Prof. Dr. Jürgen Eschner
Gebäude E 2 6, Raum 3.02
☎ +49 (681) 302 58016
juergen.eschner@physik.uni-saarland.de
www.uni-saarland.de/lehrstuhl/eschner

Experimentalphysik I
– Wintersemester 2019/20 –
Übungsblatt 1

Aufgabe 1 – Satellitenbewegung

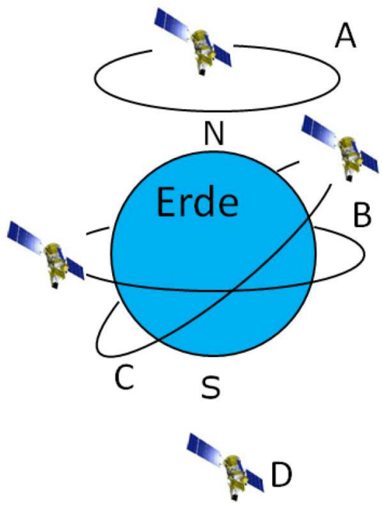
Die Beschleunigung aufgrund der Erdanziehung beträgt im Abstand r vom Erdmittelpunkt

$$a_{\mathrm{Erde}} = G\frac{m_{\mathrm{Erde}}}{r^2}$$

mit der Gravitationskonstanten G. Der Vektor der Erdbeschleunigung zeigt dabei immer zum Erdmittelpunkt.

a) Finden Sie den Wert von G ausgehend davon, dass an der Erdoberfläche ($r_{\mathrm{Erde}} = 6371\,\mathrm{km}$) der Wert der Erdbeschleunigung $g = 9{,}81\,\mathrm{m/s^2}$ ist.

Ein Satellit ohne eigenen Antriebsmechanismus wird auf seine Bahn gebracht, indem er einmalig in einer gegebenen Höhe auf die notwendige Geschwindigkeit beschleunigt wird.



(N = Nordpol, S = Südpol)

c) Begründen Sie, welche der dargestellten Bahnen A bis D für antriebslose Satelliten physikalisch erlaubt sind.

Fernsehsatelliten müssen sich ständig über einem bestimmten Erdteil befinden, um rund um die Uhr Fernsehempfang zu gewährleisten. Solche Satelliten, die ihre Position bzgl. eines Punktes auf der Erdoberfläche nicht ändern, heißen *geostationäre Satelliten.*

d) Begründen Sie, dass ein geostationärer Satellit eine Umlaufzeit von $T = 24\,\mathrm{h}$ hat. Berechnen Sie den Abstand R, den ein geostationärer Satellit über der Erdoberfläche haben muss.

e) Welche der dargestellten erlaubten Bahnen ist eine geostationäre Bahn?

f) Wenn ein Satellit auf der anderen erlaubten Bahn in derselben Höhe die Erde umkreist, wie erscheint seine Bewegung einem Beobachter auf dem Erdäquator?

Aufgabe 2 – Bahnkurve

Die Bahnkurve eines Massenpunktes in einer 2-dimensionalen Ebene wird beschrieben durch

$$\vec{s}(t) = \begin{pmatrix} \alpha \cos(\omega t) \\ \beta t \end{pmatrix}$$

mit $\omega = 2\pi/T, T = 0{,}5\,\mathrm{s}, \alpha = 1\,\mathrm{m}, \beta = 0{,}5\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

a) Berechnen Sie $\vec{v}, |\vec{v}|, \vec{e}_v$.

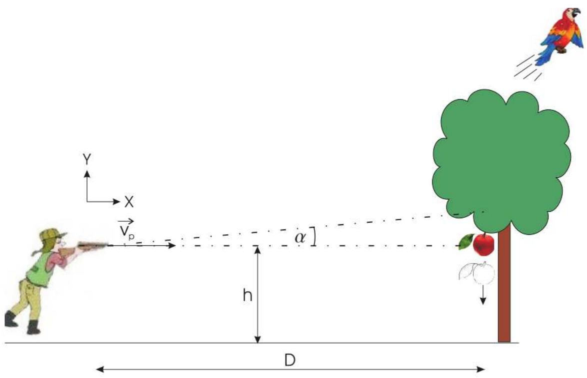
b) Berechnen Sie $\vec{a}, |\vec{a}|, \vec{a}_t, \vec{a}_n$.

