

Experimentalphysik I

FSU Jena - WS 02/03

Klausur - Lösungen

Stilianos Louca

25. Februar 2009

Aufgabe 1

Die allgemeine Form der harmonischen Schwingung ist gegeben durch

$$Y(t) = Y_0 \sin(\omega t + \varphi)$$

wobei Y_0 die Amplitude, $\omega = 2\pi\nu = 2\pi \text{ 1/s}$ die Kreisfrequenz und φ die Phasenkonstante ist. Demzufolge ist die momentane Geschwindigkeit v gegeben durch:

$$v(t) = \frac{dY}{dt}(t) = \omega Y_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

Einsetzen der Anfangsbedingungen $Y(0) =: x_0 = 6\text{cm}$, $v(0) =: v_0 = 37.3\text{cm/s}$ ergibt also:

$$x_0 = Y_0 \sin(\varphi), \quad v_0 = \omega Y_0 \cos(\varphi)$$

$$\Rightarrow Y_0 = \sqrt{Y_0^2 (\sin(\varphi)^2 + \cos(\varphi)^2)} = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2} = \sqrt{36 + \left(\frac{37.3}{2\pi}\right)^2} \approx 8.44 \text{ cm}$$

$$\varphi = \arcsin\left(\frac{x_0}{Y_0}\right) \approx 0.79$$

Aufgabe 2

- a) Der Luftwiderstand F ist gegeben durch die Gleichung

$$F = \frac{\rho_L v^2}{2} A c_w$$

Die Leistung P des Luftwiderstandes ist demzufolge

$$P = Fv = \frac{\rho_L v^3}{2} A c_w \approx 6.3 \cdot 10^3 \text{ W}$$

was auch der vom LKW aufzubringenden Leistung entspricht.

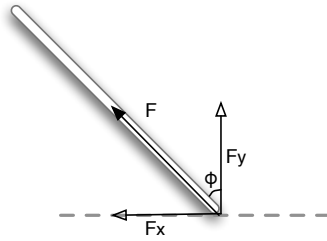
- b) Die Leistung muss auf

$$\frac{P'}{P} \cdot 100 = \left(\frac{v'}{v}\right)^3 \cdot 100 = \left(\frac{8}{6}\right)^3 \cdot 100 \approx 237\%$$

der ursprünglichen Leistung steigen.

Aufgabe 3

Am Berührungspunkt zwischen Rad und Boden wirkt eine Kraft $\vec{F}$ in Richtung Rad-Achse.



Die senkrechte Komponente F_z dieser Kraft muss gleich dem Gewicht mg des Motorrads sein, da dieses sich in Y Richtung nicht bewegt! Das heisst also:

$$F_z = F \cos \varphi \stackrel{!}{=} mg$$

Die horizontale Komponente F_x ist also

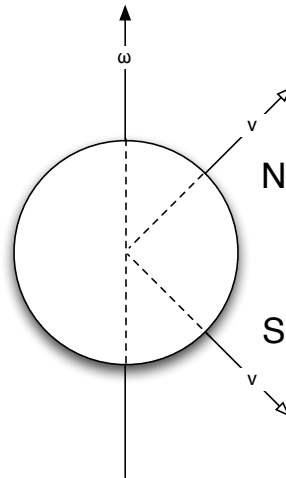
$$F_x = F \sin \varphi = \frac{mg}{\cos \varphi} \sin \varphi = mg \tan \varphi$$

Diese wirkt als Zentripetalkraft die das Motorrad auf eine Kreisbahn mit dem Radius

$$R = \frac{v^2 m}{F} = \frac{v^2}{g \tan \varphi} \approx 4.2 \cdot 10^4 m$$

zwingt.

Aufgabe 4

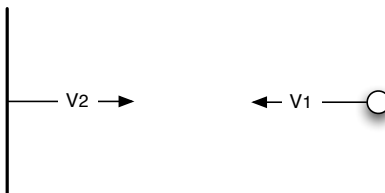


Die Korioliskraft ist gegeben durch

$$\vec{F} = 2\vec{v} \times \vec{\omega}$$

wobei $\vec{v}$ die Geschwindigkeit der Rakete und $\vec{\omega}$ die Winkelgeschwindigkeit der Erde ist. Sie ist also senkrecht auf beide Vektoren! Mit Hilfe der Korkenzieherregel sieht man leicht dass sie in Nord- und Südkugel in Richtung Westen wirkt!

Aufgabe 5



Die Frequenz ν_1 der Welle die auf die Wand auftrifft ist aufgrund des Doppler-Effekts

$$\nu_1 = \nu_0 \frac{(c + v_2)}{(c - v_1)}$$

Die Wand kann aber wiederum als eine neue Quelle betrachtet werden. Die Frequenz ν_2 des Echos die im Fahrzeug gemessen wird ist also analog zu vorhin

$$\nu_2 = \nu_1 \frac{(c + v_1)}{(c - v_2)} = \nu_0 \frac{(c + v_1)(c + v_2)}{(c - v_1)(c - v_2)}$$

Daraus folgt

$$v_2 = c \frac{\nu_2(c - v_1) - \nu_0(c + v_1)}{\nu_2(c - v_1) + \nu_0(c + v_1)} = c \frac{5\nu_2 - 6\nu_0}{5\nu_2 + 6\nu_0}$$

Für die verschiedenen Fälle also:

a)

$$\nu_2 = \frac{36}{25}\nu_0 \Rightarrow v_2 = \frac{c}{11}$$

b)

$$\nu_2 = \frac{6}{5}\nu_0 \Rightarrow v_2 = 0$$

c)

$$\nu_2 = \nu_0 \Rightarrow v_2 = -\frac{c}{11}$$

Aufgabe 6

Ist $\lambda = c/\nu$ die Wellenlänge und $\omega = 2\pi\nu$ die Kreisfrequenz der Welle dann ist

$$y(t, x) = y_0 \sin(\omega t - kx)$$

die entsprechende Wellengleichung, wobei $k := 2\pi/\lambda$ die Kreiswellenzahl ist.

a) Die relative *Stauchung* ε des Mediums ist gegeben durch

$$\varepsilon = \lim_{l \rightarrow 0} \frac{y(t, x) - y(t, x + l)}{l} = -\frac{dy}{dx} = ky_0 \cos(\omega t - kx)$$

Diese nimmt offensichtlich den maximalen Wert

$$\varepsilon_0 := \max\{\varepsilon \mid x \in \mathbb{R}\} = ky_0$$

an. Die maximale Spannung σ_0 ist also

$$\sigma_0 = \varepsilon_0 E = ky_0 E = \frac{2\pi\nu}{c} y_0 E = 2\nu\pi y_0 E \sqrt{\frac{\rho}{E}} = 2\nu\pi y_0 \sqrt{E\rho} \approx 2.64 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$$

b) Die Geschwindigkeit $v(t, x)$ der Teilchen ist gegeben durch

$$v(t, x) = \frac{dy}{dt}(t, x) = \omega y_0 \cos(\omega t - kx)$$

und nimmt den maximalen Wert

$$v_0 := \max\{v \mid t \in \mathbb{R}\} = \omega y_0 = 2\pi\nu y_0 \approx 6.28 \text{ m/s}$$

an.

c)

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi\nu}{c} = \frac{\omega}{c}$$