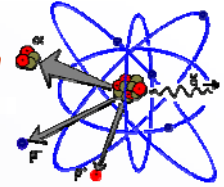


Akceleratori

Radiohemija i nuklearna hemija



Akceleratori su mašine u kojima se naelektrisane čestice (e^- , p^+ , etc.) ubrzavaju dejstvom elektromagnetnih polja

Podela akceleratora

Trajektorija čestica

Linearni - konačna energija ubrzanе čestice se dobija jednim prolazom

Cirkularni - konačna energija se dobija uzastopnim kretanjem po zatvorenoj putanji i zavisi od broja 'obrtaja'

Odnos projektil-meta

Nepokretna meta

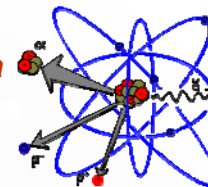
Kolajderi (colliders) - sudarači – dve čestice se kreću u suprotnim smerovima tako da nema razlike između projektila i mete.

Energije - nekoliko MeV do nekoliko TeV

Namena – nuklearna fizika, fizika elementarnih čestica, proizvodnja izotopa, radioterapija, materijali,

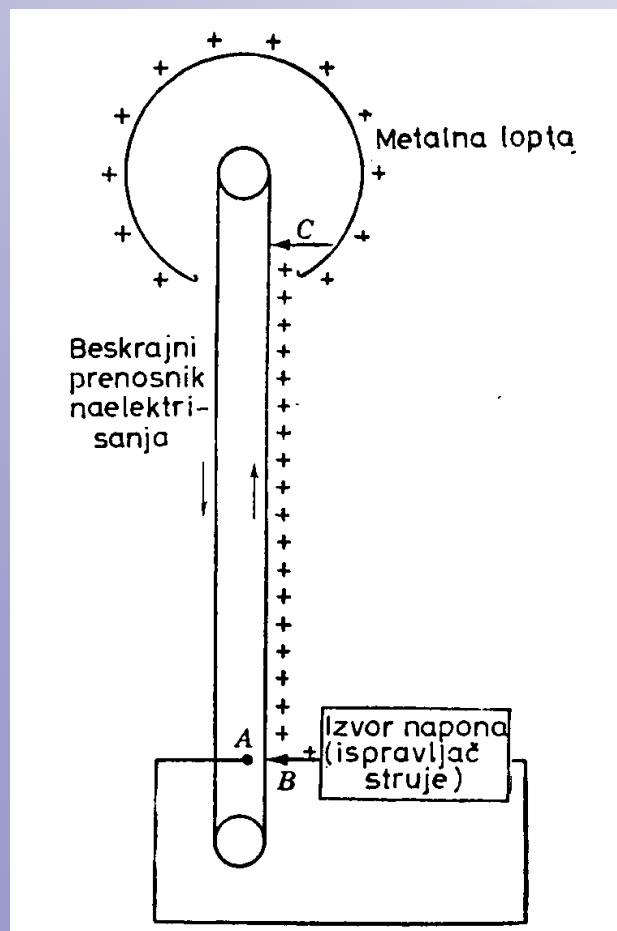
Cena: milioni \$ do milijarde \$

Elektrostatički akcelerator van der Graff-ov generator



Cockroft i Walton, 1931, MIT

Shema punjenja
van der Graff-ovog generatora



AB - Izvor visokog napona 30.000 V DC

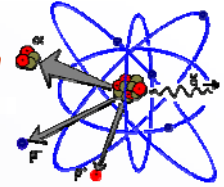
C - prenosnik naelektrisanja na kuglu

Energije - nekoliko MeV

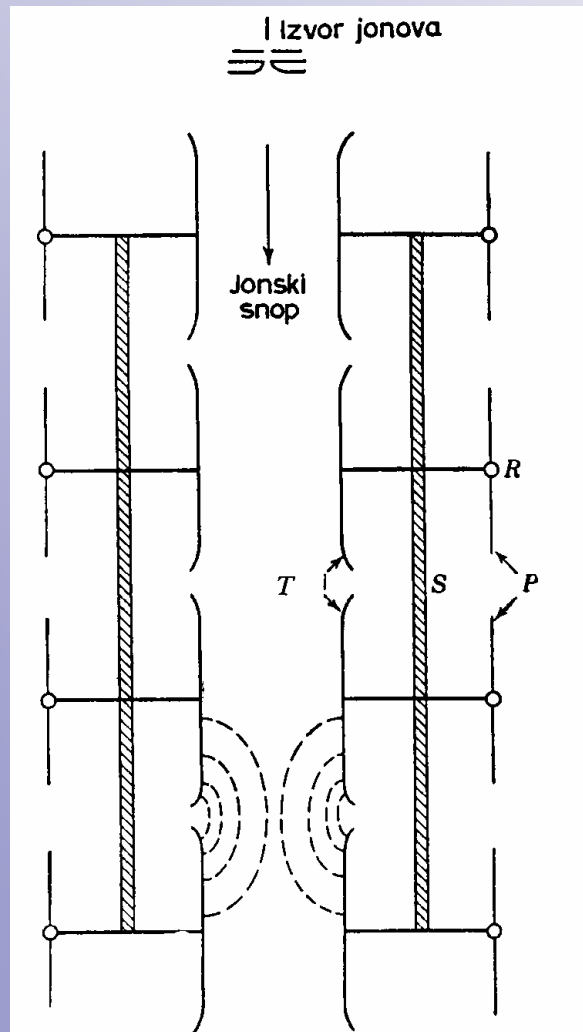
Problemi - probojni potencijal

Prednosti - precizna kontrola energije čestica (0,1%)

Današnja upotreba – ulazni stepen za druge (jače) akceleratorne



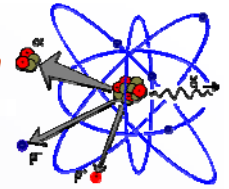
Linearni akcelerator (LINAC)



Slika 4-2. Dijagram preseka jednog dela akceleratorne cevi.

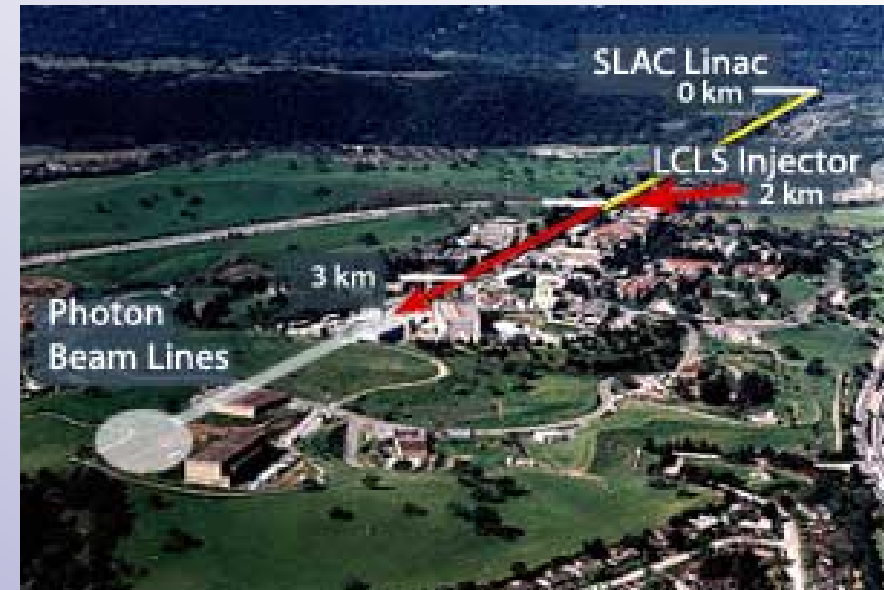
Promenljiva dužina sektora uz konstantnu frekvenciju promene električnog polja.

