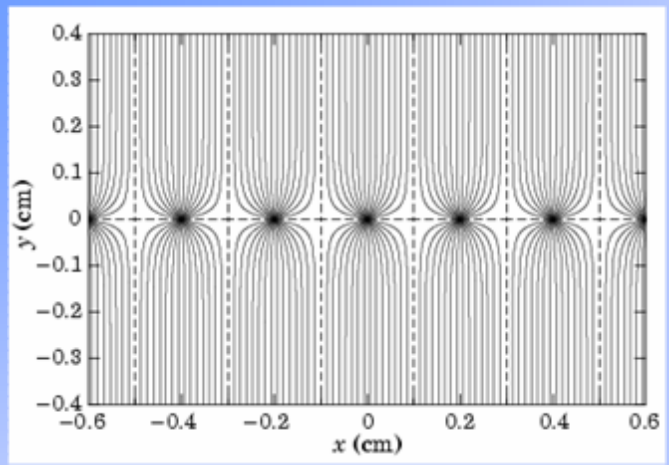
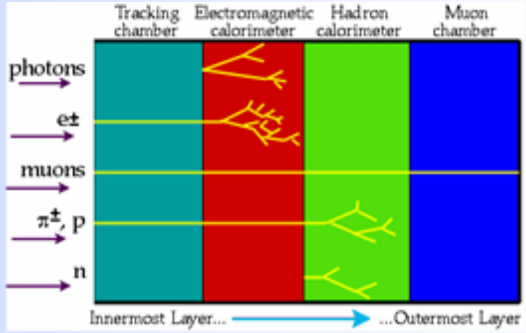
METODA UKRŠTENIH SNOPOVA I OTKRIĆE J/Ψ ČESTICE TE ŠARMA

