

**Fachhochschule Aalen**  
**Studiengang Wirtschaftsingenieurwesen**  
**Physik I Dr. Haan**  
**SS 2004**

**Abschlussklausur am 14. Juli 2004**

Folgendes bitte deutlich schreiben:

Name: \_\_\_\_\_

Vorname: \_\_\_\_\_

Geburtstag: \_\_\_\_\_

Matrikelnummer: \_\_\_\_\_

Sie haben für die Klausur 90 Minuten Zeit. Die Klausur enthält 4 Aufgaben, Sie können insgesamt 54 Punkte erreichen. Zugelassene Hilfsmittel: Bücher, Script, Übungsaufgaben und Taschenrechner.

Viel Erfolg,

Ihr

Hubertus Haan

## 1. Aufgabe (16 Punkte)

Der Gesetzgeber schreibt für den Fangschuss auf Schalenwild mit Pistolen und Revolvern eine minimale Geschossenergie von  $E_{kin}^{trans} = 200J$  vor. Das Geschoss habe 8 g Masse und sei zylinderförmig mit dem Durchmesser von 9mm.

Für Teilaufgabe (a) bis (d): das Geschoss rotiere nicht.

- (a) **Welche Geschwindigkeit an der Laufmündung muss ein Geschoss mindestens haben?**
- (b) Zur Messung der Geschossgeschwindigkeit soll ein ballistisches Pendel der Länge 1 m mit einem Holzblock der Masse 1 kg verwendet werden. Beim Auftreffen des Geschosses auf den Holzblock bleibt dieses im Holzblock stecken. **Um welchen Winkel muss der Holzblock mindestens ausgelenkt werden?**
- (c) **Wie hoch muss das Geschoss beim senkrechten Schuss nach oben mindestens fliegen?** (Luftreibung vernachlässigt)
- (d) Da die Messung der Flughöhe aus Teil (c) schwierig ist, soll die Flugzeit beim senkrechten Schuss nach oben bestimmt werden: **Wie lange darf es höchstens dauern, bis das Geschoss beim senkrechten Schuss wieder auf dem Boden ankommt?** (Luftreibung vernachlässigt)

Für Teilaufgabe (e) rotiere das Geschoss zusätzlich.

- (e) Zur Stabilisierung während des Fluges wird das Geschoss durch sog. Felder und Züge im Lauf in eine Rotation um die Längsachse mit einer Frequenz von  $f = 350$  Hz versetzt. **Berechnen Sie das Massenträgheitsmoment des Geschosses sowie die zusätzliche Energie  $E_{kin}^{rot}$  aufgrund der Rotation des Geschosses.**
- (f) **Ändern sich die Ergebnisse aus Teilaufgabe (a) bis (d) durch die zusätzliche Rotation des Geschosses?**

Lösung:

$$a) \quad v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 224 \frac{m}{s}$$

2 Punkte (Formel und richtiges Ergebnis)

b) Formel für ballistisches Pendel aus Script oder herleiten:

$$v = \frac{m_1 + m_2}{m_1} \sqrt{2gl(1 - \cos(\rho))}$$

Umstellen nach  $\rho$

$$\rho = \arccos \left( 1 - \frac{\left( \frac{vm_1}{m_1 + m_2} \right)^2}{2gl} \right) = 33.1^\circ \text{ (für } g = 9.81 \frac{m}{s} \text{) oder } 32.8^\circ \text{ (für } g = 10 \frac{m}{s} \text{)}$$

3 Punkte (1 für Formel, 1 für richtiges umstellen und 1 für Ergebnis)

(c)  $E_{pot} = E_{kin} \quad mgh = \frac{1}{2}mv^2 \quad \Rightarrow \quad h = \frac{v^2}{2g} = 2.557 \text{ km}$

2 Punkte (1 für Formel und 1 für Ergebnis)

(d) Formel aus Script:

$$t_f = \frac{1}{g}(v_0 + \sqrt{v_0^2}) = 45 \text{ s}$$

3 Punkte (2 für Formel, 1 für Ergebnis)

(e)

$$J = \frac{1}{2}mr^2 = \frac{1}{2}8 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot (4.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg})^2 = 8.1 \cdot 10^{-8} \text{ kgm}^2$$

$$E_{kin}^{rot} = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2} \cdot 8.1 \cdot 10^{-8} \text{ kgm}^2 \cdot (2\pi \cdot 350 \frac{1}{s})^2 = 0.196 \text{ J}$$

4 Punkte (jeweils 1 für Formel, 1 für Ergebnis)

(f) nein

2 Punkte

## 2. Aufgabe (16 Punkte)

Unsere vollen Lungen enthalten 4 Liter Luft. Beim Tauchen können sie bis auf 1.15 Liter zusammengedrückt werden.

