

Experimentalphysik III

Optik und Quantenphysik

Übungsblatt 1

Zur Abgabe über *moodle* bis 17.10.2023 24:00 Uhr!

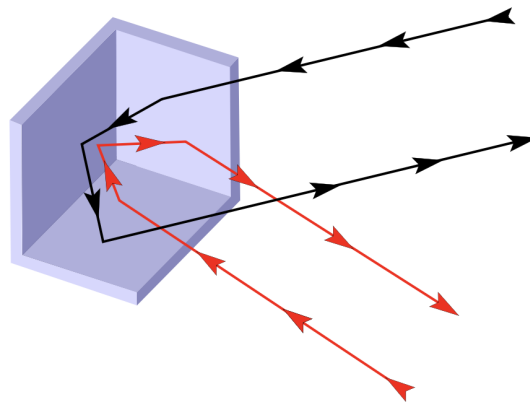
● Aufgabe 1: (5 Punkte) Tripelspiegel

Das Reflexionsgesetz kann allgemein geschrieben werden als

$$\vec{e}_{\text{aus}} = \vec{e}_{\text{ein}} - 2 \vec{n} (\vec{n} \cdot \vec{e}_{\text{ein}})$$

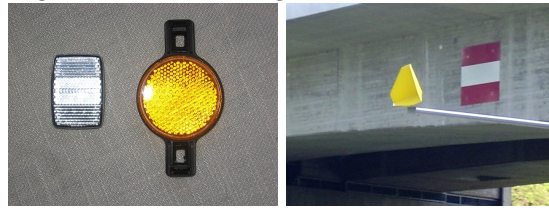
wobei \vec{e}_{ein} die Richtung des einfallenden Lichtstrahls, \vec{e}_{aus} die Richtung des reflektierten Lichtstrahls und \vec{n} die Flächennormale der Spiegeloberfläche sind.

Zeigen Sie, dass bei einem Tripelspiegel, der aus drei senkrecht aufeinander stehenden Spiegeloberflächen besteht, das einfallende Licht unabhängig von der Richtung, aus der es kommt, entgegengesetzt zu dieser wieder zurückreflektiert wird.



Quelle: Wikipedia

Beispiele für Tripelspiegel sind die sogenannten Katzenaugen oder auch die Radarreflektoren für die Flussschifffahrt:



Quelle: Wikipedia

● **Aufgabe 2:** (5 Punkte) **Lichtkreis beim Tauchen**

In der folgenden Abbildung sehen sie ein Unterwasserfoto von einem Taucher:



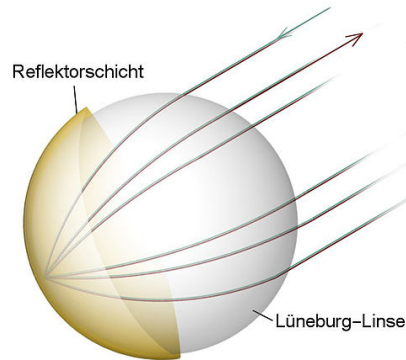
©Bernd Nies

Sie können erkennen, dass das Licht aus der Richtung der Wasseroberfläche in einem hellen Kreis erscheint und der umliegende Bereich dunkel erscheint.

Machen Sie eine Skizze von den möglichen Wegen, die das Licht nehmen kann, bevor es auf das Auge des Tauchers (bzw. hier die Kameralinse) treffen kann. Bestimmen Sie den Radius des Lichtkreises den ein Taucher in 10 m Wassertiefe sieht.

●● Aufgabe 3: (5 Punkte) Lüneburg-Linse

Die nach Rudolf Karl Lüneburg benannte Lüneburg-Linse ist eine kugelförmige Linse mit einem ortsabhängigen Brechungsindex. Wird diese Ortsabhängigkeit des Brechungsindex passend gewählt, so werden parallel auf die Kugel einfallende Lichtstrahlen in dieser so gebrochen, dass sie auf der Rückseite der Kugel in einem Punkt fokussiert werden. Wird diese Rückseite verspiegelt, so werden die Lichtstrahlen in die gleiche Richtung zurückgeworfen, aus der sie gekommen sind.