c) Skizzieren Sie die Bahnkurve für 2 Perioden, $t \in [0, 2T]$, zuerst von Hand und wenn möglich auch mit MATLAB.

d) Berechnen Sie die Länge dieser Bahnkurve. **(*)**

Aufgabe 3 – Zielschießen

Ein Jäger schießt zur Übung auf Obst an einem Baum. Er zielt auf einen $D = 100\,\mathrm{m}$ entfernten Apfel.



a) Berechnen sie den Winkel α_1 relativ zur Augenhöhe, unter dem der Jäger zielen muss, um einen auf Augenhöhe am Baum hängenden Apfel zu treffen. Die Gewehrkugel habe dabei die Startgeschwindigkeit $|\vec{v}_P| = 300\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$.

b) Es macht sich nun ein Vogel am Apfel zu schaffen. Vom Anblick des Mündungsfeuers (Lichtgeschwindigkeit $c \approx 300\,000\,\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{s}}$) aufgescheucht schüttelt er den Apfel los, so dass dieser im selben Moment zu Boden fällt. Bestimmen Sie nun den Winkel α_2, unter dem unser Jäger zielen muss, damit er das Obst trifft.

Reibungseffekte und die Reaktionszeit des Vogels sollen vernachlässigt werden.

Aufgabe 4 – Schiefe Ebene (Vorlesungsversuch)

Ein Wagen fährt reibungsfrei eine schiefe Ebene unter dem Winkel α hinab. Seine Anfangsgeschwindigkeit ist Null. Zwischen zwei Lichtschranken, welche nach 55 cm und nach 95 cm durchfahrener Strecke postiert sind, wird eine Zeitdauer $t_1 = 0{,}84$ s gestoppt. Wie groß ist α, in Radian und in Grad?

(Die Aufgabe wurde gegenüber der Vorlesung abgeändert, damit sie einfacher zu berechnen ist.)

(*) Finden Sie zuerst das Integral, das diese Länge beschreibt. Dieses Integral ist nicht elementar lösbar. Versuchen Sie, in MATLAB eine numerische Approximation für die Lösung zu programmieren und berechnen Sie das Ergebnis für den Fall $\alpha = 1$ m, $\beta = 1$ m/s und $\omega = \pi\ \mathrm{s}^{-1}$. Die Besprechung erfolgt in den ME.

Die Lösungen der folgenden Aufgaben werden in der ME-Vorlesung besprochen.

Aufgabe ME 1 – Aus der Vorlesung

a) Zeigen Sie durch Anwendung der Eigenschaften von Skalarprodukt und Einheitsvektoren, dass die Tangential- und die Normalbeschleunigung senkrecht zueinander stehen.

b) Zeigen Sie, dass die Wegstrecke entlang einer Bahnkurve, $s = \int_{P_1}^{P_2} \mathrm{d}s$ berechnet wird, wenn man im allgemeineren Ausdruck für das Wegintegral, $\int_{P_1}^{P_2} \vec{f}(\vec{r}) \cdot \mathrm{d}\vec{s}$ die Funktion $\vec{f}(\vec{r})$ durch den Tangential-Einheitsvektor $\hat{e}_t$ (der gleich dem Geschwindigkeits-Einheitsvektor $\hat{e}_v$ ist) ersetzt.

Aufgabe ME 2 – Gedämpftes Pendel

Das 1-dimensionale gedämpfte Pendel wird durch die Differentialgleichung

$$a(x, \dot{x}) = \ddot{x}(t) = Ax(t) + B\dot{x}(t)$$

beschrieben. Zeigen Sie, dass die Bahnkurve

$$x(t) = x_0 \sin(\omega t + \phi) \exp(-\gamma t)$$

eine Lösung dieser Differentialgleichung ist und stellen Sie einen Zusammenhang zwischen den Koeffizienten ω, γ, A und B her.