

Zusammensetzung von Kräften, Flaschenzug und Federpendel

1. Teil : Zusammensetzung von Kräften

Aufgabenstellung:

Zu zwei Kräften F_1 und F_2 soll die Kraft F_{\perp} gesucht werden, die diesen das Gleichgewicht hält und lotrecht nach unten wirkt.

Experimentelle Vorgangsweise:

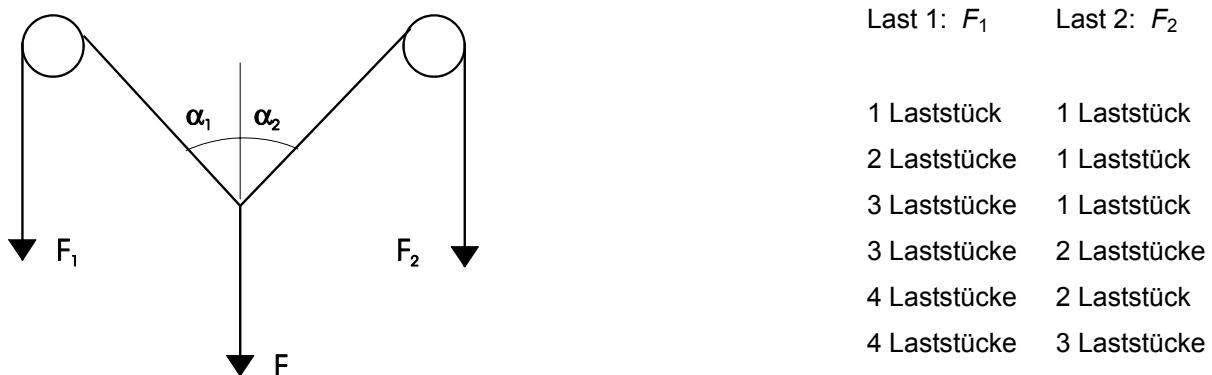


Abb. 1: Zusammensetzung von Kräften

Im Experiment wird die senkrecht nach unten weisende Kraft F_{\perp} gesucht, die zwei Kräfte F_1 und F_2 kompensiert, welche mit der Lotrechten den Winkel α_1 und α_2 einschließen.

Den Betrag von F erhält man, wenn man die Vertikalkomponenten von F_1 und F_2 addiert:

$$F_{\perp} = F_1 \cos \alpha_1 + F_2 \cos \alpha_2 \quad (1)$$

1. Zuerst werden mit einer Waage die Massen m_L der Laststücke ermittelt und daraus die Gewichtskräfte $G_L = m_L g$ berechnet. Mit den Kraftmessern ist das Ergebnis zu überprüfen, etwaige Abweichungen sind zu notieren (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$).
2. Danach werden für folgende Laststückkombinationen $F_i = \sum G_L$ unter Beachtung des Lotrechtstehens der Kraft F_{\perp} die Winkel α_1 und α_2 bestimmt (Gesamtfehler $\Delta \alpha_i = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$):

Aus den Winkeln α_1 und α_2 und den Kräften F_1 und F_2 kann man nun die Kraft F_{\perp} nach obiger Gleichung (1) errechnen und mit dem am Kraftmesser abgelesenen Wert vergleichen.

Berechnung des Maximalfehlers von ΔF mittels Fehlerfortpflanzung ausgehend von Gl. (1):

$$\Delta F|_{F_1} = |\cos \alpha_1| \Delta F_1, \quad \Delta F|_{F_2} = |\cos \alpha_2| \Delta F_2, \quad \Delta F|_{\alpha_1} = |F_1 \sin \alpha_1| \Delta \alpha_1, \quad \Delta F|_{\alpha_2} = |F_2 \sin \alpha_2| \Delta \alpha_2$$

$$\Delta F = \Delta F|_{F_1} + \Delta F|_{F_2} + \Delta F|_{\alpha_1} + \Delta F|_{\alpha_2}$$

Überprüfen Sie durch Einsetzen der Messwerte für F_i und α_i , ob die Beziehung $F_1 \sin \alpha_1 = F_2 \sin \alpha_2$ gilt, mit Berücksichtigung der jeweiligen Fehlergrenzen für F_i und α_i . Abweichungen sind zu notieren, Meßfehler sind abzuschätzen, das Ergebnis ist zu diskutieren.

