

Nötrino-Nötrino Etkileşimleri Ve Yoğun Ortamlarda Çeşni Salınımları

Yürütücü: Yamaç Pehlivan

Araştırmacı: Barış Yapışkan

Danışmanlar: Baha Balantekin, Toshitaka Kajino

Bursiyer Öğrenci: Taygun Bulmuş

Destek: TÜBİTAK - 100 220 TL

Süre: 1 Mayıs 2013 - 1 Mayıs 2015

Genel Bilgi

Maddesel bir ortamda ilerlerken maruz kaldıkları kırımın etkileri sonucunda, nötrinoların madde içindeki salınımlarının boşluktaki salınımlarından farklılık göstermesi fizikte MSW etkisi adı ile bilinen bir olgudur. Bizim bu projede ilgilendiğimiz konu ise çekirdek çökmeli süpernova veya erken evren gibi nötrino yoğunluğunun son derece yüksek olduğu ortamlarda nötrino-nötrino etkileşmelerinin önem kazanması sonucu ortaya çıkan nötrino öz kırımını etkileridir. MSW etkisinden farklı olarak, nötrinoların kendi üzerlerine uyguladıkları bu kırımın etkisi altında sistem çok parçacıklı bir karakter kazanır. Bu olgu ilk olarak 1992 yılında keşfedilmiş, ardından da çok parçacık etkilerinin lineer olmayan çeşni salınımları biçiminde bir takım belirmiş davranışlara yol açacağı anlaşılmıştır. Bu salınımlar bugün literatürde "kollektif nötrino salınımları" adı ile bilinmektedir ve parçacık fiziği, astrofizik/kozmoloji ve çok parçacıklı sistemler fiziğinin kesişiminde yer alan aktif bir araştırma alanıdır.

Öz kırımın etkileri altındaki nötrinolar bildiğimiz kadarı ile zayıf etkileşime dayanan yegane çok parçacıklı sistemi teşkil etmektedir. Ancak bu konu şimdiye kadar ağırlıklı olarak parçacık astrofizikçileri tarafından ele alınmış, çok parçacık fiziğinin standart yöntemleri ise ancak yakın bir zamanda probleme uygulanmaya başlamıştır. Örneğin proje yürütücüsü ve danışmanlar 2011 yılında yayınladıkları bir makalede, BCS modeli ve atom çekirdeğinin kabuk modeli gibi diğer bazı çok parçacıklı problemlere başarıyla uygulanmış olan Richardson-Gaudin metodunu öz kırım etkileri altındaki nötrinoları uygulayarak, sistemin şimdiye kadar bilinenden çok daha fazla sayıda dinamik simetriye sahip olduğunu göstermişlerdir. Öte yandan kollektif salınım modları üzerindeki çalışmalar, bu modlar ile sistemin dinamik simetrisi arasında birebir bir ilişki olduğuna işaret etmektedir ki bu ilişki de henüz detaylı olarak incelenmemiştir. Bütün bu gözlemlerden hareketle biz de projemizin ilk yılında öncelikli olarak kollektif modlar ile dinamik simetrisi arasındaki ilişkiyi sistematik bir biçimde ele almayı ve yeni bulunmuş olan dinamik simetrisilere karşılık gelen kollektif salınım modlarını ortaya çıkarmayı hedefliyoruz. Bu amaçla çok parçacık fiziğinin standart yöntemleri olan Richardson-Gaudin metodunu ve Jacobi inversion metodunu öz kırım etkisi altındaki nötrino sistemi üzerinde kullanacağız. Yukarıda sözü geçen ve bu konuda öncü olarak kabul edilebilecek olan makalenin şimdiden nötrino astrofiziği üzerinde çalışan diğer pek çok gruptan atıf almış olması, bu projenin hayata geçmesi durumunda literatürdeki önemli bir boşluğu dolduracağına ve sonuçlarının bilimsel olarak ilgi çekeceğine işaret etmektedir.

Projemizde uygulamaya dönük amaçlar üzerinde yoğunlaşmayı da hedeflemekteyiz. Örneğin, gerek yakın gelecekte Süper Kamiokande nötrino dedektörü tarafından gözlenmesi beklenen difüze süpernova nötrino ardalanında, gerekse her an gerçekleşebilecek galaktik bir süpernovadan Dünya'ya ulaşacak nötrino sinyalinde kollektif çeşni salınımlarının izlerine rastlanacağı düşünülmektedir. Bu

gözlemlerin nötrino kütle hiyerarşisi gibi bir takım bilinmeyen nötrino özelliklerinin belirlenmesine yardımcı olması da beklenmektedir. Biz de bu nedenle gerek yeni bulmayı hedeflediğimiz gerekse zaten bilinmekte olan kolektif çeşni salınımı modlarının bu sinyallerde bırakabileceği izlerin analizi üzerinde çalışmayı planlıyoruz. Ayrıca bu salınımların hem çekirdek çökmeli süpernovada ve hem de erken evrende gerçekleştiği düşünülen r-proses nükleer sentezlenme üzerindeki etkilerini de incelemeyi planlıyoruz. Geçtiğimiz aylarda üçüncü nötrino karışma açısının sıfırdan farklı olduğunun kesin olarak gösterilmesi ile bu yöndeki çalışmalar da yeni bir motivasyon kazanmıştır.