

60. Wellengleichung (4 Punkte)

Die Wellengleichung für eine eindimensionale, ebene Welle lautet

$$\frac{d^2 u}{dt^2} = c^2 \frac{d^2 u}{dx^2}.$$

- Geben Sie eine Wellenfunktion einer ungedämpften, harmonischen Welle an und zeigen Sie, dass sie eine Lösung dieser partiellen Differentialgleichung ist. Welche Bedeutung hat c ?
- Wie hängt c im Fall einer mechanischen Welle von den elastischen Eigenschaften des Mediums ab? Geben Sie ein Beispiel.
- Wie muss die Wellenfunktion von a) ergänzt werden, damit sie eine schwach gedämpfte, harmonische Welle beschreibt. Begründen Sie kurz Ihre Antwort.

61. Welle im Aluminiumblock (6 Punkte)

In einem Aluminiumblock (Dichte von Aluminium: $\rho = 2,73 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$) breitet sich in x -Richtung eine hochfrequente, ebene Transversalwelle aus. Die Teilchenauslenkung u wird, bei vernachlässigbarer Dämpfung, durch die Wellenfunktion $u = u_0 \cos((40 \text{ m}^{-1})x - (1,26 \cdot 10^5 \text{ s}^{-1})t)$ beschrieben.

- Welche Frequenz ν und welche Wellenlänge λ hat diese Welle?
- Welche Phasengeschwindigkeit v_{ph} hat die Welle und wie groß ist der Schermodul G des Werkstoffes?
- Die Schallwelle erfährt bei ihrer Ausbreitung eine schwache Dämpfung. Wie muss die obige Wellenfunktion allgemein ergänzt werden, um dies zu berücksichtigen? Welchen Wert hat der dabei auftretende Dämpfungskoeffizient α , wenn die Schallamplitude pro Meter um 1% abnimmt? Um wie viel % nimmt zugleich die Schallintensität I ab? Hinweis: $I \propto$ Energiedichte
- Was müsste man an der Wellenfunktion oben ändern, damit die Welle nicht in die positive x -Richtung sondern in die negative x -Richtung läuft? Begründen Sie Ihre Antwort.

62. Orgelpfeifen (4 Punkte)

Eine Orgelpfeife ist 0.5 m lang. Welche Frequenzen haben ihre tiefste akustische Eigenschwingung (Grundton) und der erste Oberton, wenn

- beide Seiten offen sind, oder
- eine Seite offen und das andere Ende geschlossen ist?
- Wie groß sind der Grundton und der erste Oberton bei einem Stahlstab der gleichen Länge (beide Seiten offen)?

Hinweis: Rechnen Sie erst allgemein und setzen erst dann Zahlenwerte ein. Schallgeschwindigkeiten: von Luft: $c_L = 344 \text{ m/s}$ und von Stahl $c_{ST} = 5100 \text{ m/s}$ (bei 20°C).

63. Doppler Effekt (4 Punkte)

- a) Das Radar einer Radarfalle sendet elektromagnetische Wellen der Frequenz $\nu_0 = 200$ MHz. Ein Auto passiert die Radarfalle mit der Geschwindigkeit $v = 100$ km/h und Welle wird an dem sich entfernenden Auto reflektiert. Bestimmen Sie die Frequenzverschiebung $\Delta\nu$ am Empfänger.
- b) Wie schnell muss man sich einer roten Ampel nähern, damit sie grün erscheint? (rotes Licht: $\lambda = 650$ nm, grünes Licht: $\lambda = 525$ nm). Wenn Sie das als Entschuldigung bringen, dafür dass Sie eine rote Ampel überfahren haben, würden Sie stattdessen einen Strafzettel wegen Geschwindigkeitsüberschreitung bekommen?

64. Lorentz Transformation auf der Enterprise (4 Punkte)

- a) Käpt'n Kirk reist in eine Raumfähre mit einer Geschwindigkeit $v = 0.7c$ relativ zur Enterprise. Er möchte sich eine Tasse grünen Tee kochen, der 6 Minuten ziehen muss. Unglücklicherweise hat er seine Uhr vergessen, daher bittet er Mr. Spock, für ihn die Zeit auf der Enterprise zu stoppen. Nach welcher Zeit muss Mr. Spock den Käpt'n rufen?
- b) Käpt'n Kirk sieht jetzt einen Stock mit 90 cm Länge, der sich parallel zu seiner Längsachse mit halber Lichtgeschwindigkeit bewegt. Er will ihn mit zur Enterprise nehmen, um ihn genauer zu untersuchen, aber in seiner Weltraumfähre ist nur Platz für einen Stock bis zu 1 m Länge. Kann er den Stock mitnehmen, oder nicht?