



Sciences of Europe

VOL 1, No 51 (2020)

Sciences of Europe
(Praha, Czech Republic)

ISSN 3162-2364

The journal is registered and published in Czech Republic.
Articles in all spheres of sciences are published in the journal.

Journal is published in Czech, English, Polish, Russian, Chinese, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 12 issues per year.

Format - A4

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Chief editor: Petr Bohacek

Managing editor: Michal Hudecek

- Jiří Pospíšil (Organic and Medicinal Chemistry) Zentiva
- Jaroslav Fährnich (Organic Chemistry) Institute of Organic Chemistry and Biochemistry Academy of Sciences of the Czech Republic
- Smirnova Oksana K., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of History (Moscow, Russia);
- Rasa Boháček – Ph.D. člen Česká zemědělská univerzita v Praze
- Naumov Jaroslav S., MD, Ph.D., assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities. (Kiev, Ukraine)
- Viktor Pour – Ph.D. člen Univerzita Pardubice
- Petrenko Svyatoslav, PhD in geography, lecturer in social and economic geography. (Kharkov, Ukraine)
- Karel Schwaninger – Ph.D. člen Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
- Kozachenko Artem Leonidovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of History (Moscow, Russia);
- Václav Pittner -Ph.D. člen Technická univerzita v Liberci
- Dudnik Oleg Arturovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Physical and Mathematical management methods. (Chernivtsi, Ukraine)
- Konovalov Artem Nikolaevich, Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy. (Minsk, Belarus)

«Sciences of Europe» -

Editorial office: Křižíkova 384/101 Karlín, 186 00 Praha

E-mail: info@european-science.org

Web: www.european-science.org

CONTENT

GEOLOGICAL AND MINERALOGICAL SCIENCES

Goldyrev V., Naumov V.

TECHNOGENIC MINERAL FORMATION OF THE
NIKOLAEV POLYMETALLIC DEPOSITS (PRIMORSKY
KRAI)..... 3

PHYSICS AND MATHEMATICS

Dzis V., Diachynska O.

VISCOSITY AND THERMAL CONDUCTIVITY OF
ALKALINE METAL VAPORS. RUBIDIUM, CESIUM..... 16

Koshman V.

ABOUT THE ZONE CLOSEST TO THE SINGULARITY OF
THE DEVELOPMENT OF OUR UNIVERSE..... 29

Kupryakov Yu., Kotrč P., Kashapova L.

MORPHOLOGICAL CATALOGUE OF PROMINENCE
BASED ON OBSERVATIONS WITHIN 1998-2017 YEARS.
COORDINATE SYSTEMS OF GROUND BASED AND
SPACE INSTRUMENTS..... 32

Morozova N.

SPECIFICITY OF CATHODOLUMINESCENCE SPECTRA
ZnS · O WITH STACKING FAULTS 37

Poletaev G.,

Nazarenko O., Stekhun A., Voytik T.

KITS OF PROGRAMS FOR ACCELERATED CONTROL OF
KNOWLEDGE LEARNING IN THE “TRUD” EDUCATION
SYSTEM ON THE TOPIC OF VECTOR
MULTIPLICATION 44

Rysin A., Boikachev V., Hlebnikov A.

CONNECTION OF THE CONTINUITY EQUATION WITH
THE GENERAL EQUATION OF THE UNIVERSE 61

Yurov V., Kaykenov D.

SURFACE AND SURFACE ENERGY OF METAL
GLASSES..... 71

PHYSICS AND MATHEMATICS

В'ЯЗКІСТЬ ТА ТЕПЛОПРОВІДНІСТЬ ПАРИ ЛУЖНИХ МЕТАЛІВ. РУБІДІЙ, ЦЕЗІЙ

Дзісь В.Г.

*кандидат технічних наук,
доцент кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій,
Вінницький національний аграрний університет, Україна*

Дячинська О.М.

*асистент кафедри математики, фізики та комп'ютерних технологій,
Вінницький національний аграрний університет, Україна*

VISCOSITY AND THERMAL CONDUCTIVITY OF ALKALINE METAL VAPORS. RUBIDIUM, CESIUM

Dzis V.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Computer Technologies
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine*

Diachynska O.

*Lecturer of the Department of Mathematics, Physics and Computer Technologies,
Vinnytsia National Agrarian University, Ukraine*

АНОТАЦІЯ

Із експериментальних даних по в'язкості цезію та рубідію в газовій фазі одержано значення ефективних перерізів зіткнень «атом-атом» та відносних перерізів зіткнень «атом-молекула». Розроблено розрахункові рівняння і таблиці в'язкості та теплопровідності в широкому інтервалі температур та тисків.

ABSTRACT

From experimental data on the viscosity of cesium in the gas phase, the values of the effective cross sections of the «atom-atom» collisions and the relative crosssections of the «atom-molecule» collisions were obtained. Tables of viscosity and thermal conductivity of cesium vapor at high temperatures have been developed.

Ключові слова: лужні метали, рубідій, цезій, газова фаза, в'язкість, теплопровідність, перерізи зіткнень.

Keywords: alkali metals, rubidium, cesium, gas phase, viscosity, thermal conductivity, collisions.

Вступ. Успішне вирішення значного числа проблем сучасної техніки пов'язане із застосуванням пари лужних металів. Область їх можливого застосування надзвичайно велика. Це – теплові труби, газофазні ядерні реактори термоемісійні перетворювачі енергії (Cs), іонні двигуни (Cs), атомні електростанції на швидких нейтронах. Перерізи зіткнень атомів, молекул та іонів лужних металів використовують при аеротермодинамічному моделюванні потоку входу метеоритів у розріджених шарах атмосфери Землі [1, 2].

На сьогодні детально досліджено теплофізичні властивості рідкої фази лужних металів, але їх властивості вивчено недостатньо, в першу чергу це стосується в'язкості та теплопровідності. Експериментальні дані [3,4,5,7,8,9] по цих коефіцієнтах в більшості випадків обмежені температурою 1200...1250К. В сучасних енергетичних установках та високотемпературних пристроях використовують пару лужних металів при температурах 2000-2500 К. Такий суттєвий розрив між експериментальними дослідженнями і практичним застосуванням лужних металів в газовій фазі пояснюється їх високою хімічною активністю, складністю виготовлення і незначним ресурсом роботи експериментальної установки, значною собівартістю наукових досліджень.

Мета даної роботи: встановити залежність в'язкості та теплопровідності рубідію і цезію в газовій фазі від температури та тиску. Розробити розрахункові рівняння і таблиці в'язкості та теплопровідності у широкому інтервалі температур та тисків.

