



Allgemeine Regeln

- Die Bearbeitungszeit der Klausur beträgt *90 Minuten* (60 Minuten).
- Außer eines Taschenrechners sind *keine Hilfsmittel* erlaubt.
- *Alle Fragen sind zu bearbeiten.*
- Die maximal erreichbare Punktzahl beträgt **50 Punkte**.
- Schreiben Sie *ausschließlich* in die schwarz umrahmten Kästen. Am Ende der Klausur befindet sich zusätzlicher Raum, sollte der vorgegebene Platz nicht ausreichen.

Nützliche Konstanten

Astronomische Einheit	$1 \text{ AU} = 150 \times 10^6 \text{ km} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$
Parsec	$1 \text{ pc} = 3.09 \times 10^{16} \text{ m}$
Stefan-Boltzmann Konstante	$\sigma_{\text{SB}} = 5.7 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$
Gravitationskonstante	$G = 6.67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$
Sonnenmasse	$M_{\odot} = 2 \times 10^{30} \text{ kg}$
Sonnenleuchtkraft	$L_{\odot} = 3.9 \times 10^{26} \text{ J s}^{-1}$
Lichtgeschwindigkeit	$c = 300000 \text{ km s}^{-1}$

Bitte füllen Sie die folgende Information lesbar, **in GROSSBUCHSTABEN und nicht in Schreibschrift** aus. Vergessen Sie nicht, Ihre Matrikelnummer (und nur diese!) auf den Kopf jeder einzelnen Seite der Klausur zu schreiben!

NACHNAME, VORNAME: _____

MATRIKELNUMMER: _____

STUDIENFACH: _____

SEMESTERZAHL: _____

Frage 1: Sonnensystem

a) Komet 37P/Forbes hat eine Perihelentfernung von 1.58 AU.

- i. Die Exzentrizität der Bahn ist
- $e = 0.5406$
- . Berechnen Sie die große und kleine Halbachse der Bahn. (3 Punkte)

Lösung: Die Perihelentfernung ist

$$d_{\text{per}} = a(1 - e)$$

so daß die große Halbachse gegeben ist als {1}

$$a = d/(1 - e) = 3.435 \text{ AU}$$

Die Formel für die kleine Halbachse kann aus der Definition einer Ellipse erhalten werden. Da in einer Ellipse die Summe der Entfernungen von beiden Brennpunkten zu einem Punkt auf der Ellipse gleich $2a$ ist, gilt {2}

$$b = a \sqrt{1 - e^2} = 2.89 \text{ AU}$$

Gesamt vergeben: 3

- ii. Bestimmen Sie die Bahnperiode des Kometen. (2 Punkte)

Lösung: Die Bahnperiode folgt aus dem 3. Kepler'schen Gesetz. Für das Sonnensystem ist dieses {1}.

$$\frac{P_{\text{Earth}}^2}{a_{\text{Earth}}^3} = \frac{P_{\text{comet}}^2}{a_{\text{comet}}^3}$$

Wird die Periode P in Jahren und die große Halbachse a in AU gemessen, dann ist das Verhältnis gleich 1, so daß {1}

$$P = a^{3/2} = 6.37 \text{ Jahre}$$

Gesamt vergeben: 2

- iii. Berechnen Sie die Aphel-Entfernung von 37P/Forbes. (1 Punkt)

