

Übungen Teilchenphysik II SS2007, Blatt 6

Ausgabe Freitag 18.5.07, Abgabe Freitag 25.5.07

17) Laufende Kopplungskonstante (4 Punkte)

a) Berechnen Sie, unter Benutzung der in der Vorlesung abgeleiteten Formel, den Wert der Feinstrukturkonstanten bei der Skala $M_Z = 91$ GeV. Vergleichen Sie dies mit dem gemessenen Wert von ca. $1/128$.

b) Durch welche unzulässige Vereinfachung könnte der Unterschied erklärt werden?

c) Schätzen Sie mit Hilfe der ursprünglichen Formel auch den Wert der Feinstrukturkonstanten bei der Planckskala $M_P \sim 10^{19}$ GeV ab.

d) Begründen Sie damit, warum der Ansatz eines großen, aber formal nicht notwendigerweise unendlichen Abschneideparameters in der Herleitung dieser Formel (siehe Vorlesung) physikalisch sinnvoll ist.

18) Detektorauflösung (3 Punkte)

a) In einem Sampling-Kalorimeter wird die Energie eines (elektromagnetischen) Schauers in sich mit Absorbermaterial (Blei, Uran) abwechselnden 'aktiven' Schichten (flüssiges Argon, Szintillator) nachgewiesen. Die Auflösung lässt sich parametrisieren als

$$\frac{\sigma_E}{E} = A + \frac{B}{\sqrt{E}} + C/E.$$

Hier ist E die deponierte Energie, σ_E ist die Auflösung. A ist ein Kalibrationsterm, B ist der statistische Sampling-Term und C ist der Rauschterm. Diskutieren Sie die physikalischen Gründe für die einzelnen Terme.

b) In einem zylindrischen Spurdetektor herrsche ein Magnetfeld der Stärke B parallel zur Achse des Detektors. Ein einfach geladenes Teilchen mit Impuls p fliege senkrecht zum Magnetfeld von der zentralen Achse des Detektors zu seiner Aussenwand; sowohl der Anfangspunkt der Bahn als auch der Endpunkt sollen genau bekannt sein. Für den Zusammenhang zwischen Impuls p (in GeV), dem Feld B (in Tesla) und dem Krümmungsradius R (in Metern) gilt $p = 0.3BR$. Warum? Argumentieren Sie, warum für die Auflösung des Impulses σ_p gilt (σ_x ist die Genauigkeit einer einzelnen Ortsbestimmung des Teilchens im Detektor, L ist der Radius der Kammer):

$$\frac{\sigma_p}{p} \propto \frac{8\sigma_x p}{0.3BL^2}.$$

Benutzen Sie in Ihren Überlegungen die Sagitta der Teilchenbahn, den Messfehler und den Zusammenhang der Sagitta mit dem Radius der Teilchenbahn. Gehen Sie von kleinen Ablenkungswinkeln aus.

c) Das ZEUS-Magnetfeld hat die Stärke 1.43 T; für die Kalorimeter-Konstante B gilt 0.18 (im betrachteten Energiebereich kann $A = C = 0$ gesetzt werden). CMS hat ein Magnetfeld von 4 T und eine geplante Kalorimeter-Auflösung von $B=0.01$. Die Ortsauflösungen seien zu $20 \mu\text{m}$ für CMS und $120 \mu\text{m}$ für ZEUS angenommen, die Radien der Spurkammern betragen 0.85 m für ZEUS und 1.2 m für CMS. Untersuchen Sie für Elektronen (genügend hohe Energie, $E = p$), ab welcher Energie die Auflösung des Kalorimeters besser wird als die der Spurkammer.