Σ 30.5

Nr. 1 Σ 4.5

1.)

Teilchen i ≠ Teilchen o = e + X

Bei der inelastischen Elektron-Nukleon Streuung kann kinetische Energie des Elektrons in Anregungsenergie des Nukleons umgewandelt werden, bei der elastischen Streuung ist dies ausgeschlossen. $(M' = M)$

Kinematische Variablen: • Elastisch: 1

• Inelastisch: 2

1/1

2.)

Im Parton-Modell wird die Bjorken'sche Skalenvariable $x = Q^2/2M\nu$ als Bruchteil des Viererimpulses des Protons interpretiert, welcher von einem Parton getragen wird.

1/1

3.)

nicht σ^2 abh. (Aufl.)

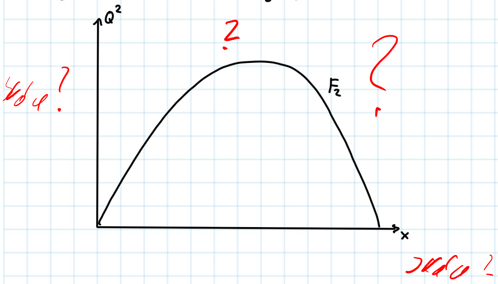
Bjorken-Scaling bezeichnet eine Abhängigkeit der Strukturfunktion bei (tief) inealistischer Streuung von nur einer Variable. Dies entspricht eigentlich einer elastischen Streuung, weshalb das Parton-Modell entwickelt wurde, welches die inelastische Elektron-Nukleon Streuung als elastische Elektron-Parton Streuung interpretiert. Die Partonen sind dabei die punktförmigen Konstituenten des Nukleons, heute werden sie in Quarks und Gluonen aufgeteilt.

1.5/2

4.)

Skalenbrechung tritt bei extremen Werten von x auf, da die Strukturfunktion F_2 in diesem Fall von Q^2 abhängig wird. Bei sehr kleinen x steigt F_2 mit steigendem Q^2, bei sehr großen x fällt F_2 mit steigendem Q^2:

Wodurch kommt es zur Skalenbrechung?



$F_2(Q^2)$?

< x

> x ?

s. Vorl.

$0 < x < 1$

1/2

Nr. 2 $\sum$ 15.5

$$\frac{1}{x}F_2^{e,p/n}(x) = \left(\frac{2}{3}\right)^2\left[u^{p/n}(x) + \bar{u}^{p/n}(x)\right] + \left(\frac{1}{3}\right)^2\left[d^{p/n}(x) + \bar{d}^{p/n}(x)\right] + \left(\frac{1}{3}\right)^2\left[s^{p/n}(x) + \bar{s}^{p/n}(x)\right]$$

1.)

Wir vermuten dass das Neutron aus zwei down- und einem up-Quark besteht, während das Proton aus einem down- und zwei up-Quarks besteht.

Zusammen mit der Isospin-Symmetrie folgt daraus:

$$u^n(x) = d^p(x) = d(x) \quad \text{und} \quad d^n(x) = u^p(x) = u(x) \quad \text{und} \quad s^n(x) = s^p(x) = s(x)$$

$$\Rightarrow \bar{u}^n(x) = \bar{d}^p(x) = \bar{d}(x) \quad \text{und} \quad \bar{d}^n(x) = \bar{u}^p(x) = \bar{u}(x)$$

Diese Verteilungsfunktionen besitzen jeweils einen Anteil an Valenzquarks und Seequarks:

$$d(x) = d_v(x) + d_s(x), \quad u(x) = u_v(x) + u_s(x), \quad s(x) = \underbrace{s_v(x)}_{=0} + s_s(x)$$

Bzw. die Antiquarks treten nur als Seequarks auf:

$$\bar{d}(x) = \bar{d}_s(x), \quad \bar{u}(x) = \bar{u}_s(x), \quad \bar{s}(x) = \bar{s}_s(x)$$

Wobei der Anteil an Seequarks für alle gleich ist:

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

$$\Rightarrow \frac{1}{x}F_2^{e,p} = \left(\frac{2}{3}\right)^2\left[u_v(x) + 2S(x)\right] + \left(\frac{1}{3}\right)^2\left[d_v(x) + 2S(x)\right] + \left(\frac{1}{3}\right)^2 2S(x)$$

$$= \frac{4}{9}u_v(x) + \frac{1}{9}d_v(x) + \frac{12}{9}S(x)$$

$$\frac{1}{x}F_2^{e,n} = \left(\frac{2}{3}\right)^2\left[d_v(x) + 2S(x)\right] + \left(\frac{1}{3}\right)^2\left[u_v(x) + 2S(x)\right] + \left(\frac{1}{3}\right)^2 2S(x)$$

$$= \frac{4}{9}d_v(x) + \frac{1}{9}u_v(x) + \frac{12}{9}S(x)$$

3/3

2.)

$$\int_0^1 [u(x) - \bar{u}(x)]dx = 2 \qquad \int_0^1 [d(x) - \bar{d}(x)]dx = 1 \qquad \int_0^1 [s(x) - \bar{s}(x)]dx = 0$$

Begründung: Wir erwarten dass das Proton aus zwei up- und einem down-Quark besteht, dies sind die Valenzquarks. Alle anderen Quarks sind Seequarks, welche immer nur im Quark-Antiquark Paar auftreten und sich im Integral somit wegkürzen. Daher erwarten wir für die Integrale die Werte der Valenzquarks.

3/3

3.)

Die Isospin-Symmetrie wurde bereits in 1.) angewendet. Für das Verhältnis folgt:

$$\frac{F_2^{e,n}(x)}{F_2^{e,p}(x)} = \frac{\frac{4}{9}d_v(x) + \frac{1}{9}u_v(x) + \frac{12}{9}S(x)}{\frac{4}{9}u_v(x) + \frac{1}{9}d_v(x) + \frac{12}{9}S(x)}$$

kürzen?

4/4

4.)

$$\frac{F_2^{e,n}(x)}{F_2^{e,p}(x)} \xrightarrow{x\to 0} \frac{\frac{12}{9}S(x)}{\frac{12}{9}S(x)} = 1$$

2/2

5.)

$$\frac{F_2^{e,n}(x)}{F_2^{e,p}(x)} \xrightarrow{x\to 1} \frac{\frac{4}{9}d_v(x) + \frac{1}{9}u_v(x)}{\frac{4}{9}u_v(x) + \frac{1}{9}d_v(x)}$$

2/2

6.)

Für $x \to 0$ verläuft das Verhältnis wie in 4.) berechnet gegen 1.

Für $x \to 1$ verläuft das Verhältnis gegen $< \approx 0{,}25$ ~~$\sim 0{,}3$~~. Dies lässt sich dadurch erklären, dass beim Proton $u_v(x)$ doppelt so groß wie $d_v(x)$ ist. Da das Verhältnis in 5.) nur in Abhängigkeit der Verteilungsfunktionen des Protons ist folgt daraus:

$$\frac{\frac{4}{9}d_v(x) + \frac{1}{9}u_v(x)}{\frac{4}{9}u_v(x) + \frac{1}{9}d_v(x)} \xrightarrow{u_v = 2d_v} \frac{1}{3} \approx 0{,}3$$

$\frac{2}{3}$

$d_v^{(1)} \to 0 \Rightarrow \frac{1}{4}$

1.5/3

Ex 5; Blatt 9; Dominik Wawrzinek, Angelo Brade; 16.12.2024

Aufgabe 3: Σ 10.5

a)

Teilchen	I	I_3
p	1/2	+1/2
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	Wirkungsquerschnitt
$p\,\pi^+$	total	$2\cdot 10^2$ mb
$p\,\pi^+$	elastisch	$2\cdot 10^2$ mb
$p\,\pi^-$	total	20 $\hat{=}$ 70 mb
$p\,\pi^-$	elastisch	60 $\hat{=}$ 22 mb

1.5/2

(2 Punkte

b) $\pi^+ p \to \Delta^{++} \to \pi^+ p: |1,1\rangle + |1/2,1/2\rangle \to |\tfrac{3}{2},\tfrac{3}{2}\rangle \to |1,1\rangle + |1/2,1/2\rangle$ elastisch & total

