Übungen zu Physik I (MNF-phys-101), WS 20/21

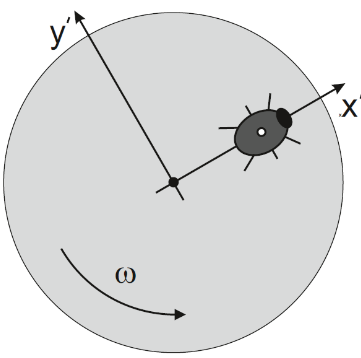
Dr. J. Stettner / Prof. Dr. R. Wimmer-Schweingruber / Prof. Dr. O. Magnussen

Blatt 10

zu bearbeiten bis: 25.01.2021

1. *Käfer auf rotierender, horizontaler Scheibe:*

   Eine ebene Scheibe rotiert mit konstanter Winkelgeschwindigkeit ω entgegengesetzt zum Uhrzeigersinn um die vertikale z-Achse. Das Koordinatensystem S' (kartesische Koordinaten x', y', z') sei fest mit der rotierenden Scheibe verbunden, wobei der Ursprung von S' durch die Position der Rotationsachse in der Ebene der Scheibe gegeben ist. Ein Käfer mit der Masse m läuft mit konstanter Geschwindigkeit $\vec{v'}$ auf der x'-Achse in Richtung des Scheibenrandes. Die Haftreibung zwischen Scheibe und Käferbeinen verhindert zunächst ein Abrutschen des Käfers.



   a) Berechnen Sie die Kraft $\vec{F_K}$, die der Käfer aufbringen muss, um sich in der beschriebenen Weise fortzubewegen. Zeichnen Sie die auf den Käfer in S' wirkenden Kräfte und Scheinkräfte incl. $\vec{F_K}$ in die nebenstehende Skizze ein. (Anmerkung: Nehmen Sie an, dass der Käfer auf einer Scheibe, die nicht rotiert, keine Kraft aufwenden muss, um sich mit konstanter Geschwindigkeit auf den Scheibenrand zuzubewegen.)

   b) Bestimmen Sie die Entfernung x'_c von der Achse, bei der der Käfer wegrutscht. In welche Richtung beginnt der Käfer zu rutschen (Haftreibungskoeffizient μ_0)?

2. *Wärmeleitung:*

   Wird ein Stab an seinen Enden mit Wärmereservoirs unterschiedlicher Temperaturen in Kontakt gebracht und ist ansonsten thermisch isoliert, fließt im stationären Zustand pro Zeiteinheit durch die Querschnittsfläche A(x) eine von der Position x unabhängige konstante Wärmemenge

$$I = \frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}t} = -\lambda \; A(x) \; \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}x} \; .$$

   Die materialabhängige Proportionalitätskonstante λ heißt Wärmeleitfähigkeit.

   Leiten Sie einen Ausdruck für das Temperaturprofil $T(x)$ entlang eines Stabes des Länge l mit kreisförmigem Querschnitt her, dessen Durchmesser entlang seiner Achse durch $d(x) = d_0(1 + ax)$ (a Konstante, x Abstand von einem Ende, d_0 Durchmesser an diesem Ende) gegeben ist. Die Wärmereservoirs haben die Temperaturen $T(x = 0) = T_0$ bzw. $T(x = l) = T_l < T_0$. Berechnen Sie anschließend den Wärmewiderstand $R = \left|\frac{T_l - T_0}{I}\right|$.

3. *Wärmekraftmaschine:*

   In einer einfachen Wärmekraftmaschine dehnt sich 1 mol eines idealen, einatomigen Gases vom Anfangszustand 1 ($T_1 = 373$ K, $V_1 = 14$ l, p_1) adiabatisch in den Zustand 2 (T_2, $V_2 = 22{,}4$ l, p_2) aus.

Danach wird es isotherm auf das ursprüngliche Volumen V_1 komprimiert (Zustand 3: T_3, V_3, p_3) und schließlich bei konstantem Volumen wieder auf die Anfangstemperatur T_1 erwärmt (Zustand 1).

a) Skizzieren Sie diesen Kreisprozess in einem p-V Diagramm.

b) Geben Sie T, V und p für jeden Zustand als Funktion der gegebenen Größen T_1, V_1 und V_2 an und berechnen Sie die Werte.

c) Berechnen Sie die während eines Durchlaufs des Kreisprozesses der Maschine zugeführte Wärmemenge ΔQ und die von der Maschine geleistete Arbeit ΔW.

d) Vergleichen Sie den Wirkungsgrad η der Maschine mit dem eines Carnot-Prozesses, der zwischen den Temperaturen T_1 und T_2 abläuft.