

1. Dunkle Materie im Sonnensystem

Das Dichteprofil eines Halos aus dunkler Materie kann mit der Gleichung von Navarro-Frenk-White parametrisiert werden. Unter den Modellannahmen $\alpha = 1$, $\beta = 3$ und $\gamma = 1$ ergibt sich folgender Zusammenhang für die Abhängigkeit der Dichte $\rho(r)$ der dunklen Materie in unserer Milchstraße vom Abstand r zum galaktischen Zentrum:

$$\rho(r) = \frac{\rho_0}{(r/R)(1 + r/R)^2}$$



- Berechnen Sie die Dichte der dunklen Materie an der Position der Sonne. Der Abstand der Sonne zum galaktischen Zentrum ist $r = 8$ kpc. Nehmen Sie an, dass $\rho_0 \approx \rho_{\text{DM, lokal}} = 0,3 \text{ GeV/cm}^3$ und $R = 20$ kpc ist.
- Berechnen Sie die Masse der dunklen Materie innerhalb der Erdbahn um die Sonne (Abstand von der Erde zur Sonne $1,5 \cdot 10^{11} \text{ m} = 0,5 \cdot 10^{-5} \text{ pc}$). Vergleichen Sie diese Masse mit der Sonnenmasse ($M_\odot = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$). Diskutieren Sie den Einfluss der dunklen Materie auf die Bewegung der Erde um die Sonne.

2. Gravitationslinsen:

- Bestimmen sie den Wert des Einsteinradius für eine Gravitationslinse stellarer Art in der Milchstrasse. Nehmen sie dazu an, dass es sich um ein punktförmiges Linsenobjekt von 10 Sonnenmassen handelt, das sich auf halben Weg zwischen dem Beobachter und der Quelle befindet. Die Distanz zwischen Quelle und Beobachter sei 4 pc.
- Microlensing: Berechnen Sie die typische Zeit T für das Auftreten von Lensing-Effekten durch ein punktförmiges Objekt von 0,1 Sonnenmassen, das sich mit einer Geschwindigkeit von $v = 200 \text{ km/s}$ senkrecht zur Sichtlinie in halber Entfernung zwischen uns und einem Stern im Abstand von 50 kpc (Große Magellansche Wolke) bewegt.

3. Direkte Suche nach WIMPs mit dem EDELWEISS Experiment:

Als ein bevorzugte Kandidaten für kalte Dunkle Materie gelten „Weakly Interacting Massive Particles“ (WIMPs). Derzeit favorisiert werden Supersymmetrische Teilchen, obwohl der Nachweis für Supersymmetrie bisher nicht erbracht werden konnte. Aus dem einfachsten Modell (MSSM) ergibt sich das Neutralino, eine Linearkombination aus dem Photino, dem Zino und dem Higgsino (sowie dem Axino, sofern es Axionen geben sollte). Dieses wäre das leichteste Supersymmetrische Teilchen und damit stabil (da es sein eigenes Antiteilchen ist könnte es jedoch mit sich selbst zerstrahlen → indirekte Suche nach WIMPs).

Der Nachweis der WIMPs erfolgt durch Wechselwirkung mit den Nukleonen des Targetmaterials (Germanium im natürlichen Isotopenverhältnis).

Berechnen sie die erwartete Ereignisrate pro Tag und Kilogramm Targetmaterial, wenn sie von folgenden Informationen ausgehen:

WIMP Masse 100 GeV , WIMP Halo Dichte $400 \frac{\text{MeV}}{\text{cm}^3}$, mittlere Geschwindigkeit der WIMPs relativ zur Erde $230 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, Wirkungsquerschnitt für WIMP Nukleon Streuung $1 \cdot 10^{-42} \text{ cm}^2$.