

# K1 ASTRONOMIE

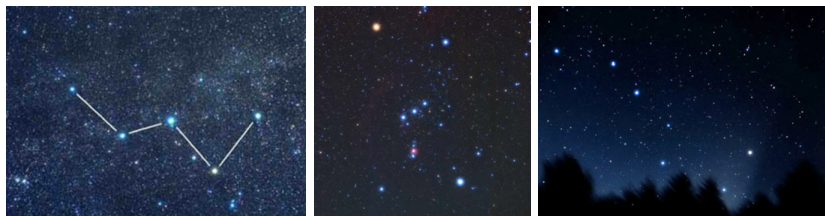
KLAUSUR 08.01.2015

Aufgabe	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Punkte (max)	4	2	4	3	3	4	3	4	3
Punkte									

- (1) Wie heißen die 8 Planeten unseres Sonnensystems? Welcher Planet wurde in den letzten Jahren zu einem Kleinplaneten herabgestuft?
- (2) Erkläre den Unterschied zwischen geozentrischem und heliozentrischem Weltbild.
- (3) Welche Wissenschaftler waren für die Entdeckung der folgenden Resultate verantwortlich?

Entdeckung	Name
Bestimmung des Erdradius	
heliozentrisches Weltbild (Neuzeit)	
Entdeckung der Jupitermonde	
Gravitationsgesetz	

- (4) Wie lauten die drei Keplerschen Gesetze?
- (5) Erkläre die Begriffe
  - (a) Astronomische Einheit
  - (b) Lichtjahr
  - (c) parsec
- (6) Wie heißen diese drei Sternbilder? In welcher Richtung muss man den Polarstern suchen?



- (7) Der Jupiter hat eine Umlaufdauer von 11,86 Jahren. Bestimme daraus seine Entfernung von der Sonne (in AE). Wie nahe kann er der Erde kommen, wie weit ist er höchstens von ihr weg?
- (8) Der Erdmond ist im Durchschnitt 384 000 km von der Erde entfernt.
- Berechne die Gravitationskräfte, die Erde bzw. Sonne auf den Mond ausüben.
  - Warum ist das Ergebnis überraschend?
  - Warum bleibt der Mond trotzdem auf seiner Umlaufbahn?
- (9) Der Mond Triton des Neptun hat eine Entfernung von 355 000 km vom Neptun und umkreist diesen in 5,877 Tagen. Bestimme daraus die ungefähre Masse des Neptun.

### Formelsammlung.

$$F = G \cdot \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad \text{Gravitationsgesetz}$$

$$\frac{1}{s} = \frac{1}{T} - \frac{1}{t} \quad \text{siderische (s) und synodische (t) Umlaufzeiten}$$

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)} \quad \text{Quantitative Version des 3. Keplerschen Gesetzes}$$

### Konstanten.

$1AE = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$	Astronomische Einheit
$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3/\text{kg s}^2$	Gravitationskonstante
$c = 299\,792 \text{ km/s}$	Lichtgeschwindigkeit
$m_E = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ kg}$	Erdmasse
$m_M = 7,35 \cdot 10^{22} \text{ kg}$	Mondmasse
$m_S = 1,99 \cdot 10^{30} \text{ kg}$	Sonnenmasse

## LÖSUNGEN

- (1) *Wie heißen die 8 Planeten unseres Sonnensystems? Welcher Planet wurde in den letzten Jahren zu einem Kleinplaneten herabgestuft?*

Merkur, Venus, Erde, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun.

Pluto ist Zwergplanet.

- (2) *Erkläre den Unterschied zwischen geozentrischem und heliozentrischem Weltbild.*

Im geozentrischen Weltbild steht die Erde im Mittelpunkt des Sonnensystems und sogar des ganzen Universums. Im heliozentrischen umkreist die Erde dagegen die Sonne.

Aristarch hat dieses Weltbild erstmals im 3. Jahrhundert v.Chr. vorgeschlagen, aber nicht viele Anhänger gefunden. Später hat erst Kopernikus die Sonne wieder ins Zentrum gerückt.

