

Rechnernutzung in der Physik: Zusatz Python-Einführung

Institut für Experimentelle Teilchenphysik
Institut für Theoretische Teilchenphysik

Prof. Dr. G. Quast, Prof. Dr. M. Steinhauser
Dr. Th. Chwalek, Dr. A. Mildenerger
<http://comp.physik.kit.edu>

WS2018/19 – Zusatzblatt¹ 05
Bearbeitungszeitraum: bis Di, 04.12.2018

Aufgabe 112: Datenauswertung (*)

Testat

Aufgabe ist die Bestimmung der Erdbeschleunigung g mit Hilfe einer Feder. Dazu wird an dieser zunächst eine bekannte Masse in Schwingung versetzt, um aus der Periodendauer der Schwingung die Federkonstante D der Feder zu bestimmen. Mit dieser Information kann dann aus einer zweiten Messreihe aus einer Anpassung die gesuchte Größe g bestimmt werden: Es wird die Auslenkungen s der selben Feder beim Anhängen verschiedener, sehr genau bekannter Massen M gemessen. Durch die Anpassung des bekannten Zusammenhangs zwischen Auslenkung und wirkender Kraft an diese Messdaten wird nun g bestimmt.

Zur Erinnerung die **benötigten Formeln**:

Die Schwingungsfrequenz $f = \omega/(2\pi)$ der Schwingung einer Masse an einer Feder mit der Federkonstanten D ist gegeben über

$$\omega = \sqrt{\frac{D}{m_{\text{eff}}}}. \quad (1)$$

m_{eff} ist dabei die effektive bewegte Masse, die sich aus der angehängten Masse M und der Federmasse M_F ergibt:

$$m_{\text{eff}} = M + \frac{1}{3}M_F.$$

Der Zusammenhang zwischen der auf das Ende der Feder wirkenden Kraft F und der Auslenkung s der Feder ist gegeben durch

$$F = D s.$$

Wenn die Kraft durch die Schwerkraft einer angehängten Masse m erzeugt wird, gilt also

$$s = \frac{g m}{D}. \quad (2)$$

(a) Bestimmen Sie zunächst die Frequenz der Schwingung aus den Daten in der Datei `HandyPendel.csv`. Diese Daten wurden durch Auslesen des Beschleunigungssensors eines Mobiltelefons mit der App `phyphox` gewonnen. Das Handy mit der Masse $M = 141.74$ g wurde dazu an der Feder mit der Masse $M_F = 15.40$ g befestigt und in vertikale Schwingungen versetzt.

Eine sehr genaue Bestimmung der Frequenz gelingt durch eine Autokorrelationsanalyse der Schwingungsdaten. Dazu können Sie sich am Beispiel `a110-test_AutoCorrelation.py` des vierten Übungsblatts orientieren. Die Unsicherheit der Frequenzbestimmung erhalten Sie am einfachsten wie im Beispiel aus der Streuung der Abstände zwischen den Maxima bzw. Minima der Autokorrelationsfunktion. Die Messungen der Massen wurden mit einer sehr präzisen Waage mit einer Genauigkeit von ± 0.1 g durchgeführt.

Bestimmen Sie die Federkonstante D und ihre Unsicherheit. Wenden Sie dazu das einfache Fehlerfortpflanzungsgesetz an und propagieren Sie damit die Unsicherheit der Frequenz- und Massenmessungen auf die Unsicherheit von D .

(b) Die Datei `Messtabelle.txt` enthält die Daten der Messreihe: die mit einer Genauigkeit von ± 0.2 cm gemessenen Auslenkungen s_i (in cm) bei Anhängen verschiedener Massen m_i (in g). Wieder hat die Massenmessung eine Genauigkeit von ± 0.1 g.

Mit Python-Code analog zum Beispiel `readxydata.py` können Sie die Daten der Messreihe in `numpy-arrays` einlesen.

¹Die Python-Einführung (5 Aufgabenblätter) ist von denjenigen Teilnehmern zu bearbeiten, die die Rechnernutzung im Umfang von 6 LP absolvieren möchten. In diesem Teil sind 80% der Pflichtaufgaben erfolgreich zu bearbeiten.

Das Paket `kafe`, „the Karlsruhe Fit Environment“, ist eine Python-Toolbox, die bequem die Durchführung von χ^2 -Anpassungen erlaubt. Auf den Webseiten der Vorlesung „computergestützte Datenauswertung“, <http://comp.physik.kit.edu/Lehre/CGDA/Vorlesungsmaterial>, finden Sie in Vorlesung 6 und 7 mehr Information dazu.

Führen Sie eine Anpassung mit `kafe` analog zum Beispiel `a112-fit.example.py` durch. Sie können dazu direkt als Fit-Funktion den Zusammenhang $s(g)$ aus Gleichung (??) implementieren. Bestimmen Sie so die Erdbeschleunigung g und deren Unsicherheit. Begründen Sie, warum für die Unsicherheit auf das Ergebnis für g die Unsicherheiten der Federkonstanten D aus Aufgabenteil a) oder die Unsicherheiten der Massenmessungen Δm_i nicht relevant sind.

Tipp: Zur Überprüfung könnten Sie die Anpassung für Werte von $D + \Delta D$ bzw. $D - \Delta D$ durchführen und die Veränderung des Ergebnisses für g mit der Unsicherheit Δg vergleichen.

Freiwillig Sollten Sie diese Fehler berücksichtigen wollen, so können Sie die Unsicherheiten der Massenmessungen Δm_i als x-Fehler in `kafe` angeben. Zur Berücksichtigung der Unsicherheiten auf die Federkonstante D kann diese als Einschränkung in der Anpassung berücksichtigt werden. Dazu wird zunächst D als weiterer anzupassender Parameter in die Fit-Funktion eingeführt und dann mit Hilfe der Funktion `kafe.fit.constrain_parameters()` auf den gemessenen Wert innerhalb seiner Unsicherheit eingeschränkt.

Hinweis zum Werkzeug kafe

Es gibt eine neue Version, `kafe` v. 1.3.0 mit einigen Verbesserungen, die allerdings `matplotlib` vers. $\geq 1.5.0$ voraussetzt (nicht in den Poolräumen installiert).

Sie können sie auf allen Plattformen installieren mittels

```
pip install --user --upgrade kafe bzw. sudo pip install --upgrade kafe
```

Sollten Sie zur alten Version zurück wechseln müssen (z.B. wegen inkompatibler Version von `matplotlib`), so geht das wie folgt:

```
pip install --user kafe==1.2.0. Die alte Version wird dann in Ihrem eigenen Verzeichnis installiert.
```
