

Dichte von Körpern,

Aufgabenstellung:

A) Die Masse m , das Volumen V und in weiterer Folge die **Dichte** $\rho=m/V$ von Körpern ist zu bestimmen.

Experimentelle Vorgangsweise:

Archimedische Waage

Die zur Verfügung stehende Waage wird zunächst exakt austariert. Dann wird die Masse m_k der 3 Probekörper (Blei, Stahl, Plexiglas) durch Abwägen bestimmt. Wie groß ist der absolute Meßfehler Δm_k bei der Massenbestimmung? Wie groß ist der relative Fehler $\Delta m_k/m_k$?

Das Volumen $V_k = a_x a_y a_z$ der Probekörper wird durch Abmessen der Seitenlängen a_i mit der Schublehre festgestellt.

Die Noniusskala auf der Schublehre erlaubt eine Ableseunsicherheit von ± 0.05 mm.

Der Gerätefehler der Schublehre ist ± 0.05 mm.

Gesamtfehler Δa_i = Ablesefehler + Gerätefehler \Rightarrow hier $a_x \approx a_y \approx a_z = a_k \Rightarrow$ relativer Fehler: $\Delta V_k/V_k = 3 \Delta a_k/a_k$.

Das Volumen V_k wird auch mit Hilfe des Archimedischen Prinzips ermittelt. Beim Eintauchen des Körpers in Wasser ergibt sich ein Gewichtsverlust ΔG_k , der gleich dem Gewicht G_{H_2O} des verdrängten Wassers ist (Erdbeschleunigung $g = 9.81(1) \text{ m s}^{-2}$). Daraus kann die Masse m_{H_2O} des verdrängten Wassers bestimmt werden. Bei bekannter Massendichte ρ_{H_2O} des Wassers ($\rho_{H_2O} = 0.998(1) \text{ g cm}^{-3}$ bei 20°C) ergibt sich daraus das Volumen V_{H_2O} des verdrängten Wassers und damit das Volumen V_k des Körpers.

Wie groß ist in diesem Fall der relative Fehler des Volumens $\Delta V_k/V_k$? $\Rightarrow \Delta V_k/V_k = \Delta m_{H_2O}/m_{H_2O} + \Delta \rho_{H_2O}/\rho_{H_2O}$

Auswertung:

Die Dichte $\rho_k = m_k/V_k$ der Probekörper soll nach den beiden Methoden bestimmt werden.

Die relativen Meßfehler $\Delta m_k/m_k$ und $\Delta V_k/V_k$ sind zu bestimmen \Rightarrow Indirekte Messung der Dichte $\rho_k = m_k/V_k \Rightarrow$ Fehlerfortpflanzung \Rightarrow relativer Fehler der Dichte: $\Delta \rho_k/\rho_k = \Delta m_k/m_k + \Delta V_k/V_k$.

Das Ergebnis ist zu diskutieren. Welche der beiden Methoden ist die genauere? Stimmen die Werte der nach beiden Methoden ermittelten Dichten innerhalb der jeweiligen Grenzen überein? Welcher Vorteil hat die Methode nach Archimedes?

Vorbereitung:

- H. Tritthart: *Medizinische Physik und Biophysik*, 2001, Schattauer GmbH Stuttgart
 - Kap. 2.2 Struktur der Materie; Flüssigkeiten; Kap. 2.3 Hydrostatik und Hydrodynamik; Hydrostatischer Druck; Auftrieb.
 - Kap. 1.4 Meßfehler; Kap. 1.6 Darstellung von Messwerten.
- W. Hellenthal: *Physik für Mediziner und Biologen*, 7. Auflage 2002, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH Stuttgart
 - Kap. 3.2 Flüssigkeiten; Kap 3.2.1 Schweredruck, Stempeldruck; Kap. 3.2.2 Auftrieb; Kap. 3.2.3 Dichtemessung;
- A. Trautwein, U. Kreibitz, E. Oberhauser, J. Hüttermann: *Physik für Mediziner, Biologen, Pharmazeuten*, 5. Auflage 2000, Walter de Gruyter Berlin
 - Kap. 2.1 Die träge Masse; 5.1.1 Bindungsarten; 5.1.2 Molekulares Bild der Aggregatzustände; Kap. 5.3 Makroskopische mechanische Eigenschaften von Flüssigkeiten; 5.3.2 Hydrostatik; Kap. 5.3.2.2 Druck in Flüssigkeiten;

Weiterführende Literatur:

- G. Adam, P. Läger, G. Stark: *Physikalische Chemie und Biophysik*, Springer Verlag
- W. Walcher: *Praktikum der Physik*, Teubner Studienbücher Stuttgart

WEB-Links

- Dichte: http://www.explorescience.com/activities/Activity_page.cfm?ActivityID=29
- Physikalische Eigenschaften der Elemente, am Beispiel Blei:
<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/Pb/phys.html>
- Auftrieb: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/buoyantForce/buoyantForce.html> bzw. <http://iva.uni-ulm.de/PHYSIK/VORLESUNG/fluidemedien/node23.html>
- Schiebelehre: <http://www.phy.ntnu.edu.tw/~hwang/ruler/vernier.html>

Anwendungsbeispiele für die physikalischen Größen Dichte

- Zentrifugation nach einem Dichtegradienten zur Auftrennung von Zellbestandteilen.
- Beispiel Blutsenkung: <http://iva.uni-ulm.de/PHYSIK/VORLESUNG/fluidemedien/node23.html>