- (3) *Welche Wissenschaftler waren für die Entdeckung der folgenden Resultate verantwortlich?*

Entdeckung	Name
Bestimmung des Erdradius	Eratosthenes
heliozentrisches Weltbild (Neuzeit)	Kopernikus
Entdeckung der Jupitermonde	Galileo / Simon Marius
Gravitationsgesetz	Newton

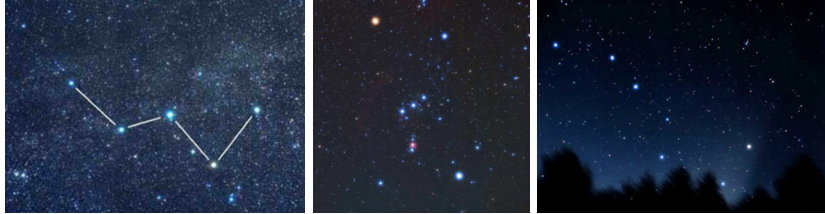
- (4) *Wie lauten die drei Keplerschen Gesetze?*

- (a) Die Planeten bewegen sich auf elliptischen Bahnen, in deren gemeinsamem Brennpunkt die Sonne steht.
- (b) Ein von der Sonne zum Planeten gezogener Fahrstrahl überstreicht in gleichen Zeiten gleich große Flächen.
- (c) Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die Kuben der großen Bahnhalbachsen.

- (5) *Erkläre die Begriffe*

- (a) *Astronomische Einheit:* durchschnittlicher Abstand zwischen Erde und Sonne.
- (b) *Lichtjahr:* Strecke, welche das Licht in einem Jahr zurücklegt.
- (c) *parsec:* Entfernung, aus der man die Astronomische Einheit unter einem Winkel von einer Bogensekunde sieht.

- (6) Wie heißen diese drei Sternbilder? In welcher Richtung muss man den Polarstern suchen?



Cassiopeia, Orion, großer Wagen.

- (7) Der Jupiter hat eine Umlaufdauer von 11,86 Jahren. Bestimme daraus seine Entfernung von der Sonne (in AE). Wie nahe kann er der Erde kommen, wie weit ist er höchstens von ihr weg?

Fragen nach Umlaufdauer oder Entfernung eines Objekts kann man mit dem dritten Keplerschen Gesetz beantworten, wenn man ein zweites Objekt kennt, das um dasselbe Zentrum kreist. In diesem Fall ist das die Erde:

$$\frac{T_J^2}{R_J^3} = \frac{T_E^2}{R_E^3}.$$

Misst man die Zeit in Jahren und die Entfernung in Astronomischen Einheiten, dann ist  $T_E = 1$  und  $R_E = 1$ , also  $R_J^3 = T_J^2$  und somit  $R_J = T_J^{\frac{2}{3}}$ . Ein Taschenrechner liefert dann  $R_J \approx 5,2$  AE.

- (8) Der Erdmond ist im Durchschnitt 384 000 km von der Erde entfernt.
- Berechne die Gravitationskräfte, die Erde bzw. Sonne auf den Mond ausüben.
  - Warum ist das Ergebnis überraschend?
  - Warum bleibt der Mond trotzdem auf seiner Umlaufbahn?

a) Gravitationskräfte werden mit dem Newtonschen Gravitationsgesetz

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

berechnet. Die Kraft, die Erde und Mond bzw. Sonne und Mond aufeinander ausüben (diese sind gleich groß, aber als Vektoren einander entgegengesetzt), ist (die Einheiten müssen jetzt mit denen übereinstimmen, in der die Gravitationskonstante angegeben ist, also kg, m und sec):

$$F_{EM} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22} \cdot 5,974 \cdot 10^{24}}{(384\,000\,000)^2} \approx 1,99 \cdot 10^{20} \text{ N}$$

$$F_{SM} = 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{7,35 \cdot 10^{22} \cdot 1,99 \cdot 10^{30}}{(149\,600\,000\,000)^2} \approx 4,36 \cdot 10^{20} \text{ N}.$$

Die Sonne zieht den Mond also mehr als doppelt so stark an wie die Erde.

b) Weil die Sonne den Mond stärker anzieht als die Erde stellt sich die Frage, warum der Mond in seiner Umlaufbahn um die Erde bleibt.

c) Die Antwort liegt darin, dass die Anziehungskraft der Sonne im wesentlichen von der Fliehkraft des Mondes auf seiner Bahn um die Sonne aufgehoben wird.

