

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

## 1 Differentialrechnung

Bilden Sie die erste und die zweite Ableitung nach  $x$  von folgenden Funktionen:

$$f_1 = 1 + x + x^2 + x^3, \quad f_2 = \tan x, \quad f_3 = x^2 e^{\beta x}, \quad f_4 = (\ln x)^2$$

## 2 Integralrechnung

Berechnen Sie folgende Integrale:

$$\int_{\varphi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{r=0}^R r^2 \sin \theta \, dr d\theta d\varphi, \quad \int x \sin x \, dx, \quad \int e^{\alpha x} \, dx, \quad \int [x^2 - 7x^6] \, dx$$

## 3 Vektorrechnung

Gegeben seien die Vektoren  $\vec{a} = (3, 2, 1)$  und  $\vec{b} = (4, 1, 5)$ .

- (a) Berechnen Sie die Vektoren  $\vec{a} + \vec{b}$  und  $\vec{a} - \vec{b}$
- (b) Berechnen Sie das Skalarprodukt  $\vec{a} \cdot \vec{b}$ , das Vektorprodukt  $\vec{a} \times \vec{b}$  sowie  $|\vec{a}|$  und  $|\vec{b}|$ .
- (c) Zeigen Sie:  $\vec{a} \times \vec{b} = -\vec{b} \times \vec{a}$ ,  $\vec{a} \cdot \vec{b} = \vec{b} \cdot \vec{a}$ ,  $(\vec{a} \times \vec{b}) \perp \vec{b}$  und  $(\vec{a} \times \vec{b}) \perp \vec{a}$ .

## 4 Einheiten und Umrechnung von Einheiten

Geben Sie jeweils die SI Einheit für die Geschwindigkeit  $v$ , die Masse  $m$ , die Länge  $x$ , das Volumen  $V$ , die Temperatur  $T$ , die Energie  $E$  und die Zeit  $t$  an.

Rechnen Sie folgende Einheiten in die jeweils andere um:

$$1 \frac{\text{m}}{\text{s}} \rightarrow \frac{\text{km}}{\text{h}}, \quad 1 \frac{\text{km}}{\text{h}} \rightarrow \frac{\text{m}}{\text{s}}, \quad 1 \text{l} \rightarrow \text{cm}^3, \quad 1 \text{m}^3 \rightarrow \text{l}, \quad 297 \text{K} \rightarrow ^\circ\text{C}, \quad 3 \text{h} \rightarrow \text{s}, \quad 1 \text{Lichtjahr} \rightarrow \text{m}$$

Wieviel Ms hat ein Jahr ?

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

## 5 Bahnkurve

Ein Körper bewege sich auf der Bahnkurve:

$$\vec{r}(t) = \begin{pmatrix} R \cos \omega t \\ R \sin \omega t \\ v_0 t \end{pmatrix}$$

Zeichnen Sie die Bahnkurve perspektivisch und berechnen Sie  $|\vec{r}|$ . Wie sieht die Kurve für  $v_0 = 0$  aus? Für  $\omega$  gilt:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ . Welche Bedeutung hat  $T$  bei  $v_0 = 0$ ?

## 6 Überholen eines LKW im Harz

Ein PKW fährt hinter einem LKW der Länge 30m mit einer konstanten Geschwindigkeit  $v_0 = 60\text{km/h}$ . Als der Fahrer eine Strecke von 300m einsehen kann, setzt er zum Überholen an. Dabei beschleunigt er mit  $a=1,3\text{m/s}^2$  bis auf  $100\text{km/h}$ .

- (a) Schafft er das Überholen gefahrlos?
- (b) Wie lang sind Überholzeit und Überholweg, wenn beim Einscheren ein Sicherheitsabstand von 40m beachtet wird?

## 7 Mittlere Geschwindigkeit

- (a) Ein Auto fahre die Hälfte der Fahrtzeit mit  $40\text{km/h}$  und die andere Hälfte mit  $80\text{km/h}$ . Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit des Fahrzeugs?
- (b) Diesmal fahre das Auto die Hälfte der Strecke mit  $80\text{km/h}$  und die andere Hälfte mit  $40\text{km/h}$ . Wie groß ist diesmal die mittlere Geschwindigkeit?

## 8 Autorennen

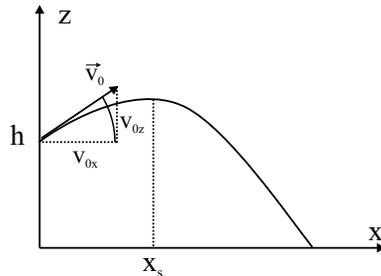
Drei Fahrer in jeweils unterschiedlichen Fahrzeugen veranstalten ein Autorennen auf einer 2,5km langen Strecke:

- (i) Fahrer 1 beschleunigt sein Fahrzeug konstant mit  $a_1=1,2\text{m/s}^2$ .
- (ii) Fahrer 2 startet „fliegend“ und überfährt die Startlinie mit  $v_2=110\text{km/h}$  und hält diese konstant bis zum Ziel.
- (iii) Fahrer 3 beschleunigt mit  $a_3=1,8\text{m/s}^2$  von der Startlinie an kurz auf die Höchstgeschwindigkeit seines Fahrzeugs von  $150\text{km/h}$  und hält diese dann bis zum Ziel konstant.

