

# IMC Hands on Particle Physics

Partícules elementals,  
detectors i acceleradors



Institut de Ciències del Cosmos  
UNIVERSITAT DE BARCELONA



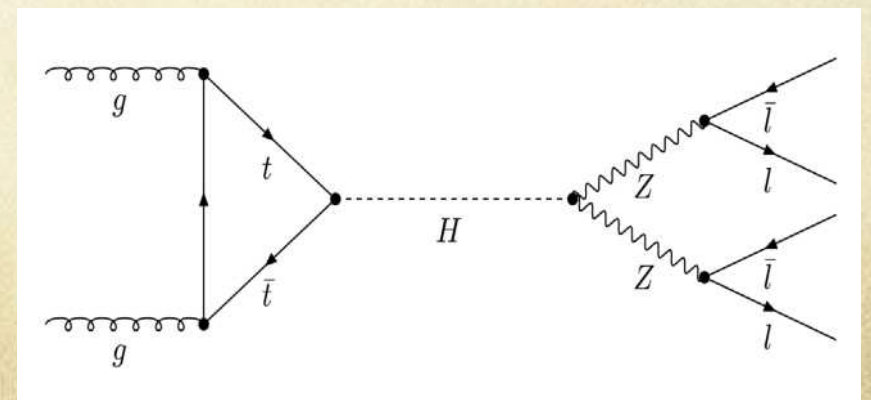
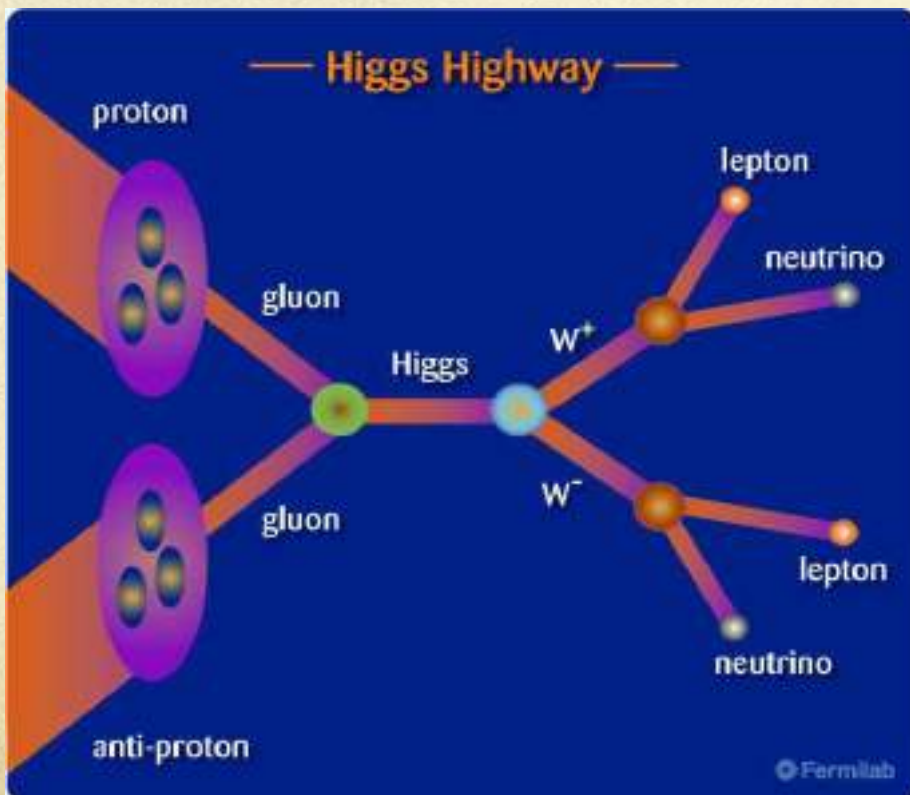
UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

Ricardo Vazquez ([rvazquez@fqa.ub.edu](mailto:rvazquez@fqa.ub.edu))

Carla Marin ([cmarin@fqa.ub.edu](mailto:cmarin@fqa.ub.edu))

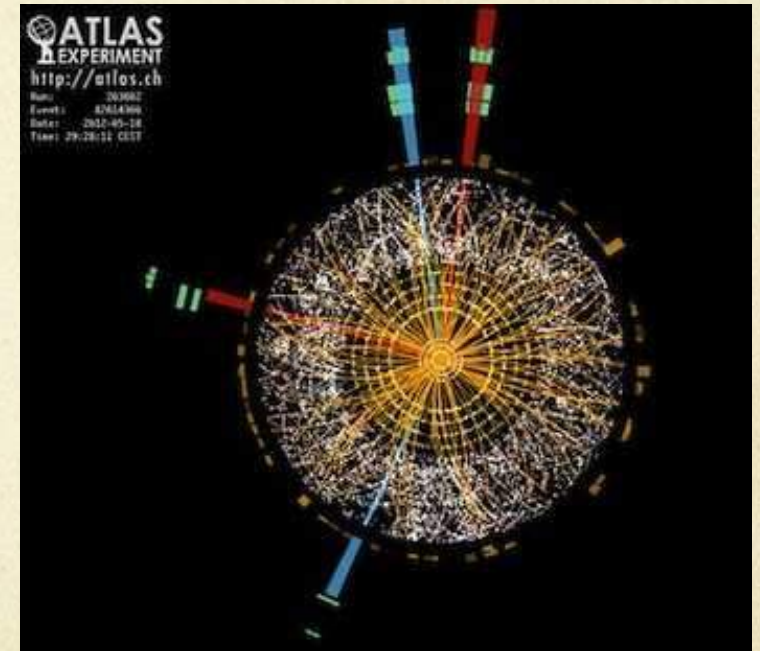
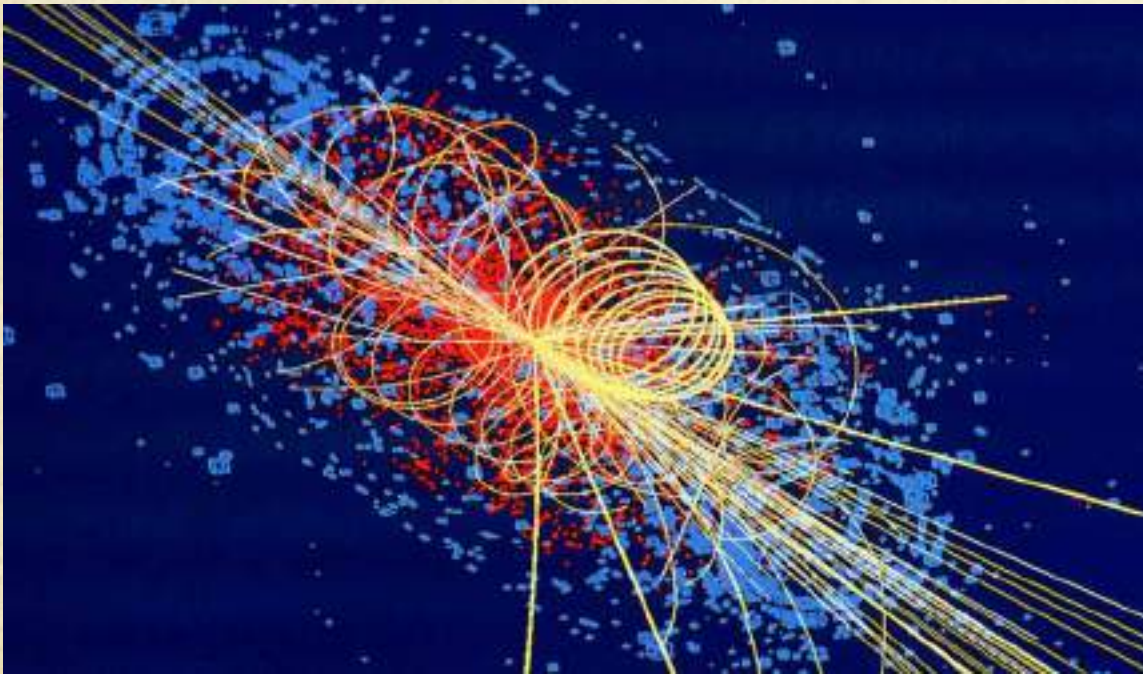
# Introducció

