Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Dr. Peter Keim

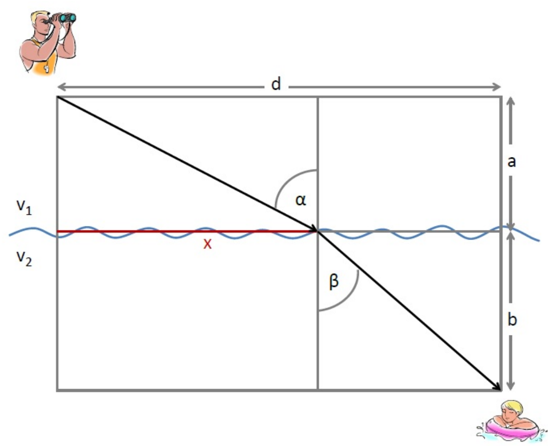
Ausgabedatum: 06.05.2014
Besprechung 1A/2A: 14.05.2014
3A/4A: 15.05.2014
1B/2B: 21.05.2014
3B/4B: 22.05.2014

Mathias Altenburg, Sven Deutschländer, Moritz Schlötter, Annika Schoe

Übungen zu Experimentalphysik II für Biologen

Blatt 2

Aufgabe 1: Fermatsches Prinzip



Das Fertmatsche Prinzip (nach Pierre de Fermat, 1662) besagt, dass Licht immer den zeitlich kürzesten Weg zwischen zwei Punkten zurücklegt. 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 Ausfallswinkel 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.

a) 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: $t = \frac{\sqrt{a^2+x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}{v_2}$.

b) 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 setzten Sie sie gleich Null! Hinweis: Kettenregel anwenden! Welche Bedingung für die Strecke x ergibt sich dadurch? Ergebnis: $0 = \frac{x}{v_1\sqrt{a^2+x^2}} - \frac{d-x}{v_2\sqrt{(d-x)^2+b^2}}$.

c) 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?

Bitte wenden!

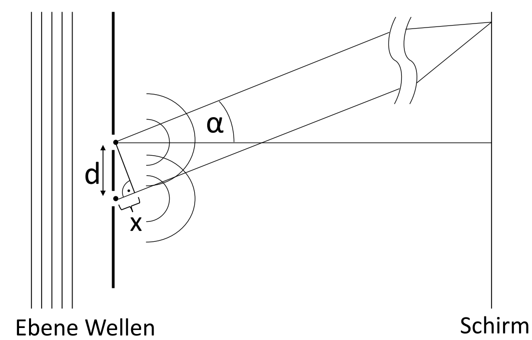
Aufgabe 2: Bildentstehung an einer Linse

Sie betrachten mit einer dünnen Sammellinse der Brennweite f=4 cm einen Regenwurm, der 2 cm von dieser Linse entfernt ist.

a) Zeichen Sie den Verlauf des Strahlengangs maßstabsgetreu und finden Sie heraus wo das Bild des Regenwurmes entsteht. Handelt es sich hierbei um ein reelles oder virtuelles Bild?
b) Nun möchten sie das Bild auf einen Schirm abbilden. Überlegen Sie sich in welchem Bereich sich der Regenwurm befinden muss um auch hier ein vergrößertes Bild zu erzeugen.
c) Die Vergrößerung ist das Verhältnis von Bildweite zu Gegenstandsweite($V = |b|/g$). Welche Vergrößerung erreichen Sie, wenn der Regenwurm 6 cm von der Linse entfernt ist? Lösen Sie diesen Aufgabenteil zeichnerisch und rechnerisch! Hinweis: Die Abbildungsgleichung für dünne Linsen lautet
$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \tag{1}$$

Aufgabe 3: Doppel- und Einzelspalt

Das *huygensche Prinzip* beschreibt die Ausbreitung von Wellenfronten und besagt, dass jeder Punkt einer Wellenfront als Ausgangspunkt neuer Elementarwellen angesehen werden kann, deren Überlagerung (Superposition) die neue Wellenfront ergibt. Wir wollen dies nun anwenden um Interferenzphänomene ebener Wellen beim Durchgang durch einen Doppel- und Einzelspalt zu erklären.



a) Eine ebene Wellenfront monochromatischen Lichtes der Wellenlänge 600 nm fällt auf einen Doppelspalt mit Spaltabstand $d = 1$ mm. Die beiden Spalte seien sehr schmal im Vergleich zum Spaltabstand. Dadurch können sie jeweils als Ausgangspunkt **einer** neuen Elementarwelle angesehen werden. Nach dem Durchgang treffen die Strahlen auf einen sehr weit entfernten Schirm, sodass der Unterschied in den Ablenkwinkeln zweier Strahlen, die auf den gleichen Punkt auf dem Schirm treffen vernachlässigt werden kann (siehe Abbildung). Wie hängt der Gangunterschied x der beiden Strahlen mit Spaltabstand d und Ablenkwinkel α zusammen? Unter welchen Winkeln treten somit Beugungsminima (destruktiv interferierende Strahlen) und Beugungsmaxima (konstruktiv interferierende Strahlen) auf? Berechnen Sie die Winkel für das erste Minimum und Maximum und skizzieren sie qualitativ das Intensitätsmuster auf dem Schirm!
b) Nun fällt die Wellenfront auf einen Einzelspalt der Breite $d = 20$ μm. Um nun das Beugugsmuster auf dem Schirm zu bestimmen, muss der Spalt als endlich breit und als Ausgangspunkt von beliebig vielen Elementarwellen betrachtet werden. Welchen "Trick" können Sie jedoch anwenden um trotzdem auf die Winkel zu schließen unter denen Beugungs**minima** auftreten? (Überlegen Sie sich unter welchen Bedingungen **alle** Strahlen gleichzeitig destruktiv interferieren!) Berechnen Sie den Winkel des ersten Beugungsminimums!