Виклад основного матеріалу. При температурах до 2000 К і тисках 1...1500 кПа лужні метали в газовій фазі можна розглядати як бінарну газову суміш, що складається з атомів і двоатомних молекул, між якими протікають реакції дисоціації. Експериментальні дослідження процесів переносу в парах лужних металів пов'язані з труднощами, що виникають при реалізації експериментальних методів через високу хімічну активність лужних металів при високих температурах, а при дослідженні цезію виникає ряд додаткових ускладнень, що пов'язані з його специфічними властивостями. У реальних умовах експерименту можуть проявлятися процеси, пов'язані з термоелектронною емісією і поверненою іонізацією, фотоэффектом і фотоіонізацією [22,23,24,25] при високих температурах росте число непружних зіткнень атомів, а при високих тисках проявляється реальність газів. Однак, можна створити такі умови експерименту, при яких перераховані ефекти помітно не проявляються, та виді-

лити область стану пари, у якій для опису явищ переносу може бути застосовна модель ідеального газу, в якому протікають реакції утворення та розпаду молекул, що дозволяє застосувати результати строгої кінетичної теорії Чепмена-Єнскога і Гіршфельдера-Брокау [11] для суміші реагуючих газів та її специфічного застосування для пари лужних металів [12].

Теоретичні методи розрахунку коефіцієнтів переносу пари лужних металів, як реагуючої газової суміші атомів і двоатомних молекул, істотно обмежені через відсутність досить точних даних про потенціали взаємодії «атом-молекула» і «молекула-молекула». Існуючі методи розрахунку пов'язані з рядом спрощень, що зводять результати таких розрахунків на рівень оцінок. Експеримент поки є єдиним джерелом одержання необхідної інформації про коефіцієнти переносу пари лужних металів. Теорія [12] дає можливість із експериментальних даних по в'язкості одержати значення відносних перерізів зіткнень «атом-атом» та «атом-молекула» і, використовуючи їх, розрахувати коефіцієнти теплопровідності та в'язкості пари в широкому інтервалі параметрів стану.

Одним із найзручніших експериментальних методів дослідження в'язкості пари лужних металів є метод віскозиметра з кільцевим каналом [15]. В такому віскозиметрі пара лужного металу протікає через канал між двома коаксіальними циліндрами. Така конструкція віскозиметра дає можливість, по відношенню до класичних капілярних методів, зменшити на порядок лінійні розміри робочого елемента, що забезпечує стабільність температури пари та стабільність її складу по довжині робочого елемента.

Експериментальні результати та їхня інтерпретація. Проведено експериментальне дослідження в'язкості пари цезію (T=900-1770 K, P=12 - 130 кПа, дві серії дослідів, одержано 205 експериментальних значень в'язкості) [13,14] і рубідію (T = 960-1750 K, P=35-135 кПа, одержано 61 експериментальне значення в'язкості) [14], довірчий інтервал похибки експериментальних значень в'язкості при довірчій імовірності P = 0,95 знаходиться межах 2,5 – 3,6% і в середньому складає 3%.

В'язкість пари лужного металу можна виразити через два параметри [12]: ефективні перерізи зіткнень «атом-атом» $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}$ та відносний переріз зіткнень «атом-молекула» β_{12}^2 . Ефективні перерізи зіткнень «атом-атом» $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}(T)$ характеризують залежність в'язкості одноатомної

пари від температури, а відносні β_{12}^2 – залежність в'язкості від концентрації двоатомних молекул, яка є функцією тиску.

В'язкість одноатомної пари η_1 в широкому інтервалі температури лінійно залежить від температури:

$$\eta_1(T) = \eta_0 + A(T - 1000) \quad (1)$$

В'язкість одноатомної пари $\eta_1(T)$ та ефективні перерізи зіткнень атомів $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}(T)$ пов'язані між собою співвідношенням:

$$\eta_1(T) \cdot 10^7 = \frac{26,693 \sqrt{\mu T}}{\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}(T)} \quad (2)$$

Для визначення невідомих параметрів η_0, A, β_{12}^2 , потрібно мінімізувати цільову функцію

$$F(\eta_0, A, \beta_{12}^2) = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\Delta \eta_i^2} (\eta_i - \eta_{Ti})^2 \quad (3)$$

де η_i – експериментальне значення в'язкості,

$\Delta \eta_i$ – похибка і-го значення в'язкості, η_{Ti} – значення в'язкості обчислене, за схемою ідеального дисоціюючого газу [12].

$$\eta_{Ti} = \left[\eta_0 + A(T - 1000) \frac{1 + b_{1\eta} x_2 + b_{2\eta} x_2^2}{1 + a_{1\eta} x_2 + a_{2\eta} x_2^2} \right], \quad (4)$$

де X_2 – молярна доля двоатомних молекул в парі, $a_{1\eta}, a_{2\eta}, b_{1\eta}, b_{2\eta}$ – коефіцієнти, які визначаються через перерізи зіткнень «атом-атом» $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}$ та «атом-молекула» β_{12}^2 [12].

Результати мінімізації цільової функції $F(\eta_0, A, \beta_{12}^2)$ для експериментальних даних [13,14] при енергії дисоціації молекул цезію $D_{0Cs}^0 = 44380 \pm 1000$ Дж/моль [18] і рубідію $D_{0Rb}^0 = 48570 \pm 1000$ Дж/моль [18] наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Результати обробки експериментальних даних [13,14]

Метал	$\eta_0 \cdot 10^7$, Па·с	$A \cdot 10^7$, Па·с/К	β_{12}^2 ,	$\Delta \eta$, %	ΔA , %	$\Delta \beta_{12}^2$, %
Cs	292,4	0,256	2,2	1,8	2,4	5,2
Rb	268,4	0,233	2,3	2,1	3,0	6,5

В інтервалі температур 700...2000К залежність ефективних перерізів зіткнень «атом-атом» від температури апроксимується рівняннями:

$$\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}(T)_{Cs} = 54.7 - 32.5 \frac{T}{1000} + 13.29 \left(\frac{T}{1000} \right)^2 - 2.22 \left(\frac{T}{1000} \right)^3, \quad A^{\circ 2}, \quad (5)$$

$$\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}(T)_{Rb} = 41.7 - 26.8 \frac{T}{1000} + 10.50 \left(\frac{T}{1000} \right)^2 - 1.69 \left(\frac{T}{1000} \right)^3, \quad A^{\circ 2} \quad (6)$$

Залежність відносних перерізів зіткнень «атом-молекула» β_{12}^2 від температури встановити не вдалося, оскільки похибка $\Delta\beta_{12}^2$ занадто велика. Легко показати, що для її зменшення до 5%, необхідно значно розширити досліджуваний інтервал тисків $\Delta P \sim 1...2 \text{ мПа}$ і підвищити точність

вхідних експериментальних даних в'язкості пари лужних металів до 1...2%, що на даний час, є досить складною науково-технічною проблемою.

Перерізи зіткнень «атом-атом» $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}$ пари узгоджуються з літературними даними рис. 1, 2, що дає можливість розробити таблиці коефіцієнтів в'язкості та теплопровідності в широкій області параметрів стану.