Mirko Planinić
PMF

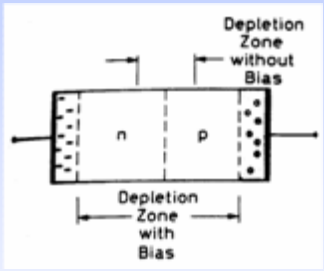
Sadržaj



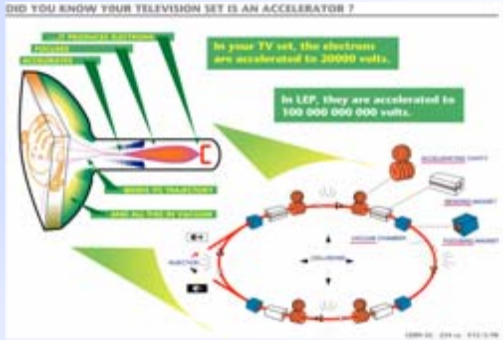


- Ukršteni snopovi

- MWPC

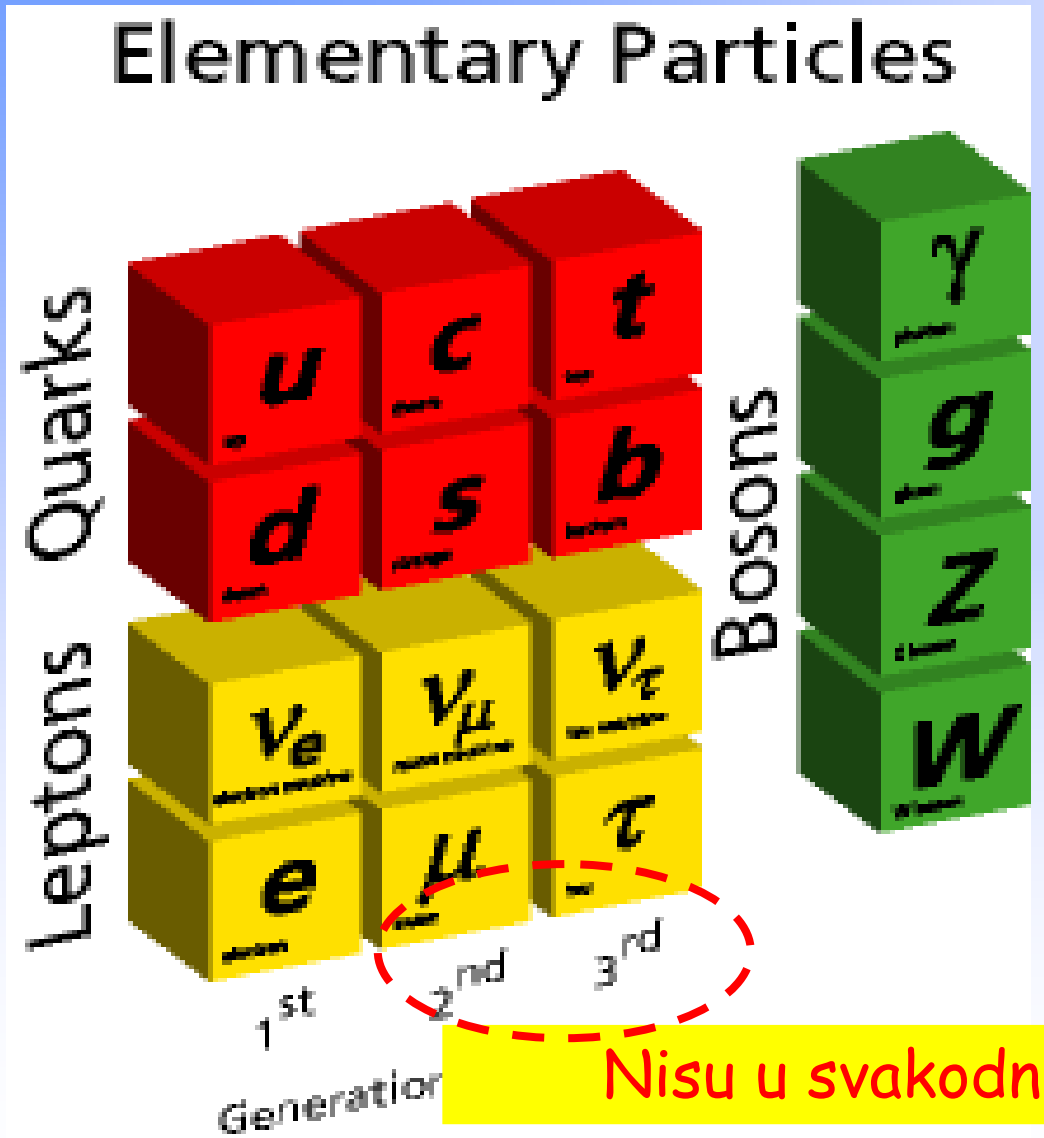


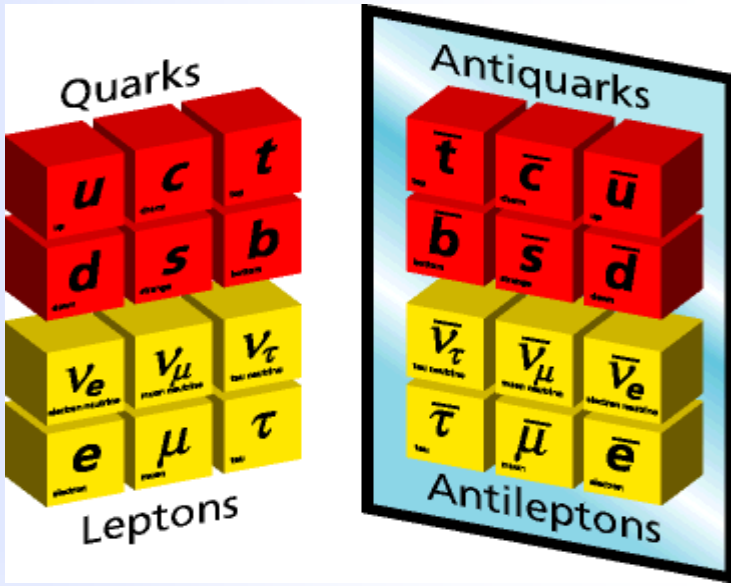




- Novembarska revolucija
  - SU (3)
  - Uvod
- Poluvodički detektori
  - Otkriće J/Ψ čestice

pregled poznatih čestica





Nisu u svakodnevnoj materiji

UVOD

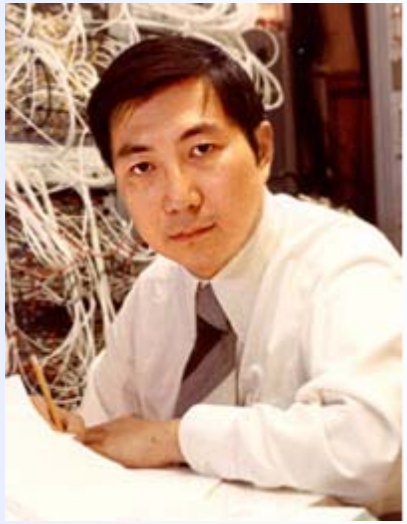
- U vrijeme otkrića J/Ψ čestice (1974) FEČ je prelazila iz pretkvarkovskog u kvarkovsko razdoblje

VRSTA KVARKA	NABOJ	IZOSPIN	STRANOST
u	2/3	1/2	0
d	-1/3	1/2	0
s	-1/3	0	-1



Novembarska revolucija

- 1974 dva eksperimenta proveli su:
- S. Ting na Brookhavenu
- B. Richter u Stanfordu





- Otkrivena je čestica mase 3,1 GeV, keV-ske širine i mezonskog karaktera
- Poznata pion nukleon rezonancija Δ (1236 MeV) ima širinu oko 100 MeV.

Širina čestica

- Zbog toga što se čestice raspadaju, njihova masa ili energija ($E=mc^2$), ne može biti određena s beskonačnom preciznošću, nego ima određenu ***širinu*** označenu s Γ.
- Širina nestabilnih čestica povezana je s vremenom života jednostavnom relacijom:

$$\Gamma = \frac{h}{\tau}$$

- h je Planckova konstanta.

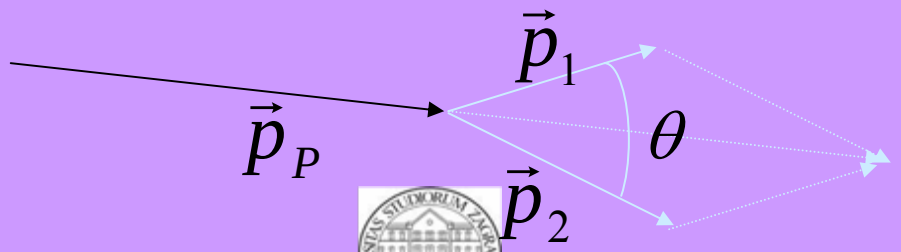


Invariant Mass Reconstruction

- In special relativity, the energy and momenta of particles are related as follow

- This relation holds for one or many particles. In particular for 2 particles, it can be used to determine the mass of parent particle that decayed into two daughter particles.

$$E^2 = p^2c^2 + m^2c^4$$



Invariant Mass Reconstruction (cont'd)