Quelle: Wikipedia

Die Ortsabhängigkeit des Brechungsindex muss hierfür wie folgt gewählt werden:

$$n(r) = \sqrt{2 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}$$

wobei R der Radius der Kugel ist. Zeigen Sie, dass für die oben gewählte Ortsabhängigkeit des Brechungsindex der optische Lichtweg für den mittleren und den äußersten der Lichtstrahlen, die auf die Kugel treffen, gleich ist.

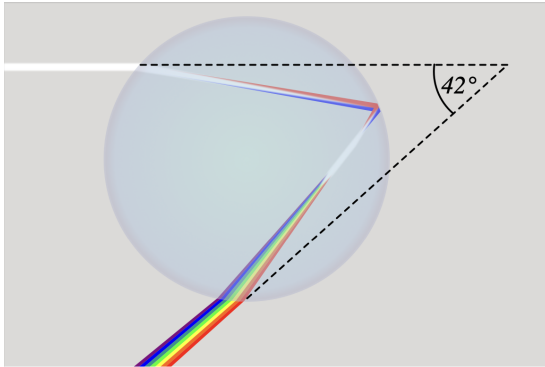
Kleinste Glasperlen, die als Lüneburg-Linsen gefertigt sind, sind z.B. die Grundlage von reflektierenden Verkehrszeichen oder Fahrbahnmarkierungen:



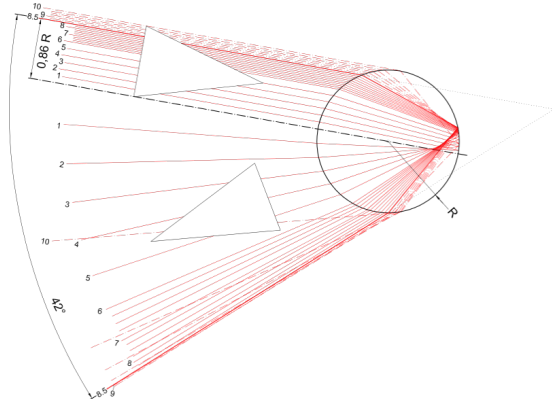
Quelle: Wikipedia

●● Aufgabe 4: (5 Punkte) Regenbogen

Bei einem Regenbogen werden die Sonnenstrahlen beim Eintritt in die Regentropfen gebrochen, an der Rückseite der Tropfen reflektiert und beim Austritt wieder gebrochen:



Quelle: Wikipedia



Zeigen Sie, dass der Regenbogen unter einem Winkel von 42° relativ zur Richtung der Sonnenstrahlen erscheint. Wie aus der rechten Skizze am Beispiel von rotem Licht zu sehen ist, wird das meiste Licht unter dem maximalen Streuwinkel reflektiert. Dieses Extremum findet man, indem man die Ableitung des Streuwinkels nach dem Einfallswinkel null setzt.

●●● Aufgabe 5: (10 Punkte) Lichtstrahl durch Atmosphäre

Bestimmen Sie numerisch durch ein kleines Computerprogramm den Weg eines Lichtstrahls von einem Punkt A zu einem 100 km entfernten Punkt B durch die Atmosphäre. Der Brechungsindex n der Atmosphäre ist mit ihrer Dichte ρ korreliert. Es gilt

$$\frac{n(h, T, \dots) - 1}{n_0(h_0, T_0, \dots) - 1} = \frac{\rho(h, T, \dots)}{\rho_0(h_0, T_0, \dots)}$$

Nehmen Sie konstante Temperatur an und benutzen Sie die barometrische Höhenformel. Die Punkte A und B liegen auf gleicher Höhe. Vernachlässigen Sie die Erdkrümmung! Wie lang ist der optische Lichtweg? Vergleichen sie den sich ergebenden optischen Weg mit der Erwartung für ein homogenes Medium!

In der bereitgestellten JupyterLab Umgebung (<https://jupyter.rwth-aachen.de/hub/spawn?profile=exphys3>, "ExPhy3") finden Sie ein JupyterNotebook Skelett zur Behandlung der Aufgabe. Bitte reichen sie ihre Lösung also *Jupyter Notebook* oder als ausführbares *Python-Skript* zusammen mit den anderen Aufgaben im moodle ein. (Eine Abgabe direkt über das JupyterLab ist nicht möglich)