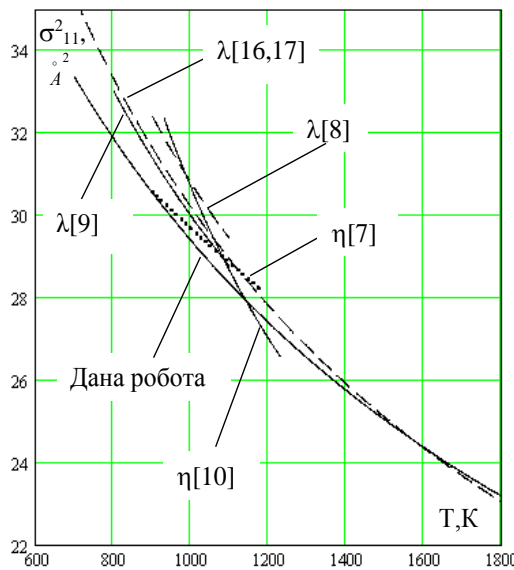


Рис.1. Рубідій: ефективні перерізи зіткнень «атом-атом» $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}, A^{\circ 2}$

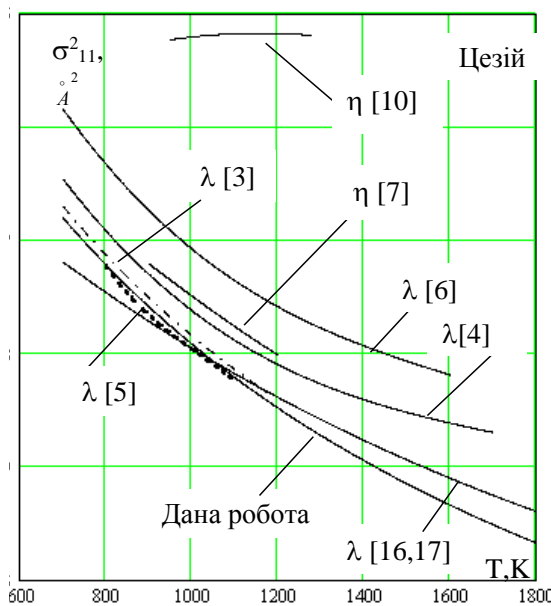


Рис.2. Цезій: ефективні перерізи зіткнень «атом-атом» $\sigma_{11}^2 \Omega_{11}^{(2,2)*}, A^{\circ 2}$

На основі отриманих у даній роботі параметрів η_0, A, β_{12}^2 , за методикою [12], розроблено таблиці в'язкості і теплопровідності пари рубідію і цезію в інтервалі температур 700-2000 К при тисках 1-1500 кПа, включаючи лінію насичення. Тиск пари на лінії насичення визначався за [19], молярна концентрація двохатомних молекул x_2 за [11], термодинамічні константи, необхідні при розрахунку складу пари і теплопровідності взяті з [20]:

$$x_2 = 1 - \frac{2}{\sqrt{1 + \frac{4P}{1.01325K_p}}}, \quad (7)$$

$$K_p = \exp\left(\frac{2\Phi_1^* - \Phi_2^* - D_0^0}{R} - \frac{D_0^0}{RT}\right), \quad (8)$$

де K_p – константа рівноваги, P – тиск, D_0^0 – енергія дисоціації молекул, Φ_1^* і Φ_2^* – ізобарно-ізотермічні потенціали атомарної і молекулярної компоненти.

Результати розрахунків наведено в табл. 2-15, рис. 4-6.

Таблиця 2

В'язкість пари рубідію ($\eta \cdot 10^7, Pa \cdot c$)

T, K	Одноатомна пара, η_1	P, кПа					Лінія насичення, η_S
		10	100	400	1000	1500	
700	198,5						186,2
800	221,8	207					200,8
900	245,1	237,9					213,9
1000	268,4	264,3	236,5				226,2
1100	291,7	289,2	270,0				238,2
1200	315,0	313,3	299,8	267,7			250,2
1300	338,3	337,1	327,2	301,2			262,4
1400	361,6	360,7	353,2	332,2	302,2	284,6	274,8
1500	384,9	384,2	378,4	361,2	334,7	318,1	287,6
1600	408,2	407,7	403,0	388,7	365,6	350,2	300,8
1700	431,5	431,1	427,2	415,3	395,0	380,9	314,5
1800	454,8	454,4	451,2	441,0	423,3	410,5	328,7
2000	501,4	501,1	498,8	491,1	477,2	466,8	-

Таблиця 3

Теплопровідність пари рубідію ($\lambda \cdot 10^4, Wm/(m \cdot K)$)

T, K	Одноатомна пара, λ_1	P, кПа					Лінія насичення, λ_S
		10	100	400	1000	1500	
700	72,4						93,4
800	80,9	90,8					100,2
900	89,4	96,3					111,9
1000	97,9	100,9	119,1				124,8
1100	106,4	107,8	117,9				131,4
1200	114,9	115,6	121,2	132,3			137,0
1300	123,4	123,8	127,0	134,3	141,2		142,0
1400	131,9	132,1	134,0	138,8	144,0	146,1	147,1
1500	140,4	140,5	141,6	144,5	148,1	149,7	151,5
1600	148,9	149,0	149,6	151,4	153,7	154,8	156,2
1700	157,4	157,4	157,8	158,8	160,2	160,9	161,2
1800	165,9	165,9	166,1	167,7	167,4	167,8	166,3
2000	182,9	182,9	182,9	182,9	182,8	182,7	-

Таблиця 4

Складова теплопровідності пари рубідію ($\lambda_3 \cdot 10^4, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, λ_S
		10	100	400	1000	1500	
700	72,4						25,3
800	80,9	23,0					32,8
900	89,4	9,5					38,1
1000	97,9	4,4	32,5				41,4
1100	106,4	2,3	19,3				43,3
1200	114,9	1,3	12,0	34,3			44,3
1300	123,4	0,8	7,8	24,5	42,2		44,6
1400	131,9	0,6	5,3	17,9	33,6	41,3	45,0
1500	140,4	0,4	3,7	13,1	26,3	33,6	44,5
1600	148,9	0,3	2,7	9,9	20,8	27,4	44,1
1700	157,4	0,2	2,1	7,7	16,7	22,5	43,8
1800	165,9	0,2	1,6	6,0	13,5	18,5	-
2000	182,9	0,1	1,0	4,0	9,2	12,9	-

Таблиця 5

Складова теплопровідності пари рубідію ($\lambda_P \cdot 10^4, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, λ_S
		10	100	400	1000	1500	
700	72,4						
800	80,9	23,0					32,8
900	89,4	9,5					38,0
1000	97,9	4,4	32,5				41,4
1100	106,4	2,3	19,3				43,3
1200	114,9	1,3	12,0	34,3			44,3
1300	123,4	0,8	7,8	24,5	42,2		44,6
1400	131,9	0,6	5,3	17,9	33,6	41,3	45,0
1500	140,4	0,4	3,7	13,1	26,3	33,6	44,5
1600	148,9	0,3	2,7	9,9	20,8	27,4	44,1
1700	157,4	0,2	2,1	7,7	16,7	22,5	43,8
1800	165,9	0,2	1,6	6,0	13,5	18,5	-
2000	182,9	0,1	1,0	4,0	9,2	12,9	-