Welcher Fahrer trifft zuerst am Ziel ein? Zeichnen Sie jeweils ein Weg-Zeit- und ein Geschwindigkeit-Zeit-Diagramm.

# Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik für Ingenieure I Prof. Dr. W. Daum

## 9 Schneeballweitwurf



Um auf den ersten Schnee im Harz vorbereitet zu sein, möchten Sie die optimalen Bedingungen für den Wurf eines Schneeballs aus der Höhe  $h$  und einer Anfangsgeschwindigkeit  $\vec{v}_0 = (v_{0x}, 0, v_{0z})$  bestimmen. Der Schneeball wird dabei unter dem Winkel  $\alpha$  zur Horizontalen abgeworfen. Berechnen Sie die Wurfweite  $x_w$  und den Scheitelpunkt  $x_s$ .

Berechnen Sie denjenigen Winkel  $\alpha$ , für welchen Sie die maximale Wurfweite bei einer Abwurfhöhe von  $h=0$  erreichen.

Tip: Benutzen Sie die Formel für die Wurfparabel

$$z(x) = h + \frac{v_{0z}}{v_{0x}}x - \frac{g}{2v_{0x}^2}x^2$$

aus der Vorlesung, die Extremalbedingung  $\frac{dx_w}{d\alpha}(\alpha_{opt}) = 0$  und  $v_{0x}v_{0z} = \frac{1}{2}v_0^2 \sin 2\alpha$ .

## 10 Senkrechter Wurf

Ein Schneeball wird von einem 20m hohen Turm mit einer Geschwindigkeit von  $v_0 = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$

- (a) senkrecht nach oben,
- (b) senkrecht nach unten geworfen.

Berechnen Sie für beide Fälle die Zeit nach welcher der Schneeball auf dem Boden aufschlägt. Welche Geschwindigkeiten haben die Schneebälle jeweils zu diesem Zeitpunkt? Berechnen Sie für (a) die maximale Steighöhe.

## 11 Schiffskollision

Zwei Schiffe bewegen sich bei starken Nebel auf einem Fluß mit einer Fließgeschwindigkeit von  $v_f = 3 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  auf einander zu. Schiff 1 fährt mit  $v_1 = 11 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  entgegen der Strömung und Schiff 2 mit  $v_2 = 15 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  mit der Strömung. Erst als der Abstand der beiden Schiffen nur noch 200m beträgt, bemerken die beiden Schiffsführer die Gefahr. Um eine Kollision abzuwenden wird Schiff 1 mit  $a_1 = 0,34 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  und Schiff 2 mit  $a_2 = 1,62 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  verzögert. Kommt es zur Kollision oder nicht?

## 12 Kreisbewegung

- (i) Aufgrund seiner Festigkeit darf ein Stahlteil mit einem Durchmesser  $d=10\text{cm}$  nur mit einer Umlaufgeschwindigkeit von  $v = 150 \frac{\text{m}}{\text{s}}$  rotieren. Wie viele Umdrehungen pro Minute dürfen dem Teil zugemutet werden?
- (ii) Welches Vielfache der Erdbeschleunigung  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  ist die Zentripetalbeschleunigung einer Zentrifuge von 10cm Radius bei 1000 Umdrehungen pro Minute?

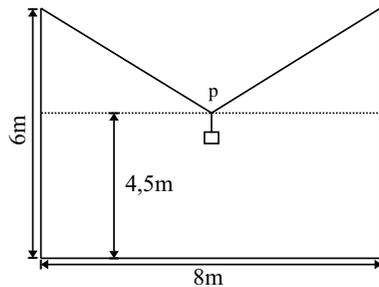
Tip:  $\omega = 2\pi f$

# Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik für Ingenieure I Prof. Dr. W. Daum

## 13 Beschleunigte Kreisbewegung

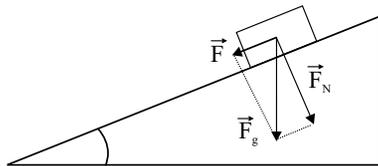
Eine Triebwerksturbine wird innerhalb von 1,5min aus dem Stand auf 10800 U/min beschleunigt. Berechnen Sie die Winkelbeschleunigung  $\alpha$  in  $[\text{rad/s}^2]$ . Desweiteren sind die Drehzahl und die gemachten Umdrehungen zum Zeitpunkt  $t=40\text{s}$  zu bestimmen.

