

# Rodzaj ruchu zwany ciepłem

Dr Krzysztof SZYMBORSKI

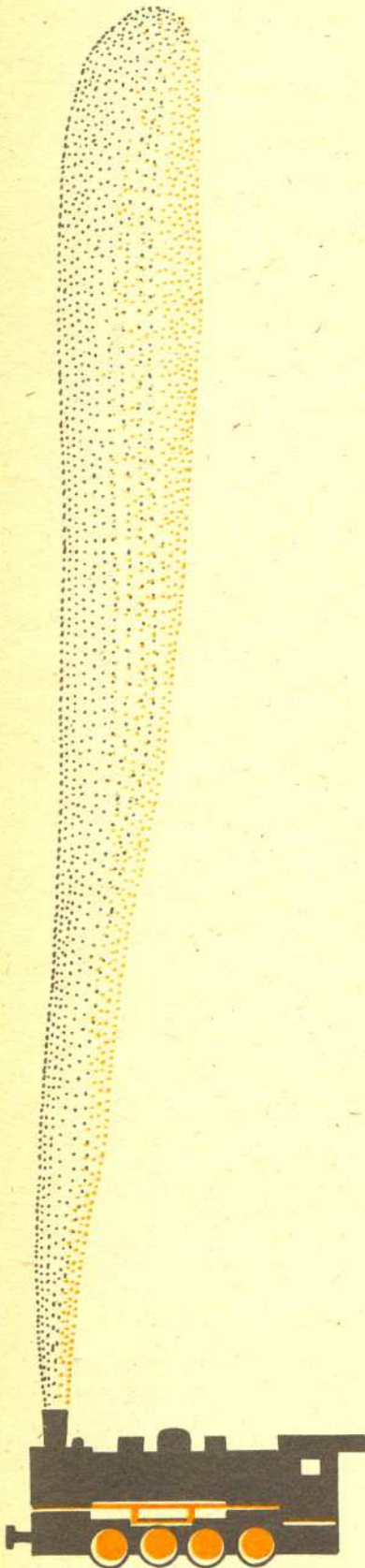
Niewiele dziedzin fizyki miało historię tak barwną i bogatą a na dzieje myśli ludzkiej wywarło wpływ tak doniosły, jak nauka o ciepłe. Współczesna termodynamika, gdy rodziła się w drugiej połowie XVIII stulecia, była wiedzą na wskroś praktyczną — Benjamin Thompson, już jako hrabia Rumford, swe słynne doświadczenia podważające teorię ciepłika prowadził przy wierceniu luf armatnich w monachijskim arsenale; maszyna parowa Jamesa Watta, która wywołała rewolucję w przemyśle, była tworem rzemieślnika, a na naukowe wyjaśnienie zasady jej działania czekać trzeba było jeszcze wiele lat. Z drugiej natomiast strony, owa tak praktyczna dziedzina wiedzy zrodziła najbardziej wyrafinowane problemy teoretyczne, jakie znała fizyka XIX wieku. Problemy, dodajmy, nie tylko rachunkowe i koncepcyjne, lecz wręcz światopoglądowe. Można bez żadnej przesady powiedzieć, że termodynamika — której badaniu poświęcił się Max Planck — była tą dźwignią, która poruszyła szacowny gmach klasycznej newtonowskiej fizyki, doprowadzając do jego zawalenia.

Wiek XIX był w fizyce wiekiem termodynamiki. Wówczas to dojrzało pojęcie energii i sformułowana została zasada jej zachowania, czyli pierwsza zasada termodynamiki. Była to niezmiernie ważna zasada porządkująca spory obszar wiedzy, jednak płodniejsza w konsekwencje okazała się druga zasada, znana w wielu sformułowaniach a stanowiąca na pozór jedynie pewne ograniczenie pierwszej. Gdy bowiem pierwsza głosiła — mówiąc najogólniej — że praca może być zamieniona na ciepło i odwrotnie, druga zasada precyzowała warunek konieczny, by ów odwrotny proces zamiany ciepła na pracę mógł zajść. Jest on możliwy tylko wówczas, gdy w jego toku ciepło przekazywane jest od ciała cieplejszego do chłodniejszego. To na pozór oczywiste spostrzeżenie, oczywiste wobec naszego codziennego doświadczenia, które jest ostoją zdrowego rozsądku, sformułowane jako podstawowe prawo fizyki okazało się właśnie tą bombą z opóźnionym zapłonem, która rozsadziła klasyczną fizykę.

Jak wspominałem, druga zasada termodynamiki doczekała się licznych sformułowań, których samo omówienie wymagałoby osobnego artykułu. Tu nie będę takiej próby podejmować. Przypomnę tylko, że jest ona również zwana Zasadą Carnota. Dlaczego? Kim był Nicolas Léonard Sadi Carnot i jaką rolę odegrał w rozwoju termodynamiki? Spróbuję krótko odpowiedzieć na te pytania.