Таблиця 6

Складова теплопровідності пари рубідію ($\lambda_2 \cdot 10^4, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, $\lambda_{3\text{в}}$
		10	100	400	1000	1500	
700	72,4						68,1
800	80,9	75,8					73,6
900	89,4	86,8					78,6
1000	97,9	96,4	86,7				83,4
1100	106,4	105,5	98,8				88,1
1200	114,9	114,3	109,3	98,1			92,7
1300	123,4	123,0	119,2	109,8	99,9		97,4
1400	131,9	131,6	128,7	120,9	110,4	104,9	102,1
1500	140,4	140,1	137,9	131,4	121,8	116,1	107,0
1600	148,9	148,7	146,9	141,5	132,9	127,4	112,1
1700	157,4	157,2	155,7	151,2	143,5	138,4	117,4
1800	165,9	165,8	164,5	160,6	153,9	149,2	-
2000	182,9	182,8	181,9	179,0	173,7	169,8	-

Таблиця 7

Молярна доля молекул в парі рубідію $X_2, \%$ (при $D_{0Rb}^0 = 48570 \pm 1000 \text{ Дж/моль}$)

Т, К	Р, кПа					На лінії насичення	Тиск на лінії насичення P_s , кПа
	10	100	400	1000	1500		
700						3,44	3,13
800	3,62					5,56	15,66
900	1,56					7,60	54,31
1000	0,80	7,03				9,70	146,3
1100	0,45	4,18				11,67	328,4
1200	0,28	2,64				13,45	643,6
1300	0,18	1,77	6,42	13,65		15,03	1137
1400	0,13	1,24	4,62	10,23	14,06	16,40	1849
1500	0,09	0,90	3,43	7,80	10,93	17,56	2515
1600	0,07	0,68	2,61	6,07	8,62	18,54	4057
1700	0,05	0,53	2,04	4,82	6,91	19,31	5582
1800	0,04	0,42	1,63	3,88	5,62	19,9	7380
2000	0,03	0,28	1,09	2,64	3,86	20,5	11650

Таблиця 8

В'язкість пари цезію ($\eta \cdot 10^7, \text{ Па} \cdot \text{с}$)

Т, К	Одноатомна пара, η_1	Р, кПа					Лінія насичення, η_s
		10	100	400	1000	1500	
700	215,6						203,6
800	241,2	230,2					220,6
900	266,8	261,0					235,9
1000	292,2	288,9	264,1				250,2
1100	318,0	315,8	298,3				264,1
1200	343,6	342,0	329,3	298,1			277,9
1300	369,2	368,1	358,4	332,8	299,2		291,9
1400	394,8	393,9	386,4	365,3	334,8	316,7	306,2
1500	420,4	419,7	413,7	396,1	368,9	351,7	321,1
1600	446,0	445,4	440,5	425,6	401,4	385,4	336,4
1800	497,2	496,8	493,3	468,4	448,1	433,8	368,5
2000	548,4	548,1	545,4	536,9	521,5	510	-

Таблиця 9

Теплопровідність пари цезію ($\lambda \cdot 10^4, \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, λ_s
		10	100	400	1000	1500	
700	50,6						62,9
800	56,6	64,9					71,5
900	62,6	65,9					78,6
1000	68,6	70,1	79,8				84,4
1100	74,6	75,3	80,8				89,2
1200	80,6	81,0	84,1	90,3			93,4
1300	86,6	86,8	88,6	92,7	96,6		97,2
1400	92,6	92,7	93,8	96,5	99,3	100,4	100,9
1500	98,6	98,7	99,3	101,8	102,9	103,8	104,6
1600	104,6	104,6	105,0	106,1	107,3	107,9	108,4
1800	116,6	116,6	116,7	117,0	117,4	117,5	116,3
2000	548,4	548,1	545,4	536,9	521,5	510	-

Таблиця 10

В'язкість пари цезію ($\eta \cdot 10^7, \text{Па} \cdot \text{с}$)

Т, К	Одноатомна пара, η_1	Р, кПа					Лінія насичення, η_S
		10	100	400	1000	1500	
700	215,6						203,6
800	241,2	230,2					220,6
900	266,8	261,0					235,9
1000	292,2	288,9	264,1				250,2
1100	318,0	315,8	298,3				264,1
1200	343,6	342,0	329,3	298,1			277,9
1300	369,2	368,1	358,4	332,8	299,2		291,9
1400	394,8	393,9	386,4	365,3	334,8	316,7	306,2
1500	420,4	419,7	413,7	396,1	368,9	351,7	321,1
1600	446,0	445,4	440,5	425,6	401,4	385,4	336,4
1700	471,6	471,1	467,0	453,3	432,8	417,9	352,2
1800	497,2	496,8	493,3	468,4	448,1	433,8	368,5
2000	548,4	548,1	545,4	536,9	521,5	510	-

Таблиця 11

Теплопровідність пари цезію ($\lambda \cdot 10^4, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, λ_S
		10	100	400	1000	1500	
700	50,6						62,9
800	56,6	64,9					71,5
900	62,6	65,9					78,6
1000	68,6	70,1	79,8				84,4
1100	74,6	75,3	80,8				89,2
1200	80,6	81,0	84,1	90,3			93,4
1300	86,6	86,8	88,6	92,7	96,6		97,2
1400	92,6	92,7	93,8	96,5	99,3	100,4	100,9
1500	98,6	98,7	99,3	101,8	102,9	103,8	104,6
1600	104,6	104,6	105,0	106,1	107,3	107,9	108,4
1700	110,6	110,6	110,8	111,4	112,2	112,2	112,4
1800	116,6	116,6	116,7	117,0	117,4	117,5	116,3
2000	128,6	128,6	128,6	128,6	128,5	128,3	-

Таблиця 12

Складова теплопровідності пари цезію ($\lambda_3 \cdot 10^4, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, λ_S
		10	100	400	1000	1500	
700	50,6						47,9
800	56,6						52,1
900	62,6						55,8
1000	68,6	67,8	62,2				59,4
1100	74,6	74,1	70,0				62,8
1200	80,6	80,2	77,2	70,2			66,2
1300	86,6	86,3	84,0	78,0	71,0		69,7
1400	92,6	92,4	90,6	85,5	78,7	75,1	73,2
1500	98,6	98,4	97,0	92,7	86,4	82,7	77,0
1600	104,6	104,5	103,3	99,6	93,9	90,3	80,9
1700	110,6	110,5	109,5	106,4	101,3	97,9	85,1
1800	116,6	116,5	115,6	113,0	108,4	105,2	89,3
2000	128,6	128,5	127,9	125,8	122,2	119,5	-

Таблиця 13

Складова теплопровідності пари цезію ($\lambda_p \cdot 10^4, \text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$)

Т, К	Одноатомна пара, λ_1	Р, кПа					Лінія насичення, λ_s
		10	100	400	1000	1500	
700	50,6						14,9
800	56,6	10,8					19,5
900	62,6	4,7					22,8
1000	68,6	2,3	17,6				25,0
1100	74,6	1,3	10,8				26,4
1200	80,6	0,8	6,9	20,1			27,1
1300	86,6	0,5	4,6	14,7	25,6		27,5
1400	92,6	0,3	3,2	10,9	20,6	25,3	27,7
1500	98,6	0,2	2,4	8,3	16,5	21,1	27,6
1600	104,6	0,2	1,8	6,4	15,4	17,6	27,5
1700	110,6	0,1	1,4	5,1	10,9	14,6	27,3
1800	116,6	0,1	1,1	4,1	9,0	12,3	27,0
2000	128,6	0,1	0,7	2,7	6,3	8,8	-

