

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

### Aufgabe 1 (10 Punkte): Freier Fall und schiefer Wurf

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

$$\vec{F}(\vec{r}) = m\vec{g} = m(0, 0, -g)^T \quad (1)$$

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

- (a) (3 Punkte) Lösen Sie die Newtonsche Bewegungsgleichung

$$m\ddot{\vec{r}} = \vec{F}(\vec{r}) \quad (2)$$

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

- (b) (4 Punkte) Bestimmen Sie die Zeit  $t_{\max}$ , bei der der Massepunkt den höchsten Punkt erreicht, also bei dem  $x_3(t_{\max})$  maximal wird. Zu welcher Zeit  $t_{\text{end}}$  erreicht der Masse Punkt wieder den Boden ( $x_3(t_{\text{end}}) = 0$ ). Wie weit ist dann der Massenpunkt geflogen (d.h. berechnen Sie  $x_1(t_{\text{end}})$ )?
- (c) (3 Punkte) Für welchen Abwurfwinkel  $\alpha$  erreicht man die größte Wurfweite?

### Aufgabe 2 (10 Punkte): 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

$$\vec{F}_r = -\gamma\vec{v}, \quad \gamma > 0. \quad (3)$$

Die Bewegungsgleichung lautet demnach unter Berücksichtigung der Luftreibung

$$m\vec{a} = m\dot{\vec{v}} = m\vec{g} - \gamma\vec{v} \quad (4)$$

bzw.

$$m\dot{\vec{v}} + \gamma\vec{v} = m\vec{g}. \quad (5)$$

- (a) (5 Punkte) Vollziehen Sie die Lösung dieser Gleichung unter Berücksichtigung allgemeiner Anfangsbedingungen  $\vec{r}(0) = \vec{r}_0$ ,  $\vec{v}(0) = \vec{v}_0 = \dot{\vec{r}}(0) = \dot{\vec{v}}_0$  im Skript zur Vorlesung nach (Abschnitt 2.3.2) nach.
- (b) (5 Punkte) 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 ( $t \rightarrow 0$  bzw.  $t \rightarrow \infty$ ) und interpretieren sie die Resultate physikalisch. Betrachten Sie dazu auch die Beschleunigung  $a_3(t)$ .

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

$$\exp x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \dots \quad (6)$$

Homepage zu Vorlesung und Übungen:

<https://itp.uni-frankfurt.de/~hees/theo1-13-WS2021/index.html>