



Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

# Elettronica negli esperimenti di Fisica delle alte energie

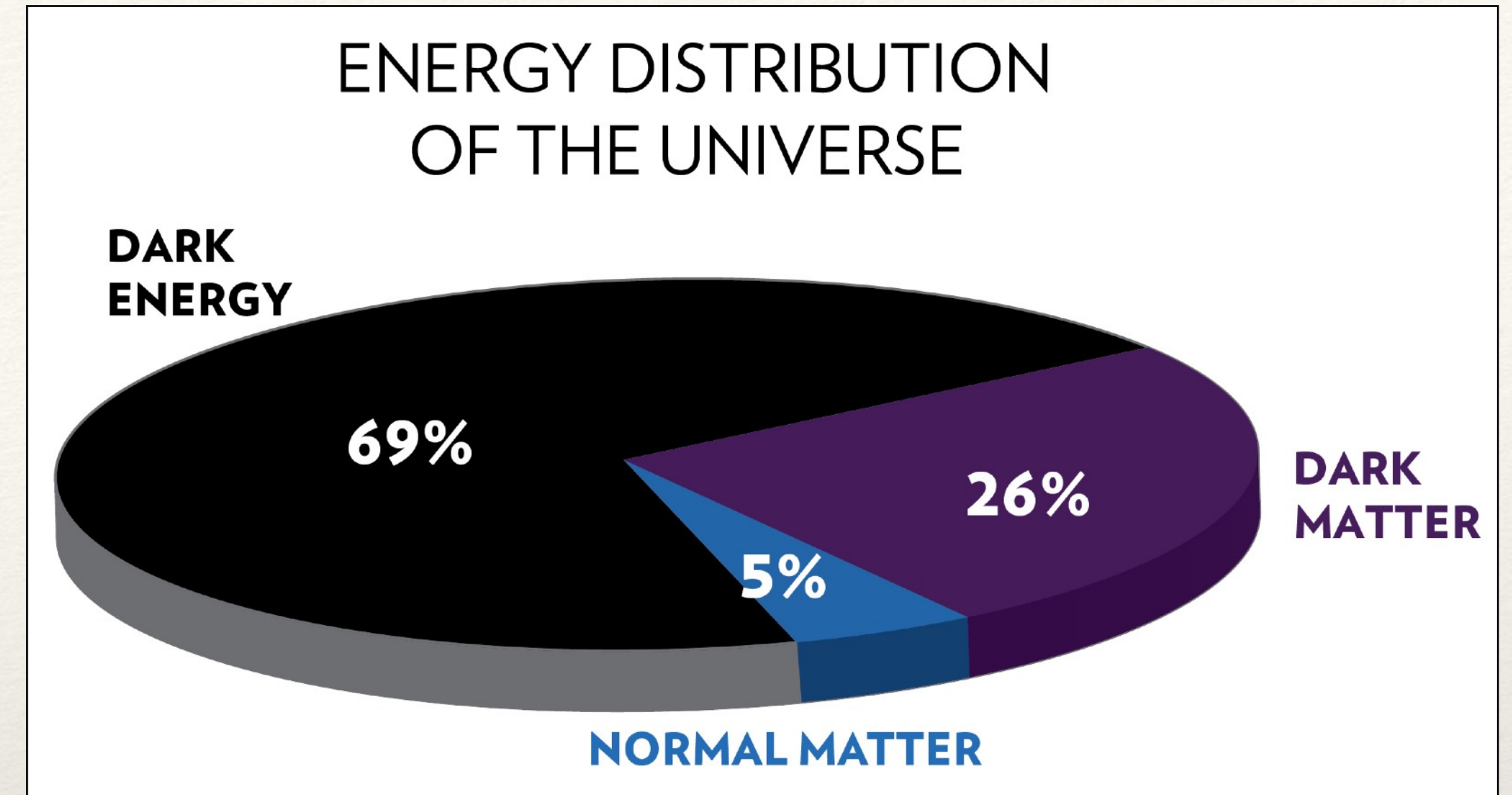
Antonio Paladino - 2024/02/14

ITS MAKER

# Cosa sappiamo del nostro universo?

Il Modello Standard è in grado di spiegare gran parte dei fenomeni che osserviamo...

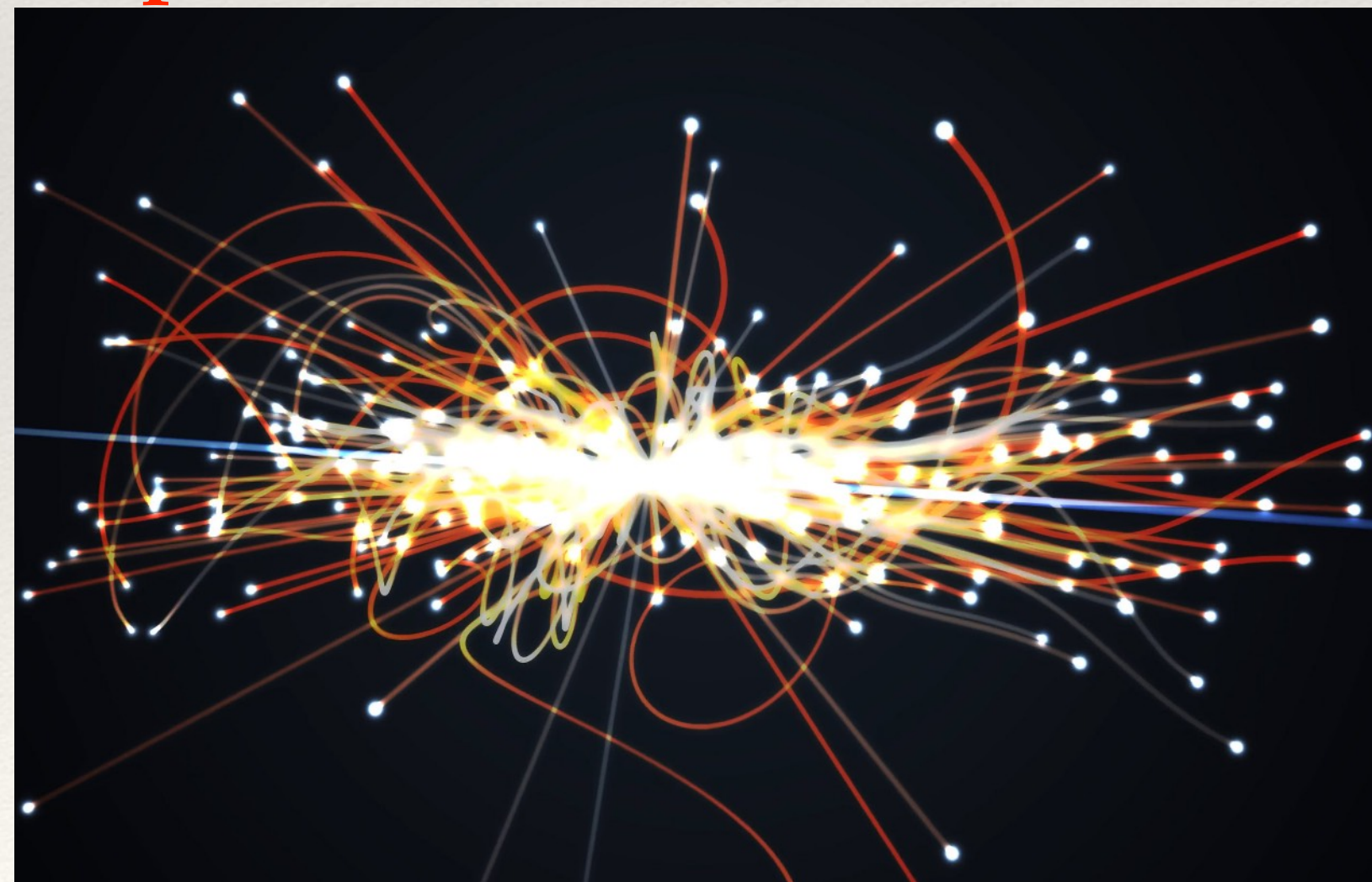
...ma come cercare i pezzi mancanti?