- Les partícules que ens interessen són rares, esquives, i es desintegren de seguida



# Partícules que reconstruim

- Decauen tan depressa que al detector només ens arriben els productes de la seva desintegració en forma de partícules molt més lleugeres i suficientment estables com per “viure prou” i atravesar el nostre detector



# Partícules que “reconstruim”

- Aquestes partícules “estables” que ens arriben i ens atravessen el detector, són les que detectem:
  - ▣ electrons, muons, fotons i hadrons (protons, neutrons, etc... -combinacions de quarks-)
- Volem conèixer les propietats de cadascun d'aquests
  - Massa
  - Moment Lineal ( $p = mv$ )
  - Energia
  - Trajectòria
- Amb tota la informació podem combinar-la i mirar d'esbrinar propietats de la col·lisió inicials, on potser s'ha creat la partícula que cerquem

# Com les “reconstruim” ?

- 1 A partir de la seva interacció amb (la matèria del) el detector:  
Aquestes partícules “estables” arriben i travessen el detector. Les classifiquem a partir de les característiques diferents que tenen i que utilitzem per detectar-les:

- 1 Carregades / Neutres elèctricament
- 1 Hadrons / No hadrons
- 1 Llarga / Curta vida mitja
- 1 Etc...

- 1 Veiem-ne alguns exemples

# Traçador (Tracker):

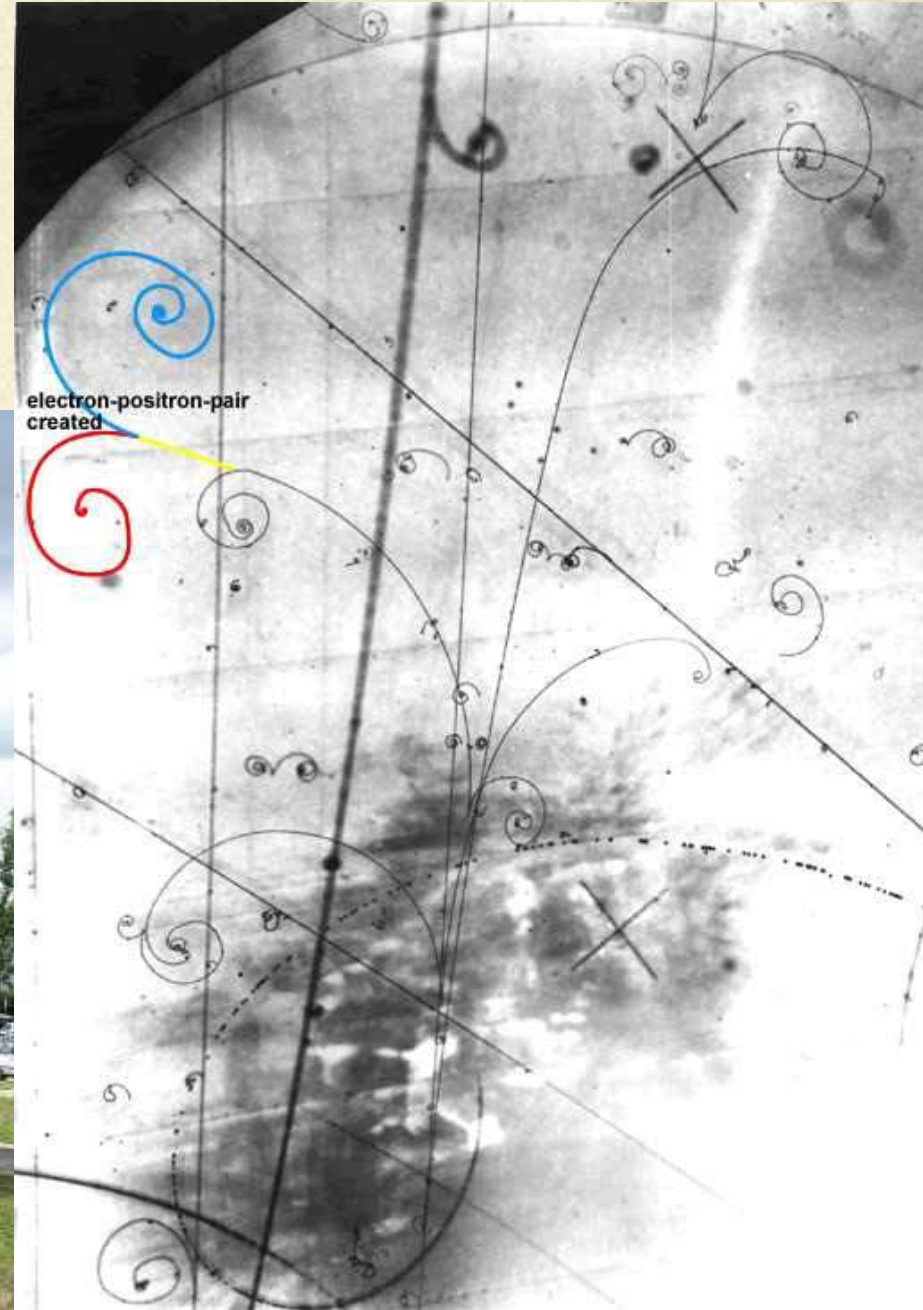
## Aparell que ens permet reconstruir la trajectòria de partícules

