

U15a 相互作用が弱めの長寿命ハドロンによるビッグバン元素合成での ${}^7\text{Be}$ 破壊

日下部元彦、川崎雅裕(東京大学)

標準模型を超える理論の中で長寿命の色を持つ重粒子が存在する可能性がある。これらは宇宙が膨張して温度が200MeV程度になり色が閉じ込められると強い相互作用をする重粒子(SIMP, X 粒子)を形成する。この X 粒子がビッグバン元素合成(BBN)の時代を生き延びるとき、背景にある原子核と核反応を起こしうる(2009年秋季年会)。しかし、 X 粒子と核子との相互作用は、 X 粒子の内部構造に依存し、現時点で明らかではない。そこで以前の研究で仮定していた X 粒子の質量と核子との相互作用の強さをパラメータとして、 X 粒子が元素合成に与える影響を調査している。

今回、 X と核子の相互作用が、核子間相互作用よりも少し弱い場合(sub-SIMP)、 X 粒子が核反応で ${}^7\text{Be}$ を破壊する状況が実現することを見つけた。以下の手順で、 X 粒子が元素合成の時代に存在し、その後崩壊が完了した場合の、元素合成の計算を行った。1) X 粒子と原子核との束縛状態(X 核、 A_X)の束縛エネルギーの計算、2) X 粒子と X 核が関連する核反応率の見積もり、3)元素合成のネットワーク計算。この計算に基づき、 ${}^7\text{Li}$ の標準BBNの理論予言値と低金属量星の観測値との間の不一致(Li問題)への解決策として次のシナリオを提案する。

BBNの時代にsub-SIMP(X 粒子)が存在し、 ${}^4\text{He}$ 合成の時期に ${}^4\text{He}$ による捕獲を免れる。 ${}^7\text{Be}({}^7\text{Li})$ と X が核反応で ${}^3\text{He}({}^3\text{H})$ と ${}^4\text{He}_X$ に変換される。この時期を生き延びた ${}^7\text{Be}$ が再結合に続く電子捕獲で ${}^7\text{Li}$ に変換され、現在低金属量星で観測される。

今研究で用いた X 核の反応率には不定性が存在するため、このシナリオの正確な理論予言には量子多体モデルによる反応断面積の計算が必要である。また、 X 核中の X の崩壊に伴う反応の研究も今後行う予定である。