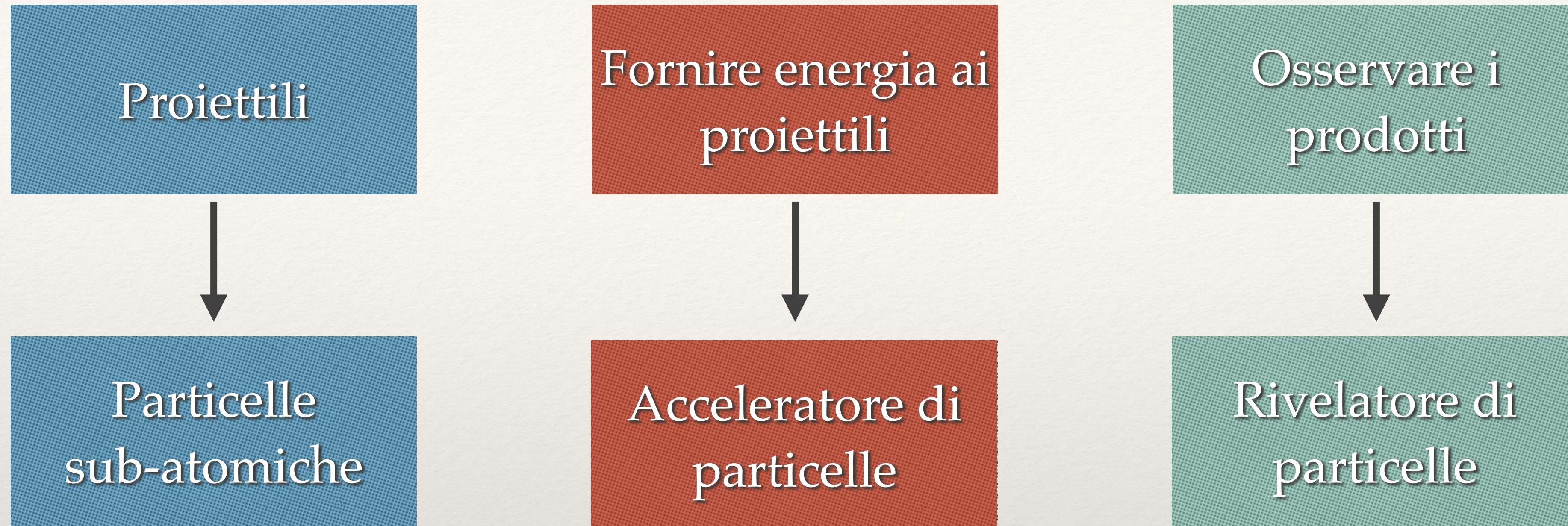
## Osservazioni astrofisiche



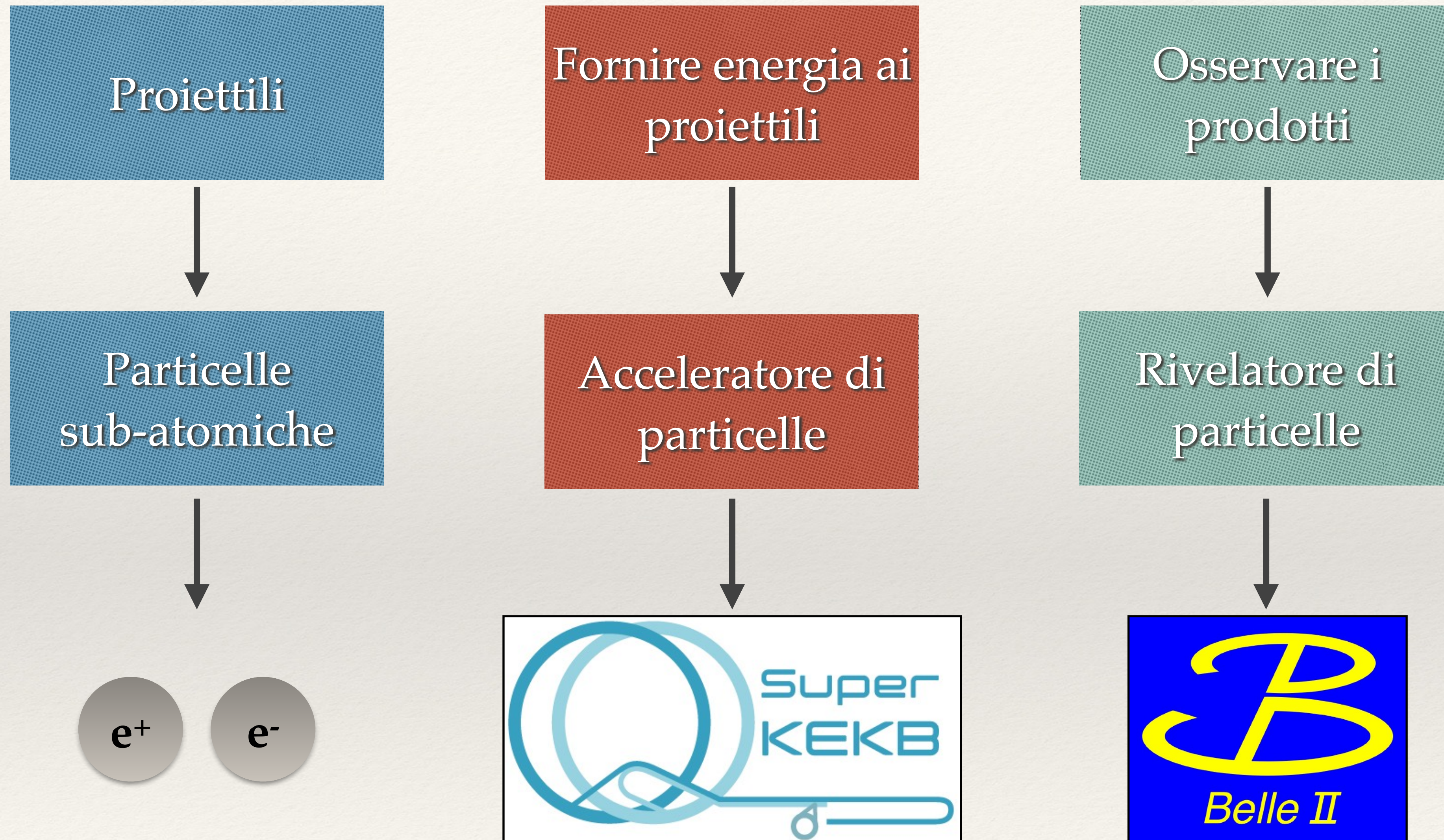
## Riprodurre eventi in laboratorio



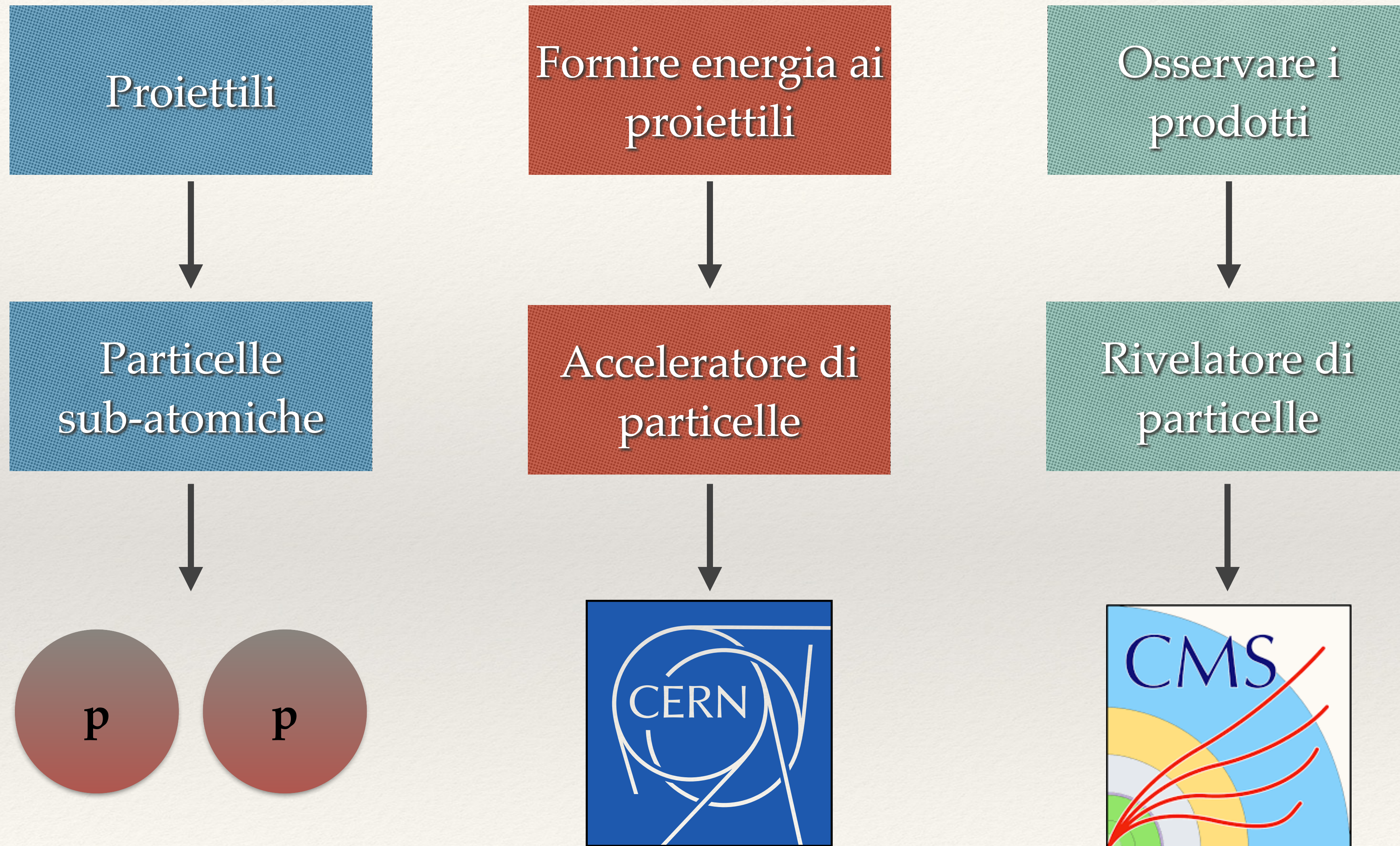
# Come riprodurre eventi in laboratorio?