- (9) *Der Mond Triton des Neptun hat eine Entfernung von 355.000 km vom Neptun und umkreist diesen in 5,877 Tagen. Bestimme daraus die ungefähre Masse des Neptun.*

Massenbestimmungen laufen in der Regel über die quantitative Version des dritten Keplerschen Gesetzes:

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G(m_1 + m_2)}.$$

Auflösen nach der Gesamtmasse ergibt

$$m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 r^3}{GT^2},$$

und Einsetzen der Werte (Einheiten sind kg, m und s) liefert

$$m_1 + m_2 = \frac{4\pi^2 \cdot 355\,000\,000^3}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot (5,877 \cdot 24 \cdot 60^2)^2} \approx 1,03 \cdot 10^{26} \text{kg}.$$

Der Löwenanteil der Gesamtmasse geht dabei an den Gasplaneten Neptun, dessen Masse daher zwischen der Erdmasse und der Sonnenmasse liegt.

## 1. WEITERE ÜBUNGSAUFGABEN

- (1) Dimensionsanalyse:
- (a) Wie muss die Formel für die Zentripetalkraft (bzw. die Fliehkraft) bei einer Kreisbewegung aussehen, wenn sie von Masse, Radius und Geschwindigkeit abhängt?
  - (b) Wie muss die Formel für die kinetische Energie eines Objekts aussehen, wenn sie nur von dessen Masse und Geschwindigkeit abhängt?
- a) Kraft hat wegen  $F = ma$  die Einheit  $\text{kg m/s}^2$ ; der Ansatz  $[F] = \text{kg m/s}^2 = [m]^a [r]^b [v]^c$ , wo z.B.  $[v]$  die Einheit  $\text{m/s}$  der Geschwindigkeit bezeichnet, liefert  $a = 1$ ,  $b = 2$ ,  $c = -1$  und damit  $F = k \cdot mv^2/r$  für eine dimensionslose Konstante  $k$ .
- b) Die Einheit der Energie erhält man aus der Formel  $E = Fs$  (Arbeit ist Kraft mal Weg) zu  $[E] = \text{kg m}^2/\text{s}^2$ . Der Ansatz  $[E] = [m]^a [v]^b$  führt schnell auf  $a = 1$  und  $b = 2$ . Also ist  $E = k \cdot mv^2$  für eine dimensionslose Konstante  $k$  (in diesem Fall ist  $k = \frac{1}{2}$ , aber das lässt sich durch Dimensionsanalyse nicht herausbekommen).
- (2) Was hat es mit dem Mechanismus von Antikythera auf sich?  
(grobe Beschreibung von Zweck und Bedeutung genügt).
- (3) Was sind zirkumpolare Sternbilder? Welche bekannten Sternbilder gehören dazu?  
Die restlichen Sternbilder lassen sich in Europa nur zu bestimmten Jahreszeiten beobachten. Wie heißt das bekannteste Wintersternbild?
- (4) Welches ist der größte Planet des Sonnensystems? Welcher Planet hat die größten Ringe? Auf welchem Planeten ist die Temperatur an der Oberfläche am größten?
- (5) Wie viel wiegt eine Masse von 1 kg an der Oberfläche der Sonne? Der Sonnenradius beträgt etwa 700.000 km.  
A: 274  $\text{m/s}^2$ .
- (6) Bestimme die durchschnittliche Entfernung des Mondes von der Erde aus dem dritten Keplerschen Gesetz, wenn die siderische Umlaufdauer 27,3 Tage ist und die Gesamtmasse des Erde-Mondsystems  $6 \cdot 10^{24}$  kg beträgt.  
A: 384.000 km
- (7) Bestimme die Masse der Sonne.  
A:  $2 \cdot 10^{30}$  kg