

# $J/\Psi$ részecske felfedezése és a charm quark

Kaposvári István

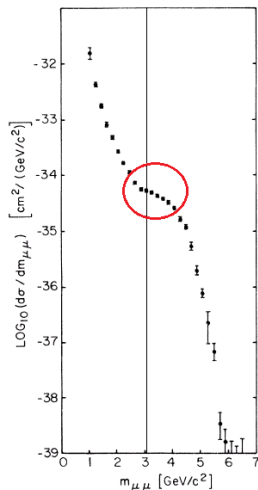
Eötvös Loránd Tudományegyetem

Kísérleti mag- és részecskefizikai szeminárium  
2013

- ▶ Ismert részecskék (1974):
  - ▶ quark: u, d, s
  - ▶ lepton: e,  $\nu_e$ ,  $\mu$ ,  $\nu_\mu$
- ▶ Gyenge kölcsönhatás 4-fermion elmélete
- ▶ Nem szimmetrikus a kölcsönhatás lepton és hadron része
- ▶ Új quark elméleti jóslása és a GIM mechanizmus  
***Weak interactions with Lepton Hadron symmetry***  
*S.L. Glashow, J. Iliopoulos and L. Maiani, Phys. Rev. D (1970) 1285:*
  - ▶ Legyen egy új nehéz quark: c
  - ▶ Megmagyarázza a  $|\Delta S| = 2$  ritkaságváltó folyamatok elnyomását
  - ▶ Helyreállítja a gyenge kölcsönhatás lepton-hadron szimmetriáját

# A $J/\Psi$ felnevezése (1973)

- ▶ Observation of Muon Pairs in High-Energy hadron collisions  
*Phys. Rev. D8 (1973) 2016*
- ▶ Urán fixtargetre lőttek 30 GeV-es protonokat és a 1-6.5 GeV energiájú  $\mu$ -párokat vizsgáltak
- ▶ Az eredmény: a hatáskeresztmetszetben nem láttak rezonanciákat
- ▶ (azt gondolhatjuk, hogy valójában megtalálták a  $J/\Psi$  részecskét)



$J/\Psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

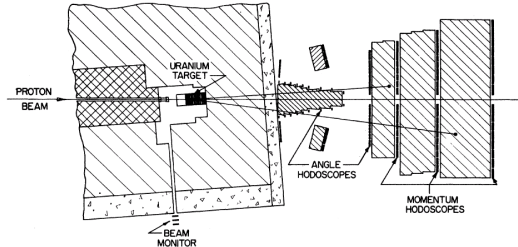
Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

A charm quark  
felfedezése

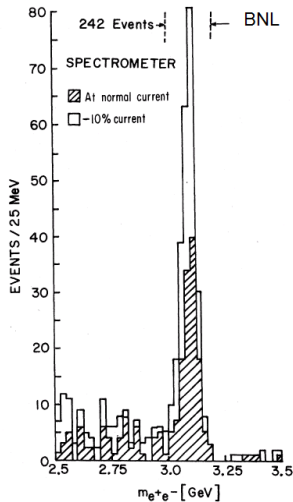
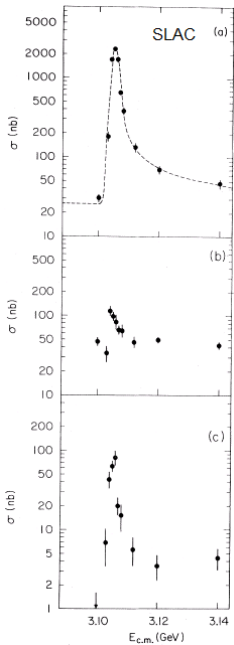
# A $\mu$ -párok vizsgálata

A kísérleti elrendezés:



- ▶ Az acél és beton árnyékolásból a 6 GeV-nél nagyobb impulzusú és a 450 MeV-nél nagyobb  $p_t$ -jű  $\mu$ -ok jutottak ki
- ▶  $\mu$ -ok szögét és impulzusát mérték, melyből az invariáns tömeg kiszámítható
- ▶ Koincidenciában nagyon sok véletlen beütés → nagyon rossz jel/zaj arány
- ▶ Következtetés: folytonosan változó hatáskeresztmetszet rezonanciák nélkül → nem találtak nagy tömegű mezont, ami  $\mu^+\mu^-$ -ba bomlik

# A $J/\psi$ felfedezése



$J/\psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

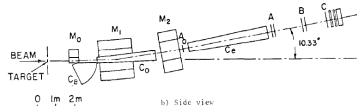
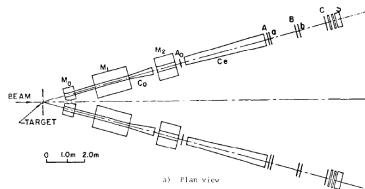
Az új részecske  
nyomában

A charm quark  
felfedezése

# J részecske felfedezése (BNL)

PRL 33 (1974) 1404

- ▶ Részecskét felfedezni  $p+p$  ütközésekben könnyű, tulajdonságait kimérni  $e^+ + e^-$  ütközésben
- ▶  $p + Be \rightarrow e^+ + e^- + X$ ; 30 GeV-en
- ▶  $e^+e^-$  spektrumát vizsgálták
- ▶ 2 karú spektrométer:  $(p, \vartheta)$  egyszerre mérése



J/ $\Psi$  részecske felfedezése és a charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat (GIM)

Az új részecske nyomában

A charm quark felfedezése

# J részecske felfedezése (BNL)

*J/ψ részecske  
felfedezése és a  
charm quark*

Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

A charm quark  
felfedezése

- ▶ nehéz mérés:  $e^+ + e^-$  elektromágneses folyamatban keletkezik, sokkal kisebb valószínűséggel, mint hadronpárok
- ▶ detektornak nagy hadronfluxust ki kell állnia, és csak nagyon kis valószínűséggel detektálhat hadron párokat
- ▶ A, A<sub>0</sub>, B, C proporcionális kamrák (több mint 8000 szállal)
- ▶ C<sub>0</sub>, C<sub>e</sub> Cerenkov detektorok: elválasztja az elektronokat a hadronoktól
- ▶ a, b: tracking detector

# J részecske felfedezése (BNL)

$J/\psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

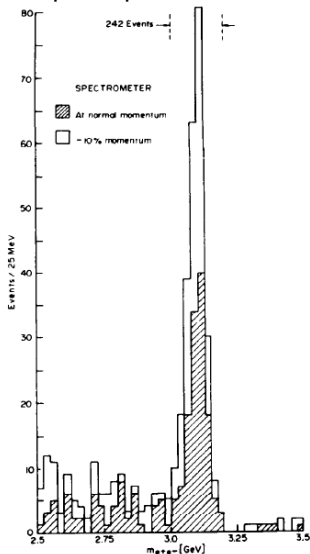
Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

A charm quark  
felfedezése

A kapott spektrum:

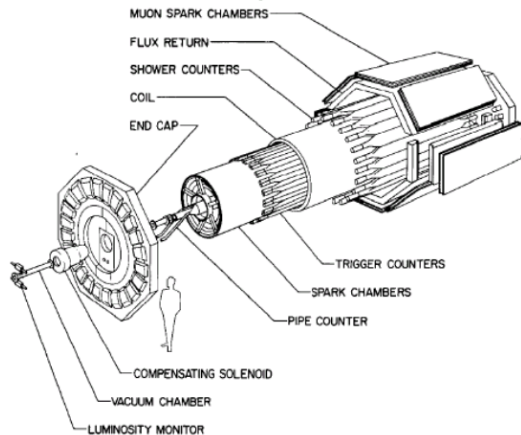


- ▶ Rezonancia a spektrumban → új részecske
- ▶  $M=3.1$  GeV
- ▶  $\text{FWHM} \sim 20$  MeV
- ▶ Több ellenőrzés, hogy valós eseményt figyeltek meg: ábrán látható 2 spektrum különböző mágnesáramok mellett készült