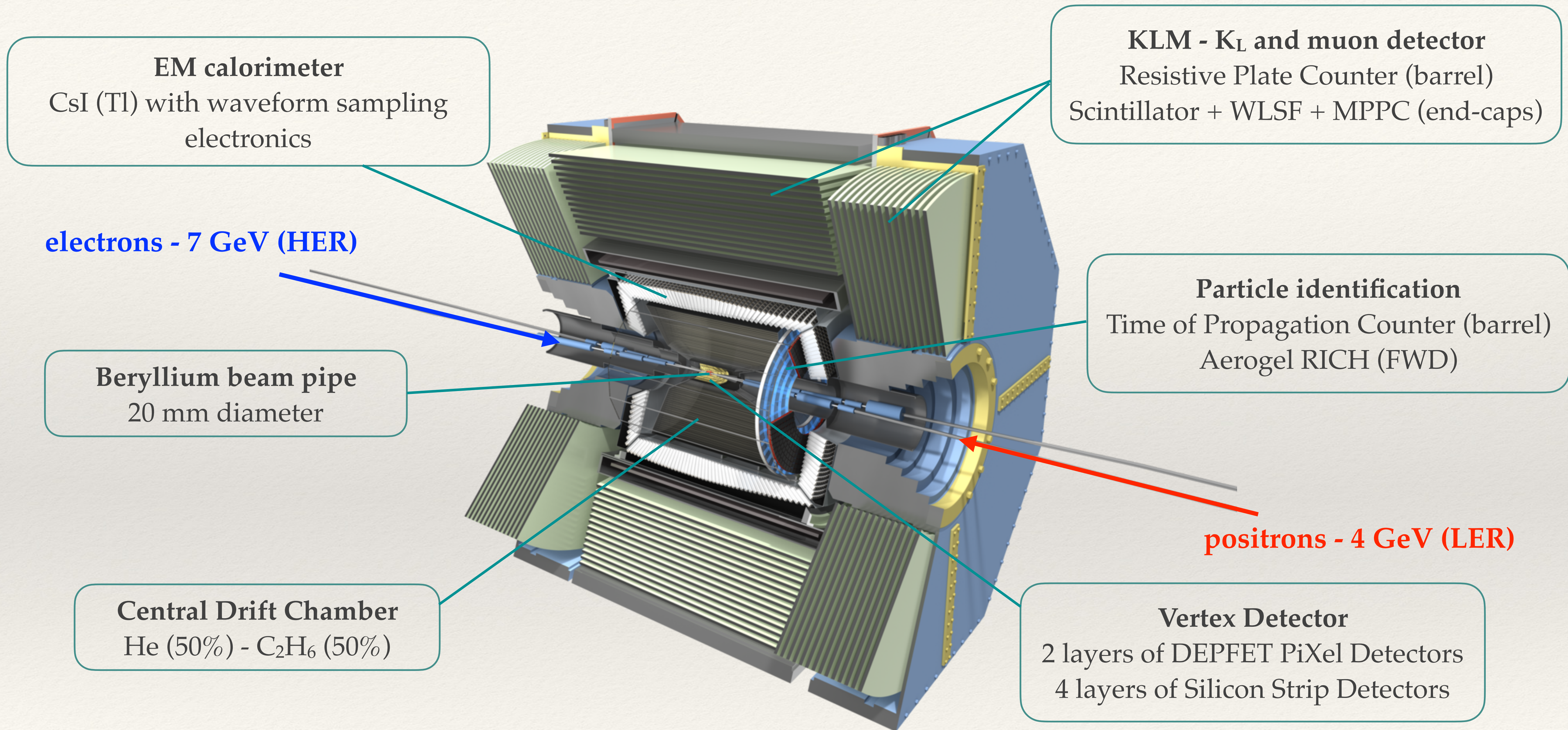
# Come riprodurre eventi in laboratorio?



# Come riprodurre eventi in laboratorio?



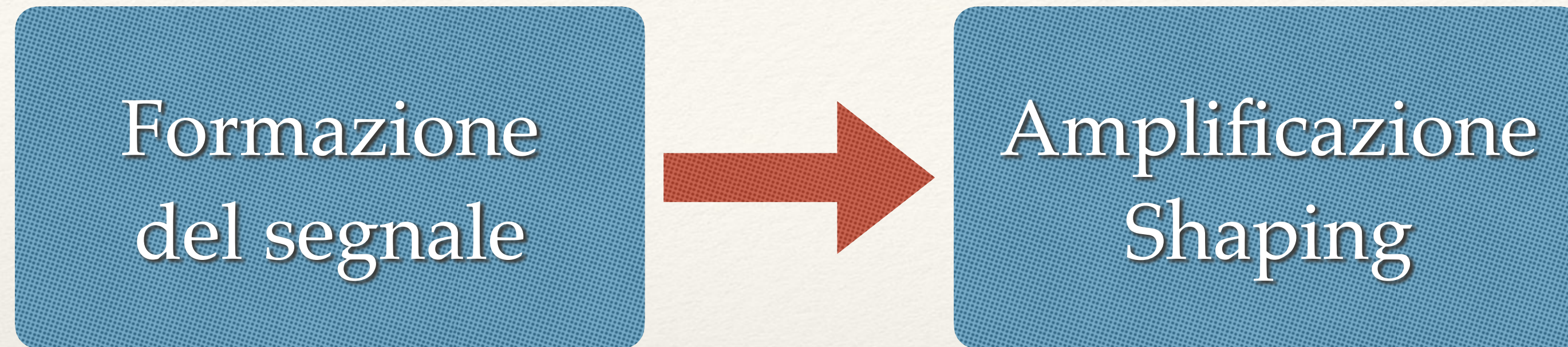
# Il rivelatore Belle II



# Come arriva il segnale dal rivelatore?

Formazione  
del segnale

# Come arriva il segnale dal rivelatore?





# Come arriva il segnale dal rivelatore?



# Come arriva il segnale dal rivelatore?



# Come arriva il segnale dal rivelatore?



# Come arriva il segnale dal rivelatore?



# Environmental monitoring e interlock

Controllo dei parametri ambientali per garantire la sicurezza degli apparati

# Environmental monitoring e interlock

## Controllo dei parametri ambientali per garantire la sicurezza degli apparati

I rivelatori sono soggetti a danno da radiazione

Radiazione  
da interazioni

Radiazione dai  
fasci (background)

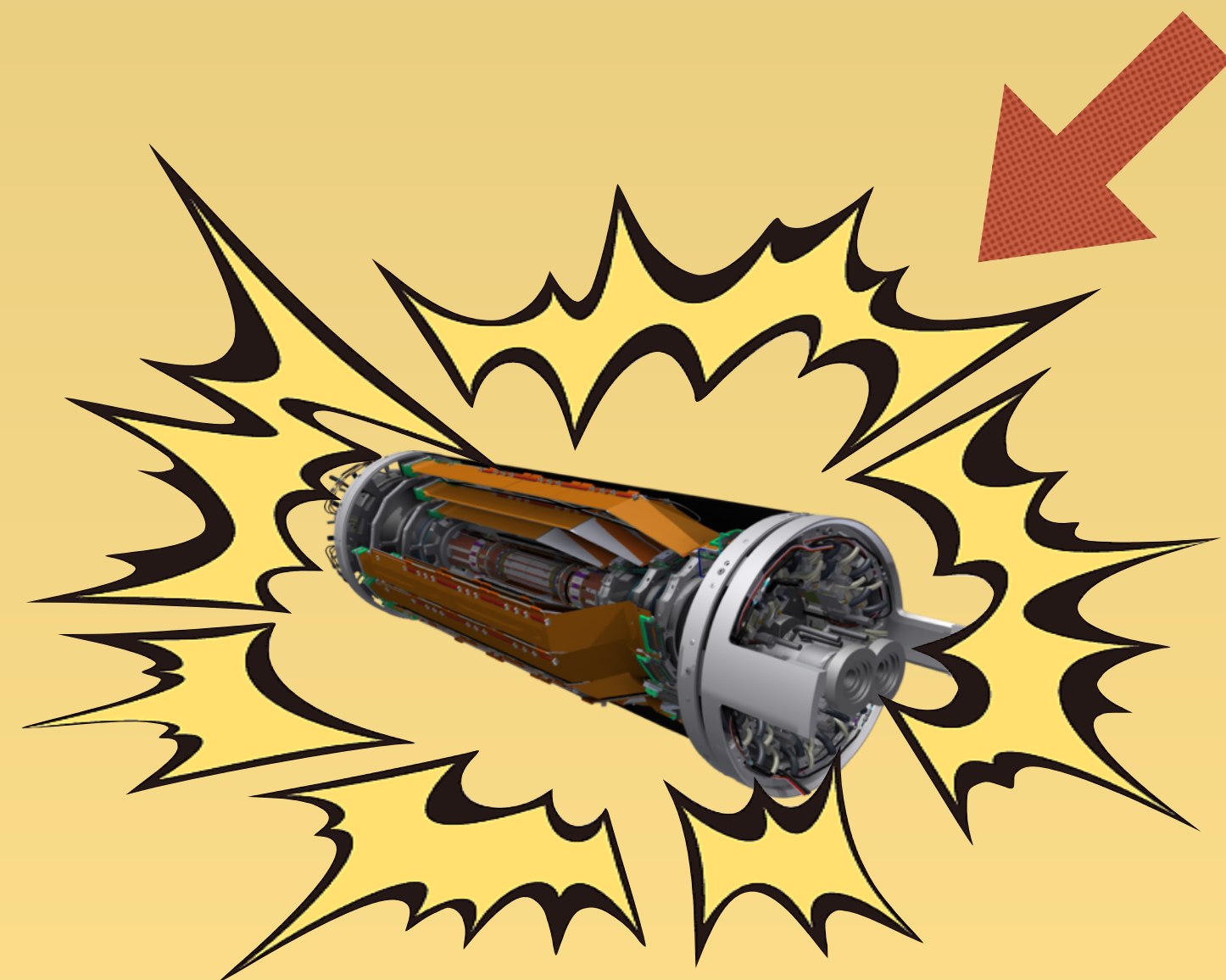
# Environmental monitoring e interlock

Controllo dei parametri ambientali per garantire la sicurezza degli apparati

I rivelatori sono soggetti a danno da radiazione

Radiazione  
da interazioni

Radiazione dai  
fasci (background)