Таблиця 14

Молярна доля молекул в парі цезію $X_2, \%$ (при $D_0^0 = 44380 \text{ Дж} / \text{моль}$)

Т, К	Р, кПа					На лінії насичення	Тиск на лінії насичення P_s , кПа
	10	100	400	1000	1500		
700						3,33	4,52
800	2,72					5,31	20,59
900	1,27					7,43	66,56
1000	0,68	6,07				9,56	169,8
1100	0,40	3,75				11,75	364,9
1200	0,26	2,46	8,65			13,40	689,6
1300	0,18	1,70	6,20	13,26		15,01	1180
1400	0,13	1,23	4,58	10,16	13,97	16,39	1864
1500	0,09	0,92	3,48	7,92	11,08	17,54	2760
1600	0,07	0,71	2,71	6,30	8,92	18,47	3880
1700	0,06	0,56	2,16	5,09	7,28	19,21	5221
1800	0,05	0,45	1,75	4,17	6,02	19,80	6780
2000	0,03	0,31	1,21	2,93	4,27	-	-

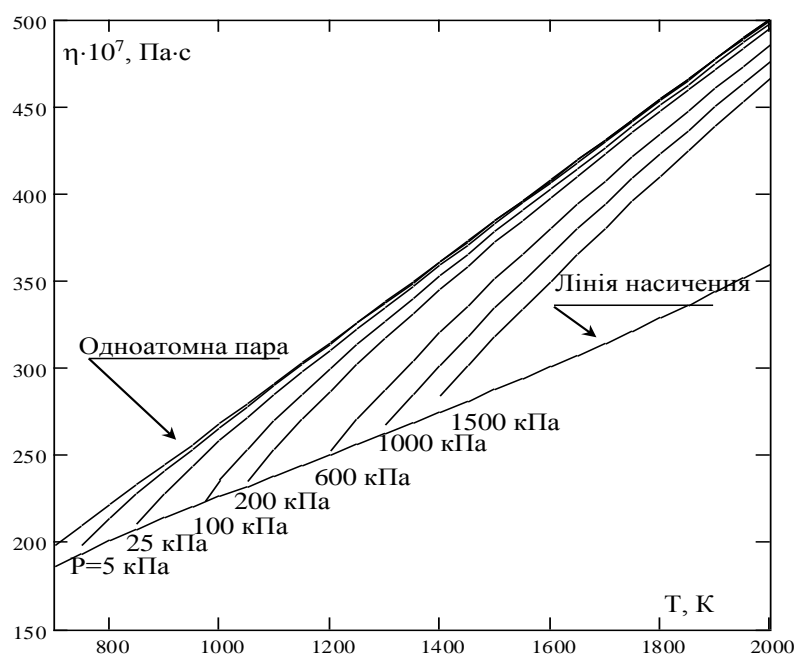


Рис. 3. В'язкість пари рубідію

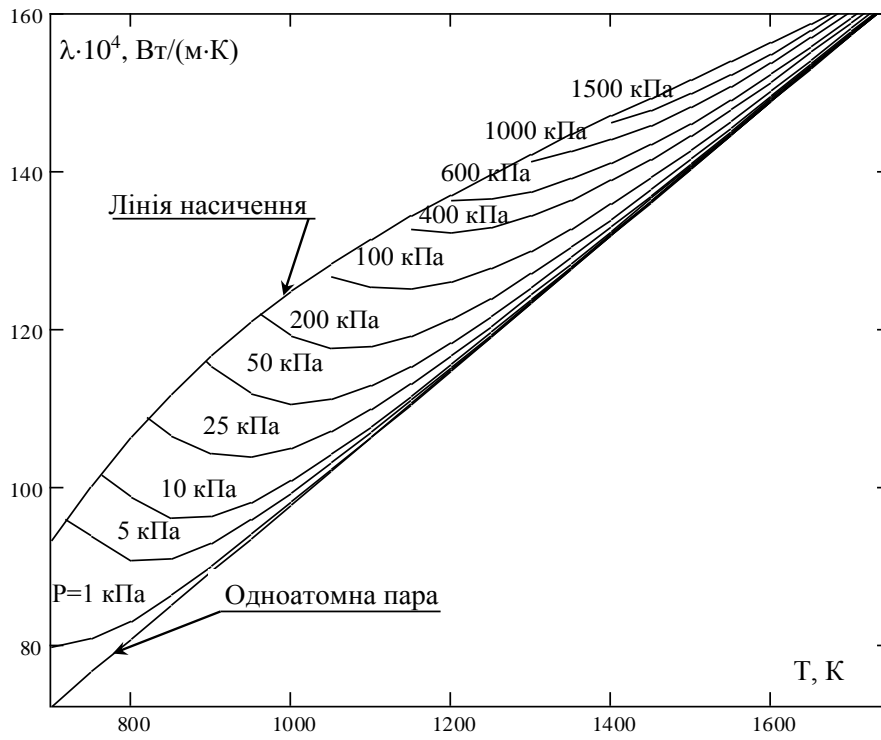


Рис. 4. Теплопровідність пари рубідію

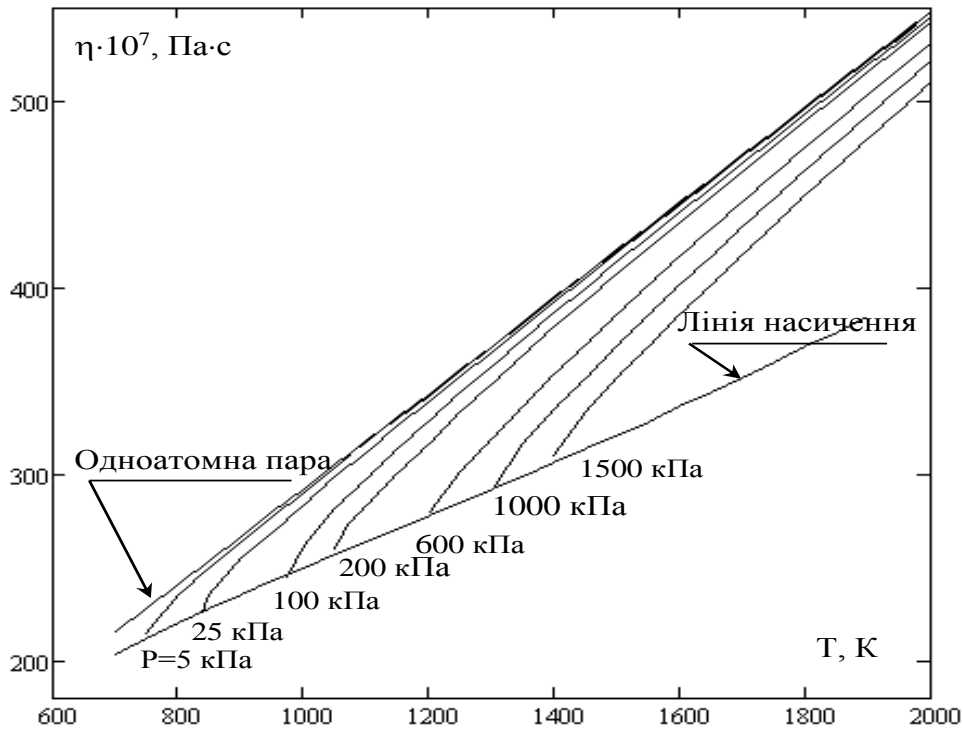


Рис. 5. В'язкість пари цезію

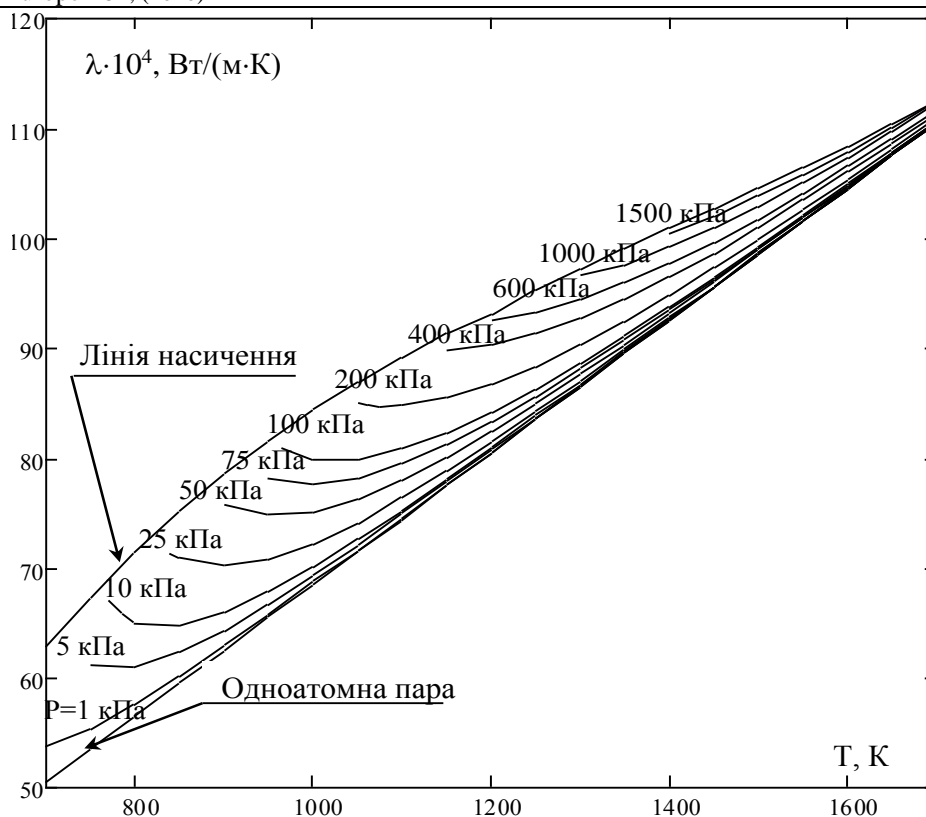


Рис. 6. Теплопровідність пари цезію

Таблиця 15

Похибки табличних значень в'язкості та теплопровідності, %

Т, К	Цезій				Рубідій			
	η_1	λ_1	η_s	λ_s	η_1	λ_1	η_s	λ_s
≤ 1650	3	3,5	5	6	3,5	4	5	6
> 1650	4,0	5,0	10	10	4,5	5,5	10	10

На практиці, коефіцієнти теплопровідності та в'язкості лужних металів у газовій фазі зручно розраховувати за співвідношеннями [2]:

$$\eta(T, x_2) = \eta_1(T) \left(1 + \sum_{n=1}^m A_n x_2^n \right), \tag{9}$$

$$\lambda(T, x_2) = \lambda_1(T) \left(1 + \sum_{n=1}^m (B_n^{BH} + B_n^{II}) x_2^n + B_p (\Delta H / RT)^2 x_2 (1 - x_2) / (1 + x_2)^2 \right) \tag{10}$$

$$\lambda_{BH}(x_2, T) = \lambda_1(T) \sum_{n=1}^m B_n^{BH} x_2^n, \tag{11}$$

$$\lambda_{II}(x_2, T) = \lambda_1(T) \left(1 + \sum_{n=1}^m B_n^{II} x_2^n \right), \tag{12}$$

$$\lambda_3(x_2, T) = \lambda_1(T) \left(1 + \sum_{n=1}^m B_n x_2^n \right), \tag{13}$$

$$\lambda_3(x_2, T) = \lambda_1(T) \left(1 + \sum_{n=1}^m B_n x_2^n \right), \tag{14}$$

