Prof. Dr. R. Verch
Falk Lindner

UNIVERSITÄT LEIPZIG

**Inst. f. Theoretische Physik**

Sommersemester 2009

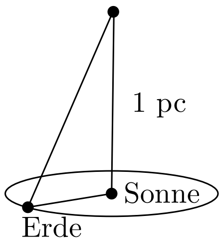
---

Übungsaufgaben Kosmologie – Blatt 1

---

## 1. Entfernungsbestimmung mit der Parallaxenmethode

Eine der ersten Methoden der Entfernungsbestimmung von weit entfernten Objekten war die Parallaxenmethode. Man beobachtet dabei ein Objekt über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr. Dabei vollführt das Objekt eine scheinbare Ellipsenbewegung bezüglich des Fixsternhimmels (d.h. Objekten die soweit entfernt sind, dass ihre Bewegung nicht erkennbar ist). Die Exzentrität der Ellipse ist dann davon abhängig, in welchem Winkel der Stern gegenüber der Ebene der Erdbewegung um die Sonne steht.




a) Das Hubble Space Telescope hat ein Winkelauflösungsvermgen von etwa $0,08''$. Welcher Größenordnung der Entfernungsbestimmung entspricht das (in pc)?

b) Das menschliche Auge hat ein Winkelauflösungsvermögen von etwa $30''$. Ein menschlicher Beobachter betrachte den Sternhimmel ohne Hilfsmittel. Wenn er den Blick auf eine Konstellation von 2 (punktartig idealisierten) Sternen richtet, die $10^{14}m$ (senkrecht zur Sichtlinie) voneinander getrennt sind, wie weit (in pc) darf dann die Konstellation höchstens von der Erde entfernt sein, damit der Beobachter die beiden Sterne noch als 2 getrennte Objekte sehen kann?

c) Angenommen es wäre sinnvoll – könnte man mit Hilfe des HST die (Unterstufen der) Apollo-Mondlandegeräte erkennen und sich damit vergewissern, dass das Mondlandeprogramm nicht nur ein Unterhaltungsprogramm aus Hollywood gewesen ist?

## 2. Elementare Definitionen der Photometrie

Die Intensität $I$ einer Strahlungsquelle ist über die Relation

$$\mathrm{d}E = I(\Omega)\cos\theta \; \mathrm{d}\Omega(\theta,\phi) \; \mathrm{d}t$$

erklärt, wobei $E$ die Energie des Strahlungsfeldes, $\theta$ der Winkel zwischen der Flächennormalen und dem Strahlungsfeld und $\mathrm{d}\Omega = r^2 \sin\theta \, \mathrm{d}\theta \; \mathrm{d}\phi$ ist.

Die **Strahlungsleistung** $L$ ist definiert als die Energie, die eine Lichtquelle pro Zeiteinheit emittiert. Der **Strahlungsstrom** (die Flussdichte) $\Phi$ ist die Strahlungsleistung pro Flächeneinheit, die auf eine bestimmte Fläche trifft.

a) Nimm eine isotrope Emission an. Zeige die Relation $L = 4\pi r^2 \Phi$, wobei $r$ der Abstand der Fläche und der Quelle ist (isotrope Emission bedeutet, dass $\Phi$ unabhängig von $\Omega$ ist)

b) Berechne $L$ für ein isotropes Strahlungsfeld, d.h. die Intensität ist vom Raumwinkel unabhängig.

c) Die Sonne kann in guter Näherung als schwarzer Strahler beschrieben werden. Berechne mit Hilfe des Stefan-Boltzmann Gesetzes $L_\odot$, wobei $\odot$ immer für die Größen steht, die mit der Sonne in Zusammenhang stehen. ($T_{\text{eff},\odot} = 5790$ K).

Die **scheinbare Helligkeit** $m$ wird in Anlehnung zur logarithmischen Empfindlichkeit des Auges durch

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \left( \frac{\Phi_1}{\Phi_2} \right)$$

für 2 Quellen (1) und (2) definiert, wobei $\lg$ der Logarithmus zur Basis 10 ist. Beachte, dass $m_1 > m_2$, falls $\Phi_1 < \Phi_2$.
Die **absolute Helligkeit** $M$ ist definiert als die scheinbare Helligkeit des Objekts, verschoben in eine Entfernung von 10 pc. Es sei stets isotrope Strahlungsausbreitung vorausgesetzt.

1. Berechne eine Formel für den Ausdruck $m - M$ eines Sternes, der sich in einem Abstand $r$ befindet.

2. Berechne den Abstand von Alpha Centauri unter der Voraussetzung, dass seine abs. Helligkeit in etwa mit der unserer Sonne übereinstimmt. Alpha Centauri hat eine scheinbare Helligkeit $m = -0.01$. ($r_\odot = 1.496 \cdot 10^{11}$ m, $m_\odot = -26.74$).