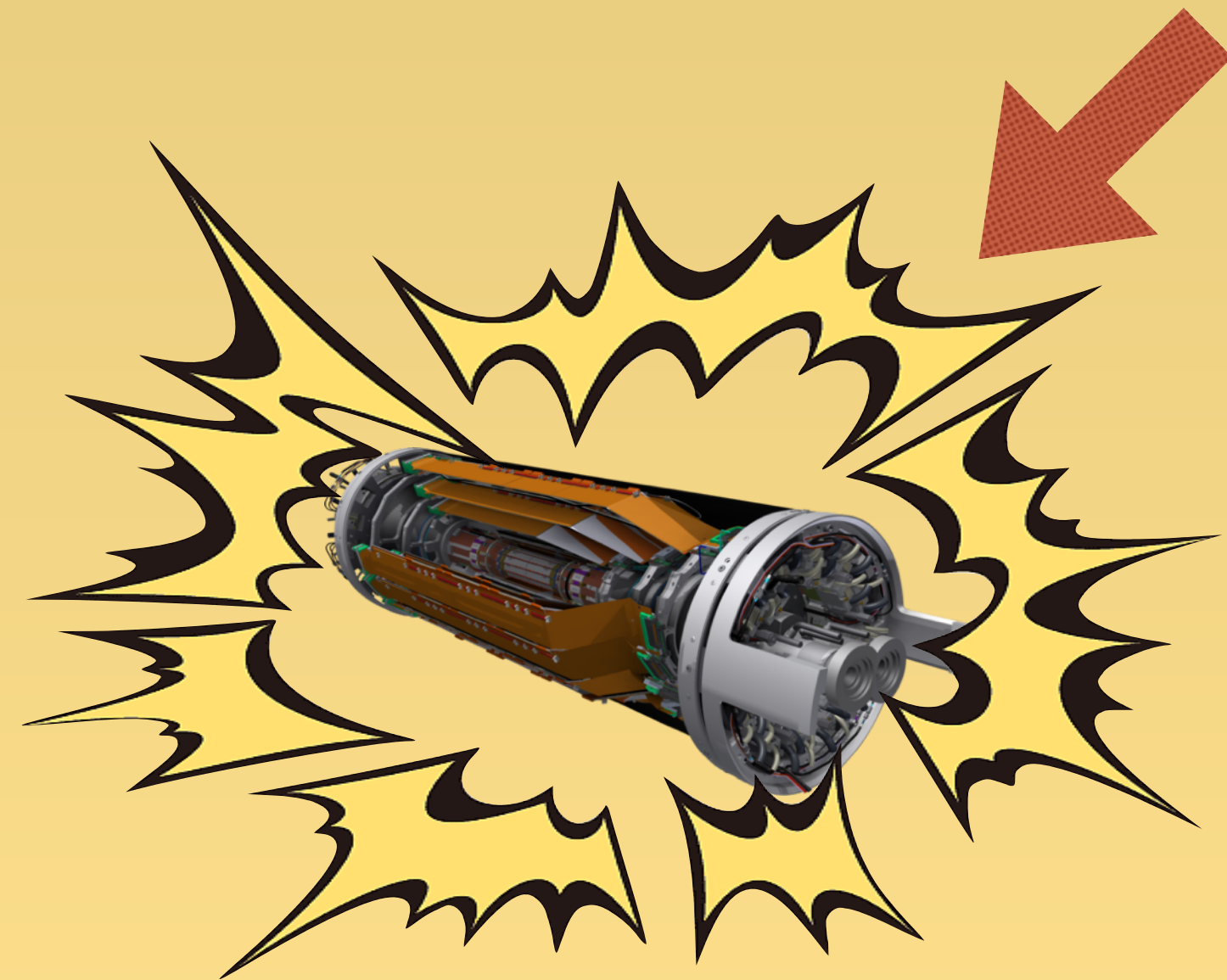
# Environmental monitoring e interlock

## Controllo dei parametri ambientali per garantire la sicurezza degli apparati

I rivelatori sono soggetti a danno da radiazione

Radiazione  
da interazioni

Radiazione dai  
fasci (background)



Alcuni rivelatori operano a basse temperature

Flusso di aria secca  
Volume chiuso

No aria secca  
Perdite nel volume



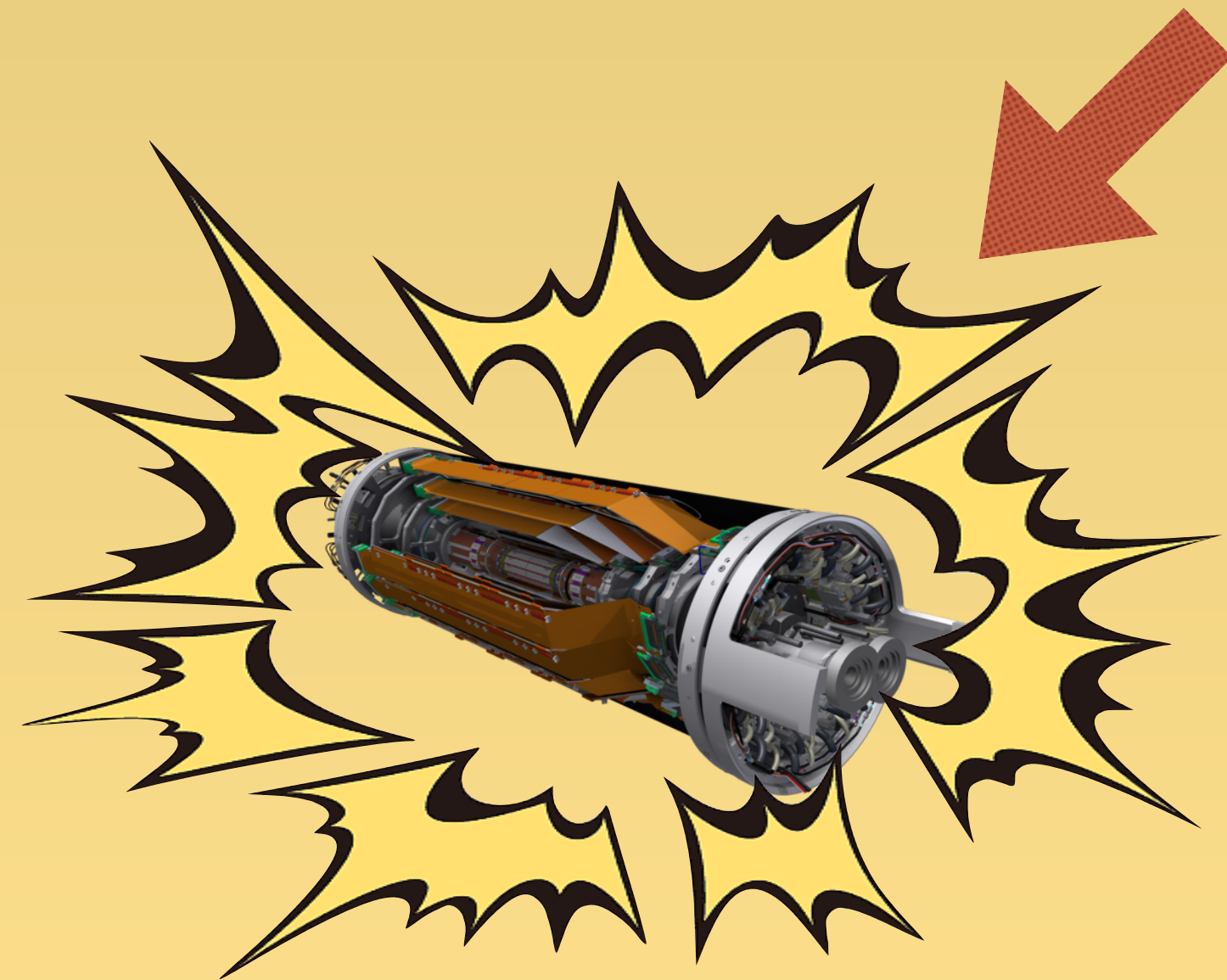
# Environmental monitoring e interlock

## Controllo dei parametri ambientali per garantire la sicurezza degli apparati

I rivelatori sono soggetti a danno da radiazione

Radiazione  
da interazioni

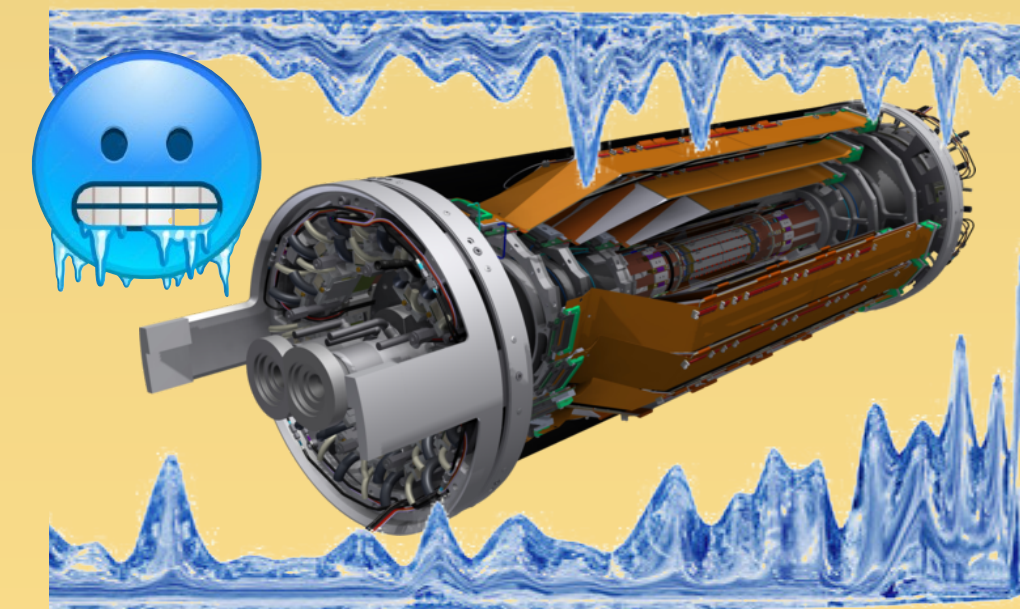
Radiazione dai  
fasci (background)



