

Grundlagen der Physik II Sommersemester 2005
Blatt 13 Besprechung am 4. und 7. Juli

1. Schreiben Sie die *GIBBS*sche Fundamentalform eines bergab fahrenden Radfahrers auf. Geben Sie weiterhin die Energieströme bei dieser Bewegung an, und zeichnen Sie sie in ein Diagramm -analog zu dem des Dampfkraftwerks auf der Homepage- ein. Kennzeichnen Sie jeweils genau, was strömt.
2. Einem 2-atomigen idealen Gas wird in einem aufrecht stehenden Zylinder mit reibungsfrei beweglichen Kolben, der die Masse $M = 4 \text{ kg}$ und die Querschnittsfläche $A = 40 \text{ cm}^2$ besitzt, die Wärmemenge $Q = 126 \text{ J}$ zugeführt. Dadurch wird der Kolben um $h = 8,8 \text{ cm}$ gehoben. Wie ändert sich die innere Energie und die Temperatur der $0,1 \text{ mol}$ eingeschlossenen Gases?
3. Gegeben sei ein Kasten mit einer Trennwand. Auf der einen Seite der Trennwand befinde sich ein ideales Gas, auf der anderen Seite ein Vakuum. Wenn Sie die Trennwand zwischen Gas und Vakuum schnell entfernen, dann stellen Sie fest, daß das Gas ohne seine Temperatur zu ändern nun den ganzen Kasten ausfüllt. Leiten Sie daraus her, daß die innere Energie eines idealen Gases nur von der Temperatur abhängt. Zeigen Sie weiterhin, dass für ein ideales Gas zwischen der molaren Wärmekapazität bei konstantem Druck $C_p(T)$ und der bei konstantem Volumen $C_V(T)$ die Beziehung $C_p(T) - C_V(T) = R$ besteht.
4. Einem Teilchen stehen pro Freiheitsgrad im Mittel $1/2 k_B T$ an Energie zur Verfügung (*Äquipartitionsgesetz*). Berechnen daraus $C_V(T)$, $C_p(T)$ und den Adiabatenexponenten $\kappa = C_p/C_V$ von He, H₂ und CO₂ -als ideale Gase betrachtet- und vergleichen sie mit Literaturwerten.
5. *Carnotscher Kreisprozess* Eine Carnotmaschine arbeite mit einem idealen Gas der Stoffmenge $n = 0,12 \text{ mol}$ und des Adiabatenexponenten $\kappa = 1,4$ zwischen den Wärmebädern mit den Temperaturen $T_1 = 560 \text{ K}$ und $T_2 = 280 \text{ K}$.
 - (a) Vom Ausgangszustand mit dem Druck $p_1 = 8,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ und der Temperatur T_1 werde das Gas isotherm bis zu dem Druck auf $p_2 = 3,3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ausgedehnt. Berechnen Sie die Volumina V_1, V_2 , die vom Gas verrichtete Arbeit W_1 und die dem Gas zugeführte Wärme Q_1 .
 - (b) Nun werde das Gas adiabatisch ausgedehnt, bis es die Temperatur T_2 erreicht hat. Berechnen Sie den zugehörigen Druck p_3 und das Volumen V_3 .
 - (c) Danach werde das Gas isotherm auf $V_4 = 3,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ komprimiert. Berechnen Sie die dafür notwendige Arbeit und den zugehörigen Druck p_4 .
 - (d) Schließlich werde das Gas adiabatisch auf das Ausgangsvolumen komprimiert. Zeigen Sie rechnerisch, daß der Endzustand des Gases dem Anfangszustand gleicht.
6. Berechnen Sie den Wirkungsgrad des Kreisprozesses, sowie die Entropieänderung längs der einzelnen Teilprozesse und erstellen Sie eine maßstabsgetreues p, V - und S, T -Diagramm desselben.
7. Erklären Sie die Wirkungsweise einer Wärmepumpe. Material dazu steht auf der Vorlesungshomepage. Rechnen Sie das Beispiel, in dem eine elektrische Heizung mit der Leistung $P_{el} = 10 \text{ kW}$ durch eine Wärmepumpe ersetzt werden soll, deren Nutzungsgrad $\varepsilon_w = 60\%$ von dem einer idealen Wärmepumpe beträgt, und die zwischen den Temperaturen $T_k = 0^\circ \text{ C}$ und $T_w = 50^\circ \text{ C}$ arbeiten soll. Was ist hier erstaunlich. Mit welcher Leistung müssen Sie die Wärmepumpe betreiben, um denselben Effekt wie mit der elektrischen Heizung zu erzielen?
8. Ein Kalorimeter ist mit $m_1 = 1 \text{ kg}$ Wasser der Temperatur $\theta_1 = 20^\circ \text{ C}$ gefüllt. In dieses Wasser taucht der Propeller eines Rührwerkes ein, das zunächst nicht betrieben wird. Wird nun $m_2 = 0,5 \text{ kg}$ Wasser der Temperatur $\theta_2 = 90^\circ \text{ C}$ dazugegossen, so steigt die Gesamttemperatur auf $\theta_3 = 41,5^\circ \text{ C}$.
 - (a) Berechnen Sie die Wärmekapazität C des Kalorimeters einschließlich des Propellers.
 - (b) Anschließend werde das Rührwerk in Betrieb gesetzt. Dazu wird eine Schnur, die auf der Welle des Rührwerkes aufgewickelt ist, mit der konstanten Kraft $F = 50 \text{ N}$ um $\Delta x = 100 \text{ m}$ ausgezogen. Wie groß ist die Temperaturerhöhung?
9. Wirft man nach dem Mischversuch 8. (a) und bei ruhendem Propeller -also vor 8. (b)-, ein Kupferstück der Masse $m_4 = 0,5 \text{ kg}$ und der Temperatur $\theta_4 = 150^\circ \text{ C}$. in das Wasser, so erhöht sich die Temperatur auf $\theta_5 = 44,5^\circ \text{ C}$. Berechnen Sie hieraus die spezifische Wärmekapazität von *Cu*. Welcher Wert ergibt sich gemäß der *DULONG-PETIT*schen Regel?
10. Zeichnen Sie maßstabsgetreu das Temperatur-Wärme-Diagramm von 1 kg Wasser bei Normaldruck. Dabei soll der Temperaturbereich von -10° C bis 110° C abgedeckt werden. Welche Bedeutung besitzt die Steigung der Geradenstücke in dem Diagramm?