



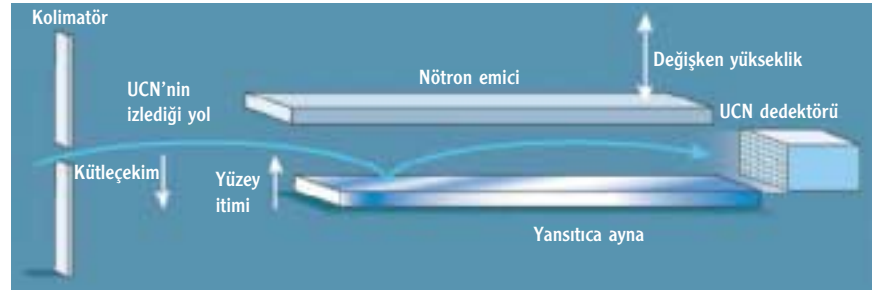
Fizik

Kütleçekimin Kuantum Etkisi Gözlendi

Kütleçekiminin gözlenebilen etkileri genelde büyük ölçeklerde ortaya çıkıyor. Fırlatılan taşların, evrende gezegenlerin, gökadalarnın, hareketlerini yöneten kütleçekimi. Buna karşılık, öteki üç doğa kuvvetini, şiddetli ve zayıf çekirdek kuvvetleriyle elektromanyetik kuvveti açıklayan kuantum mekaniği, genellikle atomaltı düzeyde kendini gösteriyor. Bu düzeyde kütleçekim, öteki doğa kuvvetlerine göre öylesine zayıf ki, yol açtığı kuantum etkileri görebilmek son derece güç. Ancak Fransa'nın Grenoble kentindeki Laue-Langevin Enstitüsü'nden Valery Nesvizhevsky ile bir grup Alman ve Rus fizikçi, gerçekleştirdikleri bir deneyde "ultrasonuk" nötronların (ultracold neutrons - UCN) davranışı üzerinde kütleçekimin kuantum etkilerini gözlediklerini açıkladılar. Bu nötronların kinetik enerjileri öylesine düşük ki, yansıtıcı bir yüzey üzerinde kütleçekim tarafından tutulabiliyorlar. Nötronların yüzeyden yansması için, yüzeydeki potansiyel engelinden kaynaklanan itici kuvvetin hareketli nötronun yansıtıcı yüzeye dik olan düşey hız bileşeninden daha büyük olması gerekiyor. Potansiyel engelin değeri çok küçük olduğundan, normalde ancak çok sık bir açıyla yüzeye çarpan nötronlar yansır; yüzeye dik çarpan nötronlara ya ayna tarafından emilir, ya da öteki tarafa geçirilir. Ancak UCN'lerin toplam hızları çok düşük; saniyede 8 m. Bu nedenle yüzeye çarpma açıları ne olursa olsun, her durumda yansıtılırlar. UCN'lerin bir önemli özellikleri de, kütleçekimsel etkileşimlerinin neredeyse kinetik enerjileri kadar güçlü olması. Dikey olarak yüzeyden ayrılan bir UCN, kütleçekimince önce yavaşlatılır, sonra da geri gönderilir. Bu iki özellik, Nesvizhevsky ve ekibine UCNler için bir tuzak hazırlamak olanağı vermiş. Tuzak, bir potansiyel enerji kuyusu olarak tanımlanabilir. Bir potansiyel kuyusuna yakalanmış parçacık,

kuyudan çıkmasına yetecek enerjisi olmadığından tuzak içinde kalır. Klasik fiziğe göre, kuyu içindeki parçacığın enerjisi, kaçma enerjisinden düşük olma koşuluyla herhangi bir düzeyde olabilir. Kuantum mekaniğindeyse parçacıklar ancak belirli durumlarda olabilirler. Dolayısıyla, Nesvizhevsky ve arkadaşlarının hazırladığı kütleçekimsel potansiyel kuyusunun da belirli enerji durumları var. Bunların en düşüğü (n=1 durumu) 1.41 peV (1peV= 10⁻¹⁵ elektronvolt). Bu da saniyede 1.7 cm'lik UCN düşey hızına karşılık geliyor. Bunun anlamı, ultrasonuk bir nötronun, kütleçekim tarafından geri döndürülmeyeceği. Bu durumda deney, tuzak içindeki UCN'nin saniyede 1.7 cm'den daha düşük bir düşey hız bileşeni olamayacağını gösteriyor. Bu bileşenin daha yüksek değerleri olabilir, ama bunlar da ancak daha üst enerji

