

19 maja 2025

Wstęp teoretyczny

Prawo gazu doskonałego – równanie Clapeyrona

Zachowanie gazów w warunkach zbliżonych do idealnych opisuje równanie stanu gazu doskonałego, zwane równaniem Clapeyrona:

$$pV = nRT,$$

gdzie: p – ciśnienie gazu, V – objętość, n – liczba moli, R – uniwersalna stała gazowa, a T – temperatura bezwzględna. Równanie to przybliża rzeczywiste właściwości powietrza atmosferycznego, traktowanego jako mieszanina gazów doskonałych, i jest punktem wyjścia do dalszej analizy pary wodnej.

Para nasycona wody – własności i prawo Clausiusa-Clapeyrona

Para nasycona to para wodna będąca w równowadze termodynamicznej z cieczą – oznacza to, że szybkość parowania i kondensacji są równe. Jej ciśnienie zależy wyłącznie od temperatury. Zależność tę opisuje równanie Clausiusa-Clapeyrona:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T\Delta V},$$

gdzie L to molowe ciepło parowania, a ΔV – zmiana objętości podczas przejścia fazowego. Przy założeniu, że objętość cieczy jest pomijalnie mała względem objętości pary, a para zachowuje się jak gaz doskonały, równanie to można przekształcić do postaci:

$$\ln p = -\frac{L}{R} \cdot \frac{1}{T} + C,$$

co pozwala na wyznaczenie ciepła parowania na podstawie pomiarów ciśnienia pary nasyconej w funkcji temperatury.

Para nienasycona – przejście do stanu nasycenia

Para nienasycona zawiera mniej cząsteczek pary wodnej niż wynosi maksymalna możliwa ilość przy danej temperaturze i ciśnieniu. Po osiągnięciu odpowiedniej ilości pary – np. przez ochłodzenie lub dodanie pary – układ osiąga stan nasycenia. Wtedy dalsze zwiększanie zawartości pary powoduje jej kondensację.

Wilgotność bezwzględna i względna – definicje i zależność wzajemna

Wilgotność bezwzględna (ρ) to masa pary wodnej zawarta w jednostce objętości powietrza, wyrażana najczęściej w g/m^3 . Z kolei wilgotność względna φ określa stopień nasycenia powietrza parą wodną i definiowana jest jako stosunek ciśnienia pary wodnej rzeczywistej p do ciśnienia pary nasyconej p_n w tej samej temperaturze:

$$\varphi = \frac{p}{p_n} \cdot 100\%.$$

Ponieważ p_n rośnie wraz z temperaturą, to przy stałej zawartości pary wilgotność względna maleje ze wzrostem temperatury. Wilgotność względna jest wielkością najczęściej wykorzystywaną w meteorologii.

Metody pomiaru wilgotności względnej powietrza atmosferycznego

Wilgotność względną można mierzyć kilkoma metodami. Najczęściej stosowane to:

- **Psychrometryczna** – opiera się na pomiarze temperatury za pomocą dwóch termometrów: suchego i zwilżonego. Różnica temperatur zależy od parowania i wilgotności powietrza. Na tej podstawie, korzystając z tablic psychrometrycznych lub wzorów empirycznych, wyznacza się wilgotność względną.
- **Metoda punktu rosy** – polega na schładzaniu próbki powietrza aż do momentu, w którym para zaczyna się skraplać. Temperatura kondensacji to punkt rosy, z którego można wyliczyć wilgotność względną.
- **Higrometryczna** – stosuje się higrometry włosowe, elektroniczne lub kondensacyjne, które mierzą zmiany właściwości fizycznych materiałów zależnych od zawartości pary wodnej.