## 14 Kräftegleichgewicht



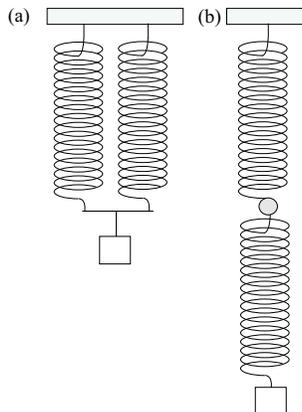
Ein Körper der Masse  $m=25\text{kg}$  soll wie in der Abbildung gezeigt aufgehängt werden. Dazu haben Sie zwei mögliche Seilsorten zur Auswahl, Sorte 1 darf bis max. 260N und Sorte 2 bis 360N belastet werden. Welche Sorte muss verwendet werden? Zeigen Sie, dass die Summe aller im Punkt p wirkenden Kräfte Null ist. Zerlegen Sie dazu die wirkenden Kräfte in Komponenten  $\parallel$  und  $\perp$  zur Wand.

## 15 Schiefe Ebene



- (a) Ein Körper der Masse  $m=250\text{g}$  gleitet reibungsfrei eine schiefe Ebene mit  $\alpha=30^\circ$  herab. Welche Strecke legt der Körper auf der Ebene in  $t=2\text{s}$  zurück?
- (b) Gegeben seien der Haftreibungskoeffizient  $\mu_H=0,6$  und der Gleitreibungskoeffizient  $\mu_G=0,4$ . Ab welchem Neigungswinkel  $\alpha_H$  fängt der Körper an zu gleiten? Wie weit kommt er ab diesem Zeitpunkt innerhalb von  $t=2\text{s}$ ?

## 16 Federkonstanten

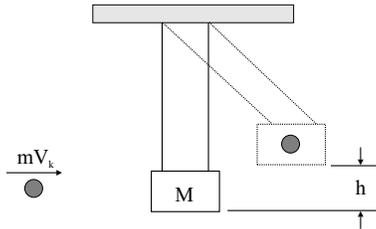


Wie groß ist die Federkonstante für die Fälle (a) und (b), wenn

- (i) die Federn die gleiche Federkonstante  $D$  haben?
- (ii) die eine Feder die Federkonstante  $D$  und die andere  $D/2$  hat?

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

## 17 Ballistisches Pendel



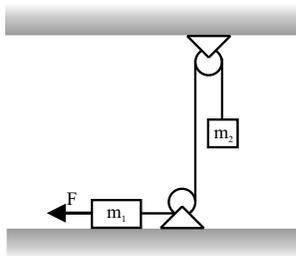
Die Geschwindigkeit  $v_k$  einer Gewehrkugel kann mit Hilfe eines ballistischen Pendels bestimmt werden: Dazu wird die Gewehrkugel der Masse  $m$  in einen ruhenden Holzblock der Masse  $M$  eingeschossen, welcher durch den Impulsübertrag um die Höhe  $h$  ausgelenkt wird.

Wie groß ist die Geschwindigkeit  $v$  des Holzblockes mit der Gewehrkugel unmittelbar nach dem Stoß? Welche Geschwindigkeit hatte eine Kugel der Masse  $m=10\text{g}$  wenn der Holzblock ( $M=5\text{kg}$ ) mit der Kugel, wie in der Abbildung zu sehen, um  $h=5\text{cm}$  ausgelenkt wurde?

## 18 Arbeit

- Wie groß ist die Arbeit, um ein Auto der Masse  $m=1500\text{kg}$  von der Geschwindigkeit  $v_1=60\text{km/h}$  auf  $v_2=120\text{km/h}$  zu beschleunigen?
- Eine als masselos zu betrachtende Feder mit einer Federkonstanten von  $D=25\text{N/m}$  ist an der Decke aufgehängt. Wie groß ist die Auslenkung  $\Delta x$  der Feder aus der Ruhelage, wenn die verrichtete Arbeit  $0,7\text{J}$  beträgt?
- Eine Wanderer ( $m=70\text{kg}$ ) geht von Clausthal ( $600\text{m}$  Höhe) auf den Brocken ( $1140\text{m}$  Höhe). Reichen 2 Dosen Cola aus, um den Energieverbrauch zu kompensieren, wenn eine Dose Cola  $150\text{kJ}$  Energiegehalt halt?

## 19 Kraft und Beschleunigung



Berechnen Sie die Beschleunigung des in der Abbildung gezeigten Systems und die Spannung in der Schnur. Vernachlässigen Sie dazu Reibungseffekte und die Masse des Seils. Lösen Sie die Aufgabe zunächst algebraisch und wenden Sie sie dann auf den Fall:  $m_1=50\text{g}$ ,  $m_2=80\text{g}$  und  $F=1\text{N}$  an.

