

## Больцман - Саха

Число атомов на данном возбужденном уровне в отношении к числу атомов в данной стадии ионизации:

$$\frac{n_{r,s}}{n_r} = \frac{g_{r,s}}{U_r} \cdot e^{-\frac{\chi_{r,s}}{kT}}, \text{ где}$$

$r$  - стадия ионизации  
 $s$  - возбужденный уровень

Отношение числа атомов в стадии ионизации  $r+1$  к числу атомов в стадии  $r$  :

$$\frac{n_{r+1}}{n_r} P_e = \frac{U_{r+1}}{U_r} \cdot 2 \cdot \frac{(2\pi m_e)^{3/2} (kT)^{5/2}}{h^3} \cdot e^{-\frac{\chi_r}{kT}} \text{ или } \frac{n_{r+1} \cdot n_e}{n_r} = \frac{U_{r+1}}{U_r} \cdot 2 \cdot \left( \frac{\sqrt{2\pi m_e kT}}{h} \right)^3 \cdot e^{-\frac{\chi_r}{kT}}, \text{ где}$$

$n$  [ $\text{см}^{-3}$ ] плотность частиц, атомов  
 $P_e$  [ $\text{дин}$ ] электронное давление  
 $\chi$  [ $\text{эрг}$ ] потенциал возбуждения / потенциал ионизации  
 $g_{r,s}$  статистический вес возбужденного уровня  $s$   
 $U_r$  сумма по состояниям атома в стадии ионизации  $r$  :

$$U_r(T) = \sum_{s=0}^{\infty} g_{r,s} \cdot e^{-\frac{\chi_{r,s}}{kT}}$$

Формулы для расчета:

$$\frac{n_{r,s}}{n_r} = \frac{g_{r,s}}{U_r} \cdot e^{-C_1 \frac{\chi_{r,s}[\text{эВ}]}{T}}$$

$$\frac{n_{r+1}}{n_r} = C_2 \cdot \frac{U_{r+1}}{U_r} \cdot \frac{T^{5/2}}{P_e} \cdot e^{-C_1 \frac{\chi_{r+1}[\text{эВ}]}{T}}, \text{ где}$$

$$C_1 = \frac{\chi_{[\text{эрг}]} / \chi_{[\text{эВ}]}}{k} = 11604.8 \left[ \frac{K}{\text{эВ}} \right] \quad \text{- температура } T, \text{ соответствующая } 1 \text{ эВ}$$

$$C_2 = 2 \cdot \frac{(2\pi m_e)^{3/2} k^{5/2}}{h^3} = 0.66671(73) \left[ \frac{\text{г}}{\text{см} \cdot \text{с}^2 \cdot K^{5/2}} \right] = \left[ \frac{\text{дин}}{K^{5/2}} \right]$$

Полезные константы и соотношения:

$m_e = 9.109558(54)e-28$  [ $\text{г}$ ] масса электрона  
 $h = 6.626196(50)e-27$  [ $\text{эрг}/\text{с}$ ] постоянная Планка  
 $k = 1.380622(59)e-16$  [ $\text{эрг}/\text{К}$ ] постоянная Больцмана  
 $E_0 = 1.602192(7)e-12$  [ $\text{эрг} / \text{эВ}$ ] энергия 1 эВ  
 $\Theta = \lg(e) / kT = 5039.77 / T$  [ $\text{эВ}^{-1}$ ]  
 $P_e = n_e \cdot kT$

Формула Саха: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188650>