- Normalment les partícules han de ser carregades elèctricament
- Utilitzem com la partícula carregada interacciona elèctricament amb el medi (detector) que travessa
- Introduïm un camp magnètic en el medi, per tal que la trajectòria de partícula carregada es corbi i poguem mesurar la seva quantitat de moviment
- Vejem algun exemples:

# Càmera de bombolles

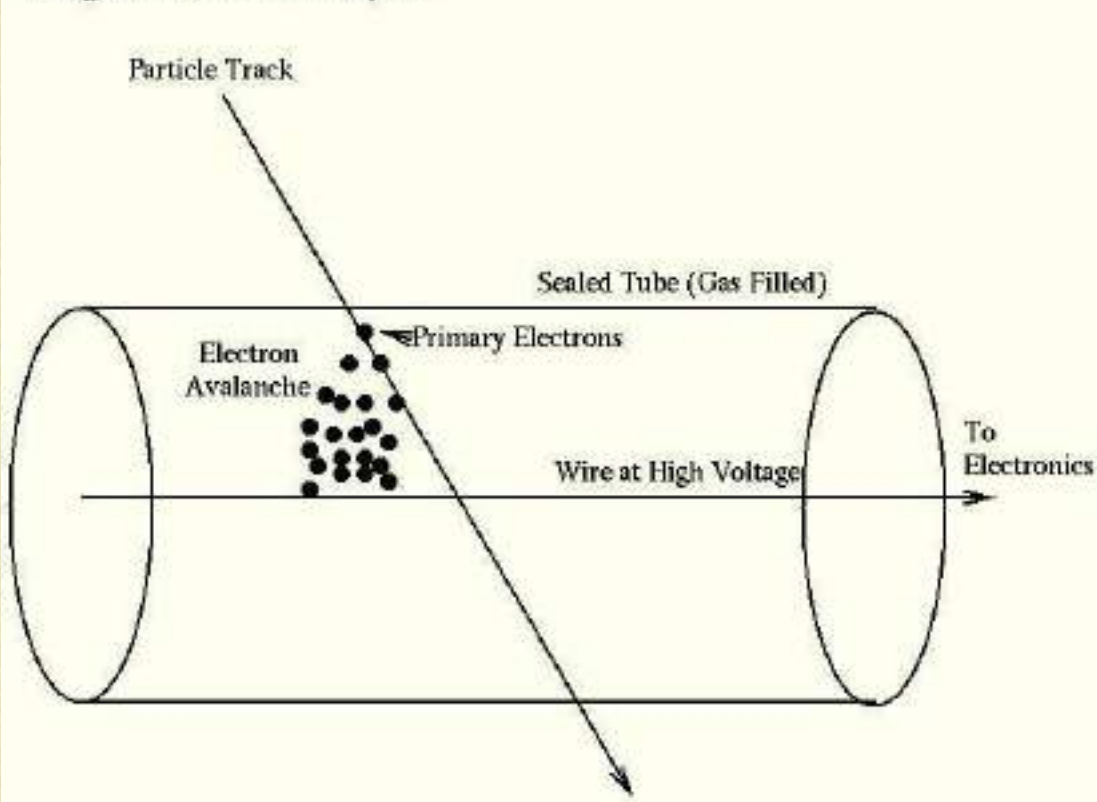
- ◆ Càmera de bombolles
  - ◆ El pas de les partícules produeix la formació de bombolles en un líquid.

- ◆ El 1932, van permetre descobrir l'antimatèria.



# Comptador Geiger

Geiger Counter Principles



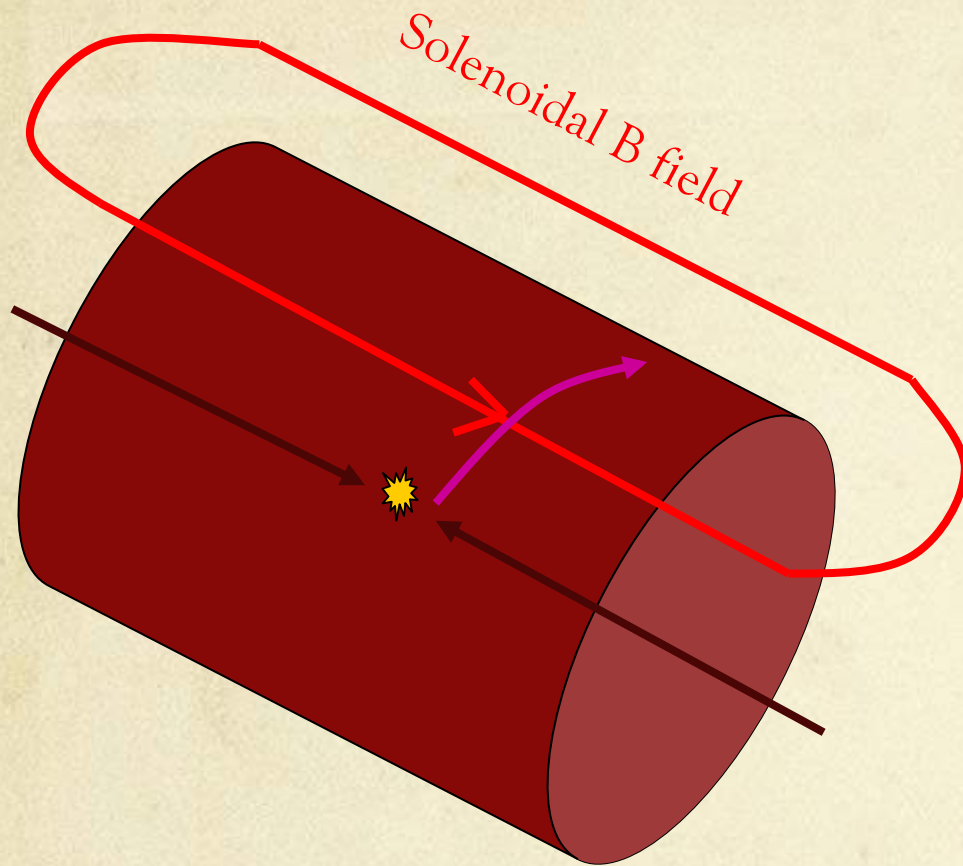
- ◆ El pas d'una partícula carregada ionitza un gas.
- ◆ Els electrons produïts són accelerats per un camp elèctric, tot ionitzant altres molècules al seu pas (allau)

- ◆ Els fan servir per a reconèixer zones amb radiació.

