

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD
 Dr. Anna Zakharova
 Dr. Wassilij Kopylov
 Alexander Kraft

8. Übungsblatt – Theoretischen Physik IV

Abgabe: Di. 20. 06. 2017 bis 12:00 Uhr im Briefkasten am Ausgang des ER-Gebäudes

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummer und das Tutorium an!

Aufgabe 1 (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 $\Delta t_a \propto \Delta t_{iso}$.

- Bei welchen Temperaturen T'_1, T'_2 wird die abgegebene Leistung maximal und welchen thermischen Wirkungsgrad η'_C hat dieser 'reale' Carnot-Prozess?
- 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 2 (7 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.

- Berechnen Sie die Entropiezunahme $\Delta S(T_1)$ als Funktion der Temperatur des ersten Systems und die Gleichgewichtstemperatur T_{eq} des kombinierten Systems.
- 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.

8. Übung TP IV SS 2017

Aufgabe 3 (5 Punkte): Wärmekapazitäten

Um den Umgang mit den verallgemeinerten Suszeptibilitäten, hier speziell die Wärmekapazitäten C_p und C_V , zu üben, sollen im Folgenden einige Relationen gezeigt werden. Die Teilchenzahl N sei konstant. κ_T ist die isotherme Kompressibilität $\kappa_T = -\frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial p} \right)_T$ und α der Ausdehnungskoeffizient $\alpha = \frac{1}{V} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p$.

(a) $C_p - C_V = \frac{TV\alpha^2}{\kappa_T}$.

(b) $C_V = \left(\frac{\partial U}{\partial T} \right)_V$.

(c) $dS(T, V) = \frac{C_V}{T} dT + \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V dV$.

(d) $dS(T, p) = \frac{C_p}{T} dT - \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_p dp$.

(e) $dU(T, V) = C_V dT + \left[T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p \right] dV$.

Hinweis: Verwenden Sie die Maxwell-Relationen.

Vorlesung:	<ul style="list-style-type: none">• Mittwoch 12:15 Uhr – 14:00 Uhr im EW 203.• Freitag 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.																									
Tutorien:	<ul style="list-style-type: none">• Mo, 14–16 Uhr, EW 229 (Wassilij Kopylov).• Mi, 10–12 Uhr, EW 229 (Alexander Kraft).• Do, 10–12 Uhr, EW 731 (Anna Zakharova).																									
Klausur:	<ul style="list-style-type: none">• Freitag, den 14.07.2017, von 8:00 – 10:00 Uhr im H 3010.																									
Scheinkriterien:	<ul style="list-style-type: none">• Mindestens 50% der Übungspunkte.• Bestandene Klausur.• Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.																									
Sprechzeiten:	<table border="1"><thead><tr><th>Name</th><th>Tag</th><th>Zeit</th><th>Raum</th><th>Tel.</th></tr></thead><tbody><tr><td>Prof. Dr. E. Schöll, PhD</td><td></td><td>nach Vereinbarung</td><td>EW 735</td><td>23500</td></tr><tr><td>Dr. Anna Zakharova</td><td>Di.</td><td>15:00–16:00 Uhr</td><td>ER 244</td><td>28948</td></tr><tr><td>Dr. Wassilij Kopylov</td><td>Mi.</td><td>15:30–16:30 Uhr</td><td>EW 146</td><td>21776</td></tr><tr><td>Alexander Kraft</td><td>Di</td><td>13–14 Uhr</td><td>EW 269</td><td>28852</td></tr></tbody></table>	Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.	Prof. Dr. E. Schöll, PhD		nach Vereinbarung	EW 735	23500	Dr. Anna Zakharova	Di.	15:00–16:00 Uhr	ER 244	28948	Dr. Wassilij Kopylov	Mi.	15:30–16:30 Uhr	EW 146	21776	Alexander Kraft	Di	13–14 Uhr	EW 269	28852
Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.																						
Prof. Dr. E. Schöll, PhD		nach Vereinbarung	EW 735	23500																						
Dr. Anna Zakharova	Di.	15:00–16:00 Uhr	ER 244	28948																						
Dr. Wassilij Kopylov	Mi.	15:30–16:30 Uhr	EW 146	21776																						
Alexander Kraft	Di	13–14 Uhr	EW 269	28852																						