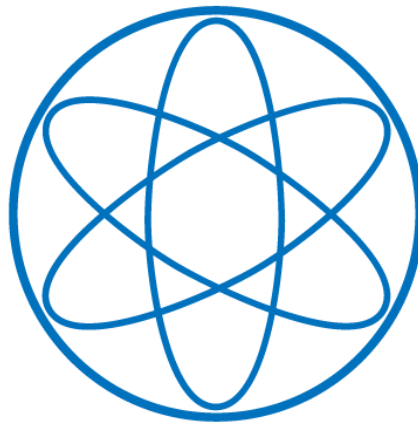


**Ferienkurs**  
**Experimentalphysik I: Mechanik**

**Wintersemester 15/16**

**Übung 4 - Angabe**



**PHYSIK**  
**DEPARTMENT**

## 1 Seilwelle

Die Wellenfunktion einer harmonischen Welle auf einem Seil sei gegeben durch

$$y(x, t) = 0,001m \cos(62,8m^{-1}x + 314s^{-1}t)$$

1. In welche Richtung bewegt sich die Welle? Wie groß ist ihre Geschwindigkeit?
2. Ermitteln Sie Wellenlänge, Frequenz und Schwingungsdauer der Welle.
3. Wie groß ist die maximale Geschwindigkeit eines Seilsegments?
4. Berechnen Sie die Spannung in einem 400 g schweren Seil der Länge 1 m.  
*Hinweis:*  $v_{ph} = \sqrt{F/\mu}$ , wobei  $\mu$  die lineare Massendichte ist.

## 2 Schallwellen Schwebung

Eine Schallwelle der Frequenz  $f_1 = 677Hz$  breitet sich in Luft mit der Schallgeschwindigkeit  $c = 340\frac{m}{s}$  aus:

$$\xi_1 = \xi_m \cos\left(2\pi\left(f_1 t - \frac{x}{\lambda_1}\right)\right) \quad (1)$$

In gleicher Ausbreitungsrichtung überlagert sich ihr eine zweite Schallwelle mit geringfügig höherer Frequenz  $f_2 = f_1 + \Delta f$ ,  $\Delta f = 6,8Hz$ , aber gleicher Amplitude:

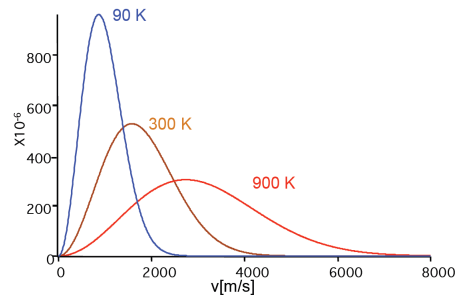
$$\xi_2 = \xi_m \cos\left(2\pi\left(f_2 t - \frac{x}{\lambda_2}\right)\right) \quad (2)$$

1. Welche resultierende Wellenfunktion  $\xi(t, x) = \xi_1 + \xi_2$  ergibt sich?  
(*Hinweis:*  $\cos \alpha + \cos \beta = 2 \cos \frac{\alpha+\beta}{2} \cos \frac{\alpha-\beta}{2}$ .)
2. Wie groß ist die Frequenz des sich aus der Überlagerung ergebenden Tons sowie die hörbare Periodendauer seines An- und Abschwellsens? In welche Richtung breitet(en) sich die Welle(n) aus?

## 3 Maxwell-Boltzmann Verteilung

Die Formel der Maxwell-Boltzmann Verteilung lautet:

$$f(v) = 4\pi \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot v^2 \exp\left(-\frac{mv^2}{2kT}\right) \quad (3)$$



1. Erklären Sie anschaulich, was die Funktion  $f(v)$  für verschiedene Temperaturen beschreibt. Um welche Temperaturen handelt es sich im Graphen auf der Celsius-Skala?
2. Zeichnen Sie in den Graphen die ungefähre Lage der wahrscheinlichsten Geschwindigkeit sowie der mittleren Geschwindigkeit für alle drei Temperaturen ein.
3. In welchem Geschwindigkeitsbereich dominiert der quadratische bzw. der exponentielle Teil in der Verteilung? Skizzieren Sie diese Bereiche im Graphen.
4. Chemische Reaktionen (auch biologische Prozesse) laufen bei erhöhter Temperatur schneller ab. Können Sie dies mithilfe der Maxwell-Boltzmann Verteilung erklären?
5. Wie groß ist die mittlere Geschwindigkeit eines Wasserstoffmoleküls bei  $T = 280\text{K}$ , wie groß die eines Stickstoffmoleküls?

#### 4 Barometrische Höhenformel (9 Punkte)

Ein Wetterballon hat prall gefüllt das Volumen  $V_{max} = 100\text{m}^3$ . Ohne Gasfüllung beträgt die Masse des Ballons  $20\text{kg}$ . Bei einer Temperatur von  $20^\circ$  und Normaldruck  $p_0 = 1.013 \times 10^5 \text{N/m}^2$  werden  $2000 \text{ Mol } H_2$ -Gas in den Ballon eingefüllt. Gasfüllung und Luft (vereinfachende Annahme:  $100\% N_2$ ) werden als ideale Gase betrachtet. Zudem gelte für die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Höhe  $h$  (gemessen in Meter) die barometrische Höhenformel

$$p(h) = p_0 \exp\left(-\frac{h}{8600}\right) \quad (4)$$

**Hinweis:** Die molare Masse von  $H_2$  beträgt  $2\text{g/mol}$ . Die molare Masse von  $N_2$  beträgt  $28\text{g/mol}$ .

