

Handout zum Thema

“Die indirekte Suche nach Dunkler Materie über das AMS-Experiment”

Allgemeines zur Dunklen Materie

- nicht sichtbar und hochenergetisch
- erklärt den Zusammenhalt von Galaxien über die Gravitation
- macht 23% des Universums aus im Gegensatz zu 5% die Atome einnehmen
- Dunkle Energie macht dagegen 72% aus und erklärt die beschleunigte Ausdehnung des Universums
- es gibt 4 verschiedene Arten, wovon aber nur die Kalte Dunkle Materie von Interesse ist
- Neutralino gilt als Favorit für die Kalte Dunkle Materie
- Nachweis dieses Teilchens mit Hilfe des LHC in Cern
- Direkter Nachweis über Streuung an Atomkernen
- Indirekter Nachweis über Analyse der Zerstrahlung zweier Neutralinos

Allgemeines zu den Neutrinos selbst

- Neutrinos sind Majorana-Fermionen
- → Zerstrahlen mit sich selbst und tragen keine Ladung
- besitzen nur eine schwache Wechselwirkung weshalb sie nur schwer nachweisbar sind

Der indirekte Nachweis

- Nachweis erfolgt über die Produkte der Zerstrahlung
- Neutralinos zerstrahlen in Quarks, Leptonen und Bosonen
- Diese zerfallen wiederum in Protonen, Anti-Protonen, Elektronen, Positronen, Neutrinos und Gamma-Strahlung
- Wichtig für den indirekten Nachweis sind Antiprotonen, Positronen und Gamma-Strahlen

Wo sucht man nach den Produkten der Zerstrahlung?

- Dunkle Materie ist vor allem im Zentrum der Galaxie bzw. in Planeten fokussiert aber auch in geringer Konzentration über die Galaxis verteilt
- Zerstrahlungswahrscheinlichkeit ist proportional zum Quadrat der Dichte der Dunklen Materie
- Ausrichtung der Suche daher auf komplette Galaxie ausgerichtet

Schwierigkeiten der Detektion

- geladene Teilchen werden durch das galaxisweite Magnetfeld mehrfach abgelenkt, weshalb sich kein Rückschluss auf die eigentlichen Ort der Zerstrahlung schließen lässt
- Gamma-Strahlen fliegen dagegen den direkten Weg
- Gamma-Strahlen können allerdings auch durch Proton-Proton-Streuung am Gasgürtel der Galaxiescheibe entstehen
- → Extrapolation der gemessenen Werte mit Hilfe von Werten aus Fixed-Target-Experimenten

Das AMS-Experiment

- AMS = Alpha Magnetic Spectrometer
- AMS 01 startet 1998 als Testflug für AMS 02 um sicherzustellen, dass die Elektronik die Kräfte eines Shuttlestarts übersteht und im All einwandfrei funktioniert
- Da AMS 01 nur ein Testflug war, bestand die Ausrüstung auch nur aus dem Nötigsten
- Messung ergab ca. 3 Mio. Helium Kerne
- Start von AMS 02 durch Columbia-Unglück verschoben auf 2010
- soll für 3 Jahre auf der ISS eingesetzt werden und der Zeit ca. 200 TB an Daten sammeln
- besteht aus mehreren verschiedenen Detektoren

Aufbau des AMS 02

1. Der Magnet

- wird auf 1.7K gekühlt
- besteht aus Nb-Ti
- wird mit flüssigem Helium gekühlt
- schafft ein Magnetfeld von 0.86 T
- dient zum Ablenken von geladenen Teilchen

2. Der Siliziumstreifendetektor

- besteht aus 8 Flächen die mit Siliziumwafern „belegt“ sind
- Aluminiumstreifen befinden sich so eng auf diesen Wafern, dass eine Auflösung von $10\ \mu\text{m}$ erreicht wird
- Funktioniert nach dem Prinzip eines p-n-Übergangs
- Dient zur Erfassung des Flugwegs der eingehenden Teilchen

3. Der Time of Flight – Szintillator

- 4 Detektoren vorhanden, wobei sich 2 über und 2 unterhalb des AMS befinden
- ein einfliegendes Teilchen erzeugt einen Lichtblitz welcher mit Hilfe von PMTs verstärkt wird
- → Feststellen der Geschwindigkeit und Tätigkeit als Trigger

4. Der Anti-Coincidence-Counter

- dient als Abschirmung für äußere Signale
- ohne ACC große Wahrscheinlichkeit einer Fehldeutung

5. Ring Imaging Cerenkov Counter

- wenn Teilchen sich schneller wie mit Phasengeschwindigkeit durch Medium bewegt erzeugt es eine kegelförmige Strahlung
- diese Strahlung auf Fläche projiziert und dann Anhand des Radius des sich ergebenden Kreises auf die Geschwindigkeit des Teilchens zurück geschlossen
- funktioniert genauer wie TOF

6. Transition Radiation Detector

- besteht aus 20 Lagen Radiator und Detektor-Material die abwechselnd folgen
- Elektronen erzeugen beim Übergang von Materialien mit verschiedenen Dielektrizitätskonstanten Photonen die zu einer Ionisierung des Detektorgases (Xe/CO2) führen
- Analysiert Teilchen im Bereich von 10 GeV bis 300 GeV

7. Das elektromagnetische Kalorimeter

- abwechselnd aus Bleiblagen und Szintillationskristallen aufgebaut
- Bleiblocke dienen zum Abbremsen was zu einem Sekundärteilchen schauert führt der in den Szintillationskristallen absorbiert wird
- → wichtig für Energiemessung

Wie erfolgt die Erkennung?

- Analyse der verschiedenen Detektoren, speziell des Kalorimeters

0.3 TeV	e ⁻	e ⁺	P	He ⁻	γ
TRD					
TOF					
Tracker					
RICH					
Calorimeter					

Schlussfolgerung

- bei großen Massen ist es schwer Teilchen zu unterscheiden
- Gamma-Strahlung als wichtigstes Mittel zur Detektion da sich genauer zurückverfolgen lässt
- Wirklich Bestätigung erst 2010 mit Start von AMS 02