

# Übung 10

zur Vorlesung im WS05/06

## Einführung in die Astroteilchenphysik

### 10.1 Hadronbeschleunigung in Supernovaresten (20P)

In einer Doktorarbeit an der Humboldt-Universität wurde der Nachweis von TeV-Gammastrahlung von dem Supernovarest (SNR) RX J0852.0-4622 mit den HESS-Teleskopen analysiert. In einer Messzeit von 11368 s wurden  $670 \pm 60$  Photonen (über dem Untergrund) im Energiebereich von 0.5 bis 10 TeV beobachtet. Daraus wurde bei 1 TeV ein spektraler Fluss

$$\phi(E = 1 \text{ TeV}) = (2.1 \pm 0.2) \cdot 10^{-11} \text{ TeV}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$$

und ein Spektralindex ( $\phi(E) \sim E^{-\Gamma}$ )

$$\Gamma = 2.1 \pm 0.1$$

ermittelt. Für den SNR nehmen wir folgende Daten an:

Gesamtenergie	$W_{SN} = 10^{44} \text{ J}$
Entfernung	$d_{SN} = 200 \text{ pc}$
Protodichte im SNR	$n_p = 1 \text{ cm}^{-3}$

Für Wirkungsquerschnitte, Effizienz der Energieübertragung usw. sollen die in der Vorlesung gemachten Annahmen benutzt werden (siehe Skript). Da es sich in den folgenden Rechnungen nur um Abschätzungen handeln kann, braucht keine Fehlerrechnung gemacht zu werden.

- Bestimmen Sie die über die Energien gemittelte effektive Detektorfläche aus der Zählrate und dem daraus berechneten Fluss.
- Bestimmen Sie den Energiefluss  $w_\gamma$  für den Bereich 0.5 bis 10 TeV.
- In welchem Energiebereich müßten Protonen in dem SNR produziert werden, wenn sie die beobachteten Photonen durch  $\pi^0$ -Produktion erklären sollen?

Wir nehmen nun an, dass der  $\gamma$ -Fluss durch die '  $\pi^0$ -Kühlung' beschleunigter Protonen in der Schockfront des SNR zustande kommt. Die Protonen seien durch Magnetfelder eingefangen.

- Berechnen Sie die mittlere Kühlungszeit mit der oben angegebenen Protodichte im SNR.

- e) Welche Gesamtenergie müssen die Protonen in dem in c) berechneten Energiebereich in dem SNR besitzen, um das beobachtete Gamma-Spektrum zu erklären?
- f) Welcher Gesamtenergie der Protonen entspricht das in dem Bereich von 1 GeV bis 100 TeV (Annahme: die Protonen haben den gleichen Spektralindex wie die Photonen)? Welcher Prozentsatz der gesamten SNR-Energie ist das?

In der HESS-Doktorarbeit wurde das TeV-Gammasignal auch mit Messungen im Röntgenbereich verglichen. Die folgende Frage soll sehr vereinfachend auf die Relevanz eines solchen Vergleiches hinweisen:

- g) Wenn das gemessene Gamma-Spektrum als eine Abbruchkante für den inversen Compton-Effekt von Elektronen mit einer Energie von 10 TeV gestreut an CMB Photonen zu interpretieren wäre, wo sollte dann der entsprechende Cutoff im Röntgen-Spektrum sein? Ein typisches Magnetfeld in dem SNR sei  $100 \mu\text{G}$ .

Bemerkung: Die Formel für die kritische Energie der Synchrotronstrahlung war im Skript inkorrekt (ein Faktor  $h \cdot c$  fehlte) und muss richtig lauten:

$$E_c = \frac{3}{4\pi} \gamma^2 \frac{e h B}{m_e} \sin \alpha,$$

Abgabe: Donnerstag 12.1.2006, in der Übung