$$\lambda_p(x_2, T) = B_p \left(\frac{T_p}{T} \right)^2 \frac{x_2 (1 - x_2)}{(1 + x_2)^2}, \tag{15}$$

де X_2 – молярна доля двохатомних молекул в парі лужного металу, ΔH – тепловий ефект реакції дисоціації молекул при температурі T , коефіцієнти: $A_n, B_n^{BH}, B_n^{II}, B_p$ наведено в таблиці, вони

визначаються через відносні перерізи зіткнень та термодинамічні константи пари лужних металів, їх числові значення наведено в таблиці 16.

Таблиця 16

Коефіцієнти рівнянь (9–15)						
n	1	2	3	1	2	3
Коефіцієнт	Рубідій			Цезій		
A_n	-1.916	3.594	-6.615	-1.762	3.073	-5.256
B_n	-2.172	4.171	-7.903	-1.987	3.571	-6.316
B_n^n	-2.374	4.414	-8.195	-2.231	3.852	-6.640
B_n^{BH}	0.202	-0.243	0.292	0.244	-0.281	0.324
B_p	0.145			0.151		

Коефіцієнти в'язкості та теплопровідності цезію і рубідію в газовій фазі на ізобарах досить точно апроксимуються поліномами третього порядку:

$$\eta \cdot 10^7 = \sum_0^3 c_n \tau^n, \quad Pa \cdot c, \quad (16)$$

$$\lambda \cdot 10^4 = \sum_0^3 b_n \tau^n, \quad \frac{Wm}{m \cdot K}, \quad (17)$$

$$\text{де } \tau = \frac{T}{1000}, \quad T = T^* \dots 2000K.$$

Похибка апроксимації менша 1%, що значно нижче похибок табличних значень η і λ . Коефіцієнти рівнянь (16, 17) наведено в таблицях 17, 18

Таблиця 17

Коефіцієнти рівнянь (16,17) для пари рубідію									
P, кПа	T*, K	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
		В'язкість				Теплопровідність			
25	850	-157.5	593.6	-225.1	46.5	260.5	-401.6	314.5	-66.7
50	900	-233.6	717.1	-293.2	59.2	324.5	-508.5	373.4	-77.4
100	1000	-298.9	800.2	-327.5	63.5	325.7	-477.8	336.9	-66.9
200	1050	-380.6	891.4	-358.7	51.2	387.2	-562.5	374.2	-72.1
400	1150	-444.2	928.7	-353.2	61.4	421.0	-591.2	376.8	-70.4
1000	1300	-508.6	923.7	-317.7	51.2	442.7	-582.5	350.8	-62.9
P _s	700	64.0	223.8	-85.5	23.8	-60.9	337.1	-195.0	43.2

