Aufgabe 1

Der Auftrieb ist gegeben durch das Gewicht der verdrängten Luft, also

$$G_a = \rho(h)gV = \rho_0 g e^{-\frac{1}{8.33}} \cdot 3 \times 10^3 m^3 = 3.37 \times 10^4 N$$

Die Masse des Ballon, welche sich aus der Last und der Masse des Füllgases zusammensetzt, darf daher nicht $3.44 \cdot 10^3 Kg$ sein. Der Druck des Füllgases ist gegeben durch

$$p(h) = 0.887 p_0 = 8.87 \times 10^4 Pa$$

Wir berechnen nun die zulässige Masse des Füllgases.

a) Für Helium gilt $\rho_0 = 0.1785 \frac{Kg}{m^3}$. Damit folgt

$$\rho(h) = 0.1583 \frac{Kg}{m^3} \Rightarrow m_{He} = 475 Kg \Rightarrow \textit{Masse Ballon + Last} = 2965 Kg$$

b) Für H_2 gilt

$$\rho_0 = 0.09 \frac{Kg}{m^3} \Rightarrow \rho(h) = 0.08 \frac{Kg}{m^3} \Rightarrow m_{H_2} = 240 Kg \Rightarrow \textit{Restmasse} = 3200 Kg$$

Aufgabe 2

Die Dichte ist gegeben durch $n = 2.5 \times 10^{19} \frac{1}{cm^3}$

a) Es gilt

$$N = \frac{M}{m_{He}} = \frac{0.1}{6.68 \times 10^{-27}} = 1.5 \times 10^{25}$$

wobei N die Gesamtzahl der He-Atome im Behälter ist.

b) Es ist

$$\sigma_{He-He} = 10 \times 10^{-16} cm^2 \Rightarrow \Lambda = \frac{1}{n\sigma} = 4 \times 10^{-7}$$

c) Die Summe ergibt sich zu

$$\sum_i S_i = \sum_i N_i v_i \Delta t = N \bar{v} \Delta t = 1.5 \times 10^{25} \cdot 1260 m = 2 \times 10^{12} \textit{Lichtjahre}$$

Aufgabe 3

a) Die mittlere Energie ist gegeben durch

$$\frac{m}{2} \bar{v^2} = \frac{3}{2} kT = 3.1 \times 10^{-16} J = 1.9 \times 10^3 eV$$

Die Ionisierungsenergie des H-Atoms ist $13.5 eV$. Bei einer Dichte von $5 \times 10^{29} m^{-3}$ ist der mittlere Abstand der Protonen gegeben durch $1.25 \times 10^{-10} m$. Dann ist die mittlere potenzielle Energie auf Grund des Coulombabstoßung $E_p \approx 1.8 \times 10^{-18} J$ klein gegen E_{kin} , d.h. die Materie im Inneren der Sonne kann angenähert als ideales Gas betrachtet werden.

b) $\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} \bar{v}_p = 5.6 \times 10^5 \frac{m}{s}$

c) $p = nkT = 1 \times 10^{14} Pa = 10^9 atm$

Aufgabe 4

Die Dichte der Außenluft in $50m$ Höhe bei $T_1 = 300K$ ist

$$\rho = \rho_0 e^{-\frac{\rho_0 g h}{p_0}}$$

wobei $\rho_0 = 1.29 \frac{Kg}{m^3}$, $p_0 = 10^5 \frac{N}{m^2} \Rightarrow \rho = 1.28 \frac{Kg}{m^3}$. Die Abgase müssen daher eine Temperatur $T > T_0$ haben. Da der Druck am oberen Ende des Kamins für Abgase und Außenluft gleich ist, folgt

$$\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow T_2 = 452K$$

wobei angenommen wurde, dass bei gleicher Temperatur die Dichte ρ der Abgase dieselbe ist wie die der Luft. Aus

$$p_1 = p_0 e^{-\frac{\rho_1 g h}{p_0}}$$

für die Außenluft und $p_2 = p_0^{'} e^{-\frac{\rho_2 g h}{p_0^{'}}}$ innerhalb des Kamins, folgt wegen $p_1(h) = p_2(h)$ für $e^x \approx 1 + x$ und $p_0^{'} = p_{innen}(h = 0)$, also

$$p_0^{'} - \rho_2 g h = p_0 - \rho_1 g h \Rightarrow \Delta p_0 = p_0 - p_0^{'} = \Delta \rho g h$$

$$= (1.28 - 0.85) \cdot 9.81 \cdot 50 Pa = 211 Pa$$