Hinweis

Die vorliegende Lösung wurde im Rahmen der jeweiligen Lehrveranstaltung an der Universität Bonn erstellt. Sofern im oberen Teil der ersten Seite oder auf der unten angegebenen Webseite nicht anders vermerkt, wurde diese Lösung von mir, Marvin Zanke, alleine angefertigt und eingereicht. Bei allem in einer anderen Farbe als dem üblichen Blau handelt es sich in der Regel um Korrekturen von mir oder des Tutors. Für mehr Informationen und meine gesamten Unterlagen, siehe:
https://www.physics-and-stuff.com/

Ich erhebe keinen Anspruch auf Richtigkeit und Vollständigkeit der vorliegenden Lösungen! Dies gilt ebenso für obengenannte Korrekturen.

Physik V Blatt 10

Trim Kasabaci
Marvin Zanke

Nr. 1

1)

Teilchen	L	B	S	Y	I_3	
Photon	0	0	0	0	0	✓
π^0	0	0	0	0	0	✓
K^+	0	0	1	1	1/2	✓
p	0	1	0	1	1/2	✓
Λ	0	1	-1	0	0	✓
Σ^+	0	1	-1	0	1	✓
Ξ^-	0	1	-2	-1	-1/2	✓
Ω^-	0	1	-3	-2	0	✓
e^+	-1	0	0	0	/	✓
μ^-	1	0	0	0	/	✓
ν_μ	1	0	0	0	/	✓

2/2

mit $Y = B + S$, da t, c, b nicht vorhanden
$I_3 + \frac{Y}{2} = Q$

2) Dazu betrachten wir das Oktett, da die Teilchen dort mit $J^P = \frac{1}{2}^+$ im Grundzustand vorliegen.
Hier findet man: $I_\Sigma = 1$, $I_\Xi = \frac{1}{2}$ ✓

2/2

3) Additive QZ: Ladung Q, Baryonenzahl B, Leptonenzahl L, Strangeness S
Es handelt sich zwar um ~~dieselben~~ NEIN! mit gleichem Quarkinhalt Teilchen, jedoch in einem angeregten Zustand, wobei die Energie des angeregten Zustands in der Spinquantenzahl steckt, also unterscheiden sich die Teilchen durch J.

Man benötigt für eine eindeutige Klassifizierung:

- die Teilchenart z.B $\Delta(1600)$ "Resonanz" ✓
- den Isospin (sowie die 3. Komponente zur Unterscheidung der Ladungszustände z.B $I = 3/2$, $I_3 = 1/2 \Rightarrow \Delta^+$ ✓
- Spin und Parität. Spin ist dabei ein Freiheitsgrad für Anregungen und die Parität klassifiziert Teilchen / Antiteilchen J^P z.B $3/2^+$ ✓

3/3

welches? Genauer sein!

4) a) $\Xi^- \to \pi^0 + \Xi^-$. Das Ξ-Teilchen muss aus dem Dekupelt sein, da es wieder in sich selbst und ein anderes Teilchen zerfällt. Dafür benötigt es die Energie, die vorher in Spin steckt.

$\Xi^- \to \pi^- + \Lambda$ kann aus beiden Grundzuständen kommen, da bereits im Oktett 150 MeV mehr zur Verfügung stehen, als das Λ benötigt, womit die Masse des π^- erhalten wäre. Im $J = 3/2$-Zustand hat man noch mehr Energie zur Verfügung.

Im Oktett immer +150 MeV wegen dem Strange-Quarks

Für den angeregten Zustand ist der Zerfall $\Xi^{*-} \to \pi^0 + \Xi^-$ wahrscheinlicher, da die Masse des π^0 kleiner ist als die des π^-.

1/2

b) $\Sigma^+ \to \pi^+ + \Lambda$ nicht möglich für Oktett.

Für Dekuplett möglich auf Grund der Massen: $M(\pi^+) + M(\Lambda) > M(\Sigma^+)$ für nicht angeregten Zustand. Da nur wenige MeV fehlen, reicht der $J = 3/2$ Zustand aus.

$\Sigma^+ \to \pi^0 + p$ beide sind hier möglich f, da die Masse bereits im Grundzustand ausreicht um zu zerfallen. Im Grundzustand also erst recht.

Die Reaktion $\Sigma^{*+} \to \pi^0 + p$ ist für den angeregten Zustand wahrscheinlicher, da die Masse der π^0 kleiner ist.

1/2

5) Das Ω^- setzt sich zusammen aus 3 Strange Quarks. Diese wandeln sich nur über schwache W.W. in andere Quarks um (Flavor-Erhaltung der starken W.W.). Da wir aber mindestens 1 s-Quark umwandeln müssen, um ein anderes Teilchen zu erhalten, kann das Ω^- nicht über starke W.W. zerfallen. ✓ Die Lebensdauer von $\tau = 8 \cdot 10^{-11}\,s$ ist dabei typisch für Zerfälle der schwachen W.W., während bei der starken W.W. $\tau \approx 10^{-23}\,s$ typisch ist. ✓

1/1

6. $\underset{1_\mu}{\mu^-} \to \underset{1_e}{e^-} + \underset{1_\mu}{\nu_\mu} + \underset{(-1)_e}{\bar{\nu}_e}$ erlaubt ✓ ✓

7. $\underset{0}{n} \to \underset{0}{p} + \underset{1_e}{e^-} + \underset{1_e}{\nu_e}$ nicht erlaubt! ✓

8. $\underset{(-1)_\mu}{\bar{\nu}_\mu} + \underset{0}{p} \to \underset{1_e}{e^+} + \underset{0}{n}$ nicht erlaubt! ✓