Таблиця 18

Коефіцієнти рівнянь (16,17) для пари цезію									
P, кПа	T*, K	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
		В'язкість				Теплопровідність			
25	850	-114.7	536.5	-174.5	36.0	123.0	-163.7	143.9	-30.7
50	900	-180.0	641.3	-232.3	45.7	157.0	-219.5	174.1	-35.8
100	1000	-247.4	730.9	-271.6	52.2	193.0	-274.4	201.6	-40.3
200	1050	-341.2	861.4	-337.0	54.2	198.5	-264.1	185.1	-35.3
400	1150	-522.1	1139.9	-494.5	95.1	175.7	-198.1	133.5	-23.2
1000	1300	-257.6	501.8	-56.3	0.04	304.9	-417.7	260.5	-47.9
P _s	700	59.7	264.9	-103.1	28.4	-49.8	248.8	-149.2	34.5

Із таблиць 6, 12 видно, що «заморожена» складова теплопровідності λ_3 для пари цезію і рубідію зменшується з ростом концентрації молекул, а «реакційна» λ_p збільшується (табл. 7, 13). Сумарний їх вклад залежить від величини β_{12}^2 та значень термодинамічних констант. Для пари Cs і Rb максимальне значення ефекту тиску

$(\lambda_s - \lambda_1)/\lambda_1 \approx 10 \div 30\%$ приймає при $T = 700 \dots 1300K$ (табл. 3,9, рис. 6), тому за межами вказаного інтервалу температури визначення відносних перерізів зіткнень β_{12}^2 із експериментальних даних по теплопровідності пов'язано із суттєвими труднощами.

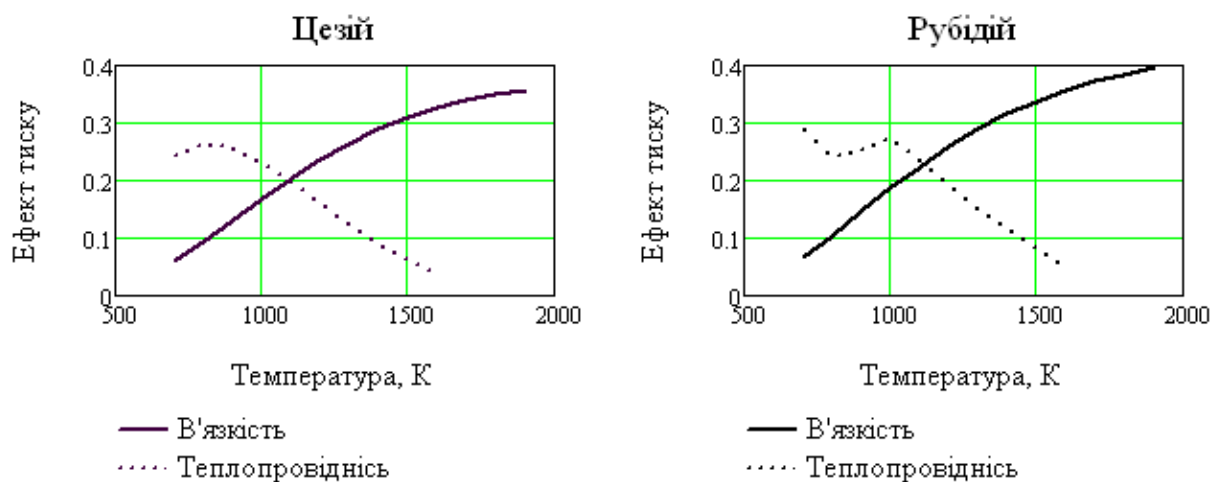


Рис. 7. Ефект тиску в парі рубідію та цезію

В'язкість в залежності від тиску (концентрації молекул) для пари лужних металів суттєво змінюється в широкому інтервалі температур. Для $T = 800...2000K$ ефект тиску для в'язкості в парі Cs і Rb складає $(\eta_1 - \eta_S) / \eta_S \approx 10 \div 40\%$

. Отже, при визначенні β_{12}^2 перевагу надати слід експериментальним даним по в'язкості пари лужних металів.

Цезій і рубідій мають досить низькі потенціали іонізації, тому у їх парі можуть протікати різноманітні іонізаційні процеси [22-25]. Оцінимо вклад електронної складової λ_e на теплопровідність пари, а іонної на в'язкість.

За порядком величини вплив електронної складової λ_e на теплопровідність складає [22]:

$$\frac{\lambda_e}{\lambda_1} = \frac{N_e \sigma_{11}^2}{N_a \sigma_{e1}^2} \sqrt{\frac{M}{m_e}}, \quad (18)$$

де m_e – маса електронів, M – маса атома, N_e і N_a – концентрація електронів і атомів в парі лужного металу, σ_{e1}^2 і σ_{11}^2 ефективні перерізи зіткнень «атом-електрон» і «атом-атом». Для грубих оцінок приймаємо $\sigma_{e1}^2 = \sigma_{11}^2$, отримаємо (табл. 19).

Таблиця 19

Вплив електронної компоненти на теплопровідність пари Cs і Rb

Т, К	Цезій		Рубідій	
	$\lambda_e / \lambda_1, \%$		$\lambda_e / \lambda_1, \%$	
	$P = 1 \text{ кПа}$	$P = 20 \text{ кПа}$	$P = 1 \text{ кПа}$	$P = 20 \text{ кПа}$
1500	0,8	0,5	0,2	0,15
1800	7,8	1,8	2,6	0,6
2000	40	33	16,9	12,0

Оцінимо в'язкість слабо іонізованої пари лужного металу [22, 20]:

$$\eta \sim \frac{\sqrt{T \cdot M}}{\sigma_{11}^2 + \sigma_p^2 \cdot \frac{N_i}{N_a}}, \quad (19)$$

де, σ_p^2 – ефективний переріз резонансної перезарядки іона на нейтральному атомі, N_i і N_a концентрація іонів і атомів в парі.

При енергії іонів 0,1-0,2 еВ $\sigma_p^2 \sim 450 \div 500 \text{ \AA}^2$ [23, 24] та згідно (19) маємо:

Вплив іонної компоненти на в'язкість пари

Т, К	Цезій		Рубідій	
	$\eta_i / \eta_1, \%$		$\eta_i / \eta_1, \%$	
	$P = 0.1 \text{ кПа}$	$P = 1 \text{ кПа}$	$P = 0.1 \text{ кПа}$	$P = 1 \text{ кПа}$
1800	1	0,5	0,4	0,2
2000	6	2	3	0,9

Із таблиць 19, 20 видно, що при температурах до 2000 К та тисках $P \geq 10 \text{ кПа}$ впливом іонізаційних процесів на коефіцієнти перенесення пари цезію і рубідію можна нехтувати, а пару цих металів розглядати як реагуючу двокомпонентну суміш атомів та двоатомних молекул.

