



**Allgemeine Hinweise:**

- Kommentieren Sie Ihre Lösungen! (Erläuterungen, Begründungen, Folgerungen)
- Rechnen Sie in SI-Einheiten (kg, m, s etc.)!
- Überprüfen Sie die physikalischen Einheiten in Ihren Rechenschritten und Lösungen! (Vor allem bei längeren Rechenwegen!)
- Lesen Sie die Aufgaben zunächst alle einmal und beginnen Sie dann mit der für Sie einfachsten Aufgabe!

**Erlaubte Hilfsmittel:** Taschenrechner, Schreibutensilien

**Aufgabe 1: Freier Fall unter Berücksichtigung der Luftreibungskraft**

Eine „realistische“ Betrachtung des freien Falls zeigt, dass auf einen Körper zusätzlich zur Gewichtskraft eine Luftreibungskraft wirkt, die durch folgende Formel beschrieben wird (Ergebnis von Messungen im Windkanal):

$$F_L = \frac{1}{2} \cdot c_w \cdot \rho \cdot A \cdot v^2 \quad \text{mit} \quad \begin{aligned} c_w &= \text{Widerstandsbeiwert (hängt ab von Form und Oberfläche des Körpers)} \\ \rho &= \text{Dichte der Luft} \\ A &= (\text{größte}) \text{ Querschnittsfläche des Körpers} \\ v &= \text{Geschwindigkeit des Körpers} \end{aligned}$$

- 1.1. Sie haben bereits mit Hilfe Ihrer Simulation des freien Falls im Unterricht festgestellt, dass es eine Grenzggeschwindigkeit gibt. Wie groß ist die Beschleunigung auf den Körper, wenn er diese Grenzggeschwindigkeit erreicht hat? Was gilt ab diesem Moment für die beteiligten Kräfte?
- 1.2. Berechnen Sie mit Hilfe der Erkenntnisse aus 1.1. die Grenzggeschwindigkeiten zweier Fallschirmpringer gleicher Masse („einer mit und einer ohne Bauch“) in m/s und km/h. Benutzen Sie dafür folgende Parameter:  $c_w=1$  ,  $\rho=1,3 \text{ kg/m}^3$  ,  $A=0,5 \text{ m}^2$  bzw.  $1 \text{ m}^2$  ,  $m=100 \text{ kg}$

**Aufgabe 2: Schwingungen**

- 2.1. Eine harmonische Schwingung hat die Amplitude  $y_{\text{max}} = 10 \text{ cm}$  und die Periodendauer  $T = 2 \text{ s}$  . Berechnen Sie die Frequenz und die Kreisfrequenz (Winkelgeschwindigkeit).
- 2.2. Stellen Sie das Zeit-Elongations-Gesetz  $y(t)$  auf unter der Anfangsbedingung  $y(0 \text{ s}) = 0 \text{ cm}$  . Berechnen Sie alle  $y(t)$  von  $t = 0$  bis  $2 \text{ s}$  in  $0,2 \text{ s}$ -Schritten und zeichnen Sie den  $y(t)$ -Graphen.

**Aufgabe 3: Modellbildung in Flüssigkeiten**

Kleine, kugelförmige Teilchen erfahren nach dem Stokesschen Gesetz eine Reibungskraft  $F_s$  aufgrund der Zähigkeit des Mediums, in dem sie sich bewegen (andere Reibungskräfte wirken nicht). Das Stokessche Gesetz lautet:

$$F_s = 6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot r \cdot v \quad \text{mit} \quad \begin{aligned} \eta &= \text{dynamische Viskosität (Zähigkeit) des Mediums} \\ r &= \text{Radius der Kugeln} \\ v &= \text{Geschwindigkeit der Kugeln} \end{aligned}$$

- 3.1. Eine Kugel mit Radius  $r$  sinkt von der Wasseroberfläche ( $y = 0$  zum Zeitpunkt  $t = 0$ ) in die Tiefe eines zwei Meter hohen Glaszylinders. Welche Kraft bewirkt ihr Absinken? Welche Kräfte wirken insgesamt auf die Kugel? (Tipp: Für die Summe der Kräfte gilt das 2.Newtonssche Axiom.)
- 3.2. Auf der Rückseite ist der Rahmen eines PAKMA-Programms angegeben. Schreiben Sie den Schleifenkörper, also den Teil des Programms, der als fehlend markiert ist. Hinweis: Die in  $\text{Ausgabe}()$  angegebenen Variablen müssen natürlich korrekt berechnet werden, Sie dürfen selbstverständlich hilfsweise auch andere Variablen definieren.

[Das Programm sollte in der Lage sein, eine graphische Ausgabe zur Ermittlung von  $y(t)$  und  $v(t)$  und damit u.a. die Grenzggeschwindigkeit der Kugel zu liefern.] <-- **Dieser Hinweis gehört nicht zur Aufgabenstellung!**

Konstanten u. Formeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erdbeschleunigung: <math>g = 9,81 \text{ m/s}^2</math></li> </ul>
-----------------------	--



(Sie dürfen selbstverständlich diese Aufgabe auf dem Klausurzettel lösen. Kommentaren wird ein „//“ vorangestellt; sie werden vom Pascal-Compiler ignoriert.)

// Name:

// PAKMA-Programm zur Simulation des Sinkens einer Kugel in Wasser

// Konstanten und Startwerte:

```

g:=9.81;           // Erdbeschleunigung in m/s²
v:=0;             // Anfangsgeschwindigkeit 0 m/s
m:=0.001;         // Masse der Kugel in kg
r:=0.001;         // Radius der Kugel in m
η :=0.001;        // dynamische Viskosität („Zähigkeit“) von Wasser in Ns/m²
pi:=3.14;         // Zahlenwert von π
t:=0;
dt:=0.01;

```

// weitere Hilfsvariablen:

---



---



---



---

repeat // hier beginnt ihr Programmierjob

---



---



---



---



---



---



---



---



---

Ausgabe (t, y, v);

Until ( ); // Finden Sie eine „schlaue“ Abbruchbedingung!