

Probeklausur E2 Wärmelehre

Name:

Matrikelnummer:

Schein für E2 E2p (bitte ankreuzen, Notenausgabe für beides möglich)

Schreiben Sie auf jedes beschriebene Blatt Ihren Vornamen und Namen!

Die mit Stern (*) gekennzeichneten Aufgaben sind für E2-Kandidaten vorgesehen. E2p-Kandidaten können zusätzliche Punkte sammeln durch Lösen der (*)-Aufgaben.

Hilfsmittel: Taschenrechner, 2 DinA4 Seiten handgeschriebene Formelsammlung

Wenn etwas unklar ist, lieber den Tutor fragen als den Nachbarn !

Maximale Punktzahl: 90

Mindestpunktzahl E2: >30. Sehr gut ab 60 Punkte.

Mindestpunktzahl E2p: >23. Sehr gut ab 46 Punkte.

Bearbeitungszeit: 1.5 Stunden

1. Phasendiagramm

- Skizzieren Sie qualitativ die Form des Phasendiagramms $p(T)$ für Wasser und Alkohol. (3 Punkte)
- Zeichnen Sie die Phasengebiete ein, bezeichnen Sie die Prozesse an den Phasengrenzen und den Schnitt- und Endpunkten der Phasengrenzen. (2 Punkte)
- Argumentieren Sie anhand des Phasendiagramms, warum Eis unter Druck schmilzt und warum Wasser bei niedrigem Luftdruck (z.B. in den Bergen) bei niedrigeren Temperaturen siedet. (2 Punkte)
- Wie ändert sich der Phasenübergang flüssig-gasförmig von Wasser im $p(T)$ -Diagramm qualitativ, wenn Salz ins Wasser gegeben wird? Wie nennt man den Einfluß der Salzbeigabe auf den Druck und auf die Temperatur? (2 Punkte)

2. Gasgesetz

- In ein Gefäß mit $V=10$ Liter wird bei der Temperatur $20\text{ }^\circ\text{C}$ Wasserstoff gepumpt, bis sich ein Überdruck von $p_{\text{Ü}}=10$ bar zur äußeren Atmosphäre einstellt. Welche Masse hat das Gas, wenn der äußere Luftdruck $p_{\text{L}}=1$ bar beträgt? (4 Punkte)
- Die Relation zwischen T , p und V

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{\Delta p}{p} + \frac{\Delta V}{V}$$

folgt aus dem Gasgesetz. Leiten Sie eine analoge Relation für p und V ausgehend von der Adiabatengleichung $pV^\gamma = \text{const}$ her. (3 Punkte)

3. Zustandsgrößen

- Nennen Sie drei intensive und drei extensive Zustandsgrößen. (3 Punkte)
- Leiten Sie aus der Fundamentalrelation $dU = TdS - pdV + \mu dN$ für die innere Energie $U(S,V,N)$ die thermodynamischen Potentiale der Enthalpie $H(S,p,N)$, der freien Energie $F(T,V,N)$ und der freien Enthalpie $G(T,p,N)$ her. (4 Punkte)

4. Kühltisch und Klimaanlage

- Beschreiben Sie die Funktionsweise eines Kühltisches und skizzieren Sie den Prozess im p - V -Diagramm. (4 Punkte)
- Eine Klimaanlage benötigt 2 kW elektrische Leistung, um einem Raum, der auf $22\text{ }^\circ\text{C}$ gehalten wird, einen Wärmestrom von 5 kW zu entziehen und der Außenluft von $37\text{ }^\circ\text{C}$ zuzuführen. Wieviel Prozent des Wirkungsgrades einer idealen Kältemaschine erreicht die Anlage? (3 Punkte)

5. Zustandsänderungen (*)

(*) Leiten Sie ausgehend vom 1. Hauptsatz die vom System geleistete Arbeit ΔW und die abgegebene Wärme ΔQ für eine Zustandsänderung vom Zustand 1 zum Zustand 2 her für den (i) isothermen, (ii) isochoren, (iii) isobaren und (iv) adiabatischen Fall. **(8 Punkte)**

6. Vorzeichenlotto

a) Weshalb wird der Wirkungsgrad eines Kreisprozesses mit $\eta = -W/Q$ angegeben und nicht mit $\eta = W/Q$? **(3 Punkte)**

b) Bei der Beschreibung eines idealen Gummis wird der Term $p dV$ durch $F dl$ mit Kraft F und Längenänderung dl ersetzt. Mit welchem Vorzeichen tritt dieser Term bei der Anwendung des ersten Hauptsatzes auf und warum? **(3 Punkte)**