Alcuni rivelatori operano a basse temperature

Flusso di aria secca  
Volume chiuso

No aria secca  
Perdite nel volume



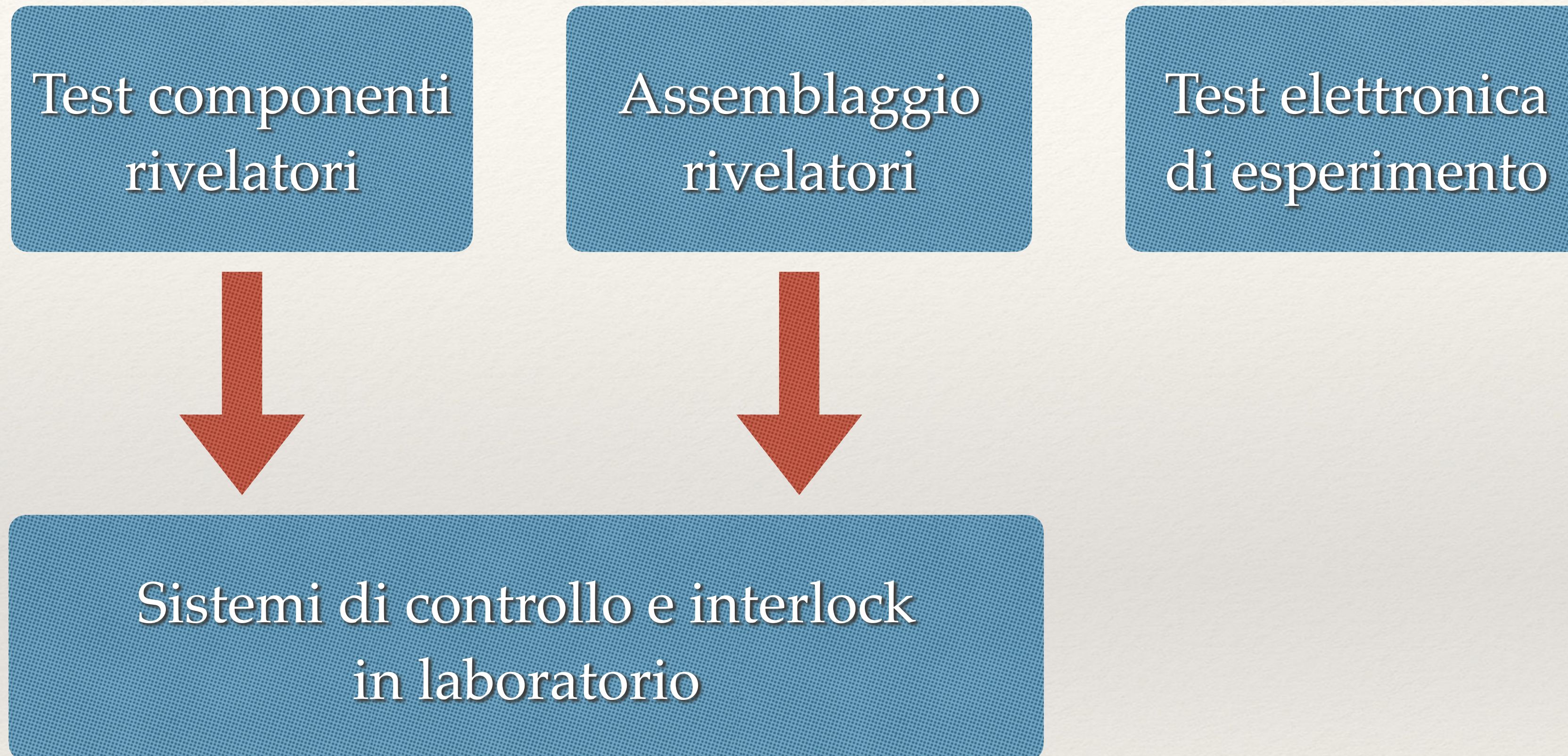
# Fasi di test e R&D

Test componenti  
rivelatori

Assemblaggio  
rivelatori

Test elettronica  
di esperimento

# Fasi di test e R&D



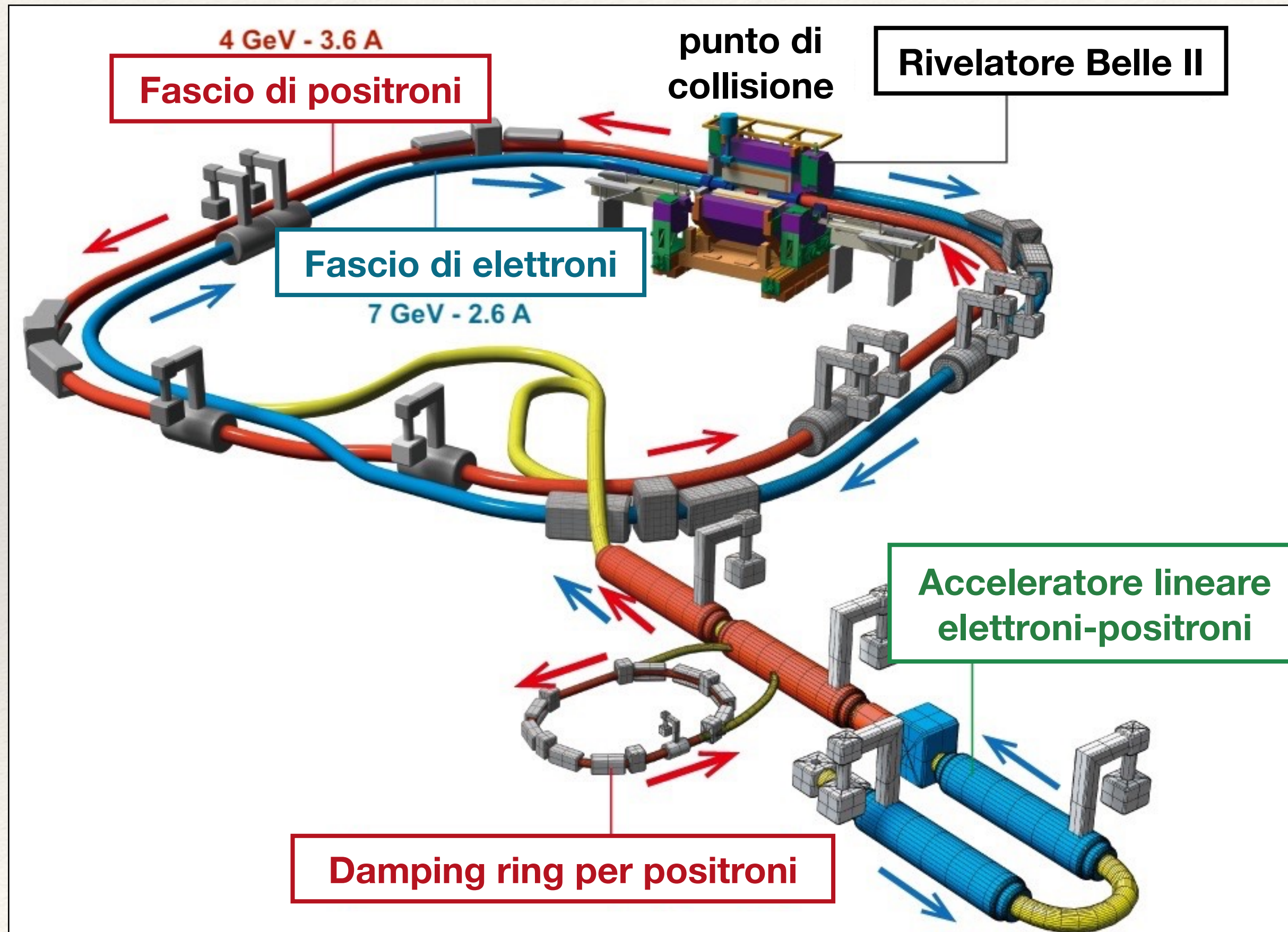


Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Grazie per l'attenzione

# L'acceleratore SuperKEKB

- ◉ SuperKEKB è un **collisore asimmetrico di elettroni e positroni**, che circolano in due anelli di 3 km di circonferenza, e si incontrano in un punto, chiamato punto di interazione, dove avvengono le collisioni.
- ◉ La sua luminosità di progetto,  $6 \times 10^{35} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , è la più alta mai progettata.



In un acceleratore, si usano campi elettrici e magnetici per far circolare i fasci di particelle nei due anelli:

- ◉ Il **campo elettrico** serve ad accelerare le particelle e ad aumentare la loro energia. Le particelle si muovono ad una velocità prossima a quella della luce, quindi sono in grado di percorrere l'intera circonferenza circa 100.000 volte in un secondo.
- ◉ Il **campo magnetico** si usa per deviare le particelle e far percorrere loro una traiettoria curva.