## 20 Stoß zwischen 2 Körpern

Auf die Kreuzung zweier senkrecht zueinander verlaufenden Straßen gleiten bei Glatteis zwei Autos, deren Fahrer vergeblich versuchen zu bremsen, reibungsfrei aufeinander zu. Ein Zusammenstoß ist nicht zu vermeiden. Danach rutschen sie ineinander verkeilt gemeinsam weiter. Vor dem Stoß hatte das Auto 1 mit der Masse  $m_1=900\text{kg}$  eine Geschwindigkeit  $v_1=30\text{km/h}$  und das Auto mit der Masse  $m_2=1300\text{kg}$  eine Geschwindigkeit  $v_2=20\text{km/h}$ . Wie groß ist die gemeinsame Geschwindigkeit nach dem Stoß? (Hinweis: Benutzen Sie zum lösen der Aufgabe die Impulserhaltung)

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

## 21 Leistung

- (a) Ein Mann mit einer Masse von 80kg geht mit einer konstanten Geschwindigkeit von 6km/h auf einer schiefen Ebene bergauf, die einen Winkel von  $10^\circ$  mit der Horizontalen bildet. Berechnen Sie die Leistung die er entwickelt.
- (b) Ein PKW der Masse  $m=1,2t$  beschleunigt aus dem Stand in  $t=11,2s$  auf 100km/h. Wie groß ist dann die kinetische Energie des Autos und welche Leistung hat der Motor.

## 22 Geostationärer Satellit

Bestimmen Sie die Höhe und die Geschwindigkeit eines Satelliten (in einer Kreisbahn in der Äquatorialebene), der ständig über dem gleichen Punkt der Erde bleibt.

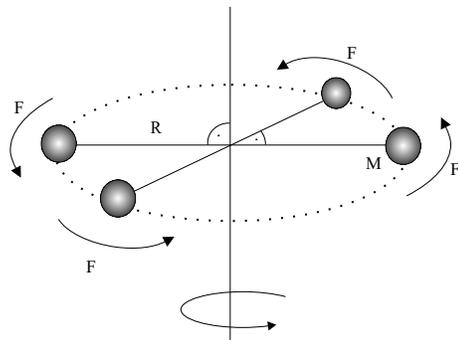
*Zahlenwerte:* Erdradius 6378km, Gravitationskonstante  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{Nm}^2\text{kg}^{-2}$  und die Erdmasse  $5,975 \cdot 10^{24}\text{kg}$ .

## 23 Wiegen auf dem Mars

Der Mars besitzt eine mittlere Dichte von  $\rho=3,75\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$  und einen mittleren Radius von  $R=3400\text{km}$ .

- (a) Wie groß ist die Marsbeschleunigung im Vergleich zur Erdbeschleunigung?
- (b) Wie groß müsste bei unveränderlicher Dichte der Radius des Mars sein, damit seine Anziehung genauso groß ist wie die der Erde?

## 24 Drehimpuls



Wie in der Abbildung gezeigt, wirkt *jeweils* an den Massen  $M=2,5\text{kg}$ , welche einen Abstand  $R=1\text{m}$  zur zentralen Stange haben, die Kraft  $F=5\text{N}$ . Berechnen Sie Gesamtdrehimpuls, Winkelgeschwindigkeit und die Bahngeschwindigkeit nach  $t=5\text{s}$ , wenn die Kräfte auf das ruhende System ab dem Zeitpunkt  $t=0$  wirken. (Dazu sind die Stangen als masselos zu behandeln!)

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
Prof. Dr. W. Daum

## 25 Elastischer Stoß

Ein Teilchen 1 der Masse 0,2kg bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von 0,4m/s entlang der x-Achse, als es mit einem anderen ruhenden Teilchen 2 der Masse 0,3kg zusammenstößt. Nach dem Zusammenstoß bewegt sich Teilchen 1 mit 0,2m/s in eine Richtung, die einen Winkel von  $40^\circ$  zur x-Achse bildet. Bestimmen Sie Betrag und die Richtung (Winkel zur x-Achse) von Teilchen 2 nach dem Zusammenstoß.

## 26 Das dritte Keplersche Gesetz

Zeigen Sie unter der Annahme, dass sich die Planeten auf Kreisbahnen um die Sonne bewegen, dass die Quadrate der Umlaufzeiten  $T_i$  der Planeten sich wie die dritten Potenzen der Radien  $r_i$  der jeweiligen Kreisbahn verhalten. Berechnen Sie das konstante Verhältnis  $T_i^2/r_i^3$ . *Zahlenwerte:* Sonnenmasse  $1,9884 \cdot 10^{30}$ kg und die Gravitationskonstante  $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11}$ Nm<sup>2</sup>kg<sup>-2</sup>

## 27 Harmonische Bewegung

Ein Teilchen bewegt sich in einer einfachen harmonischen Bewegung mit 1,5m Amplitude, wobei es 100 mal pro Sekunde schwingt. Wie groß ist seine Kreisfrequenz? Berechnen Sie seine Geschwindigkeit, seine Beschleunigung und seine Phase zu dem Zeitpunkt wenn die Auslenkung 0,75m beträgt.

