

# Plan wykładu z termodynamiki

Andrzej Poniewierski, Instytut Chemii Fizycznej PAN, 2022 r.

- Wykład 1: równowaga termodynamiczna, zerowa zasada termodynamiki i temperatura empiryczna, prawa gazowe, termodynamiczna skala temperatury, gaz doskonały i rzeczywisty, równanie stanu van der Waalsa, procesy termodynamiczne, parametry stanu i funkcje stanu, energia wewnętrzna, praca i ciepło, pierwsza zasada termodynamiki.
- Wykład 2: energia wewnętrzna i pojemność cieplna przy stałej objętości, ciśnienie wewnętrzne, doświadczenie Joula'a, entalpia i pojemność cieplna przy stałym ciśnieniu, proces Joule'a-Thomsona, temperatura inwersji, skraplanie gazów, druga zasada termodynamiki i entropia, zasada maksimum entropii, termodynamiczna definicja entropii.
- Wykład 3: przykłady obliczania zmian entropii, urządzenia cieplne, cykl Carnota, silnik Carnota i jego sprawność, lodówka i pompa ciepła, kierunek procesów samorzutnych, nierówność Clausiusa, energia swobodna i entalpia swobodna, praca maksymalna, fundamentalne równanie termodynamiki, potencjały termodynamiczne i zmienne naturalne.
- Wykład 4: relacje Maxwella i przykłady zastosowań, układy otwarte, równowaga dyfuzyjna, potencjał chemiczny, związek Eulera, równanie Gibbsa-Duhema, fundamentalne równanie termodynamiki chemicznej, mieszanina gazów doskonałych, potencjał chemiczny składnika mieszaniny, entalpia swobodna mieszanina, pojęcie roztworu idealnego.
- Wykład 5: przemiany fazowe w czystych substancjach, diagramy fazowe, linie współistnienia dwóch faz, punkt potrójny i punkt krytyczny, parowanie i wrzenie w układzie otwartym, termodynamika przemian fazowych, warunki współistnienia dwóch faz, przemiany fazowe pierwszego rodzaju, klasyfikacja Ehrenfesta przemian fazowych, przemiany drugiego rodzaju, przemiany fazowe typu  $\lambda$ , równanie Clapeyrona i równanie Clausiusa-Clapeyrona.
- Wykład 6: współistnienie ciecz-para, zastosowanie równania stanu van der Waalsa, konstrukcja Maxwella, parametry krytyczne i zmienne zredukowane, zasada stanów odpowiadających sobie, zjawiska powierzchniowe, napięcie powierzchniowe, równanie Laplace'a, ciecz w kontakcie z podłożem, kąt zwilżania, równanie Younga, zjawiska kapilarne.
- Wykład 7: termodynamika mieszanin, cząstkowe wielkości molowe, funkcje mieszania, roztwór idealny, przemiany fazowe w mieszaninach, reguła faz Gibbsa, mieszaniny dwuskładnikowe, równowaga ciecz-para, linie składu cieczy i pary, punkt rosy i punkt wrzenia, reguła dźwigni, destylacja mieszaniny zeotropowej, prawo Raoult'a.
- Wykład 8: właściwości koligatywne roztworów, obniżenie ciśnienia pary nad roztworem, podwyższenie temperatury wrzenia roztworu, stała ebullioskopowa, obniżenie temperatury krzepnięcia roztworu, stała krioskopowa, ciśnienie osmotyczne, równowaga ciecz-ciało stałe, linia rozpuszczalności, eutektyk prosty, punkt eutektyczny, roztwory stałe, krystalizacja frakcjonowana, topienie strefowe.

