

# Kern- und Teilchenphysik

## Übung XII

Prof. Markus Schumacher, Dr. Henrik Nilsen

19.07. - 23.07.2010

### Anwesenheitsaufgaben

#### Aufgabe 67 *Parton-Strukturfunktionen*

Im Rahmen des Partonmodells bestehen Nukleonen aus Quarks und Gluonen. Deren Impulsverteilungen können mittels Streuung von Elektronen auf Nukleonen (Deep Inelastic Scattering, DIS) gemessen werden. Im Partonmodell ist die Strukturfunktion  $F_2(x)$  gegeben als

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

wobei  $u(x)$  ( $d(x)/s(x)$ ) die Wahrscheinlichkeit ist ein  $u$ -Quark ( $d$ -/ $s$ -Quark) im Nukleon zu finden, das einen Bruchteil  $x$  des Gesamtimpulses des Nukleons hat. Die Beiträge der schwereren  $c$ -,  $b$ - und  $t$ -Quarks können vernachlässigt werden.

- (i) In Gleichung 1 sind die Quarks nach Flavour kategorisiert. Schreiben Sie die Gleichung so um, dass die Quarks in die Kategorien Valenzquarks und Seaquarks eingeteilt sind. Nehmen Sie dafür die Näherung an, dass alle Valenzquarks (Seaquarks) die gleiche Impulsverteilungsfunktion  $\tilde{v}(x)$  ( $\tilde{s}(x)$ ) haben. Schreiben Sie für diese Näherung die  $F_2(x)$  eines Protons,  $F_2^{ep}$ , und eines Neutrons,  $F_2^{en}$ . Da ein Proton (Neutron) 2  $u$  und 1  $d$  (1  $u$  und 2  $d$ ) Valenzquarks enthält, müssen wir auf die Normierung von  $\tilde{v}(x)$  achten. Wir wählen  $\tilde{v}(x)$  gleich der Impulsverteilungsfunktion des  $d$ -Quarks eines Protons.
- (ii) Die zwei Abbildungen zeigen Messungen von  $F_2^{en}/F_2^{ep}$  und  $F_2^{ep} - F_2^{en}$ . Bestimmen Sie aus der Differenzmessung die Verteilung von  $x\tilde{v}(x)$  (machen Sie eine Skizze davon). Das gemessene Verhältniss  $F_2^{en}/F_2^{ep}$  geht nach 1 für  $x \rightarrow 0$ . Was sagt das aus über die relative Grösse von  $\tilde{v}(x)$  und  $\tilde{s}(x)$  für kleine Werte von  $x$ ? Welchen Wert  $F_2^{en}/F_2^{ep}$  würde man erwarten für  $x \rightarrow 1$ ? Die Diskrepanz zwischen den Messdaten und der Erwartung unserer Näherung zeigt, dass die Impulsverteilung von  $u$ - und  $d$ -Valenzquarks nicht identisch sein kann.
- (iii) Lassen Sie die Annahme, dass alle Valenzquarks die gleiche Impulsverteilung haben, weg, aber behalten Sie die Annahme, dass alle Seaquarks die gleiche Impulsverteilung haben. Nehmen Sie an, dass  $\tilde{s}(x)$  vernachlässigbar ist für große  $x$ . Was ergibt sich aus der Verhältnismessung mit  $x \rightarrow 1$  für das Verhältnis zwischen der Valenzquarkimpulsverteilung für  $u$ - und  $d$ -Quarks für  $x \rightarrow 1$ ?
- (iv) Gewisse Integrale der Quarkimpulsverteilungsfunktionen haben besondere Interpretationen. Als Beispiel ist  $\epsilon_u = \int_0^1 xu(x)dx$  gleich der Bruchteil des Gesamtimpulses des Nukleons der von  $u$ -Quarks "getragen" wird. Welche Werte würden Sie erwarten für folgende Integrale für Protonen und Neutronen?

$$\begin{aligned} & \int_0^1 [u(x) - \bar{u}(x)] dx \\ & \int_0^1 [d(x) - \bar{d}(x)] dx \\ & \int_0^1 [s(x) - \bar{s}(x)] dx \end{aligned} \quad (2)$$

Diese, und ähnliche, Integrale über die Quarkimpulsverteilungen nennt man *Summenregeln*.

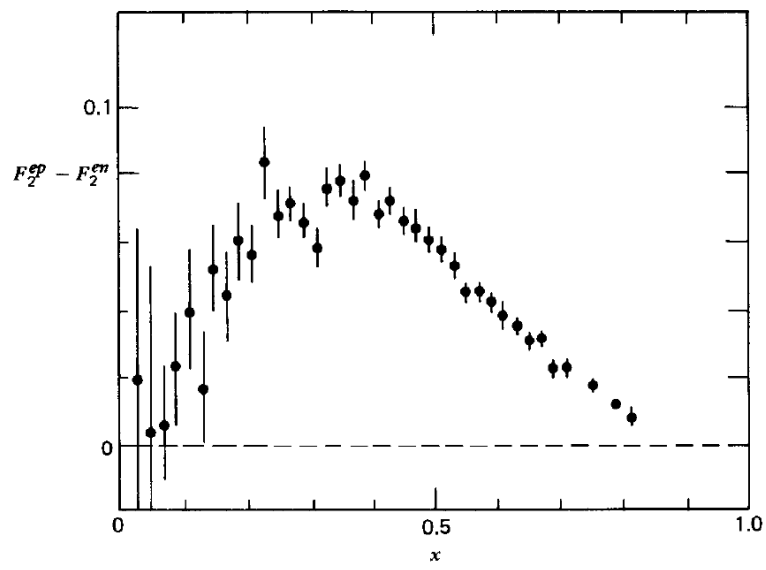


Abbildung 1:  $F_2^{ep} - F_2^{en}$ .

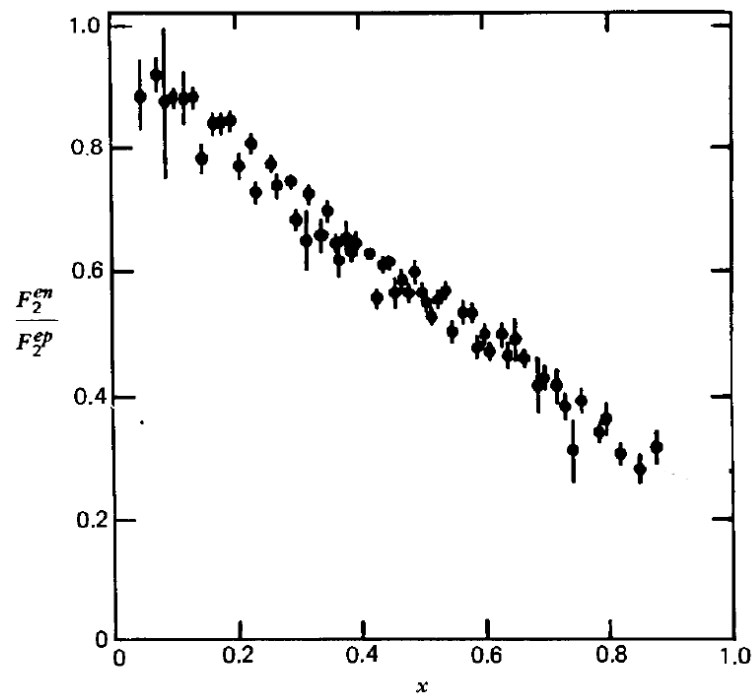


Abbildung 2:  $F_2^{en} / F_2^{ep}$ .