Übungen zur statistischen Thermodynamik II	**Blatt Nr. 7**

Aufgabe 1: Die mittlere Zahl der Photonen kann analog zur Aufgabe 2 auf Blatt 6 definiert werden. Geben Sie diese für Schwarzkörperstrahlung an (Volumen V, Temperatur T).

Aufgabe 2: Die Solarkonstante $I_S = 1.37$ kW/m^2 gibt die Intensität der Sonnenstrahlung am Ort der Erde an.

(a) Schätzen Sie den Temperaturunterschied zwischen mittleren Breiten (45°) und den Tropen (0°) ab, der sich aus dem geometrisch bedingten Unterschied in der Sonneneinstrahlung ergibt.

(b) Die Entfernung Erde-Sonne beträgt etwa acht Lichtminuten, und der Radius der Sonne ist $R_\odot \approx 7 \times 10^5$ km. Welche Temperatur hat die Oberfläche der Sonne laut dieser Schätzung? Vergleichen Sie mit dem Wert $T_\odot \approx 5800$ K aus einem Fit zur Planck-Verteilung. [Hinweis: Die Stefan-Boltzmann-Konstante beträgt 5.67×10^{-8} W/(m^{2}K^4).]

Aufgabe 3: Betrachtet werden masslose Neutrinos bei endlicher Temperatur und verschwindendem chemischen Potential. Die Neutrinos haben zwei Zustände (Neutrino und Antineutrino) genau wie die Photonen, sind aber Fermionen. Wie unterscheiden sich die Energiedichte, die Wärmekapazität, und die mittlere Zahl der Neutrinos von denjenigen von Photonen?

$\mathrm{d}E = T\mathrm{d}S - p\,\mathrm{d}V + \mu\,\mathrm{d}N$	$S(E,V,N) = k_B \ln \Omega(E,V,N)$	$E = TS - pV + \mu N$, $J = -pV$
$\mathrm{d}F = -S\,\mathrm{d}T - p\,\mathrm{d}V + \mu\,\mathrm{d}N$	$F(T,V,N) = -k_B T \ln Z(T,V,N)$	$Z = \sum_i \exp(-\beta E_i)$
$\mathrm{d}J = -S\,\mathrm{d}T - p\,\mathrm{d}V - N\mathrm{d}\mu$	$J(T,V,\mu) = -k_B T \ln Y(T,V,\mu)$	$Y = \sum_i \exp(-\beta[E_i - \mu N_i])$
$\mathrm{d}H = T\mathrm{d}S + V\mathrm{d}p + \mu\,\mathrm{d}N$	$(\partial x/\partial y)_z = -(\partial z/\partial y)_x/(\partial z/\partial x)_y$	$S = -k_B \sum_i p_i \ln p_i$
$\mathrm{d}G = -S\,\mathrm{d}T + V\mathrm{d}p + \mu\,\mathrm{d}N$	$\partial S/\partial V\vert_T = \partial p/\partial T\vert_V$	$\partial E/\partial V\vert_T = T\partial p/\partial T\vert_V - p$