Karlsruher Institut für Technologie

KIT-Fakultät für Physik
Institut für Experimentelle Teilchenphysik
Prof. Dr. Ulrich Husemann
Dr. Michael Waßmer

Übungen zu Klassische Experimentalphysik I

Wintersemester 2021/22

Übungsblatt Nr. 2

Abgabe bis 08.11.2021, 12:00

Aufgabe 1: Tigers Schlagweite

5 Punkt(e)

Tiger Woods und sein Caddie Sir Isaac Newton optimieren Woods Schlagweite, um das nächste Major-Turnier im Golf zu gewinnen. Die erste Runde des Turniers wird im Vakuum auf einem ebenen Platz austragen. Die Erdbeschleunigung $g = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ wirkt nach unten. In einem ersten Schritt muss hierfür die genaue Bahnkurve des Balls beschrieben werden. Wählen Sie dafür ein geeignetes Koordinatensystem mit zwei Achsen/Komponenten (z.B. horizontal y, vertikal z).

a) Was gilt für die horizontale Beschleunigung $a_y(t) = \ddot{y}(t)$ und vertikale Beschleunigung $a_z(t) = \ddot{z}(t)$, sofern nur die Erdbeschleunigung wirkt?

b) Bestimmen Sie daraus durch einmaliges Integrieren $\dot{y}(t)$ und $\dot{z}(t)$ sowie durch erneutes Integrieren $y(t)$ und $z(t)$. (Bedenken Sie mögliche existierende Integrationskonstanten.)

c) Wie lauten die (geeigneten) Anfangsbedingungen (bei $t = 0\,\mathrm{s}$) für die Ableitung des Ortes (der Position) nach der Zeit sowie für die Ortskomponenten selbst, wenn Tiger den Golfball mit einer Geschwindigkeit $|\vec{v}_0|$ im Winkel Ψ vom Gras abschlägt? Nutzen Sie diese Informationen um die Integrationskonstanten zu bestimmen.

d) Drücken Sie die Bahnkurve $z(y)$ ohne Zeitabhängigkeit aus und leiten Sie daraus einen Ausdruck für den Carry (=Flugweite des Golfballs) her, der nur von der von Tiger gewählten Anfangsgeschwindigkeit $v_0 = |\vec{v}_0|$ und dem Abflugwinkel Ψ abhängt.

e) Golfschläger werden u.a. über den Winkel definiert, den die Schlagfläche zum Boden einnimmt und damit dem Abflugwinkel des Balles entspricht. Wenn Sie nun den optimalen Golfschläger für einen maximalen Carry entwickeln, wie groß wählen Sie diesen Winkel Ψ?

f) Wie weit fliegt der Ball für eine typische Schlägerkopfgeschwindigkeit (=Anfangsballgeschwindigkeit) von $v_0 = 45\,\mathrm{m/s}$ mit dem von Ihnen designten optimalen Golfschläger?

Aufgabe 2: Testfahrt 5 Punkt(e)

Bei einer kurzen Testfahrt mit einem emissionsfrei betriebenen Bus wird die Geschwindigkeit mit einem Fahrtenschreiber aufgezeichnet.
Die Fahrt beginnt zum Zeitpunkt $t = 0\,\mathrm{s}$ und die Geschwindigkeit kann durch die Funktion

$$v(t) = 0.1(15t\alpha - 0.25t^2\beta)$$

beschrieben werden. Dabei ist t die Zeit in Sekunden, und α und β sind einheitenbehaftete Konstanten. Beide haben den numerischen Wert 1, aber unterschiedliche Einheiten!

a) Welche Einheiten müssen die Konstante α und β haben damit die Zeit-Geschwindigkeits–Funktion Sinn ergibt?

b) Welche Strecke wurde nach $5\,\mathrm{s}$ zurückgelegt?

