

Woda i para

Co dzieje się z H₂O przy różnych temperaturach? Tabelkę sporządzono dla H₂O pod ciśnieniem atmosferycznym (p = 1,013 bar).

| Stan skupienia | lód | lód | lód + woda | woda | | | woda + para (para mokra) | para nasycona sucha | para przegrzana |
|------------------------------------|----------------|--|------------------------------------|---------------------------|---|---|--------------------------|---|-------------------------|
| Temperatura | poniżej 0°C | 0°C | 0°C | 0 °C | 0 ÷ 100 °C | 100 °C | 100 °C | 100 °C | powyżej 100°C |
| Obj. właśc. | v _L | v _L | <i>ciekawo niech sobie obliczą</i> | v _w (0°C) | v _w (t) | v' | v' + x (v'' - v') | v'' | z wykresu i-s (dobrego) |
| Entalpia właściwa i | <0 | | | zero (patrz uwagi) | c _w · t | i' | i' + x (i'' - i') | i'' | z wykresu i-s (każdego) |
| Punkty charakteryst. | | punkt topnienia | | punkt krzepnięcia | | Punkt pęcherzyków (przy ogrzewaniu tworzą się pierwsze pęcherzyki pary) | | Punkt rosy (przy ochładzaniu tworzą się pierwsze krople wody) | |
| Obszary na wykresach i ich granice | Obszar lodu | <i>linia przemiany topnienia/krzepnięcia</i> | | Obszar wody | <i>linia przemiany parowania/skrapniania w termodynamice nazywana krótko linią nasycenia</i> | | | Obszar pary | |

Uwagi, umowy i objaśnienia:

1. Przyjęto tradycyjnie, że ilość wody i pary podaje się jako masę G_w, G_p (a nie molowo). W związku z tym entalpię oblicza się:

$$I_w = G_w i_w \quad I_p = G_p i_p \quad \dot{I}_w = \dot{G}_w i_w \quad \dot{I}_p = \dot{G}_p i_p$$

2. Entalpię właściwą *i* oblicza się tak jak pokazano w tabelce. Przyjęto tradycyjnie, że entalpia jest równa zero dla wody w tzw. punkcie potrójnym (T_{tr} = 273,16 K czyli t_{tr} = 0,01 °C). W przybliżeniu można zastąpić punkt potrójny punktem 0 °C. I tak dokładny wzór na entalpię wody to: $i = c_w (T - T_{tr})$, zaś wzór przybliżony, to: $i = c_w \cdot t$.

Nie oznacza to, że woda w temp. 0°C nie posiada energii ani, że lód ma energię ujemną! Mamy tutaj do czynienia z **poziomem odniesienia (umową)**.

3. Mieszanie wody + para (tzw. *parę mokrą*) charakteryzuje stopień suchości *x* tj. udział pary:

$$x = \frac{G_p}{G_w + G_p} \quad \text{lub (alternatywne oznaczenie): } x = \frac{G''}{G' + G''}$$

Indeks „prim” dotyczy wody na linii nasycenia (x = 0), a indeks „bis” dotyczy pary na linii nasycenia (x = 1).

4. Temperatura wrzenia/skrapiania 100°C występuje pod ciśnieniem atmosferycznym. Przy innych ciśnieniach temperatura wrzenia/skrapiania jest inna! Temperaturę wrzenia/skrapiania nazywamy **temperaturą nasycenia** i oznaczamy t_s.
5. Wielkości v' v'' i'' a także s' s'' oraz temperaturę t_s można odczytać z tablic (zbiór zadań) dla różnych ciśnień.
6. Różnicę i'' - i' nazywamy entalpią parowania *r*. Jest to ilość ciepła, którą trzeba doprowadzić (pod stałym ciśnieniem), aby odparować 1 kg wody doprowadzonej już uprzednio do stanu nasycenia.
7. Energię wewnętrzną, jeśli potrzeba obliczamy jako u = i - pv. Dla wody u ≈ i, gdyż v jest b. małe.

Para czy gaz

Zamiast „gaz” mówimy „para” wtedy, gdy znajduje się on blisko linii nasycenia (tzn. jego parametry są bliskie linii nasycenia).

Para nie zachowuje się jak gaz doskonały ani półdoskonały. Warto zwrócić uwagę, jak na wykresie i-s izotermy stają się równoległe, proste i poziome dopiero w sporym oddaleniu od linii nasycenia. Wtedy obowiązuje liniowa funkcja $i = c_p t$. Dotychczas rozważane gazy (powietrze, CO₂, O₂, N₂, H₂) są w typowych warunkach daleko od linii nasycenia, gdyż te leżą w obszarze niskich a nawet bardzo niskich temperatur.