

Übungen zur Physik II

Vorlesung: Prof.Dr. Tilmann Kuhn, Prof.Dr. Cornelia Denz

Übungen: Dr. Karol Kovařík, Dr. Lew Classen

Blatt 5

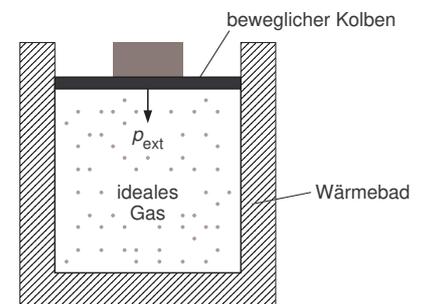
Abgabe: 08.05.19

Besprechung: 13. oder 14.05.19

Aufgabe 13: Kompression eines idealen Gas

(8 Punkte, mündlich)

Ein Behälter, der im Kontakt mit einem Wärmebad der Temperatur T steht, enthält 10 l eines idealen Gases bei einem Druck von $p_0 = 2\text{ bar} = 2 \cdot 10^5\text{ Pa}$. Durch Gewichte auf einem beweglichen Kolben wird ein externer Druck auf das Gas ausgeübt.



- (2 Punkte) Wie groß muss der äußere Druck p_{ext} sein um das Gas auf 5 l zu komprimieren? Welche Arbeit wird vom Gewicht verrichtet wenn es das Gas mit konstantem Druck komprimiert? Skizzieren Sie Anfangs- und Endzustand sowie die verrichtete Arbeit in einem $p - V$ -Diagramm.
- (3 Punkte) Führen Sie die Kompression zunächst mit einem Druck $p_{\text{ext}} = 3\text{ bar}$ durch. Welches Volumen nimmt das Gas dabei ein? Verdichten Sie es dann mit dem Druck aus (a) weiter auf ein Volumen von 5 l . Welche Arbeit wird in diesen beiden Schritten der Kompression geleistet? Skizzieren Sie auch diesen Fall im $p - V$ -Diagramm.
- (3 Punkte) Wie muss die Kompression von 10 l auf 5 l durchgeführt werden, damit die geleistete Gesamtarbeit minimal wird? Berechnen Sie diese. Stellen Sie ihr Ergebnis auch im $p - V$ -Diagramm dar.

Aufgabe 14: Joulescher Zyklus

(6 Punkte, schriftlich)

Betrachten Sie den reversiblen Jouleschen Kreisprozess (siehe Abbildung), der aus vier Teilprozessen besteht. Die Arbeitssubstanz sei ein ideales Gas mit Wärmekapazitäten C_p , C_V und es seien p_1 , p_2 , T_A und T_D vorgegeben.

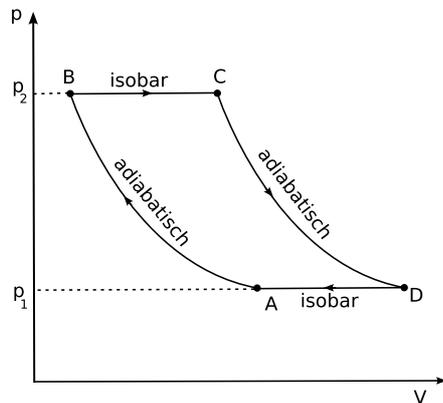
- (2 Punkte) Bestimmen Sie die Temperaturen in den Zuständen B und C .
- (2 Punkte) Berechnen Sie die jeweiligen ausgetauschten Wärmemengen bei allen Teilprozessen.
- (2 Punkte) Zeigen Sie, dass der Wirkungsgrad η des Kreisprozesses, der gegeben ist durch

$$\eta = \frac{|\text{vom System geleistete Arbeit}|}{\text{zugeführte Wärme}},$$

sich zu

$$\eta = 1 - \left(\frac{p_1}{p_2}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}},$$

ergibt.



Aufgabe 15: Wärmepumpe

(6 Punkte, schriftlich)

Ein Gebäude mit einer erforderlichen Heizleistung von 10 kW soll im Winter mittels einer Wärmepumpe, die durch eine Wärmekraftmaschine angetrieben wird, geheizt werden. Die Wärmekraftmaschine führe einen Carnot-Prozess aus, bei dem die Wärmezufuhr bei 700°C und die Wärmeabfuhr bei 50°C erfolgt. Die dabei frei werdende Arbeit werde vollständig zum Betrieb der Wärmepumpe verwendet. Diese führe ebenfalls einen Carnot-Prozess aus, bei dem die Wärmezufuhr bei 3°C und die Wärmeabfuhr bei 50°C erfolgt. Die abgegebene Wärme werde in beiden Fällen zur Raumheizung verwendet.

- (1 Punkt) Wie groß ist die Wärmestrom (Wärme pro Zeit), der der Wärmekraftmaschine zuzuführen ist?
- (2 Punkte) Welche Leistung muss der Wärmepumpe zugeführt werden, wenn diese alleine zur Gebäudeheizung verwendet wird?
- (1 Punkt) Die unter (b) berechnete Leistung soll durch die Wärmekraftmaschine erzeugt werden (ohne deren Abwärme zur Gebäudeheizung zu nutzen). Wie groß ist in diesem Fall der zuzuführende Wärmestrom?
- (1 Punkt) Die Heizung soll ausschließlich durch elektrischen Strom, der von der Wärmekraftmaschine als Arbeit erzeugt wird, betrieben werden. Welchen Wärmestrom nimmt die Maschine dabei auf?
- (1 Punkt) Diskutieren Sie den "Primärenergieaufwand" für die verschiedenen Arten der Heizung.