Universität Karlsruhe (TH) Prof. Dr. J. Blümer
Institut für Experimentelle Kernphysik Priv. Doz. Dr. J. Hörandel

Übungen zur Einführung in die Astroteilchenphysik — WS 2004/05
4. Aufgabenblatt

Aufgabe 12 Leistung der kosmischen Strahlung

Die Energiedichte der kosmischen Strahlung beträgt ca. $\epsilon_{KS} = 1$ eV/cm^3. Bei der Ausbreitung durch die Galaxis durchqueren die Teilchen $X = 10$ g/cm^2 interstellare Materie. Die interstellare Materie habe eine Gesamtmasse $M = 10^{43}$ g. Berechnen Sie hieraus die Leistung der kosmischen Strahlung [eV/s].

Aufgabe 13 Mittlere freie Weglänge

Schätzen sie die mittlere freie Weglänge von Teilchen der kosmischen Strahlung zwischen zwei Stößen mit dem interstellaren Medium bei der Ausbreitung durch die Galaxis ab. Nehmen Sie hierzu an, die Teilchendichte des interstellaren Mediums beträgt 1 Proton/cm^3 ($m_p = 1.67 \cdot 10^{-24}$ g).

Benützen Sie für Ihre Abschätzung den geometrischen Wirkungsquerschnitt mit einem Radius $r_A = r_0 A^{1/3}$ für Kerne mit Nukleonenzahl $A > 1$ ($r_0 = 1.3$ fm) und $r_p = 0.8$ fm für Protonen (1 fm=10^{-15} m).

Berechnen Sie die mittlere freie Weglänge für Protonen, sowie Sauerstoff- und Eisenkerne und geben Sie das Ergebnis als Massenbelegung in [g/cm^2] an.

Aufgabe 14 Schockbeschleunigung

Relativistische Protonen der kosmischen Strahlung werden durch eine Schockfront beschleunigt. Bei jedem Durchqueren der Schockfront gewinnen die Teilchen $\xi = 20\%$ Energie. Die Wahrscheinlichkeit für ein wiederholtes Durchqueren der Schockfront sei $P = 80\%$. Leiten Sie hieraus die Form des Energiespektrums der Protonen ab und geben Sie den Spektralindex γ an.

Aufgabe 15 Synchrotonstrahlung

Protonen und Elektronen mit einer kinetischen Energie von 100 GeV bewegen sich durch die Galaxis in einem Magnetfeld der Stärke $B = 3$ μG. Berechnen Sie die durch Synchrotonstrahlung abgegebene Leistung für beide Teilchenarten und geben Sie das Ergebnis in der Einheit [eV/s] an.

Hinweis: Die abgestrahlte Leistung für ein Teilchen mit der Ladung e und der Energie E, das sich auf einer Kreisbahn mit Radius r bewegt, beträgt

$$P(E,r) = \frac{e^2\ c}{6\pi\epsilon_0 r^2}\left(\frac{E}{m_o\ c^2}\right)^4 \quad .$$

Die Dielektrizitätskonstante des Vakuums ist gegeben durch $\epsilon_0 = 8.85 \cdot 10^{-12}$ A s/V m.

Schätzen Sie ab, wie lange es dauert bis die Elektronen ihre gesamte Energie durch Synchrotonstrahlung abgegeben haben.

Die Aufgaben werden in den Übungen am 16. Dezember besprochen.
Informationen zu den Übungen: http://www-ik.fzk.de/~joerg/uebungen.html.