

ЏУЛ-ТОМПСОНОВ ЕФЕКАТ

-УПУТСТВО УЗ ПРОГРАМ-

Сара Лукач, 2016/0028

Џејмс Прескот Џул и Вилијам Томпсон (познатији као Лорд Келвин) су 1852. извели осјетљив експеримент који је показао да при наглом (адијабатском) ширењу гаса, долази до промјене температуре (тј. хлађења или, рјеђе, загријавања) гаса. Запаженој појави је дат назив Џул-Томпсонов ефекат, и уз ликвефакцију гасова, представља један од два непосредна доказа постојања међумолекулских интеракција у гасовима. Ово упутство се неће бавити детаљним описом спроведеног експеримента (детаљан опис експеримента се може наћи у књизи "Општи курс физичке хемије", ауторке Иванке Холцлајтнер-Антуновић, друго издање, 2012, стр. 189-192).

Џул-Томпсонов коефицијент се дефинише као промјена температуре са промјеном притиска у изоенталпијској промјени:

$$\mu_{JT} = \left(\frac{\delta T}{\delta P} \right)_H = - \frac{\left(\frac{\delta H}{\delta P} \right)_T}{\left(\frac{\delta H}{\delta T} \right)_P}$$

Полазећи од израза за топлотни капацитет при константном притиску и термодинамичке једначине стања, може се даље показати да важи:

$$\mu_{JT} = \frac{T \left(\frac{\delta V}{\delta T} \right)_P - V}{C_P}$$

За идеално гасно стање, Џул-Томпсонов коефицијент је једнак нули. Уколико се гас хлади, $\mu_{JT} > 0$ и каже се да гас показује позитиван Џул-Томпсонов ефекат. Ако се гас загријава, $\mu_{JT} < 0$ и каже се да гас показује негативан Џул-Томпсонов ефекат.

Горња једначина показује само општу зависност од параметара стања; стога, да би се одредио Џ-Т коефицијент за реално гасно стање, треба из једначине реалног гасног стања (у овом случају Ван дер Валсове једначине), наћи температурски коефицијент запремине.

Ван дер Валсова једначина се може изразити на сљедећи начин:

$$PV = RT - a/V + bP + ab/V^2$$

Гдје се члан ab/V^2 може занемарити за не сувише високе притиске. Затим се V замијени са RT/P :

$$PV = RT + P(b-a/RT)$$

Горња једначина се затим подијели са P , а потом диференцира по T при константном притиску:

$$\left(\frac{\delta T}{\delta P}\right)_H = \frac{R}{P} + \frac{a}{RT^2}$$

Ако R/P замијенимо са $[(V-b)/T] + (a/RT^2)$, тада је:

$$T \left(\frac{\delta V}{\delta T}\right)_P - V = \frac{2a}{RT} - b$$

Замјеном у израз $\mu_{JT} = \frac{T \left(\frac{\delta V}{\delta T}\right)_P - V}{C_P}$ се добија коначан израз:

$$\mu_{JT} = \frac{\frac{2a}{RT} - b}{C_P}$$

Овај израз за μ_{JT} коефицијент показује зависност од природе разматраног гаса (константе a и b).

Може се закључити да постоји температура која се зове инверзиона температура, при којој је μ_{JT} коефицијент једнак нули:

$$T_1 = \frac{2a}{Rb}$$

Може се закључити да ако је $2a/RT > b$, тада је μ_{JT} коефицијент позитиван, што значи да се при ширењу гас хлади, тј да имамо позитиван μ_{JT} ефекат. Ово се може објаснити тиме да привлачне силе надвладавају одбојне, тако да систем врши рад насупрот привлачних сила на рачун унутрашње енергије гаса, усљед чега се гас хлади.

Аналогно, за случај $2a/RT < b$, разматрањем долазимо до закључка како и зашто се јавља негативан μ_{JT} ефекат.