Magneti za fokusiranje snopa



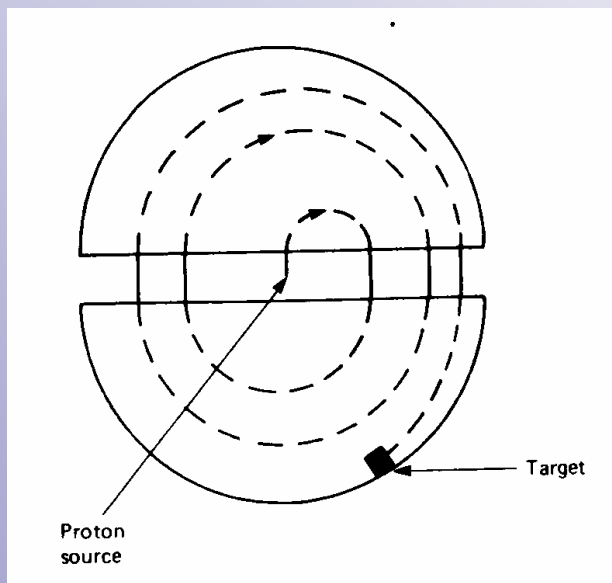
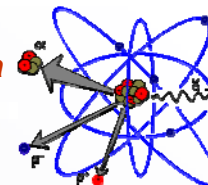
SLAC

Stanford Linear Accelerator Centre



SLAC 50 GeV e⁻, 3,3 km

CIKLOTRON



Naizmenični napon u 'duantima' + magnetno polje ortogonalno na ravan duanta.

$$B e v = M v^2/r$$

$$\omega = v/r = Be/M \text{ (const.)}$$

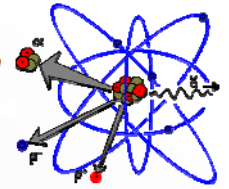
Relativistički efekti povećanja mase

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$$

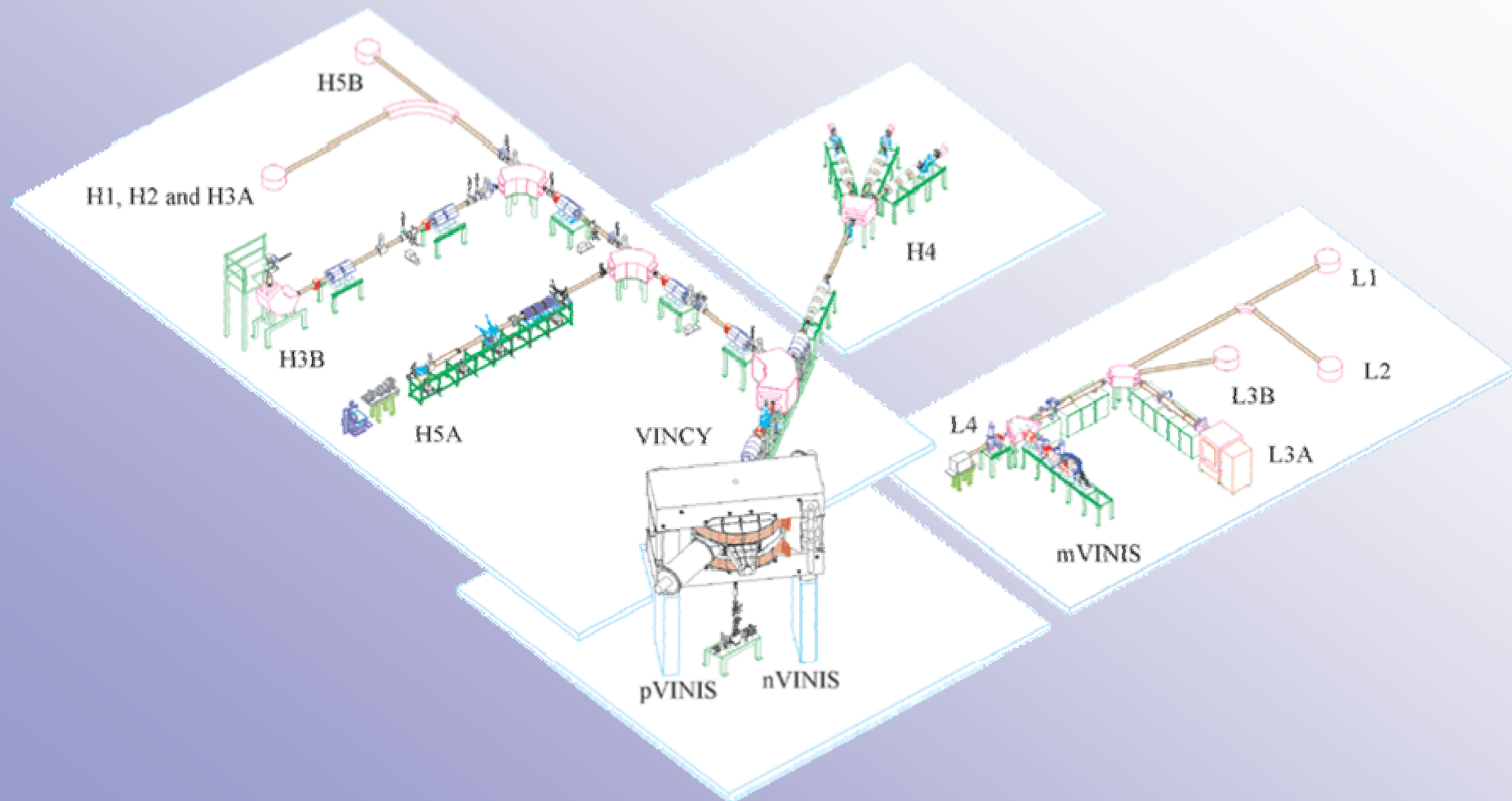
Za $E = 1 \text{ MeV}$ protoni $v = 0,1 c$ elektroni $v = 0,94 c$ $m = 4 m_0$

