

Charm i rezonanse

MATEUSZ KULIG

Rezonans

- ▶ Funkcja falowa rozpadającej się cząstki:

$$\Psi(t) = \Psi(0) e^{-iE_R t} e^{-\frac{t}{2\tau}} = \Psi(0) e^{-t(iE_R + \frac{\Gamma}{2})}, \quad \tau = \frac{1}{\Gamma}$$

- ▶ Prawdopodobieństwo znalezienia cząstki w po czasie t: $I(t) = \Psi^* \Psi = \Psi(0)^2 e^{-\frac{t}{\tau}}$

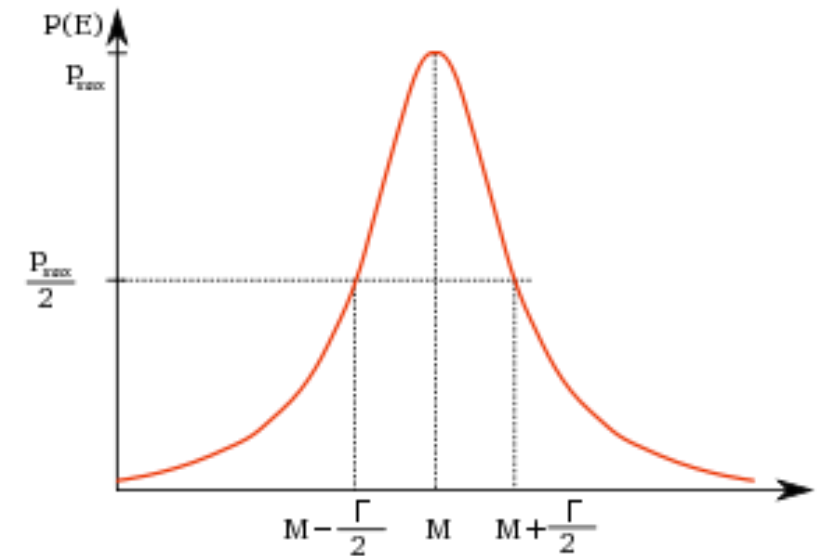
- ▶ Transformata Fouriera: $\Psi(E) = \int_0^\infty \Psi(t) e^{iEt} dt = \Psi(0) \int_0^\infty e^{-t(\frac{\Gamma}{2} + iE_R - iE)} dt = \frac{K}{(E_R - E) - \frac{i\Gamma}{2}}$

- ▶ Przekrój czynny: $\sigma(E) = \Psi(E)^* \Psi(E) = \sigma_{max} \frac{\frac{\Gamma^2}{4}}{(E_R - E)^2 + \frac{\Gamma^2}{4}}$

Krzywa Breit-Wignera

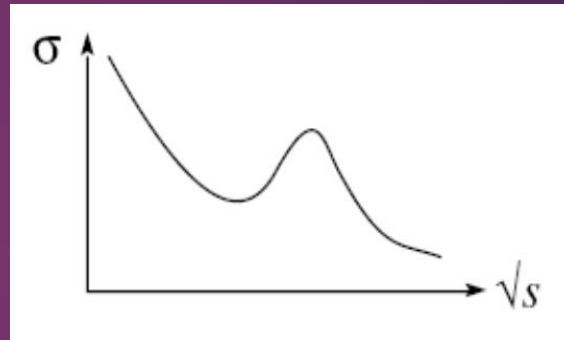
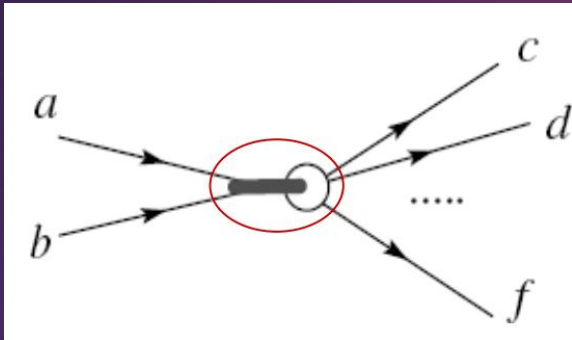
$$\blacktriangleright \sigma(E) = \frac{(2J+1)}{(2s_a+1)(2s_b+1)} \frac{4\pi}{E^2} \frac{\Gamma_i \Gamma_f}{(E-M_R)^2 + \left(\frac{\Gamma}{2}\right)^2}$$

$$\blacktriangleright \sigma(E) = \sigma_{max} \frac{M^2 \Gamma^2}{(s-M^2)^2 + M^2 \Gamma^2}$$

