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.

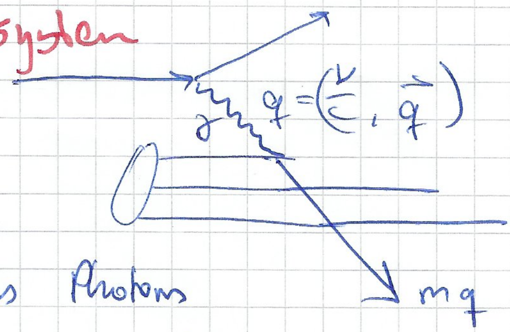
17.12.2015 Physik V Blatt 8

Timm Kasabaci
Marvin Zanke

Nr. 1

im infinite Momentum system

1. Parton trägt Impuls xP, wobei $P = \begin{pmatrix} E_P \\ p_P \end{pmatrix}$ der Viererimpuls des Protons ist.



Nun wird der Viererimpuls des Photons übertragen und das Quark aus dem Proton rausgestoßen. Als Energie- und Impulserhaltung ergibt sich:

ja, aber momentan kennen wir nur Partonen, noch keine Quarks ...

$$(xP + q)^2 = (m_q c)^2$$

$$\Leftrightarrow x^2 P^2 + 2xPq + q^2 = \underbrace{(m_q c)^2}_{\text{sehr klein gegen Impulsübertrag}} \approx 0$$

$$\Leftrightarrow \underbrace{x^2 P^2}_{\ll q^2 \text{ da } q \text{ sehr groß}} + 2xPq + q^2 = 0$$

$$\Leftrightarrow 2xPq + q^2 = 0 \Leftrightarrow x = -\frac{q^2}{2Pq}$$ ✓

Außerdem gilt: $P \cdot q = \underbrace{\begin{pmatrix} E_P/c \\ \vec{p}_P \end{pmatrix}}_{\hat{=} \begin{pmatrix} E_P/c \\ 0 \end{pmatrix} \text{ Ruhesystem Proton}} \cdot \begin{pmatrix} \nu/c \\ \vec{q} \end{pmatrix} = \underbrace{\frac{E_P}{c}}_{Mc} \cdot \frac{\nu}{c} = M\nu$

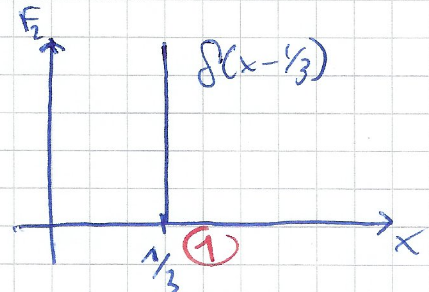
4

$$\Rightarrow x = \frac{Q^2}{2M\nu} \text{ mit } Q^2 = -q^2$$ ✓

2.

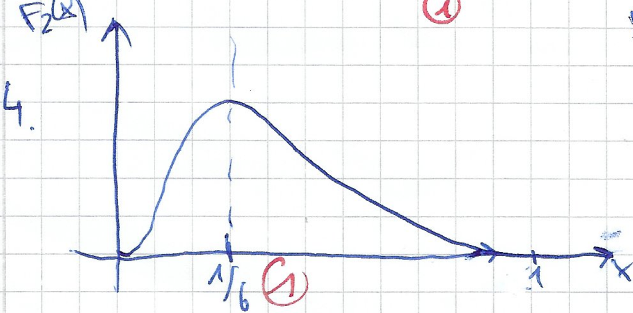
(1)

3.

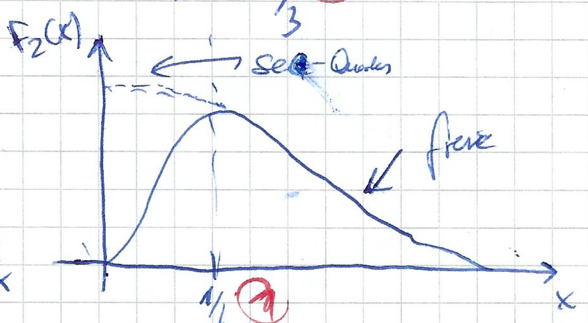


(1)

4.



