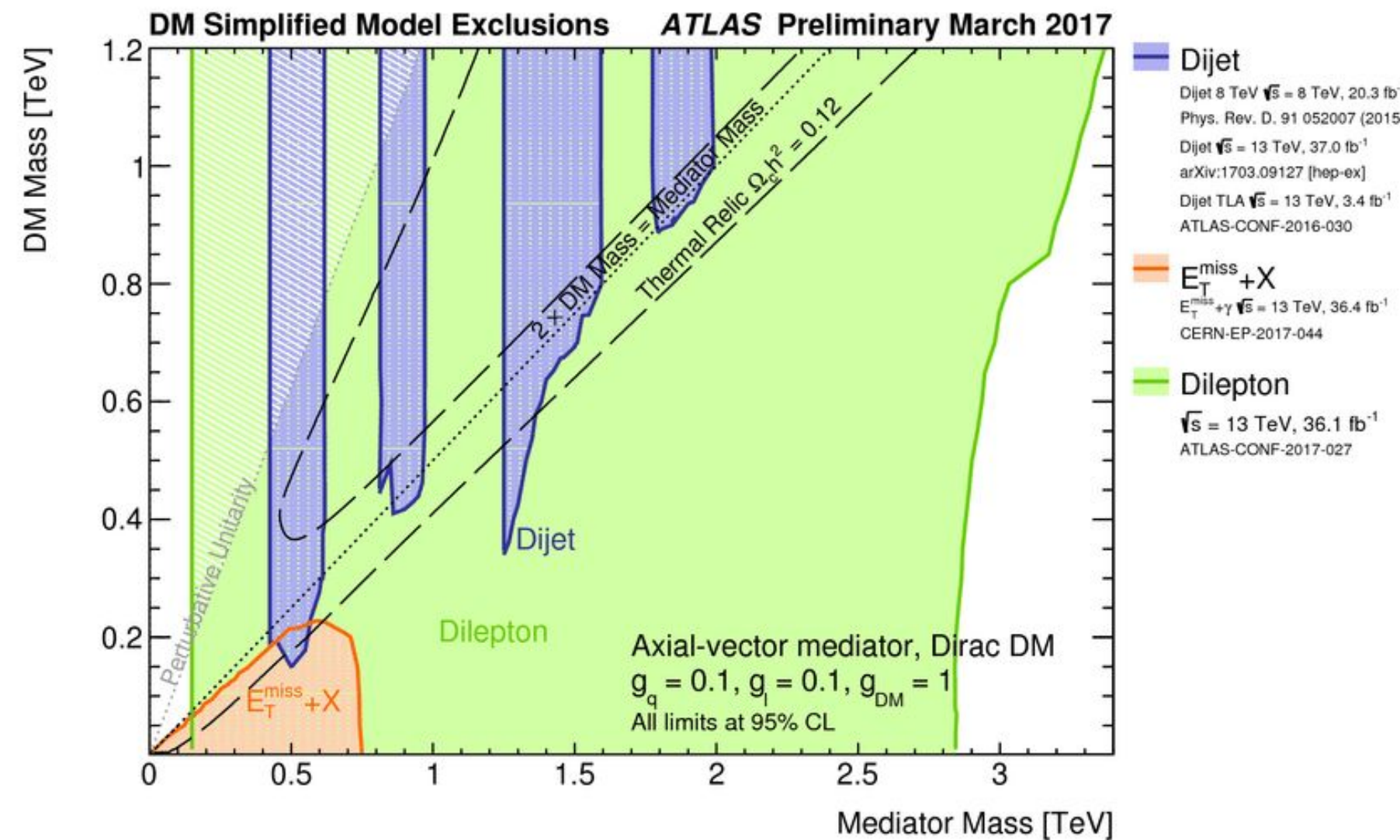
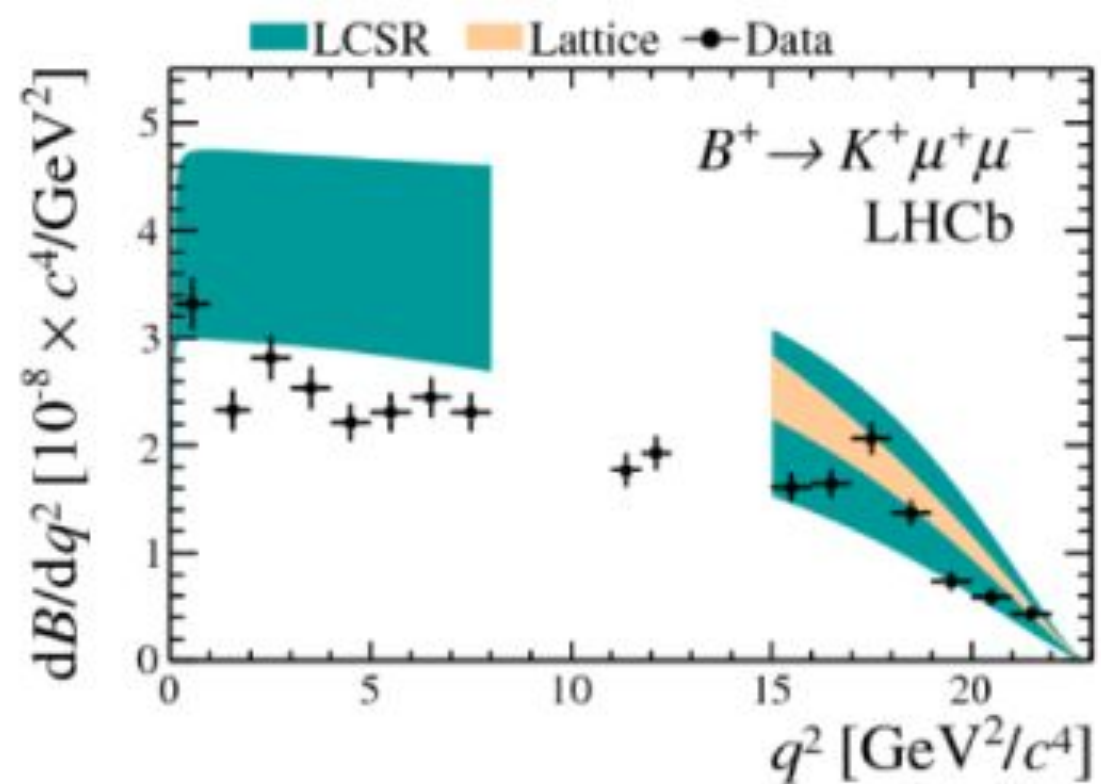