# $\Psi$ részecske felfedezése (SLAC/SPEAR)

- ▶ Rezonanciák keresése  $e^+e^-$  anihilációban
- ▶ A kísérletet a SPEAR  $e^-e^+$  tárlógyűrűnél végezték
- ▶ MARK I: mágneses detektor



$J/\Psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

A charm quark  
felfedezése

# $\Psi$ részecske felfedezése (SLAC/SPEAR)

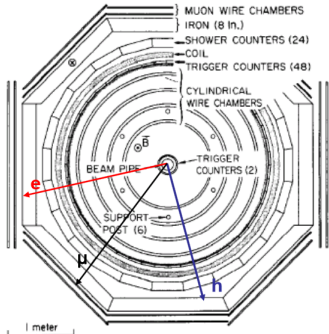
$J/\Psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

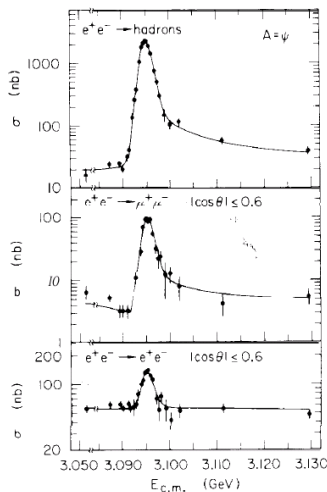
A charm quark  
felfedezése



- ▶ 16 henger alakú sokszálas proporciónálsi kamra: tracking → impulzus mérés
- ▶ 48 szcintillátor (trigger), melyek TOF detektorként is funkcionálnak
- ▶ 24 ólom-szcintillátor: elektron azonosítás
- ▶ külső  $\mu$  detektor

# $\Psi$ részecske felfedezése (SLAC/SPEAR)

- ▶ Új részecskét találtak
- ▶  $E_{\Psi} = 3.105 \pm 0.003 \text{ GeV}$
- ▶  $\Gamma_{\Psi} \leq 1.3 \text{ MeV}$
- ▶ Hosszú élettartamú részecske
- ▶ Az ábrákon látható, hogy a csúcsok  $\sim \text{MeV}$  szélességűek, de ez nagyrészt az  $e^+e^-$  nyalábok energiabizonytalanságának tudható be



$J/\psi$  részecske felfedezése és a charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat (GIM)

Az új részecske nyomában

A charm quark felfedezése

# $\Psi'$ részecske felfedezése (SLAC/SPEAR)

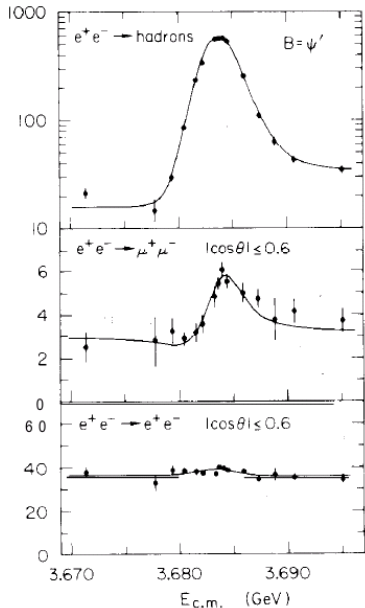
$J/\Psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

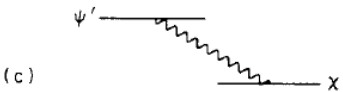
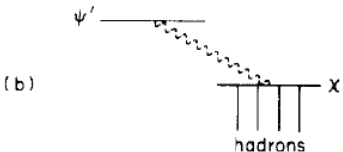
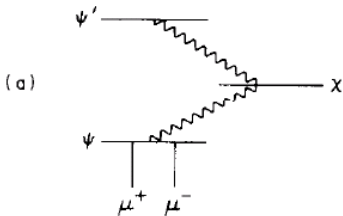
A charm quark  
felfedezése



- ▶ Magasabb energián újabb keskeny rezonanciát találtak
- ▶  $E_{\Psi'} = 3.684\text{GeV}$
- ▶  $\Gamma_{\Psi'} = 225 \pm 56\text{keV}$
- ▶ Hosszú élettartamú részecske
- ▶ Az új részecskék kvantumszámai:  
 $J^{PC} = 1^{--}$
- ▶ Mi lehet ez?

