

Übungsblatt 6

(Ausgabe 18.12.2006, Abgabe 12.01.2015)

1. Aufgabe *Der Halleysche Komet* (8 Punkte)

Der Komet Halley hatte am 9. Februar 1986 seinen letzten Periheldurchgang bei einer Periheldistanz von $r_p = 0.5871$ AU. Die numerische Bahnexzentrizität beträgt $\epsilon = 0.9673$

- (a) Wie groß sind dann die große und die kleine Bahnhalbachse? (2 Punkte)
- (b) Wann erfolgt der nächste Periheldurchgang? (2 Punkte)
- (c) Ermitteln Sie seine Bahngeschwindigkeit $v(r)$ in Abhängigkeit vom Sonnenabstand r . Wie groß ist insbesondere v im Perihel und Aphel? (3 Punkte)
Hinweis: Die Gesamtenergie auf einer Ellipsenbahn ist $E_{\text{ges}} = -GmM/(2a)$.
- (d) Wie ändert sich die Umlaufzeit, wenn die Masse der Sonne halb oder doppelt so groß wäre? (1 Punkt)

2. Aufgabe *Extrasolare Planeten* (10+2 Punkte)

Im Folgenden sollen eine Auswahl von Planeten mithilfe der mittleren Dichte eingeordnet werden. Die mittlere Dichte ist ein einfacher Parameter zur groben Charakterisierung eines Planeten. Klassischerweise unterscheidet man zwischen terrestrischen (erdähnlichen) Planeten und Gasriesen. Seit der (Neu-)Definition des Planetenbegriffs auf der IAU Vollversammlung 2006 gibt es außerdem noch Zwergplaneten.

Merkur	Venus	Erde	Mond	Mars	Ceres	Jupiter	Saturn	Uranus	Neptun	Pluto	Eris
5.4	5.2	5.5	3.3	3.9	2.1	1.3	0.7	1.3	1.6	1.8	2.3

Eine grobe Zuordnung ergibt: 0.7 bis 1.6 für Gasriesen, terrestrische Planeten 3.9 bis 5.5. Der Bereich der Zwergplaneten (1.8 bis 2.3) scheidet natürlich aufgrund der technischen Begrenzung für extrasolare Funde aus.

- (a) Seit den 1990ern weiß man definitiv, dass auch andere Sterne Planeten besitzen. Die Tabelle 2a listet eine Auswahl dieser Objekte auf. Mit welcher Methode wurden die meisten der folgenden Planeten entdeckt? Begründen Sie Ihre Antwort kurz. (1 Punkt)
- (b) Berechnen Sie die Masse in Erdmassen und die mittlere Dichte für die ausgewählten Exoplaneten. (3 Punkte)
- (c) Sortieren Sie anschließend die Planeten in Tabelle 2a in die Kategorien Gasriesen, Supererden oder terrestrische Planeten ein. (Beachten Sie dabei neben der Dichte auch den Radius!) Als *Supererde* bezeichnet man Planeten mit einer Masse zwischen einer und zehn Erdmassen. Können Sie anhand der Dichtewerte eine Aussage über die Beschaffenheit der in unserem Sonnensystem nicht vorkommenden Supererden machen? (2 Punkte)
- (d) Für Aufmerksamkeit in den Medien sorgte das System Kepler-20, das mindestens vier Planeten umfasst. Interessant sind dabei insbesondere die Planeten e und f. Als Rohdaten für die Massen liegen hier allerdings nur spektroskopische Obergrenzen aus Radialgeschwindigkeitsmessungen vor, was zu unrealistisch hohe Werte für die mittlere Dichte führt. Mittels theoretischer

Tabelle 1: Ausgewählte Exoplaneten und ihre Parameter

Objekt	$M \cdot \sin i$ [M_J]	R [R_J]	i [deg]	M [$M_\oplus$]	Mittlere Dichte $\bar{\rho}$ [g/cm ³]
Corot-13 b	1.308 ± 0.066	0.885	88		
TrES-2	1.253 ± 0.052	1.169	84		
HAT-P-11 b	0.081 ± 0.009	0.452	88.5		
Kepler-4 b	0.077 ± 0.012	0.357	89.7		
Kepler-10 b	0.0143 ± 0.004	0.127	84.4		
Kepler-11 f	$0.0072^{+0.0038}_{-0.0069}$	0.234	89.4		
Kepler-15 b	0.66 ± 0.09	0.96	87.4		
GJ 1214 b	0.0197 ± 0.0027	0.254	88.2		
55 Cancri e	0.0263 ± 0.0012	0.194	81		
Kepler-20 e	< 0.0097	0.087	87.5		
Kepler-20 f	< 0.045	0.09	88.6		

Überlegungen (planet interior models) lässt sich der Massenbereich zusätzlich einschränken. In der folgenden Tabelle sind für die beiden Planeten die resultierenden Minimal- und Maximalmassen sowie ein speziell gewichtetes Mittel angegeben:

Objekt	$M_{\text{theo,min}}$ $M_\oplus$	$M_{\text{theo,max}}$ $M_\oplus$	$M_{\text{theo,avg}}$ $M_\oplus$	Gr. Halbachse AU
Kepler-20 e	0.39	1.67	0.80	0.0507
Kepler-20 f	0.66	3.04	0.91	0.11

Berechnen Sie erneut die mittlere Dichte. Begründen Sie, warum Kepler-20 f zuweilen als „zweite Erde“ bezeichnet wird. (2 Punkte)

- (e) Kepler-20 ist ein G8-Hauptreihenstern mit einer Effektivtemperatur von ca. 5450 K und einem Radius von $0.944 R_\odot$. Schätzen Sie die Oberflächentemperaturen der beiden Planeten ab. Nutzen Sie als Ansatz hierfür das Strahlungsgleichgewicht und verwenden sie einmal die Albedo Mars (0.15) und Venus (0.75). Lässt sich angesichts der Resultate der Begriff „zweite Erde“ für einen der Planeten halten? (2 Punkte)
(Tipp: Erinnern Sie sich an Übung 2, Aufgabe 2a.)
- (f) **Zusatzaufgabe:** Der Planet *55 Cancri e* macht vor einiger Zeit als „Diamantplanet“ Schlagzeilen. Suchen Sie auf dem frei zugänglichen Preprint-Server arxiv.org das dazugehörige Paper, auf das die Pressemitteilungen und/oder Nachrichtenmeldungen verweisen. (Bitte zur Kontrolle Titel und Autoren angeben.) Was haben die Forscher wirklich gezeigt? (2 Punkte)