## 28 Harmonisches Federpendel

An einer Feder mit der Federkonstanten  $D=28,8$ N/m hängt eine Masse  $m=0,2$ kg. Es sind folgende Anfangsbedingungen bekannt:  $z(t=0)=0,04$ m und  $v(t=0)=0,36$ m/s. Berechnen Sie die Amplitude, die Frequenz und die Phasenkonstante  $\varphi_0$  der Schwingung und verwenden Sie dazu folgenden Ansatz:  $z(t) = A \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

## 29 Energieerhaltung beim Harmonischen Oszillator

Zeigen Sie für ein ungedämpftes Federpendel, dass die Summe aus potentieller und kinetischer Energie zeitlich konstant ist. Wie groß ist die mittlere kinetische bzw. potentielle Energie  $\bar{E} = \frac{1}{T} \int_0^T E(t) dt$ ? Setzen Sie dazu die Phasenkonstante gleich Null.

*Hinweis:*  $\int \cos^2(at) dt = \frac{1}{2}t + \frac{1}{4a} \sin(2at)$

## 30 Freie gedämpfte Schwingung („Schwingfall“)

Die Bewegungsgleichung für den gedämpften harmonischen Oszillator ist:

$$\ddot{\psi} + 2\delta\dot{\psi} + \omega_0^2\psi = 0. \quad (1)$$

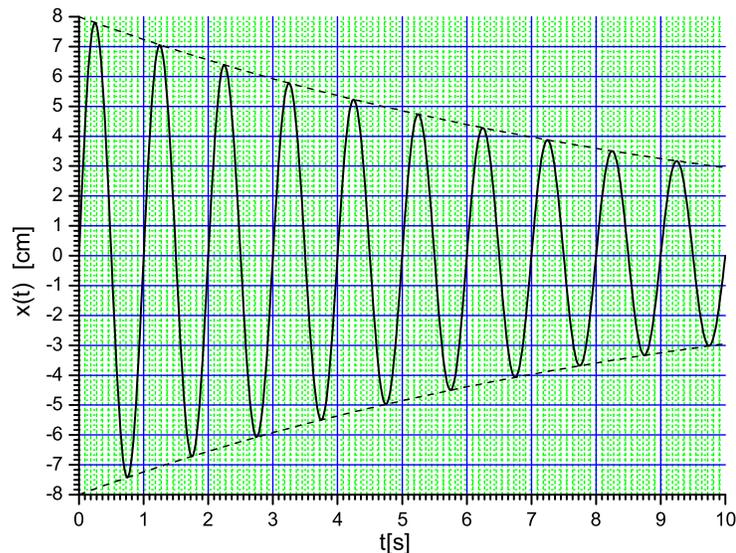
Zeigen Sie, dass die allgemeine Lösung  $\psi(t) = \psi_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$  mit  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$  und  $\omega_0 > \delta$  diese Gleichung erfüllt. Berechnen Sie dazu zunächst sowohl die Geschwindigkeit als auch die Beschleunigung zum Zeitpunkt  $t$ . Skizzieren Sie den Verlauf der Amplitude für den Fall  $\varphi_0 = 0$ .

## 31 Freie gedämpfte Schwingung („Kriechfall“)

Für den Fall  $\delta > \omega_0$  lautet die allgemeine Lösung von (1):  $\psi(t) = e^{-\delta t} (c_1 e^{\alpha t} + c_2 e^{-\alpha t})$  mit  $\alpha = \sqrt{\delta^2 - \omega_0^2}$ . Bestimmen Sie die Konstanten  $c_1$  und  $c_2$  für die Anfangsbedingungen  $\psi(t=0) = 0$  und  $\dot{\psi}(t=0) = v_0$ . Skizzieren Sie die Lösung.

## 32 Messung einer Schwingung

Durch ein Experiment erhalten Sie folgendes Diagramm für die Abhängigkeit der Auslenkung  $x$  von der Zeit  $t$ :



(a) Um welche Form der Bewegung handelt es sich? Geben Sie allgemein den Zusammenhang zwischen Auslenkung  $x$  und der Zeit  $t$  an und berechnen Sie alle Konstanten aus dem Diagramm.

(b) Mit welcher Geschwindigkeit startet das System zum Zeitpunkt  $t=0$ ?

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

### 33 Erzwungene Schwingung - Stationäre Lösung

Ein gedämpfter harmonischer Oszillator führt unter Einwirkung einer äußeren periodischen Kraft  $F(t) = F_0 \cos \omega t$  erzwungene Schwingungen aus. Die stationäre Lösung der Bewegungsgleichung  $\ddot{\psi} + 2\delta\dot{\psi} + \omega_0^2\psi = \frac{F_0}{m} \cos \omega t$  ist:

$$\psi(t) = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2\omega^2}} \cos[\omega t - \varphi(\omega)] \quad \text{mit} \quad \tan \varphi(\omega) = \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

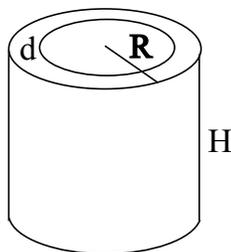
Berechnen und zeichnen Sie für die Werte  $\delta_1 = \frac{\omega_0}{2}$ ,  $\delta_2 = \frac{\omega_0}{4}$  und  $\delta_3 = \frac{\omega_0}{8}$  der Dämpfungskonstante  $\delta$  den Amplitudenverlauf  $A(\omega) = \frac{F_0/m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2\omega^2}}$  und den Verlauf der Phase  $\varphi(\omega)$  in Abhängigkeit von  $\omega$ . Erstellen Sie sich dazu eine Wertetabelle und tragen Sie dann die Werte entsprechend in ein Diagramm ein. Hinweis: Vorlesungsskript!

