

25. Sächsische Physikolympiade

1. Stufe

Klassenstufe 10

Aufgabe 251011 – Spurabstand einer CD/DVD/Blu-ray

Neben dem Strahlenmodell kann Licht mit dem Wellenmodell beschrieben werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich Licht als elektromagnetische Welle ausbreitet. Mit einem Beugungsexperiment lässt sich der Wellencharakter von Licht nachweisen.

Einen möglichen Aufbau für ein solches Experiment siehst du in Abbildung 1. Eine Lichtquelle (weißes Licht) durchläuft einen Doppelspalt und trifft anschließend auf einen Schirm.



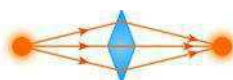
Abbildung 1: Experimenteller Aufbau

Das zugehörige Bild auf dem Schirm ist in Abbildung 2 zu sehen. In der Mitte befindet sich das Maximum 0. Ordnung. Daneben liegen symmetrisch die Maxima 1., 2., ..., n -ter Ordnung. Die sichtbaren Maxima bestehen aus einem Farbspektrum, welches von violett nach rot verläuft. Das 1. Maximum einer bestimmten Farbe befindet sich im 1. Maximum des sichtbaren Farbspektrums. Der Abstand eines Maximums einer bestimmten Farbe vom Maximum 0. Ordnung wird als y_n^{Farbe} bezeichnet.



Abbildung 2: Dietrich Zawischa: Berechnete Beugungsmuster; Link: https://farbeinf.de/static_html/vielstrahl.html

- a) Skizziere in Abbildung 2 das Bild, das auf dem Schirm unter Anwendung des Strahlenmodells im Gegensatz zum Beugungsbild zu erwarten ist. Vergleiche deine Zeichnung mit dem tatsächlichen Bild auf dem Schirm.



Beugungsphänomene können auch an optischen Datenträgern, wie einer CD, DVD oder auch Blu-ray beobachtet werden. Die Regenbogenfarben auf der spiegelnden Seite einer CD, die gegen das Licht gehalten wird, sind Folge der Lichtbeugung.

Abbildung 3 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines optischen Datenträgers schematisch von oben. Zwischen zwei schwarzen Linien befinden sich Rillen, welche als Spur bezeichnet werden. Der Abstand zwischen zwei Linien ist der Spurbabstand d . Wenn Licht auf den Datenträger fällt, wird dieses an der spiegelnden Oberfläche reflektiert und anschließend durch die Spur gebeugt.

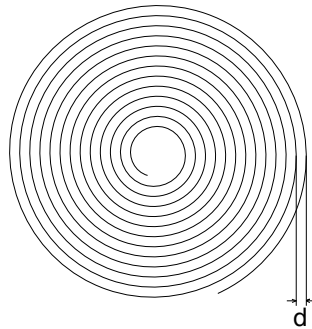


Abbildung 3: Aufbau optischer Datenträger (schematisch)

Anhand des Beugungsmusters kann der Spurbabstand bestimmt werden. Führe dazu das nachfolgende Experiment durch. Du benötigst:

- Lichtquelle (z. B. LED der Handykamera)
- CD oder DVD
- Pappe mit weißem Blatt
- Strohhalm

Aufbau: Die Lichtquelle ist nach oben ausgerichtet und bestrahlt die reflektierende Seite des Datenträgers. Die Pappe mit dem Papier soll einerseits die Lichtquelle teilweise verdecken und andererseits als Schirm für das Beugungsbild dienen. Der Strohhalm fokussiert das Licht der LED (vgl. Abbildung 4). Die besten Ergebnisse erhältst du, wenn du eine Umgebung wählst, die sich verdunkeln lässt und wenn das Licht der Lichtquelle den äußeren Bereich der Datenspur trifft.

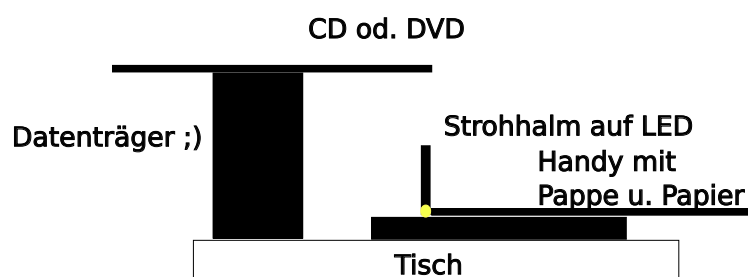
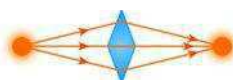


Abbildung 4: Aufbau Experiment



- b) Führe das Experiment durch und beschreibe deine Beobachtung. Vergleiche das beobachtete Bild mit dem Beugungsbild in Abbildung 2. Welche Ordnung hat das sichtbare Maximum?
- c) Miss den Abstand des blauen Lichts und den Abstand des roten Lichts vom Strohalmittelpunkt und gib die Werte an. Recherchiere die Wellenlänge λ von blauem und rotem Licht und gib alle weiteren Größen zur Berechnung des Spurbabstands an. Folgende Zusammenhänge können ohne Begründung genutzt werden:

$$I. \quad \sin \alpha = \frac{n \cdot \lambda}{d} \quad (1)$$

$$II. \quad \tan \alpha = \frac{y_n}{e} \quad (2)$$

α ... Winkel, unter welchem das Maximum n -ter Ordnung beobachtbar ist

e ... Schirmabstand

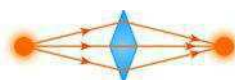
- d) Berechne den Spurbabstand des verwendeten Datenträgers und vergleiche mit dem Literaturwert. Nenne Ursachen für mögliche Abweichungen.