- Invariant Mass

- Invariant Mass of two particles

$$m_P{}^2 c^4 = E_P{}^2 - p_P{}^2 c^2$$

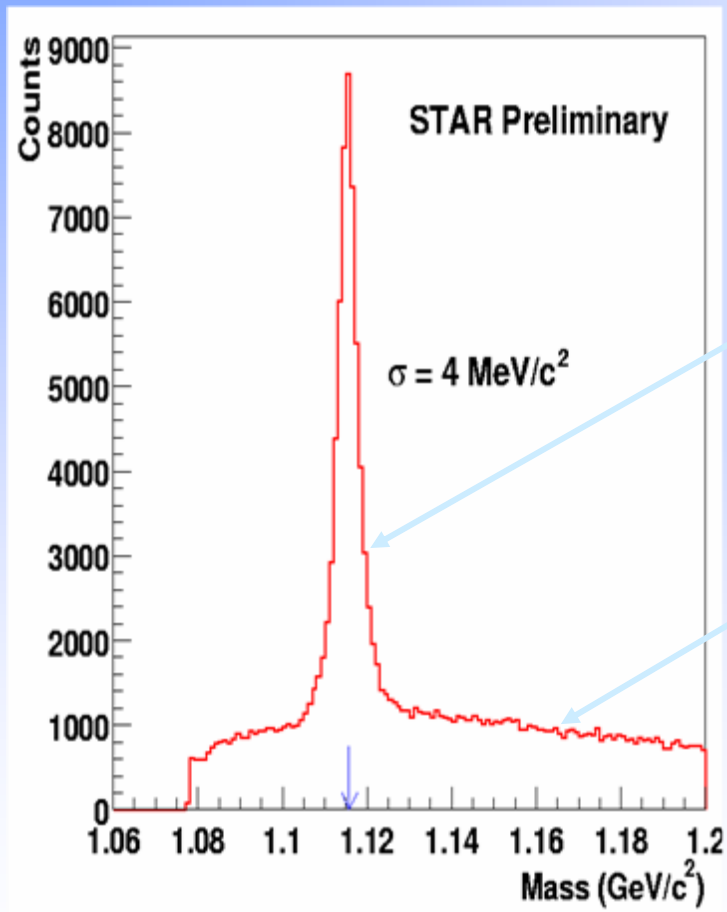
- After simple algebra

$$m_P{}^2 c^4 = \left(E_1 + E_2\right)^2 - \left(\vec{p}_1 + \vec{p}_2\right)c^2$$

$$m_P{}^2 c^4 = m_1^2 + m_2^2 + 2\left(E_1 E_2 - p_1 p_2 \cos\theta\right)$$



Example – Lambda Reconstruction



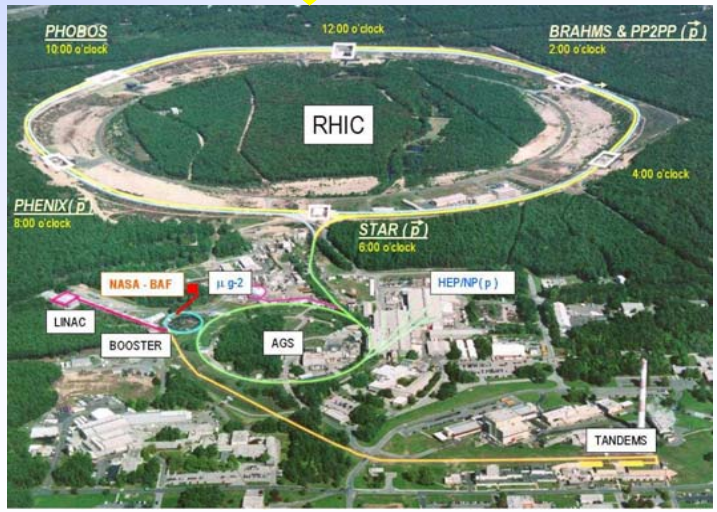
Good pairs have the right invariant mass and accumulate in a peak at the Lambda mass.

Bad pairs produce a more or less continuous background below and around the peak.

RHIC

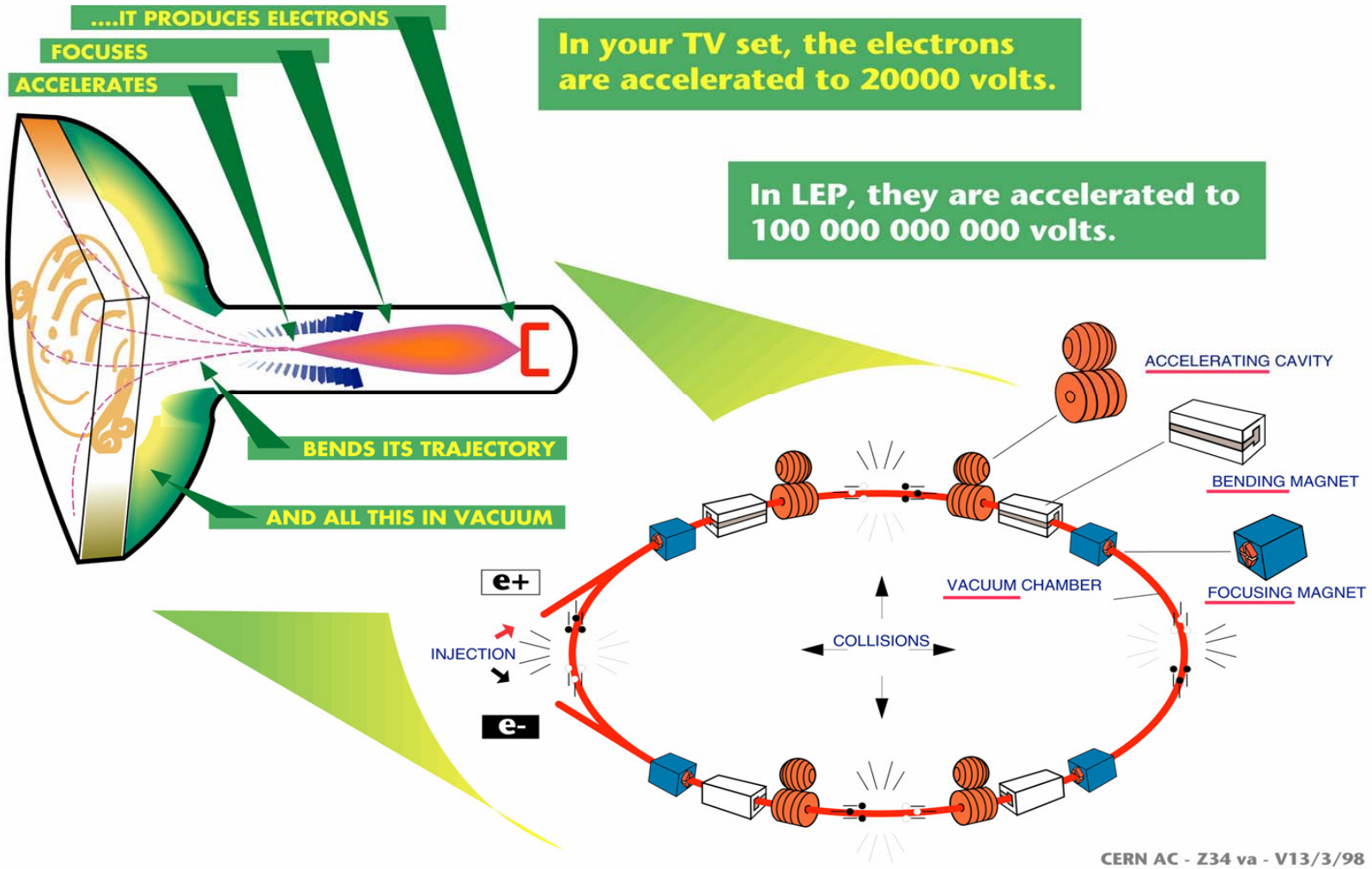


- Relativistic Heavy Ion Collider (RHIC)
- Brookhaven National Laboratory (BNL)
- Long Island , NY