Rešenje – sinhrociklotron – modulacija frekvencije promene polja da se sinhronizuje 'kašnjenje'

Primena – proizvodnja izotopa



Vincy – ciklotron u Vinči

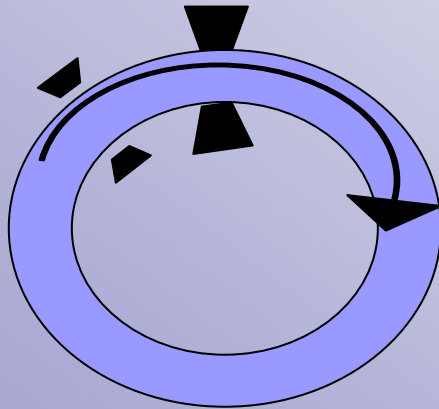


Sinhrotron

Vakumirana cev sa sektorima za ubrzavanje kao kod LINAC-a, ali savijena u krug

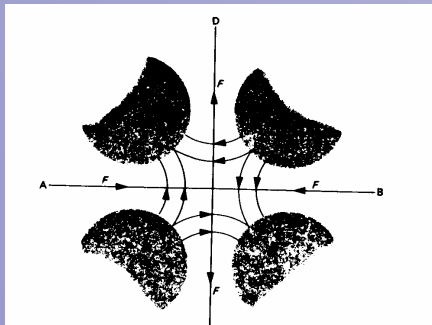
+

magneti za savijanje snopa čija jačina progresivno raste duž trajektorije

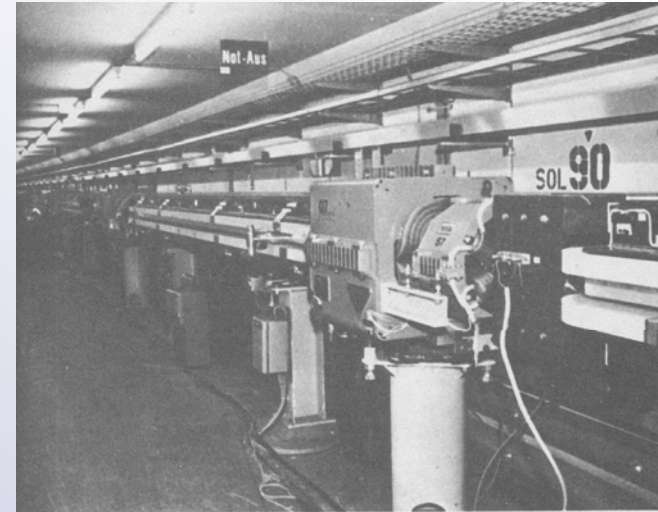
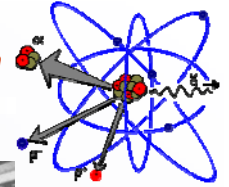


+

Fokusirajući magneti



Radiohemija i nuklearna hemija



Sl. 14.2 Pogled u unutrašnjost tunela PETRA-e u laboratoriju DESY u Hamburgu. Vidimo magnetima okruženu vakuumsku cijev, u kojoj se ubrzavaju elektroni i pozitroni (foto DESY).

