

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

Aufgaben

Ein allgemeiner Hinweis zum Rechnen ohne Taschenrechner: Bestimmen Sie immer zuerst eine Beziehung zwischen den gegebenen Variablen (lösen Sie das Problem als Gleichung) und vereinfachen das Resultat soweit wie möglich. Erst dann setzen Sie Zahlenwerte ein. Zur Vereinfachung von Rechnungen können Sie folgende Näherungen verwenden (alle diese Näherungen stimmen auf mindestens 2% Genauigkeit): $\pi^2 = 10$; $\sqrt{6} = 2.5$; $\ln(2) = 0.7$; $k_B T = 4pNnm$ (bei einer Temperatur von 293 K); $g = 10 \text{ m/s}^2$;

1. Elastische Eigenschaften von Materialien [3P]

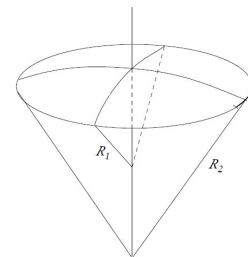
- Der Young-Modul eines Spinnenfadens ist $E = 2.0(1) \cdot 10^9 Pa$. Der Faden reisst, wenn er um 50(5)% ausgezogen wird. Was ist die Zerreiß-Spannung des Spinnenfadens? Vergleichen Sie den Wert mit dem von Stahl ($\sigma_Y = 5 \cdot 10^8 Pa$).
- Berechnen Sie den Fehler der Zerreiß-Spannung.
- Wie weit lässt sich Stahl dehnen? Den Young Modul von Stahl haben Sie im Praktikum bestimmt ($E = 2.0(2) \cdot 10^{11} Pa$). Nehmen Sie an, dass sich Stahl bis zum Zerreißen linear verhält. Vergleichen Sie den Wert mit demjenigen des Spinnenfadens.

2. Packung von langen Molekülen [4P]

- Wie lang darf ein DNA Molekül sein, um in eine (kugelförmige) Zelle mit Radius $R_Z = 5(1)\mu m$ zu passen? Nehmen Sie dazu an, dass die DNA nur durch thermische Fluktuationen zusammengefaltet wird, also eine Gaussverteilung mit einem Gyrationradius $R_g^2 = \xi_P \cdot L/6$ annimmt. Die Persistenzlänge von DNA ist etwa $\xi_P = 50(5)nm$. Damit das gesamte Molekül in die Zelle passt nehmen Sie an, dass die Grösse der Zelle der zweifachen Varianz der Gauss-Verteilung entspricht. Wie viele Basenpaare sind das?
- Bestimmen Sie die Unsicherheit in der obigen Abschätzung.
- Welche Energie muss aufgewendet werden um einen Mikrotubulus auf einen Biegeradius von $r = 5.0(5)\mu m$ zusammenzurollen? Benützen Sie dazu, dass die Biegeenergie gegeben ist durch $E_{Bieg} = \pi E R^4 L / (8r^2)$, sowie die Definition und den Wert der Persistenzlänge: $\xi_P = \pi E R^4 / (4k_B T) = 5.0(5)nm$. Hier ist $R = 12.5(3)nm$ der Radius und $E = 1.00(1) \cdot 10^9 Pa$ der Young-Modul des Mikrotubulus. Das Ganze passiert bei Raumtemperatur (293 K). Beachten Sie auch, dass Sie für eine Schlaufe mit einem Radius r eine Länge des Moleküls von $L = 2\pi \cdot r$ benötigen.
- Bestimmen Sie für das Resultat in c) den Fehler.

3. Laplace Druck [6P]

Wir haben bei der Behandlung der Oberflächenspannung gesehen, dass bei einer gekrümmten Oberfläche immer auch ein Druck entsteht, nämlich der Laplace Druck, der durch die Krümmungsradien gegeben ist: $\Delta p = \sigma(1/R_1 + 1/R_2)$. Hier sind σ die Oberflächenspannung und R_1 und R_2 die Krümmungsradien in beide Richtungen. Welche Krümmungsradien hier gemeint sind können Sie der unten stehenden Figur entnehmen.



- Ein Alveolus in der Lunge ist in etwa kugelförmig. Nehmen Sie an, dass dieser nur eine Luftblase ist, der von einem Wasserfilm umgeben ist (Oberflächenspannung von Wasser: $0.075(3) \text{ N/m}$). Wie gross wird ein solcher Alveolus, wenn er mit dem Druckunterschied normaler Atmung ($\Delta p = 1.00(4) \cdot 10^3 Pa$) aufgeblasen wird?
- Was ist die Unsicherheit im oben bestimmten Radius?

- c) Jetzt nehmen Sie an, dass die Zellen beim Alveolus ein Tensid produzieren, das die Oberflächenspannung heruntersetzen kann. Sie blasen den Alveolus immernoch mit normaler Atmung, also $\Delta p = 1.00(4) \cdot 10^3 Pa$ auf. Auf welchen Wert muss die Oberflächenspannung heruntergesetzt werden, wenn der Alveolus einen Radius von $50(2)\mu m$ erhalten soll?
- d) Wie genau muss diese Oberflächenspannung sein?
- e) Betrachten wir jetzt eine Arterie mit Radius $0.60(6) cm$ (also die Aorta). Der maximale systolische Druck im Herz beträgt normalerweise $16(2) \cdot 10^3 Pa$. Wie gross muss die Zerreiiss-Spannung (also die maximal mögliche Zugspannung, bevor das Material reisst) des Blutgefässes also mindestens sein?
- f) Was ist der Fehler dieser Zerreiiss-Spannung?

Multiple-Choice Aufgaben

1. Geschwindigkeitsverteilung - Typ A, 1P

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

- A $k_B T / m$
- B $m / (k_B T)$
- C $(k_B T)^2$
- D $\sqrt{k_B T}$
- E $1 / (k_B T)^2$
- F $1 / \sqrt{k_B T}$

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?

- A viermal soviel
- B doppelt soviel
- C gleich viel
- D halb soviel
- E ein viertel soviel

3. Spannungs-Dehnungskurven - Typ B, 3P

Welche Aussage beschreibt eine Spannungs-Dehnungs Kurve richtig?

- A Die Steigung der Kurve gibt den Young-Modul
- B Eine kleine Anfangssteigung bedeutet ein weiches Material (also einen kleinen Elastizitätsmodul)
- C Die wirkenden Kräfte lassen sich aus den Werten der Spannung berechnen
- D Das Ende der Kurve zeigt die Zerreiissgrenze an
- E Abweichungen vom linearen Verhalten zeigen die Schmelzgrenze an
- F Das Integral unter der Kurve ergibt die Deformationsenergie(dichte)

November 30, 2011