

3. Übungsblatt zur Physik I

Prof. Dr. G. Hiller, Prof. Dr. S. Khan

Abgabe: Bis Montag, den 30. Oktober 2017 16:00 Uhr

WS 2017/18

Aufgabe 1 : Im Fass über die Niagarafälle

(5 Punkte)

Am 24. Oktober 1901, ihrem 63. Geburtstag, ließ sich die US-amerikanische Lehrerin Annie Taylor in einem Holzfass über die Niagarafälle treiben. Sie überlebte fast unverletzt.

Betrachten Sie das Fass als Zylinder der Länge 1,4 m mit Radius 0,4 m.



- Die Fallhöhe betrug 53 m. Wie lange dauerte der Fall unter Vernachlässigung des Luftwiderstands und mit welcher Geschwindigkeit schlug das Fass auf?
- Beim Aufprall auf das Wasser wurde das Fass durch den Auftrieb und den Widerstand des Wassers gebremst. Berechnen Sie die Auftriebskraft des völlig untergetauchten Fasses, die nach Archimedes dem Gewicht des verdrängten Wasservolumens entspricht.
- Berechnen Sie den Wasserwiderstand gemäß folgender Formel: $F_W = (C_W/2) \cdot \rho \cdot A \cdot v^2$. Hier ist $C_W \approx 1$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ die Dichte von Wasser und A die Grundfläche des mit der Geschwindigkeit v aus (a) senkrecht eintauchenden Zylinders.
- Wie groß war die Abbremsung (negative Beschleunigung), wenn die Masse des Fasses inkl. Inhalt 400 kg betrug? Erklären Sie qualitativ, warum eine Polsterung im Fass den Aufprall mildert.

Aufgabe 2 : Fahrstuhl nach Neuseeland

(5 Punkte)

Ein Fahrstuhl mitten durch die Erde (z.B. von Spanien nach Neuseeland) wäre sicher eine recht praktische Angelegenheit. Man könnte eine Röhre aus einer Speziallegierung (zum Schutz gegen die Hitze im Erdinnern) evakuieren, so dass eine Passagier-Kapsel, die man z.B. in Madrid fallen lässt, reibungsfrei und ohne Antrieb in Wellington ankommt.

- Geben Sie die auf die Kapsel wirkende Beschleunigung als Funktion des Abstands vom Erdmittelpunkt unter der Annahme an, dass die Erde eine Kugel mit Radius 6370 km und homogener Dichte sei.
- Wie nennt man die Bewegung, die die Kapsel ausführt? Wie lange dauert die Reise? Welche Kräfte nehmen die Passagiere wahr?
- Wie lange würde die Reise mit einem antriebslosen Satelliten dauern, der sich knapp oberhalb der Erdoberfläche bewegt (auch hier sei der Luftwiderstand vernachlässigt)?

Aufgabe 3 : Koeffizientenvergleich

(5 Punkte)

Betrachten Sie die Differentialgleichung 2. Ordnung

$$\ddot{x} = -\chi^2 x \quad , \quad (1)$$

die mit folgendem Ansatz zu lösen sei:

$$x(t) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (bt)^n \quad (2)$$

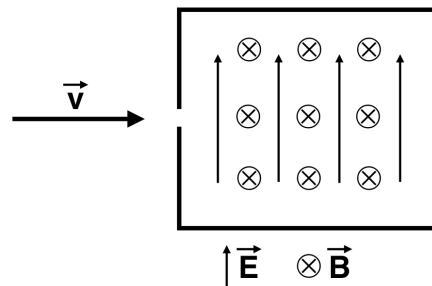
Dabei habe x die Einheit Meter, t die Einheit Sekunde und χ die Einheit $\frac{1}{\text{Sekunde}}$. Die Koeffizienten a_n haben **alle** dieselbe Einheit.

- Welche Einheit haben a_n und b ?
- Geben Sie b in Abhängigkeit von χ an.
- Geben sie eine *rekursive* Berechnungsvorschrift für die Folge a_n an.
- Es sei $\dot{x}(0) = 0$. Geben Sie eine Berechnungsvorschrift für die Folgenglieder a_{2n+1} an.
- Es sei weiterhin $x(0) = 1$ m. Geben Sie eine *nicht rekursive* Berechnungsvorschrift für die Folgenglieder a_{2n} an.
- Es gilt dann: $x(t) = a_0 f(bt)$. Benennen Sie die Funktion f .

Aufgabe 4 : Teilchenfilter (Bonusaufgabe)

(+5 Punkte)

Stellen wir uns ein punktförmiges Teilchen der Masse m und Ladung q vor (wie z.B. das Elektron). Aus einer Quelle treten verschiedene Teilchensorten aus. Außerdem treten alle Teilchen mit verschiedenen Geschwindigkeiten \vec{v} auf. Wir wollen im Folgenden versuchen die Teilchen mithilfe eines elektrischen Feldes \vec{E} und eines homogenen Magnetfeldes \vec{B} zu sortieren. Durch eine Lochblende treten die Teilchen in den Bereich der beiden Felder ein, wobei $\vec{E} \perp \vec{v} \perp \vec{B}$ (s. Abb.). Durch eine weitere Lochblende können die Teilchen nach Durchlaufen einer Strecke der Länge l austreten, wenn sie nicht abgelenkt wurden. Der gesamte Aufbau befindet sich im Vakuum.



Ist die Geschwindigkeit $|\vec{v}| = v$ eines eintretenden Teilchens gegeben, so ergibt sich eine kinetische Energie von $E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m v^2$ und ein Impuls von $|\vec{p}| = m v$.

- Wir betrachten zunächst den Fall $\vec{B} = \vec{0}$, $|\vec{E}| \neq 0$: Wo treffen die Teilchen auf die Rückwand? Wie groß sind $|\vec{v}'|$, E'_{kin} und $|\vec{p}'|$ beim Auftreffen auf die Rückwand?
- Bearbeiten Sie den Aufgabenteil (b) erneut, diesmal für den Fall $\vec{E} = \vec{0}$, $|\vec{B}| \neq 0$.
- Für den Fall $|\vec{E}| \neq 0$, $|\vec{B}| \neq 0$ treten die Teilchen mit den Anfangswerten $|\vec{v}^*|$, E^*_{kin} und $|\vec{p}^*|$ durch die hintere Lochblende. Bestimmen Sie diese Anfangswerte. Was fällt Ihnen auf?
- Handelt es sich um einen Geschwindigkeitsfilter, Energiefilter oder einen Impulsfilter? Eignet sich diese Anordnung, um Teilchen verschiedener Masse voneinander zu trennen? Begründen Sie ihre Antwort.