

Abgabe am Dienstag den **8. Juli** vor Beginn der Vorlesung

---

### AUFGABE 1 – Ebene elektromagnetische Wellen

a) Geben Sie die analytische Form einer linear polarisierten ebenen EM-Welle an, die sich (im Vakuum) in z-Richtung ausbreitet. (Gefragt ist nach x-, y- und z-Komponente des E-Feldvektors in Abhängigkeit von den Raumkoordinaten und der Zeit t.) Die Wellenlänge sei 600 nm und der Winkel zwischen Polarisationsrichtung und x-Richtung betrage 60°. Der Energietransport (bzw.-Leistung je Flächeneinheit) betrage 100 W m<sup>-2</sup>. Geben Sie auch die Frequenz f, Wellenvektor k sowie die Amplituden von E- und B-Feld explizit an. (3 Pkt)

c) Betrachten Sie die Maxwell Gleichungen für das Vakuum (keine Ladungen und Ströme in Leitern). Zeigen Sie für ebene Wellen mit Hilfe der Divergenz-Terme, dass longitudinale E- und B-Felder die Maxwell-Gleichungen nicht erfüllen, es sich also um Transversalwellen handelt. (2 Pkt)

### AUFGABE 2 – Fermatsches Prinzip => Snellius'sches Brechungsgesetz

In der geometrischen Optik besagt das Fermatsche Prinzip, dass das Licht den *schnellsten* Weg wählt. Betrachten Sie einen Lichtstrahl, der von Punkt A nach Punkt B läuft und dabei die Grenzfläche zwischen zwei Medien unterschiedlicher Brechungsindizes durchstößt. Zeigen Sie, dass der schnellste Weg der Weg ist, der das Snellius'sche Gesetz erfüllt. (Betrachten Sie nur Wege für die gilt: Der Lichtstrahl läuft immer gradlinig; nur an der Grenzfläche zwischen den beiden Medien mit unterschiedlichen Brechzahlen ändert sich die Strahlrichtung sprunghaft.) (3 Pkt)

### AUFGABE 3 – Brennweite einer Linse, Abbildungsfehler

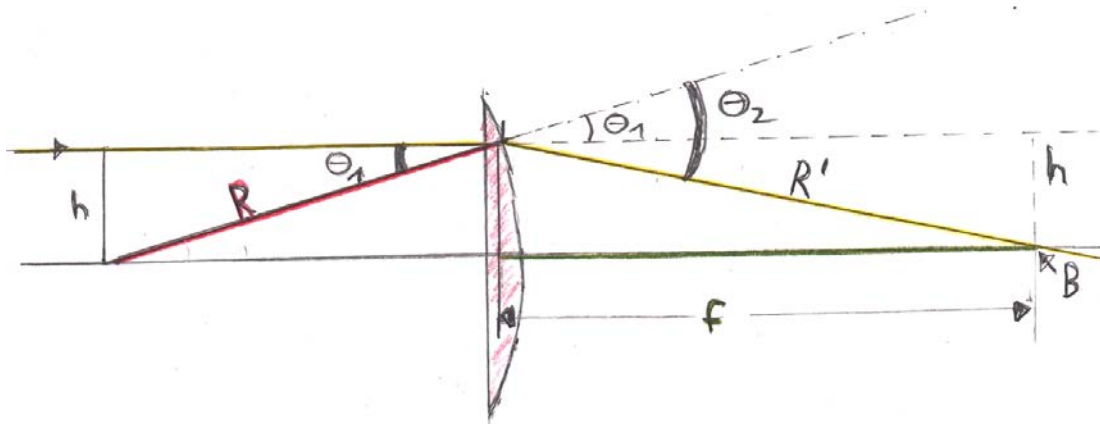
Wir betrachten einen achsenparallelen Lichtstrahl der gemäß der Abbildung auf einen Plan-Konvex-Linse fällt. Die nichtplane Oberfläche der Konvexlinse sei kugelförmig mit dem Radius R (der hypothetischen Kugel); der Brechungsindex n des Linsenmaterials sei 1,65. Der Lichtstrahl wird gebrochen und durchläuft den Brennpunkt B.

a) Zeigen Sie, dass die Brennweite f (wie durch die Abbildung definiert) unabhängig von h ist, wenn gilt  $h \ll R$  und somit:

$$\sin(h/R) \approx h/R; \quad \sin(nh/R) \approx nh/R; \quad \sin(h/R') \approx h/R'.$$

Hinweis: Die Lösung der Aufgabe erfordert, dass Sie eine Beziehung für die Brennweite herleiten (also  $f = \dots$ ), wobei Sie die obigen Näherungsausdrücke für den Wert der jeweiligen Sinusfunktion verwenden können. (3 Pkt)

b) Diskutieren Sie (qualitativ) den Linsenfehler, der zu beobachten wäre, wenn  $R$  nicht groß gegenüber  $h$  ist? (1 Pkt)



c) Der Brechungsindex sei nun abhängig von der Frequenz der Lichtwelle im Vakuum (Dispersion). Es sei (für Silikat-Flintglas):  $n_{400} = 1,62$  bei 400 nm,  $n_{700} = 1,67$  bei 700 nm (für Silikat-Flintglas). Vergleichen Sie (quantitativ) die Brennweiten für 400 nm und 700 nm Licht? Diskutieren Sie (qualitativ) den Abbildungsfehler durch Dispersion bei Nutzung der Linse im Objektiv einer Fotokamera. (2 Pkt)

#### AUFGABE 4 – Interferenz am Beugungsgitter

Transmissions- und Reflexionsgitter werden eingesetzt, um Spektren hochaufgelöst zu messen. Die spektrale Auflösung der Spektrometer hängt von der Zahl der Gitterlinien ab. Die Abhängigkeit der spektralen Auflösung (bezüglich Auflösung benachbarter Spektrallinien) von der Anzahl der Gitterlinien soll von Ihnen hergeleitet werden.

Gegeben sei ein Transmissionsgitter mit  $N$  parallelen (transparenten) Gitterlinien in einem Abstand  $d$  voneinander. Paralleles Licht der Wellenlänge  $\lambda$  trifft auf das Gitter. In 1 m Entfernung von dem Gitter wird auf einem Schirm ein Interferenzmuster detektiert. Bestimmen Sie den Abstand zwischen dem ersten (axennahen) Beugungsmaximum und den benachbarten Minima. (Dieser Abstand soll hier als Maß für die spektrale Auflösung dienen.) (3 Pkt)

Hinweis: Ein Lösungsweg ist im Gerthsen beschrieben. Sie können in ihrer Lösung den dort knapp beschriebenen Lösungsweg folgen, wobei aber zusätzliche Erläuterungen bzw. Angabe von Zwischenschritten notwendig sind.

Recherchieren Sie im Internet nach der Geometrie eines mit einem Gitter (Englisch: *grating*) arbeitenden Spektrometers und skizzieren Sie den Strahlengang des Geräts. Warum werden zusätzlich zu dem Gitter auch Linsen benötigt? (3 Pkt)