

Übungen zur Einführung in die
Astronomie und Astrophysik I, 2

1. Ein wesentliches Missionsziel der NASA-Raumsonde *Parker Solar Probe* ist die Untersuchung des kontinuierlichen Materieausflusses der Sonne, den man Sonnenwind nennt. Am Ort der Erde besitzen die Teilchen dieses Sonnenwindes eine mittlere Geschwindigkeit von 450 km s^{-1} und eine Anzahldichte n_p von etwa 10 Protonen pro cm^3 (Heliumkerne und schwerere Elemente machen nur einen sehr geringen Anteil aus). Wie hoch ist demnach die Massenverlustrate \dot{M} unserer Sonne? Das Ergebnis soll in kg s^{-1} und in $M_\odot \text{ a}^{-1}$ angegeben werden. Können Sie sich noch einen weiteren Effekt vorstellen, der einen Massenverlust gleicher Größenordnung bewirkt?

(2 Punkte)

2. Der zwischen Mars und Jupiter in einem Abstand von 2 bis 3,5 AU gelegene Asteroidengürtel umfasst etwa 500 000 Objekte mit einem mittleren Radius von 10 km. Seine Höhe entspricht etwa dem Sonnendurchmesser.
 - a) Bestimmen Sie die Anzahldichte der Asteroiden und ihren relativen Volumenanteil. Rechnen Sie dabei vereinfachend mit kugelförmigen Objekten (was die Realität allerdings nur unzureichend beschreibt).
 - b) Wie groß ist die mittlere freie Weglänge λ bei einem interplanetaren Flug durch den Asteroidengürtel?

(2 Punkte)

3. Die Gasmoleküle einer Planetenatmosphäre (ideales Gas vorausgesetzt) besitzen eine kinetische Energie von $E_{\text{kin,th}} = \frac{1}{2} m \bar{v}^2 = \frac{3}{2} kT$. Die Planetenatmosphäre soll „stabil“ genannt werden, wenn diese Energie *viel* kleiner als die entsprechende Bindungsenergie im Gravitationsfeld E_{grav} ist (eine Alternative zum Vergleich der kinetischen Geschwindigkeit der Gasteilchen mit der Fluchtgeschwindigkeit). Als Stabilitätskriterium wird häufig $E_{\text{grav}} > 10 E_{\text{kin,th}}$ gesetzt.
 - a) Wie groß muss ein terrestrischer Planet mit einer mittleren Dichte $\bar{\rho} = 5000 \text{ kg m}^{-3}$ und einer Oberflächentemperatur $T = 285 \text{ K}$ mindestens sein, um sowohl Stickstoff (N_2) als auch Sauerstoff (O_2) halten zu können?
 - b) Warum kommt Wasserstoff (H_2) in der Erdatmosphäre nur in geringsten Spuren vor?
 - c) Wie groß muss ein jovianischer Planet ($\bar{\rho} = 1000 \text{ kg m}^{-3}$, $T = 100 \text{ K}$) sein, um H_2 halten zu können?

(2 Punkte)

4. Nehmen Sie an, die Oberflächentemperaturen von Planeten stellten sich durch Strahlungsgleichgewicht von Schwarzen Körpern ein.
 - a) Leiten Sie eine Formel für das Verhältnis der Oberflächentemperaturen zweier physikalisch als gleichartig angenommener Planeten her, die ihr Zentralgestirn in den Abständen a_1 bzw. a_2 umkreisen?
 - b) Welche Oberflächentemperatur hätte demnach die Erde (tatsächlich 15°C), wenn sie auf der Bahn des Mars wäre?

(2 Punkte)

5. Man nehme an, die Sonne sei eine homogene, starr rotierende Kugel. Jupiter und Saturn seien punktförmig und mögen sich auf Kreisbahnen um die Sonne bewegen.
 - a) Welchen Drehimpuls hat die Sonne aufgrund ihrer Rotation (Rotationsperiode 25,4 d)?
 - b) Welche Bahndrehimpulse haben Jupiter und Saturn?
 - c) Welche Rotationsperiode hätte die Sonne, wenn sie zusätzlich die Bahndrehimpulse von Jupiter und Saturn aufnehmen würde?

(2 Punkte)