

Übungen zur Vorlesung Moderne Physik für Lehramtskandidaten, Geophysiker, Meteorologen und Ingenieurpädagogen	
--	--

Sommersemester 2023 Prof. D. Hunger, M.Sc. J. Hessenauer	Fakultät für Physik Physikalisches Institut
--	---

Übungsblatt Nr. 2

Klassische Mechanik und Spezielle Relativitätstheorie

Ausgabe: 24.04.2023

Besprechung: 2.05.2023

Aufgabe 1 Klassische Mechanik

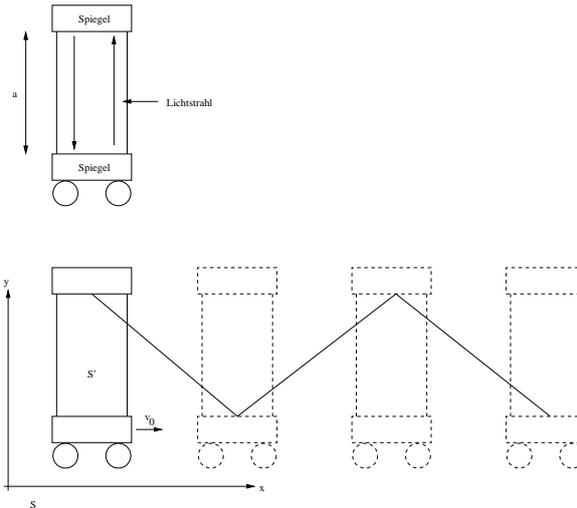
- a) Geben Sie die Newtonschen Axiome in Worten wieder. Was bedeutet Trägheitsprinzip? Zeigen Sie, wie der Impulserhaltungssatz aus den Newtonschen Axiomen folgt. **[0.5P]**
- b) Ein Satellit bewegt sich horizontal mit einer Geschwindigkeit $v_1 = 8 \text{ km/s}$ relativ zur Erdoberfläche (Erdrotation soll vernachlässigt werden). Er soll ein Ladegut in horizontaler Richtung rückwärts ausstoßen, so dass dieses senkrecht auf die Erde fällt. Satellit und Ladegut wiegen 450 kg , das Ladegut allein wiegt 50 kg . Welche Geschwindigkeit relativ zur Erde besitzt der Satellit nach Ausstoßen des Ladeguts? Mit welcher Geschwindigkeit relativ zum Satelliten muss die Ladung ausgestoßen werden? **[1.5P]**

Aufgabe 2: Schwingungen und Wellen

- a) Unter welchen Bedingungen ist eine Schwingung harmonisch? **[0.5P]**
- b) Ein Fadenpendel vollführt eine gedämpfte harmonische Schwingung, die sich durch $y = y_0 e^{-kt} \sin(\omega t + \Phi)$ beschreiben lässt. Die Amplituden der 3. und 4. Schwingung des Pendels betragen 8 cm bzw. 7 cm . Wie groß war die Amplitude der 1. Schwingung? **[1P]**
- c) Erklären Sie die Begriffe "Phasengeschwindigkeit", "Gruppengeschwindigkeit" und "Dispersion". **[0.5P]**
- d) Schall ist eine Druckwelle, die sich in Luft ausbreitet. Die Amplitude \hat{p} des Schalldrucks hängt mit der Dichte ρ der Luft, der Schallgeschwindigkeit v_S , der Frequenz f und der Amplitude \hat{y} der Schwingung eines Luftmoleküls, das von der Schallwelle erfasst wird, über die Beziehung $\hat{p} = 2\pi f v_S \rho \hat{y}$ zusammen. Ein Ton der Frequenz $f = 400 \text{ Hz}$ ist (bei 20°C) eben noch zu hören, wenn seine Schalldruckamplitude $\hat{p} = 8 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2 = 80 \mu\text{Pa}$ beträgt. Vergleichen Sie die Amplitude dieser Schwingung mit dem Atomabstand von 120 pm in einem Sauerstoffmolekül (O_2) und bestimmen Sie die maximale Geschwindigkeit der schwingenden Luftmoleküle. Die Schallgeschwindigkeit sei $v_S = 344 \text{ m/s}$ und die Luftdichte $\rho_{\text{Luft}} = 1.29 \text{ kg/m}^3$. **[1.5P]**

Aufgabe 3: Einsteinsches Relativitätsprinzip

- (a) Geben Sie die Einsteinschen Postulate wieder und erläutern Sie, wie sich daraus bereits (ohne Verwendung der Lorentz-Transformation) der negative Ausgang des Michelson-Morley-Experiments erklären lässt. [1P]
- (b) Ein Lichtstrahl wird zwischen zwei parallelen Spiegeln im Abstand $a = 1.5 \text{ m}$ einer Lichtuhr hin und her reflektiert. Die Lichtuhr bewegt sich mit der Geschwindigkeit $v = 2 \times 10^7 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ relativ zum Bezugssystem S .



- i. Wir betrachten das Problem zunächst wieder ohne Spezielle Relativitätstheorie: Welchen Weg legt der Lichtstrahl zwischen zwei Reflexionen im Bezugssystem S' und welchen legt er in S zurück? [0.5P]
- ii. Im Bezugssystem S' hat das Licht die Geschwindigkeit $c = 3 \times 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Welche Geschwindigkeit hat es nach den Galilei Transformationen im Bezugssystem S ? [0.5P]
- iii. Berechnen Sie aus den in Aufgabenteil i) berechneten Weglängen (verwenden Sie hier die Teilergebnisse die Sie erhalten haben bevor explizit klassische Annahmen getroffen wurden) und der Annahme, daß die Lichtgeschwindigkeit in allen Bezugssystemen konstant ist, den Zusammenhang zwischen t und t' . [1P]

Aufgabe 4: Kinematische Folgerungen aus der Lorentz-Transformation

In einem Linearbeschleuniger wird ein Elektron auf die Geschwindigkeit $v = 0,6c$ beschleunigt. Anschließend durchfliegt es mit konstanter Geschwindigkeit eine Strecke von 9 m Länge im Laborsystem (d.h. im Ruhesystem des Beschleunigers).

- (a) Wie lange braucht das Elektron, um diese Strecke zu durchfliegen? [0.5P]
- (b) Wie lang ist die Strecke im Ruhesystem des Elektrons? [0.5P]
- (c) Welche Zeit vergeht im Ruhesystem des Elektrons, bis die Strecke durchflogen ist? [0.5P]

Weitere Informationen und Updates zur Vorlesung/Übung finden Sie auch hier:
https://ilias.studium.kit.edu/goto.php?target=crs_2093879&client_id=produktiv