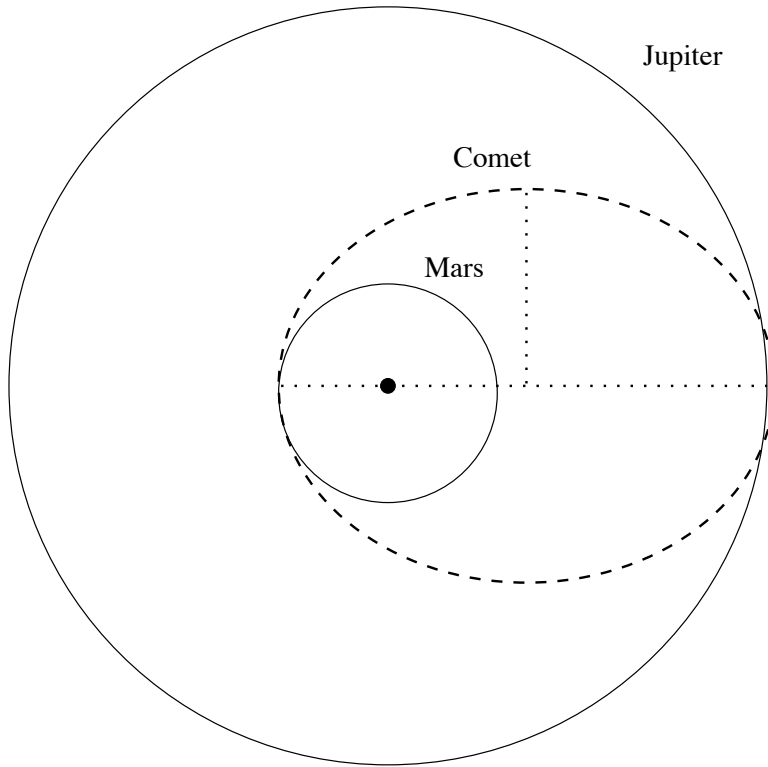
Lösung: Die Aphel-Entfernung ist {1}

$$d_{\text{aphelion}} = a(1 + e) = 5.3 \text{ AU}$$

Gesamt vergeben: 1

- iv. Skizzieren Sie maßstabsgetreu die Bahnen von 37P/Forbes, Mars und Jupiter. Sie können annehmen, daß die Jupiter- und Marsbahnen kreisförmig sind. Die Bahnperiode von Mars ist $P_{\text{♂}} = 1.88$ Jahre, die des Jupiter beträgt $P_{\text{♃}} = 11.86$ Jahre. (5 Punkte)

Lösung: Mit der gegebenen Information für Mars und Jupiter können ihre Bahnradien mit Hilfe des 3. Kepler'schen Gesetzes erhalten werden: $a_{\text{♂}} = 1.523$ AU und $a_{\text{♃}} = 5.2$ AU {2}. Diese Werte sind nahe zu den Perihel- und Aphel-Entfernungen der Kometen, so daß die Zeichnung der Bahn prinzipiell sehr einfach ist, wenn noch der oben gefundene Wert für die kleine Halbachse berücksichtigt wird {3}:



Gesamt vergeben: 5

- b) Skizzieren Sie den Aufbau eines terrestrischen Planeten (Beschriftung!) (3 Punkte)

Lösung: Wichtig sind der Kern {1}, der Mantel {1} und die Lithosphäre {1}.

Gesamt vergeben: 3

- c) Nennen Sie alle Planeten des Sonnensystems. Welcher ist der kleinste bzw. größte? ... (1 Punkt)

Lösung: Merkur (kleinster), Venus, Erde, Mars, Jupiter (größter), Saturn, Uranus, Neptun {1}

Gesamt vergeben: 1

- d) Wie kommen die Jahreszeiten zustande? (1 Punkt)

Lösung: Die Neigung der Erdachse gegen die Ekliptik ist für die Jahreszeiten verantwortlich. {1}

Gesamt vergeben: 1

Frage 2: Sterne

a) Doppelsterne

- i. Beschreiben Sie stichwortartig die beiden Hauptklassen von Doppelsternen (4 Punkte)?

Lösung: Visuelle Doppelsterne=Trennbar im Teleskop, elliptische Bahnform{2} und spektroskopische Doppelsterne=Nachweis durch Spektroskopie: doppellinige Spektren, periodische Variation der Spektrallinien hervorgerufen durch Doppereffekt{2}

Gesamt vergeben: 4

- ii. Geben Sie zwei Methoden zum Nachweis eines unsichtbareren Begleiters an . . . (2 Punkte).

Lösung: Periodische Schwankung der Eigenbewegung {1} oder periodische Änderung der Radialgeschwindigkeit (bei spektroskopischen Doppelsternen) des sichtbaren Sterns. {1}

Gesamt vergeben: 2

- iii. Welche stellaren Zustandsgrößen lassen sich bei bedeckungsveränderlichen Doppelsternen bestimmen? (2 Punkte).

Lösung: Masse{1} und Radius{1}.

Gesamt vergeben: 2

b) Die Solarkonstante, d.h. der auf der Erde von der Sonne empfangene Strahlungsfluß beträgt $F = 1370 \text{ W m}^{-2}$.

i. Bestimmen Sie die Leuchtkraft der Sonne. (3 Punkte)

Lösung: Unter Benutzung von {1}

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

ergibt sich die Sonnenleuchtkraft, L , zu {2}

$$L = 4\pi r^2 F = 4\pi \cdot 2.25 \times 10^{22} \text{ m}^2 \cdot 1370 \text{ W m}^{-2} = 3.9 \times 10^{26} \text{ W}$$

Gesamt vergeben: 3

ii. Von der Erde aus betrachtet hat die Sonne einen Winkeldurchmesser von 0.5° . Bestimmen Sie daraus den Durchmesser der Sonne in km. Welche Näherung können Sie machen? (3 Punkte)

Lösung: Der Winkeldurchmesser der Sonne in Radian ist {1}

$$\alpha = 0.5^\circ \cdot \frac{\pi}{180^\circ} = 8.7 \times 10^{-3} \text{ rad}$$

Daher ist der Sonnendurchmesser gegeben durch {2}

$$D = \alpha r = 8.7 \times 10^{-3} \cdot 1.5 \times 10^{11} \text{ m} = 1.3 \times 10^6 \text{ km}$$

(N.B. Beachte, daß hier aufgrund der kleinen Winkel *keine* Trigonometrie notwendig ist!)