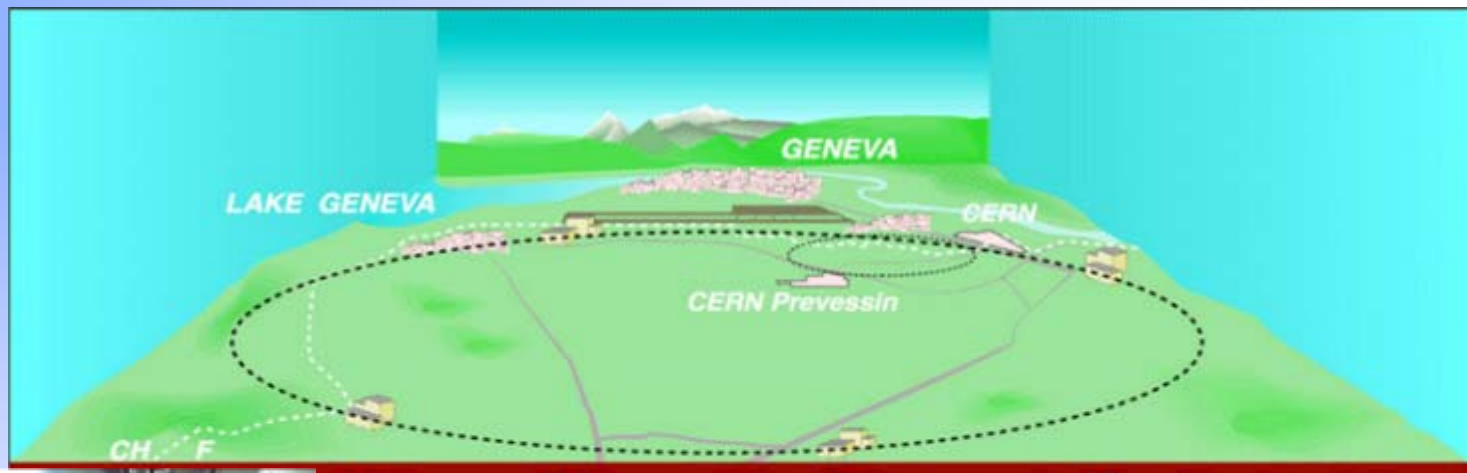
Metoda ukrštenih snopova

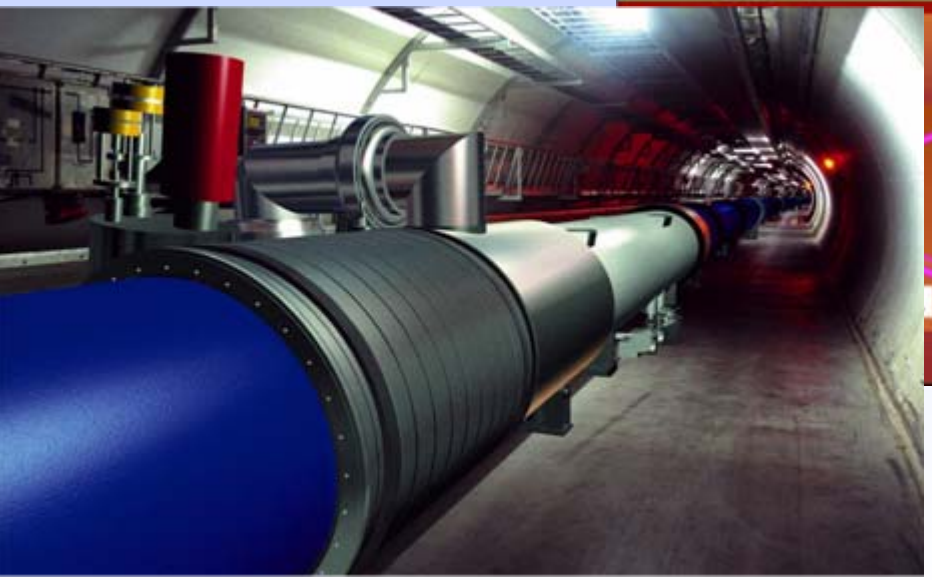
televizija je ubrzivac čestica u malom!

