

10. Übungsblatt

Gravitation – Deformation

Es empfiehlt sich, zuerst allgemein zu rechnen und erst in die Endformeln Zahlenwerte einzusetzen

1. Gravitationsdrehwaage (leicht)

- a) Berechnen Sie die Gravitationskraft zwischen einer punktförmigen Masse von 15 g und einer punktförmigen Masse von 1500 g im Abstand von 3 cm.
- b) Wie groß ist die Beschleunigung der kleinen Masse unter der Wirkung dieser Kraft?
- c) Welchen Weg hat die kleine Masse innerhalb von 1 Minute zurückgelegt, wenn sie aus dem Zustand der Ruhe heraus beschleunigt wird?

Ergebnisse: a) $F = 1,67 \cdot 10^{-9} \text{ N}$; b) $a = 1,11 \cdot 10^{-7} \text{ m/s}^2$; c) $s = 0,20 \text{ mm}$.

2. Zugfestigkeit von Stahl

- a) Wie lang kann ein senkrecht hängendes Stahlseil maximal sein, bevor es unter seinem eigenem Gewicht zerreißt?
- b) Ein Stahlstab der Länge ℓ rotiert um eine vertikale Achse, die senkrecht zur Stabachse durch ein Stabende geht. Bei welcher Drehzahl reißt der Stab? (Hinweis: Das Material reißt, wenn die Zugspannung die Zugfestigkeit überschreitet.)

Zahlenwerte: Zugfestigkeit von Stahl: $\sigma_F = 700 \text{ N/mm}^2$; $\ell = 1,5 \text{ m}$; $\rho = 7,928 \text{ g/cm}^3$.

Ergebnisse: a) $L = 9 \text{ km}$; b) $f = 45 \text{ Hz}$ ($= 2700 \text{ U/min}$).

3. Platindraht (leicht)

- a) An einem zylindrischen Platindraht der Länge ℓ und des Querschnitts A wird ein Gewicht der Masse m aufgehängt. Berechnen Sie die Spannung σ in dem Draht. Das Eigengewicht des Drahts sei vernachlässigbar.
- b) Wie groß sind die relativen Änderungen $\Delta\ell/\ell$, $\Delta A/A$ und $\Delta V/V$ sowie die absoluten Änderungen $\Delta\ell$, ΔA , ΔV von Länge, Querschnitt und Volumen?
- c) Wie groß ist die in dem Draht gespeicherte elastische Energie? Es gelte das Hookesche Gesetz.

Zahlenwerte: $E_{Pt} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$; Poissonzahl $\mu = 0,39$; $\ell = 1 \text{ m}$; $A = 5 \text{ mm}^2$; $m = 10 \text{ kg}$.

Ergebnisse: a) $\Delta\ell = 0,115 \text{ mm}$; b) $\Delta A = -450 \text{ } \mu\text{m}^2$; $\Delta V = 0,13 \text{ mm}^3$; c) $E = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ J}$.

4. Eine Kardanwelle überträgt Drehmoment und Leistung vom Getriebe eines Autos zum Differential an der Hinterachse.
- a) Welches Drehmoment wirkt auf die Kardanwelle, wenn der Motor bei der Drehzahl U seine maximale Leistung P abgibt? Betrachten Sie die Fahrt im 1. und im 5. Gang.
 - b) Die Kardanwelle sei ein Rohr mit dem Radius R , der Wandstärke d und der Länge l . Wie groß ist die Torsionsfederkonstante der Kardanwelle? Um welche Winkel werden in den Fällen in a) die Stirnflächen der Kardanwelle gegeneinander verdreht? Betrachten Sie dabei die Kardanwelle als einen dünnwandigen Hohlzylinder ($d \ll R$).
 - c) Welche Torsionsfederkonstante hätte die Kardanwelle, wenn diese nicht als Rohr sondern als massiver Stab ausgeführt wäre? Um welche Winkel werden die Stirnflächen einer massiven Kardanwelle gegeneinander verdreht?

Zahlenwerte: $U = 5000 \text{ U/min}$; $P = 50 \text{ kW}$; Untersetzungsverhältnis des Getriebes im 1. (5.) Gang: 1:4 (1:1); $R = 3 \text{ cm}$; $d = 2 \text{ mm}$; $l = 2 \text{ m}$; Schubmodul $G = 6,1 \cdot 10^4 \text{ N/mm}^2$

Ergebnisse: a) $M_1 = 382 \text{ Nm}$; $M_5 = 95,5 \text{ Nm}$; b) $\varphi_1 = 2,1^\circ$; $\varphi_5 = 0,53^\circ$;
c) $\varphi_1 = 0,56^\circ$; $\varphi_5 = 0,14^\circ$.