

# Entropie

**Entropie  $S$**  je termodynamická veličina charakterizující míru **neuspořádanosti** energie termodynamického systému. Entropie je **extenzivní stavová** veličina. Extenzivní znamená, že entropie složeného systému je součtem entropií jeho podsystémů (entropie je tedy aditivní, podobně jako objem či hmotnost). Stavová potom znamená, že její změna nezávisí na ději, jakým soustava prošla. Změna závisí jen na počátečním a koncovém stavu, tedy:

$$\Delta S = S_2 - S_1$$

Jednotkou entropie v SI soustavě je joule na kelvin (J/K).

Termodynamické procesy lze z hlediska uskutečnitelnosti zpětného děje rozdělit na vratné a nevratné. Tyto zmíněné se liší m.j. i výpočtem entropie.

## Vratné procesy

Při **vratných (reverzibilních)** dějích je malá změna entropie určena vztahem:

$$dS = \frac{dQ}{T}$$

kde  $dQ$  je (malé) množství tepla dodané systému a  $T$  absolutní teplota systému. Obecně velkou změnu entropie dostaneme integrací předešlého vztahu, tedy:

$$\Delta S = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$$

Z této definice jsou patrné dva speciální případy.

- Při **adiabatickém** vratném ději, kdy nedochází k výměně tepla s okolím, bude v každém čase  $dQ = 0$ , tedy po integraci  $\Delta S = 0$ .
- Při **kruhovém (cyklickém)** vratném ději, kdy se systém dostane do původního stavu, bude výsledná změna entropie také nulová.

## Nevratné procesy

Reálné (realizovatelné) procesy v přírodě jsou jen stěží vratné – vratný proces je idealizací, ke které se lze jenom přiblížit. Při **nevratných (ireverzibilních)** procesech v izolovaných systémech je vždy  $\Delta S > 0$ , což je vlastně jedno z vyjádření 2. termodynamické věty. To osvětluje název entropie – z řeckého  $\epsilon\nu \tau\rho\omicron\pi\eta$  (v přeměně) – udává směr, kterým probíhají termodynamické děje samovolně. Například při (nevratné) adiabatické expanzi plynu do vakua jeho entropie vzroste.

*Vesmír lze považovat za izolovaný systém, v kterém probíhají nevratné děje. Proto můžeme říct, že entropie vesmíru roste.*

Shrnutí: v izolovaném systému jsou **vratné procesy** ( $\Delta S = 0$ ) hypotetické procesy, které tvoří hranici mezi nevratnými, tedy realizovatelnými ději ( $\Delta S > 0$ ) a nerealizovatelnými ději ( $\Delta S < 0$ ).

## Statistická definice entropie

Výše použitá definice entropie je tzv. termodynamická. Definuje entropii použitím makroskopicky měřitelných veličin jako je teplota. Termodynamický systém definovaný pomocí termodynamických veličin nazýváme **makrostav**. Na mikroskopické úrovni ale existuje mnoho způsobů jak realizovat tento makrostav. Tyto způsoby nazýváme **mikrostavy**.

*Mějme např. systém 2 částic, který má celkem 6 kvant energie – makrostav. Uvažme, že každá částice může mít jen kladný celý počet těchto energetických kvant (tzv. diskrétní energetické spektrum). Jsou-li částice nerozlišitelné, pak mikroskopicky existují tři způsoby jak si můžou tuto energii rozdělit – tři mikrostavy. První způsob může představovat situaci, kdy jedna částice má 5 kvant energie, druhá 1. V druhém způsobu může mít jedna částice 4 kvanta energie, druhá 2. A v posledním způsobu budou mít obě částice 3 kvanta energie.*

Zavedení těchto pojmů nám umožňuje definovat entropii pomocí statistické mechaniky. Tato definice entropie byla zavedena L.Boltzmannem.

$$S = k \cdot \ln W$$

kde  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  J/K je Boltzmannova konstanta a  $W$  je počet mikrostavů, které odpovídají danému makrostavu. Z této definice je patrné, proč je entropie mírou neuspořádanosti systému. Existuje totiž mnoho způsobů (mikrostavů), jak realizovat neuspořádaný systém - vysoká entropie. Naopak, počet mikrostavů jakými lze realizovat uspořádaný makrostav je mnohem menší - nízká entropie.

Čím je tedy entropie vyšší, tím více bude systém neuspořádan - bude se jevit jako chaotický a naopak. V každodenním životě se s tímto pojmem téměř nesetkáme a přece je jeho nedílnou součástí.

*Mějme pytel se stejnými modrými a červenými kuličkami. Je vysoce pravděpodobné, že kuličky v tomto pytli nebudou pravidelně uspořádány podle barvy - systém bude mít **vysokou entropii**. Tento stav však můžeme naším zásahem a vykonáním jisté práce změnit a kuličky uspořádat, tím získáme systém s **nízkou entropií**.*

*Entropie je, ku příkladu, zřetelná i ve složení krevních elementů. Když se zaměříme na průtok krevních partikul cévou, zjistíme že rozmístění jednotlivých buněk v plazmě je zcela náhodné, pomíneme-li biochemické reakce a potřeby organismu. To má zásadní vliv při hemostáze. Kdyby měl systém nízkou entropii, mohlo by se stát, že by v místě poranění cévy nebyl zrovna přítomný dostatek krevních destiček.*

*Řadu podobných příkladů najdeme v mnoha dalších oblastech všedního života.*

## Odkazy

### Související články

- Entalpie
- Tepelný stroj
- Termodynamické věty

### Zdroj

- HRAZDIRA, Ivo, et al. *Biofyzika Učebnice pro lékařské fakulty*. 1. vydání. Praha : Avicenum, 1990. 318 s. ISBN 80-201-0046-6.