

1

Energie v naší mysli: pojmy a měřítka

Slovo energie je stejně jako mnoho dalších abstraktních pojmů (počínaje hypotézou a konče sófrosyné) řeckou složeninou. Aristotelés (384–322 př. n. l.) vytvořil tento pojem ve své *Metafyzice* spojením $\epsilon\nu$ (v) a $\acute{\epsilon}\rho\gamma\omicron$ (práce) do termínu $\epsilon\nu\acute{\epsilon}\rho\gamma\epsilon\iota\alpha$ (*energeia*, „skutečnost identifikovaná pohybem“), který propojil s *entelechií*, tj. „kompletní realitou“. Podle Aristotela existenci každého předmětu udržuje *energeia* související s funkcí předmětu. Sloveso *energein* má tudíž znamenat pohyb, akci, práci a změnu. Tyto definice nevylepšil žádný zásadní intelektuální pokrok po téměř celá dvě následující tisíciletí, a dokonce i mnozí zakladatelé moderní vědy přicházeli s naprosto mylnými představami o energii. Nakonec se tento termín stal prakticky neodlišitelným od výkonu a síly. V roce 1748 si David Hume (1711–1776) v díle *An Enquiry Concerning Human Understanding* postěžoval, že „se v metafyzice nevyskytují pojmy nejasnější a nejistější než *síla*, *výkon*, *energie* nebo *nezbytná spojitost*, s čímž se neustále musíme potýkat ve všech našich výkladech“.

V roce 1807 v přednášce pro Royal Institution definoval Thomas Young (1773–1829) energii jako produkt hmotnosti tělesa a čtverce jeho rychlosti, čímž vyslovil nepřesný vzorec (hmotnost by měla být vydělena dvěma) a omezil vysvětlení na kinetickou (mechanickou) energii. O tři desetiletí později sedmé vydání *Encyclopedia Britannica* (dokončené v roce 1842) přineslo pouze velice stručný a nevědecký záznam popisující energii jako „sílu, účinek nebo výkon tělesa. Používá se též obrazně k označení důraznosti projevu.“ V běžném projevu se od té doby, vlastně už od Humeových časů, změnilo kromě frekvence nesprávného užívání pojmu jen málo. Na počátku 21. století se podstatné jméno energie i z něj odvozené přídavné jméno (energický) používají zcela bez výběru jako kvalifikátory jakéhokoliv množství rušných, živých, intenzivních akcí a prožitků a energie je stále běžně zaměňována se silou, mocí a výkonem. Příklady je spousta – výkonný nový ředitel vnáší čerstvou energii do staré společnosti; dav je v moci působivého řečníka; pop kultura je měkkou silou Ameriky.

Stoupenci fitness jdou ještě dál a prohlašují (proti veskeré logice i vědeckým důkazům), že jsou nabití energií *po* obzvláště náročném delším cvičení. Ve skutečnosti tím chtějí říci, že se po něm cítí lépe, pro což máme naprosto srozumitelné vysvětlení – dlouhodobé fyzické cvičení podporuje uvolňování endorfinů (neurotransmitterů, které tlumí vnímání bolesti a navozují euforii) v mozku, a může tudíž navozovat výrazné pocity pohody. Po dlouhém běhu můžete být unavení, dokonce i vyčerpaní, můžete být nadšení až euforičtí – ale nikdy nemůžete být nabití energií, tj. nemůžete mít vyšší hladinu akumulované energie, než jste měli, než jste se rozběhli.

Věda o energii: původ a abstrakce

Používání vžitých pojmů bez jakéhokoliv řádu se vymýtit nedá, ale pro více než stoleté užívání špatně definované terminologie v odborných textech není omluvy. Teoretické výzkumy energie dosáhly uspokojivé (ačkoliv ne dokonalé) koherence a srozumitelnosti před koncem 19. století, kdy po generacích váhavého progresu propuknuvší intelektuální a vynálezecká aktivita v západním světě položila pevné základy moderní vědy a záhy vyvinula mnohé z jejích sofistikovanějších konceptů. Budování základů tohoto vývoje začalo v 17. století a významně pokročilo o století později, kdy bylo podpořeno přijetím Newtonova (1642–1727) komplexního vnímání fyziky i technickými experimenty souvisejícími zejména se zdokonalením parních strojů Jamesem Watterem (1736–1819) (obr. 1; viz též obr. 19).

