

# FERIENKURS EXPERIMENTALPHYSIK 1

## 2010

### Übung 4

#### 1. Tiefenmesser (\*\*)

Als einfaches Tiefenmessgerät stelle man sich einen Glaszylinder der Länge  $l_0 = 50$  cm mit einer aufgebrachten Skala vor der oben abgeschlossen ist und unten offen. Taucht man den Zylinder mit der offenen Seite nach unten senkrecht ins Wasser (Dichte von Wasser:  $\rho_W = 1000 \text{ kgm}^{-3}$ ), so lässt sich am Wasserpegel im Zylinder die Tauchtiefe ablesen.

- Wie groß ist der durch das Wasser verursachte Druck in 5 m Tiefe?
- Wie weit ist in dieser Tiefe Wasser in den Kolben gedrückt?  
Hinweis: Verwenden Sie die Kompressibilität  $\kappa$  (Kompressibilität von Luft:  $\kappa_L = 0.99 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$ )
- In welcher Tiefe war der Taucher, wenn er bemerkt, dass sich der Wasserpegel im Zylinder um 1 mm ändert, wenn er 1 m tiefer taucht?

#### 2. Ballon (\*)

Ein Heißluftballon mit Volumen  $V_0 = 3000 \text{ m}^3$  befindet sich auf der Erdoberfläche (Druck  $p_0 = 1000 \text{ hPa}$ , Dichte  $\rho_0 = 1.293 \text{ kgm}^{-3}$ , Temperatur  $T = 0 \text{ °C}$  überall konstant).

- Berechnen Sie den Luftdruck und die Luftdichte in 600 m Höhe.
- Berechnen Sie die Auftriebskraft des Ballons auf der Erdoberfläche und in 600 m Höhe.
- Welche Masse dürfen Ballonhülle, -korb und die Last zusammen höchstens haben um auf eine Höhe von 600 m zu gelangen?

#### 3. Energie eines Gases (\*)

Ein Raum des Volumens  $40 \text{ m}^3$  enthalte ein Gas mit dem Druck  $p = 1000 \text{ hPa}$ .

- Berechnen Sie die gesamte translatorische kinetische Energie aller Gasmoleküle, die sich in diesem Raum befinden.
- Nehmen Sie an, das Gas in diesem Raum sei bei einer hohen Temperatur und bestehe vollständig aus zweiatomigen Molekülen für die alle Freiheitsgrade angeregt sind. Berechnen Sie die zusätzliche Rotations- und Vibrationsenergie des Gases.

#### 4. Stickstoffmoleküle (\*)

- Bestimmen Sie die mittlere Geschwindigkeit eines Stickstoffmoleküls in einem Gas bei  $T = 25^\circ\text{C}$  mithilfe der Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung.
- Wie groß ist die Anzahl  $N$  der Stickstoffmoleküle in einem Volumen von  $1\text{ m}^3$  bei einem Druck von  $1000\text{ hPa}$  und welcher Stoffmenge entspricht das?

#### 5. Maxwell-Boltzmann-Geschwindigkeitsverteilung (\*\*)

Im thermischen Gleichgewicht ist die Geschwindigkeitsverteilung durch die Maxwell-Boltzmann-Verteilung gegeben.

- Bestimmen Sie die wahrscheinlichste Geschwindigkeit der Verteilung.
- Bestimmen Sie das mittlere Geschwindigkeitsquadrat.

Hinweis: Die Tatsache, dass  $x^n e^{-ax} = \left(-\frac{d}{da}\right)^n e^{-ax}$  ist, könnte nützlich sein.

#### 6. Zeitdilatation (\*)

Myonen sind Elementarteilchen, welche im Mittel nach  $\tau = 2.2\ \mu\text{s}$  zerfällt. In einem Teilchenbeschleuniger der Länge  $3\text{ km}$  hat man Myonen auf fast Lichtgeschwindigkeit beschleunigt.

