Trubice bláznů

Martin Kohout*, Chol Hun Ma**, Stanislav Holý
FJFI ČVUT, Břehová 7, 115 19 Praha 1
m-voxel-k@seznam.cz*, realmind@seznam.cz**

Abstrakt:

Na začátku práce se zabýváme problémem uspořádání systému bez příspěvku vnější práce. Jako názorný příklad nám k tomu slouží Maxwellův démon. Dále se snažíme nastínit vztah mezi fyzikálním a informačním světem pomocí Szilardova stroje – zařízení, jenž je ovládáno Maxwellovým démonem. Nakonec se podíváme na praktické řešení snížení neuspořádanosti v systému s využitím Ranque – Hilschovy trubice, tzv. trubice bláznů.

1 Úvod

Jak se dá uklidit nepořádek v systému? Je k tomu zapotřebí práce? Maxwellův démon je jednou z teorií, která nám dává nahlédnout hlouběji do tohoto problému. Avšak tato bytůstka, kterou vymyslel v 19. století J. C. Maxwell, zaměstnávala hlavy vědců především v teoretické úrovni. Překvapivým vyústěním tohoto bádání byla spojitost pojmu energie a informace, tedy vazba mezi světem fyzikálním a světem informace. Základní myšlenka, jenž spojila tyto dvě oblasti, pochází z hlavy Leo Szilarda z roku 1929. Přes všechny snahy fyziků se však zatím nepodařilo vytvořit stroj, který dokáže snížit entropii bez příspěvku okolních sil.

2 Maxwellův démon

První zmínku o Maxwellovu démonu můžeme najít na konci jeho knihy Teorie tepla z roku 1871 v části – Omezení 2. termodynamického zákona. Tato bytost by měla být schopna třídit molekuly podle jejich kinetické energie. Maxwellův démon je uzavřen v nádobě s plynem. Nádoba je přepažena, démon stojí u dvířek, spojujících dvě části komory a může regulovat pohyb molekul. Může tak měnit spontánní pohyb z části nádoby s převahou ohřátých molekul do části s chladnými molekulami a měnit tak uspořádanost systému, čímž poruší druhý termodynamický zákon a zmenší entropii. V době Maxwellových úvah se dalo operovat velikostí systému. Druhý termodynamický zákon platí pro makroskopické veličiny, kdežto na úrovni jednotlivých molekul jsou statistické odchylky přípustné. Ovšem dostat se do mikrosvěta a manipulovat s jednotlivými molekulami bylo tenkrát nemožné. Dnes jsme ale o něco dál, technologie nám umožňují zaznamenat jednotlivé molekuly i atomy, můžeme měřit jejich rychlosti, můžeme uvažovat použití různých nanomateriálů na výrobu dvířek zavírajících či otvírajících molekulám cestu. Můžeme tedy v blízké budoucnosti Maxwellova démona vyrobit? Diskuse na toto téma probíhaly od Maxwellových dob a v určitých

variantách jsou živé až dodnes. Překvapivé je právě rozuzlení související s teorií informace, které přišlo nedávno – v 80. letech 20. století.

3 Szilárdův stroj

V roce 1929 Leo Szilard analyzoval práci tepelného stroje, pracujícího s jedinou volnou molekulou. Nyní se pokusíme nastínit pracovní cyklus takového stroje. Do válce lze bez konání práce zasunout přepážku, která omezí pohyb molekuly na jednu polovinu objemu válce. Nyní můžeme měřením zjistit, ve které polovině válce se molekula nachází. Do druhé, prázdné části válce můžeme zasunout píst. To lze provést opět bez konání práce, protože nám v tom nebrání pohyb molekuly. Překážku nyní můžeme odstranit, takže molekula bude narážet i do tohoto pístu, který se začne pohybovat zpět k okraji válce. Jelikož koná molekula na pístu práci, ztrácí část své kinetické energie. Avšak odráží-li se molekula od stěn, které jsou v tepelném kontaktu s rezervoárem o teplotě T, získá od nich molekula ztracenou kinetickou energii tak, že v průměru má stále stejnou kinetickou energii. Energie neuspořádaného pohybu částic rezervoáru se tedy přeměňuje na uspořádaný pohyb pístu, konajícího práci. Jestliže mám platit 2. termodynamický zákon musíme najít nějakou trhlinu v tomto cyklu.

Sám Leo Szilard považoval za hlavní problém zjištění, kde se nachází molekula ve válci. Charles H. Bennett v osmdesátých letech minulého století ukázal, že v měření problém není. Můžeme vratným způsobem zjistit polohu molekuly a zapsat ji do paměti přístroje, aniž bychom museli disipovat nějakou energii. Překvapivá odpověď, na jejímž nalezení mají zásluhy Rolf Landauer a Charles Bennett, spočívá v tom, že je problém zbavit se informace. Máme-li zaplněnou paměť počítače a chceme ji vynulovat, musíme disipovat energii a to přinejmenším stejné množství energie, kolik činí získaná práce.

4 Ranque – Hilschova trubice

Pro úklid nepořádku v systému tedy je potřeba nějaká vnější práce. Pěknou ukázkou možnosti rozdělení molekul podle jejich kinetické energie je průmyslově využívaná Ranque – Hilshova trubice. Toto konstrukčně jednoduché zařízení vynalezl francouzský fyzik Georges Rangue v roce 1930. Umožňuje rozdělit stlačený vzduch na tepelnou a studenou složku. Jde o přístroj, který neobsahuje žádné pohyblivé součásti. Do trubice se tečně přivádí vzduch pod tlakem (běžně kolem 0,6 MPa). Na jednom konci vychází z trubice teplý vzduch, na druhém studený. Využívá se studený vzduch, jelikož teplý vzduch lze získat snáze i jinými způsoby. Na konci teplého konce trubice je škrticí ventil, jímž se mění poměr studeného a teplého vzduchu. Po zavedení do trubice se vzduch roztočí na vysoké otáčky (až 1 000 000.min^{-1}) a dosahuje i rychlosti zvuku. Roztočený vzduch postupuje k teplému konci, kde je umístěn škrticí ventil. Ten určuje kolik vzduchu vyjde z teplého konce vzduchu. Vystupují vnější teplé vrstvy vzduchu. Vnitřní vrstvy vzduchu jsou ventilem vraceny nazpět a vystoupí ze studeného konce trubice jako studený podíl vzduchu. Pohyb vzduchu je v literatuře popsán celkem dobře. Proč se ale vzduch ochladí, není z fyzikálního hlediska zcela jasné.

5 Shrnutí

Maxwellův démon tedy v principu muže snížit neuspořádanost, pokud svou činnost začne s čistou pamětí a jen do té doby, než ji zcela zaplní. Pokud má pokračovat dále, musí svou paměť vynulovat. Toto však vyžaduje předat do okolí minimálně stejné množství entropie, o jaké klesla entropie tříděného systému. Druhý termodynamický zákon tedy zůstává neochvějně na svém místě.

Reference:

[1] R. Feynman, R. Leighton, B. Robert, M. Sands, Feynmanovy přednášky z fyziky 1.díl, Fragment, Praha, 2000

[2] P. Kessner, Z. Tůma, Zajímavé otázky z fyziky, Akcent, Praha, 1997

[3] P. Loucká, Démon nejen Maxwellův, Vesmír 79, 2005/5, str. 269

[4] J. Slavík, Maxwellův démon, http://www.pef.zcu.cz, Fakulta aplikovaných věd ZČU Plzeň