

MODUŁ 7

TERMODYNAMIKA

→ FIZYKA – ZAKRES ROZSZERZONY

OPRACOWANE W RAMACH PROJEKTU:

WIRTUALNE LABORATORIA FIZYCZNE NOWOCZESNĄ METODĄ NAUCZANIA.

PROGRAM NAUCZANIA FIZYKI

Z ELEMENTAMI TECHNOLOGII INFORMATYCZNYCH

Doświadczenie 7.3.

Badanie przemiany izotermicznej

Problem badawczy:

Jaki związek zachodzi między ciśnieniem i objętością powietrza podczas sprężania powietrza w stałej temperaturze?

Materiały i przyrządy niezbędne do przeprowadzenia doświadczenia:

Strzykawka (ok.20 ml), gumka kreślarska, waga sprężynowa, suwmiarka

Przebieg doświadczenia:

Faza wstępna: odczytujemy aktualne ciśnienie atmosferyczne p_{at} , a następnie za pomocą suwmiarki wyznaczamy wewnętrzną średnicę strzykawki D .

Po napełnieniu strzykawki powietrzem zamykamy jej wylot za pomocą gumki kreślarskiej (może też być korek gumowy). Naciskamy tłokiem tarczę wagi i odczytujemy wartość siły nacisku F (pamiętamy przy tym, że waga wyskalowana jest w jednostkach masy, m) oraz wysokość h słupa powietrza wewnątrz strzykawki. Zmieniamy wartość nacisku i powtarzamy pomiar. Uzyskane wartości zapisujemy w tabeli.

$$P_{at} =, \quad D =, \quad S =, \quad V = h \cdot S, \quad p = p_{at} + mg/S$$

Tabela pomiarów

m	F	P (hPa)	h	V (cm ³)	pV

Uwaga metodyczna: sprężanie gazu powinno się odbywać bardzo powoli, w przeciwnym razie może ulec zmianie jego temperatura. W jednym z podręczników modelem takiego delikatnego sprężania jest powolne sypanie piasku na zewnętrzną powierzchnię tłoka.

Analiza wyników:

Po zakończeniu pomiarów uzupełnij tabelę i sporządź wykres $p(V)$ w funkcji V . Jaka to krzywa? Krzywą $y = 1/x$ nazywamy hiperbolą. Ponieważ „okiem” trudno jest odróżnić hiperbolę od np. „kawałka” funkcji wykładniczej, możemy zrobić wykres $p \cdot V$ w funkcji V . Iloczyn $p \cdot V$ jest proporcjonalny do temperatury, więc powinien być tu stały. Po sporządzeniu wykresu sprawdzamy, czy punkty dobrze układają się na prostej. Który, twoim zdaniem, czynnik jest najważniejszym źródłem niepewności pomiarowej?

Wnioski:

Powietrze w temperaturze pokojowej i ciśnieniu rzędu ciśnienia atmosferycznego spełnia równanie Boyle’a – Mariotte’a, więc w dobrym przybliżeniu zachowuje się jak gaz doskonały.

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°C można stopić przy pomocy 1 kg pary wodnej o temperaturze 100°C .

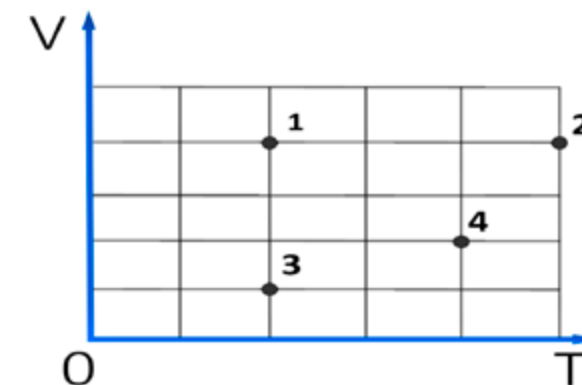
Rozwiązanie: Lód do stopienia wymaga energii $Q_1 = m_1 c_l$. Energię tę uzyskamy z pary wodnej, która skropi się oddając $Q_2 = m_2 c_{p,r}$, i dalej z oziębnienia wody powstałej z pary od 100°C do 0°C , $Q_3 = m_2 c_w \Delta T$. Nieznana masa lodu to m_1 , masa wody oddającej ciepło m_2 , ciepło właściwe 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°C do 7°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.