Ogni fascio è diviso in "bunch", pacchetti che possono contenere fino a 10 miliardi di particelle. Ogni fascio è composto da 2500 bunch.

# Cosa osservare con un rivelatore?

Di una particella vogliamo conoscere:

Traiettoria

Carica

Quantità  
di moto

Tipo

Energia

Sistema di tracciatura

Sistemi di  
identificazione

Calorimetro

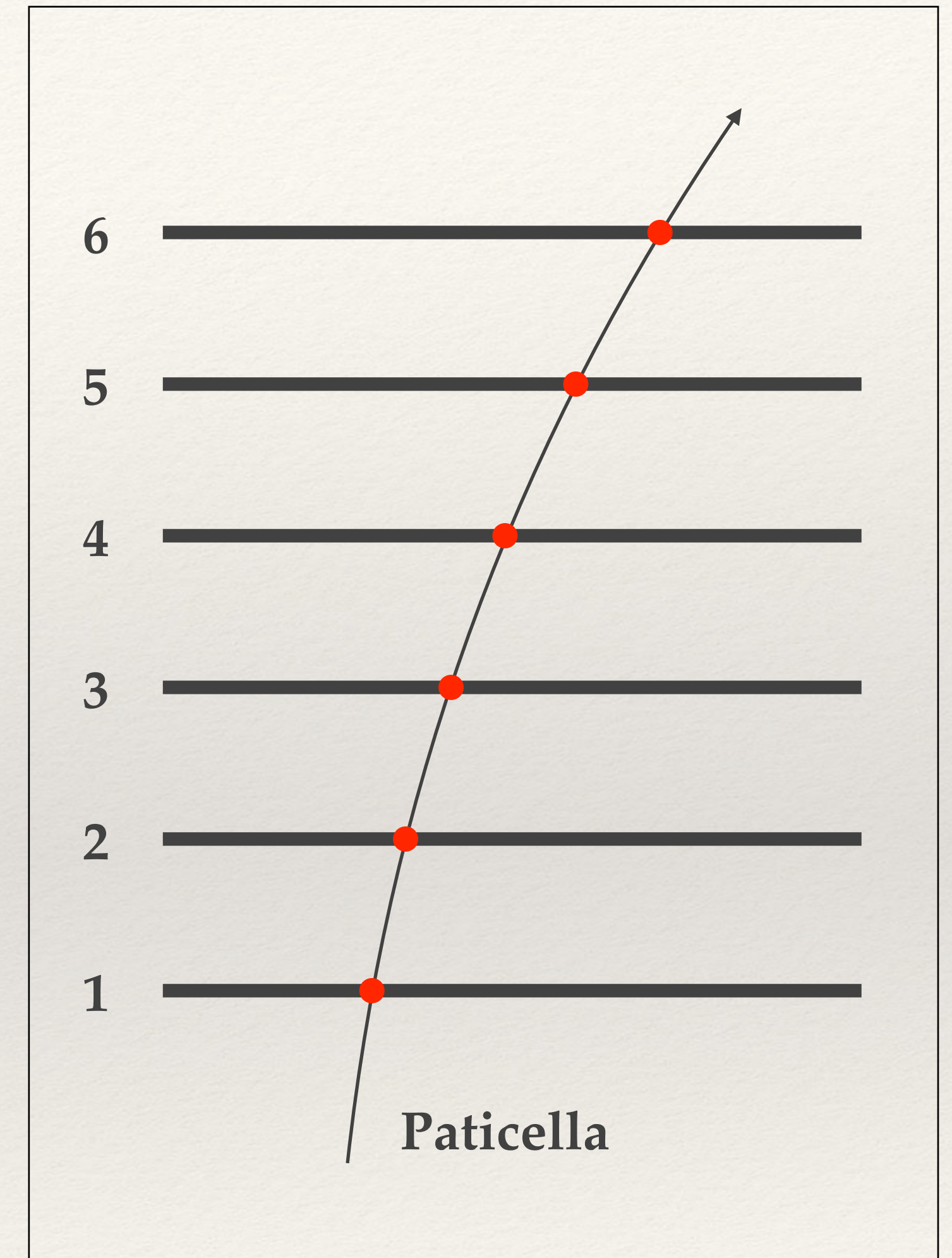
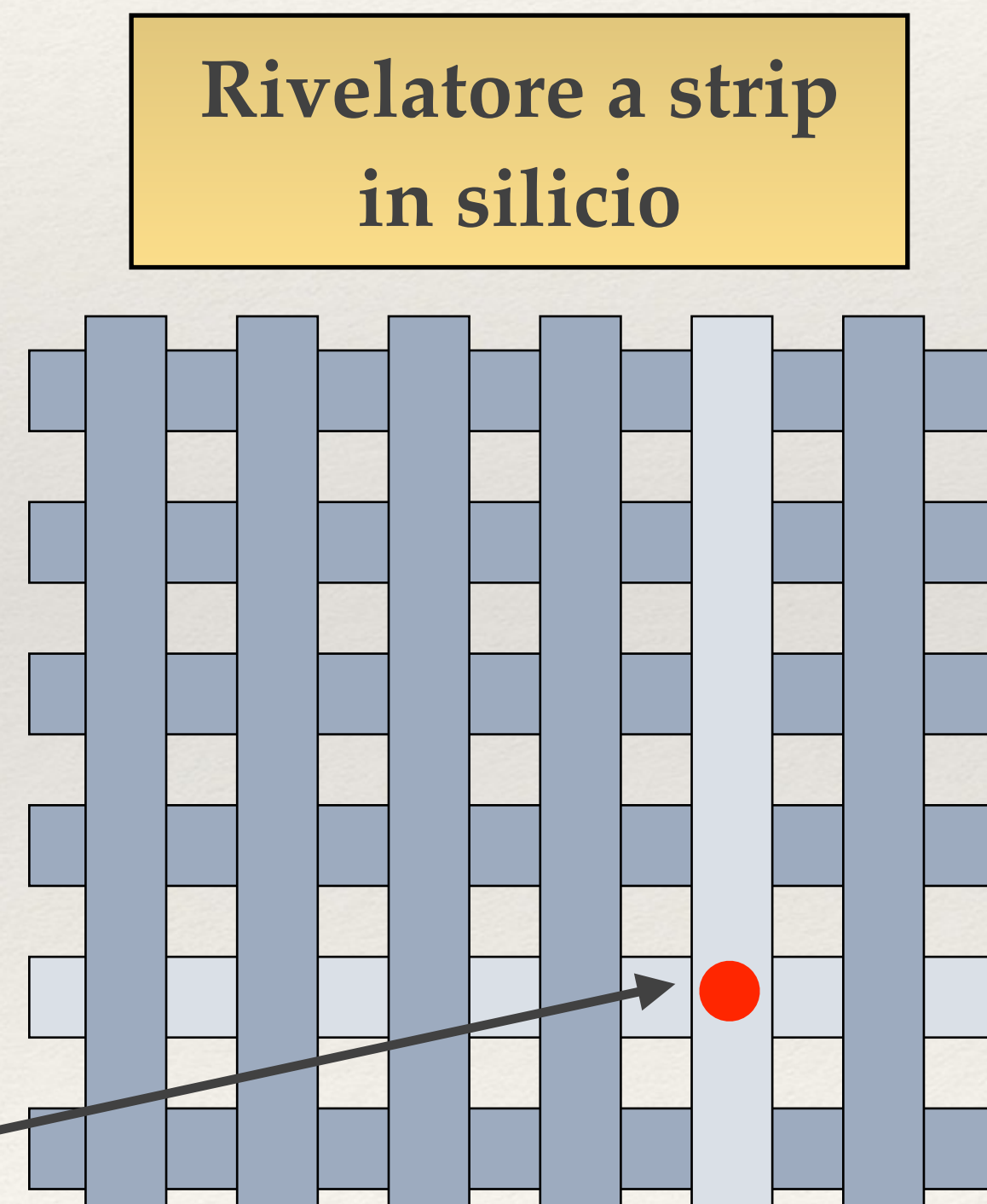
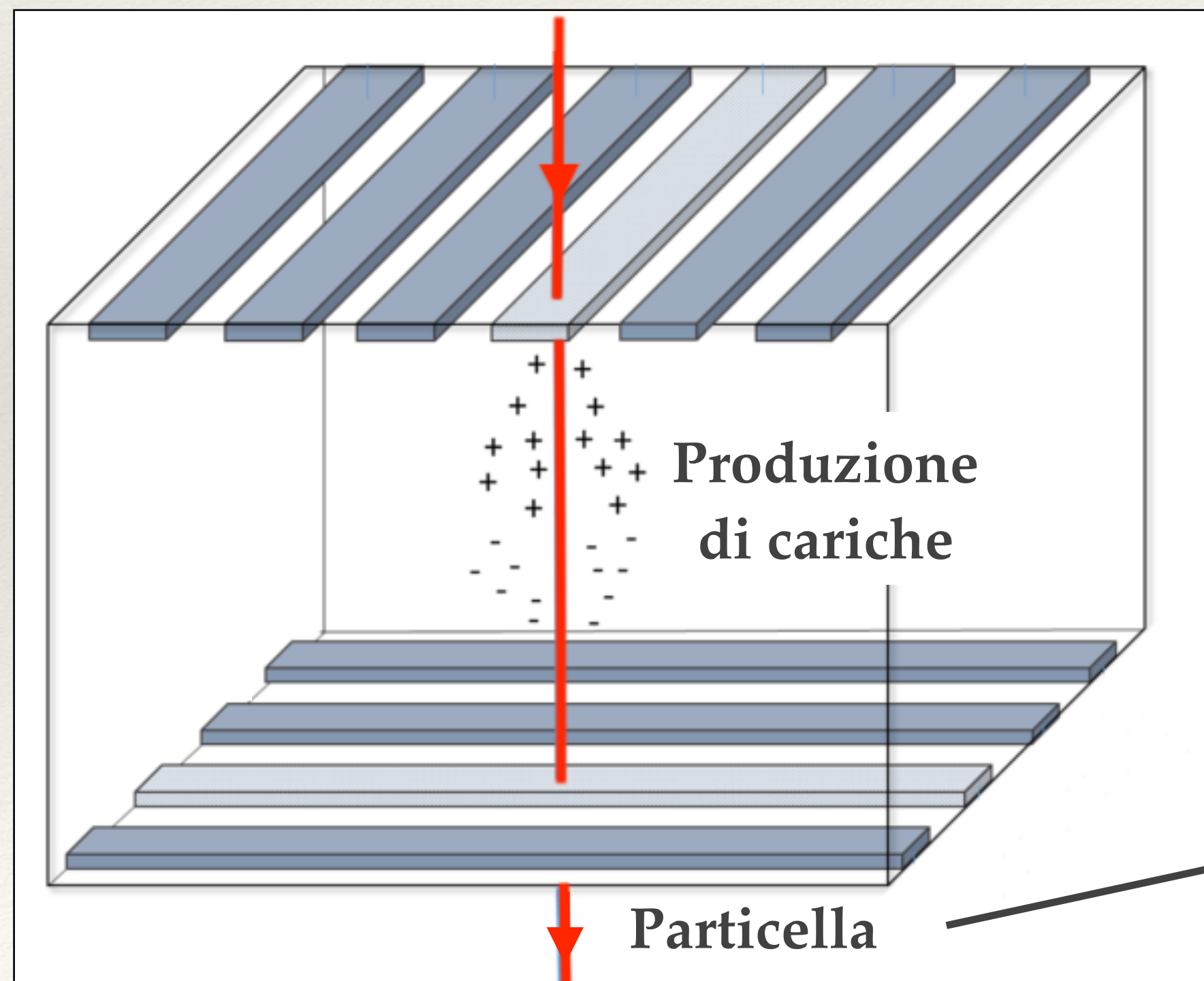
VXD - CDC