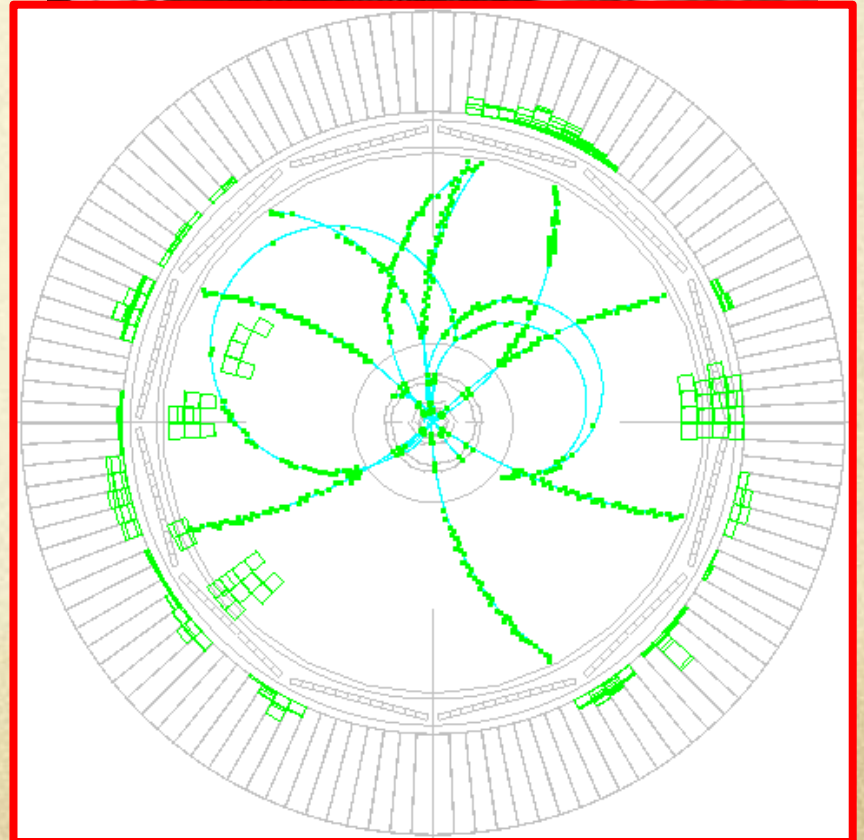




# Càmeres de fils

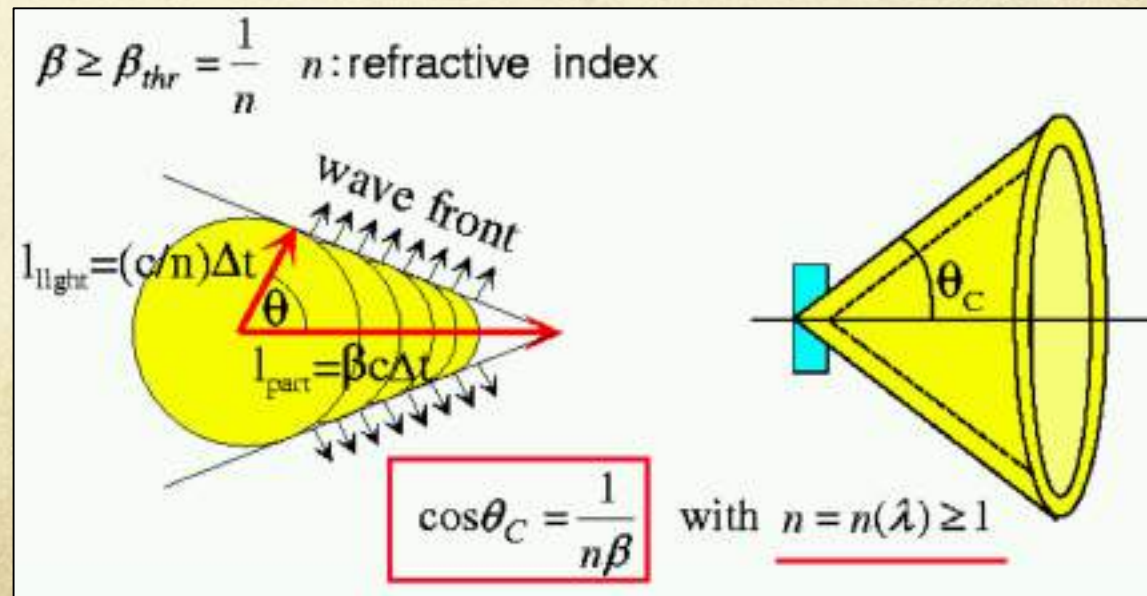


40,000 fils (exp. BaBar) en un camp B paral·lel a l'eix dels feixos.



# Detectors Cerenkov (PIDs)

- ◆ La velocitat de la llum en un material dielèctric (no conductor) és més petita que al buit.
- ◆ Una partícula no pot anar més ràpid que la llum al buit, però sí que pot anar més de pressa que la llum en el medi.
- ◆ En aquest cas, es produeix un efecte similar a l'ona de xoc produïda per un avió supersònic quan va més de pressa que el so.
- ◆ El resultat s'anomena “llum Cerenkov”.
- ◆ Els anells que es formen són una peça molt important en la identificació de les partícules, perquè l'angle del con que acaba formant un anell en un detector, està relacionat amb la massa de la partícula.

