

Ciemna materia to bardzo tajemnicza substancja której nie możemy bezpośrednio zobaczyć. O jej istnieniu wiemy tylko dzięki obserwacjom wpływu, jaki wywiera na swoje otoczenie. Już w 1933 roku Fritz Zwicky zauważył, że galaktyki należące do gromady w Warkoczu Bereniki, poruszają się tak szybko, że biorąc pod uwagę oddziaływanie grawitacyjne materii którą widzimy, niektóre z nich powinny zostać wyrzucone z gromady. Na tej podstawie wysunął hipotezę, że większość masy w gromadzie stanowi niewidoczna Ciemna Materia. Początkowo postulat ten nie zyskał uznania środowiska naukowego jednak z czasem pojawiło się więcej obserwacyjnych dowodów na istnienie Ciemnej Materii. Dzisiaj ocenia się, że stanowi ona ponad 1/4 Wszechświata, obok znanej nam zwykłej materii (tzw. barionowej) i dominuje nad Ciemną Energią, która o ile to możliwe, stanowi jeszcze więcej zagadek dla naukowców.

Początkowo przypuszczano, że Ciemna Materia to taka zwykła materia, która po prostu nie emituje ani nie odbija światła i dlatego nie możemy jej zobaczyć. Mogłyby to być brzoźki karły, czyli gwiazdy o bardzo małych masach, w których reakcje jądrowe sprawiają, że gwiazda wiecznie nie została zapoczątkowana albo gwiazdy neutronowe lub czarne dziury, znajdujące się na obrzeżach galaktyk. Po wielu obserwacjach astronomów okazało się, że obiektów takich jest jednak zdecydowanie za mało, aby ich sumaryczny wpływ mógł odpowiadać Ciemnej Materii. Oznacza to, że istnieją we Wszechświecie zupełnie nowe formy materii, o własnościach jeszcze nieznanymi nauce.

Do tej pory rozważano różne typy cząstek mogących stanowić Ciemną Materię. Na chwilę obecną najbardziej prawdopodobna wydaje się hipoteza, że są to nierelatywistyczne (czyli poruszające się wolniej niż światło), neutralne i długowieczne, słabo oddziałujące masywne cząstki, które zbiorowo nazywamy WIMPs (ang. Weakly Interacting Massive Particles). Uważa się, że Ciemna Materia występuje w całym Wszechświecie, zarówno w przestrzeni międzygwiazdowej wewnątrz galaktyk jak i pomiędzy nimi, dzięki czemu możliwe jest jej badanie, nawet na Ziemi. Z jednej strony zakłada się, że WIMP-y mogą rozpraszają się elastycznie na jądrach zwykłej materii co stanowi podstawę do bezpośrednich prób jej detekcji. Wiele eksperymentów podjęło próby zmierzenia energii kinetycznej odrzutu jądra materii po takim zderzeniu, jednak do tej pory ich wyniki są do niejednoznaczne i kontrowersyjne, gdyż cząstki wzajemnie się wykluczają. Alternatywą wobec metod bezpośrednich mogą być pośrednie metody detekcji, opierające się na poszukiwaniu cząstek produkowanych w wyniku anihilacji Ciemnej Materii.

W różnych modelach najbardziej prawdopodobne jest, że dwa WIMP-y anihilują do pary cząstek o masach bliskich ich masie. W wyniku takiej anihilacji mogą zostać wyprodukowane przeróżne cząstki takie jak leptony, kwarki lub bozony. W dodatku w rezultacie kolejnych rozpadów pierwotnych produktów anihilacji może zostać wyprodukowanych wiele nowych cząstek. Pośrednie metody detekcji skupiają się na poszukiwaniu antymaterii, fotonów i neutrin. Najlepsze informacje na temat położenia źródła i energii wyprodukowanych cząstek dostarczane są przez neutrina, gdyż podczas propagacji w przestrzeni kosmicznej ich kierunek i energia pozostają niezmiennymi. Niemniej z powodu bardzo słabego oddziaływania z materią, detekcja neutrin stanowi ogromne wyzwanie. Odbyna się ona w ogromnych naziemnych detektorach, gdzie dodatkowym problemem są stanowiące tło neutrina atmosferyczne.

Super-Kamiokande jest wodnym detektorem promieniowania Czerenkowa o masie 50 tysięcy ton, który znajduje się w japońskim laboratorium Kamioka. Detektor umieszczony 1000 metrów pod ziemią składa się ze zbiornika w kształcie walca o rozmiarach 40 m wysokości i 40 m średnicy, wypełnionego ultraczystą wodą i otoczonego przez ponad 11 tysięcy fotodetektorów. W detektorze Super-Kamiokande rejestrowane są produkty oddziaływania neutrin z cząstkami wody. W wyniku takiego oddziaływania produkowane są cząstki naładowane, głównie elektrony i miony, które poruszając się w wodzie z prędkościami większymi niż prędkość światła, emitują promieniowanie Czerenkowa. Światło to jest rejestrowane przez fotodetektory znajdujące się na ścianach zbiornika i dostarcza informacji o kierunku, rodzaju oraz energii neutrina. W prowadzonych analizach poszukiwany jest nadmiar neutrin mogących pochodzić z anihilacji cząstek Ciemnej materii we wnętrzu Ziemi oraz w centrum Galaktyki, w stosunku do tła stanowiącego przez neutrina atmosferyczne.

Tematyka badania Ciemnej Materii jest bardzo trudna, ale też niezwykle ciekawa. Pomimo od dawna znanych przytłaczających obserwacyjnych dowodów na jej istnienie oraz wielu podjętych prób detekcji, jej natura wciąż pozostaje nieznaną. Próby ustalenia, czym jest Ciemna Materia i jakie są jej właściwości, doprowadziły do wielu odkryć, ale do dzisiaj nie dały poszukiwanych ostatecznych odpowiedzi. Różnorodne podejścia do zagadnienia detekcji Ciemnej Materii wzajemnie się uzupełniają. Pokazują, że prowadzenie obserwacji tylko jedną metodą, nie jest wystarczające do pełnego zbadania i zrozumienia istoty Ciemnej Materii. Prowadzenie dalszych badań w tej dziedzinie jest niezwykle istotne, gdyż Ciemna Materia wciąż stanowi ogromny luk w naszej wiedzy o Wszechświecie.