**H. van Hees** **Wintersemester 2019/2020**

# Übungen zur Theoretischen Physik 1 für das Lehramt L3 – Blatt 1

**Aufgabe 1: Freier Fall und schiefer Wurf**

Der freie Fall eines Massenpunktes der Masse $m$ wird durch die konstante Kraft

$$\overline{F}(\overline{r}) = m\overline{g} = m(0,0,-g)^{\mathrm{T}} \tag{1}$$

beschrieben. Dabei ist $\overline{g}$ die konstante Schwerebeschleunigung in Erdnähe. Der Betrag ist $|\overline{g}| \simeq 9{,}81\ \mathrm{m/s^2}$.

(a) Lösen Sie die Newtonsche Bewegungsgleichung

$$m\ddot{\overline{r}} = \overline{F}(\overline{r}) \tag{2}$$

für die Anfangsbedingungen $\overline{r}(0) = \overline{0}$ und $\overline{v}(0) = v_0(\cos\alpha, 0, \sin\alpha)$. Sizzieren Sie die Bahnkurve in der $x_1$-$x_3$-Ebene (zeichnen Sie auch den Winkel $\alpha$ ein!).

(b) Bestimmen Sie die Zeit $t_{\mathrm{max}}$, bei der der Massepunkt den höchsten Punkt erreicht, also bei dem $x_3(t_{\mathrm{max}})$ maximal wird. Zu welcher Zeit $t_{\mathrm{end}}$ erreicht der Masse Punkt wieder den Boden ($x_3(t_{\mathrm{end}}) = 0$). Wie weit ist dann der Massenpunkt geflogen (d.h. berechnen Sie $x_1(t_{\mathrm{end}})$?

(c) Für welchen Abwurfwinkel $\alpha$ erreicht man die größte Wurfweite?

---

**Aufgabe 2: Freier Fall und schiefer Wurf mit Luftwiderstand**

Wir betrachten die vorige Aufgabe unter etwas realistischeren Bedingungen mit Berücksichtigung des Luftwiderstands. Für nicht zu schnelle Bewegungen ist die Reibungskraft proportional zur Geschwindigkeit (sog. Stokes-Reibung), d.h. es ist

$$\vec{F}_{\mathrm{r}} = -\gamma\vec{v}, \quad \gamma > 0. \tag{3}$$

Die Bewegungsgleichung lautet demnach unter Berücksichtigung der Luftreibung

$$m\vec{a} = m\dot{\vec{v}} = m\vec{g} - \gamma\vec{v} \tag{4}$$

bzw.

$$m\dot{\vec{v}} + \gamma\vec{v} = m\vec{g}. \tag{5}$$

(a) Vollziehen Sie die Lösung dieser Gleichung unter Berücksichtigung allgemeiner Anfangsbedingungen $\vec{r}(0) = \vec{r}_0$, $\vec{v}(0) = \dot{\vec{r}}(0) = \vec{v}_0$ im Skript zur Vorlesung nach (Abschnitt 2.3.2) nach.

(b) Betrachten Sie jetzt den Spezialfall des freien Falls, also die Lösung unter der Anfangsbedingung $\vec{r}(0) = \vec{0}$, $\vec{v}_0 = \vec{0}$. Dann ist natürlich nur die Komponente $x_3(t)$ und die Geschwindigkeit $v_3(t) = \dot{x}_3(t)$ relevant. Diskutieren Sie das Verhalten der Lösung $x_3(t)$ und die Geschwindigkeit $v_3(t)$ für große Zeiten und für kleine Zeiten ($t \to 0$ bzw. $t \to \infty$) und interpetieren sie die Resultate physikalisch. Betrachten Sie dazu auch die Beschleunigung $a_3(t)$.

**Tip:** Für die Diskussion der Lösung für $t \to 0$ benötigen Sie die Potenzreihenentwicklung für die Exponentialfunktion

$$\exp x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \cdots \tag{6}$$

---