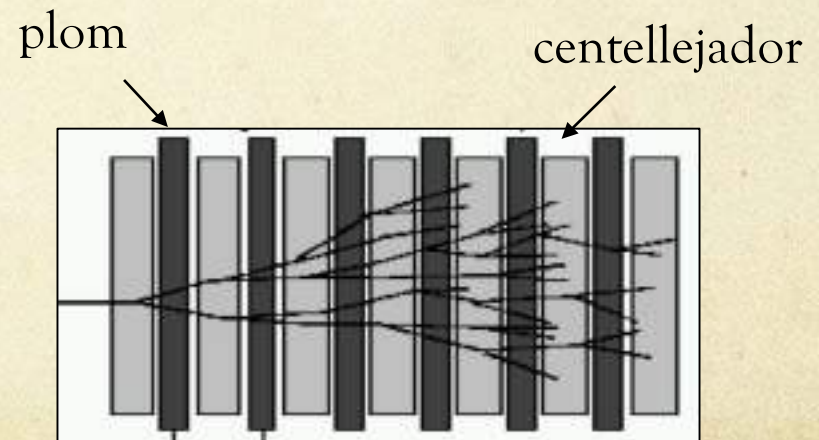
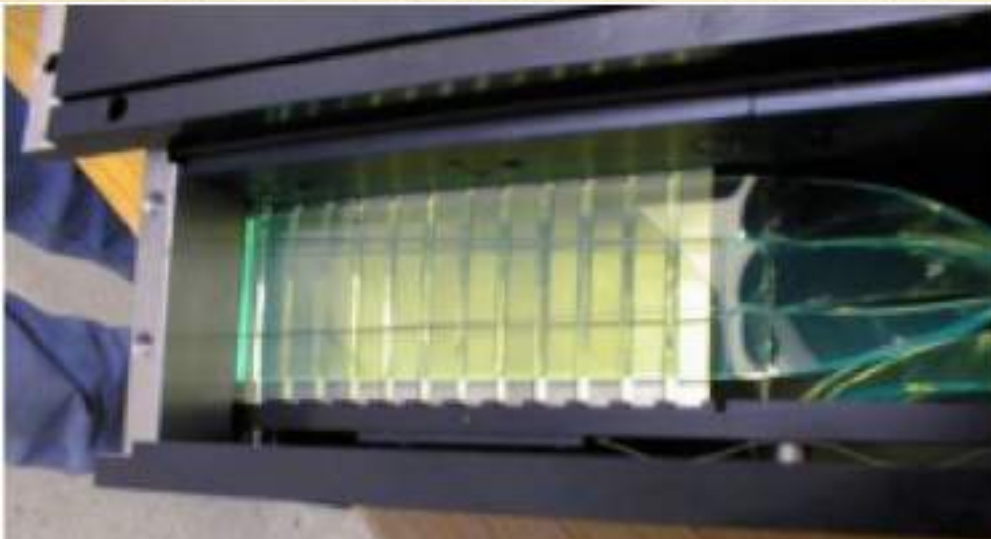


# I les partícules que són neutres elèctricament ?

- Haurem d'usar mètodes més expeditius per fer-les interaccionar amb el nostre detector (“plomo o plata? plomo!”)
- Intentarem que interaccionin, encara que sigui inelàsticament, amb el medi (detector), en mesurament l'energia
- Després ja no podrem fer res més amb aquella partícula, perquè l'haurem “destruït” per poder-ne mesurar una característica

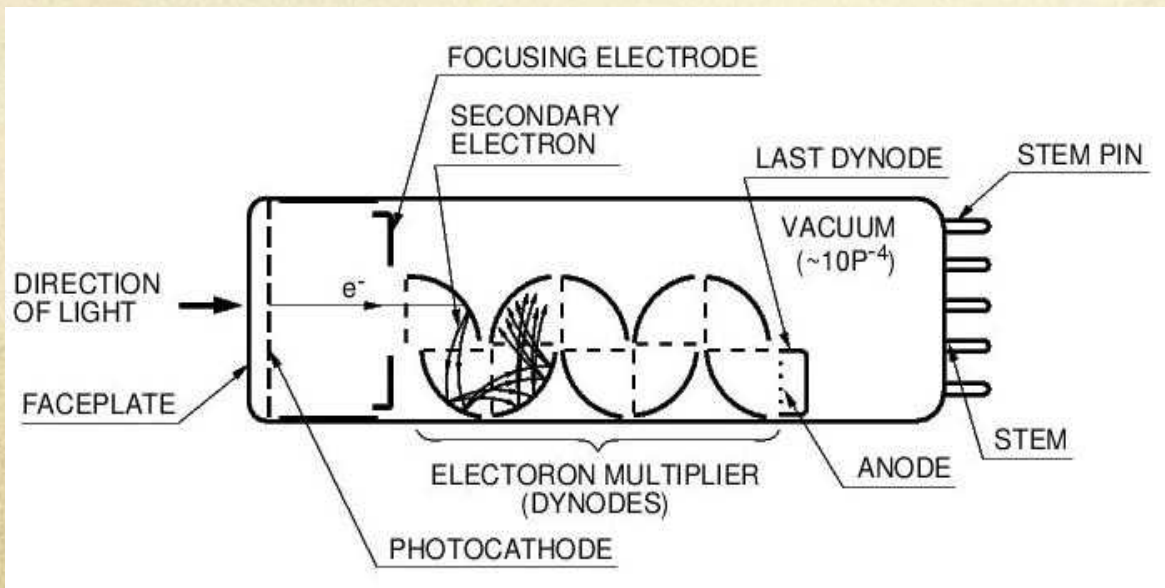
# Calorimentres: Cascades EM

- ◆ Els calorimetres són dispositius que intenten mesurar l'energia de partícules (tant neutres com carregades) a partir de intentar aturar-les, es a dir, fer les interaccionar (inelasticament) en el seu interior de manera que hi produeixin cascades de partícules.
- ◆ Electrons, positrons i fotons produeixen cascades electromagnètiques en incidir sobre una capa de plom.
- ◆ Les partícules carregades que es generen es poden detectar amb centellejadors i fotodetectors.



