

1. Dunkle Materie im Labor:

Eine Reihe von Experimenten (z.B. CDMS, Edelweiss, Zeplin, CRESST, DAMA,...) versuchen Dunkle Materie im (Untergrund-) Labor durch die Kollision mit baryonischer Materie nachzuweisen.

- a) Leiten Sie einen Ausdruck für die kinetische Energie E_R eines Kerns der Masse M_R ab, der eine elastische Kollision mit einem „Dark Matter“ Teilchen der Masse M_D und der kinetischen Einfallenergie E_D durchführt, in Bezug auf die Emissionsrichtung relativ zur Einfallrichtung. Finden Sie den Grenzwert der Rückstoßenergie bezüglich M_R und M_D .
- b) Berechnen Sie die maximale Rückstoßenergie für einen Kern der Masse $M_R = 100 \cdot m_p$, der mit einem „Dark Matter“ Teilchen der Masse $M_D = 1000 \cdot m_p$ kollidiert, das sich mit einer typischen galaktischen Geschwindigkeit von $v = 220 \frac{\text{km}}{\text{s}}$ bewegt.

2. 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

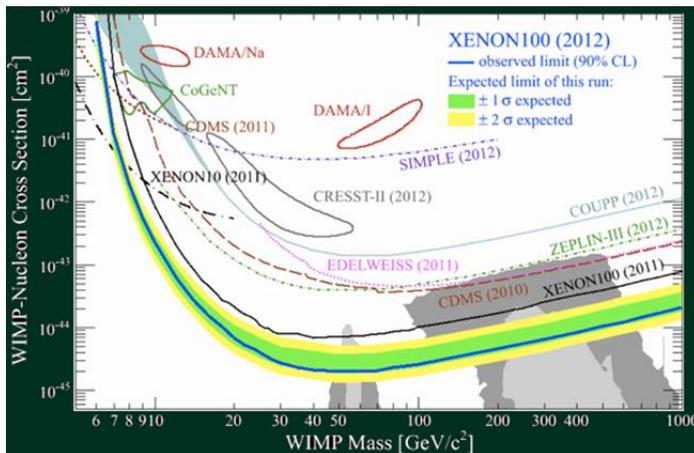
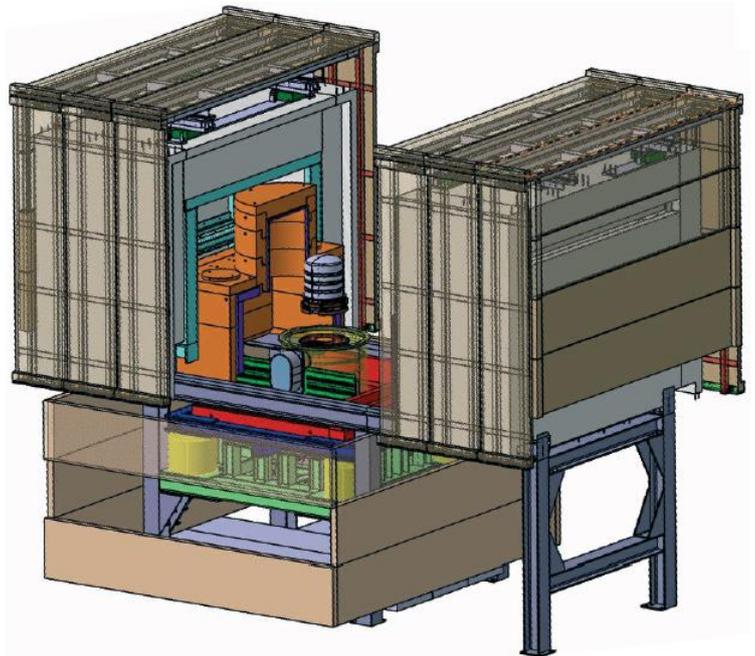
$1 \cdot 10^{-42} \text{ cm}^2$.

3. Das EDELWEISS-Experiment:

Noch einmal beschäftigen wir uns mit dem EDELWEISS Experiment:

Das erste Bild zeigt den Aufbau der Abschirmung um den eigentlichen Detektor-Kryostaten, die zur Reduktion des Untergrundes beiträgt.

Welche Komponenten sind das im Einzelnen, und welche Aufgabe haben sie?



Im zweiten Bild sind die Ergebnisse verschiedener, meist bereits abgeschlossener Experimente auf der Suche nach Dunkler Materie zu sehen. Erläutern Sie auch hier was aufgetragen wird. Wie kommen die Kurvenformen und insbesondere die Unterschiede in den Kurvenformen zustande? Welche

Aussage macht die Grafik?

4. Direkte Suche nach WIMPs mit dem CRESST Experiment:

Eine Möglichkeit der direkten Suche nach WIMPs besteht darin, die bei der Reaktion von WIMP-Teilchen mit dem Detektor auftretenden Rückstoßkerne nachzuweisen und deren Energie zu bestimmen. Neben dem durch die Kerne erzeugten Ionisationssignal wird auch die durch die Anregung von Phononen erzeugte Temperaturerhöhung des Detektors gemessen. Hierbei ist die Abhängigkeit der spezifischen Wärmekapazität c des Detektors bei tiefen Temperaturen ($T \ll \theta_D$) gegeben durch

$$c = \frac{4\pi^4}{5} \frac{kT^3}{m\theta_D^3}$$

wobei m die Molekülmasse, θ_D die Debye-Temperatur und k die Boltzmann-Konstante sind.

Das CRESST-Experiment, das im Grand-Sasso-Untergundlabor (Italien) aufgebaut ist, verwendet als Nachweismaterial Saphir-Kristalle, die bei einer Temperatur von 15 mK betrieben werden.

- a) Warum misst man bei so tiefen Temperaturen?
- b) Berechnen Sie den Temperaturanstieg in einem 262 g schweren Saphir-Kristall (Al_2O_3 , $\theta_D = 1041 K$), wenn durch den Kernrückstoß bei der WIMP-Reaktion eine Energie von 1 keV im Kristall deponiert wurde.

Studenten für Kinder Karlsruhe (SfKa) e.V.

Hochschulgruppe (KIT)



Wir verbessern die Bildungschancen von Schülern

- die in Heimen wohnen
- einen Migrationshintergrund aufweisen
- in finanziell oder sozial schwierigen Lebensverhältnissen sind

Hilf mit und werde ehrenamtlicher Nachhilfelehrer!

studentenfuerkinder@gmail.com

www.studentenfuerkinder.de