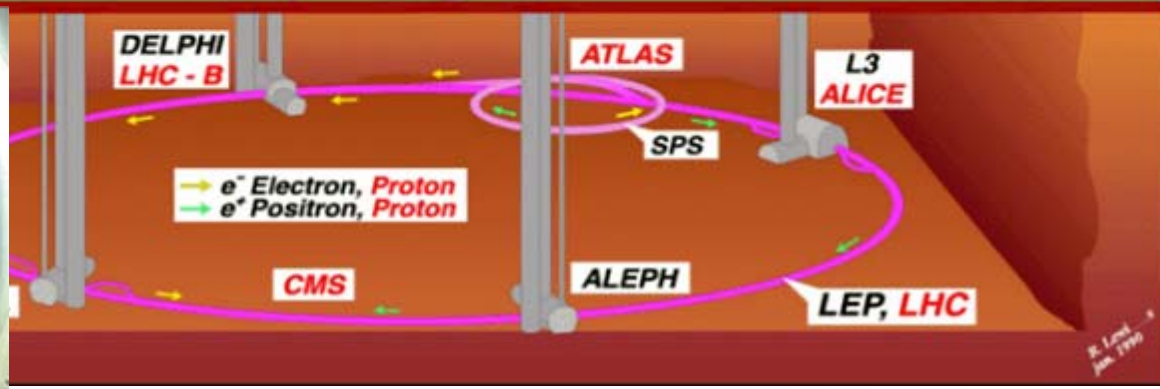


Ubrzivači čestica: LHC

Proton-proton sudari
800 million sudara/s







SUPERVODLJIVI MAGNETI



Luminoznost

Istraživanja na malim dimenzijama ➡ mali udarni presjek

Luminoznost: L=broj čestica u jed. vrem./jedinica površine

Broj raspršenja u sekundi=udarni presjek * luminoznost

$$L = \frac{T}{P}\frac{B}{\tau}$$

B- broj upadnih čestica

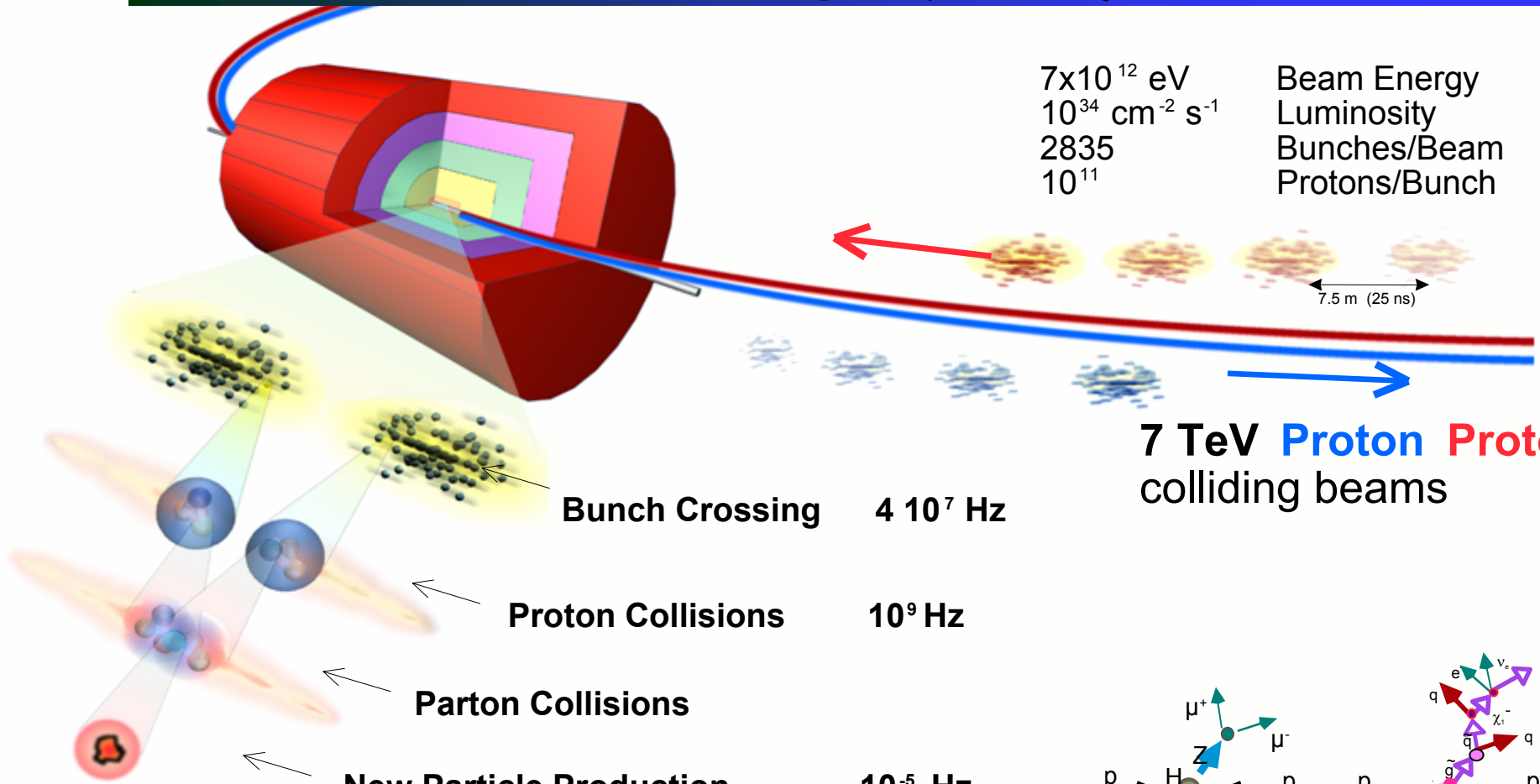
τ- vrijeme

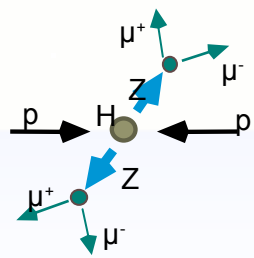
T-broj čestica meta raspoređenih po Površini - P

$$P = 4\pi\sigma_x\sigma_y$$



LHC sudari: igla u plastu sijena!