### 34 Schwerpunkt eines ausgedehnten Körpers

Bestimmen Sie den Schwerpunkt eines ausgedehnten zylindrischen Körpers dessen Dichte  $\rho$  sich wie der Abstand zur Grundfläche verändert ( $\rho = \rho_0 z$ ). Die Höhe des Zylinders ist  $H$  und der Radius  $R$ .

Hinweis: Benutzen Sie zur Lösung der Aufgabe Zylinderkoordinaten mit  $(x = r \cos \varphi, y = r \sin \varphi, z = z, dV = r d\varphi dr dz)$ .

### 35 Trägheitsmoment eines Hohlzylinders



Berechnen Sie das Trägheitsmoment eines Hohlzylinders mit der Höhe  $H$ , der Wandstärke  $d$  und dem Radius  $R$ , wenn dieser um die  $z$ -Achse als Symmetrieachse rotiert. Das Material des Zylinders hat die Dichte  $\rho$ .

### 36 Trägheitsmoment eines linearen Moleküls

- Berechnen Sie den Massenschwerpunkt eines Kohlenstoffmonooxid(CO) Moleküls mit einer Bindungslänge von  $1,28 \text{ \AA}$ .
- Berechnen Sie das Trägheitsmoment des CO Moleküls, wenn es um eine Achse durch den Schwerpunkt und senkrecht zur Molekülachse rotiert.
- Berechnen Sie das Trägheitsmoment des CO Moleküls wenn es um eine Achse rotiert, welche durch die Molekülachse verläuft. Zur Berechnung dieses Trägheitsmoment sind die Atomkerne als Kugeln anzusehen die einen Radius von  $r \approx 1,2 \cdot 10^{-15} \text{ m}$  haben. Das Trägheitsmoment einer Kugel ist  $I = \frac{2}{5} M r^2$ .
- Vergleichen Sie die berechneten Trägheitsmomente miteinander.

Wiederbeginn der Übungen im neuen Jahr ist in der Woche vom 10.-16.01.2005.

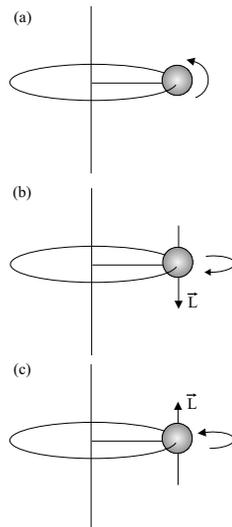
EIN FROHES WEIHNACHTSFEST UND EIN GUTES NEUES JAHR 2005

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

### 37 Steinerscher Satz

Eine zylindrische Scheibe mit dem Radius  $R$  und der Masse  $M$  dreht sich mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  um eine Achse im Abstand  $a$  zum Schwerpunkt. Berechnen Sie das Trägheitsmoment  $I$ , den Drehimpuls  $L$  und die Rotationsenergie  $E_{rot}$ . ( $M=0,1\text{kg}$ ,  $R=10\text{cm}$ ,  $a=4\text{cm}$ ,  $\omega = 2\pi \cdot 10\text{s}^{-1}$ )

### 38 Drehimpulserhaltung



Einer Person auf einem ruhenden Drehstuhl wird ein rotierender Kreisel dessen Drehachse senkrecht zur Drehachse des Stuhls ist übergeben (Fall (a)). Der Kreisel wird anschließend um  $90^\circ$  gedreht, so dass die Drehachse des Kreisels senkrecht zur Drehachse des Stuhls ist (Fälle (b) und (c)). Der Kreisel hat einen Drehimpuls von  $0,55\text{kgm}^2/\text{s}$ , eine Masse von  $10\text{kg}$  und wird  $65\text{cm}$  von der Drehachse des Stuhls gehalten. Das System Person-Drehstuhl kann vereinfacht als zylindrischer Körper mit einem Durchmesser von  $30\text{cm}$  und einer Masse von  $95\text{kg}$  angenommen werden. Was passiert in den Fällen (b) und (c)? Berechnen Sie die Winkelgeschwindigkeit des Systems Person-Drehstuhl-Kreisel für beide Fälle und nehmen Sie dazu den Kreisel als Punktmasse an. Hinweis: *Vorlesungsskript*

### 39 Dosenwettrennen mit Physik

Sie besitzen 2 Dosen gefüllt mit (a) Ravioli und (b) mit Minestrone. Überlegen Sie sich eine physikalische Erklärung, welche der beiden Dosen mit identischer Masse eine schiefe Ebene schneller herunterrollt.