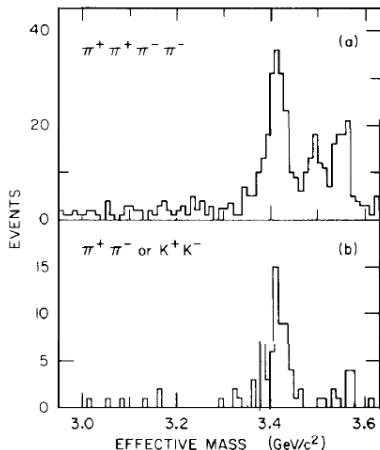
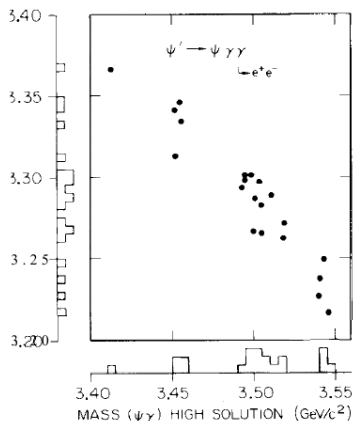
# Úton a charm quark felé

- ▶ Az új részecskék bomlásainak vizsgálata során további 4 közbenső (átmeneti) állapotot találtak
- ▶ 3 eljárás ezen állapotok feltérképezésére

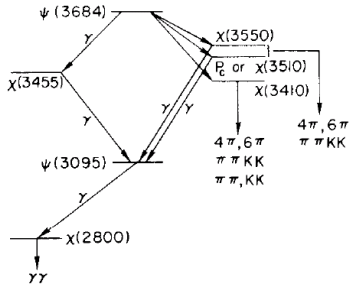


# Úton a charm quark felé

Az első két mérési módszernél a tömegben rezonanciákat várunk. Az utolsó módszernél pedig monoenergikus fotonokat várunk ( $\rightarrow 3.4\text{GeV}$ -es állapot)



## A részecske energiaszintjei:



- ▶ Nagyon emlékeztet a pozitronium energia szintjeire
- ▶ Megfeleltethető egy fermion-antifermion kötött állapot energiadigrammjának
- ▶ Az  $u\bar{u}$ ,  $d\bar{d}$ ,  $s\bar{s}$  kötött állapotokat már korábban megtalálták

# A Charm quark

$J/\psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

Elméleti jóslat  
(GIM)

Az új részecske  
nyomában

A charm quark  
felfedezése

- ▶ Szükség van egy új fermionra (quarkra), aminek a kötött állapotaként értelmezhetjük a  $\Psi$ -t
- ▶ Így jutottunk el a negyedig **charm** quark felfedezéséhez



Köszönöm a figyelmet!

# Felhasznált irodalom I

$J/\psi$  részecske  
felfedezése és a  
charm quark

Kaposvári István

Függelék

**Felhasznált  
irodalom**



B. Richter

*Nobel Lecture, 1976.*



S. C.C. Ting

*Nobel Lecture, 1976.*



S.L. Glashow, J. Iliopoulos and L. Maiani

*Phys. Rev. D* , 1285, 1970.



J.H. Christenson

*Phys. Rev. Lett. D8* , 2016, 1973.



J.J. Auber

*Phys. Rev. Lett. 33* , 1404, 1974.



J.J. Augustin

*Phys. Rev. Lett. 33* , 1406, 1974.