

学位申請論文公開講演会

日時：2007年12月20日（木） 16:00～

申請者：夏目 光教（F研）

場所：理学館大講義室（B-07）

題目：ダークマター検出の為の超微粒子原子核乳剤の開発研究

概要

宇宙の重量の大半を占める暗黒物質（ダークマター）の存在が様々な観測と宇宙論から示唆されているが、その正体は謎である。ダークマターの有力候補は通常物質との相互作用が弱い素粒子 **Weakly Interacting Massive Particles (WIMPs)** である。速度数 100 km/s で銀河内を飛び交う WIMPs と原子核との散乱を観測する事で実験室で WIMPs を直接検出できる。低速の原子核の飛跡を観測して方向を識別できれば、銀河での太陽系の運動によって生じる WIMPs の方向性を使って WIMPs の同定が可能である。

本研究では WIMPs 検出器として超微粒子原子核乳剤の可能性を検討した。原子核乳剤は AgBr 微結晶とゼラチンから成り、WIMPs に跳ね飛ばされる Ag 又は Br 原子核が乳剤中を走る距離は 500 nm 以下であると予想される。粒径を数 10 nm にまで小さくする事によりその飛跡を検出できると考えられるが、ナノ結晶が中性化する低速重原子に感度を持つのか未知であった。

WIMPs 検出用に開発した直径 40 nm の AgBr 結晶を有する超微粒子原子核乳剤で作る Nano Imaging Tracker (NIT) フィルムが低速の Ag, Br 原子を飛跡として記録するかを調べた。イオン注入装置で速度 680–1180 km/s (運動エネルギー 200–600 keV) の Kr イオンを NIT フィルムに打ち込み、現像後に光学顕微鏡で乳剤表面の現像銀を確認した。これを電子顕微鏡で観察して、680 km/s Kr は 2–3 個の現像銀で長さ 100–200 nm の飛跡、1200 km/s Kr は 3–7 個の現像銀で長さ 200–600 nm の飛跡を作った事を確認した。又、光学顕微鏡スキャニングシステムによる解析を想定して、飛跡を光学分解能以上に長くする、乳剤引き伸ばしを検討した。引き伸ばし後の低速 Kr 飛跡が光学顕微鏡で電子顕微鏡と同様に認識できることを確認した。NIT フィルムは速度 680 km/s 以上の Ag, Br 原子を飛跡として検出できる事、即ち WIMPs の到来方向を観測できる能力を持つ事を明らかにした。

又、WIMPs 反跳原子核に対するバックグラウンドについて分析した。NIT フィルムは止まり際の電子には感度を持ち得るので、ゼラチンに含まれる ^{14}C の β 線は ^{14}C が除去できない為ノイズに成り得る。感度の調節により低速 Kr 飛跡を記録しつつ電子飛跡形成率を 100000 分の 1 以下にする事ができた。もうひとつのバックグラウンドは複数のランダムノイズ現像銀が近接する擬似飛跡である。ノイズ密度から予想される擬似飛跡発生率を考慮すると、真の飛跡と判別する為に現像銀の数は 4 個以上必要で、これに相当する反跳原子核の速度は 1000 km/s 以上である。

WIMPs としてスピンに依存しない相互作用をする超対称性粒子ニュートラリーノを仮定すると、これまでに行われた探索実験の結果から NIT フィルムで観測可能な WIMPs 事象数は 1/1000 kg/year 以下と予想される。更なる微粒子化による飛跡検出性能の向上、感度の調節による電子バックグラウンド除去、1000 kg NIT フィルムのスキャニングシステムの開発が今後の課題である。