Übungen zur Vorlesung “Physik des Universums”

Wintersemester 2016/17

Übungsblatt Nr. 5

Ausgabe: 24.11.2016/28.11.2016 Besprechung: 1.12.2016/5.12.2016

Aufgabe 1: Entfernungsmodul

Welche scheinbare Helligkeit m_V hat ein sonnenähnlicher Stern, der sich
a) in der Nähe des Zentrums unserer Galaxis
b) in der Andromeda Galaxie befindet.

Lösung

M_V = 4,83 mag

$$m - M = 5 \log_{10}\left(\frac{r}{10\,\mathrm{pc}}\right)$$

a) r = 8 kpc $\rightarrow$ m = 19.4 mag
b) r = 770 000 kpc $\rightarrow$ m = 29.3 mag

Aufgabe 2: Die nächstgelegene Zivilisation

Nehmen sie an in der Milchstraße gäbe es zurzeit 10 000 Zivilisationen. Wenn die Zivilisationen in der galaktischen Scheibe zufällig verteilt wären, wie weit wäre die nächstgelegen Zivilisation in etwa entfernt?

Lösung

Annahmen: Radius r = 18 kpc, Dicke h = 700 pc
$V = \pi r^2 h = 7.5 \times 10^4\ \mathrm{kpc}^3$
Also $n = 0.13,\mathrm{kpc}^{-3}$ Zivilisationen.
$d = n^{-1/3} = 2\,\mathrm{kpc}$.

Aufgabe 3: Planetenentdeckung mit der Transitmethode:

a) Der Transit eines Planeten vor seinem Stern ist nur dann beobachtbar, wenn der Inklinationswinkel der Orbit-Achse nahezu senkrecht zur Sichtlinien steht ($i \approx 90°$). Überlegen Sie, welcher Verteilungsfunktion die Wahrscheinlichkeitsverteilung der von der Erde aus beobachtete Inklinationswinkel folgt, wenn man annimmt, dass die Orbit-Achsen rein zufällig verteilt sind.

Lösung

P(i) $\propto$ sin(i), also ganz explizit keine Gleichverteilung!

$i \approx 90°$ ist also wesentlich wahrscheinlicher als $i \approx 0°$.

b) Leiten Sie die Formel für die Zeitdauer eines Transits aus, unter der Annahme dass der Radius des Planeten gegenüber dem Radius des Sterns vernachlässigt werden kann, und dass sich der Planet auf einem kreisförmigem Orbit um den Stern bewegt.

c) Leiten Sie eine Formel für die Wahrscheinlichkeit, einen Transit zu beobachten, als Funktion des Sternradius und des Orbitradius a des Planeten her.

Lösung

$$P(_{\text{Transit}}) = R(_{\text{Stern}})/a$$

Benutzen Sie die Kepler Gesetze um daraus eine Formel für die Transit-Wahrscheinlichkeit als Funktion der Sternmasse und der Orbit-Periode des Planeten herzuleiten.

$$P(_{\text{Transit}}) = R(_{\text{Stern}})/(2P^{(2/3)}M^3)$$

The probability of a star having a particular value for its stellar inclination then follows the distribution

$$f_\psi(\psi) = \sin\psi.$$

Transits will occur if the planetary orbit has an inclination between $(90° - \Theta) \leq \text{i} \leq (90° + \Theta)$, where the angle is equal to

$$\Theta = \arcsin(R_*/a)$$

and is the maximum orbital inclination for which a planet will show a transit. Note that we have assumed the planet radius to be much smaller than the stellar radius.

Aufgabe 4: Jupiter als Exoplanet

Jupiter ist für fiktive Bewohner eines Planeten in der Nähe des nahen Sterns α Centauri ein Exoplanet. Wie stellt er sich ihnen bei einem “planet watching” dar?

a) Bestimmen Sie aus der absoluten Helligkeit M_V(Sonne) der Sonne ihre scheinbare Helligkeit vom Stern α Centauri (r = 1.32 pc) aus gesehen.

b) Die scheinbare Helligkeit des Jupiters beträgt maximal etwa m_V(Jupiter) = $-2{,}4$. Bestimmen Sie seine absolute Helligkeit.

c) Mit welcher scheinbaren Helligkeit würde man Jupiter von α Centauri aus sehen?

d) Welchen größten scheinbaren Abstand von der Sonne würde ein Beobachter auf α Centauri für den Jupiter messen?

e) Nehmen Sie Stellung zu der Frage, ob man Jupiter von α Centauri aus als Planeten der Sonne erkennen würde.

Lösung

a) $m_{V(\mathrm{Sonne})} = M_V(\mathrm{Sonne}) + 5 \cdot \log\left(\frac{r}{10\,\mathrm{pc}}\right) = 4{,}8 + 5 \cdot \log\left(\frac{4{,}3}{3{,}26 \cdot 10}\right) = 0{,}4$

b) $M_V(\mathrm{Jupiter}) = m_V(\mathrm{Jupiter}) - 5 \cdot \log\left(\frac{r}{10\,\mathrm{pc}}\right) = -2{,}4 - 5 \cdot \log\left(\frac{4{,}2 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}}{3{,}1 \cdot 10^{17}\,\mathrm{m}}\right) = 26$

c) $m_V(\mathrm{Jupiter}) = M_V(\mathrm{Jupiter}) + 5 \cdot \log\left(\frac{r}{10\,\mathrm{pc}}\right) = 26 + 5 \cdot \log\left(\frac{4{,}3}{32{,}6}\right) = 22$

d) $\Delta\varphi = \frac{d_{SJ}}{r} = \frac{5{,}2 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{11}\,\mathrm{m}}{4{,}3 \cdot 9{,}5 \cdot 10^{15}\,\mathrm{m}} = 1{,}9 \cdot 10^{-5}$

bzw. $\Delta\varphi = 4''$

e) Jupiter würde vom Licht der Sonne überstrahlt werden.

Aufgabe 5: Zirkumpolare Sterne und Kulminationszeit

a) Die “Wagensterne” des großen Bären haben alle eine Deklination, die größer als ungefähr 50° ist. Ab welcher geographischen Breite kann man sie nicht mehr die ganze Nacht sehen?

Lösung

Zirkumpolar falls $\delta > 90° - \phi$, also südlich von $\phi \approx 40°$.

b) Welche Höhe über dem Horizont hat der Himmelsnordpol als Funktion der geographischen Breite?

Lösung

Elevation = geographischer Breite

c) In München (geographische Länge 11,5° E) kulminiert ein Stern um 23:26 Uhr MEZ. Zu welchem Zeitpunkt kulminiert er in dieser Nacht in Greenwich? Wo liegt ein Ort, an dem dieser Stern um 14.00 Uhr UT kulminiert? Um wie viel Uhr Ortszeit kulminiert er dort?

Lösung

$11.5/15 * 60$min =46 Minuten später, also um 00:12 MEZ am nächsten Tag, bzw. 23:12 UT.

14:00 UT ist 9:12 früher als 23:12 UT also liegt dieser Ort bei 138° E.

Das ist z.B. in der Nordhalbkugel auf Japans Hauptinsel Honshu. Die Ortszeit dort ist UTC+9, also kulminiert der Stern um 23:00 JST (Japan Standard Time).