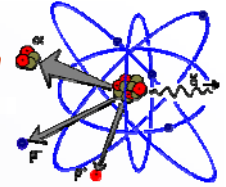
Problem – gubitak energije naelektrisane čestice koja se kreće po kružnoj putanji – sinhrotronsko zračenje

$$\Delta E = \frac{4\pi}{3} e^2 \frac{v^2}{c^2} \frac{1}{R} \left(\frac{E}{mc^2} \right)^4$$

(LEP, e^- , $R = 4,2$ km, 55 GeV, $\Delta E = 265$ MeV)

Rešenje – povećanje R?

Ne



Kolajderi

ili kako povećati energiju sudara bez povećavanja radijusa sinhrotrona

Kod sudara čestice mase mirovanja m i energije E sa stacionarnom česticom iste mase energija u centru masa, E' , upotrebljiva za željenu reakciju je:

$$E'^2 = 2m^2 + 2mE = 2m(m + E) \approx \sqrt{2mE} \quad \text{Za } E' \text{ od } 50 \text{ GeV} \text{ treba } E \text{ od oko } 2,5 \text{ TeV}$$

Kod sudara dve čestice iste mase i istih momenata, ali koje se kreću u suprotnom smeru

$$E' = 2E \quad \text{Za } E' \text{ od } 50 \text{ GeV} \text{ treba dve čestice od } 25 \text{ GeV}$$

Kolajderi = sinhrotroni u kojima se u suprotnom smeru istovremeno ubrzavaju čestica i antičestica (e^- i e^+ ; p^+ i p^-) i ispituju se proizvodi sudara

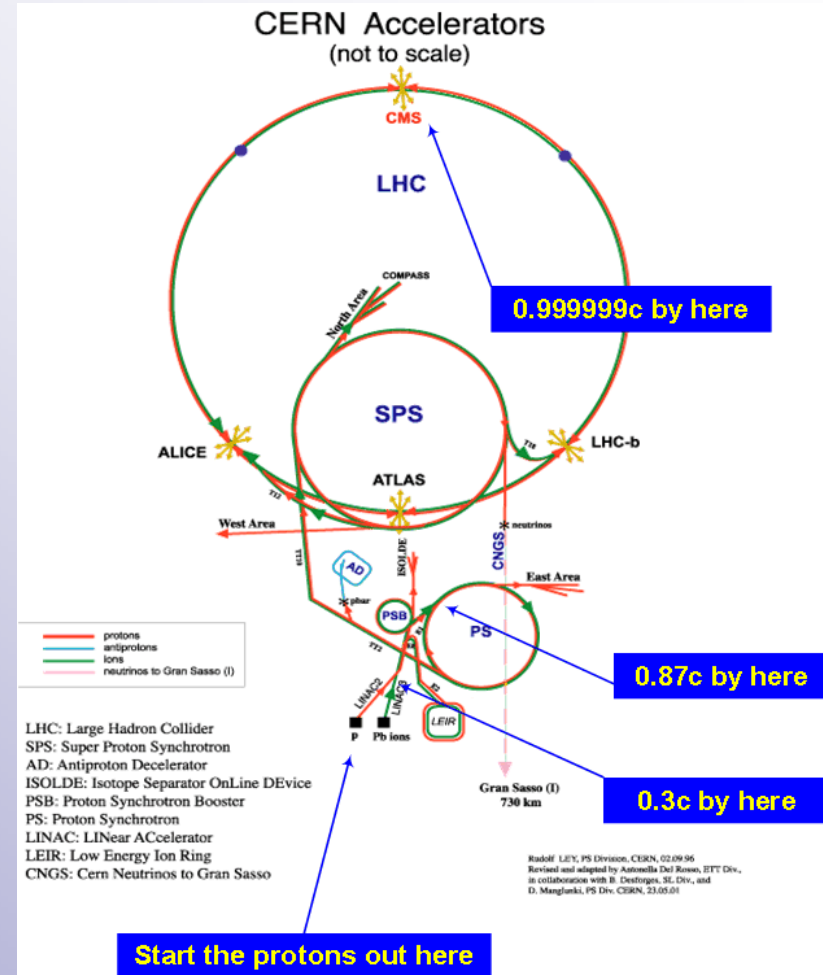
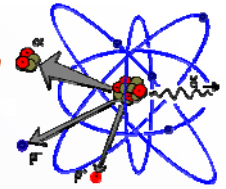
Problem – kako pogoditi česticu drugom česticom