### (a) In welcher Wasser-Tiefe ist dann der Taucher?

(Tipp: Wenn Sie den Druck berechnet haben, beachten Sie, dass er sich aus dem Druck der Wassersäule und dem Druck der darüber liegenden Atmosphäre zusammensetzt. Dieser sei 1000 mbar).

Um tiefer tauchen zu können, nimmt der Taucher eine Pressluftflasche mit, die mit einem Gemisch aus 31%  $^{16}_8\text{O}_2$ , 68%  $^{14}_7\text{N}_2$ , 1%  $^{40}_{18}\text{Ar}$  gefüllt ist (sog. Nitrox- oder Mischgas-Tauchen mit erhöhtem Sauerstoffanteil). Die Flasche hat ein Innenvolumen von 15 Litern und ist bei 20°C mit einem Druck von 200 bar gefüllt (Nukleonenmasse =  $1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ ).

### (b) Welche Masse hat das Gas in der Flasche?

Die Taucherflasche hat ein Außenvolumen von 18 Litern und ist aus Stahl der Dichte

$$\rho_{\text{Stahl}} = 6.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ gefertigt.}$$

### (c) Welche Masse und welches Gewicht (=Gewichtskraft!) hat die volle Taucherflasche außerhalb des Wassers?

### (d) Welche Masse und welches Gewicht hat die volle Taucherflasche im Wasser?

$$\left( \rho_{\text{Wasser}} = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right)$$

## Lösung:

### (a)

$PV = NKT = \text{const}$ , also ist

$$P_{\text{Tauchtiefe}} = \frac{P_{\text{Oberfläche}} V_{\text{Oberfläche}}}{V_{\text{Tauchtiefe}}} = \frac{1 \cdot 10^5 \text{ Pa} \cdot 4 \text{ dm}^3}{1.15 \text{ dm}^3} = 3.48 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 3.48 \text{ bar}$$

Dieser Druck ist der Druck der Wassersäule zzgl. dem Luftdruck von 1000 mbar. Also ist die maximal erreichbare Wassertiefe ca. 25 m.

3 Punkte (1 für  $PV=NKT$ , 1 für richtiges Ergebnis, 1 für korrekte Tiefe)

(b)

$$m_{\text{Molekül}} = (0.31 * 2 * 16 + 0.68 * 2 * 14 + 0.01 * 40) * 1.67 * 10^{-27} \text{ kg} = 29.36 * 1.67 * 10^{-27} \text{ kg} = 4.9 * 10^{-26} \text{ kg}$$

$$PV = NKT \Rightarrow N = \frac{PV}{KT} = \frac{200 * 10^5 \text{ Pa} * 15 * 10^{-1} \text{ m}^3}{1.381 * 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}} * 293 \text{ K}} = 7.41 * 10^{25} \text{ Moleküle}$$

$$m_{\text{Luft}} = N * m_{\text{Molekül}} = 3.63 \text{ kg}$$

4 Punkte (1 für Molekülmasse, 2 für N und 1 für Masse Luft)

(c)

$$m_{\text{Flasche, leer}} = \rho V = 6.3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 3 * 10^3 \text{ cm}^3 = 18900 \text{ g} = 18.9 \text{ kg}$$

$$m_{\text{Flasche, voll}} = 18.9 \text{ kg} + 3.63 \text{ kg} = 22.53 \text{ kg}$$

$$\text{Gewicht } F_{\text{an der Luft}} = m_{\text{Flasche, voll}} * g = 22.53 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 221 \text{ N}$$

4 Punkte (2 für Masse, 2 für Gewicht)

(d)

Masse ändert sich nicht!