Sadi Carnot urodził się 1 czerwca 1796 r. w pałacu Petit-Luxemburg, w którym mieszkał — jako członek Dyrektoriatu — jego ojciec Lazare Carnot. Zarówno Sadi jak i jego młodszy brat Hyppolyte otrzymali bardzo staranne wykształcenie w zakresie matematyki, fizyki, nauk przyrodniczych, a także języków i muzyki. W 1812 r., w roku niefortunnej wyprawy Napoleona na Moskwę, Sadi Carnot wstępuje do elitarnej Szkoły Politechnicznej, w której wykładają w tym czasie uczeni tej miary, co Poisson, Gay Lussac, Ampère i Arago. W 1814 jako ochotnik, walczy u wrót Paryża z nacierającymi wojskami Sprzymierzonych. Nie przeszkadza mu to wszakże w tymże roku ukończyć École Polytechnique z szóstą w swej klasie lokatą. Dalsze, dwuletnie studia z zakresu inżynierii wojskowej odbywa w Metz. Z tego okresu pochodzą jego pierwsze, niestety zaginione, publikacje naukowe. Czasy, szczególnie dla Francji, były burzliwe. Napoleon, zesłany na Elbę, powraca do Paryża, by jeszcze przez sto dni władać krajem. Swym ministrem spraw wewnętrznych mianuje na ten czas Lazare'a Carnota. Sprawia to, rzecz jasna, że Sadi staje się przedmiotem szczególnej łaskawości swych zwierzchników. Na krótko. W październiku 1815 stary Carnot skazany zostaje na wygnanie, co nie przeszkadza jednak — cóż za tolerancja! — jego starszemu synowi ukończyć w rok później uczelnię wojskową i rozpocząć służbę w pułku inżynieryjnym w Metz.

Reputacja ojca utrudnia mu początkowo karierę. Przerzucany z garnizonu do garnizonu traci czas na nudne, rutynowe prace inwentaryzacyjne. W 1819 r. udaje mu się jednak przenieść do Paryża, gdzie natychmiast zwalnia się na bezterminowy urlop z czynnej służby i rozpoczyna dalsze studia. Interesuje go właściwie wszystko, lecz szczególnie fascynuje go zagadnienie rozwoju przemysłowego i ekonomia polityczna — pracuje nawet nad projektem reformy systemu podatkowego.





BROJLERNIE  
 WŁASNOŚCIĄ  
 BROJLERÓW  
 - zootechnicy  
 to tylko wynajęci fachowcy:  
 ktoś przecież musi nas karmić.

CZY SAMOTNOŚĆ  
 U MASZERUJĄCYM TŁUMIE  
 TO COŚ WIĘCEJ  
 NIŻ ZWYCZAJNA  
 SAMOTNOŚĆ W TŁUMIE?



REKOMPENSATY  
w stylu przedwojennym

oto przykład obliczenia uposażenia z sierpnia 1923r.

Płaca zasadnicza	11 600,-
Dodatek drożyzniowy	47 260,-
Dodatek wyrównawczy	4 178,-
razem	63 038,-
+250%	157 595,-
razem	220 633,-
+100%	220 633,-
+ 60%	264 760,-
razem	706 026,-
+ 60%	423 616,-
razem	1 129 642,-
+ 33%	372 782,-
razem	1 502 424,-
+ 10%	150 243,-
razem	1 652 667,-
+ 14%	231 374,-
razem	1 884 041,-
+ 28%	462 747,-
RAZEM	2 346 788,-

/wspomnienia Henryka Dziedzica, tom "sierpień", strona 51/

CZY JUŻ WYBRAŁEŚ  
 TEGO  
 KTO BĘDZIE PRACOWAŁ  
 NA CIEBIE

NIE CHCECIE,  
 ŻEBYM MÓWIŁ-  
 DOBRZE,  
 BĘDĘ MIŁOZAL



I TAK  
 NIE MAJ  
 NIC  
 DO POWIEDZENIA

Te chyba właśnie gospodarzce zainteresowania sprawiają, że spotyka się z maszyną parową. Stopniowo ta nowa pasja pochłania go coraz bardziej. Gdy po śmierci ojca jego brat Hyppolyte wraca z Magdeburga do Paryża, zostaje Sadiego przy pracy nad książką. Ma to być książka zrozumiała też dla laików, więc Sadi zmusza swego brata do przeczytania rękopisu i przereklamuje jego bardziej zawiłe fragmenty. W czerwcu 1824 r. dzieło: „Refleksje nad siłą motoryczną ognia i nad maszynami stosownymi dla wyzyskania tej siły” („Reflexions sur la puissance motorice du feu et sur les machines propres à développer cette puissance”) ukazuje się drukiem i zostaje dobrze przyjęte przez środowisko naukowe. Dobrze przyjęte, to nie znaczy — zrozumiane. Zrozumiane i docenione naprawdę zostanie znacznie później. Carnot zyskuje reputację „budowniczego maszyn parowych”, choć nie zachowały się żadne dowody świadczące o tym, że zajmował się jakąkolwiek praktyczną działalnością na tym polu. Raczej interesuje go istota zjawiska, sama teoria ciepła.

