

Prof. Dr. Eckehard Schöll, PhD
 Dr. Anna Zakharova
 Dr. Wassilij Kopylov
 Alexander Kraft

9. Übungsblatt – Theoretischen Physik IV

Abgabe: Di. 27. 06. 2017 bis 12:00 Uhr im Briefkasten am Ausgang des ER-Gebäudes

Bei den schriftlichen Ausarbeitungen werden ausführliche Kommentare zum Vorgehen erwartet. Dafür gibt es auch Punkte! Die Abgabe soll in 3er-Gruppen erfolgen. Bitte geben Sie Ihre Namen, Matrikelnummer und das Tutorium an!

Aufgabe 1 (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 Differenzialgleichung für $p(z)$.

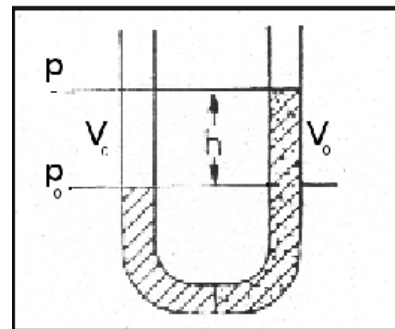
Aufgabe 2 (9 Punkte): Raoultsches Gesetz

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 Raoultsche 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.

9. Übung TP IV SS 2017

Aufgabe 3 (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.

Vorlesung:	<ul style="list-style-type: none">• Mittwoch 12:15 Uhr – 14:00 Uhr im EW 203.• Freitag 8:15 Uhr – 10:00 Uhr im EW 203.																									
Tutorien:	<ul style="list-style-type: none">• Mo, 14–16 Uhr, EW 229 (Wassilij Kopylov).• Mi, 10–12 Uhr, EW 229 (Alexander Kraft).• Do, 10–12 Uhr, EW 731 (Anna Zakharova).																									
Klausur:	<ul style="list-style-type: none">• Freitag, den 14.07.2017, von 8:00 – 10:00 Uhr im H 3010.																									
Scheinkriterien:	<ul style="list-style-type: none">• Mindestens 50% der Übungspunkte.• Bestandene Klausur.• Regelmäßige und aktive Teilnahme in den Tutorien.																									
Sprechzeiten:	<table><thead><tr><th>Name</th><th>Tag</th><th>Zeit</th><th>Raum</th><th>Tel.</th></tr></thead><tbody><tr><td>Prof. Dr. E. Schöll, PhD</td><td></td><td>nach Vereinbarung</td><td>EW 735</td><td>23500</td></tr><tr><td>Dr. Anna Zakharova</td><td>Di.</td><td>15:00–16:00 Uhr</td><td>ER 244</td><td>28948</td></tr><tr><td>Dr. Wassilij Kopylov</td><td>Fr.</td><td>14:30–15:30 Uhr</td><td>EW 146</td><td>21776</td></tr><tr><td>Alexander Kraft</td><td>Di</td><td>13–14 Uhr</td><td>EW 269</td><td>28852</td></tr></tbody></table>	Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.	Prof. Dr. E. Schöll, PhD		nach Vereinbarung	EW 735	23500	Dr. Anna Zakharova	Di.	15:00–16:00 Uhr	ER 244	28948	Dr. Wassilij Kopylov	Fr.	14:30–15:30 Uhr	EW 146	21776	Alexander Kraft	Di	13–14 Uhr	EW 269	28852
Name	Tag	Zeit	Raum	Tel.																						
Prof. Dr. E. Schöll, PhD		nach Vereinbarung	EW 735	23500																						
Dr. Anna Zakharova	Di.	15:00–16:00 Uhr	ER 244	28948																						
Dr. Wassilij Kopylov	Fr.	14:30–15:30 Uhr	EW 146	21776																						
Alexander Kraft	Di	13–14 Uhr	EW 269	28852																						

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