

Übungen zur Physik PHY 117, Serie 6, HS 2011

Abgabe: Gruppen 5 bis 8: 13.12., Gruppen 1 bis 4: 20.12., jeweils 12.00 Uhr

Lösungen zu den Aufgaben

1. Elastische Eigenschaften von Materialien [3P]

(a) Hooke sagt: $\sigma = E\epsilon$ nach den Angaben ist also $\sigma_Y = 2 \cdot 10^9 Pa \cdot 0.5 = 10^9 Pa$. Das ist doppelt so gross wie der von Stahl ($\sigma_Y = 5 \cdot 10^8 Pa$).

(b) Der relative Fehler in σ_Y ist $r_\sigma^2 = r_E^2 + r_\epsilon^2$. Nach Angaben sind die Fehler $r_E = 0.05$ und $r_\epsilon = 0.1$, das heisst: $r_\sigma^2 = (0.05)^2 + 0.1^2 = 1.25 \cdot 0.1^2$. Damit wird der relative Fehler der Zerreissspannung: $r_\sigma \simeq 11\%$.

(c) Wieder nach Hooke: $\epsilon = \sigma/E$. Mit den Angaben: $\epsilon = \frac{5 \cdot 10^8 Pa}{2 \cdot 10^{11} Pa} = 2.5 \cdot 10^{-3}$. Also nur um ein Viertel Prozent!

2. Packung von langen Molekülen [4P]

(a) Die Zelle muss mindestens so gross wie der doppelte Gyrationradius sein, also $R_Z = 2R_g$. Mit $R_g^2 = \xi_P * L/6$ ergibt sich: $R_Z = 2\sqrt{\xi_P L/6}$ oder quadriert: $R_Z^2/4 = \xi_P L/6$. Auflösen nach L ergibt: $L = 3R_Z^2/(2\xi_P)$. Mit den numerischen Werten eingesetzt ergibt sich: $L = 3 \cdot 5^2 \cdot 10^{-12} m^2 / (2 \cdot 5 \cdot 10^{-8} m) = 3/2 \cdot 5 \cdot 10^{-4} m = 0.75 mm$. Mit einem Basenpaar Abstand von $3.4 \text{ \AA} = 3.4 \cdot 10^{-10} m$ entspricht dies $7.5/3.4 \cdot 10^6 \simeq 2 \cdot 10^6$ Basenpaaren.

(b) Der relative Fehler in L ist $r_L^2 = 4r_R^2 + r_\xi^2$ (R_Z geht quadratisch ein, ξ_P linear). Nach Angaben sind die Fehler $r_R = 0.2$ und $r_\xi = 0.1$, das heisst: $r_L^2 = 4 \cdot (0.2)^2 + 0.1^2 = 0.1^2(16 + 1) = 17 \cdot 0.1^2$. Damit wird der relative Fehler der Länge: $r_L \simeq 0.4$, also etwa 40%.

(c) Mit $E_{Bieg} = \pi ER^4 L / (8r^2)$ und $\xi_P = \pi ER^4 / (4k_B T)$ erhalten wir $E_{Bieg} = k_B T \xi_P L / (2r^2)$. Weiter benützen wir $L = 2\pi r$ und erhalten: $E_{Bieg} = \pi k_B T \xi_P / r$. Wir wissen $\xi_P = 5.0(5) mm$ und $r = 5.0(5) \mu m$, also ist $\xi_P / r = 10^3$. Ausserdem wissen wir $k_B T = 4pNnm$, also erhalten wir: $E_{Bieg} = \pi k_B T \xi_P / r = \pi 4pNnm 10^3 = 4\pi 10^{-12} * 10^{-9} * 10^3 Nm = 12 * 10^{-18} J = 1.2 * 10^{-17} J$.

(d) Die Fehlerbehafteten Grössen in (c) sind ξ_P und r . Sowohl ξ_P als auch r haben einen relativen Fehler von 10%. Damit hat die Biegeenergie einen relativen Fehler von $(\sigma_E/E) = \sqrt{0.1^2 + 0.1^2} = \sqrt{2} * 0.1^2 = \sqrt{2} * 0.1 = 0.14$ oder 14 % das heisst $\sigma_E \simeq 0.2 * 10^{-17} J$.

3. Laplace Druck [6P]

a) Der Laplace Druck einer Kugel ist $p = 2\sigma/R$. Mit $\sigma = 0.075(3) N/m$ und $p = 1.0(1) kPa$ ergibt sich ein Radius von $R = 2\sigma/p = 2 * 7.5 * 10^{-2} N/m / (10^3 Pa) = 1.5 \cdot 10^{-4} m = 150 \mu m$.

b) Der relative Fehler dieses Werts ist durch die relativen Fehler von σ und p gegeben: $r_\sigma^2 = r_\sigma^2 + r_p^2 = (3/75)^2 + (4/100)^2 = 2/25^2$. Damit wird der relative Fehler $\sqrt{2} * 4\% \simeq 6\%$ oder $9 \mu m$.

c) Nach Laplace ist die Oberflächenspannung der Kugel $\sigma = pR/2$. Mit einem Druckunterschied von 1 kPa und einem Radius von $50 \mu m$ ergibt sich $\sigma = 10^3 Pa \cdot 5 \cdot 10^{-5} m / 2 = 2.5 \cdot 10^{-2} N/m$.

d) Der relative Fehler dieses Werts ist durch die relativen Fehler von R und p gegeben: $r_\sigma^2 = r_R^2 + r_p^2 = (2/50)^2 + (4/100)^2 = 2/25^2$. Damit wird der relative Fehler $\sqrt{2} * 4\% \simeq 6\%$ oder $2 \cdot 10^{-3} N/m$.

e) In Zylindergeometrie gilt für den Laplacedruck: $p = \sigma/R$. Bei einem Blutdruck von 16 kPa und einem Radius von 6 mm ergibt sich eine Spannung von $\sigma = pR = 16 \cdot 10^3 N/m^2 \cdot (6 \cdot 10^{-3} m) = 100 N/m$. Diese muss das Material mindestens aushalten. Zum Vergleich, bei gesunden Menschen ist die Zerreissspannung etwa 500 N/m.

f) Der relative Fehler dieses Werts ist durch die relativen Fehler von R und p gegeben: $r_\sigma^2 = r_R^2 + r_p^2 = (2/16)^2 + (1/10)^2 = 1/64 + 1/100 = 164/6400$. Damit wird der relative Fehler $\sqrt{164}/80 \simeq 12.5/80 = 1/6.4 = 0.15$ oder $15 N/m$.

Multiple-Choice Aufgaben

1. Geschwindigkeitsverteilung - Typ A, 1P

Wodurch ist die Breite (Varianz) der Geschwindigkeitsverteilung in einem Gas bestimmt?

A $k_B T/m$

2. Spannung und Dehnung- Typ A, 1P

Zwei Stäbe aus dem gleichen Material werden vertikal aufgehängt und mit dem gleichen Gewicht belastet. Der eine der beiden Stäbe ist doppelt so lang wie der andere und hat auch den doppelten Radius. Um wieviel wird der längere Stab mehr ausgezogen als der kürzere?

D halb soviel

3. Spannungs-Dehnungskurven - Typ B, 3P

Welche Aussage beschreibt eine Spannungs-Dehnungs Kurve richtig?

B Eine kleine Anfangssteigung bedeutet ein weiches Material (also einen kleinen Elastizitätsmodul)

D Das Ende der Kurve zeigt die Zerreissgrenze an

F Das Integral unter der Kurve ergibt die Deformationsenergie(dichte)

December 13, 2011