Nią też głównie zajmuje się, przerywając jedynie na rok swe badania, gdy w 1827 r. reorganizacja korpusu sztabu generalnego zmusza go do powrotu do służby wojskowej. Wnet jednak zwalnia się, tym razem na zawsze z wojska i już bez reszty poświęca się nauce. W 1831 rozpoczyna badania fizycznych własności gazów i par, w szczególności związków pomiędzy temperaturą a ciśnieniem. Wczesnym latem 1832 zapada jednak na szkarlatynę, potem na „gorączkę mózgową”, by wreszcie w sierpniu zarazić się cholera. Wycieńczony wcześniejszymi chorobami organizm broni się zaledwie jeden dzień. Sadi Carnot umiera 24 sierpnia 1832 r. w wieku 36 lat.

Niewiele z tego, co pisał, przetrwało — poza „Refleksjami” liczącymi 118 stron druku, dwudziestostronicowy manuskrypt pracy „Badania nad wzorem właściwie przedstawiającym siłę motoryczną pary wodnej”, trochę notatek i tłumaczenia Jamesa Watta. Resztę, zgodnie z obyczajem, spalono po jego śmierci. Już w — pochodzących przypuszczalnie z 1823 r. — „Badaniach” Carnot poszukując takiej ogólnej formuły, która określałaby ilość pracy, jaką wykonać może 1 kilogram pary wodnej, posługuje się modelowym cyklem pracy maszyny parowej, w którym to cyklu po izotermicznym rozprężeniu gazu następuje rozprężanie adiabatyczne, a wreszcie izotermiczne sprężanie. Nie jest to jeszcze pełen cykl. Dopiero uzupełnienie go o czwarty etap adiabatycznego sprężania (Carnot wprowadza tę poprawkę w swej jedynej opublikowanej pracy — w „Refleksjach ...”) sprawia, że gaz znów ogrzewa się do swej początkowej temperatury i cykl zostaje zamknięty. Jest to „cykl Carnota”.

Dzieło Carnota, niemal nie dostrzeżone przez współczesnych, docenione zostało dopiero około 1850 roku przez Williama Thomsona (późniejszego Lorda Kelvina) i Rudolfa Clausiusa. Jego wartość polegała na przyjęciu właściwego systemu pojęć, na przeniesieniu rozważań o ciepłe na skalę makroskopową, na sformułowaniu wniosków o dużej ogólności. Czemu zatem nie doceniono od razu wagi jego pracy? Na to odpowiedzieć trudno. Być może, między innymi, dlatego, że choć wnioski jego były ogólne i wynikały z logicznych przesłanek, okazało się, że to wszystko, czego Carnot dowodzi, konstruktorzy maszyn parowych wiedzieli już z praktyki.

Teoretyczne znaczenie rozważań Carnota może dlatego nie spotkało się ze zrozumieniem, że posługiwał się on koncepcją ciepła, która wkrótce okazała się anachroniczna. W „Refleksjach” ciepło jest niezniszczalną, bezbarwną substancją, która „przelewając” się z jednego ciała do drugiego może wykonać pracę. Pod koniec życia, jak świadczą o tym odnalezione w 1878 r. notatki, Carnot skłaniał się ku nowej kinetycznej teorii, w myśl której ciepło było formą ruchu materii. Swych rozważań przedstawionych w „Refleksjach” już jednak nie przetłumaczył na język pojęciowy nowej teorii.

Na koniec pytanie najbardziej chyba zasadnicze — co w pracy tego człowieka, który dowiódł, że „wydajność pracy jakiegokolwiek idealnej maszyny cieplnej zależy tylko od różnicy temperatur ciała oddającego i ciała pobierającego ciepło” było tak rewelacyjne, że aż podważyło fundamenty fizyki! Wiele jest przykładów na to, że najbardziej doniosłe są konstatacje najprostsze. A taką było przyjęcie przez Carnota założenia, że ciepło przepływać może tylko z ciała cieplejszego do chłodniejszego. Niby oczywiste, lecz w myśl klasycznej mechaniki newtonowskiej każdy proces fizyczny można, w zasadzie, odwrócić. Nie ma wśród jej praw takiego, które mogłoby wykluczyć, że jeśli możliwa jest w przyrodzie jakaś zmiana, to i możliwa jest zmiana dokładnie odwrotna. Takie prawo trzeba było w konstrukcję klasycznej fizyki wbudować i wynikały z tego poważne komplikacje. To już jednak zupełnie inna historia ...