Aufgabe 251012 – Fallexperiment

Physli lässt zwei verschiedene Bälle gleichzeitig aus dem Fenster eines Hochhauses fallen. Er ist verwundert, dass die Bälle zu verschiedenen Zeiten auf dem Boden auftreffen. Ihr Physiklehrer hatte ihnen doch erklärt, dass alle Körper gleich schnell fallen. Physli beschließt daraufhin, das Fallverhalten seiner Bälle genauer zu untersuchen. Biologika unterstützt ihn dabei.

Er nimmt Videos der fallenden Bälle auf und analysiert diese mit einer Software. So erhält er das Weg-Zeit-Diagramm aus Abbildung 5.

- a) Interpretiere das Diagramm.
- b) Begründe, dass die beiden Bälle jeweils nach einer bestimmten Fallzeit eine konstante Geschwindigkeit erreichen.
Begründe, dass sich die beiden Bälle innerhalb der ersten Phase ihrer Bewegung nicht gleichmäßig beschleunigt bewegen.
- c) Bestimme aus dem Diagramm die Endgeschwindigkeit für beide Bälle.
- d) Physli lässt den Ball 1 zum Zeitpunkt $t_0 = 0$ s aus einem Fenster in $h_1 = 15$ m Höhe fallen. Ermittle grafisch die Höhe h_2 , aus welcher Biologika den Ball 2 zum gleichen Zeitpunkt fallen lassen muss, so dass beide Bälle gleichzeitig auf dem Boden auftreffen.



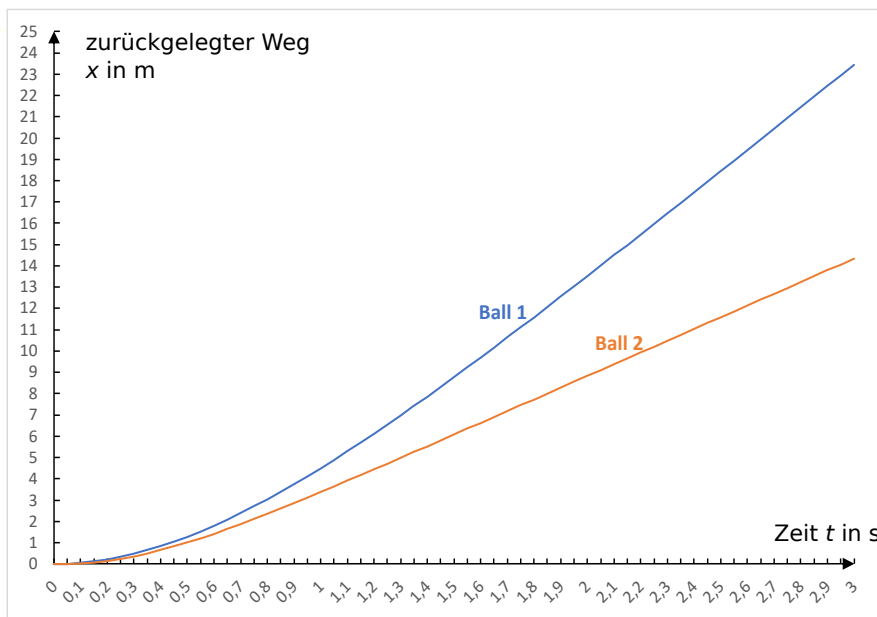


Abbildung 5: Weg-Zeit-Diagramm der Bewegungen

Aufgabe 251013 – Ballonspeicher

Ein mit Luft gefüllter Ballon stellt eine Möglichkeit dar, mechanische Energie zu speichern. Die Speichereigenschaften eines Ballons werden im Folgenden experimentell untersucht.

Zunächst wird an der Öffnung eines Ballons ein Röhrchen vernachlässigbarer Wanddicke befestigt, so dass die Luft nur über das Röhrchen entweichen kann. Wird das Röhrchen in ein mit Wasser gefülltes zylindrisches Gefäß getaucht, kann bei ausreichender Röhrchenlänge und Wassertiefe h keine Luft aus dem Röhrchen entweichen. Die Querschnittsfläche des Röhrchens beträgt 15 % des Zylinderquerschnitts (vgl. Abbildung 6).

- a) Erkläre, warum bei ausreichender Wassertiefe keine Luft mehr entweichen kann.

