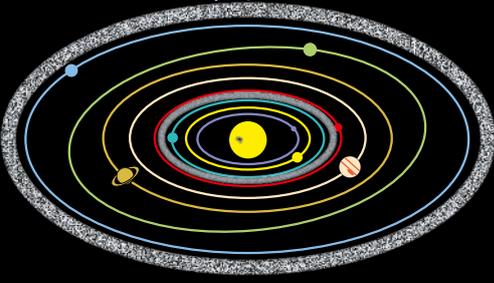


Kuipergürtel



Sonnensystem

Zwei Neutronensterne verschmelzen miteinander, kreieren dabei die schwersten Elemente im r-Prozess (schneller Neutroneinfang), schleudern diese ins All hinaus, wo sie schließlich im solaren Urnebel und später in Asteroiden landen. Wissenschaftler können diese Elementhäufigkeiten dann 4,6 Milliarden Jahre später analysieren und so auf den Ursprung der Elemente schließen.

Sonnensystem und seine Elementhäufigkeiten gehabt haben könnte und begaben sich mit Hilfe von Computersimulationen auf Spurensuche. Dabei wollten sie auch herausfinden, ob sie zwischen Supernovae und verschmelzenden Neutronensternen als potenzielle Quelle der schwersten Elemente unterscheiden können.

Bartos und Marka konzentrierten sich dabei auf den Zeitraum kurz vor der Entstehung unseres Sonnensystems. Dieser ist dafür einzigartig gut geeignet, denn radioaktive Neuankömmlinge mit Halbwertszeiten von nur einigen Millionen Jahren wurden in den damals entstehenden Asteroiden und Gesteinsbrocken eingeschlossen: zum Beispiel Curium-247 mit einer Halbwertszeit von 15,6 Millionen Jahren. Dieses ist zwar inzwischen längst zerfallen, aber die daraus entstandenen Tochterkerne sind immer noch vorhanden und zwar innerhalb der mikroskopischen Strukturen im Gestein an denjenigen Stellen, wo das Curium-247 einst hingehörte, die Tochterkerne jedoch nicht. Aus der genauen Analyse von Proben ist es somit möglich, auf die Elementhäufigkeiten zur Zeit des Einschlusses zu schließen. Das Ganze mutet wie die Radiokarbondatierung an, ist nur ein wenig komplizierter und überdeckt größere Zeiträume (siehe Kasten S. 20).

ZUM NACHDENKEN

Schwere Elemente im protosolaren Nebel



Unsere Sonne ist ein Stern der dritten Generation. Sie und alle anderen Bestandteile des Sonnensystems enthalten auch schwerere Elemente als die direkt aus der heißen Ursuppe nach dem Urknall gebildeten Elemente Wasserstoff und Helium. Die erste Sternengeneration fusionierte in ihrem Inneren Elemente bis hin zu Eisen, und massereiche Sterne gaben sie bei ihrer Explosion als Supernova angereichert mit noch schwereren Elementen an ihre Umgebung. Die zweite Generation steigerte die Anreicherung – im Astronomenjargon die »Metallizität«. Die Gas- und Staubwolke, aus der sich unser Sonnensystem bildete, wurde offenbar auch mit Transuranen aus der Verschmelzung zweier Neutronensterne angereichert – eine weitere Quelle schwerer und schwerster Elemente. Zeugnis der damaligen Isotopenverhältnisse geben Meteoriten.

Aufgabe 1: Simulationen förderten einen dominanten Neutronenstern-Merger zutage, der für die Anreicherung des solaren Urnebels mit Curium-247 verantwortlich zu sein scheint. Seine Distanz wird zu $d_{\text{dom}} = 300$ pc angegeben und der Zeitpunkt des Verschmelzens vor Entstehung des Sonnensystems mit $\Delta t_{\text{dom}} = 80$ Millionen Jahre (beide Werte haben Unsicherheiten im Bereich von 30 bis 50 Prozent). Mit welcher Geschwindigkeit v_{dom} haben sich die schweren Elemente bis zum Sonnensystem ausgebreitet, wenn sie spätestens zum Zeitpunkt seiner Entstehung dort ankamen?

Aufgabe 2: Curium-247 zerfällt bei einer Halbwertszeit von $t_{1/2} = 15,6 \cdot 10^6$ a unter Aussendung eines Alphateilchens in Plutonium-243. Um welchen Faktor f_{Cu} war die vom Merger abgeströmte Curium-247-Masse größer?

Aufgabe 3: Im Sonnensystem sind $m_r = 10^{21}$ kg r-Prozess-Elemente angekommen. Welche Masse m_0 wurde vom Merger losgeschickt, wenn in alle Raumrichtungen gleich viel Materie ausgeworfen wurde und die protosolare Wolke einen Radius von $R = 10\,000$ AE hatte? Sonnenmasse: $M_{\odot} = 1,989 \cdot 10^{30}$ kg.

Aufgabe 4: Die das Gravitationswellenereignis GW170817 verursachende Neutronenstern-Verschmelzung setzte zwischen 0,04 und 0,08 M_{\odot} an r-Prozess-Elementen frei. Passt diese Menge zum Ergebnis von Aufgabe 3? AMQ

ZUM NACHDENKEN: Unser Sonnensystem



Das Buch enthält 119 Aufgaben und Lösungen der Rubrik »Zum Nachdenken« zum Sonnensystem, alle überarbeitet und mit zusätzlichen Informationen versehen.

368 Seiten. Preis: 25 €. Bestell-Link:
<https://amzn.to/2sIYh6L>

Ihre Lösungen senden Sie bitte an: Redaktion SuW – Zum Nachdenken, Haus der Astronomie, MPIA-Campus, Königstuhl 17, D-69117 Heidelberg. Fax: 06221 528377. E-Mail: zum-nachdenken@sterne-und-weltraum.de. Einsendeschluss ist der 11. Oktober 2019.

Alle Leser, die bis einschließlich des Mai-Heftes 2020 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt. Die Preise der neuen Runde werden auf S. 93 vorgestellt.

Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf Seite 14! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.