

Prof. Holger Stark (Sprechstunde: Fr 11:30-12:30 in EW 709)
Maximilian Schmitt (Sprechstunde: Mo 14:00-15:00 in EW 708)

2. Übungsblatt – Biologische Physik

Abgabe/Vorrechnen: Mi. 30.10.2013 in der Übung

S Aufgabe 5 (5 Punkte): *Wiederholung: Thermodynamik*

- (a) Die innere Energie ist eine homogene Funktion 1. Grades bzgl. S, V, N :

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

für beliebiges λ . Verwenden Sie diese Eigenschaft um

- (i) die Euler-Gleichung herzuleiten

$$U = TS - pV + \mu N ,$$

- (ii) die Gibbs-Duhem-Gleichung herzuleiten

$$SdT - Vdp + Nd\mu = 0 .$$

- (b) Betrachten Sie einen Behälter mit konstantem U, V, N , der durch eine impermeable, fest verankerte und isolierende Wand in zwei Teile getrennt wird. Die Zustandsgrößen in den beiden Teilen lauten $U^{(1)}, V^{(1)}, T^{(1)}, \dots$ sowie $U^{(2)}, V^{(2)}, T^{(2)}, \dots$. Zeigen Sie, dass im Gleichgewicht $T^{(1)} = T^{(2)}$, wenn die Wand wärmeleitend ist.

- (c) Zeigen Sie, dass

$$TdS = Nc_p dT - TV\alpha dp ,$$

mit dem thermischen Ausdehnungskoeffizient α , der molare spezifischen Wärme bei konstantem Druck bzw. Volumen c_p, c_v und der isothermen Kompressibilität κ . Beweisen Sie damit die folgende Relation:

$$c_p = c_v + \frac{TV\alpha^2}{N\kappa_T} .$$

M Aufgabe 6: *Harte Kugeln*

Betrachten Sie ein System aus harten Kugeln. Jede Kugel habe den Durchmesser d und die Masse m . Die freie Energie des Systems ist mit $n = N/V$ gegeben durch

$$F(T, n) = NkT \left[\ln(n\lambda^3) - 1 + \frac{4\eta}{1-\eta} + \left(\frac{\eta}{1-\eta} \right)^2 \right] .$$

Dabei ist $\eta := \frac{1}{6}\pi d^3 n$ die Packungsdichte der Kugeln und $\lambda := \frac{h}{\sqrt{2\pi mkT}}$ die thermische Wellenlänge.

- (a) Berechnen Sie daraus den Druck $p(T, n)$ und die Entropie $S(T, n)$.
(b) Bestimmen Sie die innere Energie $U(T, n)$.

Bitte Rückseite beachten! →

2. Übung BP WS13

S Aufgabe 7 (5 Punkte): Stoffwechsel

Der Stoffwechsel bezeichnet die Aufnahme, den Transport und die chemische Umwandlung von Stoffen in einem Organismus sowie die Abgabe von Stoffwechselendprodukten an die Umgebung. Die folgende Tabelle gibt den nutzbaren Energiegehalt und die benötigte Menge an Sauerstoff bzw. die frei werdende Menge an Kohlendioxid für einige typische Nährstoffe an.

Nährstoff	Energiegehalt in [kcal/g]	O ₂ in [l/g]	CO ₂ in [l/g]
Kohlenhydrate	4.1	0.81	0.81
Fett	9.3	1.96	1.39
Eiweiß	4.0	0.94	0.75
Alkohol	7.1	1.46	0.97

- Berechnen Sie den Energiegewinn pro verbrauchtem Sauerstoffvolumen (in Liter) und das Verhältnis des Kohlendioxidausstosses zum Sauerstoffverbrauch für die angegebenen Nahrungsmittel. Welche Rückschlüsse lassen die Messung des Sauerstoffverbrauchs und des Kohlendioxidausstosses zu?
- Ein sich in Ruhe befindender durchschnittlicher Erwachsener verbraucht 16 Liter Sauerstoff je Stunde. Berechnen Sie hieraus den ungefähren Energiegrundumsatz eines Menschen in kcal je Tag. Welcher Leistung in Watt entspricht dies?
- Der Kohlendioxidausstoss liegt typischerweise bei ca. 13.4 Litern je Stunde. Was kann man hieraus über die verbrauchten Nahrungsmittel aussagen?
- Jemand der 10 Stunden am Tag harte körperliche Arbeit verrichtet, benötigt 3500kcal pro Tag. Wir nehmen an, dass hierbei eine mechanische Leistung von 50W erbracht wird. Den Wirkungsgrad des menschlichen Körpers können wir definieren, als das Verhältnis von der erbrachten mechanischen Arbeit und der hierfür benötigten Energie durch Nahrungsmittel (abzüglich des Grundumsatzes). Bestimmen Sie diesen Wirkungsgrad.