# Centelleig i fotodetectors

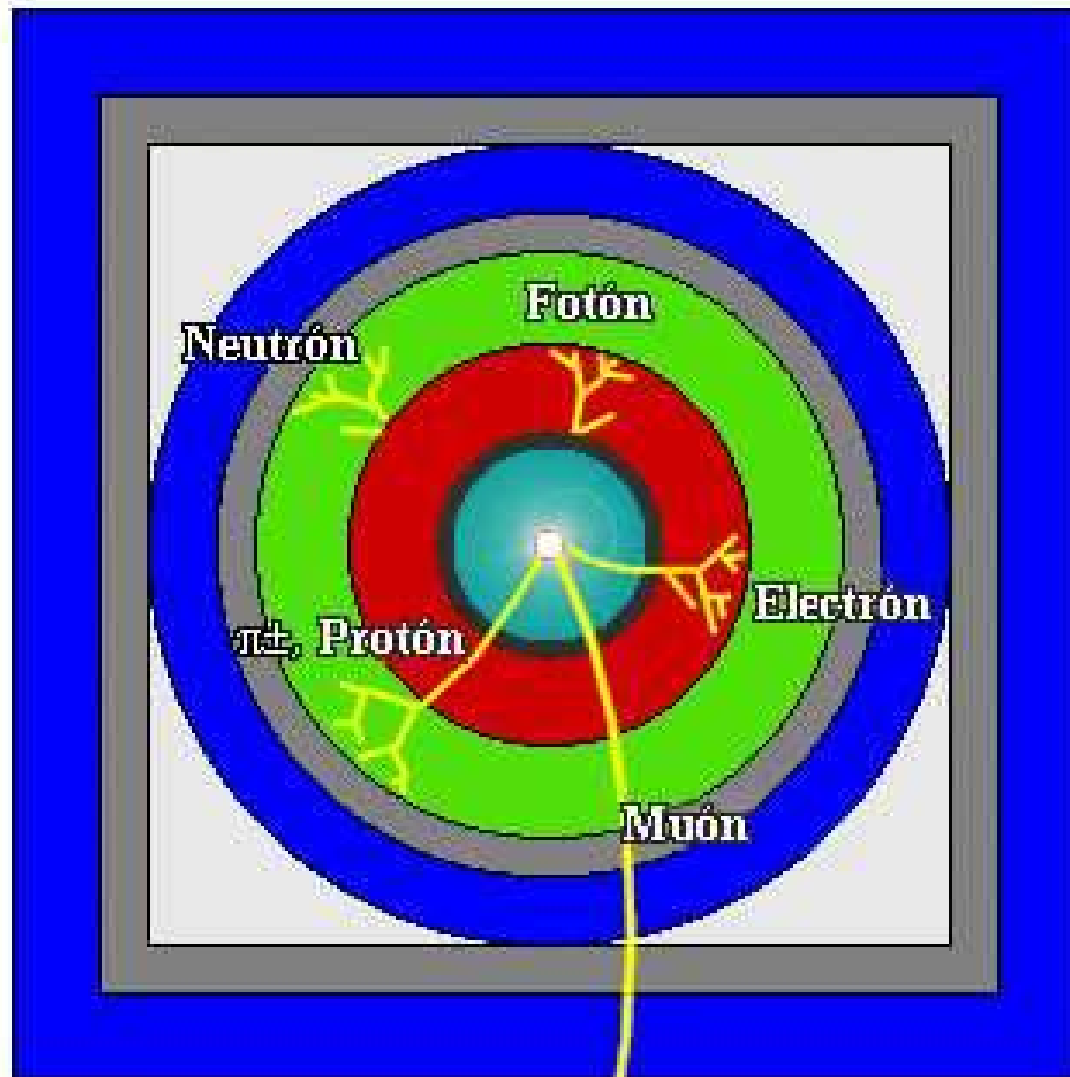
- ◆ Un centellejador és un material (CsI, plàstic, ...) que emet llum (fotons) al pas d'una partícula carregada.
- ◆ Aquesta llum és molt feble, i per a detectar-la, es fan servir dispositius molt sensibles a la llum (fotodetectors) i que n'amplifiquen la senyal.
- ◆ Un exemple de fotodetectors són els tubs fotomultiplicadors.
  - ◆ Emissió d'electrons al fotocàtode.
  - ◆ Acceleració a través de camps elèctrics.
  - ◆ Emissió secundària (dínodes).
  - ◆ Col·lecció de càrrega a l'ànode.



# Grans detectors

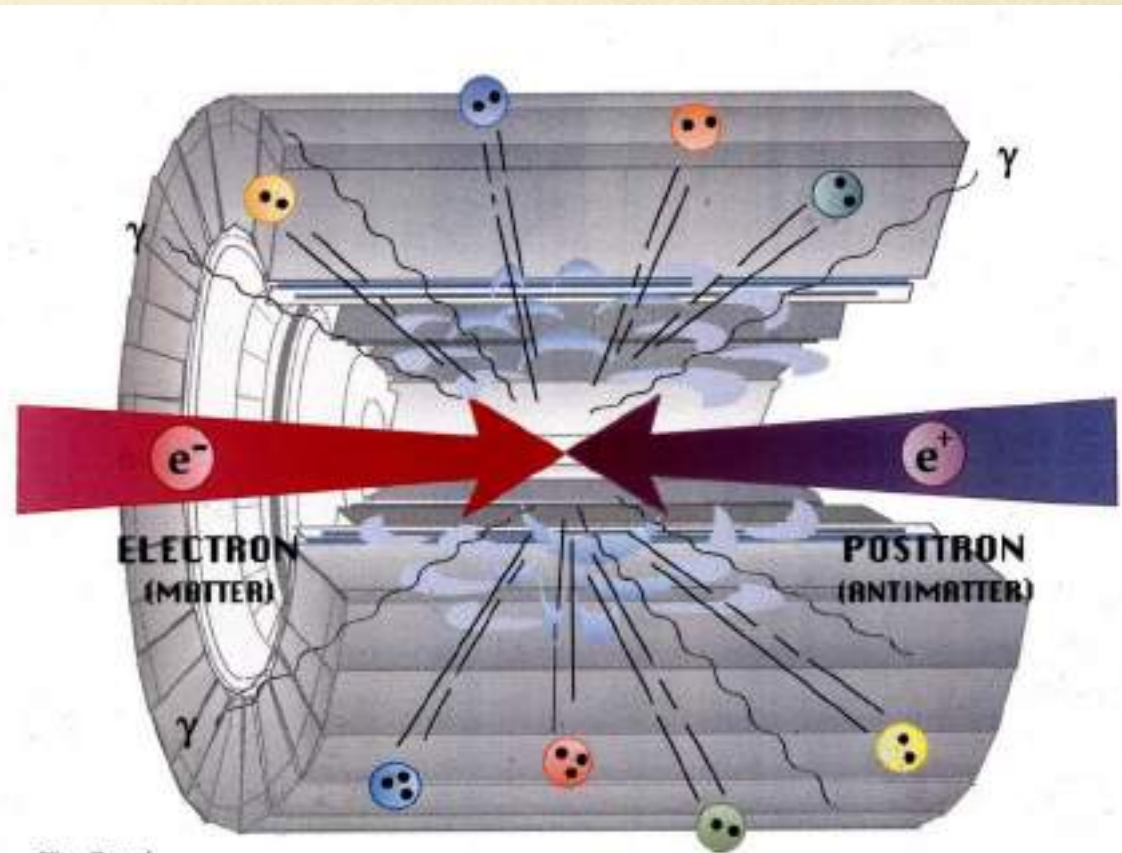
Sección de un detector mostrando las trayectorias de las partículas

