

Francouzský vojenský inženýr Sadi Nicola Leonard Carnot (1796–1832) vydal roku 1824 útlou knížku *Úvahy o hybné síle ohně a strojích vhodných k jejímu vyvolání*. Publikoval v ní výsledky své podrobné analýzy činnosti parního stroje – stroje, jehož „teorii se, přes pokroky dosažené v jeho konstrukci, velmi málo rozumělo“. Ve snaze vytvořit „úplnou teorii tepelných strojů“ Carnot hledal především odpověď na hodně diskutovanou otázku, jak a do jaké míry by mohla být tato zařízení zlepšena. Zjistil při tom, že vznik hybné síly není podmíněn jen samou existencí tepla, ale „jeho transportem z horkého tělesa na chladné“. Hybnou sílu tepla ve svých úvahách přirovnával k hybné síle vody: právě tak, jako pád jistého množství vody z určité výšky může konat práci otáčením vodního kola, aniž by se nějaká voda ztrácela, může – podle Carnota – přenos jistého množství tepla (které považoval v duchu kalorické teorie za neměnné fluidum) podél určitého teplotního rozdílu konat práci při expanzi a kompresi látky, aniž by se nějaké teplo ztrácelo. Na základě této představy pak detailním studiem kruhových procesů objevil cyklus, v němž se při přenosu zadaného množství tepla  $Q$  z teplé lázně do chladné získá maximum hybné síly  $W$  (Carnotův cyklus). Ukázal při tom, že tato extrémální vlastnost nalezeného cyklu nezávisí na fyzikální nebo chemické podstatě pracovní látky: „Hybná síla tepla nezávisí na činitelích, použitých k její realizaci; její množství je určeno pouze teplotami těles, mezi nimiž se nakonec přenos tepla uskutečňuje“. Dnes se toto tvrzení, označované jako Carnotův princip, zpravidla formuluje pomocí pojmu účinnosti: „Účinnost ideálního tepelného stroje (Carnotova stroje) nezávisí na pracovní látce, ale jen na teplotě ohříváče a chladiče“. Svými úvahami nad zcela konkrétním praktickým problémem, podloženými nesprávnou představou o zachování celkového množství tepla, tak Carnot dospěl k obecně platným závěrům, jež byly předznamenáním druhé věty termodynamické. (Výjimečnost Carnotova přínosu podtrhuje skutečnost, že to bylo ještě před zavedením pojmu energie a objevením zákona jejího zachování.)

Tyto výsledky záhy (nicméně až po předčasné Carnotově smrti, jenž se uznání své práce nedožil) rozpracoval francouzský technik, pracující na vývoji a konstrukci parních lokomotiv Benoit Paul Emile Clapeyron (1799–1864). Clapeyron objevil Carnotovu nepovšimnutou publikaci a převedl její – převážně slovní – formulace do matematického jazyka (1834). Carnotův cyklus při tom poprvé znázornil  $p$ - $V$  diagramem, který doprovodil i příslušnými výpočty pro ideální plyn. Je zajímavé, že i když psal svoji práci v době, kdy kalorická teorie byla již do značné míry diskreditována, držel se důsledně fluidové představy o teple. Jeho formulace jsou v tomto směru dokonce mnohem jednoznačnější než opatrné a místy skeptické vyjadřování Carnotovo<sup>1</sup>.

Nesmírný význam pro rodící se termodynamiku mělo zavedení pojmu energie a vyslovení myšlenky o jejím zachování. Tuto ideu, která postupně krystalizovala z Mayerových úvah (Julius Robert von Mayer, německý lékař, 1814–1878) (1842) a Jouleových pokusů (James Prescott Joule, anglický fyzik, 1818–1889) (1843) se vzájemnou přeměnou tepla a práce, ukazujících na jejich ekvivalenci, obecně formuloval roku 1847 německý fyzik a fyziolog Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821–1894).

V téže době (1848) skotský fyzik William Thomson (později lord Kelvin, 1824–1907) ukazuje, že Carnotovy závěry umožňují definovat teplotní stupnici, která je nezávislá na konkrétním termometrickém parametru a teploměru, a zavádí absolutní termodynamickou stupnici T. Thomson, jenž se s Carnotovou teorií seznámil nejprve prostřednictvím jejího Clapeyronova výkladu, zdůrazňujícího zachování celkového množství tepla (a, samozřejmě, vůbec nevěděl o nepublikovaných Carnotových úvahách, zmíněných v pozn. <sup>1</sup>), si zároveň velmi vážil

<sup>1</sup>Historickou zajímavostí, svědčící o pronikavosti Carnotova ducha, je skutečnost, že roku 1878 – kdy byla podstata tepla již dávno objevena a široce uznána – byl nalezen v jeho pozůstalosti rukopis, v němž Carnot představu, že teplo je co do kvantity neměnnou substancí, opouští a uvádí bez odvození mechanický ekvivalent tepla, dokonce téměř přesně. Na vývoj termodynamiky ovšem tato stat' už vliv neměla.