Vor- und Nachname Tutor/in:

Vor- und Nachnamen
der Gruppenmitglieder:

Buchstabe des Tutoriums

Klassische Experimentalphysik I Übungsblatt 2 **WS 2017/2018**

Heften Sie die Blätter zur Abgabe zusammen und tragen Sie auf jedem Blatt den Nachnamen Ihres Tutors und Ihre Namen ein. Auf das erste Blatt schreiben Sie bitte die kompletten Namen und den Buchstaben Ihres Tutoriums groß in einen Kreis. Rechnen Sie die Aufgaben maximal zu dritt. Geben Sie für alle Größen eine sinnvolle Anzahl signifikanter Stellen und die richtigen physikalischen Einheiten an. Aus gegebenen Anlass: Zu spät abgegebene, lose, unzureichend beschriftete oder nicht lesbarem Blätter werden nicht gewertet.

Abgabe bis	Mo, 6. November, 11:15 Uhr im Erdgeschoss von Geb. 30.23 (Physikhochhaus)
Besprechung	Mi, 8. November im Tutorium

Beratungstutorium verlegt: ab 26.10.2017 immer donnerstags 15:45 - 17:15 in Raum 6/2

1. *Fehlerfortpflanzung* **(5 Punkte)**
   Nach Gaußscher Fehlerfortpflanzung lässt sich die Unsicherheit σ_y einer Größe y, die von mehreren Größen x_i abhängt, im einfachsten Fall wie folgt aus den Unsicherheiten σ_{x_i} abschätzen:
   $\sigma_y^2 = \sum_i \left(\frac{\partial y}{\partial x_i}\right)^2 \sigma_{x_i}^2$.
   Hierbei ist $\frac{\partial y}{\partial x_i}$ die partielle Ableitung von $y(x_i)$ nach x_i. Rechnen Sie diese Ableitung so, wie sie es aus der Schule gewohnt sind und behandeln Sie alle x_j mit $j \neq i$ als Konstanten (z.B. x_1 als Konstante, wenn Sie nach x_2 ableiten).

   a) Leiten Sie Formeln zur Berechnung von σ_y für die nützlichen Spezialfälle 1) $y(x_1,x_2) = ax_1 + bx_2 + c$ und 2) $y(x_1,x_2) = cx_1^a x_2^b$ her. a, b und c sind Konstanten, für die wir annehmen, dass Sie exakt und ohne Unsicherheit bekannt seien (ist in der Praxis nicht immer so). Der letzte der beiden Spezialfälle ist besonders hilfreich, wenn relative Unsicherheiten σ_{x_i}/x bekannt sind (z.B. in Prozent).
   Formen Sie den Ausdruck für 2) daher so um, dass Sie die folgende Formel für $\left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2$ in Abhängigkeit von $\frac{\sigma_{x_1}}{x_1}$ und $\frac{\sigma_{x_2}}{x_2}$ erhalten: $\left(\frac{\sigma_y}{y}\right)^2 = \left(a\frac{\sigma_{x_1}}{x_1}\right)^2 + \left(b\frac{\sigma_{x_2}}{x_2}\right)^2$

   b) Die Dichte $\rho = m/V$ einer Flüssigkeit wird bestimmt, indem die Flüssigkeit in einen Würfel mit Kantenlänge r gefüllt wird, der vor und nach Einfüllen der Flüssigkeit gewogen wird. Aus den Messungen ergibt sich für die Masse der Flüssigkeit und deren Unsicherheit $m = (63{,}9 \pm 0{,}1)$ kg. Die Kantenlänge $r = 40{,}01$ cm konnte auf ein halbes Promille genau bestimmt werden. Bestimmen Sie die Dichte und schätzen Sie deren Unsicherheit ab.
   Tipp: Die Formel $\rho = m/V$ entspricht dem zweiten Spezialfall von Aufgabe a).

2. *Laufband* **(5 Punkte)**
   Ein Kind spielt mit einem Laufband zur Personenbeförderung wie es beispielsweise an Flughäfen zu finden ist. Das Laufband steht zunächst und läuft zum Zeitpunkt $t = 0$ mit einer Beschleunigung $a_L(t) = 1{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\exp(-t/4\,\mathrm{s})$ in x-Richtung an. Ebenfalls zu $t = 0$ läuft das Kind mit einer konstanten Geschwindigkeit $v_K = 7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ an der Position $x = 0$ auf dem Laufband los. Zur Zeit $t_N = 5$ s drückt jemand den Notaus-Knopf und das Laufband kommt mit einer gleichmäßigen Verzögerung von $5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ zum Stehen.

   a) Welche Maximalgeschwindigkeit $v_{\max}$ erreicht das Laufbahn während des Vorgangs?
   b) Welche Maximalgeschwindigkeit v_0 kann das Laufband erreichen, wenn niemand auf Notaus drückt?
   c) Zu welchem Zeitpunkt t kommt das Laufband zum Stehen?
   d) An welcher Position (x in m) befindet sich das Kind, wenn das Laufband wieder zum Stehen kommt?

3. *Bremsweg* **(5 Punkte)**

Ein Auto hat eine Bremsverzögerung von $a = 7\,\mathrm{m/s^2}$. Vor einem Kindergarten soll eine Geschwindigkeitsbegrenzung eingeführt werden, die es einem Autofahrer ermöglicht innerhalb von $9\,\mathrm{m}$ zum Stillstand zu kommen, sofern dieser eine Reaktionszeit von $t_r = 0{,}5\,\mathrm{s}$ hat.
Hinweis: Vielleicht fällt es Ihnen einfacher, die Teilaufgaben in umgekehrter Reihenfolge zu lösen.

   a) Welches maximale Tempolimit erfüllt gerade noch die Anforderungen.

   b) Mit welcher Geschwindigkeit würde ein Aufprall erfolgen, wenn ein Kind in $9\,\mathrm{m}$ Entfernung auf die Straße rennt und das Auto mit $v_0 = 50\,\mathrm{km/h}$ unterwegs ist?

   c) Wie hoch ist die Aufprallgeschwindigkeit, wenn das Auto über einen Notbremsassistent verfügt und praktisch ohne Reaktionszeit mit dem Bremsen beginnt (vorausgesetzt dieser würde bei $50\,\mathrm{km/h}$ zuverlässig funktionieren)?

4. *Raketenstufe* **(5 Punkte)**

Die erste Stufe einer Rakete werde in $h = 10\,\mathrm{km}$ Höhe bei Position $x = 0$ zur Zeit $t = 0$ abgestoßen, wenn die Rakete eine Geschwindigkeit von $v_0 = 150\,\mathrm{m/s}$ erreicht hat. Die Rakete sei stark in x-Richtung geneigt und schließt mit der Horizontalen einen Winkel von nur 30° ein. Nach dem Abstoßen wirkt allein die Fallbeschleunigung $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$ auf die Raketenstufe, Reibungskräfte werden vernachlässigt.

   a) Zu welcher Zeit t_e und an welcher Position x_e schlägt die Raketenstufe in den Boden bei $h_0 = 500\,\mathrm{m}$ ein?

   b) Über welche konstante Beschleunigung müsste ein Wagen verfügen, damit er den Auftreffpunkt gleichzeitig mit der Raketenstufe erreicht, wenn er bei $x = 0; t = 0; h = 500\,\mathrm{m}$ mit Vollgas los fährt und das Gelände völlig eben ist.

   c) Zu welcher Zeit t_w käme der gleiche Wagen mit Vollgas an, wenn er bei $h = 0$ und $x = 0$ losfährt und das Gelände gleichmäßig ansteigt?