-  Haz (centro)
-  Cámara de trayectoria
-  Bobinado
-  Calorímetro E-M
-  Calorímetro de hadrones
-  Hierro magnetizado
-  Cámara de muones



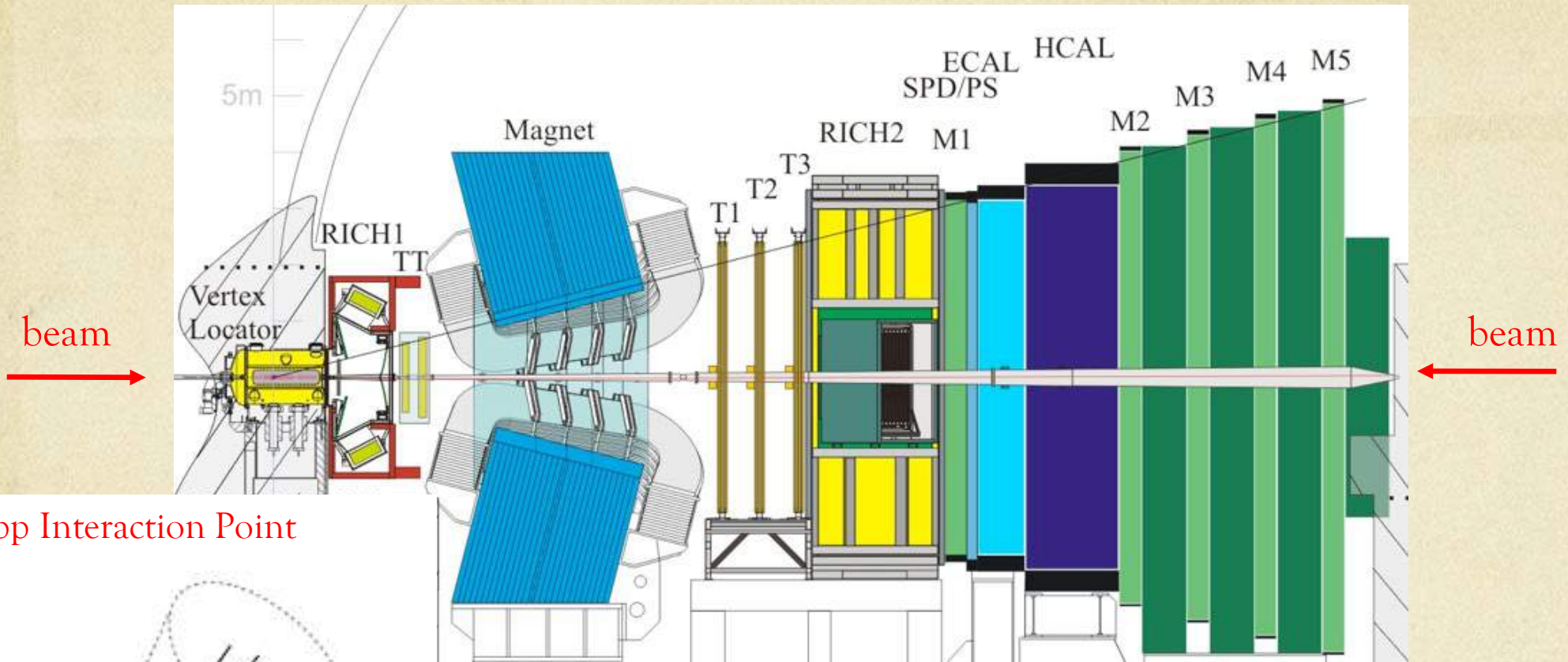
# Grans detectors

- ◆ Per a detectar partícules, primer s'han de produir.
- ◆ Això s'aconsegueix a través de col·lisions  $e^+e^-$ , o bé protó-protó, accelerats en acceleradors.
- ◆ La detecció de les partícules s'aconsegueix gràcies a un arranjament de detectors com els presentats anteriorment.

