Klasické a kvantové systémy neinteragujících částic, ideální plyny

fázový prostor = prostor všech fyzikálních stavů
z hlediska teoretické mechaniky – ve fáz. prostoru pracuje Hamiltonův formalismus
termodinamicky – fáz. prostor je diagram ukazující různé oblasti stability fází termodynamického systému, fáz. prostor je parametrizován např. teplotou či tlakem
rozdělovací funkce = charakteristika zastoupení různých stavů v systému

- **Maxwell-Boltzmannovo rozdělení**

Popisuje ve statistické fyzice systémy **N neiteragujících klasických, tedy rozlišitelných částic**. Nemusíme tedy uvažovat kvantování fázového prostoru ani spinovou závislost statistiky. Energetické hladiny pro všechny částice jsou totožné.

rozdělovací funkce (střední počet částic ve stavu s energií E):

$$f_{MB}(E) = \mathrm{e}^{-\frac{E-\mu}{k_B T}} \tag{1}$$

kde E je energie, μ chemický potenciál, k_B Boltzmannova konstanta, T termodynamická teplota.
limita vysokých teplot – všechny stavy jsou stejně pravděpodobné
limita nízkých teplot – je obsazen pouze základní stav s nejnižší energií

Rozdělení pravděpodobností obsazení jednotlivých energetických hladin v rovnováze:

$$P_j^* = \frac{e^{-E_j/(k_B T)}}{\sum_{j=0}^{\infty} e^{-E_j/(k_B T)}} = \frac{n_j^*}{N} \tag{2}$$

kde n_j^* je počet částic, které v rovnováze naleznu na j-té hladině s energií E_j. Celkově jde tedy o relativní počet částic na j-té hladině. Čitatel je Max-Boltzm. rozdělení pro neinetragující částice a jmenovatel je stavová suma, tedy suma všech existujících stavů systému.

- **Bose-Einsteinovo rozdělení**

Popisuje **systémy složené z bosonů** = nerozlišitelné částice s celočíselným spinem a symetrickou Ψ, např. **fotony**.
U bosonů platí – v jednom stavu může být libovolný počet částic, tedy částice můžou mít zcela totožná všechna kvantová čísla.

rozdělovací funkce (střední počet bosonů, které obsadí stav s energií $E_{\vec{k}}$, kde $\vec{k}$ je vlnový vektor častice):

$$f_{BE}(E_{\vec{k}}) = \frac{1}{\exp\left(-\frac{E_{\vec{k}}-\mu}{k_B T}\right)-1} \tag{3}$$

limita vysokých teplot – vychází Maxwell-Boltzmannovo rozdělení

- **Fermi-Diracovo rozdělení**

Popisuje **systémy složené z fermionů** = nerozlišitelné částice s poločíselným spinem, například **elektrony a protony**
V jednom stavu popsaném systémem kvantových čísel může být pouze jedna jediná částice.
rozdělovací funkce = střední počet částic v orbitálním stavu s vlnovým vektorem $\vec{k}$ (kv. čísly l,m)
protože v tom stavu může být max jedna částice, vyjadřuje to taky pravděpodobnost, že v orbitálním stavu bude 1 fermion

$$f_{FD}(E_{\vec{k}}) = \frac{1}{\exp\left(-\frac{E_{\vec{k}}-\mu}{k_B T}\right)+1} \tag{4}$$

- **<u>Ideální plyn</u>**

  = plyn jehož vnitřní energie U nezávisí na tlaku ani objemu, pouze na teplotě ano
  Zanedbáváme objemy částic a interakce mezi nimi
  <u>Stavová rovnice ideálního plynu:</u>

  $$U = \frac{3}{2}PV = \frac{3}{2}RnT\ ; P(T,V) = \frac{RT}{V} \tag{5}$$

  R je plynová konstanta, n počet částic

  Skutečnosti lépe odpovídá <u>Van der Waalsův plyn:</u>

  $$U(T,V) = cRT - \frac{a}{V}\ ; P(T,V,) = \frac{RT}{V-b} - \frac{a}{V^2} \tag{6}$$

  kde a je působení přitažlivých sil mezi molekulami, b je konečný objem, na který lze plyn stlačit.