Gesamt vergeben: 3

c) Aldebaran ist ein Stern vom Spektraltyp K5 mit einer Parallaxe von $p = 0.048''$.

i. Wie weit ist Aldebaran entfernt? (1 Punkt)

Lösung: Entfernung: $d=1/p=20.8 \text{ pc}$ {1}

Gesamt vergeben: 1

ii. Im Spektrum ist die Spektrallinie des Eisens bei 6791 \AA um 1.23 \AA ins Rote verschoben. Wie groß ist die Radialgeschwindigkeit? (2 Punkte)

Lösung: Radialgeschwindigkeit: Dopplerformel {1}: $v_r = 54 \text{ km/s}$ {1}

Gesamt vergeben: 2

iii. Die Eigenbewegung von Aldebaran ist $\mu = 0.20''/\text{Jahr}$. Wie groß sind Tangential- und Gesamtgeschwindigkeit? (3 Punkte)

Lösung: Tangentialgeschwindigkeit: $v_t = 4.74 \frac{\mu}{p} = \frac{4.74 \times 0.2}{0.048} = 19.75 \text{ km/s}$ {2} Gesamtgeschwindigkeit: $v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2} = 57.5 \text{ km/s}$ {1}

Gesamt vergeben: 3

- iv. Die scheinbare Helligkeit von Aldebaran beträgt 0.87 mag. Bestimmen Sie seine absolute visuelle Helligkeit. (2 Punkte)

Lösung: Entfernungsmodul: $m_V - M_V = 5 \log d - 5$ {1}. $M_V = -0.72 \text{ mag}$ {1}.

Gesamt vergeben: 2

- d) Die Spektralsequenz ist eine Temperatursequenz.

- i. Welche Temperaturen besitzen die heißesten und kältesten Hauptreihensterne? ... (2 Punkte)

Lösung: Maximale Temperatur: Ca. 50000K {1}, minimale ca. 3000K. {1}

Gesamt vergeben: 2

- ii. Schätzen Sie die Effektivtemperatur von Aldebaran durch Vergleich mit der Sonne und mit M-Sternen. (2 Punkte)

Lösung: Da der Spektraltyp K zwischen dem der Sonne ($T_{\text{eff}} = 5785 \text{ K}$) und der M-Sterne (3000 K) ist, liegt die Effektivtemperatur von Aldebaran bei ca. 4000 – 4500K. {2}

Gesamt vergeben: 2

Frage 3: Beobachtungsmethoden

a) Teleskope

i. Bestimmen Sie das theoretische Auflösungsvermögen folgender Teleskope: (4 Punkte)

Teleskop	Öffnung	Wellenlängenbereich
50cm, Bamberg	50 cm	400 – 700 nm
Spitzer Space Telescope	85 cm	4 – 160 μm
Arecibo	305 m	3 cm – 1 m

Lösung: Es gilt die Formel

$$\alpha = 1.22 \frac{\lambda}{D}$$

{1}

Also erhält man

Teleskop	Auflösungsvermögen
50cm, BA	0.20'' – 0.35''
Spitzer Space Telescope	1.18'' – 47.3''
Arecibo	25'' – 825'' (13.8')

{3}

Gesamt vergeben: 4

ii. Kann man mit erdgebundenen Teleskopen Beobachtungen im Ultraviolett-Bereich durchführen? Begründen Sie Ihre Antwort. (2 Punkte)

Lösung: Nein. Die Erdatmosphäre absorbiert UV-Strahlung, deshalb kommen keine UV-Photonen auf der Erdoberfläche an. {2}

Gesamt vergeben: 2

iii. Nennen Sie zwei Gründe, wieso man optische Teleskope auf einem hohen Berg baut. (2 Punkte)

Lösung: Weniger Atmosphäre, deshalb kleineres Seeing. Weniger Lichtverschmutzung. {2}

Gesamt vergeben: 2

..... **Gesamte Klausur: 50**