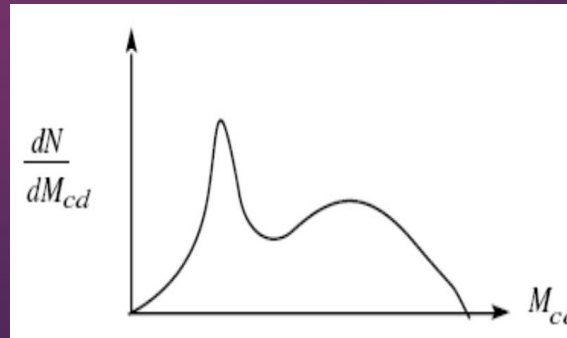
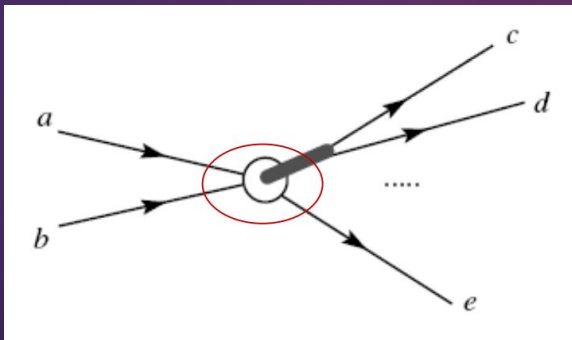


Rodzaje rezonansów

- ▶ Maksimum przekroju czynnego w funkcji energii

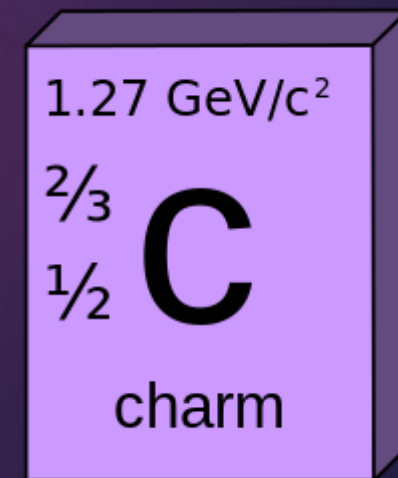


- ▶ Maksimum w spektrum masy niezmienniczej



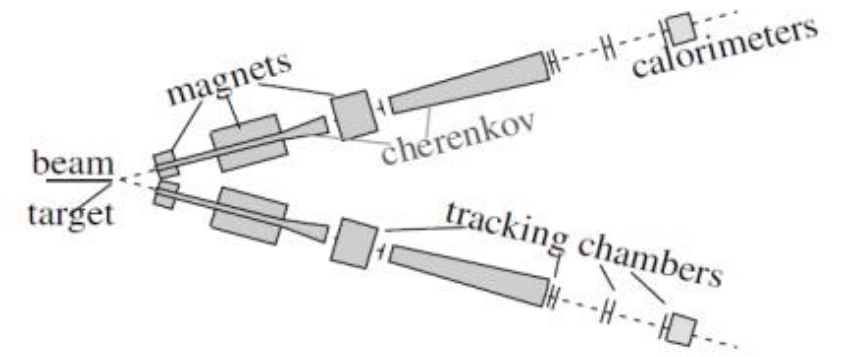
Kwark c

- ▶ Jego istnienie zostało przewidziane teoretycznie: wyjaśniał różnice pomiędzy branching ratio $K^+ \rightarrow \pi^+ + \nu + \bar{\nu}$, a $K^+ \rightarrow \pi^0 + \nu + e^+$ (mechanizm GIM)
- ▶ Masa 1,27 GeV, ładunek $+2/3$, charm +1 – nowa liczba kwantowa
- ▶ Skalarne mezony powabne: $D^0(cu)$, $D^+(cd)$, $D_S^+(cs)$.
- ▶ Wektorowe mezony powabne: $D^{*0}(cu)$, $D^{*+}(cd)$, $D_S^{*+}(cs)$.

