Physik LK 11, Arbeitsblatt 12 – Harmonischer Oszillator 21.05.10

Kfz-Stoßdämpfer als Anwendung eines gedämpften harmonischen Oszillators

Ein Stoßdämpfer bei einem Auto besteht meistens aus einer Spiralfeder und einem mit Öl gefülltem Kolben, der für die Dämpfung sorgt.

Wir betrachten ein Auto mit folgenden Kennzahlen:

- Die Masse des Kfz beträgt *m = 1,5 t*.
- Der Stoßdämpfer soll Stöße abfangen können, die zusätzlichen $F = 5285\,N$ entsprechen.
- Die Feder kann maximal um *s = 20 cm* gestaucht werden.

<u>Aufgabe 1:</u> Ungedämpfter Fall (Stoßdämpfer kaputt)

a) Berechne die Richtgröße D so, dass die maximale Auslenkung 20 cm nicht überschreitet.

$$F = D \cdot s \qquad \Leftrightarrow D_{Ges} = \frac{F}{s} = \frac{1500\,kg \cdot 9{,}81\,m/s^2 + 5285\,N}{0{,}2\,m} = 100000\,\frac{kg}{s^2}$$

$$D = \frac{D_{ges}}{4} = 25000\,\frac{kg}{s^2}$$

A: Die Federhärte muss 25000 kg/s² betragen.

b) Berechne die Eigenkreisfrequenz und die Periodendauer der ungedämpften Schwingung.

$$\boldsymbol{\omega_0} = \sqrt{\frac{D}{m}} = \sqrt{\frac{25000\,kg/s^2}{1500\,kg}} = \sqrt{16{,}\overline{6}\,s^{-2}} = \mathbf{4{,}08\,s^{-1}}$$

$$\boldsymbol{T} = \frac{2\pi}{\omega_0} = \frac{2\pi}{\sqrt{16{,}\overline{6}}\,s^{-1}} \approx \mathbf{1{,}54\,s}$$

A: Die Eigenkreisfrequenz beträgt etwa 4,08 s^{-1} und die Periodendauer beträgt etwa 1,54 s.

<u>Aufgabe 2:</u> Gedämpfter Fall

Bei modernen Fahrzeugen können die Stoßdämpfer je nach Fahrweise eingestellt werden.

a) Das Fahrwerk wird komfortabel eingestellt. Die Dämpfungskonstante beträgt $\beta = 1342{,}147591\,kg\,s^{-1}$. Um wie viel Prozent nimmt die Amplitude zwischen zwei Schwingungen ab?

$$\gamma = \frac{\beta}{m} = \frac{1342{,}147591\,kg\,s^{-1}}{1500\,kg} = 0{,}8947650607\,s^{-1}$$

$$\Lambda = \frac{\pi\,\gamma}{\sqrt{\omega_0^2 - \frac{\gamma^2}{4}}} = \frac{\pi\,0{,}8947650607\,s^{-1}}{\sqrt{16{,}\overline{6}\,s^{-2} - \frac{0{,}8947650607^2\,s^{-2}}{4}}} = 0{,}6927204229$$

$$\ln\left(\frac{y(t_n)}{y(t_{n+1})}\right) = 0{,}6927204229 \quad | \text{ exp}$$

$$\frac{y(t_n)}{y(t_{n+1})} = 2$$ Die vorherige größte Auslenkung ist also doppelt so groß wie die folgende.

A: Die Amplitude nimmt zwischen zwei Schwingungen um 50% ab.

b) Das Fahrwerk wird sportlich eingestellt. Bestimme die Dämpfung γ so, dass eine Schwingung komplett unterdrückt wird.

Bedingung für den Kriechfall bzw. aperiodischen Grenzfall:

$$\frac{\gamma^2}{4} \geq \omega_0^2 \quad | \quad \cdot 4$$
$$\Leftrightarrow \gamma^2 \geq \omega_0^2 \cdot 4 \quad | \quad \sqrt{}$$
$$\Leftrightarrow \gamma \geq \omega_0 \cdot 2$$
$$\Leftrightarrow \gamma \geq \sqrt{16{,}\overline{6}}\,s^{-1} \cdot 2$$
$$\Leftrightarrow \gamma \geq 8{,}164965809\,s^{-1}$$

A: Die Dämpfung γ müsste größer oder gleich 8,16 s^{-1} sein.