

Theoretische Physik I: Klassische Mechanik - Übungsblatt

Prof. Dr. Guy Moore



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DARMSTADT

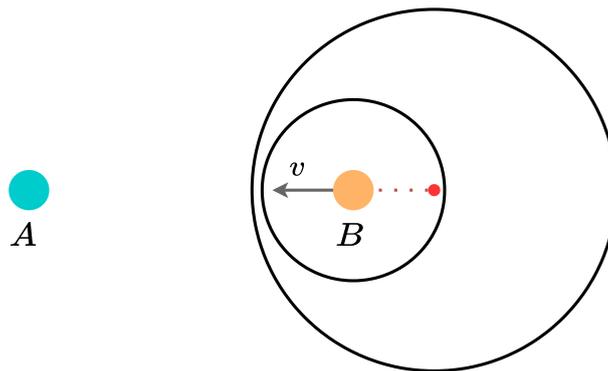
Sommersemester 2022
Übungsblatt 12

Deadline: 08.07 23 Uhr online

Aufgabe 12.1: Lichter. 10p.

Beobachter A empfängt Licht von Beobachter B , der sich mit der Geschwindigkeit v in Richtung A bewegt (aus der Perspektive von A). Nähern sie *nicht* $v/c \ll 1$.

Aus der Perspektive von A emittiert B zwei "Wellenberge" aus Licht. Der erste Wellenberg wird (A zufolge) emittiert, wenn der Abstand zwischen A und B gleich r ist und zur Zeit $t = 0$. Aus B s Perspektive sind die zwei "Wellenberge" durch die Zeit T_B getrennt und das Licht hat daher die Frequenz $f_B = 1/T_B$. Wir wollen die Frequenz finden, die A beobachtet.



12.1a)

(1p) Zu welcher Zeit wird der zweite Lichtstoß emittiert?

12.1b)

(2p) Wie groß ist der Abstand zwischen A und B zu dem Zeitpunkt, zu dem der zweite Lichtstoß emittiert wird?

12.1c)

(2p) Was sind die Zeiten, zu denen der erste und zweite Stoß A erreichen?

12.1d)

(2p) Was ist der Zeitunterschied T_A zwischen den Wellenbergen, wie er von A wahrgenommen wird, und wie groß ist die Frequenz $f_A = 1/T_A$? Was ist das Verhältnis f_A/f_B ?

12.1e)

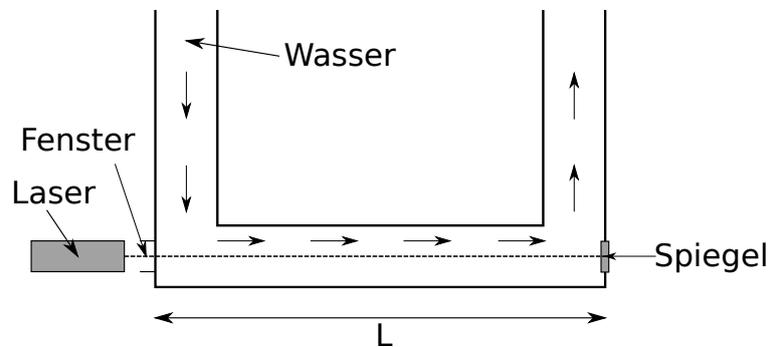
(3p) Nehmen Sie an, dass A einen Spiegel hochhält, um das Licht zurück zu B zu senden. Aus B s Perspektive, mit welcher Geschwindigkeit nähert sich A ? Bestimmen Sie mittels des Ergebnisses aus a) und d) die Frequenz des reflektierten Lichts, die B misst. Sie sollten nicht alle Schritte wiederholen müssen.

Aufgabe 12.2: Licht in Wasser. 10p.

Wir wollen ein Experiment betrachten, das geholfen hat zu klären, wie die Addition von Geschwindigkeiten funktioniert.

Wasser fließt in einem Rohr mit der Geschwindigkeit v . Weil das Wasser einen *Brechungsindex* von $n = 4/3$ hat, bewegt sich Licht im Wasser mit der Geschwindigkeit $c_w = c/n = 3c/4$ – in dem Bezugssystem, in dem das Wasser in Ruhe ist.

Das Rohr ist mit einem geraden Abschnitt der Länge L entworfen, mit rechtwinkligen Biegungen an beiden Enden des Abschnitts. An jedem Ende gibt es ein Fenster, welches Licht erlaubt in das Rohr ein- und auszutreten. An einem Ende gibt es einen gepulsten Laser und einen Photodetektor. Am gegenüberliegenden Ende gibt es einen Spiegel.



12.2a)

(2p) Was ist die Lichtgeschwindigkeit im Bezugssystem des Labors, während es sich das Rohr entlang bewegt, -mit dem Fluss des Wassers?

12.2b)

(2p) Was ist die Lichtgeschwindigkeit im Bezugssystem des Labors, während es sich das Rohr entlang bewegt, -entgegen dem Fluss des Wassers?

12.2c)

(3p) Was ist die Gesamtzeit, die das Licht vom Laser zum Spiegel und zurück benötigt? Wie viel kürzer ist die Zeit, die das Licht benötigt, wenn das Rohr die Länge 10 Meter hat und das Wasser mit einer Geschwindigkeit von 100 m/s fließt, verglichen mit dem Fall, dass das Wasser ruht?

12.2d)

(3p) Vergleichen Sie Ihre Antwort mit der "plumpen" Näherung, dass sich die Geschwindigkeiten linear addieren, das heißt, das Licht bewegt sich vorwärts mit der Geschwindigkeit $v + c/n$ und es kehrt zurück mit der Geschwindigkeit $-v + c/n$. Zeigen Sie, dass sich die wahre Antwort von dieser Näherung unterscheidet. Für die selben Werte wie oben, 10 Meter und 100 m/s, wie unterschiedlich sind die beiden Antworten?

Beim Absolvieren der c) und der d) dürfen Sie in kleinen v^2/c^2 entwickeln, aber c/n sollte als eine Zahl der Größenordnung 1 betrachtet werden.