Luminoznost - broj interakcija $N = L \sigma$

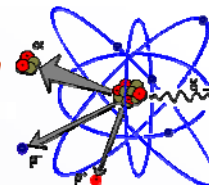
$$\sigma \sim 10^{-33} \text{cm}^2 \sim \text{nanobarni} \quad L = (n_1 n_2 / a) f b$$

Potrebno je mnogo čestica u snopu

CERN



Detektori



1) Lokalizacija trajektorije čestice u prostoru
momentat $p = \rho e B/c$

2) Merenje energije čestice

- Kalorimetri
- Merenje specifične jonizacije
- Merenje brzine čestice

(brzina preleta ili Čerenkovljev detektor)

3) Identifikacija čestica

- Nalaženje mase i energije
- Priroda interakcije
- Priroda raspada

4) Lokalizacija čestice u vremenu

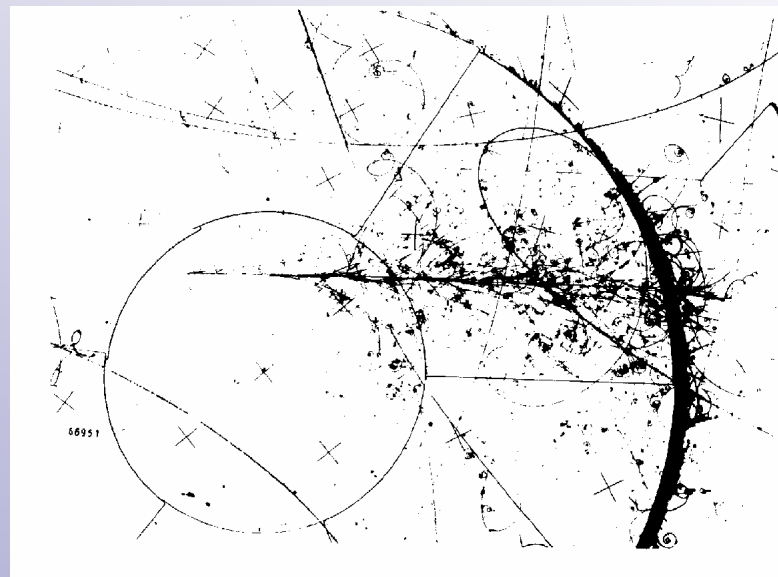
Određivanje čestica koje potiču od istog događaja

Mehuraste komore

Pregrejana para (H_2 , D_2 , He, C_3H_8 , CF_3Br , Xe)
20 MeV/m ($3,2 \cdot 10^{-12}$ J/m) je prag za stvaranje traga

Jako magneto polje ortogonalno na snop upadnih čestica

‘Kiša’ fotona, elektrona i pozitrona
snimljena u BEBC (CERN)

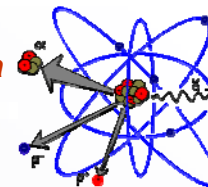


Scintilacioni brojači, nuklearne emulzije, proporcionalni brojači, Čerenkovljevi brojači, poluprovodnički brojači

