

Inverted Physics hour

07./08.12.2015

Themen

- Elastische Verformungen von Festkörpern
- Schweredruck
- Stempeldruck

Alte Klausuraufgabe: Durchbiegung

Um die Durchbiegung eines Balkens zu berechnen, braucht man

- A) den Schermodul. → Scherung
- B) die Poisson-Zahl. → Querkontraktion
- ☒ C) den Elastizitätsmodul. → Dehnung / Stauchung, Durchbiegung
- D) den Kompressionsmodul. → Kompression
- E) den Torsionsmodul. → Torsion

Alte Klausuraufgabe: Durchbiegung $a \begin{array}{|c|} \hline b \\ \hline \end{array}$ $\Delta h = \frac{1}{E} \cdot \frac{4l^3}{a^3 \cdot b} \cdot \overline{F}$

Ein einseitig eingespannter Balken mit Breite $b = 3 \text{ cm}$ und Höhe $a = 10 \text{ cm}$ biegt sich an seinem Ende um $\Delta h = 1,8 \text{ mm}$ durch. Wie groß ist die Durchbiegung $\Delta h'$, wenn der Balken nicht hochkant, sondern quer (als Brett) eingespannt wird?

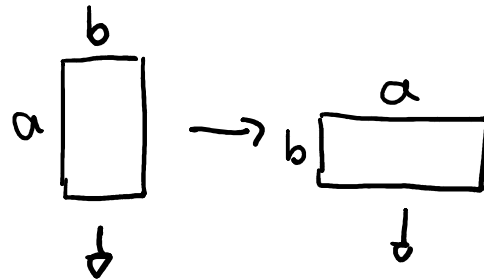
A) $\Delta h' = 5 \text{ mm}$.

☒ B) $\Delta h' = 20 \text{ mm}$.

C) $\Delta h' = 15 \text{ mm}$.

D) $\Delta h' = 12 \text{ mm}$.

E) $\Delta h' = 18 \text{ mm}$.



$\Delta h = \dots$

$\Delta h' = \dots$

$\rightarrow \frac{\Delta h'}{\Delta h} =$

$$\Delta h = \frac{1}{E} \cdot \frac{4e^3}{a^3 \cdot b} \cdot \overline{F}$$

$$\Delta h' = \frac{1}{E} \cdot \frac{4e^3}{b^3 \cdot a} \cdot \overline{F}$$

$$\left. \begin{array}{l} \Delta h = \frac{1}{E} \cdot \frac{4e^3}{a^3 \cdot b} \cdot \overline{F} \\ \Delta h' = \frac{1}{E} \cdot \frac{4e^3}{b^3 \cdot a} \cdot \overline{F} \end{array} \right\} \frac{\Delta h'}{\Delta h} = \frac{\frac{1}{E} \cdot \frac{4e^3}{b^3 \cdot a} \cdot \overline{F}}{\frac{1}{E} \cdot \frac{4e^3}{a^3 \cdot b} \cdot \overline{F}} = \frac{a^3 b}{b^3 a} = \frac{a^2}{b^2}$$

$$\rightarrow \Delta h' = \Delta h \cdot \frac{a^2}{b^2} = 1,8 \text{ mm} \cdot \frac{100 \text{ cm}^2}{9 \text{ cm}^2} = 20 \text{ mm}$$

Dehnung / Stauchung

$$\Delta l = \frac{l}{E} \cdot \frac{F}{A}$$

$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l}$$

Ein zylinderförmiger Stahlstab mit Länge $l = 20\text{cm}$ und Durchmesser $d = 3.1\text{cm}$ soll durch ein Loch in einer Stahlplatte mit Durchmesser $D = 3.0\text{cm}$ geschoben werden.

Mit welcher Kraft muss der Stab an den Enden gezogen werden, damit er durch das Loch passt?