(1)



(1)

Aufgabe 2

1. $\int_0^1 (u(x) - \bar{u}(x))\,dx = 2$ zwei Valenz-Up-Quarks im Proton

$\int_0^1 (d(x) - \bar{d}(x))\,dx = 1$ ~~zwei~~ ein Valenz-Down-Quark im Proton

$\int_0^1 (s(x) - \bar{s}(x))\,dx = 0$ keine Valenz-Strange-Quarks im Proton

Die Verteilungen der See-Quarks und Antiquarks heben sich im Integral auf. auch punktweise über x

für das Neutron:

$\int_0^1 (u(x) - \bar{u}(x))\,dx = 1$ ein Up-Valenzquark im Neutron

$\int_0^1 (d(x) - \bar{d}(x))\,dx = 2$ zwei Down-Valenzquarks im Neutron

$\int_0^1 (s(x) - \bar{s}(x))\,dx = 0$ kein Strange-Valenzquark im Neutron ✓

einmal Aufteilung hinschreiben

(4)

2. $F_2(x) = x \sum_i z_i^2 q_i(x)$

$F_2^{ep}(x) = x \cdot \left(\frac{4}{9}(u_v^p + u_s^p + \bar{u}_s^p) + \frac{1}{9}(d_v^p + d_s^p + \bar{d}_s^p) + \frac{1}{9}(s_s^p + \bar{s}_s^p)\right)$

$F_2^{en}(x) = x \cdot \left(\frac{4}{9}(u_v^n + u_s^n + \bar{u}_s^n) + \frac{1}{9}(d_v^n + d_s^n + \bar{d}_s^n) + \frac{1}{9}(s_s^n + \bar{s}_s^n)\right)$

mit $u_{v,s}^p(x) = d_{v,s}^n(x) \equiv u_{v,s}(x)$
$d_{v,s}^p(x) = u_{v,s}^n(x) \equiv d_{v,s}(x)$ } Stichwort hier? Isospin Symmetrie

$\Rightarrow \frac{F_2^{en}(x)}{F_2^{ep}(x)} = \cancel{u_v(x) + d_v(x)} \frac{\frac{4}{9}(d_v + d_s + \bar{d}_s) + \frac{1}{9}(u_v + u_s + \bar{u}_s) + \frac{1}{9}(s_s + \bar{s}_s)}{\frac{4}{9}(u_v + u_s + \bar{u}_s) + \frac{1}{9}(d_v + d_s + \bar{d}_s) + \frac{1}{9}(s_s + \bar{s}_s)}$

mit $u_s(x) = \bar{u}_s(x) = d_s(x) = \bar{d}_s(x) = s_s(x) = \bar{s}_s(x) = S(x)$

$\Rightarrow \frac{F_2^{en}(x)}{F_2^{ep}(x)} = \frac{4(d_v + 2S(x)) + u_v + 2S(x) + 2S(x)}{4(u_v + 2S(x)) + d_v + 2S(x) + 2S(x)}$

$= \frac{4d_v + u_v + 12S(x)}{4u_v + d_v + 12S(x)}$ (*) ✓ (5)

3. für $x \to 0$ dominieren See-Quarks / Antiquarks

$$\Rightarrow \frac{F_2^{en}(x)}{F_2^{ep}(x)} = \frac{4(d_s+\bar{d}_s)+(u_s+\bar{u}_s)+(s_s+\bar{s}_s)}{4(u_s+\bar{u}_s)+(d_s+\bar{d}_s)+(s_s+\bar{s}_s)}$$

$$= \frac{12S(x)}{12S(x)} = 1$$ ✓ 1

4. für $x \to 1$ See-Quarks vernachlässigbar

in (+) kann d_v und $S(x)$ gegenüber u_v vernachlässigt werden

$$\Rightarrow \frac{F_2^{en}(x)}{F_2^{ep}(x)} = \frac{1}{4}$$

d-Quarkverteilung fällt schneller mit x ab, als u-Quarkverteilung

↳ ok, das ist das was bei 5 rauskommen sollte.

5.

naiver Ansatz: $u(x) = 2d(x)$

↑ punktweise, also auch für $x \to 1$

4. + 5.

1.5/4

$u_v(x) \gg d_v(x)$, $\frac{u_v(x)}{4u_v(x)} = \frac{1}{4}$

↑ folgt aus exp. Ergebnis

Nr. 3

1.

