

James Prescott Joule

(1818-1889)



Zajmował się w zasadzie całe swoje naukowe życie pracą, a konkretnie tym, jak trzeba się napracować, by coś ogrzać i odwrotnie, jak wykorzystać ciepło, wykonano za nas jakąś pracę. Wszystkim wiadomo, że tubylcy na bezludnych wyspach i bosonogie plemiona w dalekich zakątkach świata rozniecają ogień przez pocieranie o siebie dwóch kawałków drewna. Aż dziw bierze, że dopiero około połowy XIX wieku za takie pocieranie wzięli się fizycy. Można wyobrazić sobie, że we wszystkich ciastach jest specjalna substancja ogniowa, która wydziela się, gdy intensywnie jedno o drugie ciało się pociera. Koncepcja ta zawarta jest gdzieś głęboko w alchemicznym rozumieniu materii z dawnych wieków i królowała w nauce przez cały wiek XVII i dopiero tacy wielcy chemicy jak Antoine Lavoisier, czy Michał Łomonosow pokazali, że ta tajemnicza substancja flogiston nie ma racji bytu w nowożytnej chemii. Przez krótką chwilę teoria flogistonu zastąpiona została teorią ciepłika, który był bytem nieważkim i niezniszczalnym i miał tendencje do przepływania z ciał cieplejszych do zimniejszych. Bazując na tej teorii powstała nauka o ciepłe i silnikach cieplnych.

Joule nie zachwycał się ciepłikiem. Już wcześniej w artylerii zauważono, że jeśli wierci się dziurę w kawałku stali chcąc przekształcić go w armatę trzeba mocno się napracować, a przy tym wiertło bardzo się grzeje. Można policzyć jaką pracę wykonują konie ciągnąc kierat obracający maszynę do wiercenia i można zmierzyć jak ogrzewa się woda chłodząca powstającą armatę. Joule wyliczył, że na ogrzanie 1 cm sześciennego wody (łyżeczka ma kilka cm³) o jeden stopień, potrzeba wykonać pracę 56 dżuli. Oczywiście Joule nie wiedział, co to dżul. Dopiero, gdy położył na tym polu odpowiednio wielkie zasługi zdecydowano jego imieniem nazwać jednostkę energii (pracy).

kaloria (1 cal) to z grubsza ilość ciepła potrzebna do ogrzania 1 cm³ wody o jeden stopień (1K)

dżul (1 J) to praca jaką wykonujemy ciągnąc coś z siłą 1 niutona (1 N) przez 1 metr (1 m)

Potem Joule zajął się precyzyjnym wyznaczeniem na drodze eksperymentu mechanicznego równoważnika ciepła, czyli określeniu ile dżuli odpowiada jednaj kalorii.

Wyznaczenie ciepła borowania jest trudne, znacznie prościej zmierzyć efekt ogrzewania prądem elektrycznym opornika, przez który ten prąd płynie. Joule skonstruował w tym celu specjalną prądnicę napędzaną opadającym ciężarkiem. I przy okazji odkrył znane ze szkoły **Pierwsze Prawo Joule'a** opisujące, ile energii oddaje płynący przez opornik: $W = I^2 \times R \times t$.

W dalszym ciągu swych eksperymentalnych peregrynacji badał ciepło wytwarzane przez przeciskanie cieczy przez małe otworki i substancje porowate i przy okazji odkrył **Drugie Prawo Joule'a** mówiące, że w idealnych gazach całkowita ich energia wewnętrzna zależy tylko od temperatury, a nie od ciśnienia, ani ich gęstości.

Joule ogrzewał też gaz w zbiorniku sprężając go (efekt ten można zauważyć pompując rower – pompka robi się gorąca) i chłodził rozprężając (co nazywa się **efektem Joule'a**), a wszystko to po to, by wyznaczyć mechaniczny równoważnik ciepła. Wreszcie, w połowie XIX wieku, ogłosił rezultat swego najśtywniejszego doświadczenia, w którym zmierzył ciepło tworzone przez mieszanie, a mieszał i wodą, i oliwy, i wreszcie rtęci. Później wielu innych, jak i sam Joule mierzyło jeszcze mechaniczny równoważnik ciepła zwiększając precyzję i dokładność pomiarów. Kiedy silniki parowe i wielkie maszyny przekształcały naszą rzeczywistość, znajomość tej wielkości ważyła dosłownie fortunę. Nic więc dziwnego, że na nagrobku Joule'a wyryta jest liczba **772.55**. Takiej energii (w jednostkach stopaxfunt) potrzeba dla ogrzania funta wody o stopień Fahrenheita. Odpowiada to wartości 4,1550 dzula na kalorię, w jednostkach dzisiejszych i jest to wynik jaki Joule uznawał za swój najlepszy uzyskany w roku 1878. Obecnie, od roku 1929, przyjmujemy się, że **1 cal = 4,1868 J** i jest to obowiązująca, oficjalna, definicja kalorii.

