

1. Wellenfunktionen

- a) Geben Sie die Wellenfunktion von π^+ für Spin-, Flavor- und Farbkomponente der Quarks an.

$$\pi^+ = \sqrt{\frac{1}{6}} \sum_{a=R,G,B} (\bar{d}_a \uparrow u_a \downarrow - \bar{d}_a \downarrow u_a \uparrow)$$

- b) Bestimmen Sie die fehlenden fünf (uds)-Zustände. (Z.B. $\Sigma(M_S) = \sqrt{\frac{1}{12}}[(sd + ds)u + (su + us)d - 2(du + ud)s]$, wobei M_S : Spin-Zustand symmetrisch für ud und M_A : Spin-Zustand antisymmetrisch für ud .)

$$\Lambda(M_A) = \sqrt{\frac{1}{12}} [(sd - ds)u + (us - su)d - 2(du - ud)s]$$

$$\Sigma(M_A) = \frac{1}{2} [(sd - ds)u + (su - us)d]$$

$$\Lambda(M_S) = \frac{1}{2} [(sd + ds)u - (su + us)d]$$

$$\Lambda(S) = \sqrt{\frac{1}{6}} [(sd + ds)u + (su + us)d + (du + ud)s]$$

2. Quarkzusammensetzung und Quantenzahlen der Hadronen

- a) Pseudoskalare Mesonen ($J_p = 0^-$):

Pseudoskalare Meson	Quarkzusammensetzung	Isospin I_3	Strangeness S
π^+	$u\bar{d}$	+1	0
π^0	$(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$	0	0
π^-	$d\bar{u}$	-1	0
η	$(u\bar{u} + d\bar{d} - 2s\bar{s})/\sqrt{6}$	0	0
η'	$(u\bar{u} + d\bar{d} + s\bar{s})/\sqrt{3}$	0	0
K^+	$u\bar{s}$	+1/2	+1
K^0	$d\bar{s}$	-1/2	+1
$\bar{K}^0$	$s\bar{d}$	+1/2	-1
K^-	$s\bar{u}$	-1/2	-1

- b) Vektormesonen ($J_p = 1^-$):

Vektormeson	Quarkzusammensetzung	Isospin I_3	Strangeness S
ρ^+	$u\bar{d}$	+1	0
ρ^0	$(u\bar{u} - d\bar{d})/\sqrt{2}$	0	0
ρ^-	$d\bar{u}$	-1	0
ω	$(u\bar{u} + d\bar{d})/\sqrt{2}$	0	0
ϕ	$s\bar{s}$	0	0
K^{*+}	$u\bar{s}$	+1/2	+1
K^{*0}	$d\bar{s}$	-1/2	+1
$\bar{K}^{*0}$	$s\bar{d}$	+1/2	-1
K^{*-}	$s\bar{u}$	-1/2	-1

- c) Baryonen $J_p = 1/2^+$

Baryon	Quarkzusammensetzung	Isospin I_3	Strangeness S
n	udd	-1/2	0
p	uud	+1/2	0
Σ^+	uus	+1	-1
Σ^0	uds	0	-1
Σ^-	dds	-1	-1
Λ	uds	0	-1
Ξ^0	uss	+1/2	-2
Ξ^-	dss	-1/2	-2

- d) Baryonen $J_p = 3/2^+$

Baryon	Quarkzusammensetzung	Isospin I_3	Strangeness S
Δ^{++}	uuu	+3/2	0
Δ^+	uud	+1/2	0
Δ^0	udd	-1/2	0
Δ^-	ddd	-3/2	0
Σ^{*+}	uus	+1	-1
Σ^{*0}	uds	0	-1
Σ^{*-}	dds	-1	-1
Ξ^{*0}	uss	+1/2	-2
Ξ^{*-}	dss	-1/2	-2
Ω^-	sss	0	-3

3. $\Psi/\mathbf{J}$ -Zerfälle

- a) Der Zerfall $\Psi'(3.7 \text{ GeV}) \rightarrow \Psi(3.1 \text{ GeV}) + \text{Hadronen}$ wird beobachtet. Bestimmen Sie die Hadronen.

Die hadronischen Zustände müssen $I = 0$ und $C = +1$ haben.

$$\Psi' \rightarrow \Psi \pi^+ \pi^-, \Psi \pi^0 \pi^0, \Psi \eta \text{ (BR: 33, 17, 3\%)}$$

4. Zweigregel

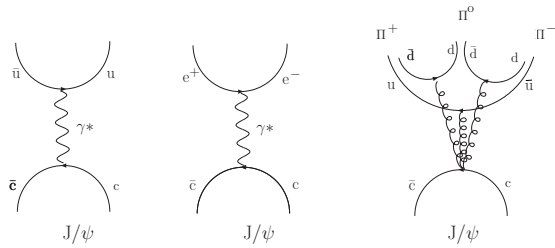


Abbildung 1: Feynman Graphen für $J/\psi \rightarrow \gamma^* \rightarrow \text{Hadronen}$, $J/\psi \rightarrow \gamma^* \rightarrow \text{Leptonen}$ und $J/\psi \rightarrow ggg \rightarrow \text{Hadronen}$.

- a) Siehe Abbildung 1
b) Aufgrund der Erhaltung der Farbladung und der Parität müssen beim hadronischen Zerfall drei Gluonen ausgetauscht werden. In der Zerfallswahrscheinlichkeit tritt daher ein Faktor α_s^3 auf, beim elektromagnetischen Zerfall dagegen nur ein Faktor α . Deshalb kann der elektromagnetische Zerfall mit dem hadronischen konkurrieren.
c) Nach der Zweigregel sind Zerfälle, bei denen die ursprünglichen Quarks annihilieren gegenüber Zerfällen mit durchgehenden Quarklinien unterdrückt. Daher ist die Zerfallsbreite von Quarkoniumzuständen unterhalb der Mesonschwelle sehr klein.
d) Beim $c\bar{c}$ -System liegt erst der $\psi(3770)$ -Zustand über der Mesonschwelle. Verglichen mit J/ψ hat er eine relativ grosse Zerfallsbreite von 24 MeV. Er zerfällt zu 95 % in Hadronen (Abbildung 2), wie es von der Zweigregel vorausgesagt wurde.

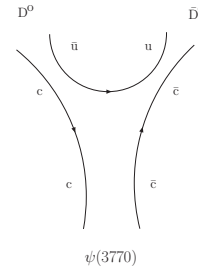


Abbildung 2: Feynman Graph für den hypothetischen Fall, dass der Prozess $\psi(3770) \rightarrow D^0 \bar{D}^0$ möglich ist.