9. $\underset{0}{p} \to \underset{0}{\pi^0} + \underset{(-1)}{e^+}$ nicht erlaubt! ✓

4/4

14/16

Nr. 2

1) uds

s besitzt keinen Isospin
u hat $(I, I_3) = (1/2, 1/2)$
d hat $(I, I_3) = (1/2, -1/2)$

Isospin $(1, 0)$ möglich entspricht Σ^0 ✓
UND $(0,0)$ möglich entspricht Λ^0 ✓

$x_1 x_2 x_3$ mit $x_i \in \{u, d\}$, $i = 1,2,3$

$(I, I_3) = (1/2, 1/2)$ für u
$(I, I_3) = (1/2, -1/2)$ für d

$\Rightarrow$ I hat Möglichkeiten $\{1/2, 3/2\}$ ✓
I_3 hat Möglichkeit $\{-3/2, \ldots, 3/2\}$ ✓

ddd: $(3/2, -3/2)$, ddu: $(I, -1/2)$ mit $I \in \{1/2, 3/2\}$
duu: $(I, 1/2)$ mit $I \in \{1/2, 3/2\}$
uuu: $(3/2, 3/2)$

4/4

2) Ja, und zwar z.B. für Hexaquarks und ~~Quadraquarks~~ Tetra ✓
Man benötigt also mindestens 4 Quarks (up oder down-), um sowohl Farbe neutral zu halten, als auch den Isospin 2 zu „erreichen".
z.B. $q\bar{q}, q\bar{q}$ (neutrale Farbe, maximaler Isospin: 2, allerdings $I_3 = 0$)
$qqq\,\bar{q}\bar{q}\bar{q}$ (neutrale Farbe, maximaler 3, aber
neutrale Farbe
n.F.: Isospin 2 ist möglich.)

2/2

6/6

1	2	3	4	5	Σ
14	6	5	1	3,5	29,5

Nr. 3

1)

L	J=0, S=0	J=0, S=1	J=1, S=0	J=1, S=1	J=2, S=0	J=2, S=1
0	✓			✓		
1		✓	✓	✓		✓
2				✓	✓	✓
3						✓
	0^{-+}		1^{+-}		2^{-+}	
	0^{++}		1^{--}		2^{++}	
			1^{++}		2^{--}	
			1^{--}		2^{++}	

✓

3/3

2) Exotische Quantenzahlen sind demnach:

J=0: 0^{+-} 0^{--} ✓

J=1: 1^{-+} ✓

J=2: 2^{+-} ✓

2/2

3) 1^{-+} als Bsp: $L=2$, $S=2$ $\quad {}^5D_1$

2^{+-}: $L=3$, $S=2$ $\quad {}^5F_2$

Spinquantenzahl S durch Meson nicht konstruierbar! (daher „exotisch"). Aber durch „Molekül" aus zwei Mesonen bzw. Tetraquarks

0/2

5/7

Nr. 4

$L = 0 \Rightarrow J = S$

Da Mesonen, $S \in \{0, 1\}$

$C = (-1)^{L+S} = (-1)^S$

$P = (-1)^{L+1} = (-1)$

$\Rightarrow J^{PC} \in \{0^{-+}, 1^{--}\}$ ✓

1/1

1/5

Nr. 5

1) Argumentiert man über die Masse (alle anderen Erhaltungssätze sind für jedes Dublett erfüllt), so kommt man zu dem Ergebnis, dass W^- in folgende Dubletts zerfallen kann:

$\begin{pmatrix}\nu_e\\ e^-\end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix}\nu_\mu\\ \mu^-\end{pmatrix}$, $\cancel{\begin{pmatrix}\nu_\tau\\ \tau\end{pmatrix}}$, $\begin{pmatrix}u\\ d'\end{pmatrix}$, $\cancel{\begin{pmatrix}c\\ s'\end{pmatrix}}$

Es ist der Zerfall des τ^- über ein W^- gemeint... 1,5/3

... W^--Zerfall in τ^--Leptonen...

und nicht

... τ^--Zerfall in W^--Bosonen...

2) Gibt es nur eine Farbe, so sind die Zerfälle in Quarks nur 1 mal möglich für jeweils $\begin{pmatrix}u\\ d'\end{pmatrix}$ und $\begin{pmatrix}c\\ s'\end{pmatrix}$

Für den Zerfall des W^- findet man:

$$W^- \xrightarrow{10{,}71\%} \bar{e}\,\bar{\nu}_e$$
$$W^- \xrightarrow{10{,}63\%} \mu^-\,\bar{\nu}_\mu$$
$$W^- \xrightarrow{11{,}38} \tau^-\,\bar{\nu}_\tau$$

$$W^- \xrightarrow{7\cdot 10^{-4}\%} \pi\,\gamma \quad (d\bar{u}), \quad W^- \xrightarrow{31\%} s\bar{c}$$
$$W^- \xrightarrow{1{,}3\cdot 10^{-1}\%} D_s^-\,\gamma \quad (s\bar{c})$$

$$\Rightarrow C = \frac{BR(\tau \to \sum_{\ell e c} \nu_\tau + e^- + \bar{\nu}_e)}{BR(\tau \to \nu_\tau + \text{Hadronen})} = 1{,}05$$

0/1

3) Nun hat man 3 Möglichkeiten für jedes Meson/Hadron und teilt deshalb die Zahl C aus der 2) durch 3 (3 mal soviele Möglichkeiten) und erhält: $C' = 0{,}35$ ff

Passt!

2/2

3,5/4