Experimentelle Elementarteilchenphysik I: Hausaufgaben 2

Humboldt–Universität zu Berlin, Sommersemester 2019,
Prof. Dr. H. Lacker

Übungsblatt 2 (Besprechung: 24.04.2017)

Aufgabe 1: Messung der Z-Produktion am LHC mit ATLAS

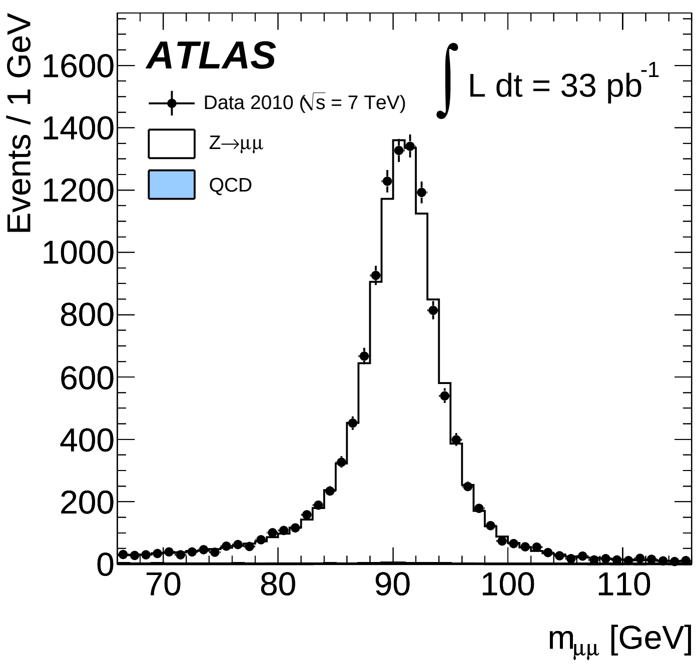
a) Wiederholung: Wie werden Elektronen/Positronen bzw. Myonen prinzipiell identifziert?

b) Im ATLAS-Detektor am LHC wurde in einem Proton-Proton-Kollisionsereignis ein Positron und ein Elektron mit folgenden Viererimpulsen $p = (E; \vec{p})$ rekonstruiert:
$p_{e^-} = (48,946; -9,820; 43,789; -19,541)$GeV, $p_{e^+} = (47,143; 7,385; -44,356; 14,160)$GeV.

  (a) Handelt es sich um einen Kandidaten für die Reaktion $p + p \to Z(\to e^+e^-) + X$?

  (b) Die beiden im LHC kollidierenden Protonen hatten jeweils eine Energie von 3,5 TeV. Welche Impulsbruchteile x_1 und x_2 trugen das Quark und das Antiquark, die in der vorliegenden Kollision das Positron und Elektron produziert haben?

c) Betrachten Sie die in der Abb. gezeigte invariante $\mu^+\mu^-$-Massenverteilung für registrierte $p + p \to Z(\to \mu^+\mu^-) + X$ Kandidaten. Die integrierte Luminosität des Datensatzes betrug 33 pb^{-1}. Die geometrische Detektorakzeptanz für diese Ereignisse betrug $48,7\%$. Die Myonrekonstruktionseffizienz führt dazu, dass nur $78,2\%$ dieser Ereignisse rekonstruiert werden. Untergrundereignisse spielen keine Rolle. Schätzen Sie aus diesen Angaben und mit Hilfe des Particle Data Booklets den Wirkungsquerschnitt der Reaktion $p + p \to Z + X$ ab.



Bitte wenden!

Aufgabe 2:

Gegeben sei ein Objekt (Teilchen, Zerfallsprodukte, Jet etc.) mit invarianter Masse m und eine Vorzugsrichtung $\vec{n}$ (Strahlrichtung, Flugrichtung des Mutterteilchens, Jetachse etc.). Die *Rapidität* des Objekts bezgl. $\vec{n}$ ist durch

$$y = \frac{1}{2} \ln \frac{E + p_L}{E - p_L} \tag{1}$$

definiert, wobei E die Energie und p_L der (vorzeichenbehaftete) Longitudinalimpuls bezgl. $\vec{n}$ ist. Ferner bezeichne p_T des Betrag des Transversalimpulses des Objekts bezgl. $\vec{n}$ und $m_T = \sqrt{m^2 + p_T^2}$ seine *transversale Masse*. Der Winkel zwischen dem Impuls des Objekts und $\vec{n}$ sei mit θ bezeichnet.

a) Um welchen Betrag δy verschiebt sich die Rapidität, wenn man in ein System wechselt, das sich mit der (vorzeichenbehafteten) Geschwindigkeit β entlang $\vec{n}$ bewegt?
Ist die Rapidität lorentzinvariant?

b) Betrachten Sie die Rapiditätsdifferenz $\Delta y = y_2 - y_1$ zweier Objekte mit Rapidität y_1 und y_2 bezgl. $\vec{n}$. Ist Δy lorentzinvariant?

c) Zeigen Sie

$$y = \ln \frac{m_T}{E - p_L} = \ln \frac{E + p_L}{m_T} = \tanh^{-1} \frac{p_L}{E} \tag{2}$$

d) Zeigen Sie

$$E = m_T \cosh y, p_L = m_T \sinh y \tag{3}$$

e) Zeigen Sie für ein Objekt mit $m = 0$

$$E = p_T / \sin\theta, p_L = p_T \cot\theta \tag{4}$$

und leiten Sie durch Vergleich mit d) für masselose Objekte die Beziehung

$$y = -\ln \tan \frac{\theta}{2} \tag{5}$$

ab. (Bemerkung: Für massive Objekte wird deswegen die Größe $\eta = -\ln \tan \frac{\theta}{2}$ als *Pseudorapidität* bezeichnet.)

Abgabe: 23.04.2019 up to 09:00 in box in front of room 1'415