Prace Joule'a w istotny sposób wprowadziły do świata fizyki zasadę zachowania energii. Może się ona zmieniać, zamieniać z jednego rodzaju na inny, a rodzajów energii mamy wiele, ale w sumie jej ilość zawsze pozostaje taka sama. A ciepłik? Zniknął bez śladu. Ciepło okazało się być energią poruszających się, drgających cząstek, z jakich składają się wszystkie ciała.

Doświadczenie domowe:

prawo Joule'a

– zamiana energii prądu w ciepło

A. Potrzebne materiały

1. Mała żaróweczka najlepiej dostosowana do napięcia około 2.5 V
2. Oprawka do żaróweczki; przy jej braku trzeba będzie przewody przylutować.
3. Płyta styropianu, lub grubej gąbki izolacyjnej o grubości 1-2 cm.
4. Bateria 4.5 V (lub trzy paluszki R20/R14).
5. Przewody dla połączenia żaróweczki z baterią.
6. Termometr najlepiej zaokrągły (do 40-50 stopni).
7. Stoper lub zegarek z sekundnikiem, kartka i długopis dla zapisywania wyników.

B. Narzędzia

- nożyczki, lutownica do zamocowania przewodów do żaróweczki, jeśli niema oprawki.

C. Kolejność czynności

1. Jeśli nie mamy baterii 4.5 V, trzy paluszki łączymy szeregowo, aby utworzyły źródło zasilania o wymaganym napięciu. Można to zrobić wbijając w deseczkę kilka gwoździ i montując baterie gumkami, albo używając umiejętnie taśmy klejącej.
2. Rozbieramy termometr na elementy podstawowe. Potrzebna nam będzie tylko rurka z kolorową cieczą i skala, do której jest przymocowana.
3. Do żaróweczki przylutowujemy przewody o długości kilku centymetrów. Jeśli mamy oprawkę mocujemy je do oprawki.
4. Ze styropianu (gąbki) wycinamy trzy małe prostokąty (c.a 10 cm x 7 cm).
5. W jednym z nich w środku wycinamy otwór 5 cm x 4 cm.
6. W wycięciu umieszczamy żaróweczkę i pomiarowy koniec termometru, po czym od góry i od dołu przykładamy całe kawałki styropianu (gąbki) i skleamy wszystko ze sobą taśmą klejącą, aby powstało izolowane termicznie pudełko z żaróweczką w środku i wystającą skalą termometru i dwoma przewodami od żaróweczki.
7. Podłączamy przewody do baterii.



8. Włączamy stoper

zgodnie z **prawem Joule'a** żaróweczka grzeje pudełko od środka dostarczając mu ciepło ze stałą szybkością. Powinna więc ze stałą prędkością rosnąć temperatura wskazywana przez termometr

i (początkowo) rośnie.

Zapisując w równych odstępach czas temperaturę, aż zauważymy, że po jakimś czasie zostaje osiągnięty stan równowagi. Temperatura dalej nie rośnie, bo tyle ciepła ile dostarcza prąd wydostaje się jednak na zewnątrz mimo niezłej izolacji.

9. Z trzech warstw pudełka zdejmujemy górną (przykrywkę ze styropianu/gąbki) i zastępujemy ją cienką kartką papieru. Po przestygnięciu włączmy znów grzanie i czekamy na ustabilizowanie się temperatury. Porównanie jej z końcową, stabilną temperaturą pudełka zamkniętego grubą warstwą izolującą, ilustruje coś, co nazywa się **efektem cieplarnianym**. I co martwi bardzo niektórych z nas.