Röhrchen und Ballon werden so positioniert, dass die untere Öffnung des Röhrchens gerade keine Luft entweichen lässt. Die Öffnung befindet sich dann 25 cm unter der Wasseroberfläche.

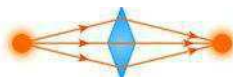
- b) Berechne den Gasdruck im Ballon.

Ballon und Röhrchen werden nun um 15 cm angehoben.

- c) Berechne den Gasdruck, der sich nun im Ballon einstellt.

Anschließend werden Röhrchen und Ballon wieder um 15 cm abgesenkt.

- d) Berechne, wie weit sich dann die untere Öffnung des Röhrchens unter der Wasseroberfläche befindet. Beim Absenken reduziert sich das übrige Gasvolumen um 10 %.



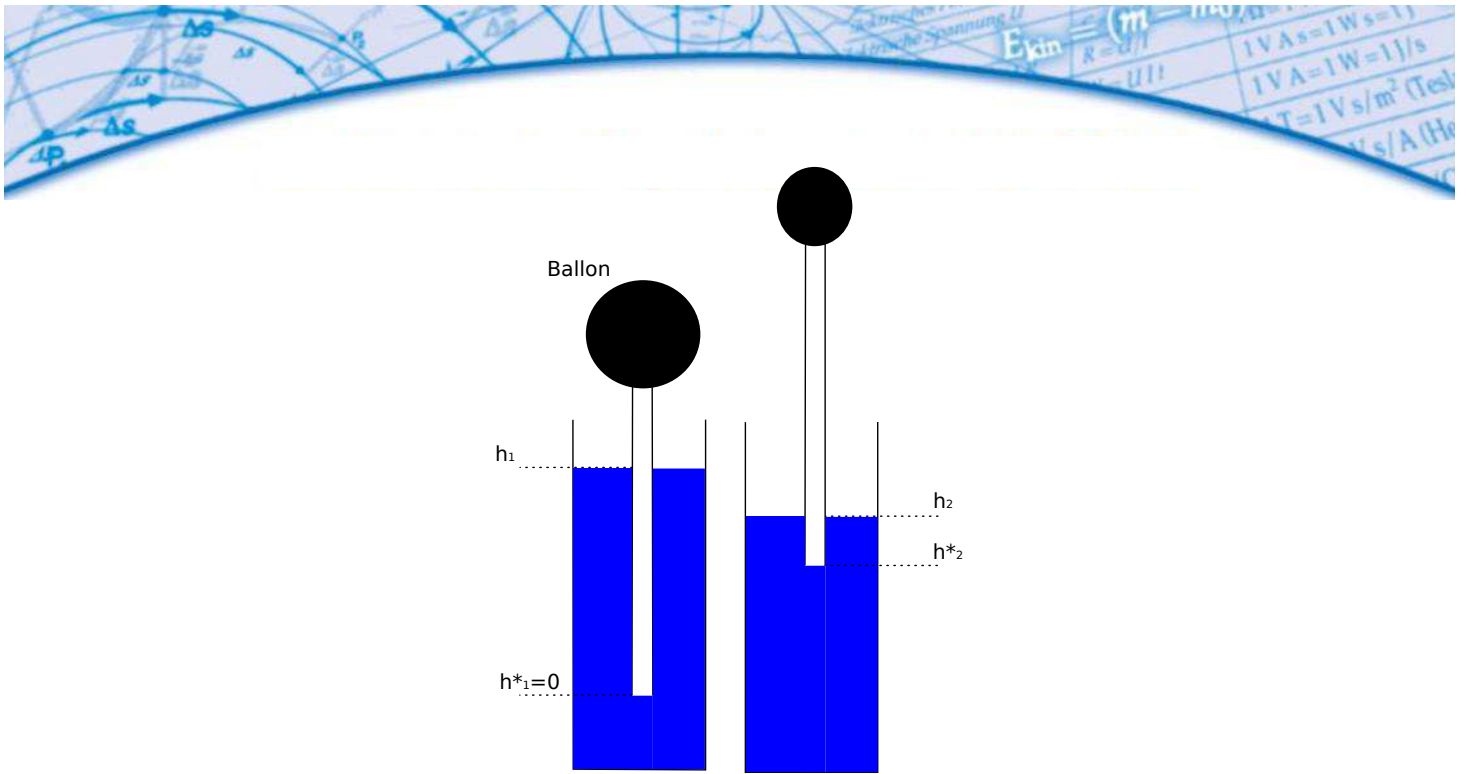


Abbildung 6: Links: Ausgangssituation; Rechts: Situation nach dem Anheben

Hinweis: Zur Lösung der Aufgabe ist das Gesetz von Boyle-Mariotte hilfreich.

- e) Mit Hilfe des im Experiment genutzten Prinzips soll die Überschussenergie einer Offshore-Windkraftanlage gespeichert werden. Dazu wird ein Kompressor genutzt, der den Ballon füllt. Erkläre die bei der Energiespeicherung und -abrufung ablaufenden Vorgänge.

