$F = a \ln(b T^{3/2})$ nur Potenz von T wichtig

$$\frac{\partial F}{\partial T} = a \frac{1}{\cancel{b} T^{3/2}} \frac{3}{2} T^{1/3} \cancel{b}$$

mit $F = U - TS$

$$\Rightarrow U = \frac{3}{2} N k_B T$$

Thermodynamik: N immer als Mittelwert $\langle N \rangle = N$

Statistik $N \neq \langle N \rangle$

also $N = -\left.\frac{\partial \Omega}{\partial \mu}\right|_{T,V}$ meint $N = \langle N \rangle$

$$S = -\left(\frac{\partial \Omega}{\partial T}\right)_{\mu, N} \qquad \beta(T) \quad , \quad Z(T)$$

$$Z_1 = \frac{V}{\lambda_T^3} = a T^{3/2}$$

$$\frac{\partial Z_1}{\partial T} = \frac{3}{2} a T^{1/2} = \frac{3}{2} \frac{Z_1}{T}$$

$$\Omega = F - \mu N = U - TS - \mu N$$
$$\Rightarrow U = \Omega + TS + \mu N$$

---

bei $U = -\frac{3}{2} \Omega$ nicht U sondern Ω minimieren

$$\prod_\lambda \exp(e^{-\beta(\varepsilon_\lambda - \mu)}) = \exp\left(\sum_\lambda e^{-\beta(\varepsilon_\lambda - \mu)}\right)$$

$$= \exp\left(e^{\beta\mu} \sum_\lambda e^{-\beta \varepsilon_\lambda}\right) = \exp(e^{\beta\mu} Z_1) = Z_G$$

großkanon. Zustandssumme

n_λ Zustand λ, n Teilchen im Zustand

Darstellung mit n_λ nennt man 2te Quantisierung

Produktzustand: Permutationen nicht nötig

da $\phi_\lambda(x_1)\,\phi_\lambda(x_2) = \phi_\lambda(x_2)\,\phi_\lambda(x_1)$

$\frac{1}{N!}$ fällt weg

für Bosonen: Ψ <u>symmetrisch</u>

$$\Psi = \frac{1}{\text{Norm}} \sum_{\{p\}} \phi_{\lambda_1}(x_{p_1})\,\phi \ldots$$

alle Permutationen

$$Z_\lambda = \sum_{n_\lambda=0}^{\infty} e^{-\beta(\varepsilon_\lambda - \mu) n_\lambda} = \frac{1}{1-e^{-\beta(\varepsilon_\lambda-\mu)}}$$

Geometrische Reihe

$$W_n(n_\lambda) = \frac{1}{Z_\lambda} e^{-\beta(\varepsilon_\lambda-\mu) n_\lambda} = \left(1-e^{-\beta\tilde{\varepsilon}}\right) e^{-\beta\tilde{\varepsilon} n_\lambda}$$

$(\varepsilon_\lambda - \mu = \tilde{\varepsilon}$

$$\langle n_\lambda\rangle = \sum_{n_\lambda} W_\lambda(n_\lambda)\cdot n_\lambda = \left(\sum_{n_\lambda} e^{-\beta\tilde{\varepsilon} n_\lambda}\cdot n_\lambda\right)\left(1-e^{-\beta\tilde{\varepsilon}}\right)$$

$$= \left[-\frac{\partial}{\partial(\beta\tilde{\varepsilon})}\sum e^{-\beta\tilde{\varepsilon} n_\lambda}\right]\left(1-e^{-\beta\tilde{\varepsilon}}\right) = \left(-\frac{\partial}{\partial(\beta\tilde{\varepsilon})} Z_\lambda\right)\frac{1}{Z_\lambda}$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\frac{1}{1-e^{-x}} = -\frac{1}{1-e^{-x}}\left(-e^{-x}\right)$$

$f(x)$ mit $y(x)$ (z.B. $y(x) = x$)

$f(y)$

$$\frac{\partial f(x)}{\partial x} \neq \frac{\partial f(y)}{\partial y} \neq \frac{\partial f(y)}{\partial x} = 0 \quad ?$$

aber

$$\frac{d f(x)}{dx} = \frac{\partial f(y)}{\partial y}\frac{dy}{dx}$$