Elastizitätsmodul von Stahl: $E = 200 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$, Poissonzahl von Stahl $\mu = 0,3$.

a) $F = 1'600 \text{ N}$

b) $F = 16'000 \text{ N}$

c) $F = 160'000 \text{ N}$

d) $F = 1'600'000 \text{ N}$

(e) $F = 16'000'000 \text{ N}$

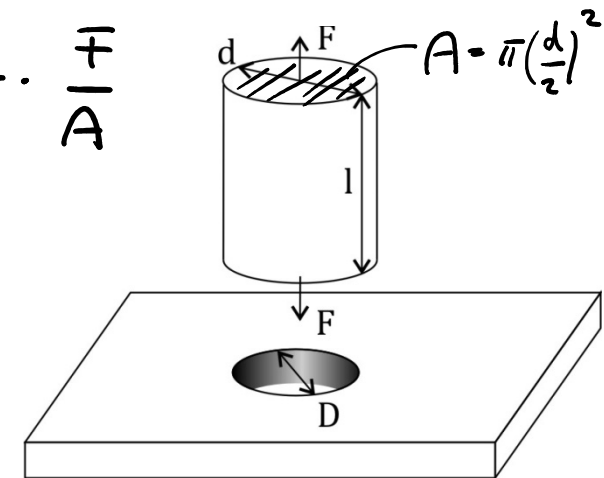
$$\frac{\Delta d}{d} = -\mu \frac{\Delta l}{l} \Rightarrow -\mu \cdot \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{A}$$

$$\frac{\Delta l}{l} = \frac{1}{E} \cdot \frac{F}{A}$$

$$F = -\frac{\Delta d}{d} \cdot \frac{E}{\mu} \cdot A$$

$$= \frac{0,1 \text{ cm}}{3,1 \text{ cm}} \cdot \frac{200 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2}{0,3} \cdot \pi \left(\frac{3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}}{2} \right)^2$$

$$= 16 \text{ MN}$$



Scherung eines Radiergummis

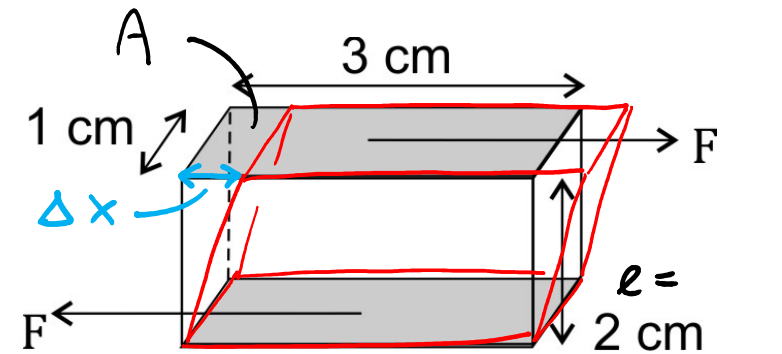
$$\Delta x = \frac{\ell \cdot F}{G \cdot A}$$

Ein 2cm dicker, 1cm breiter und 3cm langer Radiergummi wird mit seiner Dicke zwischen zwei Platten eingespannt. Die beiden Platten ziehen in entgegengesetzter Richtung entlang der Radiergummioberfläche. Dadurch wird der Radiergummi um eine Distanz $\Delta x = 0,2\text{cm}$ geschert.

Schubmodul von Gummi: $G = 0,003 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Wie groß sind die beiden Kräfte F ?

- a) $F = 0,9 \text{ N}$
- b) $F = 9 \text{ N}$
- c) $F = 90 \text{ N}$
- d) $F = 900 \text{ N}$
- e) $F = 9'000 \text{ N}$



$$F = \frac{\Delta x \cdot G \cdot A}{\ell} = \frac{0,2 \text{ cm} \cdot 0,003 \cdot 10^9 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \cdot 3 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2}{2 \text{ cm}} = 90 \text{ N}$$

Alte Klausuraufgabe: Stempeldruck

$$p_1 = p_2$$

Eine hydraulische Presse besitze zwei kreisförmige Stempel mit Stempelradien R_1 und $R_2 = 25 \cdot R_1$. Mit welcher Kraft F_1 muss man Stempel 1 nach unten drücken, um bei Stempel 2 eine Kraft von $F_2 = 2000 \text{ N}$ zu erzeugen?

- A) $F_1 = 10 \text{ kN}$
- ☒ B) $F_1 = 3,2 \text{ N}$
- C) $F_1 = 400 \text{ N}$
- D) $F_1 = 50 \text{ kN}$
- E) $F_1 = 8,0 \text{ N}$

$$p = \frac{F}{A} \quad ; \quad A = \pi R^2$$

$$p_1 = \frac{F_1}{A_1} = p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$F_1 = F_2 \cdot \frac{A_1}{A_2} = F_2 \cdot \frac{\pi R_1^2}{\pi R_2^2}$$

$$= F_2 \cdot \frac{R_1^2}{(25R_1)^2} = F_2 \cdot \frac{\cancel{R_1^2}}{25^2 \cdot \cancel{R_1^2}}$$

$$= \frac{F_2}{25^2} = \frac{2000 \text{ N}}{25^2} = 3,2 \text{ N}$$

Alte Klausuraufgabe: U-Rohr I

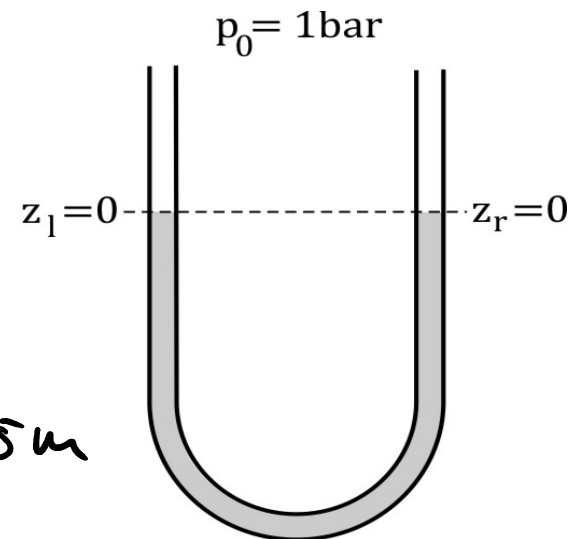
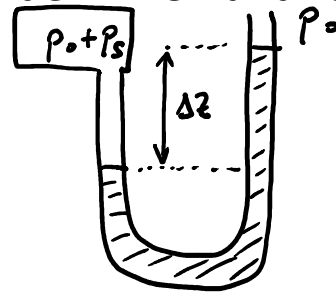
$$p_s = \rho \cdot g \cdot h$$

In einem U-Rohr befinde sich Wasser mit einer Dichte von $\rho = 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Die Rohrenden sind oben offen und befinden sich an Raumluft bei einem Druck von $p_0 = 1,0 \text{ bar}$. Rechnen Sie mit einer Erdbeschleunigung von $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$.

Hinweis: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Um wieviel bar muss man den Druck auf der linken Seite erhöhen, damit die dadurch entstehende Höhendifferenz zwischen der linken und rechten Seite $\Delta z = z_r - z_l = 5 \text{ m}$ beträgt?

- A) $p_l = 2,54 \text{ bar}$
- B) $p_l = 0,27 \text{ bar}$
- C) $p_l = 1,27 \text{ bar}$
- D) $p_l = 0,54 \text{ bar}$
- E) $p_l = 1,54 \text{ bar}$



$$\begin{aligned} p_s &= \rho \cdot g \cdot h \\ &= 1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 5 \text{ m} \\ &= 0,54 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ &= 0,54 \text{ bar} \end{aligned}$$

Alte Klausuraufgabe: U-Rohr II

$$p_s = \rho \cdot g \cdot h$$

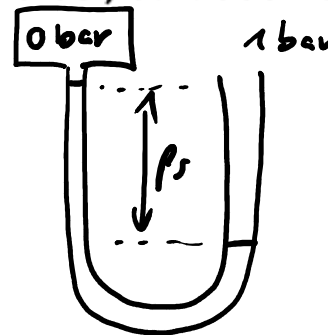
In einem U-Rohr befinde sich Wasser mit einer Dichte von $\rho = 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Die Rohrenden sind oben offen und befinden sich an Raumluft bei einem Druck von $p_0 = 1,0 \text{ bar}$. Rechnen Sie mit einer Erdbeschleunigung von $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Hinweis: $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

Wenn man auf der linken Rohrseite, anstelle zu pusten, saugt, welchen Höhenunterschied zwischen links und rechts $\Delta z = z_l - z_r$ kann man prinzipiell maximal erreichen. Nehmen Sie an, dass die Länge des U-Rohrs nicht limitierend sei, d.h. das Rohr ist auf jeden Fall genügend lang.

- A) $\Delta z = 100 \text{ m}$
- B) $\Delta z = 21,5 \text{ m}$
- C) $\Delta z = 2,6 \text{ m}$
- D) $\Delta z = 9,3 \text{ m}$

E) Man kann jeden beliebigen Höhenunterschied erreichen, wenn man nur stark genug saugt.



$$\Delta p = 1 \text{ bar} = p_s$$

$$h = \frac{p_s}{\rho \cdot g} = \frac{10^5 \text{ Pa}}{1100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = 9,3 \text{ m}$$