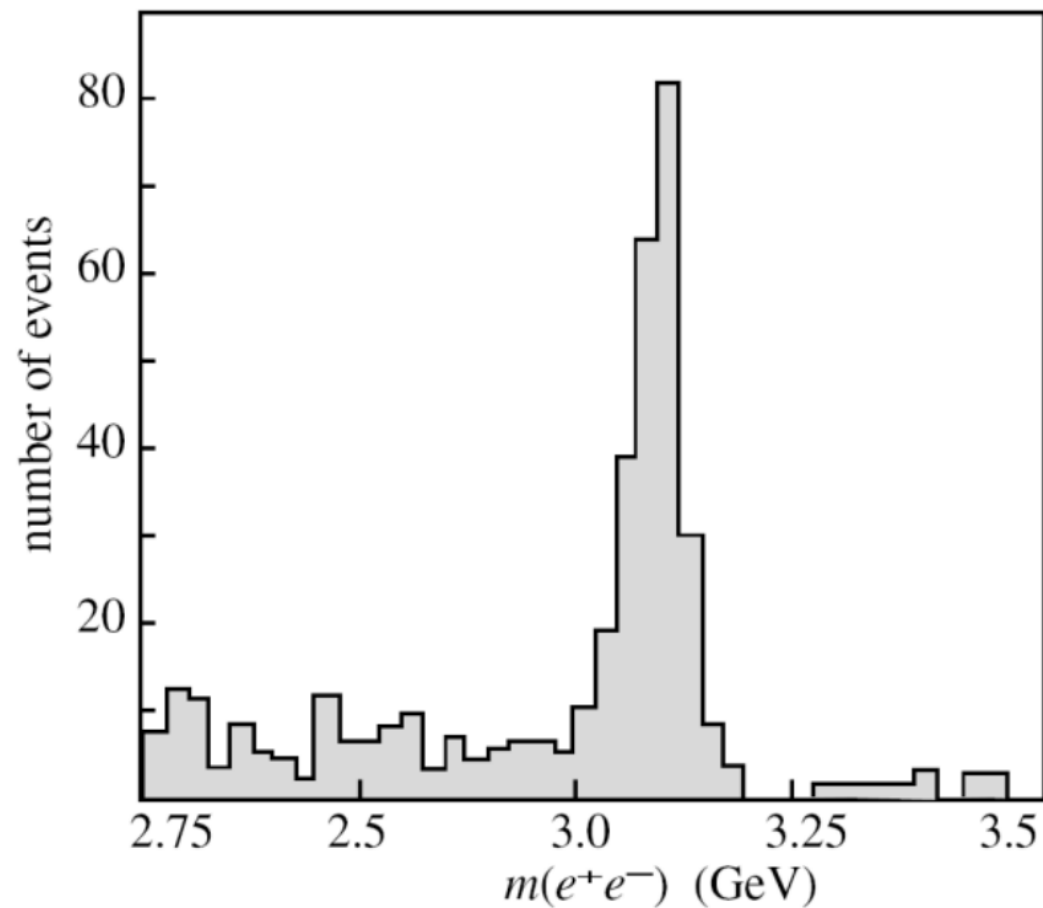


Cząstka J

- ▶ W 1974 w Brookhaven szukano ciężkiej cząstki J o liczbach kwantowych fotonu: $J^{PC} = 1^{--}$
- ▶ $p + N \rightarrow J + X \rightarrow e^+ + e^- + X$
- ▶ $m(e^+ e^-) = \sqrt{2m_e^2 + 2E_1E_2 - 2p_1p_2\cos(\theta_1 + \theta_2)}$

