

1. (Doppler, el.mag. Wellen, Radar, Schwebung, mittelschwer, Q : 1/76)

Um die Geschwindigkeit zu bestimmen, mit der eine Rakete fliegt, wird sie von der Startstelle aus mit Radarwellen verfolgt. Sie treffen die Rakete in Richtung der Fluchtgeschwindigkeit und werden von ihr reflektiert. Überlagert man im Empfänger die ausgesandte Welle mit der (empfangenen und entsprechend verstärkten) reflektierten Welle, so erhält man eine wahrnehmbare Schwebungsfrequenz.

Welche Geschwindigkeit hat eine Rakete, wenn die ausgesandte Welle die Frequenz 100 MHz hat und die Schwebungsfrequenz 500 Hz beträgt? ( $c = 3 \cdot 10^8$  m/s)

(Lösung:  $c = -750$  m/s)

2. (Doppler, Schall, einfach, Q : 2/206)

Eine Fledermaus fliegt mit einer Geschwindigkeit von  $v = 6$  m/s senkrecht zu einer Wand, wobei sie Ultraschall mit einer Frequenz von 45,0 kHz abgibt.

Welche zwei Frequenzen hört die Maus? Die Schallgeschwindigkeit ist mit 340 m/s anzunehmen.

(Lösung:  $f_1 = 4.5 \cdot 10^4$  Hz,  $f_2 = 4.66 \cdot 10^4$  Hz)

3. (Doppler, beide Quellen bewegt, Schall, einfach, Q : 2/205)

Zwei Züge bewegen sich mit den Geschwindigkeiten 72 km/h und 54 km/h aufeinander zu. Der erste Zug läßt einen Pfiff mit einer Frequenz von 600 Hz ertönen. Gesucht ist die Frequenz der Schallwellen, die ein Passagier in dem langsameren Zug vor und nach der Begegnung der Züge wahrnimmt. Die Schallgeschwindigkeit ist mit 340 m/s anzunehmen.

(Lösung:  $f_1 = 666$  Hz,  $f_2 = 542$  Hz)

4. (Licht, Differential, Kreisbewegung, Atomspektrum, schwer, Q : 1/76)

Der Stern Algol im Sternbild des Perseus verändert seine Helligkeit regelmäßig mit einer Periode von 3,96 d. Dabei verschiebt sich die Wellenlänge der  $H_\alpha$ -Linie mit der gleichen Periode zwischen 655,57 nm und 657,37 nm. Die Ursache dieser Erscheinung liegt darin, dass der Stern mit einem dunklen Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt kreist. Die Erde steht nahezu in der Ebene der Kreisbahn, so dass die Linienschiebung eine Folge des Dopplereffekts bei der abwechselnd auf die Erde zu und von ihr weg gerichteten Bewegung ist.

Wie groß ist die Bahngeschwindigkeit und der Durchmesser der von dem hellen Stern beschriebenen Kreisbahn?

(Lösung:  $|v| = 411.2$  km/h und  $2r = 44\,800\,000$  km)

(Tipp: Zeige, dass  $\frac{\Delta f}{f} \approx \frac{v}{c}$  und setze  $\frac{\Delta f}{f} \approx \frac{df}{f}$ . Leite die bekannte Gleichung  $c = f \cdot \lambda$  nach  $t$  ab und forme um ...)

5. (Doppler, Schall, einfach, Q : 2/206)

Ein Beobachter am Meeresufer hört den Ton eines Dampfersignals. Wenn sich der Beobachter und der Dampfer in Ruhe befinden, nimmt der Beobachter einen Ton mit einer Frequenz von 420 Hz wahr. Wenn sich der Dampfer auf den Beobachter zu bewegt, beträgt die Frequenz des wahrgenommenen Tones 430 Hz. Bei Bewegung des Dampfers vom Beobachter weg ist eine Frequenz von 415 Hz zu hören. Es ist die Geschwindigkeit des Dampfers im ersten und im zweiten Fall zu bestimmen, wenn die Schallgeschwindigkeit unter den Versuchsbedingungen 338 m/s beträgt.

(Lösung:  $v_1 = 28.3$  km/h,  $v_2 = 14.7$  km/h)

6. (Doppler, Diagramme, Umgang mit Formel – Kurvendiskussion)

Beim Dopplereffekt (entw. nur bewegte Quelle oder nur bewegter Beobachter) gelten für die empfangene Frequenz bekanntlich folgende Formeln:

$$f' = f \cdot \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}, \quad f' = f \cdot \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}, \quad f' = f \cdot \left(1 + \frac{v}{c}\right), \quad f' = f \cdot \left(1 - \frac{v}{c}\right).$$

Ordne die Fälle den Formeln zu und fertige für alle vier Fälle ein  $f'$ - $v$ -Diagramm (in einem Koordinatenkreuz) im Bereich  $0 \leq v \leq 2,5 c$ .

Diskutiere / beschreibe verbal die einzelnen Diagramme, insb. evtl. auftretende Besonderheiten beim Erreichen von  $v = c$ .

7. (Doppler, Licht, mittelschwer, Q : 2/227)  
 Beim Fotografieren des Sonnenspektrums findet man, dass die gelbe Spektrallinie ( $\lambda = 589 \text{ nm}$ ) in den Spektren, die vom linken und rechten Sonnenrand stammen, einen Unterschied von  $8 \cdot 10^{-12} \text{ m}$  hat. Es ist die lineare Geschwindigkeit der Rotation der Sonnenoberfläche zu bestimmen.  
 (Lösung:  $v = 2 \cdot 10^3 \text{ m/s}$ )
8. (Doppler, Licht, Spektrum, Entladung, mittelschwer, Q : 2/227)  
 Welche Spannung liegt an den Elektroden einer Helium – Entladungsröhre, wenn man bei der Beobachtung eines  $\alpha$  – Strahlenbündels infolge des Dopplereffekts eine maximale Verschiebung  $\Delta\lambda$  der Heliumlinie ( $\lambda = 492.2 \text{ nm}$ ) von  $8 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  feststellt?  
 Lösung:  $U = \frac{me^2 (\Delta\lambda)^2}{2 \lambda^2 q} = 2500 \text{ V}$
9. (Doppler, Licht, mittelschwer, Q : 2/227)  
 Beim Fotografieren des Sternes  $\epsilon$  des Andromedanebels wurde entdeckt, da die Titanlinie ( $\lambda = 4.954 \cdot 10^{-7} \text{ m}$ ) zum violetten Ende des Spektrums hin um  $1.7 \cdot 10^{-7} \text{ m}$  verschoben ist. Wie bewegt sich der Stern relativ zur Erde (Richtung, Geschwindigkeit)?  
 (Lösung:  $v = 103 \text{ km/s}$ )
10. (Doppler, Schall, Prozentrechnung, einfach, Q : 2/205)  
 Wenn ein Zug an einem unbeweglichen Beobachter vorbeifährt, verringert sich die Höhe des Tons einer Pfeife der Lokomotive sprunghaft. Wieviel Prozent der ursprünglichen Frequenz des Tones macht der Abfall aus, wenn sich der Zug mit einer Geschwindigkeit von  $60 \text{ km/h}$  bewegt?  
 (Lösung: 10%)