$\pi^- p \to \Delta^0 \to \pi^0 n: |1,-1\rangle + |1/2,1/2\rangle \to |3/2,-1/2\rangle \to |1,0\rangle + |1/2,-1/2\rangle$ total inel

$\pi^- p \to \Delta^0 \to \pi^- p: |1,-1\rangle + |1/2,1/2\rangle \to |3/2,-1/2\rangle \to |1,-1\rangle + |1/2,1/2\rangle$ elastisch

$\sigma_{tot} = \sigma_{el.} + \sigma_{inel}$ 3.5/4

c) $\pi^+ p \to \Delta^{++} \to \pi^+ p: \sigma_p^+ \propto CG^2(|1,1\rangle + |1/2,1/2\rangle \to |3/2,3/2\rangle) \cdot CG^2(|3/2,3/2\rangle \to |1,1\rangle + |1/2,1/2\rangle)$

$\propto \sqrt{1}^2 \cdot \sqrt{1}^2 = 1$

$\pi^- p \to \Delta^0 \to \pi^0 n: \sigma_p^0 \propto CG^2(|1,-1\rangle + |1/2,1/2\rangle \to |3/2,-1/2\rangle) \cdot CG^2(|3/2,-1/2\rangle \to |1,0\rangle + |1/2,-1/2\rangle)$

$\sqrt{\tfrac{1}{3}}^2 \cdot \sqrt{\tfrac{2}{3}}^2 = \tfrac{2}{9}$

$\pi^- p \to \Delta^0 \to \pi^- p: \sigma_p^- \propto CG^2(|1,-1\rangle + |1/2,1/2\rangle \to |3/2,-1/2\rangle) \cdot CG^2(|3/2,-1/2\rangle \to |1,-1\rangle + |1/2,1/2\rangle)$

$\propto \sqrt{\tfrac{1}{3}}^2 \cdot \sqrt{\tfrac{1}{3}}^2 = \tfrac{1}{9}$

$\sigma^{tot}_{\pi^+ p} : \sigma^{el}_{\pi^+ p} : \sigma^{tot}_{\pi^- p} : \sigma^{el}_{\pi^- p}$?

$\Rightarrow$ relativen Höhen: $\sigma_p^0 / \sigma_p^+ = \tfrac{2}{9}$, $\sigma_p^- / \sigma_p^+ = \tfrac{1}{9}$ 4/6

d) π^0 ist neutral und lässt sich somit nicht durch die spiralförmige Bahn von Ladungen in einem B-Feld identifizieren. Aber über Zerfall ((

$\tfrac{q}{m}$/Massenfilter? E-Filter

Neutral problematisch aber möglich (zB K_L^0)

$c\tau = 25.5$ nm !?

0.5/2

e) Total: f

iso!

$\pi^0 p \to \Delta^+ \to \pi^+ n : \sigma_n^+ \propto CG^2(\pi^0 p \to \Delta^+)\, CG^2(\Delta^+ \to \pi^+ n) = \sqrt{\frac{2}{3}}^2 \cdot \sqrt{\frac{1}{3}}^2 = \frac{2}{9}$ ✓

$|1,0\rangle + |1/2, 1/2\rangle \to |3/2, 1/2\rangle \to |1, 1\rangle + |1/2, -1/2\rangle$

$\sigma(\pi^0 p \to \Delta^+ \to n\pi^+) = ?$

Elastisch:

$\pi^0 p \to \Delta^+ \to \pi^- p : \sigma_p^- \propto CG^2(\pi^0 p \to \Delta^+)\, CG^2(\Delta^+ \to \pi^+ n) = \sqrt{\frac{2}{3}}^2 \cdot \sqrt{\frac{2}{3}}^2 = \frac{4}{9}$ ✓

f ✓ f

$|1,0\rangle + |1/2, 1/2\rangle \to |3/2, 1/2\rangle \to |1,0\rangle + |1/2, 1/2\rangle$

$\sigma^{el}_{\pi^0 p} = ?$

$\sigma^{tot.}_{\pi^0 p} = ?$

$\Rightarrow \frac{\sigma_p^-}{\sigma_n^+} = 2$

1/3