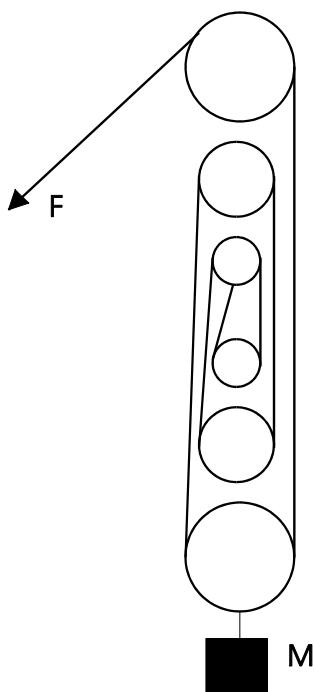
2. Teil: Flaschenzug: Kräftebilanz

Aufgabenstellung:

An einem Flaschenzug soll gezeigt werden, dass

- die Zugkraft F proportional zur Gewichtskraft G_L der angehängten Last ist und
- die Zugkraft F bei konstanter Last G_L umgekehrt proportional zur Zahl N der verwendeten Rollen abnimmt, der Weg s um die Last G_L zu heben jedoch zunimmt (was bleibt dabei insgesamt konstant?).

Experimentelle Vorgangsweise:



Beim Flaschenzug mit N Rollen verteilt sich die Gewichtskraft G_L der angehängten Last gleichmäßig auf N Seilstücke. Da das Seil entlang seiner gesamten Länge unter einer einheitlichen Zugspannung steht, bedeutet dies für die am Seilende aufzuwendende Zugkraft F :

$$F = G_L / N$$

Zu a.) Zunächst wird an dem Flaschenzug mit 6 Rollen gezeigt, daß die Zugkraft F proportional zur angebrachten Gewichtskraft G_L ist. Dazu ist die Gewichtskraft $G_L = m_L g$ der 4 Laststücke (500 g, 700 g, 1000 g, 2000 g) zu bestimmen und die Zugkraft F mit dem Kraftmesser zu ermitteln (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$).

Achtung: Da der bewegliche Teil des Flaschenzuges selbst eine Masse hat, muß die Kraft F_{FI} , die notwendig ist, um den Flaschenzug in Schweben zu halten, abgezogen werden von der Kraft F_{ges} , die mit der Last gemessen wird. Die korrigierte Kraft F ist also: $F = F_{ges} - F_{FI}$.

Abb. 2: Flaschenzug

Zu b.) Danach wird für das Laststück mit 1000 g für den Flaschenzug mit 2, 4 und 6 Rollen die aufzuwendende Zugkraft F und der Weg s , der erforderlich ist, um das Laststück um 10 cm zu heben, bestimmt. Wie genau wurde die Kraft bestimmt (Gesamtfehler $\Delta F = \text{Ablesefehler} + \text{Gerätefehler}$), wie genau den Weg s ?

Auswertung:

Zu a.) Die gemessene Zugkraft F wird in einem Diagramm als Funktion der am Flaschenzug angebrachten Gewichtskraft G_L aufgetragen. Die Meßfehler sind abzuschätzen und das Ergebnis der obigen Messungen ist zu diskutieren.

Zu b.) Berechnen Sie die (indirekt gemessene) Arbeit $W = F s$ aus den direkt gemessenen Größen Zugkraft F und Weg s . Bestimmen Sie mittels Fehlerfortpflanzung den maximalen relativen Fehler $\frac{\Delta W}{W}$ für die Arbeit $W = F s$:

$$\frac{\Delta W}{W} = \frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta s}{s}$$

Bleibt die Arbeit W konstant innerhalb der ermittelten Fehlergrenzen?