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
Prof. Dr. W. Daum

#### 40 Elastizitätsmodul

(a) Wie groß ist die Federkonstante  $D$  eines Drahtes mit dem Elastizitätsmodul  $E$  der Querschnittsfläche  $A$  und der Länge  $l$ ?

(b) Ein Stahldraht der Länge  $1,5\text{m}$  und dem Querschnitt  $1\text{mm}^2$  ist mit einem Kupferdraht der Länge  $2\text{m}$  und einem Querschnitt von  $4\text{mm}^2$  verbunden. Um wieviel verlängert sich der gesamte Draht bei einer Zugkraft von  $500\text{N}$ ? *Hinweis:* Aufgabe 16(b)

( $E_{\text{Stahl}} = 2 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ ,  $E_{\text{Kupfer}} = 10^5 \text{ N/mm}^2$ )

#### 41 Dehnung unter Eigengewicht

Wie groß ist die Verlängerung eines V2A-Stahldrahtes der Länge  $l=100\text{m}$  und der Querschnittsfläche  $A=5\text{mm}^2$  unter Einfluss seines Eigengewichts, wenn er am oberen Ende befestigt ist. Bei welcher Länge reißt der Draht im Idealfall(d.h. wenn er keine Fehlstellen aufweist)? (Zahlenwerte: E-Modul  $E_{\text{V2A}} = 1,95 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2$ , Dichte  $\rho = 7,5 \text{ g/cm}^3$ , Zugfestigkeit  $\sigma_F=700 \text{ N/mm}^2$ )

#### 42 Deformation eines Körpers

Ein Festkörper erfährt durch eine angelegte Zugspannung von  $600 \text{ Pa/mm}^2$  eine Dehnung von  $0,4\%$  und eine relative Volumenvergrößerung von  $0,17\%$ . Berechnen Sie den Elastizitätsmodul  $E$ , die Poisson-Zahl  $\mu$ , die Kompressibilität  $\kappa$  und den Schermodul  $G$  des Materials.

#### 43 Scherung

Eine Kiste mit einem empfindlichen Gerät werde beim Transport auf vier Gummiwürfeln (Schubmodul Gummi:  $G=3,1 \text{ MPa}$ ) der Kantenlänge  $l=60\text{mm}$  gelagert. Gerät und Verpackung haben zusammen die Masse  $m=450\text{kg}$ . Um welche Strecke  $s$  „bewegt“ sich die Kiste mit dem Gerät (gemeint ist Scherung) gegenüber der Ladefläche in horizontaler Richtung, wenn das Fahrzeug beim Bremsen mit  $a = 1,2 \text{ m/s}^2$  verzögert wird ?

Übungen zur Vorlesung  
**Experimentalphysik für Ingenieure I**  
 Prof. Dr. W. Daum

#### 44 Auftrieb

(a) Ein Eisberg ( $\rho_e=0,95\text{kg/dm}^3$  bei  $T=0^\circ\text{C}$ ) schwimmt im Meer ( $\rho_m=1,05\text{kg/dm}^3$  bei  $T=0^\circ\text{C}$ ). Berechnen Sie das Verhältnis  $V_1/V$  ( $V_1$  oberhalb der Wasserlinie befindliches Volumen;  $V$  Gesamtvolumen des Eisbergs).

(b) Ein Würfel mit der Masse  $M=2\text{kg}$  und der Kantenlänge  $a=20\text{cm}$  schwimmt in einem See (die Würfelkanten sind dabei senkrecht bzw. parallel zur Wasseroberfläche ausgerichtet und die Dichte des Wassers ist  $\rho_{H_2O}=1\text{g/cm}^3$ ). Welche Arbeit  $W$  muss mindestens aufgebracht werden, um den Würfel vollständig unter die Wasseroberfläche zu drücken?

#### 45 Oberflächenspannung

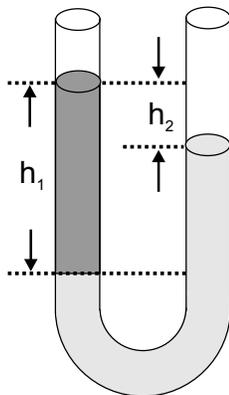
8000 Quecksilberkugeln vom Radius  $r_1=0,1\text{mm}$  werden zu einem einzigen Tropfen vereinigt, der als Kugel vom Radius  $r_2$  behandelt werden soll. Wie groß ist die freiwerdende Energie  $\Delta W$ ? (Oberflächenspannung  $\sigma=0,465\text{ N/m}$ )

#### 46 Archimedes

(a) Der Legende nach entdeckte Archimedes (um 287 v. Chr. - 212 v. Chr.) das nach ihm benannte Prinzip, in dem er eine Goldkrone auf Echtheit prüfen sollte ohne sie zu beschädigen. Beim Baden in einem randvollen Behälter lief die Menge Wasser über, die dem Volumen der Krone entsprach und auf Grund dieser Entdeckung soll er mit dem Ausruf „Heureka!“ („ich hab’s gefunden!“) nackt auf die Straße gelaufen sein. Erklären Sie worauf Archimedes gestoßen ist.

