Термодинамические свойства газоплазменного состояния в низкотемпратурном («вакуумном») пределе [[1]](#footnote-1)\*)

1,2Иосилевский И.Л.

1Объединенный институт высоких температур РАН, [iosilevskiy@gmail.com](mailto:iosilevskiy@gmail.com)  
2Московский физико-технический институт (национальный исследовательский  
 университет).

Анализируется термодинамика вещества в пределе бесконечно разреженной плазмы нулевой температуры: *Т* → 0, *ρ* → 0 {μ*е*(*ρ,T*) = *const.*} («ХМП-предел»). Термодинамика плазмы приобретает в этом пределе замечательную схематическую структуру, являющуюся прообразом реальной структуры термодинамических зависимостей газовой плазмы при *Т*> 0. Естественным управляющим параметром в ХМП-пределе является химический потенциал электрона (или атома, молекулы и др.) μ*е*(*ρ,T*). При специальном выборе координат оба уравнения состояния плазмы (термическое и калорическое) вырождаются в ХМП-пределе в почти идентичные объекты предельно простой, ступенчатой формы («лестница ионизации»). Дифференциальные же термодинамические характеристики − в набор *δ-*образных пиков (либо провалов) («термодинамический спектр»). Принципиально, что все эти структурообразующие элементы («ступени» и «линии») точно равны по амплитуде и строго «центрированы» (в выбранных переменных) на главных элементах энергетической шкалы вещества – совокупности всех потенциалов ионизации и диссоциации, *Ik* и *Dn*, дополненной величиной теплоты сублимации Δs*H*0. Примечательно, что энергии связи только *основных состояний* комплексов проявляются в вышеуказанных деталях предельных структур. Энергии же возбужденных состояний любых комплексов не отвечают *никаким наблюдаемым элементам* этих структур («ступеням лестницы ионизации» или «линиям термодинамического спектра»). Принципиальным достоинством обсуждаемого представления изотермы *Т*= 0 (модифицированной «холодной кривой») является ее роль естественного *нулевого приближения* в процедуре строгого обоснования химической модели плазмы (т.е. описания на языке смеси «свободных» комплексов) исходя из модели физической (ядра + электроны) в рамках систематического (асимптотического) разложения по малому параметру. Важным моментом при этом является то, что в отличие от традиционно развиваемого подхода, исходящего из разложения по степеням активности при постоянной температуре, таким параметром разложения должна служить *температура,* точнее разложение по асимптотической системе функций типа λ*k*(*Т*) ~ exp{– *Ak*(μ*е*)/*Т*} при μ*е* = *const.* сразу *во всем диапазоне* значений химического потенциала (т.е. одновременно на всей энергетической шкале − от полной ионизации до границы конденсации плазмы).

Обсуждаемая предельная структура термодинамики плазмы при *Т* ~ 0 не является привилегией лишь квантовых систем. Существование аналогичных «лестниц ионизации» и «термодинамических спектров» можно ожидать и для широкого класса классическихкулоновских систем, таких как модель заряженных твердых и мягких сфер или модель Глаубермана и многих других.

1. \*) [DOI – тезисы на английском](http://www.fpl.gpi.ru/Zvenigorod/XLVIII/Lt/en/EK-Iosilevskii_e.docx) [↑](#footnote-ref-1)