

Abgabe der schriftlichen Aufgaben:
Besprechung der Übungsaufgaben:

31.05.11 vor der Vorlesung
03.06.11

Aufgabe 29: Photonengas

(schriftlich, 5 Punkte)

Nach Kap. 9 der Vorlesung lautet die allgemeine Grundrelation zwischen der thermischen und kalorischen Zustandsgleichung bei Gasen:

$$\left(\frac{\partial U}{\partial V}\right)_T = T \left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V - p. \quad (1)$$

Speziell für das Photonengas gelten die Beziehungen

$$U(T, V) = V\epsilon(T) \quad \text{und} \quad p(T) = \frac{1}{3}\epsilon(T), \quad (2)$$

wobei $\epsilon(T)$ die Energiedichte des Photonengases darstellt, welche nur von T abhängt (vgl. Nolting IV, S. 164 - S. 165). Man berechne

1. durch Kombination von (1) und (2) die kalorische Zustandsgleichung $U(T, V) = \sigma VT^4$ (Was bedeutet hier σ ?),
2. mit Hilfe einer geeigneten Maxwell-Relation die Entropie $S(T, V)$,
3. mit Hilfe des dritten Hauptsatzes, $S \rightarrow 0$ für $T \rightarrow 0$, die Temperatur $T(S, V)$,
4. durch Einsetzen von T in die kalorische Zustandsgleichung die innere Energie, $U = U(S, V)$, in ihren natürlichen Variablen,
5. die freie Energie $F(T, V)$,
6. die freie Enthalpie $G(T, p)$ und via Gibbs-Duhem-Gleichung das chemische Potential μ ,
7. die freie Enthalpie $H(S, p)$.

Aufgabe 30: Thermodynamische Potentiale I

(mündlich, 5 Punkte)

Das thermodynamische Potential $S = S(U, V, N)$ sollte die folgenden Anforderungen erfüllen:

- (1) Skalenverhalten extensiver Größen bei Skalieren des Systems mit Faktor λ , d. h.:

$$S(\lambda U, \lambda V, \lambda N) = \lambda S(U, V, N),$$

- (2) Nichtnegativität der Temperatur T , d.h. $T = \left(\frac{\partial S}{\partial U}\right)_{V, N} \geq 0$,

- (3) 3. Hauptsatz, d.h. $S \rightarrow 0$ für $T \rightarrow 0$.

Überprüfen Sie, ob in den folgenden drei Fällen die Bedingungen (1) - (3) erfüllt sind:

1. $S = a \left(\frac{NU}{V}\right)^{\frac{1}{3}}, \quad a > 0,$
2. $S = a \left(\frac{V^3}{NU}\right), \quad a > 0,$
3. $S = a (N^2 V U^2)^{\frac{1}{5}}, \quad a > 0.$

Sind die Bedingungen (1) - (3) erfüllt, so bestimmen Sie auch $U(T, V, N)$, $S(T, V, N)$ und $p(T, V, N)$.

Aufgabe 31: Kondensator mit Dielektrikum

(schriftlich, 5 Punkte)

Ein Plattenkondensator mit der Fläche A und dem Plattenabstand d werde auf die Spannung U aufgeladen und dann von der Spannungsquelle getrennt. Eine Platte mit Dielektrizitätszahl $\varepsilon_r = 2$, der Dicke d und Grundfläche $A/2$ werde jetzt in den Kondensator eingeschoben. Es sei σ_1 die freie Ladungsdichte auf der Grenzfläche Leiter-Dielektrikum und σ_2 die freie Ladungsdichte auf der Grenzfläche Leiter-Luft.

- Weshalb muss das elektrische Feld im Dielektrikum und im freien Plattenzwischenraum den gleichen Wert haben?
- Zeigen Sie, dass $\sigma_1 = 2\sigma_2$ ist.
- Zeigen Sie, dass die neue Kapazität den Wert $\varepsilon_0 \frac{3A}{2d}$ hat und die neue Spannung den Wert $\frac{2}{3}U$.

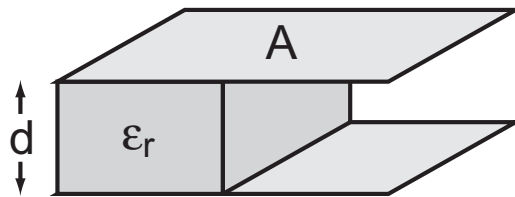


Abbildung 1: Kondensator mit Dielektrikum

Aufgabe 32: Kreisprozesse II

(mündlich, 5 Punkte)

Berechnen Sie den Wirkungsgrad für den in der Abbildung dargestellten Kreisprozess:

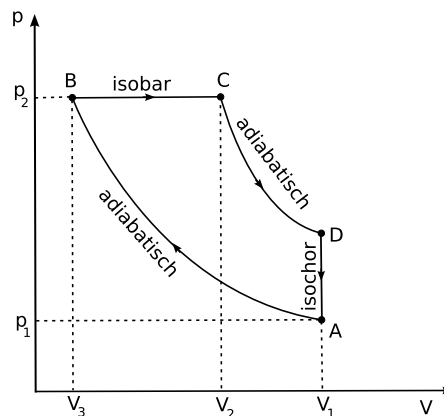


Abbildung 2: Diesel-Zyklus