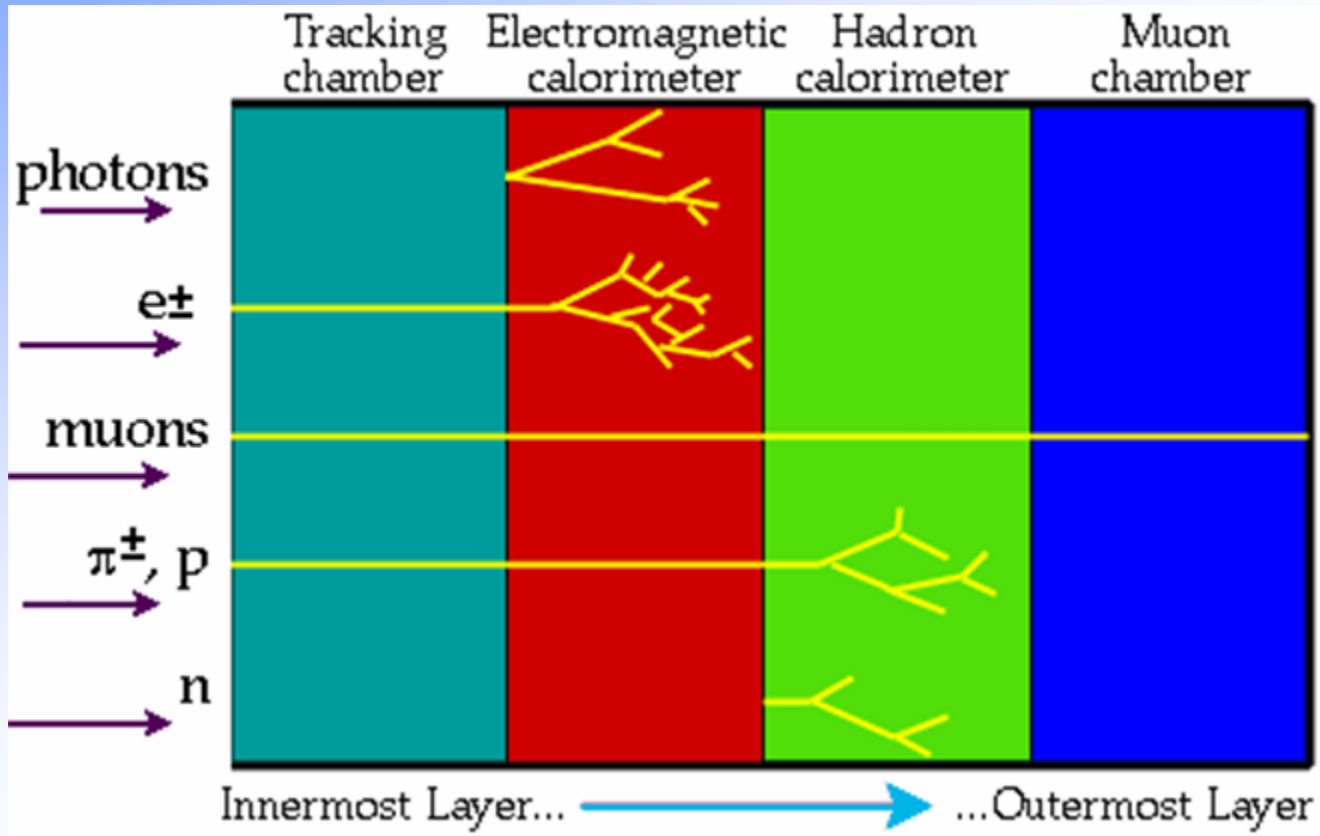


Tražimo 1 događaj od 10,000,000,000,000

Hibridni detektori

Eksperimenti u FEČ ➔Istovremena detekcija više čestica

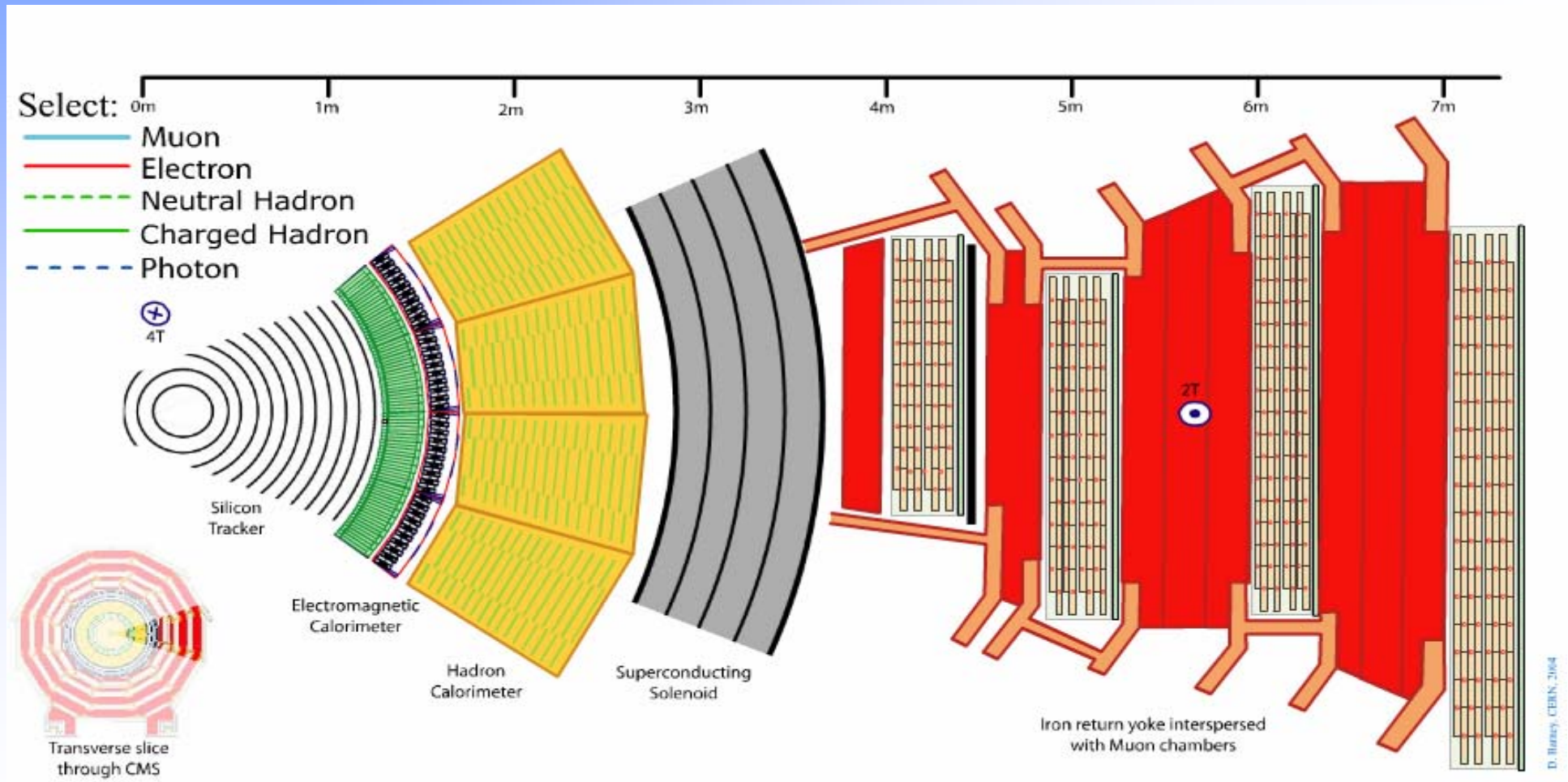
Redoslijed detekcije čestica ilustriran je na slici:



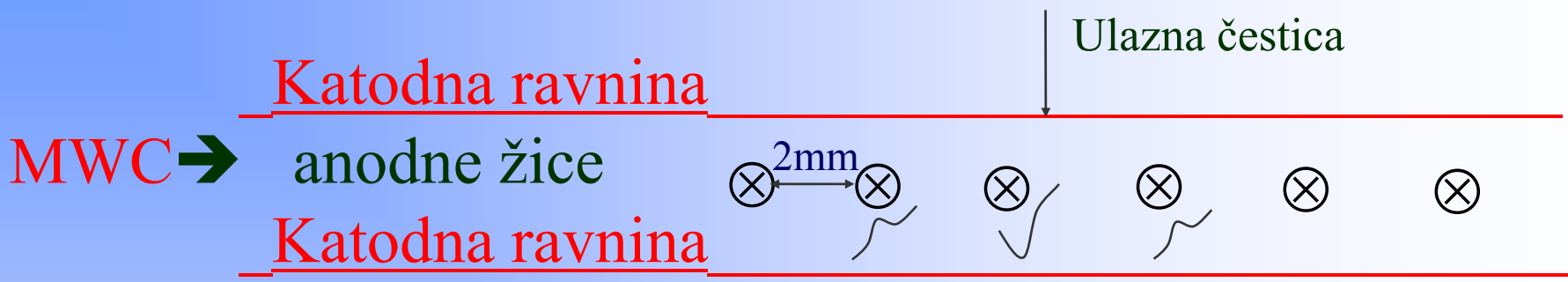
Transverse slice through CMS detector

Click on a particle type to visualise that particle in CMS

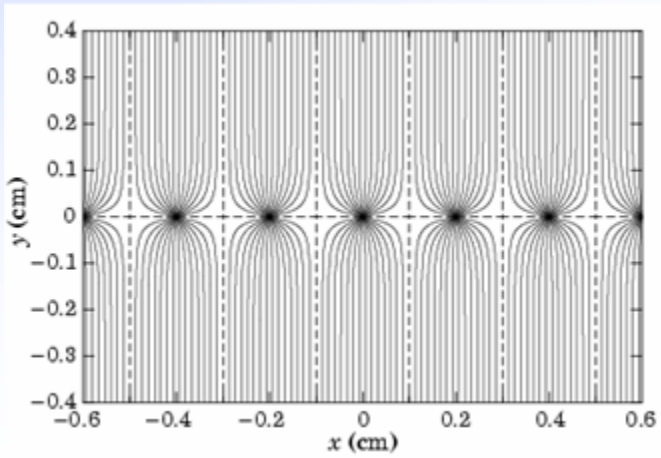
Press “escape” to exit



Mnogožičane komore



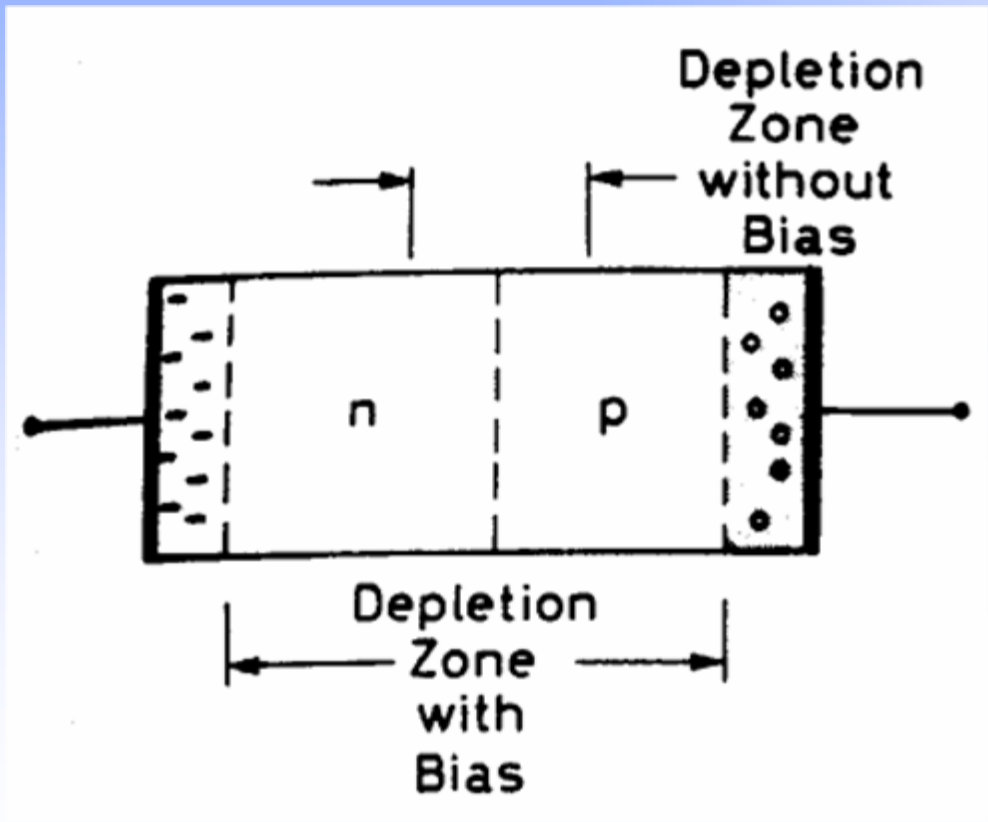
- Svaka žica djeluje kao nezavisni proporcionalni brojač
- Katode su na neg. pot. (2kV) dok su anode uzemljene
- Signal na žici koja okida je negativan i velik
- Signal na susjednim žicama je mali i pozitivan
- Prostorna rezolucija ~ 1 mm
- Razlučivanje više hitaca



Poluvodički detektori

Analogni plinskim ionizacijskim detektorima:

- Čestica u prolazu stvara parove elektron-šupljina (elektron-ion)
- Umjesto plina medij je poluvodički (čvrsti) materijal



- Negativan napon na p-stranu, pozitivan napon na n-stranu
- Veći napon = više aktivnog medija + bolje skupljanje naboja
- Previsok napon ➔ poluvodič postaje vodič

Poluvodički detektori (usporedba s ionizacijskim detektorima)

- $E_{\text{elektron – šupljina}} < E_{\text{elektron-ion}}$ ➔ Bolja energijska rezolucija
- Bolja moć zaustavljanja od plinskih detektora (veća gustoća)
- Male dimenzije (<50 μm) ➔ dobra poz. Rezolucija
- Veća osjetljivost na zračenje (kraći vijek trajanja)
- Detektori male površine (cm^2) (svaka traka ➔ pojačalo)
- Više materijala ➔ interakcija čestica koje detektiramo
- Detektori trebaju ponekad hlađenje radi smanjivanja šuma

Što možemo odrediti takvim detektorima ?

