KIT **Astroteilchenphysik II: Kosmische Strahlung** **WS2020**

Übungsblatt 3

Dr. Markus Roth, Max Stadelmaier
Institut für Astroteilchenphysik

03.12.2020 - 17.12.2020
Gesamtpunktzahl: 12

Nächster Termin

Donnerstag, 17.12.
10.00 Uhr - 11.30 Uhr
https://zoom.us/j/99143262888?pwd=WVhsS1diWVlZYWlvYXlyMHd4NUF6UT09.
Meeting-ID: 991 4326 2888
Kenncode: 601988

8 Tscherenkow-Strahlung in der Atmosphäre **4 + 1 = 5**

Der Brechungsindex n der Atmosphäre ist wie die Dichte Abhängig von der Höhe. n kann näherungsweise für eine isotherme Atmosphäre durch

$$n = 1 + 2.9 \cdot 10^{-4}\, \mathrm{e}^{-\frac{h}{h_\mathrm{s}}} \tag{1}$$

mit einer Skalenhöhe von $h_\mathrm{s} \simeq 6220\,\mathrm{m}$ beschrieben werden. Ein senkrecht in die Atmosphäre einfallendes relativistisches Teilchen (bspw. ein Myon) emittiere entlang seiner Trajektorie Tscherenkow-Strahlung, ohne dabei weiteren Wechselwirkungen zu unterliegen.

(a) Zeigen Sie, dass auf Höhe des Meeresspiegels ($h = 0$) das abgestrahle Tscherenkow-Licht innerhalb eines Radius von etwa $r \simeq 100\,\mathrm{m}$ niedergeht.

(b) Wie ändert sich dieser Radius für eine Observationshöhe $h_\mathrm{obs} \simeq 1000\,\mathrm{m}$ oberhalb des Meeresspiegels?

9 Kritische Energie **1 + 2 + 1 = 4**

Ein ultra-hochenergetisches Teilchen dringe in die Atmosphäre ein und erzeuge dabei einen extensiven Luftschauer von Sekundärteilchen. Die Zahl geladener Teilchen erreiche einen Maximalwert von

$$n_\mathrm{ch}^\mathrm{max} \simeq 5 \cdot 10^8\,.$$

(a) Bestimmen Sie die Energie E_prim des Primärteilchens für

$$n_\mathrm{ch} \simeq E_\mathrm{prim}/1.6\,\mathrm{GeV}\,. \tag{2}$$

(b) Wie hoch ist der Anteil der Energie E_prim, der noch in den $n_\mathrm{ch}^\mathrm{max}$ geladenen Teilchen enthalten ist?

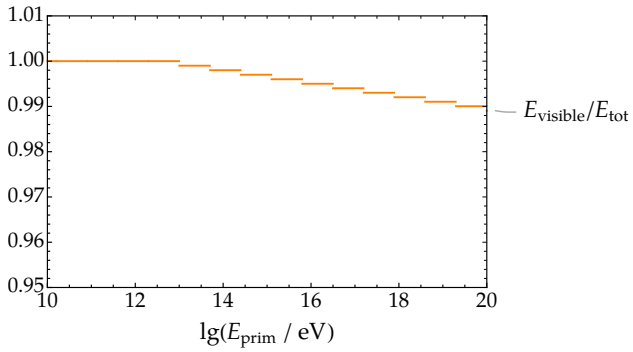
(c) Wohin *verschwand* die restliche Energie? Welche bedeutung hat der Wert 1.6 GeV aus Eq. (2)?

10 Dunkle Materie in Luftschauern **2 + 0 + 1 = 3**

Betrachten Sie den Fall, dass ab einer gewissen Energie pro Wechselwirkung, $E_{\text{crit}} = m_\Lambda$, ein neues Teilchen, Λ, erzeugt wird, welches weder zur weiteren Schauerentwicklung beiträgt noch experimentell nachweisbar ist. Nehmen Sie an, dass der Anteil α der Energie in den gewöhnlichen und detektierbaren Schauerkomponenten verbliebe und dass bei jeder Wechselwirkung oberhalb der kritischen Energie(-dichte) ein Anteil $1 - \alpha$ zur Erzeugung der Λ-Teilchen beiträgt.

(a) Wieviel Energie geht an den unsichtbaren Λ-Kanal nach n Wechselwirkung verloren, bevor die kritische Energieschwelle erreicht ist, wenn pro Wechselwirkung für jedes bereits vorhandene Teilchen im Schnitt N neue Teilchen (Λ-Teilchen nicht mitgerechnet) erzeugt werden?

(b) KORREKTUR: Berechnen sie die Anzahl an möglichen Wechselwirkungen, in denen Λ-Teilchen erzeugt werden. Erklären Sie folgendes Verhalten:



(c) Wie äußert sich dieser Effekt im Spektrum der kosmischen Strahlung an der Stelle $E \simeq m_\Lambda$? Argumentieren Sie rein qualitativ, es ist keine Rechnung notwendig.

11 (Vor-)Weihnachtsaufgabe - *Hands On!* **5 Bonuspunkte**

Das Auger Observatorium stellt einen Teil seiner Daten online zur freien Verfügung. Betrachten Sie das folgende Luftschauerereignis:
https://labdpr.cab.cnea.gov.ar/ED/index.php?evid=143191248900.
Unter `[Download ASCII data for event]` können Sie die Detektordaten in aufbereiteter Form herunterladen. Das Signal ist in der Einheit VEM gegeben.
Wie groß war die Energie des Primärteilchens? Beschreiben und visualisieren Sie ihren Lösungsweg in geeigneter Weise.

Die rekonstruierte Energie wird in Abhängigkeit des Signals S_{1000} einer hypothetischen Station in einem Abstand von $r = 1000\,\mathrm{m}$ bestimmt, nutzen Sie dazu

$$E/\mathrm{EeV} = A \left(\frac{S_{1000}/\mathrm{VEM}}{c} \right)^b , \tag{3}$$

mit $a = 0.19$, $b = 1.03$ und $c = 1.1$.
Nehmen Sie die Geometrie des Ereignisses,

$$\vec{r}_{\mathrm{core}} = \begin{pmatrix} -28875\,\mathrm{m} \\ 410\,\mathrm{m} \end{pmatrix} , \qquad \theta_{\mathrm{zenith}} = 5^\circ ,$$

als gegeben an.

HINWEISE:
→ Sie können zwei vorbereitete Python-Dateien unter
https://web.ikp.kit.edu/stadelmaier/content/atp2/fitdata.py und
https://web.ikp.kit.edu/stadelmaier/content/atp2/data.py
benutzen.
→ Ihre Lösung wird wahrscheinlich vom Wert, der online zu finden ist, abweichen. Hier ist in erster Linie ihre Kreativität gefragt! Wie verhält sich das Signal in Abhängigkeit von der Distanz zum Schauerzentrum? Wie schätzt man S_{1000} am Besten ab? Wie groß ist der erwartete Fehler? Sie sind eingeladen, ihre eigenen Ideen einzubringen!