TOP - ARICH

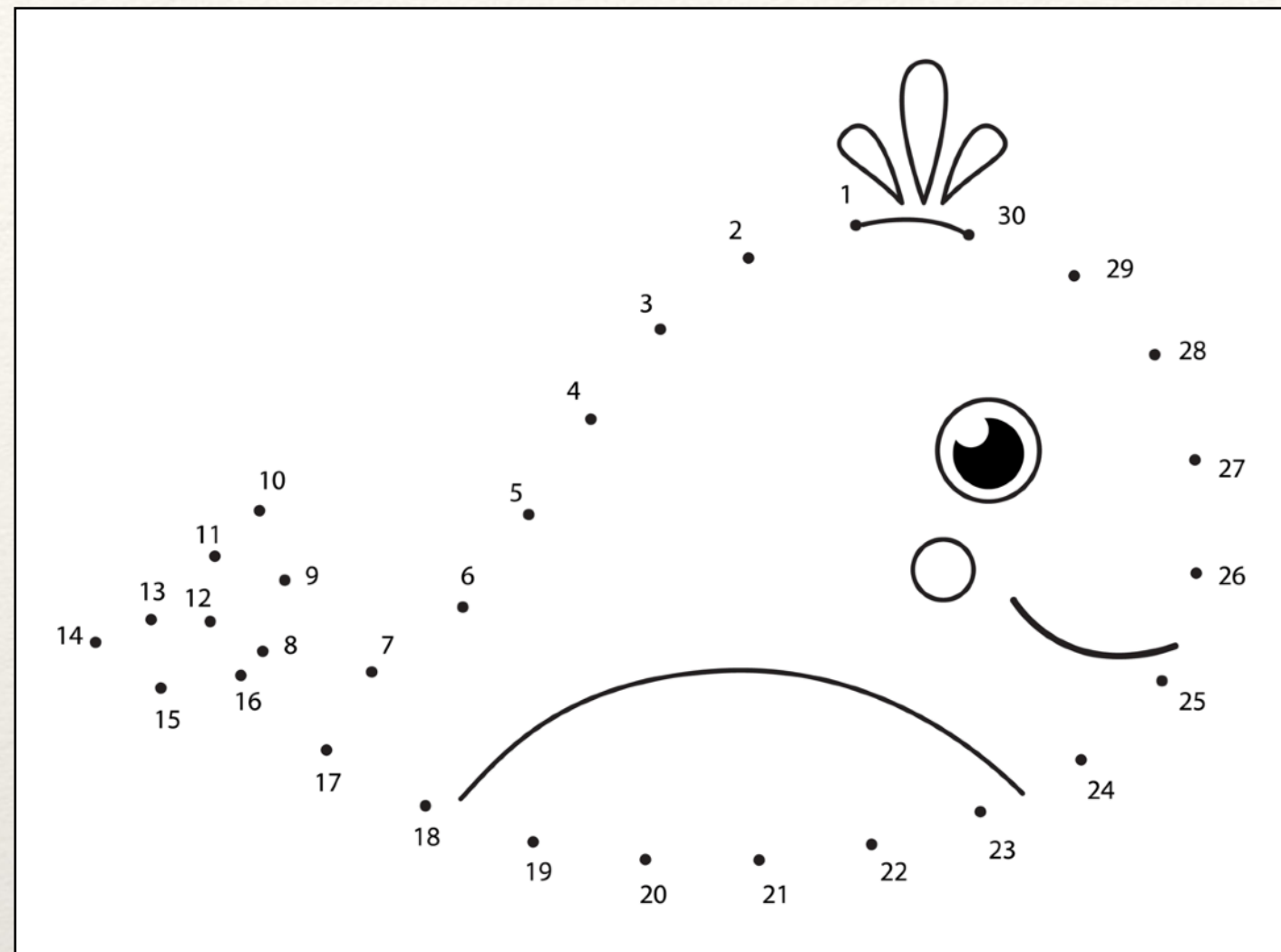
ECL

# Tracciatura delle particelle

- Una particella carica rilascia energia quando attraversa un mezzo.
- Vengono prodotte cariche elettriche, che generano un segnale elettrico.
- Si ottiene la posizione in cui la particella ha attraversato il materiale.
  - Detector al silicio (rivelatore di vertice).
  - Detector a gas (camera a deriva).

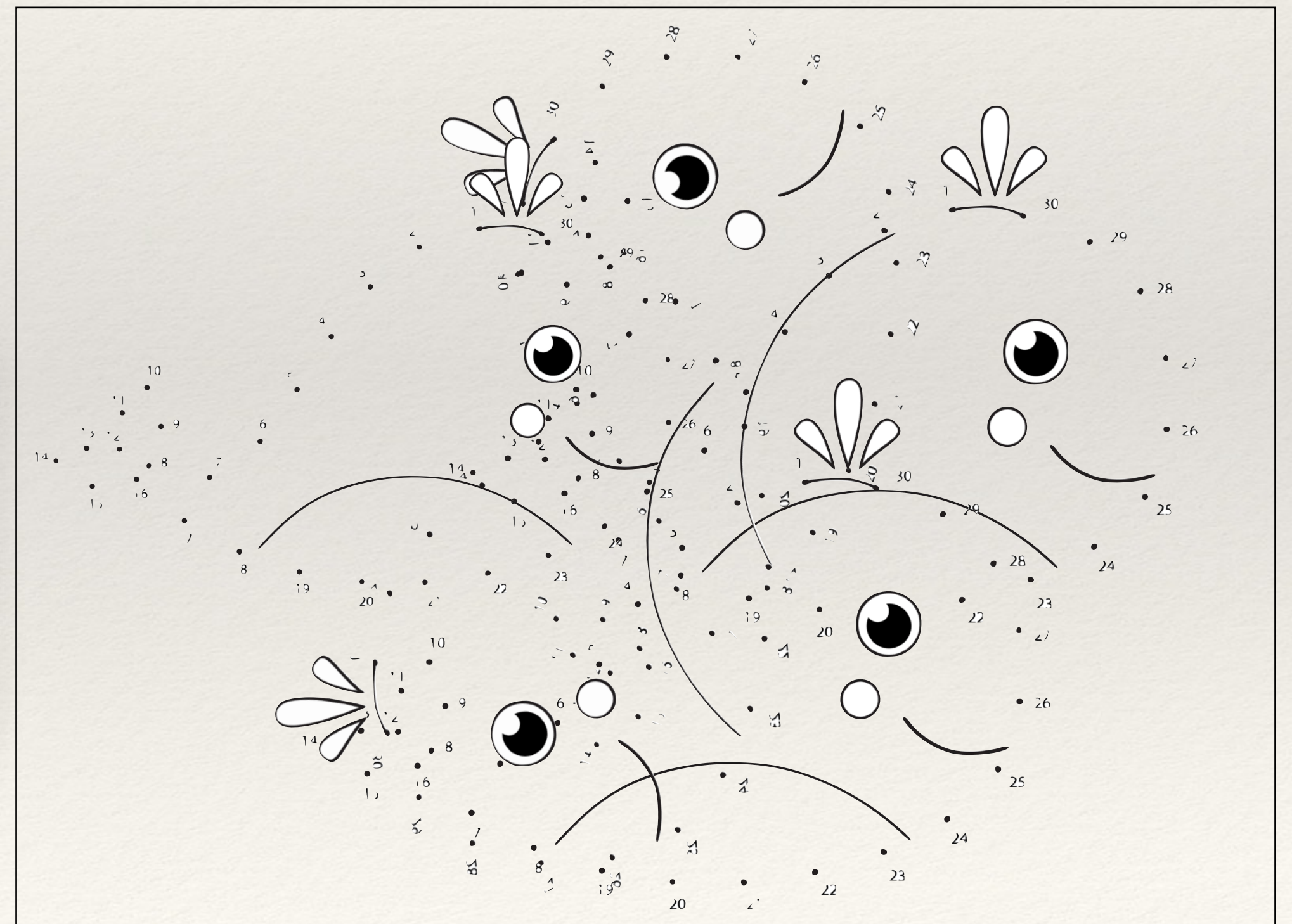


# Come ricavare la traiettoria di una particella



Avendo un punto nello spazio per ogni layer, è sufficiente unire i puntini per ottenere la traiettoria della particella. Sembra facile...