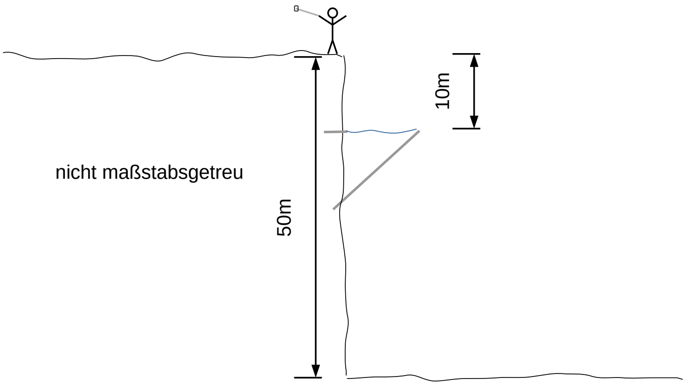
c) Wie lang ist die insgesamt zurückgelegte Wegstrecke (Fahrtende bei $v(t) = 0\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$ mit $t > 0\,\mathrm{s}$)?

d) Welchen Wert hat die Beschleunigung zum Zeitpunkt $t = 5\,\mathrm{s}$?

e) Skizzieren Sie die zurückgelegte Wegstrecke, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung des Busses als Funktion der Zeit für die gesamte Fahrt.

Aufgabe 3: Freier Fall 3 Punkt(e)

Eine Person möchte für ihre Instagram-Seite ein aufregendes Foto machen. Dafür stellt sie sich rückwärts an eine 50 m hohe Klippe und macht mit einem Selfiestick ein Bild. Aufgrund einer Unachtsamkeit verliert die Person den Halt und fällt über die Klippe herunter. Nehmen Sie an, dass die Person keine Anfangsgeschwindigkeit hat und nur durch die Erdbeschleunigung $g = 9{,}81\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}$ nach unten beschleunigt wird.



a) Wie lange fällt die Person ohne Fangnetz? (Die Luftreibung ist zu vernachlässigen.)

b) Aufgrund der steigenden Häufigkeit solcher Unfälle hat die dort ansässige Behörde ein Fangnetz 10 m unterhalb des Vorsprungs anbringen lassen. Dieses Netz bremst die Person innerhalb einer Strecke von 3 m bis zum Stillstand ab. Wie stark ist die Bremsung? (Nehmen Sie eine konstante Bremsbeschleunigung an.)

Aufgabe 4: Die Stubenfliege 7 Punkt(e)

Nachdem eine gemeine Stubenfliege Bekanntschaft mit einer Fliegenklatsche gemacht hat, versucht sie, kontrolliert zu landen. Sie durchläuft dabei folgende Bahnkurve:

$$x(t) = r_1 \cdot \cos(\omega t) \ , \qquad y(t) = r_2 \cdot \sin(\omega t) \ , \qquad z(t) = -\frac{1}{2}\frac{g}{4}t^2$$

mit $r = 10\,\text{cm}$, $\omega = 1\,\frac{1}{\text{s}}$, $g \approx 10\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ und $r_1 = r_2 = r$. Rechnen Sie in den folgenden Aufgaben erst symbolisch und setzen Sie erst am Ende der Rechnung die numerischen Werte der Parameter ein.

a) Beschreiben Sie qualitativ den Verlauf der Bahnkurve (inklusive Skizze).

b) Berechnen Sie den Geschwindigkeits- und den Beschleunigungsvektor der Stubenfliege als Funktion von t und speziell zur Zeit $t_g = \frac{r \cdot \omega}{g/4}$.

c) Wie sieht die Bahn für $r_1 \neq r_2$ aus (nur qualitative Beschreibung)?

Da der Verfolger nicht locker lässt, fliegt die Stubenfliege aus dem Fenster und setzt sich auf den äußersten seitlichen Rand des Fahrradreifens eines vorbeifahrenden Fahrradfahrers, siehe Skizze unten. Der Fahrradreifen hat einen Durchmesser von $d = 1\,\text{m}$. Der Fahrradfahrer fährt mit einer konstanten Geschwindigkeit von $v = 5\,\frac{\text{m}}{\text{s}}$. Zur Betrachtung dieses Problems ist es ausreichend ein Koordinatensystem mit nur zwei Achsen zu wählen.

d) Welche Winkelgeschwindigkeit ω hat der Fahrradreifen vom Zentrum des Fahrradreifens aus gesehen (Drehachse durch Zentrum des Fahrradreifens)? Der Fahrradreifen rollt perfekt (ohne Rutschen/Gleiten) über den Boden.

e) Geben Sie die Bahnkurve der Fliege als Funktion der Zeit t an gesehen von einem ruhenden Passanten. Der genaue Startpunkt (Ort und Zeit) der Fliege spielt dabei keine Rolle bzw. ist frei wählbar. Skizzieren Sie die Bahnkurve.

f) Geben Sie den Geschwindigkeitsvektor der Fliege als Funktion der Zeit t an.