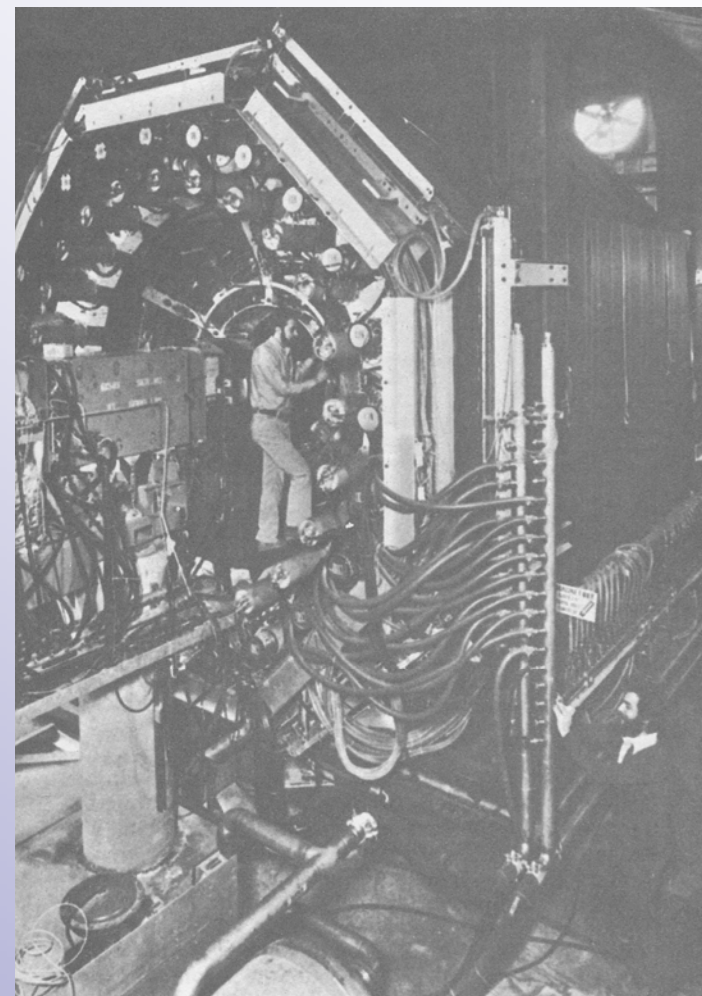
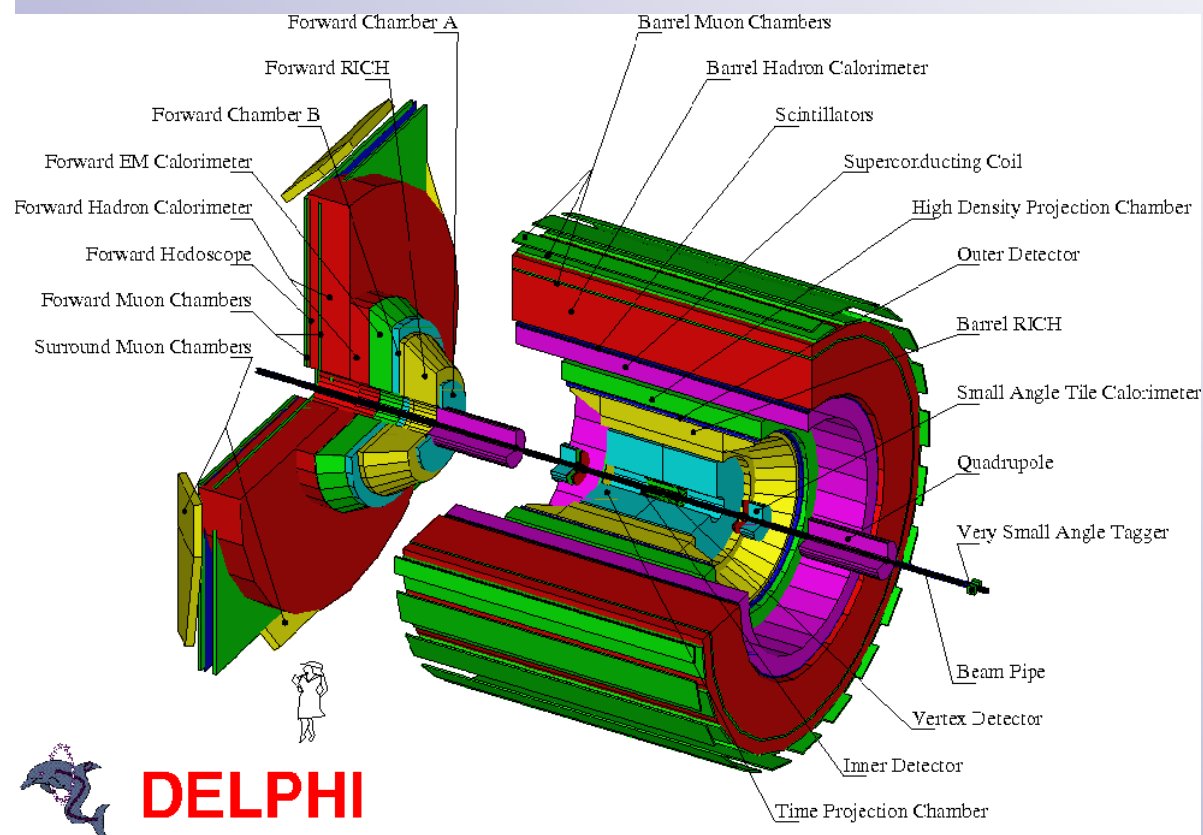
Detektori

