

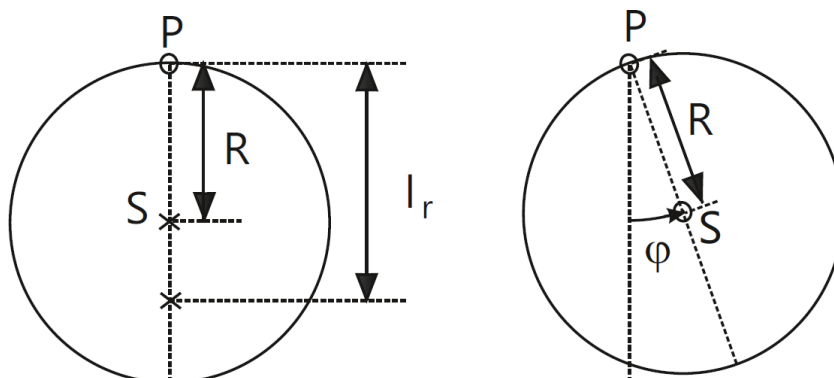
1. *Gedämpfte harmonische Schwingungen:*

Gießt man Wasser (Viskosität $\eta = 1 \text{ mPa s}$, Massendichte $\rho = 1 \text{ g/cm}^3$) in ein U-Rohr (Rohrquerschnitt $A = 10 \text{ mm}^2$), führt die Flüssigkeitssäule der Länge $l = 20 \text{ cm}$ Schwingungen um die Gleichgewichtslage aus, die infolge der Reibung nach einer gewissen Zeit zum Stillstand kommen. Der Höhenunterschied der Flüssigkeitssäule sei $2x$ und die Schwingungsdämpfung wird (laminare Strömung im Rohr vorausgesetzt) nach Hagen-Poiseuille durch die zur Geschwindigkeit $v = \frac{dx}{dt}$ proportionale Reibungskraft $F_R = -8\pi\eta lv$ verursacht.

- a) Stellen Sie zunächst *unter Vernachlässigung der Reibung* die Differentialgleichung (Bewegungsgleichung) des schwingenden Systems auf. Weshalb handelt es sich um eine harmonische Schwingung? Leiten Sie für diesen speziellen Fall die Ausdrücke für die Kreisfrequenz ω_0 und die Periodendauer T_0 her.
- b) Stellen Sie nun die Bewegungsgleichung für das oben beschriebene *gedämpft* schwingende System auf.
- c) Berechnen Sie den Faktor, um den die Amplitude innerhalb einer Schwingungsperiode aufgrund der Dämpfung abnimmt.
- d) Um welchen Faktor verringert sich die Energie des gedämpften, oszillierenden Systems innerhalb einer Schwingungsperiode?
- e) Die Güte Q eines gedämpften, schwingungsfähigen Systems ist durch $Q = 2\pi \frac{W}{\Delta W}$ definiert, wobei W die gespeicherte Energie zu Beginn einer Schwingungsperiode und ΔW die Energie ist, die innerhalb der Schwingungsperiode dissipativ dem System verloren geht. Berechnen Sie die Güte des obigen schwingenden Systems.

2. *Schwingende starre Körper:*

Eine homogene Kreisscheibe mit dem Radius R und der Masse M ist im Punkt P an ihrem Umfang aufgehängt. Die Scheibe vollführt im Schwerfeld der Erde für kleine Auslenkungen φ ungedämpfte harmonische Schwingungen um die Achse senkrecht zur Scheibenfläche durch den Punkt P .



Geben Sie an:

- a) Das Trägheitsmoment I_P der Kreisscheibe in Bezug auf P als Funktion der im obigen Text genannten Größen.
Hinweis: Für das Trägheitsmoment eines Vollzylinders (Masse m , Radius R) in Bezug auf die Zylinderachse gilt $I_S = \frac{1}{2}MR^2$.
- b) Das rückstellende Drehmoment D_P in Bezug auf P als Funktion von φ
Hinweis: Für kleine Winkel φ gilt $\sin(\varphi) \approx \varphi$.
- c) Die für diese Schwingung relevante Differentialgleichung (Bewegungsgleichung).
- d) Den Ausdruck für die Kreisfrequenz ω_0 .
- e) Die Länge l_r ('reduzierte Pendellänge'), die ein mathematisches Pendel (punktförmige Masse, masseloser Faden) bei gleicher Schwingungsdauer hat.

Die Scheibe werde um den Winkel φ_0 ausgelenkt und zum Zeitpunkt $t = 0$ mit der Winkelgeschwindigkeit $\dot{\varphi}_0 = 0$ losgelassen:

- f) Berechnen Sie die kinetische und die potentielle Energie des Pendels als Funktion der Zeit und skizzieren Sie beide Funktionen.

3. Ideale, stationär strömende Flüssigkeiten:

Im Boden eines bis zur Höhe h mit Wasser gefüllten, zylindrischen Gefäßes mit der Querschnittsfläche A_0 befindet sich eine runde Öffnung mit der Querschnittsfläche $A_1 < A_0$. Der Pegelstand im Gefäß bleibt über den betrachteten Zeitraum konstant. Das Wasser wird als reibungsfreie, inkompressible Flüssigkeit angenommen, die laminar strömt. Geben Sie die Beziehung für die Geschwindigkeit v_1 an, mit der das Wasser durch die Öffnung strömt.

4. Siedetemperatur von Wasser auf der Zugspitze:

Berechnen Sie mit Hilfe der Clausius-Clapeyron-Gleichung die Siedetemperatur T_2 von Wasser auf der Zugspitze. Es sind der mittlere Luftdruck auf Meereshöhe $p_1 = 1,013$ bar, die Dichte von Luft auf Meersniveau $\rho_0 = 1,293 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ (Normatmosphäre), die Höhe der Zugspitze über normal Null $h = 2963$ m, die Siedetemperatur von Wasser auf Meeresniveau $T_1 = 373$ K und die molare Verdampfungsenthalpie $\Delta H_V = 4 \cdot 10^4 \frac{\text{J}}{\text{mol}}$.

Hinweise: (i) Berechnen Sie zunächst die Abhängigkeit der Siedetemperatur vom Druck unter Verwendung der Näherung, dass das Molvolumen der Flüssigkeit gegenüber dem des Gases vernachlässigt werden kann. (ii) Berechnen Sie den Luftdruck auf der Zugspitze mit Hilfe der barometrischen Höhenformel, also unter der Annahme, dass sich die Lufttemperatur mit der Höhe nicht ändert.