

СКОРОСТЬ КАК ПАРАМЕТР, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЙ КИНЕТИЧЕСКИЕ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АТОМОВ ИНЕРТНЫХ ГАЗОВ

Чуев И.И.¹, Максимова С.И.²©

¹Кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии, Чувашский государственный университет; ²ведущий системный аналитик группа компаний «Информ Стандарт», Чебоксары

Аннотация

Теоретически выведена зависимость эффективной скорости вращения атомов инертных газов $\vartheta_{\text{в}}$, от их массы - M и температуры - T : $\vartheta_{\text{в}}^2 \cdot e^{-M\vartheta_{\text{в}}^2/2kT} = e^{-M/2kT}$; и наряду с зависимостью скорости их поступательно-колебательного движения от этих же факторов - $\vartheta_{\text{н}}$: $\vartheta_{\text{н}}^3 \cdot e^{-M\vartheta_{\text{н}}^2/2kT} = e^{-M/2kT}$ использована при расчетах этих скоростей и кинетических и термодинамических свойств атомов - He, Ne и Ar; оценено влияние этих же факторов на их свойства

Ключевые слова: атом, эффективная скорость, условная скорость, скорость поступательно- колебательного движения, скорость вращения, зависимость от температуры, зависимость от массы, кинетические свойства, термодинамические свойства, вероятность, интеграл, энергия, энтропия, теплоёмкость.

Keywords: atom, effective velocity, conditional velocity, velocity of the translational (oscillatory) motion, velocity of the rotation, dependence on the temperature, dependence on the mass, kinetic property, thermodynamical property, probability, integral, energy, heat/thermal capacity.

На основании зависимости, теоретически выведенной в сообщении [1,34] для скорости - $\vartheta_{\text{н}}$ частиц, совершающих прямолинейные гармонические колебания, часто определяемые как колебательно- поступательные движения: $\vartheta_{\text{н}}^3 \cdot e^{-M\vartheta_{\text{н}}^2/2kT} = e^{-M/2kT}$, (1) вычислены значения эффективной наиболее вероятной скорости - $\vartheta_{\text{н}}$ этого движения для He, Ne и Ar. Однако для полной характеристики кинетических и термодинамических свойств этих газов необходимы и значения эффективной скорости вращения их атомов - $\vartheta_{\text{в}}$. Для вывода соответствующей такому движению зависимости мы воспользовались тем же методом, подробно описанном сообщении [1,35].

Принимая во внимание, что $\vartheta_{\text{в}}^2 = \vartheta_{\text{x}}^2 + \vartheta_{\text{y}}^2 + \vartheta_{\text{z}}^2$ (2) и компоненты скорости в трех направлениях: ϑ_{x} , ϑ_{y} и ϑ_{z} независимы, плотность вероятности компонент скорости $F(\vartheta_{\text{x}}, \vartheta_{\text{y}}, \vartheta_{\text{z}})$ может быть выражена произведением плотностей вероятности скоростей $\rho(\vartheta_{\text{x}}) \cdot \rho(\vartheta_{\text{y}}) \cdot \rho(\vartheta_{\text{z}})$ по трем направлениям в соотношении $F(\vartheta_{\text{x}}, \vartheta_{\text{y}}, \vartheta_{\text{z}}) = \rho(\vartheta_{\text{x}}) \cdot \rho(\vartheta_{\text{y}}) \cdot \rho(\vartheta_{\text{z}}) = g(\vartheta_{\text{в}})$, (3) так как она зависит только от величины вектора скоростей $\vartheta_{\text{в}}$ - $g(\vartheta_{\text{в}})$.