DELFI - CERN

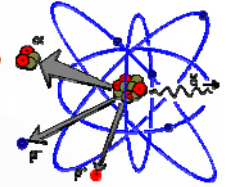
Radiohemija i nuklearna hemija



MARK-1 detektor u SLAC-u
Otkriće J/ψ p D-mezoni

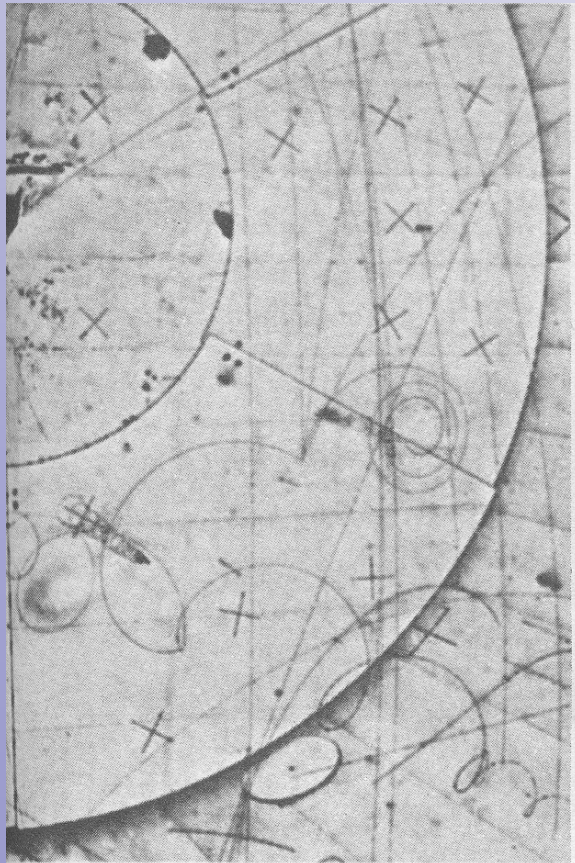


Ilustracija jednog eksperimenta u CERN-u

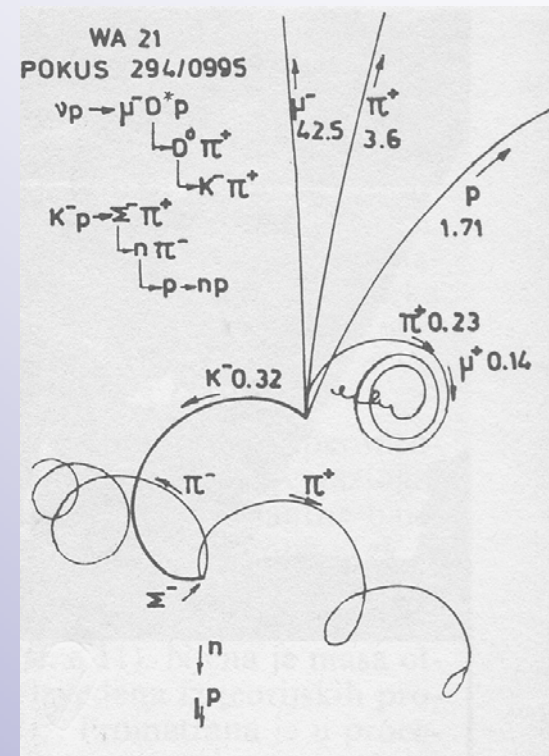


Proizvodnja D-mezona
u rasejanju neutrina na hadronima

Tragovi čestica u mehurastoj komori



Analiza tragova u komori



Upadni neutrino (nevidljiv) reagira s jednim kvarkom iz unutrašnjosti protona u mjehuričastoj komori. Neutrino se pretvara u mion kojega se trag jasno vidi. Pogodeni se proton pobudi i pretvara u proton i D-mezon. Potonji se raspada u $K^- \pi^+ \pi^-$. Sve četiri čestice se jasno raspoznaju po svojim tragovima. Navedeni brojevi označavaju impulse čestice stvorene gigaelektronvoltima.