

Übungen zur Einführung in die
Astronomie und Astrophysik II, 3

1. Der Helixnebel (NGC 7293) ist einer der nächsten planetarischen Nebel. Sein Winkeldurchmesser beträgt etwa $25'$ und er hat sich in 100 Jahren um $6''$ vergrößert. Die Expansion äußert sich ebenfalls in einer Dopplerverschiebung $\Delta\lambda/\lambda_0 = 1,03 \times 10^{-4}$ zwischen radial sich auf uns zubewegenden Teilen des Nebels und solchen mit tangentialer Bewegungsrichtung.

- a) Berechnen Sie die Entfernung und den Durchmesser des Nebels in pc.
- b) Schätzen Sie das Alter des Helixnebels ab, indem Sie eine konstante Expansionsrate annehmen.

(2 Punkte)

2. Man kann abschätzen, dass für den Krebsnebel ein Energieinput von mehr als $10^5 L_\odot$ erforderlich ist, um Expansion, Magnetfeld und relativistische Elektronen (die für die beobachtete Synchrotronstrahlung verantwortlich sind) zu erklären. Energiequelle ist der Pulsar im Zentralbereich des Nebels.

- a) Leiten Sie eine Formel für den Energieverlust eines rotierenden Neutronensternes in Abhängigkeit von \dot{P} her.
- b) Für den Crab-Pulsar erhält man $P = 0,0334$ s und $\dot{P} = 4,21 \times 10^{-13}$. Berechnen Sie den Energieverlust für die Standardwerte $R = 10$ km und $M = 1,4 M_\odot$. Geben Sie das Ergebnis in L_\odot an!
- c) Schätzen Sie die Lebensdauer des Pulsars aus der Periodenänderung ab.

(2 Punkte)

3. Mit der Transitmethode wurden mehr als 60% aller bisher bekannten Exoplaneten entdeckt. Exemplarisch werde unser Sonnensystem aus großer Entfernung von einem Alien-Astronomen beobachtet.

- a) Zunächst sei die Erde betrachtet, wobei sich der Beobachter genau in der Ekliptikebene befinden möge. Berechnen Sie die Dauer eines Transits für eine kreisförmige Erdbahn.
- b) Wie groß ist dabei die messbare Helligkeitsänderung (in Größenklassen) der Sonne? (Die Sonne sei als gleichförmig helle Scheibe ohne Mitte-Rand-Verdunklung oder Sonnenflecken angenommen)
- c) Wie sehen die zu a) und b) analogen Werte für den Planeten Jupiter aus? (Der Beobachter befinde sich nun in der Bahnebene von Jupiter)

(3 Punkte)

4. Die mögliche Existenz von Leben auf Planeten außerhalb des Sonnensystems setzt nach derzeitigen Vorstellungen das Vorhandensein flüssigen Wassers voraus. Diese Idee hat zum Konzept der habitablen Zone um einen Stern geführt.

- a) Bestimmen Sie zunächst die mittlere Temperatur \bar{T}_\oplus auf der Erde unter der Annahme einer Albedo von $A = 0,306$, wenn wir ein Temperaturgleichgewicht durch schnelle Rotation sowie Planckstrahlung voraussetzen.
- b) Die resultierende Temperatur entspricht bekanntlich nicht der Realität, denn die gemessene Durchschnittstemperatur beträgt etwa $\bar{T}_\oplus = 15^\circ$ C. Treibhauseffekt und andere Abweichungen von der Idealisierung sorgen für diese Diskrepanz. Die komplizierten Vorgänge können näherungsweise durch den Emissionsgrad ε berücksichtigt werden, indem der abgestrahlte Fluss durch $F = \varepsilon\sigma T^4$ approximiert wird. Wie groß ist der Emissionsgrad für die Erde?
- c) Auf der Erde wird höheres Leben in Zonen mit mittleren Temperaturen zwischen -10° C und 30° C beobachtet. Bestimmen Sie auf dieser Basis den inneren und äußeren Rand der habitablen Zone des Sonnensystems.

(3 Punkte)