nan UCN'lerin sayısının düzenli bir biçimde artması yerine, daha üst enerji durumlarına karşılık gelen duraklarda yığılma şeklinde bir nötron çıkışı beklenir. Derlenen verilerde de, belirli enerji düzeyleriyle örtüşen böyle bir basamaklanma gözlemlenmiş. Araştırmacıların gerçekleştirdikleri gözlem koşulları hayli zorlu. Kütleçekimin yaptığı ve gözlenebilmesi için bir elektronvoltun katrilyonda biri (10⁻¹⁵eV) ölçeğinde çözünürlük gerektiren bir kuantum etkiyi ölçmeye çalışıyorlar. Nötronların öteki alanlarla da etkileşmesi normalde böylesine küçük bir etkiyi perdeler. Ancak, nötronun elektrik yükü olmaması ve UCN'lerin düşük kinetik enerjisi böyle bir gözleme izin veriyor. Araştırmacılar, şimdi kütleçekimsel olarak tuzaklanmış nötronları daha yakından incelemeye hazırlanıyorlar. UCN'lerin tuzakta geçirdikleri süre önemli ölçüde artırılabilirse, bir elektronvoltun milyar kere mil-



düzeylerinde (n=2, 3,...) olanaklı. Nesvizhevsky ve ekibi deney için Institut Laue-Langevin reaktöründe sağlanan yüksek derecede odaklanmış bir UCN demeti kullanmış. Araştırmacılar, tuzaka giren UCN'lerin düşey hız bileşenlerini kontrol için yansıtıcı yüzeyin üzerine yerleştirilen bir nötron emici malmmeden yararlanmışlar. Görülmüş ki, nötron emicisi ayna yüzeyinden 15 mikrometreden daha fazla uzaklaşmadan tuzanın öteki ucundan hiçbir nötron çıkmıyor. Klasik fizikte, nötronlar rastgele düşey hız değerleriyle yayınlanabileceğinden, emicinin yüksekliği arttıkça daha fazla UCN'nin tuzaktan çıkması gerekir. Kuantum mekaniğine göreyse, UCN'lerin düşey hız bileşenleri ilk (en düşük) kuantum durumunun enerjisiyle tam olarak örtüşmedikçe, tuzak içinde hiçbir UCN var olamaz. Bu nedenle de tuzaktan hiçbir UCN yayınlanmaz. Emicinin yüksekliği artırıldıkça da yayınla-

yarda biri (10⁻¹⁸ eV) düzeyinde bir enerji çözünürlüğü elde edilebilir. Daha ileri duyarlılıktaki deneyler, fiziğin temel ilkelerinin daha yakından incelenmesine olanak sağlayabilir. Örneğin, kuantum mekaniğiyle kütleçekim arasındaki etkileşimi incelemek için eşitlik ilkesinin daha duyarlı testlerinin gerçekleştirilmesi gerekiyor. Eşitlik ilkesi, sabit değerde bir kütleçekim alanında farklı parçaların, kütleleri ya da bileşimleri ne olursa olsun aynı ivmelenmeyle düşmesini öngörür. Bu da nötronların atıl ve gravitasyonel kütlelerinin eşlenik olması demek. Şimdiye kadar bu öngörülerin sistematik olarak sınanmasında güçlüklerle karşılaşılıyordu. Nesvizhevsky ve ekibinin çalışmalarının, bu gibi güçlükleri ortadan kaldıracak ve maddenin temel özelliklerinin daha iyi incelenebileceği yeni bir araç sağlayacağı umuluyor.