Uz opažanje Luminiziteta mogu se određivati udarni presjeci za:

Elastično raspršenje elektrona i pozitrona:

$$e^+e^- \rightarrow e^+e^-$$

Produkciju mionskih parova:

$$e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$$

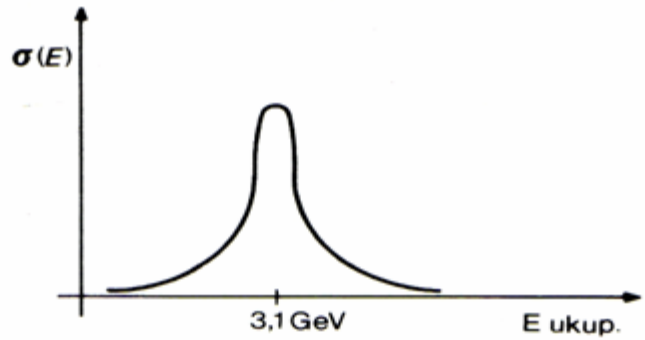
Hadronsku produkciju:

$$e^+e^- \rightarrow hadroni$$



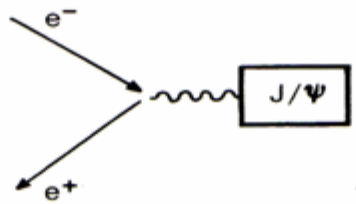
Otkriće J/Ψ čestice

Prateći sva tri prije navedena kanala eksperimentalno je utvrđena krivulja:



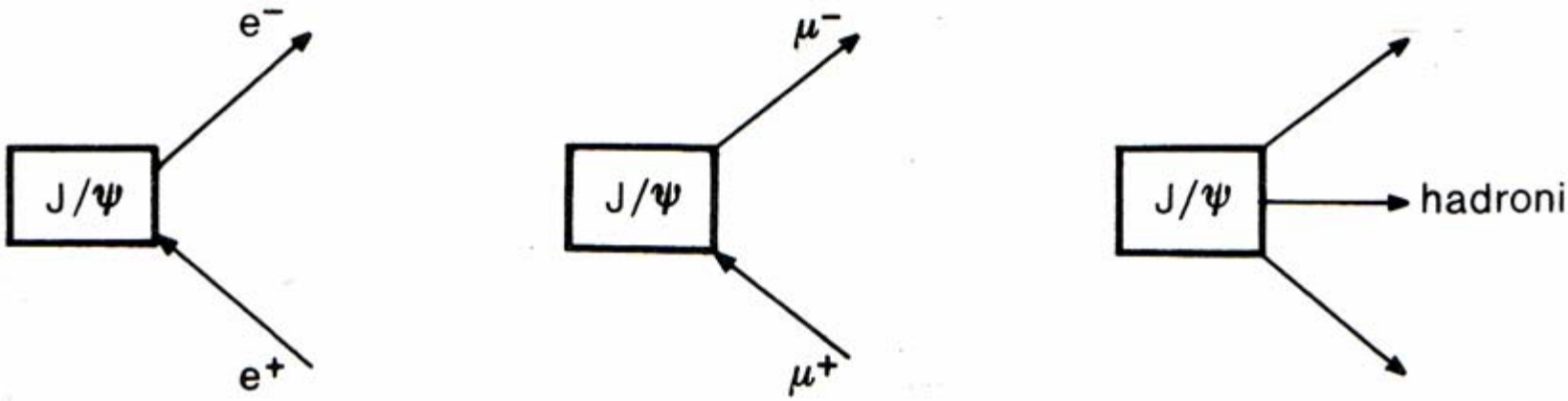
Slika 16.3. Otkriće J/ψ–čestice. U udarnom presjeku za tri moguća kanala opažen je oštar vrh na ukupnoj energiji od 3,1 GeV.

Očito, govoreći jezikom Feynmanovih dijagrama, pretežu procesi tipa kao na slici 16.4.



Slika 16.4. Feymannov dijagram za tvorbu čestice J/ψ. Vrijeme u dijagramu teče slijeva udesno. Elektron (strelica) i pozitron (suprotna strelica) formiraju virtualni foton, a ovaj postaje J/ψ.

Raspad J/Ψ čestice



Slika 16.5. Raspad čestice J/ψ. Čestica se raspada u jedan od kanala: a) elektron–pozitron, b) par–pozitivan i negativan mion i c) hadrone.

Otkriće J/Ψ čestice

Čestica J/Ψ je par kvark antikvark, hadronske je neravi – mezon. Par kvark-antikvark se poništi i vraća ponovno u parove ee ili μμ ili hadrone.

Egzistenciju kvarka sa šarmom predvidio je mnogo prije S. Glashow.

Uvjerljiv dokaz u paraleli je otkriće niza pobuđenih stanja

Nezavisan dokaz da se nakon energije 3,1 GeV broj kvarkova povećava je sljedeće mjerenje

$$R = \frac{\sigma_{e^+e^- \to hadroni}}{\sigma_{e^+e^- \to \mu^+\mu^-}}$$



Otkriće J/Ψ čestice

U jednostavnom kvarkovskom modelu taj omjer zapravo pokazuje koliko je parova kvark-antikvark moguće napraviti sudarom e^+e^- jer se ti kvarkovski objekti svi pretvaraju u hadrone :

$$R = \frac{1}{e^2}\left(\sum_i e_i^2\right) = \frac{1}{e^2}\left[\left(\frac{2e}{3}\right)^2 + \left(\frac{e}{3}\right)^2 + \left(\frac{e}{3}\right)^2\right] = \frac{2}{3}$$

Ako se uzmu u obzir tri kvarkovske boje onda rezultat treba množiti sa 3, pa omjer udarnih presjeka poprima vrijednost R=2.
Eksperimentalno je opaženo da se R nakon 3,1 GeV povečao za točno predviđeni iznos. SU(3) se morala napustiti.
Kasnije su otkriveni b kvark i t kvark.



Jednostavni kvarkovski model

Visoko energijski hadron hadron udarni presjeci su aditivni efekti amplituda raspršenja između individualnih konstituentnih kvarkova. Individualni sudari parova kvarkova se tretiraju kao kvazinezavisni od ostalih konstituenata.

