

# Entropie živých systémů

Živé systémy jsou systémy vyznačující se schopností udržovat či dokonce snižovat míru své neuspořádanosti neboli entropie ( $S$ ), tzn. dokáží dynamicky zajišťovat stálost svého vnitřního prostředí z hlediska strukturního, chemického i energetického. Toho živé systémy dosahují komplexním souborem procesů zvaným metabolismus.

Předpokladem existence živých systémů je **neustálá výměna energie** i hmoty s okolním prostředím. Živé systémy jsou tedy z termodynamického hlediska soustavy otevřené, neodporují tedy znění druhé věty termodynamické, která nulovou či zápornou změnu entropie pro otevřené soustavy připouští.

Vnitřní prostředí živého systému se vyznačuje **vysokou mírou stálosti**, která se ale zásadním způsobem liší od termodynamické rovnováhy, neboť entropie živého systému je nižší než maximální možná. Skutečné termodynamické rovnováhy živý systém dosahuje až po své smrti, kdy ustávají regulační funkce a působením ireverzibilních procesů se entropie nyní již neživého systému zvyšuje, až dosahuje maxima.

## Mechanismy změny entropie

Není reálně možné určit hodnotu entropie živého systému, v praxi proto vždy určujeme pouze celkovou nebo dílčí změnu entropie, přičemž v živých systémech můžeme souhrnně popsat dva typy mechanismů způsobujících změnu entropie:

- **Ireverzibilní procesy** popsané druhou větou termodynamickou způsobující vždy kladné nebo nulové změny entropie, tedy neuspořádanost systému zvyšují:

$$d_{in}S \geq 0$$

- **Řízené regulační procesy** živého systému podmíněné komunikací s okolním prostředím, tj. **metabolismus**. Takto vyvolané dílčí změny entropie systému mohou mít jak hodnotu kladnou (zisk energie z okolí a tedy nárůst entropie systému), tak hodnotu nulovou nebo zápornou (využití energie ke konání buněčné práce nebo uvolnění energie do okolí a tedy pokles entropie systému). Celková změna entropie vyvolaná těmito regulačními mechanismy je záporná vždy, neboť živý systém jejich prostřednictvím udržuje či zvyšuje uspořádanost své struktury:

$$d_{ex}S = \frac{-\delta Q}{T}$$

Celkovou změnu entropie živého systému pak popisujeme vztahem  $dS = d_{in}S - \frac{\delta Q}{T}$ .

## Entropie a metabolismus

Stálost prostředí na buněčné úrovni je zajištěna neustálou činností buněčného metabolismu, podmíněného získáváním energie ze slunečního záření přímo (fototrofické organismy) nebo zprostředkovaně (chemotrofické organismy). Tato energie je využita k syntéze složitějších látek z jednodušších, energeticky chudších prekurzorů (anabolismus), což entropii systému snižuje.

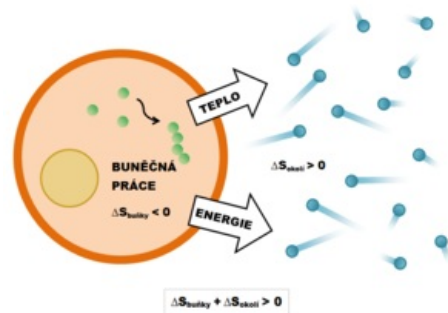
Paralelně probíhá proces opačný čili rozklad energeticky bohatých složitých látek a jejich následné zpracování (např. buněčným dýcháním) za současného uvolňování energie (katabolismus). Část této energie je opět využita anabolickými pochody, část je ale uvolněna do okolí v podobě tepla nebo jiných forem energie. Kladná změna entropie je tak rozdělena mezi buňku samotnou a její okolí.

Buňka tak zvyšuje svou míru uspořádanosti, tj. její celková změna entropie je záporná. Absolutní hodnota této změny ale v souladu s druhou větou termodynamiky nepřevyšuje kladnou změnu entropie izolovaného systému buňky a jejího okolí:

$$\Delta S_{\text{buňky}} + \Delta S_{\text{okolí}} > 0$$

Z termodynamického hlediska ovšem není možné zkoumat změnu entropie  $\Delta S$  izolovaně, neboť pro metabolické procesy popisujeme také změnu entalpie  $\Delta H$ , tj. změnu chemické energie pro danou metabolickou reakci. Jelikož metabolické procesy probíhají za konstantního tlaku a teploty, vhodnější a v praxi užívanou veličinou pro popis metabolických reakcí je změna Gibbsovy energie, pro kterou platí vztah:

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$



Využití energie získané z katabolismu buňkou

# Odkazy

## Související články

- Entropie
- Entropie (česká wikipedie)
- Entropy (anglická wikipedie)

## Zdroj

- ALBERTS, Bruce. *Základy buněčné biologie: úvod do molekulární biologie buňky*. 1. vydání. Ústí nad Labem : Espero, 2006. 630 s. ISBN 80-902906-2-0.
- ., KOF.ZCU.cz. *Nerovnovážná termodynamika a její aplikace v praxi* [online]. [cit. 2014-23-11]. <<https://www.nelterm.kof.zcu.cz/nerterm/ntuvod/uvod.htm>>.
- ., LF2.CUNI.cz. *Základy termodynamiky živých systémů* [online]. [cit. 2014-23-11]. <[www.lf2.cuni.cz/Ustavy/biochemie/vyuka/ztzs.doc](http://www.lf2.cuni.cz/Ustavy/biochemie/vyuka/ztzs.doc)>.