

Übungsblatt Nr. 4

Abgabe in Ilias bis zum 27.11.2023, 08:00 Uhr.

Besprechung am 29.11.2023 in der Übung.

Aufgabe 1: Newtonsche Reibung (7 Punkte)

Eine Fallschirmspringerin (mit Ausrüstung 65 kg) springt aus einem Flugzeug und fällt im Schwerfeld mit $g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ nach unten. Gebremst wird sie von der Luftreibung, die newtonschen Charakter hat. Der Luftreibungskoeffizient der Fallschirmspringerin (vor Auslösen des Fallschirms) sei $\kappa = \frac{1}{2}c_w\rho A = 0,26 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$.

- a) Stellen Sie die Bewegungsgleichung der Fallschirmspringerin auf. **(1 Punkt)**
- b) Berechnen Sie die Endgeschwindigkeit $v_\infty = \lim_{t \rightarrow \infty} v(t)$. **(1 Punkt)**
- c) Lösen Sie die Bewegungsgleichung (das heißt berechnen Sie die Geschwindigkeit $v(t)$ und die Höhe $z(t)$ als Funktion der Zeit) für die Anfangsbedingungen $v(0) = 0$ und $z(0) = 0$. **(3 Punkte)**

Hinweis: Lassen Sie sich durch Differenzialgleichungen nicht entmutigen. In diesem Fall hilft eine Separation der Variablen. Denken Sie zurück an das letzte Präsenzübungsblatt, wenn Sie auf komplizierte Integrale stoßen.

- d) Skizzieren Sie $v(t)$ und $z(t)$. **(1 Punkt)**
- e) Wie tief fällt die Fallschirmspringerin, bevor sie 95 % ihrer Endgeschwindigkeit erreicht hat? **(1 Punkt)**

Aufgabe 2: Zylinderkoordinaten (3 Punkte)

Betrachten wir noch mal die Elektronenbahn vom letzten Übungsblatt:

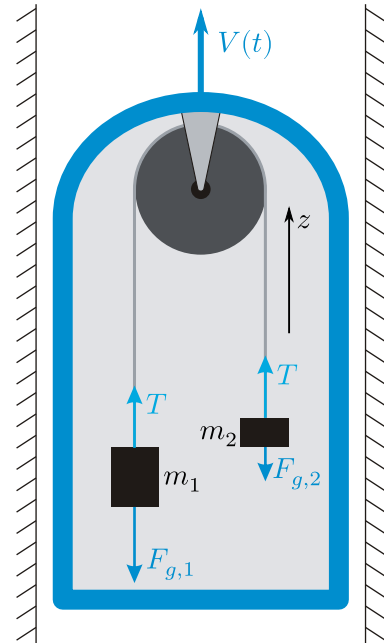
$$\vec{r}(t) = \left(\frac{v_{0,r}}{\omega_c} \cos(\omega_c t), \frac{v_{0,r}}{\omega_c} \sin(\omega_c t), v_{0,z} t \right).$$

- a) Drücken Sie die Bahn in Zylinderkoordinaten (ρ, ϕ, z) aus. **(1 Punkt)**
- b) Berechnen Sie in Zylinderkoordinaten die Geschwindigkeit und Beschleunigung des Elektrons. **(2 Punkte)**

Aufgabe 3: Massen an einem Faden im Einstein-Elevator (unbepunktet)

Das Experiment von letzter Woche mit den zwei Massen, dem Faden und der Umlenkrolle wird nun in die Gondel des Einstein-Elevators in Hannover verlegt, einer Weiterentwicklung des Fallturmkonzepts. Mit $V(t)$ bezeichnen wir die Geschwindigkeit der Gondel relativ zum Turm.

- Die Gondel wird zunächst mit konstanter Geschwindigkeit V_0 nach oben gezogen. Wie ändern sich dann die Kräfte im mit der Gondel mitbewegten Bezugssystem und wie müssen die Bewegungsgleichungen angepasst werden?
- Oben angekommen wird die Gondel mit Erdbeschleunigung nach unten beschleunigt, also $V(t) = -gt$. Wie ändern sich nun die Kräfte und die Bewegungsgleichungen?
- In einem weiteren Experiment startet die Gondel unbeschleunigt am Boden in Ruhe und wird dann mit einem gleichförmigen Ruck¹ von $J_0 = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^3}$ nach oben bewegt. Welchen Einfluss hat das auf die im Faden wirkende Zugkraft sowohl im mitbewegten als auch im ruhenden Bezugssystem?



¹Der Ruck $j = \dot{a}$ ist die zeitliche Änderungsrate der Beschleunigung.