- Wenn man klassisch rechnet, welche Strecke legt ein Myon im Mittel während seiner Lebenszeit zurück?
- Nun möchte man den Myonenstrahl aber gerne über möglichst die gesamte Länge des Beschleunigers schicken, und in der Tat kann man das auch. Erklären Sie dies, indem Sie die relativistische Zeitdilatation berücksichtigen. Welche Strecke kann ein Myon im Mittel zurücklegen, wenn seine Geschwindigkeit  $99\%$  der Lichtgeschwindigkeit beträgt?
- In seinem eigenen Bezugssystem lebt das Myon jedoch nur  $2.2\ \mu\text{s}$ . Warum muss das Myon jetzt nicht schneller als die Lichtgeschwindigkeit fliegen?

#### 7. Kontrahierter Maibaum (\*\*)

Es ist Ende April, und in Uffing am Staffelsee soll bald der Maibaum aufgestellt werden. Die Uffinger haben dieses Jahr einen besonders langen Maibaum von  $l = 20\text{ m}$ . Der neidischen Blicke ihrer Seehausener Nachbarn wohl bewusst lassen sie ihn in der Nacht vor dem ersten Mai bewachen. Da Uffinger aber gerne ihr Trinkvermögen überschätzen, schlummert die gesamte Wachmannschaft um Mitternacht bereits. Dies haben selbstverständlich die Seehausener beobachtet und wollen den Maibaum in einem Bootshaus im  $2\text{ km}$  weit entfernten Seehausen. Das Bootshaus ist aber nur  $10\text{ m}$  lang. Da Seehausener

schlau sind, fällt ihnen natürlich sofort auf, dass zur Lösung dieses Problems die Längenkontraktion verwendet werden könnte. Schließlich weiß man, dass sich schnell bewegte Gegenstände verkürzen... Sie rechnen also die Geschwindigkeit aus, mit welcher sie den Maibaum forttragen müssten, und weil Seehausener stark sind, können sie auch sofort auf diese beschleunigen (und bei der Ankunft wieder abbremesen).

- a) Wie lange nach Mitternacht sind die Seehausener am Bootshaus (in der Zeitmessung der Uffinger)?
- b) Wo liegt der Fehler im Gedankengang der Seehausener?

### 8. Zeitlich und örtlich getrennte Ereignisse (\*\*)

Zeigen sie mit Hilfe der Lorentz-Transformation:

- a) Die zeitliche Reihenfolge von zwei raumartig getrennten Ereignissen  $(t_1, x_1), (t_2, x_2)$  hängt vom Bezugssystem ab. Es gibt insbesondere ein Bezugssystem, in dem sie gleichzeitig sind.
- b) Die zeitliche Reihenfolge von zeitartig getrennten Ereignissen hängt nicht vom Bezugssystem ab. Es gibt ein Bezugssystem, in welchem sie am gleichen Ort stattfinden.

Hinweis: Verwenden sie  $|v| < c$ .

### 9. Anruf von Erde (\*\*\*)

Zum Zeitpunkt  $t = 0$  startet von der Erde (Bezugssystem  $S$ , Ort  $x = 0$ ) ein Raumschiff (Bezugssystem  $S'$ , Ort  $x' = 0$ ) mit der der Geschwindigkeit  $v$  in  $x$ -Richtung. Die Erde funkt zum Zeitpunkt  $\tau = 1$  Tag die Nachricht 'Alles klar?'. Das Raumschiff hat einen Empfänger für dieses Signal dabei.

- a) Zeigen Sie: Wenn der Funkspruch empfangen wird, hat das Raumschiff bezüglich  $S$  den Ort  $x = \frac{v\tau}{1-v/c}$  und die Uhr von  $S$  zeigt die Zeit  $t = \frac{\tau}{1-v/c}$ .
- b) Benutzen Sie das Ergebnis von a) um die Ankunftszeit des Funkspruches bezüglich  $S'$  zu berechnen.