

2.1 Freier Fall @home

Zusatzmaterial (bitte zuhause bereitlegen):

- kleiner Gegenstand, der gefahrlos aus ca. 2 m Höhe fallen gelassen werden kann
- Stoppuhr mit einer Schrittweite von $\Delta t = 0,01$ s oder kleiner (zur Not geht auch $\Delta t = 0,1$ s), z. B. in Form eines Smartphones

Hard- und Software-Voraussetzungen:

- Computer (Windows/macOS/Linux) oder Tablet (iPadOS/Android)
Hinweis: Ein Smartphone bietet an dieser Stelle ein etwas zu kleines Display, das macht die Bedienung schwierig bis unmöglich.
- Webbrowser mit JavaScript
- Tabellenkalkulationsprogramm (notfalls Taschenrechner, aber dann dauert es viel länger)

Hinweis:

Im Sommersemester 2020 wird das Physikalische Anfängerpraktikum aufgrund der besonderen Situation im Zusammenhang mit der CoViD-19-Pandemie vollständig zuhause bzw. online als „**AP@home**“ durchgeführt.

Der Kurzversuch „Freier Fall“ soll als Einstieg für die Module AP-Bio und AP-Che dienen. Er ist bewusst sehr einfach und kurz gehalten, um in der ersten Praktikumswoche zunächst die grundsätzliche Arbeitsweise im Physikalischen Anfängerpraktikum und die Kommunikation zwischen den Studierenden und ihrer Tutorin/ihrem Tutor zu testen.

2.1.1 Physikalische Grundlagen

Beim Freien Fall handelt es sich um eine gleichmäßig beschleunigte Bewegung in einer Dimension. Wenn die Bewegung zum Zeitpunkt $t = 0$ s aus der Ruhe heraus ($v(0) = 0 \frac{\text{m}}{\text{s}}$) von der Stelle $s(0) = 0$ m mit der konstanten Erdbeschleunigung $a(t) = g$ startet, gilt dabei

$$\text{Beschleunigung } a(t) = g \quad (2.1)$$

$$\text{Geschwindigkeit } v(t) = g \cdot t \quad (2.2)$$

$$\text{Weg } s(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 \quad (2.3)$$

$$\text{Fallzeit } T_{\text{fall}} = \sqrt{\frac{2 \cdot s_{\text{fall}}}{g}} \quad (2.4)$$

Alle Größen werden dabei nach unten positiv gerechnet.

Misst man die Fallstrecke und die Fallzeit, so kann daraus durch Auflösen von Gleichung (2.4) nach g die Erdbeschleunigung bestimmt werden:

$$g = \frac{2 \cdot s_{\text{fall}}}{T_{\text{fall}}^2} \quad (2.5)$$

Die Unsicherheit der so bestimmten Erdbeschleunigung kann durch verschiedene Maßnahmen verringert werden, so z. B. durch genauere Messung von Fallstrecke und Fallzeit, aber auch durch mehrfaches Wiederholen der Messung.

2.1.2 Realexperiment

2.1.2.1 Durchführung/Messwertaufnahme

Nehmen Sie den bereitgelegten kleinen Gegenstand, lassen Sie ihn zehnmal fallen und bestimmen Sie jedesmal die Fallzeit mit der Stoppuhr.

Vergessen Sie nicht, jedesmal auch die Fallhöhe zu notieren! Die Fallhöhe muss dabei nicht unbedingt immer gleich groß sein, das vereinfacht allerdings die Auswertung. Eine Fallhöhe von 2 m ist einfach realisierbar (entspricht etwa der Höhe eines typischen Türrahmens) und die Fallzeit für diese Höhe ist auch gut messbar.

