

# 6. Übungsblatt zur Vorlesung „Physik für Pharmazeuten“

Ausgabedatum: 31. Mai 2024

Besprechung: Übungen am 7. Juni 2024

## 16 Kugelfallviskosimeter

Die Viskosität einer Flüssigkeit lässt sich mit Hilfe eines sogenannten Kugelfallviskosimeters bestimmen. Sie werden diesen Versuch im physikalischen Praktikum auch selber durchführen. Hierzu lässt man Metallkugeln bekannter Masse  $m_{Kugel} = 300 \text{ mg}$  und mit bekanntem Kugelradius  $r_{Kugel} = 2,0 \text{ mm}$  in die Flüssigkeit, deren Viskosität  $\eta$  ( $\eta$ : Griechischer Buchstabe Eta) man bestimmen will, fallen. Man misst die konstante Fallgeschwindigkeit  $v$ , die sich nach einiger Zeit eingestellt hat. Nach Newtons Trägheitsprinzip heben sich bei einer geradlinigen Bewegung mit konstanter Geschwindigkeit alle an dem Körper angreifenden Kräfte gegenseitig auf. Die Erdbeschleunigung betrage  $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ .

a) Berechnen Sie die Dichte  $\rho_{Kugel}$  der Metallkugel!

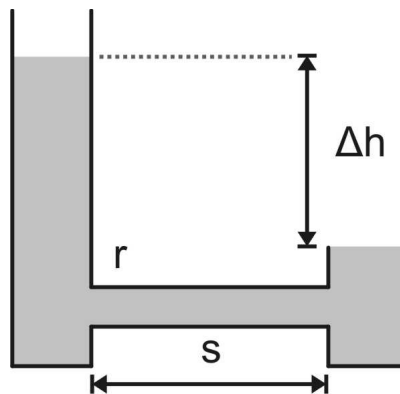
b) In Glycerin der Dichte  $\rho_{Glycerin} = 1,26 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  falle die Kugel mit einer Geschwindigkeit von  $v_{Glycerin} = 4,5 \frac{\text{cm}}{\text{s}}$ . Berechnen Sie die Viskosität  $\eta_{Glycerin}$  von Glycerin!

## 17 Kapillarviskosimeter und das Gesetz von Hagen und Poiseuille

Die Viskosität einer Flüssigkeit lässt sich auch mit Hilfe eines sogenannten Kapillarviskosimeters bestimmen. Hierzu misst man den Volumenstrom  $\frac{\Delta V}{\Delta t}$  durch ein Rohr mit dem Radius  $r = 1,0 \text{ mm}$  der Länge  $s = 8 \text{ cm}$ , zwischen dessen Enden ein Druckunterschied von  $\Delta p$  herrscht, der während der Messung konstant gehalten wird. Dies wird dadurch gewährleistet, dass man im linken Kolben die Füllhöhe konstant hält, indem man regelmäßig Flüssigkeit nachfüllt. Im rechten Kolben lässt man die einfließende Flüssigkeit einfach überlaufen und hält auf diese Weise die Füllhöhe konstant.

a) Welcher mathematische Zusammenhang besteht zwischen der Differenz der Füllhöhen  $\Delta h$  und der Druckdifferenz  $\Delta p$  zwischen den beiden Rohrenden?

b) In einem Experiment muss in der Zeit  $\Delta t = 2 \text{ min}$  eine Masse von  $m = 30 \text{ g}$  nachgefüllt werden um die Differenz der Füllhöhen konstant auf  $\Delta h = 0,25 \text{ m}$  zu halten. Die Dichte der Flüssigkeit beträgt  $\rho_{Fluessigkeit} = 0,88 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ . Bestimmen Sie die Viskosität  $\eta$  der Flüssigkeit!



## 18 Thermische Ausdehnung

Im Maschinenwesen werden des Öfteren verschiedene Bauteile mit Hilfe von thermischer Ausdehnung/Schrumpfung miteinander verbunden. Für diese Aufgabe wurde beispielsweise ein Kupferring auf einen Stahlstab gepresst, indem der Ring vor dem Aufschieben auf den Stab erwärmt wurde. Bei der Temperatur  $T = 22\text{ }^\circ\text{C}$  hat der Kupferring im aufgedrückten Zustand einen Innendurchmesser von exakt  $D_r = 3,4950\text{ cm}$ , der Stab hat einen Außendurchmesser von  $D_{St} = 3,5000\text{ cm}$  außerhalb der Stelle der Verpressung. Der Stab ist somit an der Verpressung leicht eingedellt.

a) Auf welche Temperatur müssen Ring und Stab erwärmt werden, damit der Kupferring wieder vom Stahlstab gelöst werden kann? Zum Lösen wird ein umlaufender Spalt zwischen der Innenseite des Rings und der Außenseite des Stabs von mindestens  $s = 10\text{ }\mu\text{m}$  benötigt. Nehmen Sie zur Vereinfachung an, dass Ring und Stab stets die gleiche Temperatur besitzen. Der Längenausdehnungskoeffizient von Kupfer beträgt  $\alpha_{Kupfer} = 17 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ , der von Stahl  $\alpha_{Stahl} = 12 \cdot 10^{-6}/\text{K}$ .

b) Wie hoch ist die Dichte des Kupferrings bei  $T = 400\text{ }^\circ\text{C}$ ? Die Dichte von Kupfer bei  $T = 0\text{ }^\circ\text{C}$  beträgt  $\rho(T = 0\text{ }^\circ\text{C}) = 8,95 \cdot 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ .

