

Z HISTORIE

Ilya Prigogine: Velikán nerovnovážné termodynamiky

(K 100. výročí narození.)



Ilya Prigogine (prigožin), nositel Nobelovy ceny za chemii (1977), se ve dvacátém století významně podílel na rozvoji poznání zákonitostí nerovnovážných dějů v chemii, biologii a fyzice. Věnoval se především otázce nevratnosti procesů.

Narodil se 25. ledna 1917 v Moskvě, ale již ve svých čtyřech letech se spolu s rodiči přestěhoval nejprve do Německa a pak do Belgie. Roku 1929 se rodina usadila v Bruselu, kde později Prigogine získal univerzitní vzdělání (obor chemie na Université Libre de Bruxelles).

Ve třicátých letech minulého století byla termodynamika zpravidla vnímána jen jako termostatika rovnovážných procesů, a proto se i leckdo z předních fyziků pozastavoval nad snahou mladého Ilyi Prigogina studovat nevratné transportní děje (difúze, přenos tepla aj.) termodynamickými metodami. Díky podrobnému rozboru predikce a kauzality těchto dějů vytvořil v první polovině minulého století Ilya Prigogine základy nerovnovážné termodynamiky – nové oblasti termodynamiky, která se zabývá nerovnovážnými ději

a popisuje chování soustav v blízkosti rovnováhy. Dokázal přitom uplatnit své zkušenosti ze statistické mechaniky, kde se věnoval jednoduchým dynamickým modelům. Spolupracoval s mnohými fyziky a chemiky, především však s americkým fyzikálním chemikem norského původu *Larsem Onsagerem* (1903–1976), který přispěl značným podílem k popisu zmíněných procesů – společně tak vytvořili základy lineární nerovnovážné termodynamiky.

Fenomén nevratnosti, hrající v případě transportních jevů klíčovou úlohu, se dříve ztotožňoval s degradací a ztrátou užitečné práce. Zatímco izolované systémy vždy směřují do rovnovážného stavu, otevřené systémy mohou (ale nemusí) přejít do jistého stacionárního (na čase nezávislého) stavu, ve kterém dochází k průběžné výměně komponent mezi systémem a jeho okolím. Takové nevratné děje potřebují neustálý přítok energie k tomu, aby systém mohl konat práci. Pokud však termodynamické síly působící na otevřený systém dosáhnou jisté mezní hodnoty, opustí systém stabilitu stacionárního stavu a vlivem různých fluktuací se od něj vzdaluje. Prudce tím roste počet možných stavů, které systém může zaujmout, což je příčinou obtížné předvídatelného dalšího vývoje.

Tuto problematiku Prigogine podrobně studoval na řadě chemických a biologických systémů vzdálených od termodynamické rovnováhy. V polovině dvacátého století pak pod jeho vedením vznikl Bruselský institut nerovnovážné termodynamiky s cílem najít zobecněné vztahy pro živé systémy.

V nerovnovážných systémech může docházet k velkému zesílení náhodných, neměřitelných a nepředvídatelných poruch – fluktuací. Díky tomu se v nich vytvářejí makroskopické struktury, které nejsou jednoznačně odvoditelné z chování molekul tvořících systém. Aby Prigogine odlišil tyto struktury od rovnovážných, nazval je disipativní, protože rozptylují (disipují) teplo a jimi protékající energii do okolí.

Zároveň mohou fluktuace kladnou zpětnou vazbou způsobit až destabilizaci systémů, což má za následek zničení jejich původního uspořádání.

Existence disipativních struktur Prigogina velmi zaujala. Jeho nadšení vybudovat vhodnou teorii z hlediska nerovnovážné statistické mechaniky brzy vzbudilo i zájem spolupracovníků. V roce 1967 proto Prigogine založil Centrum pro statistickou mechaniku, později po něm přejmenované na Centrum I. Prigogina pro studium statistické mechaniky a komplexních systémů. Přestože řada problémů z teorie disipativních struktur a chaosu zůstává stále otevřená a Prigoginovy práce vyvolaly řadu diskuzí a sporů, daly především podnět mnoha fyzikům, biologům i chemikům k hledání dalších souvislostí na cestě k pochopení podstaty živých systémů.

Vývoj zmíněných oblastí fyziky prodělal za posledních padesát let díky Prigoginovi takový skok kupředu, že si jde jen stěží představit, jakým směrem by se ubíral bez jeho skvělých myšlenek a vědecké intuice.

Během svého života se Ilya Prigogine stal členem 64 vědeckých organizací, získal řadu ocenění (např. Francquiho cenu (1955), Rumpfordovu medaili (1976) aj.), z nichž jistě nejprestižnější je Nobelova cena za chemii (1977). Dále také obdržel více než padesát čestných titulů. Své poznatky se snažil zpřístupnit a popularizovat pro širší veřejnost – k jeho nejznámějším knihám patří *Rád z chaosu* (1984, spoluautorka *Isabelle Stengers*), tato publikace se zanedlouho po svém vydání stala bestsellerem a v roce 2001 se opožděně dočkala i českého překladu (nakl. Mladá fronta).

Ilya Prigogine – velikán nerovnovážné termodynamiky a výjimečný badatel o podstatě života – se kromě přírodních věd věnoval i filozofii, hudbě, dějinám, výtvarnému umění a archeologii.

Zemřel v Bruselu 28. května 2003 ve věku 86 let.

Literatura

- [1] *Buchanan, M.*: Všeobecný princip. Baronet, Praha, 2004.
- [2] *Duršpek, J.*: Moderní termodynamika v chemických a biologických procesech. Diplomová práce, Plzeň, FPE ZČU, 2005.
- [3] Informace Švédské akademie věd. (<http://nobel.sdsc.edu/laureates/chemistry-1977-1-autobio.html>).
- [4] *Obdržálek, J.*: Úvod do termodynamiky, molekulové a statistické fyziky. Matfyzpress, Praha, 2015.
- [5] *Prigogine, I., Kondepudi, D.*: John Wiley & Sons, Chichester, 1998.
- [6] *Prokšová, J.*: Entropie na středoškolské úrovni. Disertační práce. Praha, MFF UK, 2004.
- [7] *Prokšová, J., Obdržálek, J.*: Ilya Prigogine – představitel moderní termodynamiky. Školská fyzika, roč. 7 (2001/2), s. 17–20.

Jitka Prokšová

Carl David Anderson: objevitel pozitronu



Neexistuje nic jiného než atomy a prázdný prostor. Vše ostatní je jen náš názor.

Démokritos

Znalosti nikdy nepřicházejí k lidstvu v konečné podobě. V první třetině 20. století již fyzikové věděli, že se hmota skládá