Gewicht ist Gewicht aus Teil (c) abzüglich Auftrieb

Auftrieb ist Gewicht des verdrängten Wassers

$$m_{\text{verdrängtes Wasser}} = \rho_{\text{Wasser}} V = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} * 18 * 10^3 \text{ cm}^3 = 18000 \text{ g} = 18 \text{ kg}$$

$$F_{\text{im Wasser}} = 221 \text{ N} - 18 \text{ kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 221 \text{ N} - 176 \text{ N} = 45 \text{ N}$$

5 Punkte (1 für Masse, 2 für Auftrieb, 2 für F)

### 3. Aufgabe (8 Punkte)

#### Schätzen Sie die Erdmasse ab:

- (a) aus der Beobachtung, dass die Erde die Masse 1 kg an ihrer Oberfläche mit der Kraft  $F = 9.81 \text{ N}$  anzieht (Erdradius:  $r = 6370 \text{ km}$ ).
- (b) aus der Beobachtung, dass der Mond die Erde in 27.3 Tagen umkreist (Entfernung Erde-Mond:  $r = 384000 \text{ km}$ ).

#### Lösung:

- (a) Anziehungskraft  $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$  auflösen nach Erdmasse  $m_1$  und einsetzen:

$$m_1 = \frac{Fr^2}{\gamma m_2} = 5.97 * 10^{24} \text{ kg}$$

3 Punkte (1 für Ansatz, 1 für Umstellen und 1 für richtiges Ergebnis)

- (b) Anziehungskraft  $F = \gamma \frac{m_1 m_2}{r^2}$  gleich Zentripetalkraft  $F = m_2 \omega^2 r = m_2 \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 r$ .

Gleichsetzen (dadurch fällt die Mondmasse  $m_2$  raus) und nach  $m_1$  auflösen:

$$m_1 = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \frac{r^3}{\gamma} = 6 * 10^{24} \text{ kg}$$

5 Punkte (1 für Ansatz Kraft, 2 für Ansatz Zentripetalkraft incl. F, 2 für Gleichsetzen und richtiges Ergebnis)

#### 4. Aufgabe (14 Punkte)

Ein Flugzeug beschleunigt gleichmäßig auf einer 800 m langen Startbahn und erreicht am Ende der Bahn die Geschwindigkeit zum Abheben von  $v=100$  km/h.

(a) **Wie lange dauert der Beschleunigungsvorgang bis zum Abheben?**

(b) Im Flug soll möglichst lärmarm geflogen werden. Dazu wird die Drehzahl des Propellers so eingestellt, dass die Blattspitzen des Propellers eine Bahngeschwindigkeit haben, die noch unterhalb der Schallgeschwindigkeit (330m/s) ist. **Wie hoch die maximal einzustellende Drehzahl des Motors bei einem Propellerdurchmesser von 2 m ?**

(c) Das Flugzeug fliege eine Strecke  $s$  mit der Geschwindigkeit  $v$  hin und zurück. Es weht ein Wind mit der Geschwindigkeit  $w$  auf dem Hinweg genau in Flugrichtung (Rückenwind) und auf dem Rückweg genau von vorne (Gegenwind). **Gleicht der Gewinn an Flugzeit auf dem Hinweg den Verlust auf dem Rückweg aus?**

**Stellen Sie die Gleichung für die Gesamtflugzeit auf ( $t_{gesamt} = \dots$ ) und diskutieren Sie einige Spezialfälle, z.B.  $w=v$  oder  $w=v/2$ .**

**Lösung:**

$$(a) v = a \cdot t \text{ und } s = \frac{1}{2} a t^2 \Rightarrow t = \frac{2s}{v} = \frac{1600m}{28m/s} = 57s$$

4 Punkte (2 für Ansatz, 2 für  $t=$  und richtiges Ergebnis)

(b) Geschwindigkeit der Blattspitze  $v = \omega r = 2\pi f r$ , also mit

$$v = 330 \frac{m}{s} \text{ (Schallgeschwindigkeit) und } r=1m \Rightarrow f = \frac{v}{2\pi r} = \frac{330m/s}{2\pi 1m} = 52Hz = 3151 \frac{Umdr.}{min}$$

4 Punkte (2 für Ansatz, 1 für umstellen, 1 für Ergebnis)

(c) Nein!

$$\text{Hinweg } s = (v + w) \cdot t_{hin}, \quad \text{Rückweg } s = (v - w) \cdot t_{rück} \cdot \quad t_{gesamt} = t_{hin} + t_{rück} = \frac{2sv}{v^2 - w^2}$$

Bei  $v=w$  halbiert sich die Hinflugzeit, die Rückflugzeit wird unendlich lang. Bei  $w=v/2$  ist

$$t_{gesamt} = \frac{4}{3} \frac{2d}{v}$$

6 Punkte (4 für  $t=...$ , jew. 1 für Spezialfall)