7. Gleichverteilungssatz (* Teilaufgabe b)

a) Formulieren Sie möglichst genau den Gleichverteilungs/Äquipartitions-Satz. **(2 Punkte)**

b*) Weshalb werden einer harmonischen Schwingung zwei Freiheitsgrade zugeordnet? **(2 Punkte)**

8. Van der Waals-Gas

a) Welche Charakteristika der Gasteilchen werden durch die Parameter a und b der Van der Waals Gleichung modelliert? **(4 Punkte)**

b) Begründen Sie die Vorzeichen vor den Parametern a, b in der Van der Waals-Gleichung. **(2 Punkte)**

9. Clement-Desormes (* Teilaufgabe c)

a) Beschreiben Sie qualitativ (ohne Formeln) den Versuch von Clement-Desormes zur Bestimmung des Wärmekapazitätsverhältnisses von $\gamma = C_p/C_v$ von Gasen. **(4 Punkte)**

b) Skizzieren Sie beide Prozesse des Versuches in ein p - V -Diagramm. **(2 Punkte)**

c*) Skizzieren Sie zusätzlich in obiges p - V -Diagramm den Prozessverlauf bei gleichem Startpunkt, wenn Sie ein Gas mit einem höheren γ -Wert prozessieren. **(2 Punkte)**

10. Entropie (* Teilaufgaben c,d)

a) Leiten Sie aus der Fundamentalrelation einen Ausdruck für die Temperatur T aus den Größen innere Energie U und Entropie S her. Welche anderen Zustandsgrößen müssen hierzu konstant gehalten werden, damit eine möglichst einfache Relation entsteht? Was bedeutet die Relation anschaulich? **(4 Punkte)**

b) Durch welche der folgenden Prozesse kann sich die Entropie ändern: (i) adiabatisch, (ii) reversibel? **(3 Punkte)**

c*) Sie mischen 3 Liter von 60°C warmem Wasser mit 1.5 Liter Wasser der Temperatur von 4°C . Um wieviel steigt die Gesamtentropie an? Die Wärmekapazität von Wasser ist $c = 4.2 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{Liter})$.

Integrieren Sie über den gefahrenen Temperaturverlauf des Mischens mit dem zweiten Hauptsatz.

(6 Punkte)

d*) Ein Prozess führt vom Zustand A zum Zustand B. Er wird einmal reversibel und einmal irreversibel geführt. Sie wissen aus dem zweiten Hauptsatz: $dS \geq \delta Q/T$ und $dS = \delta Q_{\text{rev}}/T$. Bedeutet dies nun, daß dS im irreversiblen Fall stärker ansteigt oder daß δQ im irreversiblen Fall kleiner ist? Sie können Ihre Antwort auch mit einem experimentellen Beispiel begründen. **(3 Punkte)**

11. Entropieproduktion

a) Die Sonne strahlt um die Mittagszeit 2 Stunden lang senkrecht mit gleichbleibender Leistung (Solarkonstante $0.1 \text{ W}/\text{cm}^2$) auf einen Sonnenkollektor mit einer Fläche von 5 m^2 und einem Wirkungsgrad von 60%. Um wieviel Grad lassen sich dabei 100 Liter Wasser erwärmen?

($c_{\text{Wasser}} = 4.2 \text{ kJ}/(\text{K} \cdot \text{kg})$) **(3 Punkte)**

b) Welche Entropie wird dabei erzeugt, wenn die Wassertemperatur zu Beginn 20°C war? **(2 Punkte)**

c) Wie groß ist die Entropieproduktion, wenn zunächst 100 kg Eis bei 0°C vorliegen und diese auf 60°C erwärmt werden (latente Schmelzwärme $L_{\text{Eis}} = 334 \text{ kJ}/\text{kg}$)? **(2 Punkte)**

12. Thermometer

Mit welcher Art Thermometer kann man absolute Temperaturen bestimmen? **(2 Punkte)**

13. Plasma

In einem Plasma haben die meisten Atome keine Elektronenhülle mehr. Für Wasserstoff ist die Ionisationsenergie 13.6 eV . Wie hoch müssen Sie ihn aufheizen, damit ein Plasma aus 99.5% freien Protonen entsteht? ($1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$) **(3 Punkte)**