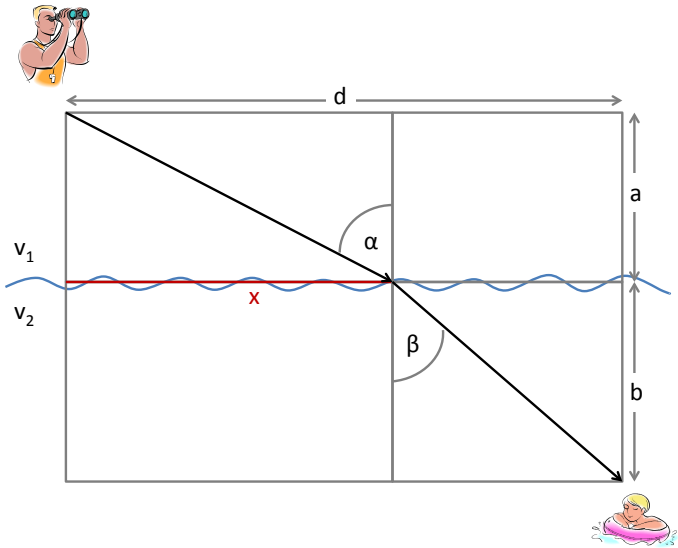


Übungen zu Experimentalphysik I für Biologen

Blatt 13, Besprechung am 02.02.2012

Aufgabe 1: Fermatsches Prinzip

Das Fermatsche Prinzip (nach Pierre de Fermat, 1662) besagt, dass Licht immer den zeitlich kürzesten Weg zwischen zwei Punkten zurücklegt. Was bedeutet dies für die Ausbreitung eines Lichtstrahls, der sich durch ein Medium mit konstantem Brechungsindex und damit konstanter Lichtgeschwindigkeit fortbewegt? Wir wollen nun das Fermatsche Prinzip für einen Lichtstrahl herleiten, der, um von seinem Anfangspunkt zu seinem Endpunkt zu gelangen, die Grenzfläche zwischen zwei Medien durchquert, die unterschiedliche Brechungsindizes haben, z.B. eine Luft/Glass oder Luft/Wasser Grenzfläche. Dies liefert uns eine Beziehung zwischen dem Ein- und Ausfallwinkel des Lichtstrahls. Dazu betrachten wir die äquivalente Situation eines Rettungsschwimmers, der vom Strand aus so schnell wie möglich zu einer in Not geratenen Person kommen möchte, die sich im Wasser befindet.



- Die Geschwindigkeit des Rettungsschwimmers ist am Strand v_1 und im Wasser v_2 . In welcher Zeit t legt er die Strecke zu der Person im Wasser zurück, wenn die Strecken a, b, d konstant bleiben? Hinweis: Benutzen Sie $s = v \cdot t$ und den Satz von Pythagoras! Ergebnis:
$$t = \frac{\sqrt{a^2+x^2}}{c_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}{c_2}.$$
- Welches ist der variable Ortsparameter von dem der Gesamtweg abhängig ist? (Tipp: Siehe Zeichnung!) Der zeitlich kürzeste Weg bedeutet, dass die Ableitung der benötigten Zeit t nach eben diesem Parameter gleich Null ist. Bestimmen Sie die Ableitung und setzen Sie sie gleich Null! Hinweis: Kettenregel anwenden! Welche Bedingung für die Strecke x ergibt sich dadurch? Ergebnis: $0 = \frac{x}{c_1\sqrt{a^2+x^2}} - \frac{d-x}{c_2\sqrt{(d-x)^2+b^2}}.$
- Drücken Sie die Gleichung aus b) über die Winkel α und β aus und verwenden Sie die Definition für die Geschwindigkeit im Medium $v = c/n$, wobei c die Geschwindigkeit im Vakuum und n der Brechungsindex ist. Kommt Ihnen diese Gleichung bekannt vor?

Aufgabe 2: Einzel- und Doppelspalt

Sie lassen monochromatisches Licht der Wellenlänge 600 nm und 500 nm jeweils auf einen Einzel- und Doppelspalt fallen.

- Skizzieren sie qualitativ die jeweiligen Beugungsmuster! (nur eine Wellenlänge)
- Der Einzelspalt, besitzt eine Spaltbreite von 0,1 mm. Unter welchen Winkeln treten die ersten Intensitätsminima auf? Wo befinden sich diese auf einem 2 m entfernten Schirm? Was können sie qualitativ über die Intensitätsmaxima sagen?
- Sie lassen nun das Licht auf den Doppelspalt fallen. Die beiden Spalte haben einen Abstand von $d = 0,1\text{cm}$ und der Schirm steht in 3m Entfernung. Berechnen sie den Abstand zwischen den Beugungsmaxima auf dem Schirm.

Aufgabe 3: Regenbogen

Im Folgenden soll die Beobachtung eines Regenbogens verstanden und geometrisch hergeleitet werden. Die untere Abbildung zeigt die schematische Darstellung des Lichteinfalls auf einen Regentropfen.

- Ein Hauptregenbogen entsteht durch die einamlige Reflexion des Lichtstrahls im Regentropfen. Zeichnen Sie den entsprechenden Strahlenverlauf in die Abbildung ein, sodass der Lichtstrahl auf das Auge fällt!
- Die Aufspaltung der Farben entsteht durch die Wellenlängenabhängigkeit des Brechungsindex, d.h. bei einer Luft/Wasser Grenzfläche werden kleinere Wellenlängen (blau) stärker abgelenkt als große Wellenlängen (rot). Gehen Sie nun davon aus, dass der eingezeichnete Lichtstrahl der 'mittleren' Wellenlänge des sichtbaren Lichts entspricht. Wie verlaufen dann die 'blauen' bzw. die 'roten' Lichtstrahlen nach ihrem Eintritt in den Regentropfen?
- Bei einem Regenbogen erscheint Blau unten und Rot oben. Wie ist das mit Ihren Ergebnissen im Teil b) in Einklang zu bringen? Tipp: Sie können auch die Reflexion von parallelen Lichtstrahlen an zwei übereinanderliegenden Tropfen betrachten Ein Lichtstrahl, den unser Auge sieht muss auch immer auf unser Auge gerichtet sein, kann aber aus unterschiedlichen Winkeln kommen.
- Ein Nebenregenbogen entsteht durch zweifache Reflexion innerhalb des Tropfens. Wo am Tropfen muss der Lichtstrahl nun eintreffen um auf das Auge zu treffen? Zeichnen Sie den entsprechenden Strahlengang in die untere Abbildung ein. Wie ist nun die Reihenfolge der Farben?

