

7. Übungsblatt – Theoretische Physik IV: Thermodynamik und Statistik 2009

Abgabe: Di. 09.06.2009 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude oder online über ISIS

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Bitte das Tutorium und den Namen des Tutors auf dem Aufgabenzettel angeben! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

Aufgabe 15 (6 Punkte): Reversibler Carnot-Kreisprozess

Betrachten Sie einen reversiblen Kreisprozess aus zwei Isothermen ($dT = 0$) und zwei Adiabaten ($\delta Q = 0$) mit einem idealen Gas.

- (a) Berechnen Sie den Wärme- und den Arbeitsaustausch für jeden der vier Takte und bestimmen Sie aus der Bilanz den Wirkungsgrad des Prozesses.
- (b) Bestätigen Sie das Clausius-Theorem für diesen Prozess durch Berechnung des Integrals $\oint \frac{\delta Q}{T}$.

Aufgabe 16 (8 Punkte): Realer Carnot-Prozess

Für technische Anwendung von Wärmekraftmaschinen ist die Maximierung der abgegebenen Leistung von besonderem Interesse. (Die abgegebene Leistung des idealen Carnot-Prozesses ist identisch Null!) Damit die Prozesse in endlicher Zeit ablaufen können ist es erforderlich, dass bei Kontakt zwischen dem Arbeitsmedium und einem Reservoir eine endliche Temperaturdifferenz besteht. Die isothermen Prozesse eines 'realen' Carnot-Prozesses, der an die zwei Reservoirs mit $T_1 > T_2$ angekoppelt ist, werden folgendermaßen beschrieben: Das Arbeitsmedium hat bei der isothermen Expansion die konstante Temperatur $T'_1 < T_1$ und für die pro Zeit abgegebene Wärmemenge wird folgender Ansatz gemacht: $dQ_1/dt = k_1 F_1 (T_1 - T'_1)$, wobei F_1 die Größe der Kontaktflächen und k_1 eine materialabhängige Konstante ist. Analoges gilt für die isotherme Kompression: $T'_1 > T'_2 > T_2$, $dQ_2/dt = k_2 F_2 (T_2 - T'_2)$. Im folgenden sei $k_2 F_2 = k_1 F_1 = K$. Weiter wird angenommen, dass beide isothermen Prozesse die Zeit Δt_{iso} benötigen und die adiabatischen Prozesse die Zeit Δt_a . Außerdem sei $\Delta t_a \propto \Delta t_{iso}$.

- (a) Bei welchen Temperaturen T'_1, T'_2 wird die abgegebene Leistung maximal und welchen thermischen Wirkungsgrad η'_C hat dieser 'reale' Carnot-Prozess?
- (b) Das "West Thurrock Kohlekraftwerk" (GB) arbeitet zwischen den Temperaturen $T_1 = 565^\circ C$ und $T_2 = 25^\circ C$. Gemessen wird ein Wirkungsgrad $\eta = 36\%$. Berechnen Sie η_C und η'_C und nehmen Sie Stellung zu den Resultaten.

Aufgabe 17 (6 Punkte): Entropieänderung bei Wärmeaustausch

Gegeben sei ein kaltes und ein warmes System mit den jeweiligen Gleichgewichtstemperaturen $T_{1,eq}$ und $T_{2,eq}$. Beide werden unter konstant gehaltenem Druck in thermischen Kontakt gebracht. Das Gesamtsystem sei adiabatisch isoliert und die Wärmekapazitäten $c_{P,1} = T_1 \left(\frac{\partial S_1}{\partial T_1} \right)_p$ und $c_{P,2} = T_2 \left(\frac{\partial S_2}{\partial T_2} \right)_p$ seien in guter Näherung unabhängig von der Temperatur.

- (a) Berechnen Sie die Entropiezunahme $\Delta S(T_1)$ als Funktion der Temperatur des ersten Systems und die Gleichgewichtstemperatur T_{eq} des kombinierten Systems.
- (b) Skizzieren Sie die Funktion $\Delta S(T_1)$ für den Fall $c_{P,1} = c_{P,2}$ und $T_{2,eq} = 2 T_{1,eq}$. Überprüfen Sie, ob die Entropie bei der Gleichgewichtstemperatur maximal wird.

- Vorlesung:**
- Donnerstags 10:15 Uhr – 11:45 Uhr im EW 203.
 - Freitags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
- Tutorien:**
- Di. 12–14 Uhr im ER 164 (Martin Kliesch).
 - Di. 14–16 Uhr im EW 226 (Martin Kliesch).
 - Mi. 8–10 Uhr im EW 731 (wechselnd).
 - Mi. 12–14 Uhr im EW 229 (wechselnd).
 - Do. 12–14 Uhr im EW 731 (wechselnd).
- Klausur:**
- Freitag, den 03.07.2009, von 08:00 – 10:00 Uhr im ER 270.
- Scheinkriterien:**
- Mindestens 50% der Übungspunkte.
 - Bestandene Klausur.
 - Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

Siehe auch Semesterapparat in der Physikbibliothek.

- Friedrich Schlögl: Probability and Heat (Vieweg 1989)
- Franz Schwabl: Statistische Mechanik (Springer 2000)
- Frederick Reif, Wolfgang Muschik: Statistische Physik und Theorie der Wärme
- Wolfgang Nolting: Grundkurs Theoretische Physik Bd. 4 und 6 (Springer)
- Harald Stumpf, Alfred Rieckers: Thermodynamik Bd. I (Vieweg 1976)
- Peter Theodore Landsberg: Thermodynamics and Statistical Mechanics (Paperback 1990)
- Peter Theodore Landsberg (ed.): Problems in Thermodynamics and Statistical Physics
- Jürgen Schnakenberg: Thermodynamik und Statistische Physik (VCH 2000)
- Lew D. Landau, Jewgeni M. Lifschitz: Bd V, Statistische Physik
- Charles Kittel: Physik der Wärme
- Herbert B. Callen: Thermodynamics
- Richard Becker: Theorie der Wärme
- Wolfgang Weidlich: Thermodynamik u. Statistische Mechanik
- Kerson Huang: Statistische Physik

Sprechzeiten:	Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
	Prof. Dr. E. Schöll, PhD	Mi.	14:30–15:30 Uhr	EW 735	23500
	Stefan Fruhner	Fr.	13:30–14:30 Uhr	EW 627	27681
	Philipp Hövel	Fr.	10:00–11:00 Uhr	EW 633	27658
	Peter A. Kolski	Do.	15:00–16:00 Uhr	EW 627	79863
	Martin Kliesch	Mo.	14:30–15:30 Uhr	EW 217	26232