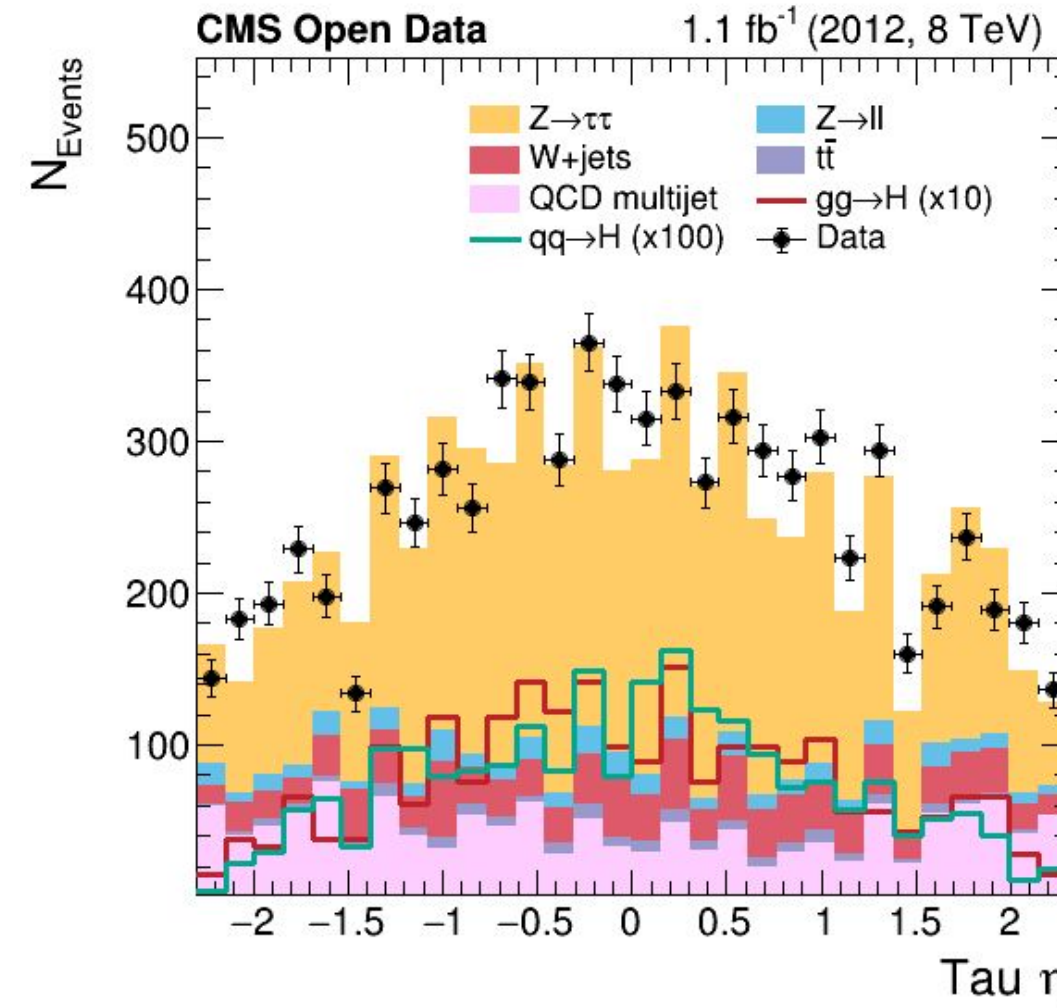
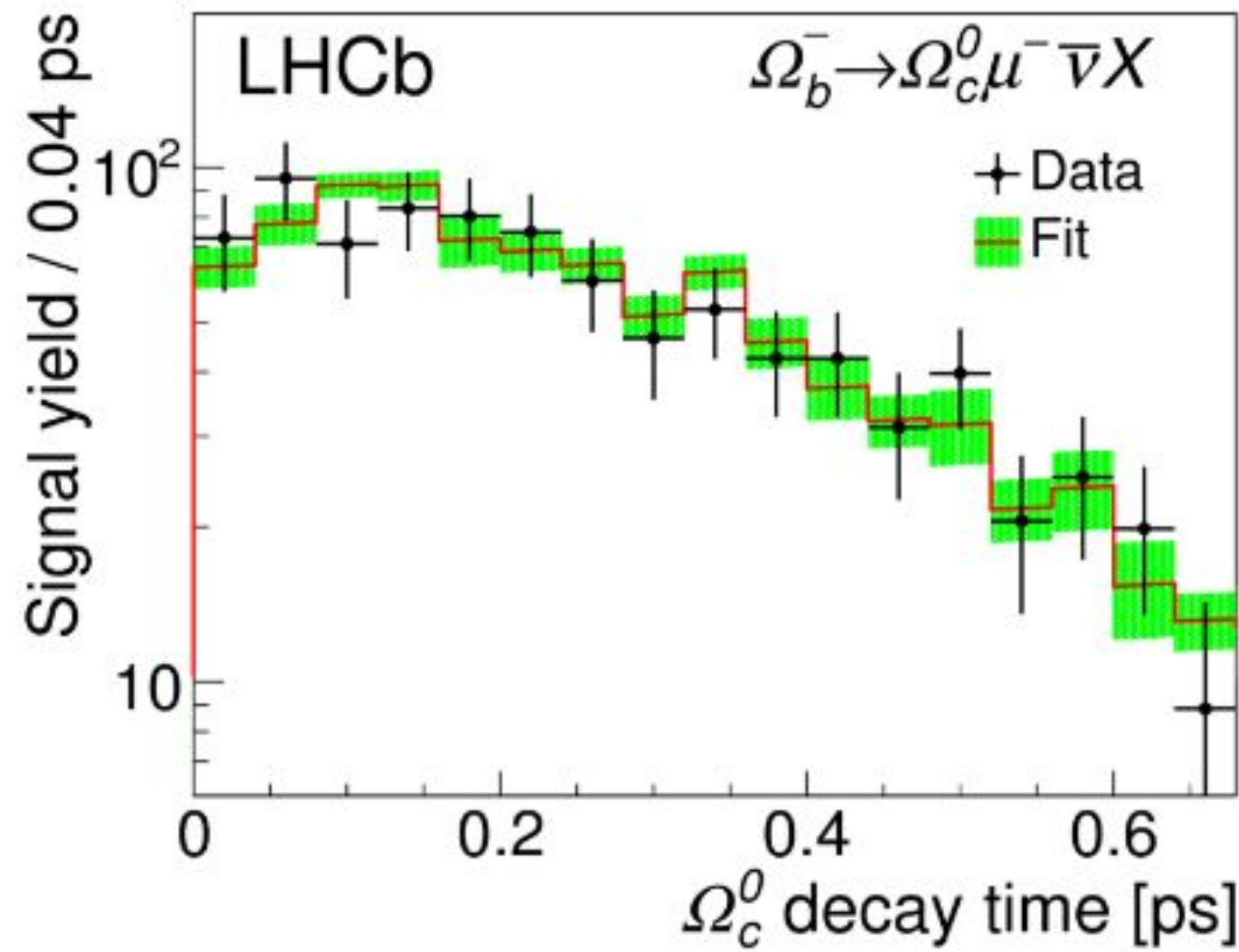
$$m^2 = E^2 - |\mathbf{p}|^2 = \left(\sum_i \sqrt{m_i^2 - |\mathbf{p}_i|^2} \right)^2 - \left| \sum_i \mathbf{p}_i \right|^2$$

Чим менше різниця мас - тим складніше помітити проблему!



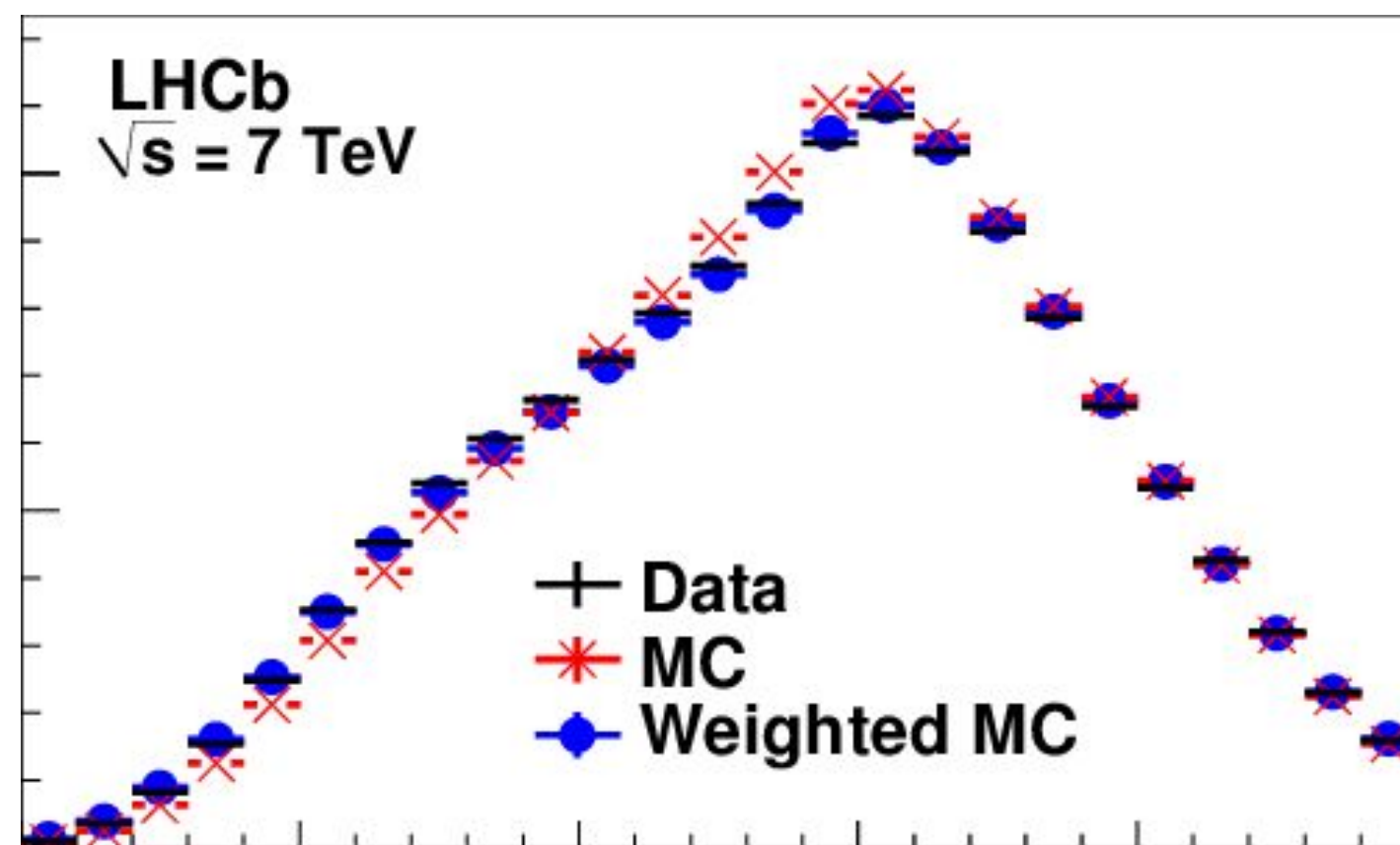
Різні типи аналізів

- Ми не завжди дивимось лише на масу частинки



Моделювання

- Є доволі важливим
- Зазвичай Монте Карло моделювання (MC)
- Генерування частинок -> моделювання розпаду з врахуванням фізичних очікувань -> моделювання проходження частинок через детектор
- Ideally, we would have a generic MC with $N \times$ statistics of data, like in B factories
- Складні моделювання для адронних колайдерів
- І чим більше даних ми маємо, тим складніше це стає!
- Ну ми хоча б можемо йому довіряти?



- **Використання:**

- Визначення можливого фону
- Визначення частоти розподілу
- Розрахунок ефективності
- Вивчення роздільної здатності
- Повторна перевірка даних
- тощо

Контрольні канали

- Використовується для усунення неточностей:

- Багато неприємних ефектів детектора - введення різних асиметрій, варіацій ефективності...
- Етапи реконструкції та відбору також можуть зміщувати розподіли
- Співвідношення та відмінності можуть врятувати аналіз!

- Використовується для повторної перевірки даних:

- Відтворюємо і перевіряємо добре відомі величини
(лабораторна робота з вимірювання коефіцієнту вільного падіння)

