



Universität Konstanz
Fachbereich Physik
Priv. Doz. Dr. Peter Keim

Ausgabedatum: 06.07.2016
Besprechung: A Gruppen: 14.07.2016
B Gruppen: 14.07.2016

ÜbungsgruppenleiterInnen: Markus Belau, Richard Rau, Jörg Roller,
Wolfgang Scheffer, Moritz Schlötter, Lukas Siedentop

Übungen zu Experimentalphysik II
für Studierende der Biologie und der Sportwissenschaft
Blatt 07

Aufgabe 1: Carnot Prozess

Der Carnot-Prozess ist ein idealisierter Kreisprozess (Stoffmenge bleibt konstant), in dem ein ideales Gas in einen Kolben erst i) von den Startwerten p_1, V_1 zu den Endwerten p_2, V_2 isotherm bei der Temperatur T_h expandiert, dann ii) adiabatisch von p_2, V_2 nach p_3, V_3 expandiert wird, wobei es sich auf T_k abkühlt. Danach wird es bei der tieferen Temperatur T_k iii) isotherm bis p_4, V_4 und dann iv) adiabatisch komprimiert, bis es wieder im Ausgangszustand p_1, V_1, T_h angekommen ist.

- a) Skizzieren Sie in einem p-V-Diagramm (p=y-Achse, V=x-Achse) die vier Kurven i)-iv) des Carnot-Prozesses.
- b) Wenn Sie auf der Isothermen i) das Volumen verdoppeln, was bedeutet dies für den Druck?
- c) Auf der Isothermen i) kann das System mechanische Arbeit verrichten. Berechnen Sie diese! Wie groß ist dabei die aufgenommene Wärmemenge? ($dU=0$!)
- d) Auf der Adiabaten ii) ist $dQ=0$ und es nimmt die innere Energie exakt um die geleistete mechanische Arbeit ab. Drücken Sie die Änderung der inneren Energie durch die spezifischen Wärmen aus!
- e) Wie gross ist die Änderung der inneren Energie während eines Umlaufes? Begründen Sie!
- f) Wie lautet die allgemeine Formel für den Wirkungsgrad eines Kreisprozesses? Drücken Sie den Wirkungsgrad des Carnot-Prozesses mit Hilfe dieser Formel aus!

(Konvention: dem System zugeführte Energie wird positiv gerechnet, abgeführte Energie negativ)

Bitte wenden!

Aufgabe 2: Entropie

Verteilen Sie sechs identische Kugeln der Reihe nach auf zwei Körbe, wobei Sie sich spontan für den rechten oder linken Korb entscheiden. Die erste Kugel wird also beispielsweise links, die zweite rechts, die dritte rechts, etc., abgelegt. Ein anderes Vorgehen platziert die erste Kugel rechts, die zweite rechts, die dritte links, etc. Und so weiter...

- a) Erstellen Sie eine Tabelle, in der allen 7 möglichen Resultaten die Anzahl der Realisierungsmöglichkeiten zugeordnet wird. Die Resultate lauten „alle Kugeln links“ (6:0), „fünf Kugeln links, eine rechts“ (5:1), „vier Kugeln links, zwei rechts“ (4:2) usw.
- b) Welches Resultat ist am wahrscheinlichsten? Geben Sie eine Begründung an!
- c) Wie können Sie ganz einfach die Wahrscheinlichkeiten für jedes der Resultate berechnen? Tragen Sie die entsprechenden Werte ebenfalls in eine neue Spalte der Tabelle ein.
- d) Häufigkeiten (genauso wie Wahrscheinlichkeiten) statistisch unabhängiger Ereignisse multiplizieren sich, wenn nach der Gesamthäufigkeit gesucht ist: $\Omega_G = \Omega_1 \cdot \Omega_2$ (Ω ist die Häufigkeit, also die Anzahl von Resultaten, die Sie in Aufgabenteil a) in die Tabelle eingetragen haben). Suchen Sie eine Funktion der Häufigkeiten $S(\Omega)$, die extensiv ist, d.h. für die gilt: $S(\Omega_G) = S(\Omega_1 \cdot \Omega_2) = S(\Omega_1) + S(\Omega_2)$.
- e) Nehmen Sie nun 1 mol Kugeln und berechnen Sie für obigen Versuch die Wahrscheinlichkeit, dass sich alle Kugeln im linken Korb befinden (Tip: Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass die erste Kugel links landet? Wie hoch ist die Wahrscheinlichkeit, dass auch die zweite Kugel links landet? Usw...)! Schätzen Sie grob ab, wie hoch der Papierstapel ist, den Sie brauchen, um diese Zahl auszuschreiben (Tip: Der Logarithmus zur Basis 10 - \log_{10} - einer Zahl liefert deren Anzahl von Ziffern).