

Prof. Dr. Kathy Lüdge  
Alexander Kraft, Leon Merfort, Dr. S. Mohsen J. Khadem

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

**Abgabe: Mi. 27.06.2018 bis 12:00 Uhr, Briefkasten ER-Gebäude**

### Aufgabe 22 (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  $\Delta V$  in der Höhe  $z$  die Zustandssumme, wobei das Gravitationspotenzial in  $\Delta V$  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 Differenzialgleichung für  $p(z)$ .

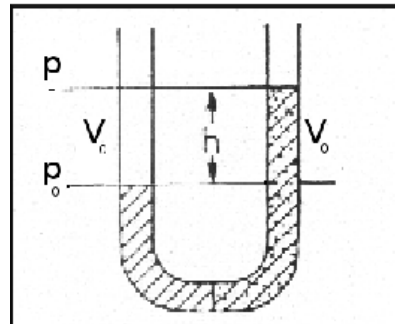
### Aufgabe 23 (5+4=9 Punkte): Raoult'sches Gesetz

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,  $\rho$  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 24 (4 Punkte): Entropieentsorgungskapazität der Erde

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

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

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  $\pi r_E^2$  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.

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

## 9. Übung TPIV SS 18

### **Scheinkriterien:**

- Mindestens 50% der Übungspunkte (Abgabe in 3er Gruppen).  
*Ab dem zweiten Übungsblatt werden Einzel- und Zweierabgaben nicht mehr akzeptiert!*
- Regelmäßige, aktive Teilnahme an den Tutorien.
- Bestandene Klausur.

<b>Sprechstunden</b>		
Prof. Dr. Kathy Lüdge	Do, 14:00-15:00	EW 741
Alexander Kraft	Mi, 15:00-16:00	EW 269
Leon Merfort	Mo, 13:00-14:00	ER 240
Dr. S. Mohsen J. Khadem	Fr, 15:00-16:00	EW 267