... se i puntini fanno tutti parte della stessa traiettoria. Se ci sono decine di particelle, il problema si complica, e non è facile assegnare i puntini alla traiettoria giusta.



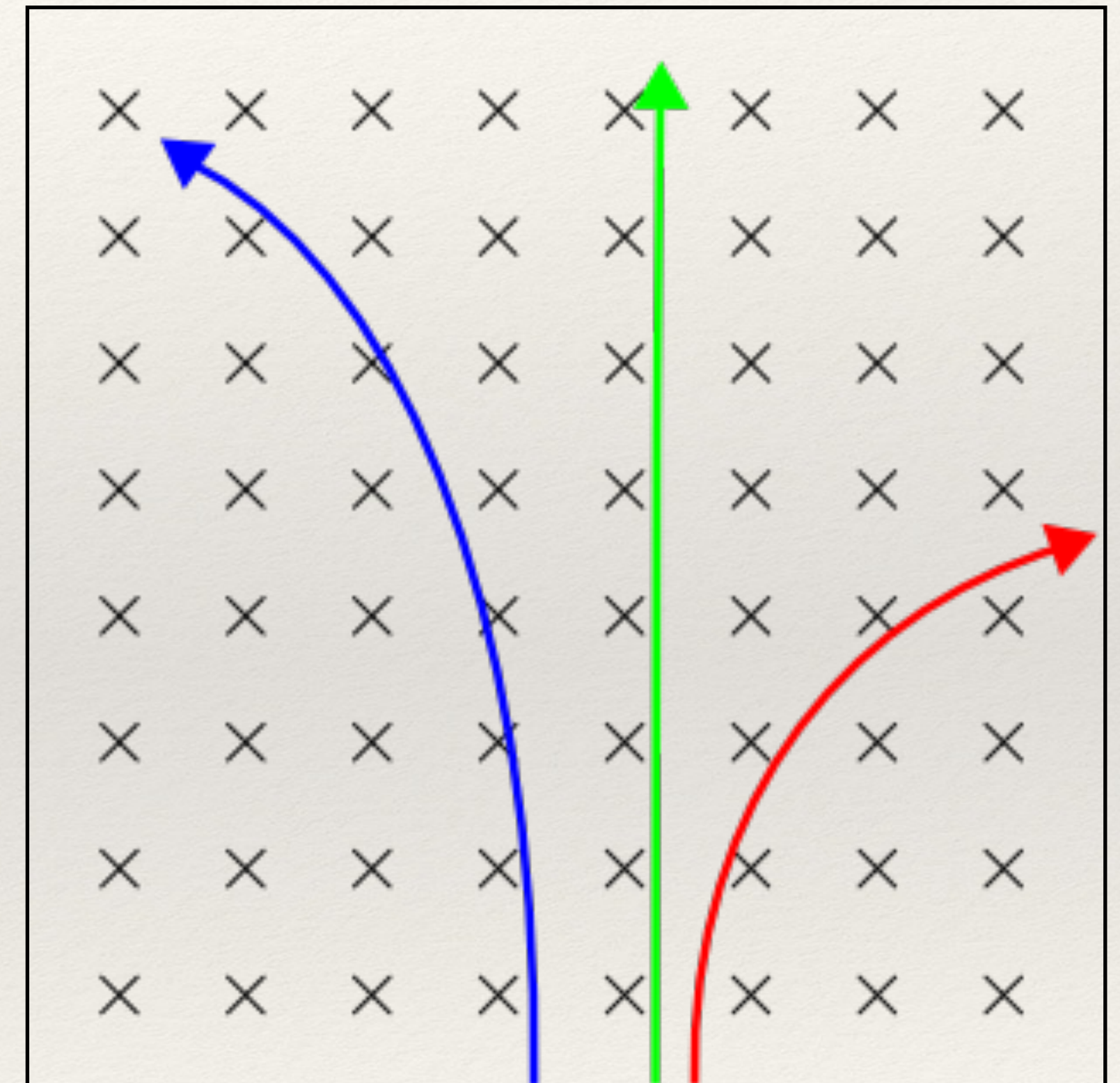


# Campo magnetico

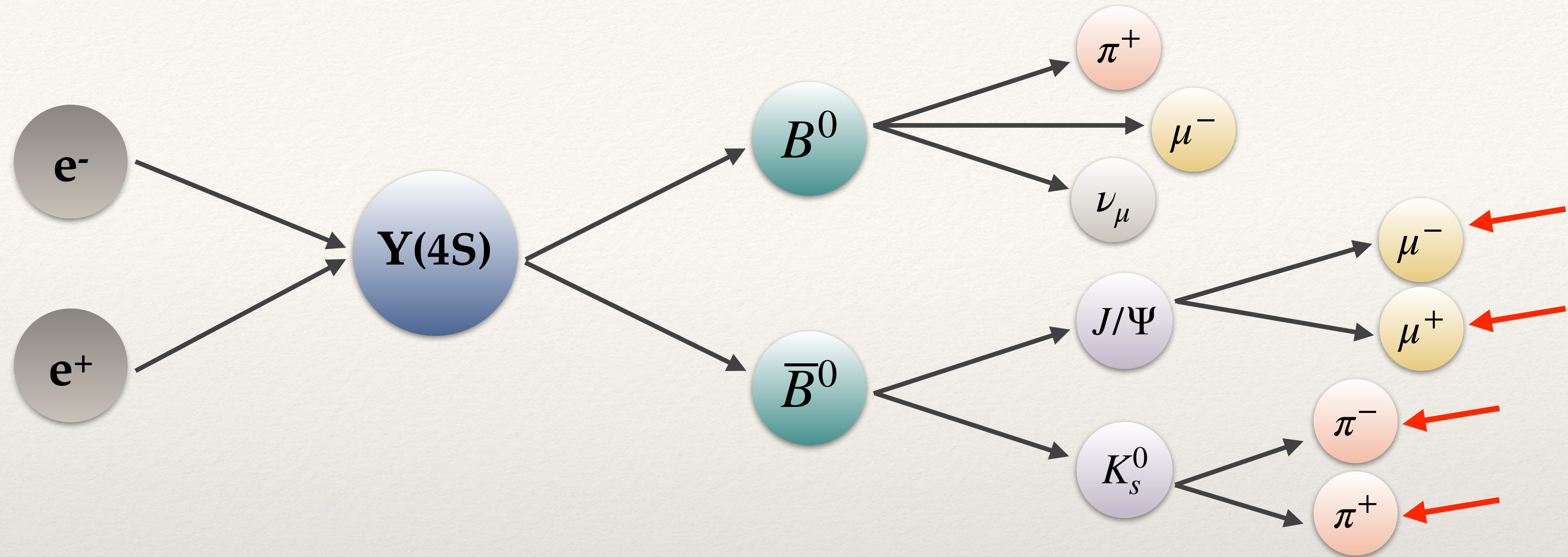
- Una particella carica è soggetta alla forza di Lorentz:

$$\vec{F}_L = q (\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B})$$

- La presenza di un campo magnetico determina la presenza di una forza che fa curvare la traiettoria della particella.
  - Se cambia il segno della carica, cambia il verso della forza: la traiettoria è curvata nel verso opposto.
- Al variare della quantità di moto trasverso (o impulso, momentum in inglese) della particella carica,  $\vec{p}_t = m\vec{v}_t$ , varia il raggio di curvatura della traiettoria.
  - Misurando il raggio di curvatura, si può misurare l'impulso trasverso:  $R_c = \frac{p_t}{qB}$



# Ricostruzione di un evento



- ◉ I mesoni  $B^0$  e  $\bar{B}^0$  possono decadere in tanti modi diversi, e non sappiamo a priori quale sia il modo per ogni singolo evento.
- ◉ Possiamo solo osservare i segnali prodotti dalle particelle che derivano dai decadimenti, e ricostruire la loro storia andando indietro nel tempo fino a ricostruire il punto in cui la particella originaria è decaduta.
- ◉ Nell'evento rappresentato, possiamo ricostruire il cammino delle particelle  $\mu^-$  e  $\mu^+$  e risalire alla particella  $J/\Psi$ , poi ricostruire il cammino delle particelle  $\pi^-$  e  $\pi^+$  e risalire alla particella  $K_s^0$ , e infine risalire al vertice di decadimento del mesone  $\bar{B}^0$ .

# Laboratori di Tecnologie Avanzate a Bologna