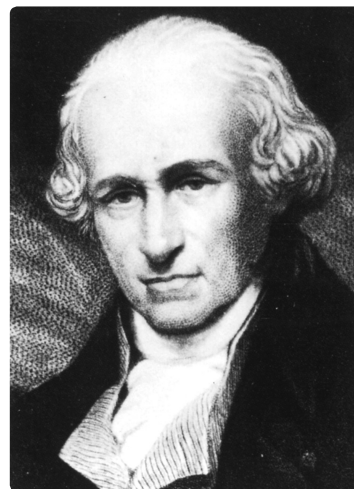
Na počátku 19. století byly klíčovým příspěvkem k mnohostranné povaze moderního chápání energie teoretické dedukce mladého francouzského technika Sadiho Carnota (1796–1832), který stanovil univerzální principy platné pro produkci kinetické energie z tepla a definoval maximální účinnost ideálního (vratného) tepelného stroje. Krátce nato Justus von Liebig (1803–1873), jeden ze zakladatelů moderní chemie a vědecky podloženého zemědělství, předložil v zásadě správný výklad metabolismu lidí a zvířat, v němž přisoudil vznik oxidu uhličitého a vody oxidaci potravy.

Formulace jednoho z nejzásadnějších zákonů moderní fyziky má původ v cestě na Jávou, kterou v roce 1840 podnikl mladý německý lodní lékař Julius Robert Mayer (1814–1878). Krev pacientů, jimž tam pouštěl žilou (tento postup se v léčbě řady onemocnění uplatňoval ještě dlouho

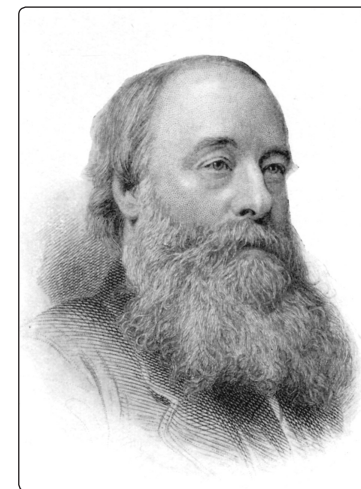
i v 19. století), se zdála být mnohem světlejší než krev pacientů v Německu.

Mayer nešel pro vysvětlení daleko. Krev v tropech podle něj nemusí být tolik okysličována jako v mírném podnebném pásu, protože v teplém podnebí není k tělesnému metabolismu zapotřebí tolik energie. Tato odpověď jej však zavedla k další zásadní otázce. Pokud se v tropech ztrácí méně tepla vyzařováním, co teplo ztracené v důsledku fyzické práce (tj. vynaložení mechanické energie), která zjevně ohřívá okolní prostředí, ať již je vykonávána v Evropě, nebo v tropické Asii? Pokud mu nepřisoudíme nějaký mysteriózní původ, pak i toto teplo musí pocházet z oxidace krve, a tudíž teplo a práce musí být ekvivalentní a v pevně daném poměru převoditelné. Tak začala formulace zákona zachování energie. V roce 1842 Mayer publikoval první kvantitativní odhad energetického ekvivalentu a tři roky nato rozšířil koncept zachování energie na veškeré přírodní jevy včetně elektřiny, světla a magnetismu a popsal detaily svého výpočtu založeného na pokusu s prouděním plynu mezi dvěma izolovanými válci.

Správnou hodnotu ekvivalentu tepelné a mechanické energie našel anglický fyzik (obr. 2) James Prescott Joule (1818–1889) poté, co provedl spoustu pečlivých experimentů. Joule používal vysoce citlivé teploměry k měření teploty vody mísené soustavou otočných lopatek poháněných klesajícími závažími; toto uspořádání umožňovalo poměrně přesné měření mechanické energie vynaložené na proces míchání. V roce 1847 přinesly Jouleovy puntičkářské experimenty výsledek s méně než 1% odchylkou přesnosti od skutečné hodnoty. Zákon zachování energie, podle nějž energii nelze vyrobit ani zničit, je nyní všeobecně znám jako první zákon termodynamiky.



1 | James Watt



2 | James Joule

V roce 1850 německý teoretický fyzik Rudolf Clausius (1822–1888) publikoval svoji mechanickou teorii tepla, v níž prokázal, že maximální výkon dosažitelný ze stroje využívajícího Carnotův cyklus závisí výlučně na teplotách zásobníků tepla, nikoliv na charakteru pracovního média, a že chladnější těleso nemůže samovolně předávat teplo tělesu teplejšímu. Clausius na této zásadní teorii dále pracoval a v díle z roku 1865 poprvé použil pojem *entropie* (z řeckého „přeměna“) k měření míry degradace v uzavřeném systému. Clausius rovněž jasně definoval druhý zákon termodynamiky, podle něhož entropie vesmíru směřuje k maximální hodnotě. V praxi to znamená, že v uzavřeném systému (bez jakéhokoliv přísunu energie zvenčí) může dostupnost využitelné energie pouze klesat. Kus uhlí