ZUM NACHDENKEN

Frei fliegende Planeten

Die ersten sich frei im Milchstraßensystem bewegenden Planeten ohne Muttergestirn wurden schon vor 20 Jahren im offenen Sternhaufen Sigma Orionis entdeckt: anderthalb Dutzend Objekte, deren Massen vermutlich zwischen 8 und 18 Jupitermassen liegen. Diese massereichen Planeten ließen sich durch ihre Wärmestrahlung nachweisen. In Ermangelung einer äußeren Energiequelle bleibt ihnen nur allmähliches Schrumpfen unter Freisetzung eigenen potenziellen Gravitationsenergie. Der Vorgang wird auch Kelvin-Helmholtz-Kontraktion genannt.

Aufgabe 1: Man berechne, um welchen Betrag ΔR ein frei fliegender Gasriese mit einer Anfangsgröße (R_{ffP} = 1,2 $R_{♃}$) – etwas mehr als diejenige von Jupiter – mit achtfacher Jupitermasse ($M_{\mathrm{ffP}} = 8\,\mathrm{M}_{♃}$) schrumpfen muss, um wenigstens eine Million Jahre lang (t_{ffP} = 10^6 a) – das Mindestalter des Sigma-Orionis-Sternhaufens – seine Leuchtkraft von **a)** $L_{\mathrm{ffP,a}} = 10^{-4}\,\mathrm{L}_{\odot}$ beziehungsweise von **b)** $L_{\mathrm{ffP,b}} = 10^{-3}\,\mathrm{L}_{\odot}$ aufrecht zu erhalten. Jupiterradius und -masse sind $R_{♃} = 7{,}149 \cdot 10^{7}$ m und $\mathrm{M}_{♃} = 1{,}899 \cdot 10^{27}$ kg, die Leuchtkraft der Sonne ist $\mathrm{L}_{\odot} = 3{,}846 \cdot 10^{26}$ W. Für Sterne und Gasplaneten mit nach innen wachsender Dichte lässt sich das Gravitationspotenztial ansetzen mit $E_{\mathrm{pot}} = -(2/7)\,G M^2/R$. Die Gravitationskonstante ist $G = 6{,}6743 \cdot 10^{-11}$ $\mathrm{m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$. Hilfe: Die während der betrachteten Zeit abgestrahlte Energie ist $E(t_{\mathrm{ffP}}) = L_{\mathrm{ffP}}\,t_{\mathrm{ffP}}$. Dann gilt: $\Delta E_{\mathrm{pot}} = E(t_{\mathrm{ffP}})$, wobei $\Delta E_{\mathrm{pot}} = E_{\mathrm{pot}}(R) - E_{\mathrm{pot}}(R - \Delta R)$.

Aufgabe 2: Mit den derzeit zur Verfügung stehenden Teleskopen lassen sich erdgroße Freiflieger nicht über deren Wärmestrahlung aufspüren. Es geht allerdings auf einem anderen Weg. Wenn solch ein Objekt aus unserer Sicht zufällig vor einem entfernten Stern vorbeizieht, dann wirkt es als Mikrogravitationslinse und sorgt für eine vorübergehende Aufhellung. Damit dies geschieht, muss die entfernte Lichtquelle in den Einstein-Radius θ_{E} der Linse geraten. In angepasster Form lässt er sich folgendermaßen schreiben:

$$\theta_{\mathrm{E}} = 5\,\mu'' \sqrt{\frac{M_{\mathrm{L}}}{10\,\mathrm{M}_{\oplus}}}\sqrt{\frac{\pi_{\mathrm{rel}}}{0{,}1\,\mathrm{m}''}}\,.$$

M_{L} ist die Masse der Linse, also die des freifliegenden Planeten, $\pi_{\mathrm{rel}} = \pi_{\mathrm{L}} - \pi_{\mathrm{S}}$ die relative Parallaxe (m″ = Millibogensekunden, µ″ = Mikrobogensekunden). Für einen Freiflieger mit Erdmasse ($M = \mathrm{M}_{\oplus}$) der Parallaxe $\pi_{\mathrm{L}} = 2$ m″ und einen Hintergrundstern mit $\pi_{\mathrm{L}} = 1$ m″ berechne man **a)** den Einstein-Radius und **b)** die Zeitskala des Ereignisses $t_{\mathrm{E}} = \theta_{\mathrm{E}}/\mu_{\mathrm{rel}}$ mit einer typischen Eigenbewegung zwischen Quelle und Linse von $\mu_{\mathrm{rel}} = 5$ m″/a.

Aufgabe 3: Beim Mikrolinsenereignis OGLE-2012-BLG-1323 fanden sich die Werte $\theta_{\mathrm{E,1323}} = 2{,}37$ µ″ und $\mu_{\mathrm{rel,1323}} = 5{,}6$ m″/a. Welche Zeitskala $t_{\mathrm{E,1323}}$ hatte das Ereignis? AMQ

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 3. Juli 2020.
Alle Leser, die bis einschließlich des Mai-Heftes 2021 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt.
Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf Seite 16! Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter *service@spektrum.de* kontaktieren.

Allerdings ist noch ein anderes Szenario vorstellbar: Bei den zehn Kandidaten könnte es sich um solche Planeten handeln, die einfach in einer sehr großen Umlaufbahn um ihren Stern kreisen. Dann würde es nämlich einige Jahre dauern, bis der Stern ebenfalls die Hintergrundquelle passiert, oder auf Grund einer geometrisch ungünstigen Lage gar nicht daran vorbeizieht.

Frei oder nur fern?

Przemek Mróz vom California Institute of Technology erklärt die Problematik mit Hilfe von astronomisch gesinnten Außerirdischen: »Wenn Jupiter oder Saturn eine Mikrolinse wären, dann ließe sich auch die Sonne in der Lichtkurve der Mikrolinse erkennen. Aber Mikrolinsenereignisse durch Uranus und Neptun würden aussehen, als ob es sich dabei um frei fliegende Planeten handelt, weil sie so weit von der Sonne entfernt sind.«

Deshalb sprachen auch Sumi und Kollegen von der Möglichkeit, dass es sich bei ihren Entdeckungen entweder um frei fliegende Planeten handelt oder aber um an einen Stern gebundene Planeten in einer weiten Umlaufbahn. Ein versprengter Uranus oder aber ein einsamer Wanderer, ganz allein im All – keine Frage, welches Szenario ansprechender klingt. »Die meisten Menschen haben nur den Teil mit den frei fliegenden Planeten wahrgenommen«, kritisiert Joachim Wambsganß mit einem Seufzer.

Kein Wunder – denn die Geschichte klingt auch zu interessant. Laut diesen Beobachtungen wäre unsere Galaxie nämlich auf einmal mit extrem vielen Soloplaneten bevölkert. Sumi und sein Team rechneten hoch, dass es auf der Basis ihrer Messungen pro Stern im Milchstraßensystem fast zwei jupiterähnliche, frei fliegende Planeten geben könnte. Wenn wir von 100 Milliarden Sternen ausgehen, kämen wir so auf rund 200 Milliarden nomadenhafte Jupiter.

Mróz und seine Kollegen korrigierten im Jahr 2017 diese schwindelerregende Zahl mit weiteren Beobachtungen und einer verbesserten Statistik ein gutes Stück nach unten. Ihnen zufolge kommt lediglich auf jeden vierten Stern solch ein frei fliegender Gigant. Dafür nutzte die Forschergruppe Daten aus dem Beobachtungsprogramm OGLE (Optical Gravitational Lensing Experiment), um massearmere, frei fliegende Planeten von