

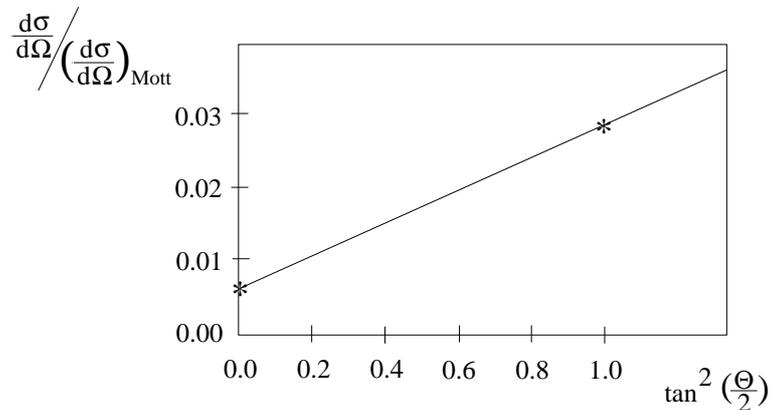
Abgabe: 27. April 2007

1. Wirkungsquerschnitt

Ein Protonenstrahl trifft auf ein Target aus flüssigem Wasserstoff, wodurch es zu Proton-Proton Wechselwirkungen kommt. Der Wirkungsquerschnitt betrage 40 mb. Berechnen Sie nun, wieviel Prozent der einfallenden Protonen gestreut werden. (Die Länge des Targets beträgt 0.45 m und seine Dichte 70 kg/m³.)

2. Formfaktoren

Elektronen werden elastisch an Protonen gestreut. In der Abbildung ist der Quotient aus dem experimentell bestimmten Wirkungsquerschnitt und dem Mott-Wirkungsquerschnitt als Funktion von $\tan^2\left(\frac{\theta}{2}\right)$ dargestellt. Der Viererimpulsübertrag beträgt: $Q^2 = 2.92 \text{ GeV}^2/c^2$. Schätzen Sie die elektrischen und magnetischen Formfaktoren G_E und G_M ab.



3. Tiefinelastische Streuung am HERA-Speicherring

Am HERA-Speicherring wird die tiefinelastische Streuung von Elektronen an Protonen untersucht. Dabei kollidieren Elektronen mit einer Energie von 30 GeV frontal mit Protonen von 820 GeV.

- Berechnen Sie die Schwerpunktsenergie dieser Reaktion. Welche Energie müsste ein Elektronenstrahl haben, der auf ein stationäres Protontarget trifft, um dieselbe Schwerpunktsenergie zu erreichen?
- Die relevanten kinematischen Größen bei der tiefinelastischen Streuung sind der Viererimpulsübertrag Q^2 und die Bjorkensche Skalenvariable x . Q^2 lässt sich z.B durch

$$Q^2 = -q^2 = \frac{4E_e E'_e}{c^2} \sin^2\left(\frac{\Theta}{2}\right)$$

ausdrücken, als Funktion der Strahlenergie E_e , der Energie E'_e des gestreuten Elektrons und des Streuwinkels Θ . In bestimmten kinematischen Bereichen ist es sinnvoll, Q^2 aus anderen Variablen zu berechnen, da die Messungenauigkeiten dieser Größen zu kleineren Fehlern bei der Berechnung von Q^2 führen. Leiten Sie eine Formel für Q^2 her, in die der Streuwinkel des Elektrons (Θ) und des gestreuten Quarks (ϕ_q) eingehen. Experimentell kann letzterer durch Messung der Energien und Impulse der Hadronen im Endzustand bestimmt werden. Wie?

- c) Welches ist der maximale Wert für den Viererimpulsübertrag Q^2 bei HERA? Welche Werte von Q^2 kann man bei Experimenten mit stationärem Target (Protonen) und Strahlenergien von 300 GeV erreichen? Welcher räumlichen Auflösung des Protons entsprechen diese Werte?

4. Die Entdeckung des Antiprotons

Lesen Sie die beiliegende Publikation "Observation of Antiprotons" und versuchen Sie folgende Fragen zu beantworten.

(O. Chamberlain, E. Segré, C. Wiegand and T. Ypsilantis; Phys Rev. 100, 947 (1955))

- a) Berechnen Sie die minimale kinetische Energie des Proton Strahls in einer (nucleon-nucleon Kollision) um 3 Protonen und ein Antiproton zu erzeugen und überprüfen sie die im Paper angegebene Zahl von $5.6 \text{ BeV} = 5.6 \text{ GeV}$.

Achtung für die (klassische) kinetische Energie des Protons gilt:

$$E_{tot} = E_{kin} + E_{pot} \text{ und } E_{pot} = m_p$$

- b) Welche Detektortypen wurden zur Entdeckung der Antiprotonen eingesetzt? Bei "heutigen" Detektoren misst man oft noch die spezifische Ionisation (dE/dx) von geladenen Teilchen. Bei welchen Antiproton Impulsen könnte man auf diese Art sehr gute Signale erwarten?
- c) Am Ende des Artikels wird von weiteren geplanten Nachweismethoden gesprochen. Was für ein Signal würde man bei einem "annihilation process" erwarten?
- d) Warum können negativ geladene Kaonen als Quelle des Signals ausgeschlossen werden?