

## 五种新同位素的发现仅是开始

(中国原子能科学研究院 周书华 编译自 Katherine Wright. *Physics*, February 15, 2024)

尽管某些同位素可以存活数小时、数周甚至数千年，但另一些同位素却以极快的速度闪现，以至于科学家无法确认它们的存在。天体物理学家认为，这些稀有的同位素粒子尽管寿命短暂，却在恒星的演化和宇宙重元素的形成中起着重要的作用。最近，密歇根州立大学稀有同位素束设施(FRIB)的研究人员已经制造并鉴别了五种从未见过的稀有同位素，这些同位素都包含大量的中子。

这一成就是在该设施开放几个月后取得的，当时只使用了该设备潜力的一小部分。FRIB的科学家推测，这些发现只是众多发现的开始。这项研究工作的共同发言人Alexandra Gade说，“这证明了我们可以在不到一年的时间内找到新的稀有同位素，并显示了未来实验的巨大潜力。”

在元素周期表中，每个元素都列出了它的原子序数(质子数)和原子质量数(质子数加上平均中子

数)。平均中子数是基于在地球上发现的稳定同位素计算的，但一个元素的不稳定同位素可以有很大范围的不同中子数。例如，元素周期表中列出的氧包含8个质子和8个中子，其实氧也可以包含3个中子或20个中子。不稳定同位素经过不同的时间后衰变：例如，氧-28在 $10^{-21}$  s后衰变，转化为另一种不稳定的氧同位素氧-24，它在77 ms后衰变。

生成同位素的实验通常是用离子轰击靶原子，并在反应产物碎片中寻找有趣的产物。大多数以这种方式产生的同位素，中子和质子的数量比原始原子要少。但是研究人员感兴趣的是研究非常重的同位素，它们的质子和中子数非常接近甚至超过原始原子。天体物理学家认为这种同位素在恒星内和恒星爆炸形成重元素的r过程中发挥着作用。但是理解这一作用是具有挑战性的，因为这些重同位素在地球上的实验中出现的可能性很小。FRIB

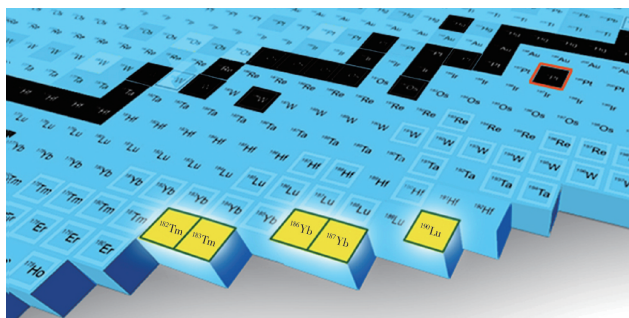
通过使用强大的束流和高灵敏度的检测方法来应对这一挑战。

在Gade和她的同事们进行的实验中，用一束高能钨-198粒子轰击一个圆形的碳片。碰撞产

生的碎片被直接引入先进的稀有同位素分离器(ARIS)进行分类。ARIS结合各种电磁和物理机制，根据质量来过滤原子核。ARIS是一台非常先进的质量分离器，可以从 $10^{18}$ 个核中分离出单个的同位素。

在2023年1月进行的一项实验中，在ARIS分离出的同位素中发现了5种以前未检测到的富中子同位素：铥-182、铥-183、镱-186、镱-187和镥-190，其中每种同位素探测到3到29个粒子。该小组还发现了一个事件，其性质与一种同位素相似，这种同位素比束流中的钨粒子(中子数为120)还多两个中子(已确认的五种同位素的中子数都少于钨的中子数)。在碰撞中“捕获中子”的概率是极低的。但FRIB的研究人员希望随着实验的继续进行能更频繁地看到这种事件。

当钨束以该设施全部能力的1/270运行时，检测到了铥、镱和镥同位素。Gade希望在束流通量提高后发现一种罕见的含有126个中子的同位素。对于中子来说，126是所谓的幻数，因为包含126个中子的同位素比包含多几个或少几个中子的同位素要稳定得多。Gade说：“r过程的特征围绕着幻数而变化，所以天体物理学家希望更好地理解这些同位素的特点。我们已经将束流的通量增加了6倍，也计划很快再次增加，所以我们正在看到这种同位素的道路上。”



利用稀有同位素束设备(FRIB)中的先进稀有同位素分离器，研究人员发现了5种以前从未见过的富含中子的同位素铥(Tm)、镱(Yb)和镥(Lu)。就质子和中子数而言，这些高度不稳定的核(黄色)与稳定核(黑色)相差很大