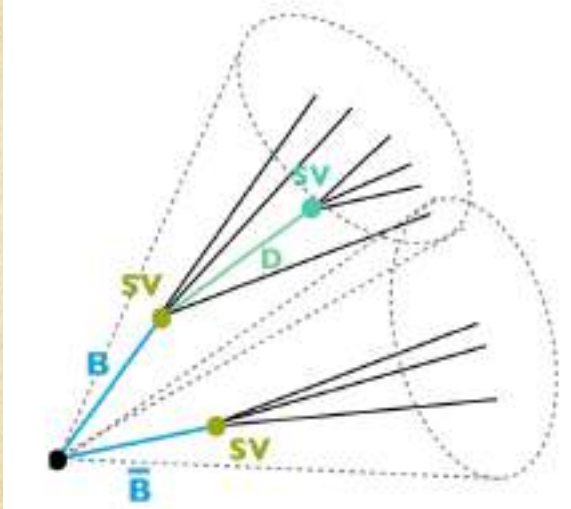


# Intro: LHCb sub-detectors

$15 < \eta < 300 \text{ mrad}$   
 $(1.9 < \eta < 4.9)$



pp Interaction Point



**VELO:** Silicon vertex detector, very precise reco of Primary (PV) and Secondary (SV) vertices.

**TT, T1, T2, T3 :** Tracking Detectors based on Silicon

**Magnet:** 4Tm (10m), 4,2 MWs,  $dB/B = 10^{-4}$

**RICH1, RICH2:** Cerenkov Detectors separation  $\pi/K/p$

**ECAL, HCAL, SPD/PS:**

**M1-M5:** Muon ID stations







# I les partícules pesades? Com les reconstruim

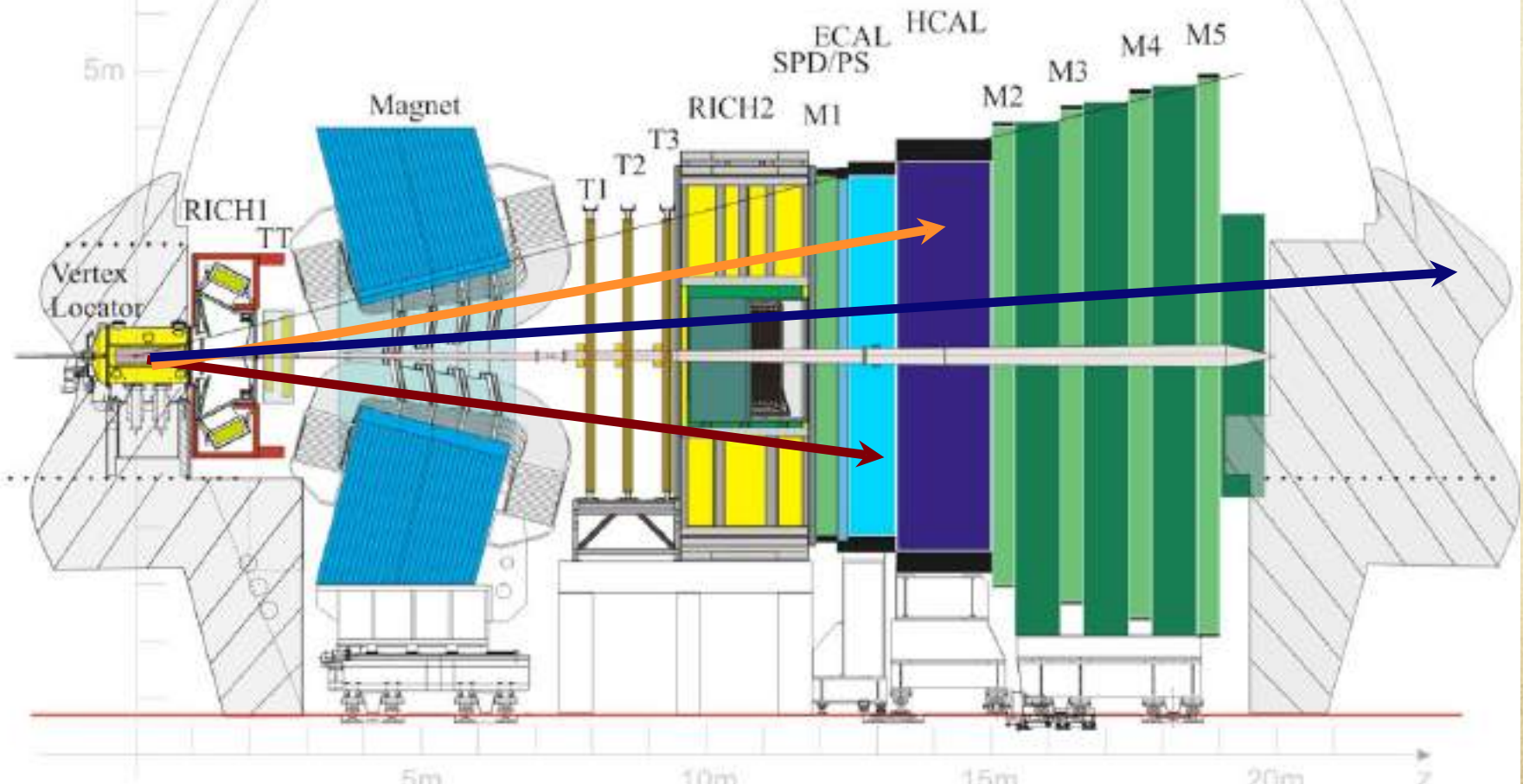
- ◆ Partícules com el Higgs ( $125 \text{ GeV} \sim 125$  protons), els bosons Z ( $\sim 90 \text{ GeV}$ ) i W ( $\sim 80 \text{ GeV}$ ), es desintegren molt ràpidament en d'altres partícules més lleugeres.
- ◆ Tant ràpidament que literalment passa “just en el punt de col·lisió”
- ◆ Per tant, al detector només ens arriben els seus productes de desintegració (primària o secundària) que es corresponen amb partícules “estables”.
- ◆ El mesó D (massa  $\sim 2 \text{ GeV}$ ), combinació de quarks c, al ser més lleuger, viu una mica més, per tant podem mesurar la seu temps de vida
- ◆ Exemples:

# Com es reconeixen i identifiquen els diferents productes de desintegració de una partícula primordial?

- ◆ **Vertex:** Podem identificar un conjunt de partícules que es creen en un mateix punt de l'espai
- ◆ **Electrons/Positrons:  $e^+e^-$** 
  - ◆ Deixen senyal al calorímetre electromagnètic, i als traçadors
- ◆ **Muons:**
  - ◆ Els muons deixen senyal a les cambres de muons.
  - ◆ Poden depositar part de la seva energia als calorímetres.
- ◆ **Hadrons (conjunts estables de quarks: neutrons, protons)**
  - ◆ Hi ha deposicions d'energia al calorímetre hadrònic, si són carregats deixen traça al tracker.
  - ◆ Els quarks no es troben mai de manera aïllada. S'observen experimentalment com a “jets”(dolls) de partícules (grups de traces).
- ◆ **Neutrins:** Els neutrins no es detecten.
- **$D^0 \Rightarrow K^+\pi^-$** : Aquest és l'exercici que farem avui...

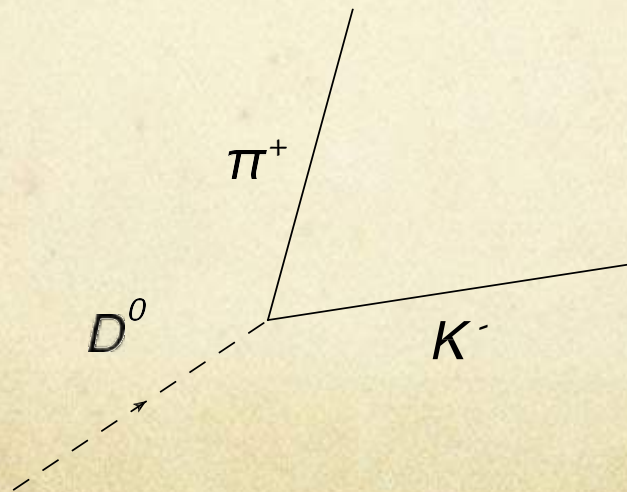
# En el cas d'LHCb

-  ELECTRONS
-  FOTONS
-  HADRONS
-  MUONS



# Avui buscarem ...

- Mesons D neutres no deixen senyal als traçadors, per tant haurem de buscar-los a partir dels seus producte de desintegració
  - K i  $\pi$  de càrrega oposada
  - Que vinguin del mateix punt = Formin un vertex
  - Vertex desplaçat respecte el punt on els protons col·lisionen.
  - I la energia en el centre de masses del sistema  $k\pi$  sigui propera a la massa del  $D^0$ : 1865 MeV.



FI-END-FINI-FINE-FIN