- Wykład 9: równowaga ciecż-gaz w mieszaninach rzeczywistych, rozpuszczalność gazu w cieczy, prawo Henry'ego, odchylenia od prawa Raoult'a, mieszaniny zeotropowe i azeotropowe, destylacja mieszaniny azeotropowej, roztwory z luką mieszalności, krzywa mieszalności, temperatura krytyczna rozpuszczalności, roztwór prosty, współczynniki aktywności, nadmiarowy potencjał chemiczny, odchylenia od prawa Raoult'a.
- Wykład 10: warunek stabilności mieszaniny, entalpia swobodna mieszania w funkcji składu, równowaga ciecż-para w roztworach z luką mieszalności, azeotrop dodatni, heteroazeotrop i heterozeotrop. termochemia, stan standardowy i standardowa entalpia reakcji, prawo Hessa, standardowa entalpia tworzenia, stan podstawowy pierwiastka, prawo Kirchhoff'a.
- Wykład 11: stan równowagi chemicznej, postęp reakcji, entalpia swobodna reakcji, warunek równowagi chemicznej, reakcje egzoergiczne i endoergiczne, równowaga chemiczna dla mieszaniny gazów doskonałych, iloraz reakcji i stała równowagi, prawo działania mas, wpływ warunków zewnętrznych na równowagę chemiczną, równanie van't Hoff'a, reguła Le Chateliera-Brauna.
- Wykład 12: reguła faz dla układów z reakcjami chemicznymi, równoczesne reakcje chemiczne, związek chemiczny a składnik mieszaniny, lotność i aktywność, lotność czystej substancji i składnika mieszaniny, aktywność czystej cieczy lub rozpuszczalnika, aktywność substancji rozpuszczonej, reakcje z udziałem jonów, potencjał elektrochemiczny, ogniwo galwaniczne, ogniwo Daniella, praca reakcji chemicznej, równanie Nernsta, napięcie standardowe ogniwa, związek ze stałą równowagi reakcji, potencjał półogniwa.
- Wykład 13: podstawowe pojęcia mechaniki statystycznej, zespół statystyczny, przykłady zespołów, definicja prawdopodobieństwa, mikrostan i makrostan, postulaty statystyczne, zespół mikrokanoniczny i statystyczna definicja entropii, entropia w granicy niskich temperatur, teoremat cieplny Nernsta, trzecia zasada termodynamiki, entropia resztkowa.
- Wykład 14: zespół kanoniczny i jego związek z termodynamiką, równoważność zespołu mikrokanonicznego i kanonicznego, rozkład Boltzmanna, klasyczna mechanika statystyczna, rozkład Maxwella, zasada ekwipartycji energii, pojemność cieplna cząsteczkowego gazu doskonałego, pojemność cieplna kryształu, prawo Dulonga-Petita.
- Wykład 15: opis kwantowy jednoatomowego gazu doskonałego, długość fali cieplnej de Broglie'a, nierozróżnialność identycznych cząstek, entropia jednoatomowego gazu doskonałego, równanie Sackura-Tetrodego, paradoks Gibbsa, cząsteczkowy gaz doskonały, średnia energia rotacji i oscylacji cząsteczki, charakterystyczne temperatury rotacji i oscylacji, pojemność cieplna gazu doskonałego cząsteczek dwuatomowych.

## Literatura

- [1] P. W. Atkins, *Chemia Fizyczna*, wyd.6, PWN, Warszawa 2001, (tłum. z ang.).
- [2] R. Hołyst, A. Poniewierski, A. Ciach, *Termodynamika dla chemików, fizyków i inżynierów*, Wydawnictwo Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego, Warszawa 2005.
- [3] R. Hołyst, A. Poniewierski, *Termodynamika w zadaniach*, Wydawnictwo Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego, Warszawa 2008.
- [4] E. B. Smith, *Podstawy termodynamiki chemicznej*, PWN, Warszawa 1990 (tłum. z ang.).
- [5] K. Zalewski, *Wykłady z termodynamiki fenomenologicznej i statystycznej*, PWN, Warszawa 1966.
- [6] F. Reif, *Fizyka statystyczna*, PWN, Warszawa 1971 (tłum. z ang.).
- [7] K. Huang, *Mechanika statystyczna*, PWN, Warszawa 1978 (tłum. z ang.).