Контрольні канали

приклад перевірки роботи детектору

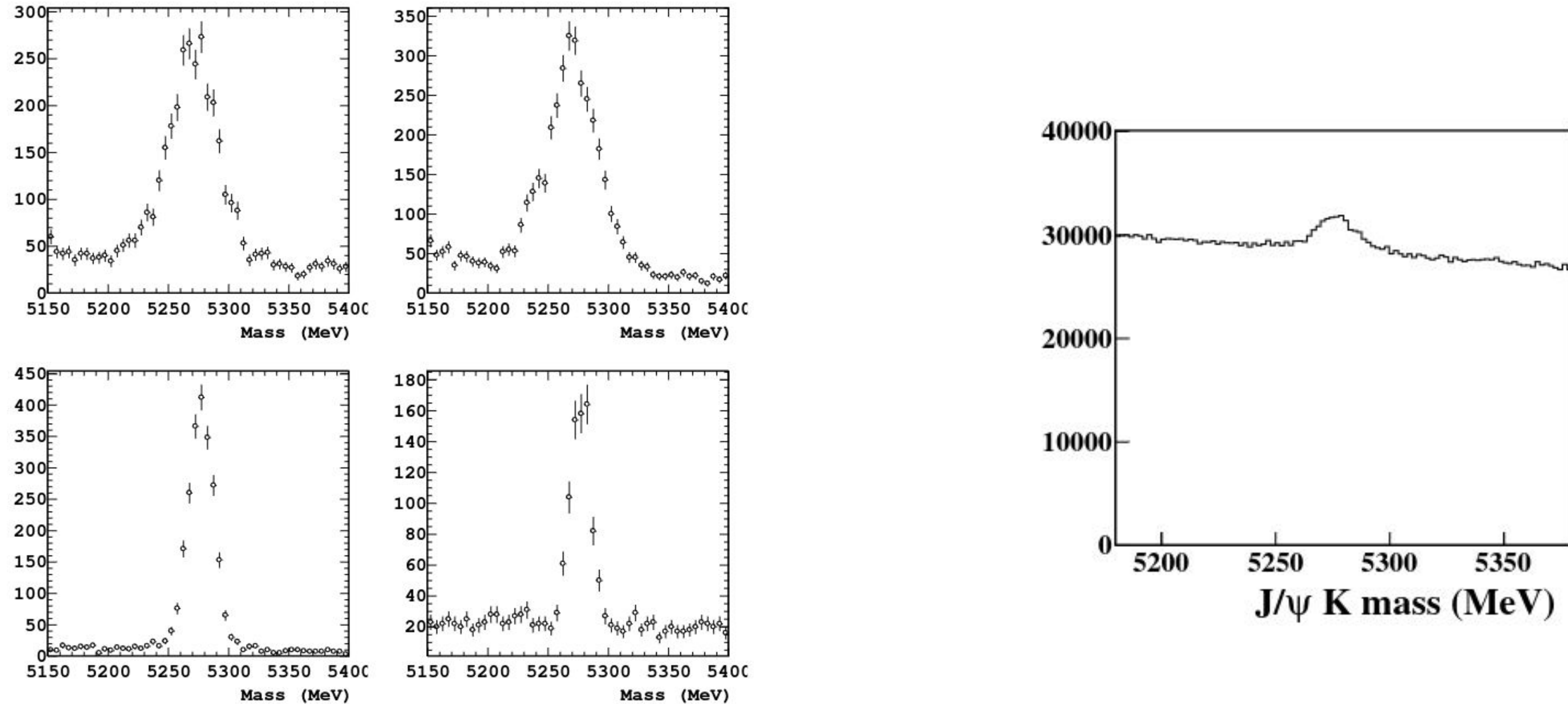


Figure 1: Mass distributions of the $B^0 \rightarrow D^+\pi^-$, $B^+ \rightarrow D^0\pi^-$, $B^0 \rightarrow J/\psi K^{*0}$, and $B^+ \rightarrow J/\psi K^+$ TIS candidates (clockwise from top left).

На замітку та для роздумів

- Ми намагаємось **виміряти** щось з накопичених даних
 - Ми детектуємо **дочірні частинки**: маса, імпульс, енергія
 - Використовуючи їх ми визначаємо розпади (частинки та вершини)
- Але **помилки** трапляються і можуть бути виправлені
 - **Відкидання фону** у процесі відбору, та використовуючи *штучний інтелект*
 - **Моделювання**, що базуються на теоретичних очікуваннях
 - **Контрольні канали** для перевірки та відкидання систематичних похибок