Teilchen	I	I_3
Proton p	$1/2$	$1/2$
Neutron n	$1/2$	$-1/2$
π^-	1	-1
π^0	1	0
π^+	1	1
Δ^-	$3/2$	$-3/2$
Δ^0	$3/2$	$-1/2$
Δ^+	$3/2$	$1/2$
Δ^{++}	$3/2$	$3/2$ ✓

Kanal	elastisch/total	Wirkungsq.schnitt
$p\pi^+$	total	200 mb (I)
$p\pi^+$	elastisch	200 mb (I)
$p\pi^-$	total	70 mb (II + III)
$p\pi^-$	elastisch	~~30 mb~~ 23 mb (III)

1.5

2. $\pi^+ p \xrightarrow{\text{total}} \Delta^{++} \longrightarrow \pi^+ p$

π^+: $I = 1$, $I_3 = 1$; p: $I = 1/2$, $I_3 = 1/2$; Δ^{++}: $I = 3/2$, $I_3 = 3/2$; π^+: $I = 1$, $I_3 = 1$; p: $I = 1/2$, $I_3 = 1/2$

elastisch (I)
total

$\pi^+ p \xrightarrow{\text{elast.}}$ 1 €

π^+: $I = 1$, $I_3 = 1$; p: $I = 1/2$, $I_3 = 1/2$

3

da elastisch, daß keine kin. Energie in Masse umgewandelt werden, und die Ruhemasse reichen nicht aus für $\Delta(1232)$-Resonanz

doch Δ ist ja nur Zwischen, nicht Ausgangszustand

$\pi^- p \xrightarrow{\text{total}} \Delta^0 \longrightarrow \pi^- p$

$\Delta^0 \longrightarrow \pi^0 n$

π^-: $I = 1$, $I_3 = -1$; p: $I = 1/2$, $I_3 = 1/2$; Δ^0: $I = 3/2$, $I_3 = -1/2$; π^-: $I = 1$, $I_3 = -1$; p: $I = 1/2$, $I_3 = 1/2$; π^0: $I = 1$, $I_3 = 0$; n: $I = 1/2$, $I_3 = -1/2$

elastisch (III)

~~I~~ II + III

(total − elastisch)

$\pi^- p \xrightarrow{\text{elast.}}$ 1 6 $\Delta^0 \longrightarrow \pi^- \quad p$

3. Wir normieren auf σ_N, wobei dies der Wirkungsquerschnitt für $\pi^+ p \longrightarrow \Delta^{++} \longrightarrow \pi^+ p$ ist.

$\sigma_N \sim (1)^2 \cdot (1)^2 = 1$. ✓

$(\sigma_{\pi^- p})_{\Delta} \sim \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^2 = \frac{1}{81} \; (\cdot \sigma_N)$

$(\sigma_{\pi^- p})_{tot} \sim \left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^2 = \frac{4}{81} \; (\cdot \sigma_N)$ da zwei Zerfälle möglich

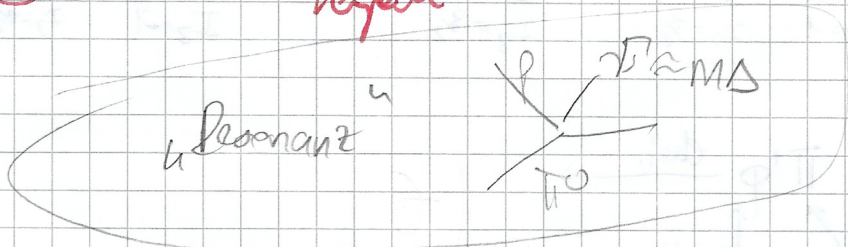
↳ ahh, dann aufaddieren

wo ist hier der Unterschied?

Wurzeln vergessen? ... so leider nicht nachvollziehbar

(1)

Verfehlt



4. Nein, das kann man daraus nicht folgern, da der Wirkungsquerschnitt nicht nur starke W.W. sondern auch elektromagnetische W.W. beinhaltet, und π^- und π^+ genau entgegengesetzt geladen sind.

(0)

e.m. WW ist aber um Größenordnungen unterdrückt

27/40

5)

Δ-Resonanz genau bei Spin 3/2

$p\pi^+ \quad |\tfrac{1}{2}, \tfrac{1}{2}\rangle \otimes |1, 1\rangle = 1\, |\tfrac{3}{2}, \tfrac{3}{2}\rangle$

$p\pi^- \quad |\tfrac{1}{2}, \tfrac{1}{2}\rangle \otimes |1, -1\rangle = \sqrt{\tfrac{1}{3}}\, |\tfrac{3}{2}, -\tfrac{1}{2}\rangle + \sqrt{\tfrac{2}{3}}\, |\tfrac{1}{2}, -\tfrac{1}{2}\rangle$

$n\pi^0 \quad |\tfrac{1}{2}, -\tfrac{1}{2}\rangle \otimes |1, 0\rangle = \sqrt{\tfrac{2}{3}}\, |\tfrac{3}{2}, -\tfrac{1}{2}\rangle + \sqrt{\tfrac{1}{3}}\, |\tfrac{1}{2}, -\tfrac{1}{2}\rangle$