

FEIERN SIE MIT!

KOSTENLOSE DOWNLOADS,

RÄTSEL UND VERLOSUNGEN

SOWIE SPEZIELLE ANGEBOTE
FÜR UNSERE LESER



spektrum.de/aktion/mitfeiern



Zum Nachdenken

Ein Exomond entsteht



Der Stern PDS 70 im Sternbild Zentaur befindet sich in einer aus Gaia-Messungen hochpräzise bekannten Distanz von $d = 112,4$ pc. Neben dem jupiterähnlichen Exoplaneten PDS 70 b fand sich in einer Umlaufbahn um den mit 5,4 Millionen Jahren sehr jungen Stern noch eine zweite Gasriesen, PDS 70 c. Letzterer ist von einer eigenen Gas- und Staubhülle umgeben, deren Masse hinreichend groß ist, um daraus einen Mond entstehen zu lassen. Siehe auch »Zum Nachdenken: Akkretion auf den Exoplaneten PDS 70 b« in SuW 2/2022, S. 18. Modellrechnungen liefern einen Zusammenhang zwischen der beobachteten Strahlungsintensität, der Staubpartikelgröße, der Temperatur T und der Flächendichte Σ .

Aufgabe 1: Die Temperatur T_{CPD} der zirkumplanetaren Scheibe um PDS 70 c hängt von verschiedenen Heizquellen ab: der viskosen Erwärmung auf Grund der Akkretion von Material durch die zirkumplanetare Scheibe (circum planetary disk, CPD), Akkretionsstoßwellen und der externen Strahlung sowohl des Planeten als auch des Sterns. Im Abstand r vom Planeten gilt dann

$$T_{\text{CPD}}^4(r) = T_{\text{vis}}^4 + T_{\text{p,irr}}^4 + T_{\text{s,irr}}^4 \quad (1)$$

Für $r = 1$ AE ist dabei $T_{\text{vis}} = 3$ K die viskose Erwärmung durch Akkretion von Material innerhalb der zirkumplanetaren Scheibe, $T_{\text{p,irr}} = 18$ K die Temperatur auf Grund der Erwärmung durch den Planeten selbst und $T_{\text{s,irr}} = 24$ K die Temperatur der umgebenden zirkumstellaren Scheibe, die durch den Zentralstern in der Entfernung des Planeten zum Stern aufgeheizt wird. Wie hoch ist dann die Temperatur T_{CPD} der zirkumplanetaren Scheibe?

Zusatzaufgabe: Man begründe kurz, warum in Gleichung (1) die vierten Potenzen der Temperatur addiert werden und nicht einfach die Temperaturen selbst (Stichwort: Stefan-Boltzmann-Gesetz).

Aufgabe 2: Für Teilchen mit der typischen Größe von einem Millimeter und einer Scheibentemperatur $T_{\text{CPD}} \sim 26$ K

sagen die Modelle eine Opazität von $\Sigma_{\text{CPD,mm}} = 3,63 \text{ cm}^2/\text{g}$ voraus. Wie groß ist dann die Masse $M_{\text{CPD,mm}}$ der Scheibe um den Exoplaneten PDS 70 c, wenn ihr Winkelradius am Himmel $\varrho_{\text{CPD}} = 4,1 \text{ m}''$ (Millibogensekunden) beträgt? Man gebe das Ergebnis in Vielfachen der Erdmasse $M_{\oplus} = 6,972 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ an. $1 \text{ pc} = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$.

Aufgabe 3: PDS 70 c ist massereich genug, um im Ringsystem von PDS 70 eine Lücke zu bilden. Infolgedessen sind große Staubkörner in einem Druckmaximum in der äußeren Scheibe gefangen, während kleine Körner, die gut an das Gas gekoppelt sind, nach innen fließen können. Die CPD wird dann nur mit kleinen Staubpartikeln aufgefüllt, die durch Strömungen aus den oberen protoplanetaren Scheibenschichten in den Hohlraum gelangen. In diesem Fall mag die CPD nur kleine, ein Mikrometer große Partikel enthalten. Die Opazität beträgt für solche Staubkörner wiederum bei einer Scheibentemperatur von $T_{\text{CPD}} \sim 26$ K nur $\Sigma_{\text{CPD,\mu m}} = 0,79 \text{ cm}^2/\text{g}$. Welche Masse $M_{\text{CPD,\mu m}}$ hat die zirkumplanetare Scheibe unter diesen Umständen? Man gebe das Ergebnis wieder in Vielfachen der Erdmasse an.

Aufgabe 4: Der Erdmond hat eine Masse von $M_{\oplus} = 7,342 \cdot 10^{22} \text{ kg}$. Man drücke die Ergebnisse der Aufgaben 2 und 3 in Vielfachen der Mondmasse aus. Würde die Masse für unseren Mond ausreichen?

AXEL M. QUETZ

Literaturhinweis

Kepler, M. et al.: Highly structured disk around the planet host PDS 70 revealed by high-angular resolution observations with ALMA. *Astronomy & Astrophysics* 625, 2019

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 6. Mai 2022. Alle Leserinnen und Leser, die bis einschließlich des Maihefts 2022 mindestens neun richtige Lösungen senden, werden bei der jährlichen Verlosung berücksichtigt; siehe S. 95. Bitte beachten Sie unsere Teilnahmebedingungen auf S. 11. Sie können Ihre Datenschutzrechte nach Art. 15 ff. DSGVO ausüben, indem Sie uns unter service@spektrum.de kontaktieren.