

Kosmologie und Astroteilchenphysik

Webseite der Vorlesung: <https://www.hzdr.de/db/Cms?p0id=49837&pNid=164>

3. Übung am 31.05.2017

Aufgabe 1

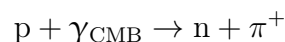
- Leiten Sie die Schwerpunktsenergie \sqrt{s} aus den Vierervektoren $\mathbf{p}_{1,2}$ her. Betrachten Sie eine geeignete Näherung.
- Berechnen Sie \sqrt{s} für die Proton-Proton-Reaktion mit $E_p = 7$ TeV!
- Wie groß ist \sqrt{s} für die Kollision zweier $^{208}_{82}\text{Pb}$ -Kerne bei einer Energie je Nukleon von 2,76 TeV?

Aufgabe 2

Die Energie kosmischer Strahlung sehr weit entfernter Quellen hat eine Obergrenze, da geladene Teilchen mit sehr hoher Energie durch die kosmische Hintergrundstrahlung gestreut und abgebremst werden.

- Wie groß ist die mittlere freie Weglänge der Protonen beim Greisen-Zatsepin-Kuzmin Cutoff (GZK-Cutoff)?
- Berechnen Sie die Entfernung für den Durchschnittswert des Energieverlusts.

In der Veröffentlichung von Greisen im Jahr 1966 beträgt der Wirkungsquerschnitt der Reaktion



im Mittel $\sigma = 200 \mu\text{b}$ und die Photonendichte ist $n = 411 \text{ cm}^{-3}$. Weiter ist beschrieben, dass der Energieverlust bei der Schwellenenergie

$$\frac{\Delta E}{E} = \frac{140\text{MeV}}{938\text{MeV} + 140\text{MeV}} \approx 0,13$$

beträgt, jedoch zu einem Durchschnittswert von $\Delta E/E = 0,22$ ansteigt.

Aufgabe 3

Die Entfernungsmessung ist eine der wichtigsten Grundlagen der experimentellen Astronomie und Astrophysik. Für die Differenz zwischen scheinbarer und absoluter Helligkeit kann man das sog. Entfernungsmodul herleiten, für das

$$m - M = 5 \cdot \log_{10} \left(\frac{r}{10 \text{ pc}} \right)$$

gilt. Die absolute Helligkeit M eines Sterns hängt mit seiner Leuchtkraft

$$L = 4\pi r^2 \cdot \Phi$$

zusammen, welche die gesamte vom Stern in den Raumwinkel 4π abgestrahlte Leistung angibt. Nach den Physikern Josef Stefan und Ludwig Boltzmann berechnet sich die von der Temperatur abhängige, über eine Fläche A abgestrahlte Wärmeleistung P eines Körpers nach

$$P = \sigma \cdot A \cdot T^4$$

mit der Stefan-Boltzmann-Konstante $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$.

- Zwei Sterne mit der gleichen absoluten Helligkeit $M = 1,0$ haben die scheinbaren Helligkeiten $m_1 = -1,0$ und $m_2 = +2,0$. Wie groß sind ihre Entfernungen von der Erde?
- Ein Stern mit dem Radius $R = 7 \cdot 10^8 \text{ m}$ habe die Leuchtkraft $L = 10^{27} \text{ W}$. Wie groß ist seine Oberflächentemperatur?
- Der Stern Canopus (α -Carinae) hat die absolute Helligkeit $M_C = -5,5$ und die scheinbare visuelle Helligkeit $m_C = -0,62$. Wie weit ist er entfernt?