Следуя математическим закономерностям, изложенным в [1,35], можно записать: $\rho(\vartheta_{\text{x}}) = \text{Const} \cdot e^{-A\vartheta_{\text{x}}^2/2}$, (4)

$$\text{а Const} = \left(\frac{A}{2\pi}\right)^{\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Постоянная - A определяется таким же как и в [1,35] с уравнением $A = \frac{M}{kT}$, где M – атомная масса газа, k – постоянная Больцмана, T – температура, но выведено оно уже, исходя из следующего. А именно учтено, что скорость - $\vartheta_{\text{в}}$, как и её составляющие ϑ_{x} , ϑ_{y} и ϑ_{z} являются эффективными величинами, так как в каждую из них включено их приращение за счет энтропийного фактора. Так, например, отношение $\frac{\vartheta_{\text{x}}}{\vartheta_{\text{x}}'}$ равно - B , при условии, что ϑ_{x}'

условная скорость, значение которой можно определить, исходя из соотношения $\frac{1}{3}M(\vartheta_x^2)^1 = \frac{1}{3}kT$, (7)

с учетом этого $\frac{1}{3}M\frac{\vartheta_x^2}{B^2} = \frac{1}{3}kT$, (8)

а $\frac{\vartheta_x^2}{B} = \int_{-\infty}^{+\infty} (\vartheta_x^2)' \cdot \rho(\vartheta_x) dx = \frac{1}{A}$ (9)

Таким образом и плотность вероятности распределения скоростей в атоме в направлении x , определяемых его вращением, дается таким же соотношением: $\rho(\vartheta_x) = \left(\frac{M}{2\pi kT}\right)^{1/2} \cdot e^{-M\vartheta_x^2/2kT}$ (10)

Функции плотности вероятности скоростей в атоме $\rho(\vartheta_y)$ и $\rho(\vartheta_z)$ имеют ту же самую зависимость, что и $\rho(\vartheta_x)$.

Принимая во внимание закономерности, изложенные в сообщении [1,35] и зависимости, приведенные в справочнике [2,287] для функции распределения по скоростям $f(\vartheta_e)$, но уже с учетом того, что при каждой температуре скорость вращения атома постоянна, можно записать: $f(\vartheta_e) = 4\pi\left(\frac{M}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot \vartheta_e^2 \cdot e^{-M\vartheta_e^2/2kT} = Const(T)$, (11)

при этом $Const(T)$ – постоянная при каждой температуре.

И следовательно: $\vartheta_e^2 \cdot e^{-M\vartheta_e^2/2kT} = Const(T) \left[4\pi \cdot \left(\frac{M}{2\pi kT}\right)^{3/2}\right]$ (12)

Зависимость $Const(T)$ от температуры будет справедливой при условии, что ϑ_e равна 1 м/с, т.е. $Const(T) = 4\pi\left(\frac{M}{2\pi kT}\right)^{3/2} \cdot e^{-M/2kT}$ (13)

Таким образом: $\vartheta_e^2 \cdot e^{-M\vartheta_e^2/2kT} = e^{-M/2kT}$ (14)

Получена теоретическая зависимость эффективной скорости вращения атома ϑ_e от его массы - M и температуры - T .

Это уравнение позволяет рассчитать значения эффективных скоростей вращения частицы - ϑ_e , как единого целого при различной температуре. А на основе уже этих значений может быть проведен расчет кинетической энергии такого вращения - E_e частицы и его термодинамические параметры и характеристики. И мы посчитали целесообразным провести такие расчеты и сделать их оценку, на наиболее отвечающем нашим представлениям при выводе такого уравнения и характерном, примере частиц, представляющих собой атомы инертных газов, а именно He, Ne, Ar .

Результаты, приведенного расчета некоторых характеристик, указанных атомов, представлены в таблице 1. Значение кинетической энергии - E_e рассчитывались в соответствии с уравнением $E_e = M \cdot \vartheta_e^2$ (15), значения условной скорости вращения ϑ_b^1 с использованием зависимости (7) - $(\vartheta_e^2)^1 = \frac{kT}{M}$, а также на основе значений ϑ_e^1 проводился расчет коэффициента - B . Энергетическая величина энтропийного фактора, выраженного нами через произведение - $T \cdot \Delta S_e$ вычислялась из соотношения $E_e - T \cdot \Delta S_e = kT$ (16), где $-\Delta S_e$ мы определяем как изменение энтропии, как термодинамического фактора при вращении атома.

На основании анализа данных таблицы 1 можно однозначно заключить, что значения ϑ_e закономерно убывают при уменьшении температуры и возрастании атомной массы - M инертного газа. При этом соотношение скоростей в зависимости от природы газа практически мало изменяется при изменении температуры, хотя и имеет место небольшое закономерное уменьшение его при снижении температуры от 2000°K до 200°K, что видно из следующей записи таких соотношений:

ϑ_{He}	:	ϑ_{Ne}	:	ϑ_{Ar}	
1	:	0,427198	:	0,298078	при 2000°K
1	:	0,426521	:	0,297372	при 1000°K
1	:	0,425783	:	0,296609	при 500°K
1	:	0,425182	:	0,295985	при 300°K
1	:	0,424685	:	0,295479	при 200°K

Эти соотношения отличаются от соотношения характерного для скоростей этих газов без учета энтропийного фактора в значениях обратных корню квадратному из их атомной массы: $\frac{1}{\sqrt{M_{He}}} : \frac{1}{\sqrt{M_{Ne}}} : \frac{1}{\sqrt{M_{Ar}}} = 1: 0,445: 0,316$

Таблица 1

Значение эффективной скорости $-\vartheta_{\epsilon}$, м/с условной скорости ϑ_{ϵ}^1 , м/с, коэффициента-В; кинетической энергии вращения - E_{ϵ} , Дж энтропийной составляющей $T \cdot \Delta S_{\epsilon}$, Дж; изменения самой энтропии при вращении - ΔS_{ϵ} Дж/град инертных газов при различной температуре $-T$, °К .

Газ	T	2000	1000	500	300	200
He	$\vartheta_{\epsilon} \cdot 10^{-4}$	4,162	2,892	2,0083	1,5344	1,2388
	$\vartheta_{\epsilon}^1 \cdot 10^{-3}$	6,38	4,5116	3,19	2,471	2,018
	B	6,524	6,410	6,2936	6,2096	6,1387
	$E_{\epsilon} \cdot 10^{20}$	117,43869	56,70269	27,344138	15,961887	10,404218
	$T \cdot \Delta S_{\epsilon} \cdot 10^{20}$	114,67739	55,32203	26,653808	15,547689	10,128088
	$\Delta S_{\epsilon} \cdot 10^{23}$	57,33869	55,32203	53,307616	51,82563	50,64044
Ne	$\vartheta_{\epsilon} \cdot 10^{-4}$	1,778	1, 2335	0,8551	0,6524	0,5261
	$\vartheta_{\epsilon}^1 \cdot 10^{-3}$	2,84	2,009	1,42	1,1	0,899
	B	6,26	6,14	6,022	5,9309	5,852
	$E_{\epsilon} \cdot 10^{20}$	108,03873	51,99891	24,989053	14,546009	9,4591608
	$T \cdot \Delta S_{\epsilon} \cdot 10^{20}$	105,27743	50,61825	24,298723	14,131811	9,1830308
	$\Delta S_{\epsilon} \cdot 10^{23}$	52,6387	50,61825	48,5975	47,106	45,915154
Ar	$\vartheta_{\epsilon} \cdot 10^{-4}$	1,2406	0,86	0,59568	0,45416	0,36604
	$\vartheta_{\epsilon}^1 \cdot 10^{-3}$	2,02	1,428	1,0098	0,7822	0,6387
	B	6,1416	6,022	5,899	5,806	5,731
	$E_{\epsilon} \cdot 10^{20}$	104,1074	50,028211	24,001816	13,951979	9,0630664
	$T \cdot \Delta S_{\epsilon} \cdot 10^{20}$	101,3461	48,647551	23,311486	13,537781	8,7869364
	$\Delta S_{\epsilon} \cdot 10^{23}$	50,6731	48,647551	46,62297	45,12593	43,934682

Значения кинетической энергии вращения этих газов E_{ϵ} , хотя и незначительно, но также закономерно убывают, в соответствии с увеличением их атомной массы и для каждого из этих газов имеет место уменьшение её значений при понижении температуры. При этом значения температурного коэффициента, определяемого как отношение кинетической энергии к соответствующей температуре, закономерно, но незначительно уменьшаясь, также проявляют тенденцию к понижению при переходе от гелия к неону и аргону. Так, при изменении температуры от 2000°К до 200°К уменьшение происходит в 1,12876 раза для гелия, в 1,14216 раза для неона и в 1,1487 раза для аргона.

Сопоставление значений кинетической энергии вращения этих трех газов - E_{ϵ} с энергетической величиной энтропийного фактора - $T \cdot \Delta S_{\epsilon}$, вычисленной нами с учетом приведенных данных, как характеристики этого вращения показывает, что доля второго закономерно изменяется от 97,346 % при 200°К до 97,649% при 2000°К для гелия, от 97,081% при 200°К до 97,444% при 2000°К для неона и от 96,953% при 200°К до 97,3485 2000°К для аргона, т. е. во всех трех случаях закономерно, хотя незначительно, возрастает при повышении температуры, несколько уменьшаясь в ряду: гелий, неон, аргон. Таким образом, энтропийный фактор при всех температурах имеет определяющее влияние на величину кинетической энергии вращения атомов инертных газов, а следовательно, и на

величину значений всех характеристик, определяющих их скоростные свойства при вращении.

В тоже время значения и самой энергетической величины энтропийного фактора закономерно уменьшаются при понижении температуры для каждого из этих газов. Учет таких закономерностей показывает, что значения изменений энтропии - ΔS_e как термодинамического фактора и вычисленных на основе скоростных характеристик вращения атомов инертных газов, близки, мало изменяются в зависимости от температуры во всех трех случаях, хотя проявляется тенденция их незначительного уменьшения при повышении температуры и переходе от гелия к неону и аргону.

Исходя из данных об изменении значений энтропий с температурой, нами был проведен расчет величин теплоемкостной составляющей - C_e , обусловленной вращением атомов данных газов при использовании следующих соотношений. Так, в общем случае изменение энтропии в зависимости от температуры можно выразить уравнением вида:

$$S_{T_2} - S_{T_1} = \int_{T_1}^{T_2} C_e \cdot \frac{dT}{T} = C_e \ln \frac{T_2}{T_1}, \quad (17)$$

где - C_e - в нашем случае можно определить как теплоёмкость – теплоемкостная составляющая в интервале температур от T_1 до T_2 .

Принимая во внимание, что ΔS_e при каждой температуре равно энтропии S_T за вычетом энтропии некоторого стандартного состояния - S_T^0 , т.е. - $\Delta S_e = S_T - S_T^0$ (18),

уравнение (17) позволяет записать: $C_e = \frac{\Delta S_{eT_2} - \Delta S_{eT_1}}{\ln \frac{T_2}{T_1}}$ (19) а C_e можно принять условно

постоянной в каждом температурном интервале. С учетом этого получены следующие значения - $C_e \cdot 10^{23}$ в Дж/град в интервале температур 2000÷1000°K - $C_e = 2,91004$; в интервале 1000÷500°K - $C_e = 2,9068$; интервале 500÷300°K - $C_e = 2,9011$ и в интервале 300÷200°K - $C_e = 2,92304$ при расчетах для гелия; в интервале температур 2000÷1000°K - $C_e = 2,9155$; в интервале 1000÷500°K - $C_e = 2,9159$; интервале 500÷300°K - $C_e = 2,9197$ и в интервале 300÷200°K - $C_e = 2,9369$ при расчетах для неона; в интервале температур 2000÷1000°K - $C_e = 2,92287$; в интервале 1000÷500°K - $C_e = 2,92147$; интервале 500÷300°K - $C_e = 2,9306$ и в интервале 300÷200°K - $C_e = 2,93798$ при расчетах для аргона.

Приведенные расчеты показали, что точность в определении значений теплоемкостной составляющей, обусловленной вращением атомов, во многом определяется точностью, с которой рассчитаны значения скоростей их вращения при использовании теоретически полученной зависимости (14), количеством значащих цифр в этих значениях скоростей. Указанные в таблице 1 значения скоростей могут быть, при желании получения более строгих выводов, уточнены путем проведения более скрупулезных расчетов с использованием уравнения (14). Хотя и при той точности в значениях скоростей вращения атомов и значениях величин как скоростных характеристик их вращения, которую использовали мы в своих вычислениях данной таблицы 1, можно сделать уже вполне определенные заключения об изменениях и величине теплоемкостных составляющих для вращения указанных трёх инертных газов. А, именно значения теплоемкостных составляющих практически не изменяются с изменением природы газа в каждом из температурных интервалов и можно лишь, с определенной оговоркой, говорить о тенденции их незначительного увеличения при переходе от гелия к неону и аргону.

Как было уже отмечено выше для полного описания кинетических и термодинамических свойств этих газов необходимы подобные характеристики, обусловленные наличием у них колебательно-поступательной движений. Предварительные выводы из значений кинетической колебательно-поступательной энергии, рассчитанной на основе значений эффективной наиболее вероятной скорости v_n , полученных согласно уравнения (1), сделаны нами еще в сообщении [1,35]

В этом же сообщении дан и теоретический вывод - теоретическое обоснование зависимости (1)

В данном сообщении проведена корректировка характеристик движений атомов инертных газов и в дополнении к значениям кинетического характера приведены и термодинамические с анализом аналогичном только что рассмотренному при описании характеристик вращательных движений. Но значения кинетической энергии – E_n уже рассчитывались в соответствии с уравнением – $E_n = \frac{M\vartheta_n^2}{2}$ (20); значения условной скорости – ϑ_n также с использованием зависимости (7) – $(\vartheta_n^2)^1 = \frac{kT}{M}$ и на основе значений – ϑ_n^1 проводится расчет коэффициента – B Энергетическая величина энтропийного фактора как произведение – $T \cdot \Delta S_n$ вычислялась из соотношения : $E_n - T \cdot \Delta S_n = \frac{1}{2} kT$ (21), где ΔS_n определяет изменение энтропии, как термодинамического фактора при колебательно- поступательном движении атома.

Данные проведенных вычислений таких характеристик атомов инертных газов, приведены в таблице 2. Можно видеть, что значения – ϑ_n закономерно убывают с уменьшением температуры и возрастанием атомной массы – M газа. Как и при анализе на основе скоростей вращения атомов соотношение скоростей – ϑ_n в зависимости от природы газа практически мало изменяется с температурой, хотя и в этом случае наблюдается небольшое закономерное уменьшение его при снижении температуры от 2000°K до 200°K, что показывает следующая запись таких соотношений:

ϑ_{He}	:	ϑ_{Ne}	:	ϑ_{Ar}	
1	:	0,427545	:	0,298368	при 2000°K
1	:	0,426883	:	0,297686	при 1000°K
1	:	0,426187	:	0,296943	при 500°K
1	:	0,425601	:	0,296362	при 300°K
1	:	0,425117	:	0,295881	при 200°K

Значения этих соотношений по своему порядку близки к соответствующим значениям, определенным для скоростей вращения атомов, хотя имеет место тенденция их небольшого увеличения при всех температурах, но и как абсолютная величина – ϑ_n при сопоставимых условиях выше абсолютных значений – ϑ_v , также убывает при увеличении атомной массы инертного газа.

Как уже было отмечено в сообщении [1,34], значения кинетической колебательно-поступательной энергии также убывают при увеличении атомной массы газа и уменьшаются практически пропорционально величине температуры. В тоже время можно заключить, что величина E_n меньше при сопоставимых условиях значений – E_v , значения коэффициента B , наоборот, выше при колебательно- поступательном движении по сравнению с его значениями для вращательного движения атомов всех трех инертных газов, также несколько ниже и изменения значений температурного коэффициента. Так, при уменьшении температуры от 2000°K до 200°K, его изменение происходит в 1,12564 раза для гелия, в 1,13853 раза для неона и в 1,14464 раза для аргона.

Энергетическая величина энтропийного фактора также меньше его соответствующих значений, вычисленных для вращательных движений атомов, и также закономерно убывает с увеличением атомной массы газа и более значительно при понижении температуры. Сопоставление энергетической величины энтропийного фактора – $T \cdot \Delta S_n$ со значениями кинетической энергии колебательно- поступательного движения – E_n также показывает, что его доля закономерно изменяется от 98,270% при 200°K, до 98,463% при 2000°K, для гелия; от 98,102% при 200°K до 98,333% при 2000°K для неона и от 98,020 при 200°K до 98,270% при 2000°K для аргона, т.е. и как характеристика колебательно- поступательных движений она также закономерно и также незначительно возрастает при повышении температуры, несколько уменьшаясь при переходе от гелия, к неону и аргону. И в данном случае энтропийный фактор имеет даже несколько большее влияние на величину кинетической энергии колебательно- поступательных движений атомов инертных газов, по сравнению с его влиянием на величину кинетической энергии при их вращении и,

следовательно, является определяющим для скоростных свойств атомов этих газов и при колебательно- поступательных движениях и влиянии на величину ряда термодинамических характеристик таких движений.

Таблица 2

Значения эффективной наиболее вероятной скорости – v_n , м/с условной скорости $v_n^1, м/с$; коэффициента-В; кинетической колебательно- поступательной энергии вращения – E_n , Дж; энтропийной составляющей $T \cdot \Delta S_n$, Дж ; изменения самой энтропии- ΔS_n , Дж/град инертных газов при различной температуре – T , °К .

Газ	T	2000	1000	500	300	200
He	$v_n \cdot 10^{-4}$	5,148	3,5785	2,486	1,8999	1,5344
	$v_n^1 \cdot 10^{-3}$	6,38	4,5116	3,19	2,471	2,0177
	B	8,017	7,9318	7,793	7,6888	7,6047
	$E_n \cdot 10^{20}$	89,8367	43,408954	20,949773	12,235974	7,980944
	$T \cdot \Delta S_n \cdot 10^{20}$	88,45604	42,7186	20,604608	12,028875	7,842878
	$\Delta S_n \cdot 10^{23}$	44,22802	42,7186	41,209216	40,09625	39,21439
Ne	$v_n \cdot 10^{-4}$	2,201	1, 5276	1,0595	0,8086	0,6523
	$v_n^1 \cdot 10^{-3}$	2,84	2,01	1,42	1,1	0,8985
	B	7,75	7,6	7,4613	7,351	7,26
	$E_n \cdot 10^{20}$	82,80482	39,88731	19,18745	11,175913	7,2729453
	$T \cdot \Delta S_n \cdot 10^{20}$	81,42416	39,19698	18,842285	10,968814	7,1348793
	$\Delta S_n \cdot 10^{23}$	40,71208	39,19698	37,68457	36,56271	35,674396
Ar	$v_n \cdot 10^{-4}$	1,536	1,06527	0,7382	0,563058	0,454
	$v_n^1 \cdot 10^{-3}$	2,02	1,428	1,01	0,7822	0,6387
	B	7,605	7,46	7,31	7,1984	7,108
	$E_n \cdot 10^{20}$	79,82056	38,39297	18,436583	10,72602	6,9733916
	$T \cdot \Delta S_n \cdot 10^{20}$	78,4399	37,70264	18,091418	10,518921	6,8353256
	$\Delta S_n \cdot 10^{23}$	39,21995	37,70264	36,182836	35,06307	34,176628

Приведенные в таблице 2 данные показывают, что и в этом случае значения самой энергетической величины энтропийного фактора закономерно уменьшаются при понижении температуры для всех трех газов. И количественный учет его изменений позволяет однозначно утверждать, что значения изменений энтропии – ΔS_n , как термодинамического фактора, близки, мало изменяются в зависимости от температуры, хотя и в этом случае сохраняется тенденция их незначительного уменьшения при понижении температуры и в ряду: гелий, неон и аргон.

Данные об изменении значений энтропии с температурой также были использованы нами при расчетах величин теплоёмкостной составляющей - C_n , обусловленной наличием уже колебательно- поступательных движений атомов инертных газов, с использованием соотношений (17),(18), и (19) и в замене в них C_e на C_n . При этом - C_n определяется как теплоёмкостная составляющая в интервале температур от T_1 до T_2 и принята условной постоянной в каждом указанном на основе таблицы - 2 температурном интервале.

С учетом данных для – ΔS_n таблицы 2, получены следующие значения – $C_n \cdot 10^{23}$ в Дж/град: в интервале температур 2000÷1000°К – $C_n = 2,178$; в интервале 1000÷500°К - $C_n = 2,1775$; интервале 500÷300°К – $C_n = 2,1795$ и в интервале 300÷200°К – $C_n = 2,1747$ при расчетах для гелия ; в интервале температур 2000÷1000°К – $C_n = 2,1863$; в интервале

$1000 \div 500^\circ\text{K} - C_n = 2,1824$; интервале $500 \div 300^\circ\text{K} - C_n = 2,1962$ и в интервале $300 \div 200^\circ\text{K} - C_n = 2,1909$ при расчетах для неона; в интервале температур $2000 \div 1000^\circ\text{K} - C_n = 2,195$; в интервале $1000 \div 500^\circ\text{K} - C_n = 2,1895$; интервале $500 \div 300^\circ\text{K} - C_n = 2,1893$ и в интервале $300 \div 200^\circ\text{K} - C_n = 2,18624$ при расчетах для аргона.

Приведенные значения показывают, что величина теплоёмкостной составляющей для колебательно- поступательных движений атомов лишь незначительно изменяется в зависимости от природы данных газов и температуры, и почти в полтора раза меньше аналогичных значений, полученных величин для составляющих вращательные движения.

Таким образом, колебательно- поступательные значения составляющих теплоёмкости мало изменяются с природой газа и вносят меньший вклад в величину теплоёмкости по сравнению со значениями составляющих вращательные движения атомов, оставаясь при этом практически независимыми от температуры.

В заключение отметим, что изложенные в настоящем сообщении результаты, специфика их обсуждения и в особенности их обоснования и расчета наряду с данными сообщениями [1,34], могут быть основой дальнейшего теоретического осмысления и успешного использования как в области газофазных систем, так и физико-химии вообще: не только кинетических, но и термодинамических процессов и положений.

При этом более удобным был бы термин не термодинамические и термические свойства. Хотя при обсуждении- описании их могут быть использованы нами, признанные в литературе основополагающие термодинамические функции и определения.

Литература

1. Чуев И.И. Максимова С.И. Скорость атомов инертных газов и электрона в атоме водорода как функция их массы и температуры.// Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. (Москва) ISSN: 2073 – 0071. – 2016.- №06.-с.34-40.
2. Трофимова Т.И. Физика. Справочник с примерами решения задач. – М.: Высшее образование, 2008. – 446с.