

9. Übungsblatt – Theoretische Physik IV: Thermodynamik und Statistik 2009

Abgabe: Di. 23.06.2009 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude oder online über ISIS

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Bitte das Tutorium und den Namen des Tutors auf dem Aufgabenzettel angeben! Die Abgabe soll in Dreiergruppen erfolgen.

Aufgabe 21 (7 Punkte): Barometrische Höhenformel

Betrachten Sie ein klassisches ideales Gas (aus Teilchen der Masse m) im Gleichgewicht bei der Temperatur T , das sich im homogenen Gravitationsfeld befindet.

Berechnen Sie den Druck $p(z)$ in Abhängigkeit von der Höhe z . Der Druck $p(0)$ für $z = 0$ sei bekannt.

Bestimmen Sie dazu zuerst für ein kleines Teilvolumen ΔV in der Höhe z die Zustandssumme, wobei das Gravitationspotenzial in ΔV als konstant betrachtet werden kann. Berechnen Sie daraus das chemische Potenzial $\mu(p, T, z)$. Aus der Forderung, dass die verschiedenen Teilvolumina im Gleichgewicht untereinander sein sollen, ergibt sich eine Differentialgleichung für $p(z)$.

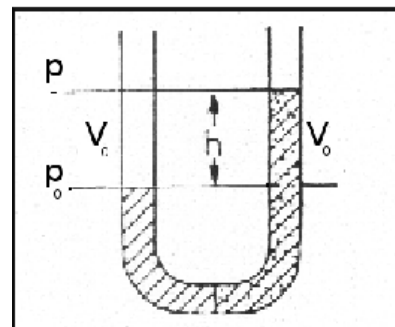
Aufgabe 22 (9 Punkte): Raoult'sches Gesetz

Ein U-Rohr mit einer semipermeablen Membran befindet sich in einem abgeschlossenen Gefäß im Schwerfeld der Erde. Auf der linken Seite sei reines Lösungsmittel und rechts befindet sich eine Lösung (der gelöste Stoff sei nicht flüchtig). Wegen des osmotischen Druckes steigt der Meniskus auf der rechten Seite der Lösung um h an.

- (a) Mit Hilfe der barometrischen Höhenformel im Dampfraum und des van't Hoff'schen Gesetzes für den osmotischen Druck $p_{os} = nk_B T$ leite man das Raoult'sche Gesetz der Dampfdruckerniedrigung

$$\ln \frac{p_0}{p_1} = \frac{nm}{\rho}$$

ab. n ist die Teilchendichte des gelösten Stoffes, ρ die Dichte der Lösung und m die Masse eines Lösungsmittelmoleküls. Man betrachte Dampf und Lösung als ideal.



- (b) Diskutieren Sie im Grenzfall kleiner relativer Druckdifferenzen $\Delta p/p_0 \equiv (p_0 - p_1)/p_0 \ll 1$ die Siedetemperaturerhöhung resp. Gefrierpunktserniedrigung der Lösung.

Aufgabe 23 (4 Punkte): Entropieentsorgungskapazität der Erde

Betrachtet man Strahlung im thermischen Gleichgewicht, so ergibt sich für die Entropiestromdichte I_S der Zusammenhang zur Energiestromdichte I_U ¹:

$$I_S = \frac{4}{3T} I_U \quad .$$

Betrachten Sie unter diesem Gesichtspunkt die Erde als eine "Photonenmühle", die einen Wärmestrom von der Sonne mit der Oberflächentemperatur $T_S = 5700K$ aufnimmt und ungefähr die gleiche Wärmemenge in den Weltraum abstrahlt. Die Temperatur der Infrarot emittierenden Atmosphärenschicht der Erde beträgt allerdings nur noch $T_E = 254K$. Die von der Erde absorbierte Strahlungsleistung P ergibt sich aus der absorbierenden Querschnittsfläche πr_E^2 und der Albedo der Erde $A = 0.3$ (diffuse Reflexion des einfallenden Lichtes): $P = Q(1 - A)\pi r_E^2$. Dabei ist die Solarkonstante $Q = 1367 \frac{W}{m^2}$. Berechnen Sie den Entropieexport unseres Planeten pro Zeit und Fläche.

¹Max Planck: "Vorlesungen über die Theorie der Wärmestrahlung", 2. Aufl., Verlag von Johann Ambrosius Barth, Leipzig 1913, S.62-64

- Vorlesung:**
- Donnerstags 10:15 Uhr – 11:45 Uhr im EW 203.
 - Freitags 8:30 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.
- Tutorien:**
- Di. 12–14 Uhr im ER 164 (Martin Kliesch).
 - Di. 14–16 Uhr im EW 226 (Martin Kliesch).
 - Mi. 8–10 Uhr im EW 731 (wechselnd).
 - Mi. 12–14 Uhr im EW 229 (wechselnd).
 - Do. 12–14 Uhr im EW 731 (wechselnd).
- Klausur:**
- Freitag, den 03.07.2009, von 08:00 – 10:00 Uhr im ER 270.
- Scheinkriterien:**
- Mindestens 50% der Übungspunkte.
 - Bestandene Klausur.
 - Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.

Literatur zur Lehrveranstaltung:

Siehe auch Semesterapparat in der Physikbibliothek.

- Friedrich Schlögl: Probability and Heat (Vieweg 1989)
- Franz Schwabl: Statistische Mechanik (Springer 2000)
- Frederick Reif, Wolfgang Muschik: Statistische Physik und Theorie der Wärme
- Wolfgang Nolting: Grundkurs Theoretische Physik Bd. 4 und 6 (Springer)
- Harald Stumpf, Alfred Rieckers: Thermodynamik Bd. I (Vieweg 1976)
- Peter Theodore Landsberg: Thermodynamics and Statistical Mechanics (Paperback 1990)
- Peter Theodore Landsberg (ed.): Problems in Thermodynamics and Statistical Physics
- Jürgen Schnakenberg: Thermodynamik und Statistische Physik (VCH 2000)
- Lew D. Landau, Jewgeni M. Lifschitz: Bd V, Statistische Physik
- Charles Kittel: Physik der Wärme
- Herbert B. Callen: Thermodynamics
- Richard Becker: Theorie der Wärme
- Wolfgang Weidlich: Thermodynamik u. Statistische Mechanik
- Kerson Huang: Statistische Physik

Sprechzeiten:	Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.
	Prof. Dr. E. Schöll, PhD	Mi.	14:30–15:30 Uhr	EW 735	23500
	Stefan Fruhner	Fr.	13:30–14:30 Uhr	EW 627	27681
	Philipp Hövel	Fr.	10:00–11:00 Uhr	EW 633	27658
	Peter A. Kolski	Do.	15:00–16:00 Uhr	EW 627	79863
	Martin Kliesch	Mo.	14:30–15:30 Uhr	EW 217	26232