3. Teil: Federpendel

Aufgabenstellung:

Die Federkonstante k von Schraubenfedern wird bestimmt.

Experimentelle Vorgangsweise:

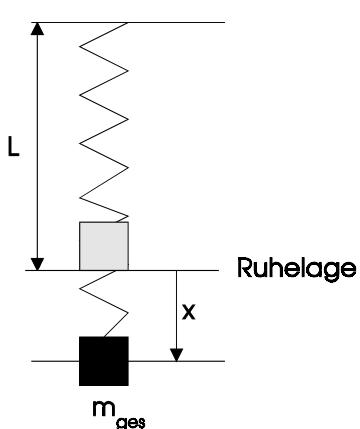


Abb. 3: Schematische Darstellung des Federpendels

1. Zuerst wird die Waage exakt austariert.
2. Dann wird die Masse m_k der vier Probekörper, die Masse m_f der beiden Federn und die Masse m_t der Trägerschale durch Wägung bestimmt.
3. Zur Bestimmung der Federkonstante k wird die Ausdehnung x der jeweiligen Federn als Funktion von 4 verschiedenen, aufgelegten Massen $m_{ges,0} = \sum m_k$ ($\sum m_k = m_1$ oder $m_1 + m_2$ oder usw...) bestimmt. Die Ausgangslage der Feder (Nullpunkt, $m_{ges,0} = 0$, $\rightarrow x = 0$, warum?) ist gegeben durch die untere Kante der aufgehängten Trägerschale.
4. Zur Bestimmung der effektiven Federmasse $m_{f,eff} = m_f/3$ wird die Eigenschwingungsdauer T der jeweiligen Pendel für 4 verschiedene Massen $m_{ges,t} = m_t + \sum m_k$ ($\sum m_k = m_1$ oder $m_1 + m_2$ oder usw...) ermittelt, indem jeweils 30 Perioden T mit der Stoppuhr gemessen werden.

Es gilt (siehe Walcher):
$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m_{ges,t} + m_{f,eff}}{k}}$$

Auswertung:

Für beide Federn wird auf Millimeterpapier die Ausdehnung x der Feder als Funktion der Gewichtskraft $G = m_{\text{ges},0} g$ aufgetragen und aus der Steigung der Geraden die Federkonstante k bestimmt (Achtung: $k = 1 / \text{Steigung}$, warum?).

Zur Auswertung mittels linearer Regression siehe

<http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/lehre/messmethoden/teil5/lineare-regression.htm> bzw.

<http://www.sbg.ac.at/bio/people/musso/lehre/messmethoden/teil5/federpendel/federpendel.htm>.

Sodann wird auf Millimeterpapier das Quadrat der Schwingungsdauer (T^2) als Funktion der schwingenden Gesamtmasse $m_{\text{ges},t}$ aufgetragen. Aus der (linearen) Darstellung wird die effektive Federmasse m_F mit Hilfe des Schnittpunkts der Geraden mit der Ordinate berechnet und mit dem Wert aus der Wägung verglichen. Die Meßfehler sind abzuschätzen und die Ergebnisse sind zu diskutieren.

Schlagworte:

- * Schwingung
- * Harmonischer Oszillator
- * kinetische und potentielle Energie
- * freie und gedämpfte Schwingung
- * Erhaltungssätze der Mechanik
- * Flaschenzug
- * Drehmoment
- * Arbeit
- * Vektor, Linienvektor, Addition von Vektoren, Skalarprodukt, Vektorprodukt
- * Mechanisches Gleichgewicht
- * Newton'sche Axiome,
- * Erhaltungssätze der Mechanik

Weiterführende Literatur:

- G. Duncan: Physics in the Life Sciences, Blackwell Scientific Publications
- B. Gonsior: Physik für Mediziner, Biologen und Pharmazeuten, Schattauer Verlag
- F. Kneubühl: Repetitorium der Physik, Teubner Verlag
- W. Walcher: Praktikum der Physik, Teubner Verlag