

## MODUŁ 7

# TERMODYNAMIKA

→ FIZYKA – ZAKRES ROZSZERZONY

OPRACOWANE W RAMACH PROJEKTU:

**WIRTUALNE LABORATORIA FIZYCZNE NOWOCZESNĄ METODĄ NAUCZANIA.**

**PROGRAM NAUCZANIA FIZYKI**

**Z ELEMENTAMI TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH**

## → **Zadania – termodynamika**

### Zadanie 7.1.

Według znanej anegdoty historycznej James Prescott Joule podczas podróży poślubnej w Alpy spotykając wysokie wodospady mierzył temperaturę wody u góry i u dołu, by sprawdzić swoją teorię równoważności pracy i ciepła. Najwyższym wodospadem (70 m) w Polsce jest Siklawa w Wysokich Tatrach. Oblicz, jakiej różnicy temperatury wody oczekujemy między górą i dołem. Znajdź w Internecie położenie geograficzne, nazwę i wysokość najwyższego wodospadu na świecie i powtórz obliczenia. Czy łatwo byłoby zmierzyć taką różnicę?

*Rozwiązanie:* Energia potencjalna spadającej wody zamienia się na energię kinetyczną wody u podnóża wodospadu, a ta z kolei na energię wewnętrzną wody. Daje to  $mgh = mc_w \Delta T$ , co w naszym przypadku prowadzi do  $\Delta T = gh/c_w$ ; przyjmując wartość  $c_w$  wody 4200 J/kg K, otrzymujemy  $\Delta T = 0,163$  K.

### Zadanie 7.2.

Wartość kaloryczna puszki Coca-Coli podana przez producenta wynosi 139 kcal.

1. Wyraż tę wartość w jednostkach układu SI.
2. Gdyby można było całą tę energię zgromadzić i wykorzystać do wspinaczki na szczyt, jak wysoko mogłaby się wspiąć osoba ważąca 65 kg? (zrób założenie, że wydajność ciała ludzkiego wynosi 100%; w rzeczywistości jest ona bardzo mała).

*Rozwiązanie:* 1. 1 cal = 4,187 J, więc wartość energetyczna Coli wynosi  $Q = 582$  kJ.

2. Energia potrzebna na wykonanie wspinaczki to energia potencjalna grawitacji ciała o masie  $m$  po osiągnięciu wysokości  $h$ , czyli  $m \cdot g \cdot h$ . Rozwiązując względem  $h$  otrzymujemy  $h = Q/mg$ , co po podstawieniu wartości liczbowych daje  $h = 913$  m.

### Zadanie 7.3.

Do izolowanego naczynia z żaroodpornego szkła wiano  $m_1 = 0,5$  kg wody. Następnie grzałką ogrzewano tę wodę pod przykryciem aż do momentu, gdy zaczęła wrzeć w całej objętości. Wtedy włączono pomiar czasu i zdjęto przykrywkę. Wodę gotowano dalej przez  $t = 5$  minut, a następnie zważono całość – wodę wraz z naczyniem. Masa wody w naczyniu wynosi teraz  $m_2 = 0,46$  kg. Moc grzałki wynosi  $P = 300$  W. Wyznacz ciepło parowania wody w temperaturze wrzenia.

*Rozwiązanie:* W ciągu 5 minut grzałka dostarczyła wodzie energię  $Q_1 = P \cdot t$ . Została ona zużyta na przeprowadzenie masy  $M = m_1 - m_2$  wody w parę, w temperaturze wrzenia. Pobrane ciepło wynosi  $Q_2 = M c_p$ ; z bilansu  $Q_1 = Q_2$ ,  $P \cdot t = M \cdot c_p$ , więc  $c_p = P \cdot t / M$ ,  $c_p = 2256$  kJ/kg.

### Zadanie 7.4.

Oblicz, ile lodu o temperaturze  $0^\circ\text{C}$  można stopić przy pomocy 1 kg pary wodnej o temperaturze  $100^\circ\text{C}$ .

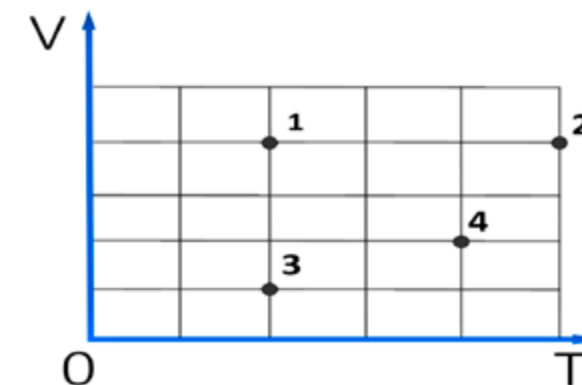
*Rozwiązanie:* Lód do stopienia wymaga energii  $Q_1 = m_1 c_l$ . Energię tę uzyskamy z pary wodnej, która skropli się oddając  $Q_2 = m_2 c_{p,r}$ , i dalej z oziębnienia wody powstałej z pary od  $100^\circ\text{C}$  do  $0^\circ\text{C}$ ,  $Q_3 = m_2 c_w \Delta T$ . Nieznana masa lodu to  $m_1$ , masa wody oddającej ciepło  $m_2$ , ciepło właściwe wody  $c_w$ , ciepło parowania wody  $c_p$ , a ciepło topnienia lodu wynosi  $c_l$ . Bilans cieplny zapisujemy jako

$$Q_1 = Q_2 + Q_3,$$

i rozwiązujemy względem szukanej masy lodu  $m_1$ . Wartości ciepła właściwego wody, ciepła parowania w temperaturze wrzenia i ciepła topnienia lodu znaleźć można w tablicach w Module 7. Otrzymujemy wynik  $m_1 = 8,12$  kg lodu.

### Zadanie 7.5.

W przeprowadzonym w klasie badaniu doświadczalnym przemiany izobarycznej Jacek zapisywał wyniki pomiarów i w pośpiechu pomylił się: wpisał nowe wyniki do częściowo już wypełnionej „starej” tabelki. Podczas opracowywania wyników okazało się, że punktów na wykresie jest za dużo, ale nie wiadomo, które pochodzą z ostatniego doświadczenia.



Przyjrzyj się punktom na wykresie i ustal, które pochodzą z przeprowadzonej przemiany izobarycznej. Na obydwu osiach wykresu odłożone są jednostki umowne.

*Rozwiązanie:* szukamy punktów leżących na izobarze, czyli prostej przechodzącej przez te punkty i przez początek układu współrzędnych, czyli zero absolutne.

### Zadanie 7.6.

Silnik Carnota pracuje w przedziale temperatur od  $100^\circ\text{C}$  do  $7^\circ\text{C}$ . Chłodnica tego silnika odbiera 700 J ciepła. Oblicz sprawność tego silnika i ciepło pobrane ze źródła.

*Rozwiązanie:* Zgodnie ze wzorem na sprawność silnika  $\eta = 1 - T_2/T_1$ ; u nas  $T_1 = 373$  K,  $T_2 = 280$  K, więc  $\eta = 93/373 \approx 25\%$ .

Ciepło pobrane ze źródła:  $\eta = W/Q_1 = (Q_1 - Q_2)/Q_1$ ,  $Q_2 = Q_1(1 - \eta)$ ,  $Q_2 = Q_1 T_2/T_1$ ,  $Q_1 = Q_2 T_1/T_2$ ,  $Q_1 = 932,5$  J.