

Lösungen zu den HA vom 6. Mai 2008

Aufgabe: Düsenflugzeug

Ein Düsenflugzeug überfliegt einen Beobachter in 2000 m Höhe. Es „durchbricht die Schallmauer“, als es unter einem Winkel zur Horizontalen von 25° beobachtet wird.

(a) Wie schnell ist das Flugzeug (in m/s, in Mach)

$$M = \frac{v}{c} = \frac{1}{\frac{c}{v}} = \frac{1}{\sin 25^\circ} = 2,37$$

$$v = 2,37 \cdot 340 \text{ m/s} = 805 \text{ m/s}$$

(b) Wie weit ist das Flugzeug vom Beobachter entfernt, als er es hört?

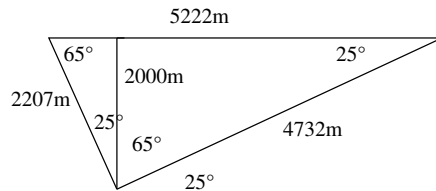
$$\frac{c}{v} = \sin \alpha$$
$$\frac{c}{v} = 0,4226$$

Der Schall hat $\frac{2000 \text{ m}}{\cos 25^\circ} = 2207 \text{ m}$ zurückgelegt, war also $\frac{2207 \text{ m}}{340 \text{ m/s}} = 6,5 \text{ s}$ unterwegs.

In dieser Zeit hat sich das Flugzeug um $\frac{2207 \text{ m}}{\sin 25^\circ} = 5222 \text{ m}$ fortbewegt, also mit einer Geschwindigkeit von $\frac{5222 \text{ m}}{6,5 \text{ s}} = 803 \text{ m/s}$.

$$M = \frac{v}{c} = \text{Mach } 2,36$$

$$\text{Entfernung: } \frac{2000 \text{ m}}{\sin 25^\circ} = 4732 \text{ m}$$



Aufgabe: Reflexion und Dopplereffekt

Ein ruhendes Schiff sei mit Sonar bestückt, das Schallpulse mit einer Frequenz von 40 MHz aussendet. Die von einer Taucherglocke (direkt unter dem Schiff) reflektierten Pulse werden nach einer Zeitverzögerung von 80 ms und mit einer Frequenz von 39,958 MHz empfangen. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Schallwellen im Meerwasser betrage 1,54 km/s. Bestimmen Sie a) die Tiefe der Taucherglocke und b) ihre Sinkgeschwindigkeit (Hinweis: $\frac{1-x}{1+x} \approx 1-2x$ für $x \ll 1$)

$$\text{a) } 2s = c\Delta t, s = c\Delta t/2 = 61,6 \text{ m}$$

b) Frequenz für die bewegte Taucherglocke (wegbewegter Beobachter) $f' = f(1 - \frac{v}{c})$. Mit dieser Frequenz reflektiert die sich weg bewegende Taucherglocke als Sender, das Schiff als ruhender Empfänger misst: $f'' = f' \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}$ (wegbewegte Quelle). Ergibt zusammen die Beziehung:

$$f'' = f \left(\frac{1 - \frac{v}{c}}{1 + \frac{v}{c}} \right) \approx f \left(1 - \frac{2v}{c} \right) \Rightarrow v = c \left(1 - \frac{f''}{f} \right) / 2 = 0,809 \text{ m/s}$$