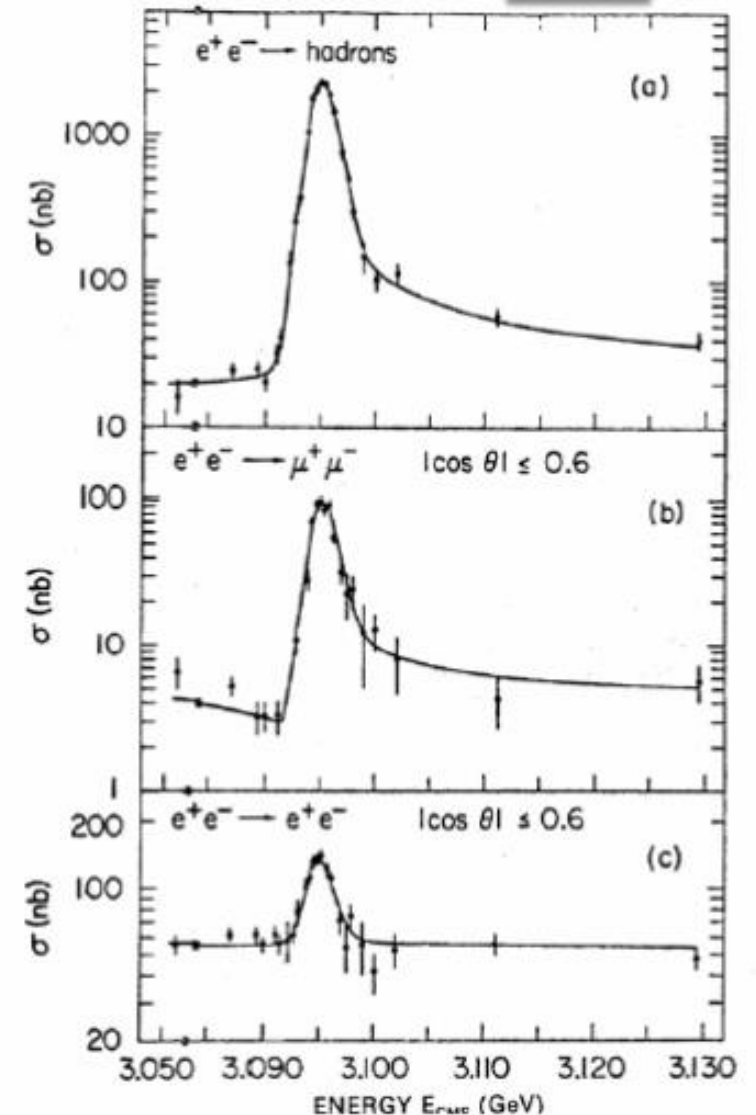


- W rozkładzie masy pojawił się spektakularny rezonans umiejscowiony w $m_J = 3100 \text{ MeV}$ o szerokości $\Gamma < 5 \text{ MeV}$



