



Blatt 12 (25.01.2017)

Abgabe: 01.02.2017

Aufgabe 1: Kreisprozess (7 Punkte)

Betrachten Sie eine Wärmekraftmaschine, die durch den folgenden quasistatischen Kreisprozess betrieben wird:

1.1 Adiabatische Kompression von V_1 auf V_2 .

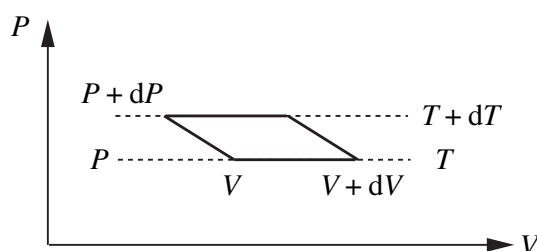
1.2 Isotherme Expansion von V_2 auf V_1 .

1.3 Abkühlung von T_1 auf die Ausgangstemperatur T_2 bei festem Volumen.

Als Arbeitssubstanz der Maschine diene ein ideales Gas mit der konstanten Wärmekapazität $C_V = c_v N > 0$. (Anmerkung: Für ein ideales Gas hängt die innere Energie bei gegebener Temperatur nicht vom Volumen ab.) Skizzieren Sie den Kreisprozess in einem $p - V$ Diagramm. Berechnen Sie den Wirkungsgrad. Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad nicht größer als der einer Carnot-Maschine ist, die zwischen den gleichen Temperaturen T_1 und T_2 operiert.

Aufgabe 2: Photonengas im Carnot-Prozess (7 Punkte)

Das Ziel dieser Aufgabe ist es, die Hohlraumstrahlungsrelation $E(T, V) \propto VT^4$, ausgehend von der Zustandsgleichung unter Durchführung eines infinitesimalen Carnot-Prozesses für das Photonengas, herzuleiten.



2.1 Drücke die im Kreisprozess verrichtete Arbeit W durch dV und dP aus.

2.2 Drücke die während der Expansion entlang einer Isothermen absorbierte Wärme Q durch P , dV und die passende Ableitung von $E(T, V)$ aus.

2.3 Finde unter Verwendung der Effizienz des Carnot-Prozesses, eine Relationen die W und Q mit T und dT in Verbindung bringt.

2.4 Beobachtungen deuten an, dass der Druck des Photonengases durch $P = AT^4$ gegeben ist, wobei $A = \pi^2 k_B^4 / 45 (\hbar c)^3$ eine Konstante ist. Verwende dies, sowie $E(0, V) = 0$ um $E(T, V)$ herzuleiten.

2.5 Finde die Relation, die die adiabatischen Pfade in obigem Kreisprozess beschreibt.

Aufgabe 3: Wärmepumpe (3 Punkte)

Betrachten Sie einen umgekehrten Carnot-Prozess, in dem am System geleistete Arbeit zur Übertragung der Wärme von einem kälteren in ein heißeres Wärmebad dient.

3.1 Wie lautet eine sinnvolle Definition für den Wirkungsgrad (die Effizienz) der Wärmepumpe?

3.2 Ein elektrische Heizung hält ein Zimmer auf 20°C , die Außentemperatur betrage 10°C . Wie stark sinken die Heizkosten, wenn statt der elektrischen Heizung eine reversible Wärmepumpe verwendet wird, um die täglich aus dem Zimmer abfließende Wärmemenge Q zu ersetzen? Nehmen Sie an, dass sich die elektrische Leistung in Wärme oder in gleichwertige mechanische Arbeit an der Wärmepumpe transformieren lässt.

Aufgabe 4: Der zweite Hauptsatz der Thermodynamik im Universum (3 Punkte)

Unser Sonnensystem entstand aus einem verdünntem Gas aus Teilchen. Da dies in ausreichender Entfernung von anderen solchen Teilchenwolken passierte, kann angenommen werden, dass es sich um ein isoliertes System handelte. Unter dem Einfluss der Gravitation formten die Teilchen die Sonne und die Planeten.

4.1 Bewegung und Aufbau von Planeten ist um ein vielfaches strukturierter als in der ursprünglichen Staubwolke. Wieso ist dies keine Verletzung des zweiten Hauptsatzes der Thermodynamik?

4.2 Die nuklearen Prozesse in der Sonne produzieren aus Protonen schwerere Elemente, z.B. Kohlenstoff. Führt diese weitere Strukturierung zu einer Reduktion der Entropie?

4.3 Die Entwicklung von Leben und Intelligenz benötigt ein noch höheres Maß an Ordnung. Wie konnte dies auf der Erde erreicht werden, ohne den zweiten Hauptsatz zu verletzen?