



Übungen zu Experimentalphysik I für Biologinnen und Biologen

Blatt 05

Aufgabe 1: Spinnennetz

Eine Spinne der Masse $m = 0,5 \text{ g}$ beginnt ihr Netz zwischen zwei Zaunpfählen zu spinnen, wie in Abb. 1 skizziert.

- Die Spinne seilt sich so ab, dass die beiden zu den Pfählen führenden Teilfäden in gleichen Winkeln α abgehen. Was gilt dann für das Verhältnis von $|\vec{F}_a|$ zu $|\vec{F}_b|$?
- Wie groß ist die Gewichtskraft $F_g = |\vec{F}_g|$ der Spinne?
- Der Winkel α (siehe Abb. 1) betrage 60° . Wie groß ist jeweils die horizontale Kraftkomponente F_x , also die Kraft, die senkrecht auf die Pfähle wirkt?
- Geben Sie eine allgemeine Formel an, die die Abhängigkeit vom Winkel α berücksichtigt. Wie verhält sich F_x , wenn α gegen den Wert von 180° strebt?
- Die Zugfestigkeit eines einzigen Spinnenfadens beträgt bis zu $4 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$. Der Durchmesser eines Fadens liegt bei $7 \mu\text{m}$. Bis zu welchem Winkel α kann die Spinne die Festigkeit des Fadens ausreizen?

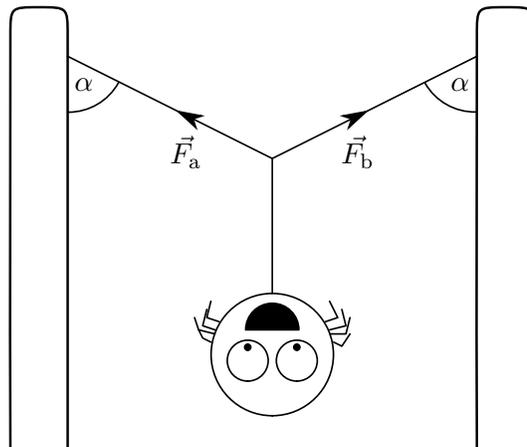


Abbildung 1: Spinnennetz im Anfangsstadium

Aufgabe 2: Springer

Ein Spinnenfaden besitzt außer der hohen Zugfestigkeit noch die Fähigkeit sich um bis zu 30% dehnen zu können. Die Spinne will nun den Ernstfall testen. Dazu stellt sie sich auf einen freistehenden Sprungturm. Ihren 10 cm langen Faden (Ruhelänge l) befestigt sie an einem Fixpunkt 10 cm direkt unter ihr, sodass der Faden gerade noch nicht gespannt ist. Die Spinne stürzt sich direkt nach unten (Abb. 2).

- Auf welche Geschwindigkeit beschleunigt die Spinne aufgrund der Erdanziehung? Vernachlässigen Sie die Reibung!
- Sobald der Abstand zwischen Spinne und Fixpunkt größer wird als die Ruhelänge des Fadens, beginnt sich der Faden zu dehnen und bremst dabei die Spinne. Nehmen wir nun an, dass der Faden dabei eine konstante Kraft auf die Spinne ausübt und sich nicht elastisch, sondern viskoelastisch verhält. Das heisst: Sobald sich die Spinne wieder in Ruhe befindet wirkt vom Faden nur noch eine Haltekraft, die die Gewichtskraft der Spinne kompensiert.¹ Die Kraft, die der Faden ausübt soll die Hälfte der maximalen Zugfestigkeit aus Teilaufgabe 1e) betragen. Wie weit ist der Faden gedehnt, wenn die Spinne zur Ruhe gekommen ist? Erdanziehungskraft nicht vergessen!
- Knobelaufgabe: Geben Sie einen Ausdruck für das Verhältnis von gedehnter Strecke zu Ruhelänge des Fadens an. Was fällt Ihnen auf?

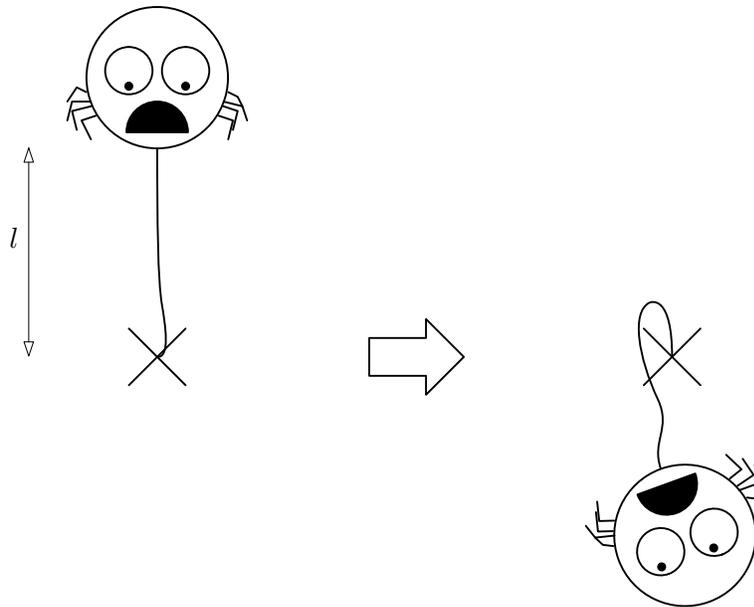


Abbildung 2: Seidenfaden-Testaufbau

¹Tatsächlich können Seidenfäden von Spinnen dieses Verhalten zeigen. Wasser bewirkt dabei vor der Belastung, dass sich die Fäden zusammenziehen, auch genannt „super contraction“. Bei Belastung „entwirren“ sich die Moleküle wieder. Wie der Mechanismus genau funktioniert weiß man bisher noch nicht. Jedenfalls ändert sich bei einem solchen superkontrahierten Seidenfaden die Rückstellkraft fast nicht, obwohl der Faden immer weiter gedehnt wird (im Gegensatz zur Hookeschen Feder, deren Rückstellkraft proportional mit der Auslenkung zunimmt). Die Fäden können sich von der Verformung wieder erholen. Das nimmt allerdings ein paar Stunden Zeit in Anspruch und braucht wiederum eine hohe Luftfeuchtigkeit. Siehe auch: Elices, M., Pérez-Rigueiro, J., Plaza, G. and Guinea, G. V. (2004), Recovery in spider silk fibers. J. Appl. Polym. Sci., 92: 3537–3541. doi: 10.1002/app.20383