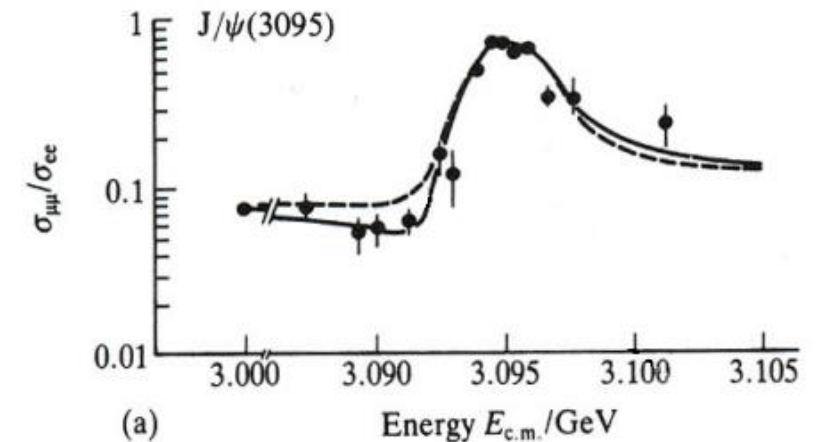
Cząstka ψ

- ▶ W tym samym czasie w akceleratorze e^+e^- SPEAR obniżono energię z $\sqrt{s} = 8\text{ GeV}$ do $\sqrt{s} = 3\text{ GeV}$
- ▶ Mierzono tam przekroje czynne dla procesów $e^+e^- \rightarrow \text{hadrony}$, $e^+e^- \rightarrow \mu^+\mu^-$, $e^+e^- \rightarrow e^+e^-$
- ▶ Również zaobserwowano rezonanse
- ▶ Zwiększając energię odkryto kolejną cząstkę ψ'



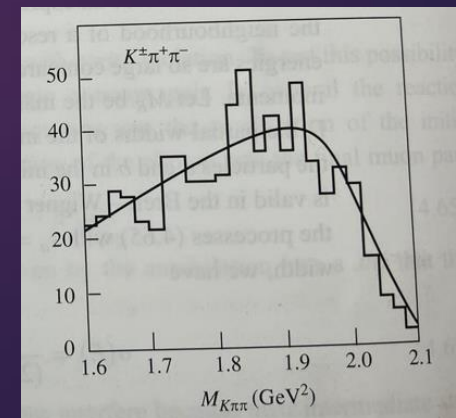
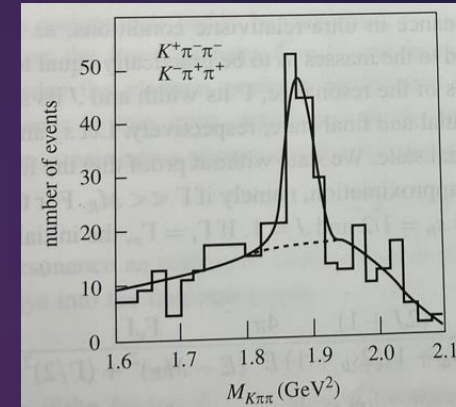
Cząstka J/ψ

- ▶ Te dwa odkrycia były niezależne, zatem cząstkę nazwano J/ψ
- ▶ Zarówno J/ψ i ψ' to cząstki zbudowane z pary kwarków nowego rodzaju - c \bar{c}
- ▶ J/ψ to stan podstawowy w konfiguracji 1 3S_1 , a ψ' to stan wzbudzony w konfiguracji 2 3S_1
- ▶ Za pomocą stosunku $\frac{\sigma_{\mu\mu}}{\sigma_{ee}}$ wyznaczono parzystość na -1
- ▶ Za pomocą branching ratio na $\rho^0\pi^0$ i $\rho^+\pi^-$ wyznaczono izospin $I = 0$



Mezony D

- ▶ Rozpoczęto poszukiwania mezonów D w procesach $e^+ + e^- \rightarrow D^+ + D^- + X$ oraz $e^+ + e^- \rightarrow D^0 + \bar{D}^0 + X$
- ▶ Odnaleziono rezonanse w przypadkach $D^0 \rightarrow K^- \pi^+$, $\bar{D}^0 \rightarrow K^+ \pi^-$, $D^0 \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, $D^+ \rightarrow K^- \pi^+ \pi^+$, $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$
- ▶ Nie zaobserwowano rezonansów w przypadkach $D^+ \rightarrow K^+ \pi^+ \pi^-$ oraz $D^- \rightarrow K^+ \pi^- \pi^-$ - dokładnie tak jak przewidywała to teoria uwzględniająca istnienie czwartego kwarku
- ▶ Bardzo stromy rezonans J/ Ψ można wyjaśnić tym, że J/ Ψ nie może rozpaść się na $D^0 \bar{D}^0$ i $D^+ D^-$



Odkrycia w Japonii

- ▶ W 1971 badano promieniowanie kosmiczne przy pomocy komory emulsyjnej
- ▶ Pozwoliło to na osiągnięcie energii rzędu TeV
- ▶ Po raz pierwszy zaobserwowano wtedy hadrony powabne

PLATE NUMBER