(b) Nehmen Sie an, Sie könnten das Gewicht eines potentiellen Goldstücks einmal an Luft und einmal in Wasser bestimmen. Welches Verhältnis der beiden Messwerte muss sich bei reinem Gold ( $\rho_{Au}=19,3\text{kg/dm}^3$ ) ergeben?

#### 47 Schweredruck



In ein U-Rohr mit zwei offenen Enden wird erst Wasser, dann Öl gegossen. Öl und Wasser mischen sich nicht, so dass das Öl auf einer Seite des U-Rohrs eine Säule über dem Wasser bildet. Die Höhe der Ölsäule ist  $h_1$ . Der Wasserspiegel auf der anderen Seite des U-Rohrs ist um  $h_2$  gegen den Ölspiegel abgesenkt, mit einem Verhältnis  $h_1/h_2=10$ . Berechnen Sie die Dichte  $\rho_{\text{Öl}}$  des Öls.

# Übungen zur Vorlesung Experimentalphysik für Ingenieure I Prof. Dr. W. Daum

## 48 Kapillarität

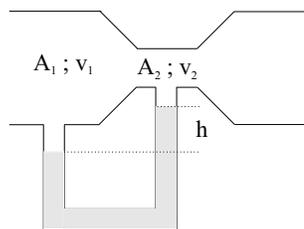
Welchen Durchmesser dürfen die Kapillaren der Blätter eines 15m hohen Baumes höchstens haben, wenn sie mit Wasser ( $\sigma = 7,2 \cdot 10^{-2} \text{N/m}$ ) versorgt werden sollen? Nehmen dazu an, dass der Kontaktwinkel  $\varphi=0^\circ$  ist. Benutzen Sie dazu:

- die entsprechende Formel aus der Vorlesung.
- den Energiesatz in dem Sie annehmen, dass die Oberfläche des benetzenden Films um die Fläche der Innenwand der Kapillare verringert wird. Die frei werdende Energie kann dann entsprechend in potentielle Energie umgewandelt werden.

## 49 Dynamischer Auftrieb

Bei einem Jumbo Jet A380 strömt beim Start die Luft an der Tragflächenoberseite um 15% schneller und an der Unterseite um 15% langsamer als die Fluggeschwindigkeit. Welche Minimalgeschwindigkeit benötigt ein Jumbo mit  $m = 360 \text{ t}$  Abfluggewicht, einer Spannweite von 79,8m, sowie einer mittleren Tragflächenbreite von 5,29m zum Abheben ( $\rho_{\text{Luft}}=1,3\text{kg/m}^3$ )? (Hinweis: Benutzen Sie die Bernoulli-Gleichung)

## 50 Rohrleitung



Durch eine Rohrleitung mit der Querschnittsfläche  $A_1=100\text{cm}^2$  strömt Luft ( $\rho_{\text{Luft}}=1,3\text{kg/m}^3$ ) mit einer Durchflussrate  $\Delta V/\Delta t=2\text{m}^3/\text{min}$ . In der Rohrleitung befindet sich eine Verengung mit dem Querschnitt  $A_2=20\text{cm}^2$ .

- Mit welcher Geschwindigkeit  $v_2$  strömt die Luft durch die Verengung?
- Welche Höhendifferenz  $\Delta h$  zeigt das mit Wasser gefüllte Manometer an?

## 51 Kugelfall-Viskosimeter

Lässt man eine Kugel in eine viskose Flüssigkeit fallen, so beobachtet man dass nach einer anfänglichen Beschleunigungsphase die Kugel mit einer konstanten Geschwindigkeit  $u_0$  fällt. In diesem Fall kompensiert die Reibungskraft  $F_R = -6\pi\eta r \cdot u_0$  gerade die Gewichtskraft (Achtung: Auftrieb beachten!). Eine Stahlkugel ( $\rho_s=7,8 \text{ g/cm}^3$ ) mit dem Radius  $r=1\text{mm}$  fällt mit einer konstanten Geschwindigkeit von  $1,13 \text{ cm/s}$  in einer viskosen Flüssigkeit der Dichte  $\rho_{fl}=1,26 \text{ g/cm}^3$ , berechnen Sie die Viskosität  $\eta$ . Um welche Flüssigkeit handelt es sich?

Substanz	$\eta[\text{mPa}\cdot\text{s}]$
Schmieröl	0,1-1,2
Olivenöl	107,5
Glycerin (100%)	1500
Honig	104
Druckfarben	105-108