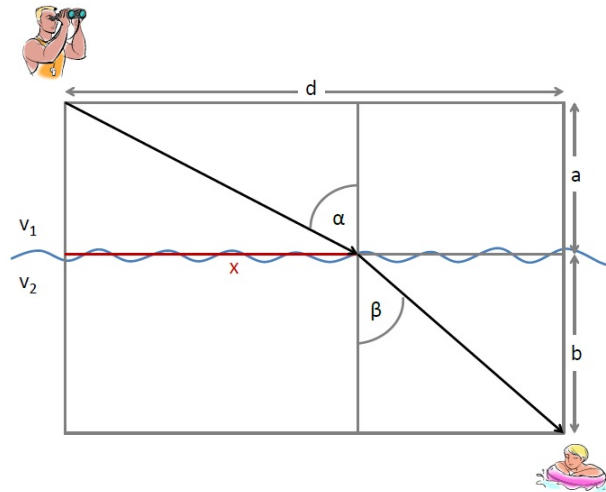


**Übungen zu Experimentalphysik II**  
**für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft**  
**Blatt 02**

**Aufgabe 1: Fermatsches Prinzip**

Das Fermatsche Prinzip (nach Pierre de Fermat, 1662) besagt, dass Licht immer den zeitlich kürzesten (schnellsten) 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/Glas 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.



- 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:  

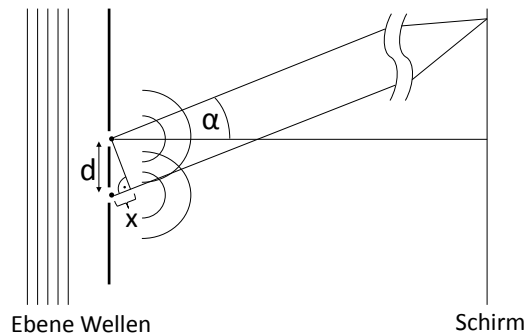
$$t = \frac{\sqrt{a^2+x^2}}{v_1} + \frac{\sqrt{(d-x)^2+b^2}}{v_2}.$$
- Welches ist der variable Ortsparameter von dem der Gesamtweg abhängig ist? (Tipp: Siehe Zeichnung!) Der zeitlich kürzeste Weg bedeutet, dass die Ableitung der benötigten Zeit  $t$  nach eben diesem Parameter gleich Null ist. Bestimmen Sie die Ableitung und setzen Sie sie gleich Null! Hinweis: Kettenregel anwenden! Welche Bedingung für die Strecke  $x$  ergibt sich dadurch? Ergebnis:  $0 = \frac{x}{v_1\sqrt{a^2+x^2}} - \frac{d-x}{v_2\sqrt{(d-x)^2+b^2}}.$
- Drücken Sie die Gleichung aus b) über die Winkel  $\alpha$  und  $\beta$  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: Interferenz an dünnen Schichten

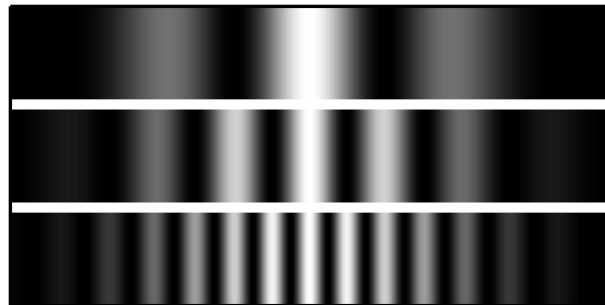
- Erklären Sie, warum Seifenblasen in bunten Farben schillern.
- Eine Seifenblase, die von Luft umgeben ist, hat einen Brechungsindex von 1.34. Ein Bereich erscheint im senkrecht reflektierten Licht rot ( $\lambda_0 = 734\text{nm}$ ). Geben Sie zwei mögliche Schichtdicken der Seifenhaut an.
- Welche Wellenlängen aus dem sichtbaren Spektralbereich werden bei der Reflexion an einer 500nm dicken Seifenschicht mit dem Brechungsindex 1.34 bei senkrechtem Strahleinfall
  - verstärkt und
  - ausgelöscht?
- Warum werden Seifenblasen kurz bevor sie platzen schwarz?

## Aufgabe 3: Doppelspalt

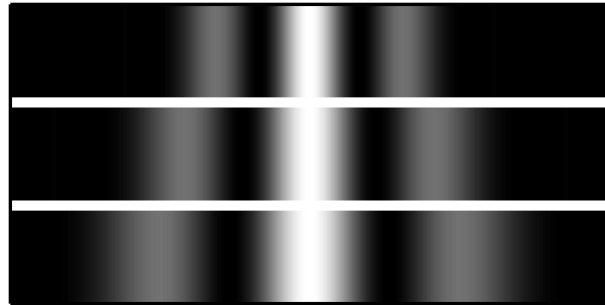
Das *Huygensche Prinzip* beschreibt die Ausbreitung von Wellenfronten und besagt, dass jeder Punkt einer Wellenfront als Ausgangspunkt neuer Elementarwellen angesehen werden kann, deren Überlagerung (Superposition) die neue Wellenfront ergibt. Wir wollen dies nun anwenden um Interferenzphänomene ebener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



- Eine ebene Wellenfront monochromatischen Lichtes der Wellenlänge  $600\text{nm}$  fällt auf einen Doppelspalt mit Spaltabstand  $d = 2\mu\text{m}$ . 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  $\alpha$  zusammen? Welche Bedingung muss der Gangunterschied  $x$  erfüllen, damit konstruktive bzw destruktive Interferenz auftritt? 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!
- Die folgenden Interferenzbilder sind durch den gleichen Laser entstanden, dessen rotes Licht durch Doppelspalte (Breite je  $1\mu\text{m}$ ) mit drei unterschiedlichen Spaltabständen geschickt wurde und auf einem ebenen Schirm im Abstand von einem Meter aufgefangen wird. Bei welchem der Bilder war der Spaltabstand am geringsten, bei welchem am größten?



- c) Die folgenden Interferenzbilder sind an einem Doppelspalt mit fester Breite entstanden, der einmal mit einem roten (632nm), einmal mit einem grünen (532nm) und einmal mit einem blauen (405nm) Laser beleuchtet wurde. Ordnen Sie die drei Bilder den Farben zu.



**Aufgabe 4:** Bildentstehung an einer Linse

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

- Zeichnen 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?
- 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.
- Die Vergrößerung ist das Verhältnis von Bildweite zu Gegenstandsweite ( $V = |b|/g$ ). Welche Vergrößerung erreichen Sie, wenn der Regenwurm  $6\text{cm}$  von der Linse entfernt ist? Lösen Sie diesen Aufgabenteil zeichnerisch und rechnerisch!

Hinweis: Die Abbildungsgleichung für dünne Linsen lautet

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{g} + \frac{1}{b} \tag{1}$$