1. Berechnen Sie die Dichte  $\rho_1$  des Gases im Ballon am Erdboden.
2. Welche Kraft  $F$  wird benötigt, um den Ballon am Erdboden zu halten?
3. In welcher Höhe  $h_x$  über dem Erdboden ist der Ballon erstmals prall gefüllt? Die Temperatur des Gases soll sich beim Aufstieg nicht ändern.

## 5 Trichterfluss

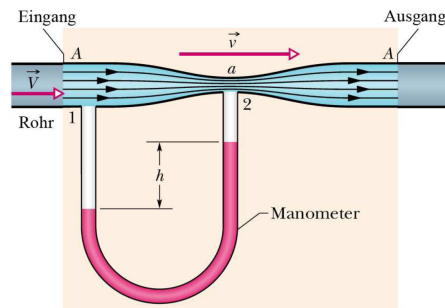
In einem Trichter wird die Höhe  $h=11.5\text{cm}$  einer idealen Flüssigkeit oberhalb der Trichteröffnung durch vorsichtiges Nachgießen konstant gehalten. Der Flüssigkeitsspiegel hat den Durchmesser  $d_1 = 10\text{cm}$ , die Trichteröffnung den Durchmesser  $d_2 = 6\text{mm}$ .

**Hinweis:** Verwenden Sie die Bernoulli-Gleichung und die Kontinuitätsgleichung.

1. Mit welcher Geschwindigkeit strömt die Flüssigkeit aus dem Trichter?
2. Welche Zeit ist erforderlich, um eine 1.0 l-Flasche mit Hilfe des Trichters zu füllen?
3. Welchen Durchmesser hat der Flüssigkeitsstrahl in einer Tiefe von 24.0 cm unterhalb der Trichteröffnung?

## 6 Venturidüse

Die Venturi-Düse wird oft zur Messung der Strömungsgeschwindigkeit von Fluiden in einem Rohr verwendet (siehe Abbildung). Das Rohr habe am Eingang und Ausgang die Querschnittsfläche  $A$ . Am Eingang und Ausgang fließt das Fluid mit derselben Geschwindigkeit  $V$  wie im Rohr. Dazwischen strömt es mit der Geschwindigkeit  $v$  durch eine Verengung mit der Querschnittsfläche  $a$ . Das Manometer verbindet den breiteren Teil der Düse mit dem engeren Teil.



1. Was wird durch die Änderung des Fluiddrucks  $\Delta p = p_2 - p_1$  bewirkt?
2. Betrachten Sie die Druckdifferenz  $\Delta p$  zwischen Punkt 1 und Punkt 2 und zeigen Sie, dass für die Geschwindigkeit  $V$  gilt:

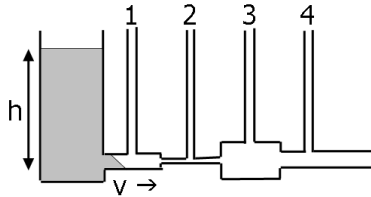
$$V = \sqrt{\frac{2a^2\Delta p}{\rho(a^2 - A^2)}} \quad (5)$$

wobei  $\rho$  die Fluideichte ist.

3. Nehmen Sie nun an, bei dem Fluid handle es sich um Wasser mit der Dichte  $\rho_W = 1\text{g/cm}^3$ . Die Querschnittsflächen seien  $5\text{cm}^2$  im Rohr und  $4\text{cm}^2$  in der Düsenverengung. Der Druck im Rohr sei  $5.3\text{ kPa}$  und der Druck in der Verengung  $3.3\text{ kPa}$ . Welche Wassermasse wird pro Sekunde durch den Rohreingang transportiert?

## 7 Bernoulli-Gleichung

Durch die Bernoulli-Gleichung  $\rho gh + \frac{\rho}{2}v^2 = \text{const.}$  wird der Zusammenhang von hydrostatischem und hydrodynamischem Druck in einer stationären Strömung unter Vernachlässigung von Reibungsphänomenen beschrieben.



1. Der Wasserpegel des Vorratsbehälters (siehe Schema) sei  $h = 40\text{cm}$  und das Gefäß so groß, dass der hydrostatische Druck in diesem zeitlich konstant bleibt. Das Wasser fließe unterhalb von Rohr 1 mit einer Geschwindigkeit von  $v = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$  aus.

Wie hoch ist der Wasserpegel in Rohr 1?

2. Beschreiben Sie auch qualitativ die Steighöhen in den übrigen Rohren (2-4) relativ zu Rohr 1, die Sie aus der Betrachtung der Bernoulli-Gleichung unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Rohrquerschnitte erhalten. Die Querschnitte  $A_1 : A_2 : A_3 : A_4$  verhalten sich wie  $1 : 0,5 : 2 : 1$ .