

# Kräfte durch Licht

Wintersemester 2013/14

Carsten Henkel

## Übungsaufgaben Blatt 2

Ausgabe: 04. November 2013

Diskussion: 11. November 2013

---

**Hinweis.** Zum Strahlungsdruck auf Staubteilchen im Sonnensystem: J. H. Poynting, *Nature* **70** (1904) 512–15; *Phil. Trans. R. Soc. (London) A* **202** (1904) 525–552; Joseph A. Burns, Philippe L. Lamy und Steven Soter, *Icarus* **40** (1979) 1–48.

### Problem 2.1 – Streuung und Impulsbilanz (8 points)

(i) Wiederholen Sie aus der Streutheorie den Begriff des Wirkungsquerschnitts, total und differentiell.

(ii) Betrachten Sie ein kleines Teilchen, das Licht mit einem Wirkungsquerschnitt  $\sigma_{\text{abs}}$  absorbiert und mit einem differentiellen Wirkungsquerschnitt  $d\sigma_{\text{sc}}/d\Omega$  streut. ( $d\Omega$ : Raumwinkelelement, mit Winkeln  $\theta, \varphi$  parametrisiert.) Schreiben Sie die Impulsbilanz bei der Streuung von Photonen im freien Raum mit Energie  $\hbar\omega$  und Impuls  $(\hbar\omega/c)\hat{\mathbf{k}}$  auf und geben Sie die Raten der entsprechenden Streueignisse an.

(iii) Zeigen Sie, dass der Strahlungsdruck in Richtung  $\hat{\mathbf{k}}$  des einfallenden Lichts proportional ist zu

$$\hat{\mathbf{k}} \cdot \mathbf{F}_{\text{pr}} \sim \sigma_{\text{abs}} + \sigma_{\text{sc}}(1 - \langle \cos \theta \rangle) \quad (2.1)$$

wobei  $\langle \dots \rangle$  eine Mitteilung bezüglich der Winkelabhängigkeit von  $d\sigma_{\text{sc}}/d\Omega$  ist. Man führt gerne dimensionslose Größen  $Q_m = \sigma_m/A$  ( $m = \text{abs}, \text{sc}$ ) ein, wobei  $A$  die Querschnittsfläche des Teilchens senkrecht zur Strahlrichtung ist.

Der Term proportional zur Streuung ( $\sigma_{\text{sc}}$ ) ist der Beitrag, den Burns & Kollegen den grundlegenden Überlegungen von Poynting (1904) und Robertson (1937) hinzugefügt haben.

(iv) Überlegen Sie, unter welchen Bedingungen der Strahlungsdruck parallel zur Richtung des einfallenden Lichtes ist und wann möglicherweise nicht.

(v) Erkundigen Sie sich, wie die Winkelverteilung von gestreutem Licht von der Größe des Teilchens abhängt. Versuchen Sie, die Abbildung 7 in der Arbeit von Burns & Kollegen (1979) qualitativ zu verstehen.

(vi) [4 Bonuspunkte] Berechnen Sie  $Q_{\text{abs}}$ ,  $Q_{\text{sc}}$  und  $\langle \cos \theta \rangle$  für ein ‘großes Teilchen’, dessen Oberfläche nach dem Modell ‘Albedo  $\varpi$ , diffuser Anteil  $q$  mit Lambert-Verteilung’ streut, das wir in der Vorlesung eingeführt haben.

**Hinweis.** Über die Oberfläche des Teilchens mitteln/integrieren.