

Übungen zu Klassische Experimentalphysik I Wintersemester 2019/20

Übungsblatt Nr. 2

Abgabe bis 28.10.2019, 10:00

Ein großer Teil der Aufgaben auf diesem Übungsblatt behandelt das Thema Fehlerrechnung. Die Bestimmung von Messfehlern — oder besser: von den Unsicherheiten einer Messung — ist ein ganz zentraler Punkt eines jeden Experiments. Eine Messung ohne Abschätzung der Unsicherheiten ist wertlos.

Bitte geben Sie Ihre Lösungen nur zusammen mit dem ausgefüllten Deckblatt ab, welches auf der [ILIAS-Kursseite](#) bereitgestellt ist; heften oder tackern Sie die Blätter zusammen. Bitte geben Sie nicht dieses Aufgabenblatt mit ab.

Hinweise zur Fehlerfortpflanzung:

Sei $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ eine physikalische Größe, die von den n *unabhängigen* Variablen x_i , $i = 1, 2, \dots$ abhängt. Die Unsicherheit der x_i sei bekannt und betrage σ_{x_i} . Dann ist die Unsicherheit von f gegeben durch

$$\sigma_f = \sqrt{\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \cdot \sigma_{x_i} \right)^2}.$$

Aufgabe 1: Fehlerrechnung 1

(4 Punkte)

Berechnen Sie die relative Unsicherheit auf die gemessene Dichte $\rho = m/V$ einer Kugel der Masse m und des Volumens V , wenn der Radius r der Kugel mit einer relativen Genauigkeit $\sigma_r/r = 1\%$ und die Masse mit einer relativen Genauigkeit von $\sigma_m/m = 2\%$ gemessen wurden.

Aufgabe 2: Fehlerrechnung 2

(4 Punkte)

Stellen Sie sich folgendes Experiment vor: *Zwei Wissenschaftlerinnen wollen die Erdbeschleunigung g mit Hilfe einer fallenden Stahlkugel in einer evakuierten Röhre,*

die in einer Halle steht, messen. Mit Hilfe eines Meterstabes wird die Höhe der Röhre einmalig vermessen. Eine Wissenschaftlerin steht auf einer Plattform oben an der Röhre und hält die Kugel, die andere steht unten. Die Untenstehende ruft: "Los!" und startet eine Zeiger-Stoppuhr. Die Obenstehende lässt die Kugel fallen. Beim Aufprall wird die Stoppuhr elektronisch mittels einer Lichtschranke (Kabellänge 10 m) gestoppt. Nennen Sie mindestens drei Unsicherheiten, die das Messergebnis beeinflussen könnten, und klassifizieren Sie die Unsicherheit als systematisch oder statistisch.

Hilft es, die Höhe der Röhre mehrfach zu vermessen und den Mittelwert der Messungen zu benutzen?

(Ohne Bewertung) Wie könnte man die Messgenauigkeit erhöhen?

Aufgabe 3: Fehlerrechnung 3

(8 Punkte)

Zwei Studentengruppen wollen die Erdbeschleunigung g mit Hilfe eines schwingenden Fadenpendels bestimmen (dabei ist g gegeben durch $g = 4\pi^2 \frac{l}{T^2}$). Ein Maßstab mit Millimetereinteilung und eine elektronische¹ Stoppuhr mit einer Genauigkeit von 0,001 s stehen zur Verfügung. Die Länge l des Pendels wird durch das Ablesen auf der Skala des Maßstabs, die Periodendauer T durch Messung der Zeit zwischen zwei Durchgängen des Pendels durch die Ruhelage (aus gleicher Richtung) bestimmt.

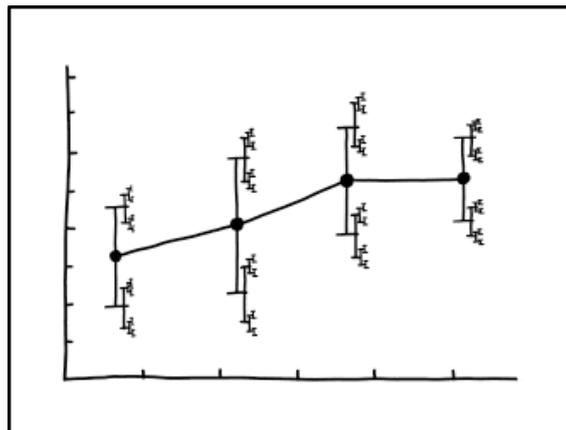
Gruppe 1 ermittelt diese Werte durch Messreihen von je 20 Werten für T und l und bestimmt g aus den Mittelwerten \bar{T} und \bar{l} (siehe untenstehende Tabelle).

Messung	l [cm]	T [s]
1	97,30	1,983
2	97,35	1,983
3	97,45	1,982
4	97,30	1,984
5	97,35	1,983
6	97,35	1,981
7	97,25	1,982
8	97,40	1,983
9	97,35	1,983
10	97,40	1,985
11	97,30	1,984
12	97,40	1,982
13	97,30	1,983
14	97,35	1,984
15	97,40	1,983
16	97,40	1,982
17	97,35	1,984
18	97,35	1,982
19	97,40	1,984
20	97,35	1,983
	$\bar{l} = 97,36$ cm	$\bar{T} = 1,983$ s

¹Messung mittels Lichtschranke

Gruppe 2 erachtet diesen Aufwand als völligen Blödsinn und ermittelt T und l aus jeweils einer einzigen Messung. Sie erhält dabei gerade die Werte, die Gruppe 1 als Mittelwerte bestimmt hat. Dies legt doch Nahe, dass beide Messungen gleich genau sind, oder?

Welche Werte erhalten die beiden Gruppen für g ? Schätzen Sie die Unsicherheiten der Messungen ab und geben sie die Ergebnisse bis zur signifikanten Nachkommastelle an.



I DON'T KNOW HOW TO PROPAGATE
ERROR CORRECTLY, SO I JUST PUT
ERROR BARS ON ALL MY ERROR BARS.

<https://xkcd.com/2110/>

Aufgabe 4: Der sportliche Professor

(4 Punkte)

Der Professor läuft eine Treppe mit vier Stufen hinauf, vom Boden des Gerthsen-Hörsaals A zur Bühne B . Die horizontale Bewegung jedes Schrittes sei gegeben durch den Vektor \vec{a} und die vertikale Bewegung durch den Vektor \vec{b} mit

$$\vec{a} = \begin{pmatrix} 20 \text{ cm} \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \vec{b} = \begin{pmatrix} 0 \\ 10 \text{ cm} \end{pmatrix}.$$

- Zeichnen Sie das zugehörige Ortsdiagramm!
- Geben Sie die Nettobewegung (Vektor), ihren Betrag und den Steigungswinkel an!