2.1.2.2 Auswertung

- a) Bestimmen Sie nach Gleichung (2.5) die Erdbeschleunigung. Berechnen Sie dazu für jeden einzelnen Messwert des Realversuchs die Beschleunigung und kombinieren Sie diese Ergebnisse zu einem Gesamtergebnis. Geben Sie als Ergebnis den korrekt gerundeten Mittelwert mit seiner Unsicherheit (Standardabweichung des Mittelwerts) an.
Hinweis: Das können Sie mit dem Taschenrechner machen, es bietet sich aber an, für diese Berechnungen ein Tabellenkalkulationsprogramm wie Microsoft Office Excel, OpenOffice Calc, LibreOffice Calc oder Apple Numbers zu verwenden.
- b) Wenn Sie die Fallzeit mit einer Schrittweite von $\Delta t = 0,01$ s oder kleiner bestimmt haben, können Sie den Einfluss dieser Schrittweite auf das Ergebnis untersuchen. Schneiden Sie dazu bei allen Messwerten für die Fallzeit nach der „Zehntelsekundenstelle“ ab, so wie es eine Stoppuhr mit einer Schrittweite von $\Delta t = 0,1$ s machen würde (also *nicht* runden!) und wiederholen Sie die Berechnungen mit diesen geänderten Zahlenwerten.
- c) Wie unterscheidet sich das Ergebnis der „schlechten“ Stoppuhr von dem der „guten“ Stoppuhr?

2.1.3 Virtuelles Experiment online

Da die Bedienung der Stoppuhr von Hand eine recht große Unsicherheit bei der Bestimmung der Fallzeit verursacht, kann man die Messung durch Einsatz von zwei Lichtschranken genauer machen. Normalerweise würden Sie das in den Räumen des Anfängerpraktikums machen, aber im geht das online. Rufen Sie dazu die folgende Webseite der FU Berlin auf, die ein Interaktives Bildschirmexperiment (IBE) anbietet:

<https://tetfolio.fu-berlin.de/web/984263>

Hinweise zur Bedienung:

- Gemessen wird die Fallzeit vom Beginn der Bewegung (Durchtritt durch die obere unbewegliche Lichtschranke) bis zum Durchfallen der zweiten (beweglichen) Lichtschranke. Wenn Sie unter dem Bild auf das gelbe „+“ klicken, werden Ihnen Hilfetexte zur Bedienung eingeblendet. Sie können
 - die untere Lichtschranke verschieben,
 - die Kugel auf die Startposition am Elektromagneten heben,
 - die Stoppuhr zurücksetzen und
 - den Fall der Kugel mit dem Taster starten.

- Die Bedienelemente im Bild sind teilweise recht klein. Sie wissen, dass Sie an der richtigen Stelle sind, wenn der Mauszeiger seine Form ändert („Hand“-Symbol statt Pfeil).
- Wenn Sie den Versuch mehrfach mit der gleichen Fallhöhe wiederholen, bekommen Sie nicht unbedingt immer das gleiche Ergebnis für die Fallzeit. Das ist Absicht. Die angezeigte Messwerte wurden mit dem abgebildeten Aufbau tatsächlich so gemessen. Sie bekommen bei jeder Wiederholung einen zufälligen Messwert der ursprünglichen Messwertserie angezeigt.

2.1.3.1 Durchführung/Messwertaufnahme

Bestimmen Sie mehrfach die Fallzeit für verschiedene Fallhöhen. Wie oft Sie messen können, hängt ein bisschen von der zur Verfügung stehenden Praktikumszeit ab. Wenn wenig Zeit ist, messen Sie zumindest jeweils einmal für jede mögliche Fallhöhe von 10 cm bis 100 cm (die zweite Lichtschranke kann nur in 10 cm-Schritten verstellt werden).

2.1.3.2 Auswertung

Bestimmen Sie nach Gleichung (2.5) die Erdbeschleunigung. Berechnen Sie dazu für jeden einzelnen Messwert des online-Versuchs die Beschleunigung und kombinieren Sie diese Ergebnisse zu einem Gesamtergebnis. Geben Sie als Ergebnis den korrekt gerundeten Mittelwert mit seiner Unsicherheit (Standardabweichung des Mittelwerts) an.

2.1.4 Vergleich der Ergebnisse von Realexperiment und virtuellem Experiment

Diskutieren Sie, ob Ihre Ergebnisse aus dem Realexperiment und dem virtuellen Experiment miteinander verträglich sind.