Висновки: Отримані на основі експериментальних даних [13,14] перерізи зіткнень добре узгоджуються з літературними даними (рис. 1, 2), мають достатньо високу надійність і точність, тому розроблені на їх основі розрахункові рівняння та таблиці для в'язкості і теплопровідності цезію і рубідію в газовій фазі можна рекомендувати для практичного використання в інженерних та наукових розрахунках.

Література

1. Federico Bariselli, Aldo Frezzotti, Annick Hubin, Thierry E Magin. Aerothermodynamic modeling of meteor entry flows// *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Volume 492, Issue 2, February 2020, P. 2308-2325.
2. F. Bariselli, S. Boccelli, T. Magin, A. Frezzotti, A. Hubin Aerothermodynamic Modelling of Meteor Entry Flows in the Rarefied Regime in: 12th AIAA/ASME Joint Thermophysics and Heat Transfer Conference, Atlanta, GA, USA, June 25-29, 2018, ISBN: 9781624105524 Paper AIAA 2018-4180 (23 pages) doi:10.2514/6.2018-4180.
3. Варгафтик Н.Б., Керженцев В.В. Экспериментальное исследование теплопроводности пара цезия. -ТВТ. 1973. т.10. №1. с. 59-65.
4. Виноградов Ю.К. Экспериментальное изучение температурной зависимости теплопроводности паров цезия. - М.: МАИ. 1982. 16 с. Деп. ВИНТИ №5064-82.
5. Тимрот Д.Л., Махров В.В., Свириденко В.И., Реутов Б.Ф. Экспериментальное исследование теплопроводности паров цезия. - ТВТ. 1976. т.14. №1. с. 67-74.
6. Заркова Л.П., Стефанов Б.И. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности цезиевой плазмы. Докл. на Междунар. симпоз. по свойствам и приложению низкотемпературной плазмы при XX Междунар. конгр. по теоретической и прикладной химии. М. 1965. с. 239-247.
7. Сидоров Н.И., Тарлаков Ю.В.С. Яргин В.С. Результаты экспериментального исследования вязкости паров рубидия и цезия. - Изв. вузов. Энергетика. 1975. №4. с. 96-101.
8. Тимрот Д.Л., Махров В.В., Реутов Б.Ф. Экспериментальные исследования теплопроводности паров рубидия. ТВТ. 1978. Т.16. №5. с. 943-945.
9. Варгафтик Н.Б., Студников Е.Л. Экспериментальное исследование теплопроводности паров рубидия. Теплоэнергетика. 1972. №2. с. 81-83.
10. Lee D. I., Bonilla C.F. The viscosity of the Alkali Metal Vapors- Nucl. Eng. and Design. 1968. №5. p.455-469.
11. Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей / Пер. с англ. - М.: Иностран. лит. 1961. - 929 с.
12. Vargaftik N.B., Yargin V.S. Thermal conductivity and viscosity of the gaseous phase// Handbook of Thermodynamic and Transport Properties of Alkali Metals/ Ed.R/ Ohse.-Oxford. 1985. P.785-842.
13. Vargaftik, N.B., Vinogradov, Y.K., Dolgov, V.I., Dzis, V.G., Stepanenko, I.F., Yakimovich, Y.K., and Yargin, V.S., "Viscosity and Thermal Conductivity of Alkali Metal Vapors at Temperatures up to 2000 K," International Journal of Thermophysics, Vol. 12, No. 1, 1991, pp. 85-103.
14. Дзись В.Г., Степаненко И.Ф., Яргин В.С. Экспериментальное исследование вязкости цезия и рубидия в газовой фазе при высоких температурах /М.: МАИ. 1989. 38 с. Деп. ВИНТИ № 4206-В90.
15. Степаненко И.Ф. и др. Установка для измерения вязкости паров щелочных металлов при высоких температурах // Измерительная техника. 1987, №8, с.62-65.
16. Виноградов Ю.К., Степанов В.Г. Измерение теплопроводности паров рубидия при температурах до 1700 К. / М.: МАИ. 1990. 36 с. Деп. ВИНТИ №5114-В90.
17. Виноградов Ю. К. Разработка нестационарных методов исследования теплопроводности газов и измерение теплопроводности перспективных газовых теплоносителей. Автореферат дис. д-ра. т.н. М.: МЭИ. 1990. 34 с.
18. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Наука. 1972. 726 с.
19. ГСССД 12-87. Литий. натрий. калий. рубидий. цезий. Давление насыщенных паров при высоких температурах /А.Г. Мозговой. В.В. Рошупкин. М. А. Покрасин и др. -М.: Изд-во стандартов. 1988. - 38 с.
20. Термодинамические свойства индивидуальных веществ: Справочное издание. / Гурвич Л.В. и др. под ред. В.П. Глушко. 3-е изд. т.4. Кн.2. - М.: Наука. 1972. - 726 с.

21. Дзись В.Г. Экспериментальное исследование вязкости и разработка таблиц коэффициентов переноса цезия и рубидия в газовой фазе. Автореферат дис. канд. техн. наук. М.: МЭИ. 1990. 20 с.

22. Елецкий А.В., Палкина Л.А., Смирнов Б.М. Явления переноса в слабоионизованной плазме. М.: Атомиздат, 1975. –333с.

23. Галицкий В.М., Никитин Е.Е., Смирнов Б.М. Теория столкновений атомных частиц. М.: Наука, 1981. –256с.

24. Арефьев К.М. Явления переноса в газе и плазме. М.: Энергоатомиздат, 1983. –112с.

25. Ключарев А.И., Янсон М.Л. Элементарные процессы в плазме щелочных металлов. М.: Энергоатомиздат, 1988. –224с.

О ЗОНЕ БЛИЖАЙШЕГО К СИНГУЛЯРНОСТИ РАЗВИТИЯ НАШЕЙ ВСЕЛЕННОЙ

Кошман В.С.

канд. техн. наук, доцент,

Пермский государственный аграрно-технологический университет,
г. Пермь, Россия

ABOUT THE ZONE CLOSEST TO THE SINGULARITY OF THE DEVELOPMENT OF OUR UNIVERSE

Koshman V.

Cand. Tech. Sci., Associate Professor,

Perm State Agrarian and Technological University,
Perm, Russia

АННОТАЦИЯ

Эпоха Планка рассматривается как космологическое явление «сотворения» мира, когда по мере приближения к планковскому состоянию зарождающаяся Вселенная приобретает внутреннюю структуру, становится составной. Показано, что в объёме планковской ячейки отношение числа фотонов к числу барионов равно единице при представителе каждой из выделенных групп предков элементарных частиц порядка величины числа Авогадро.

ABSTRACT

The Planck epoch is considered as a cosmological phenomenon of the "creation" of the world, when as we approach the Planck state, the nascent universe acquires an internal structure, becomes composite. It is shown that in the volume of a Planck cell, the ratio of the number of photons to the number of baryons is equal to one when each of the selected groups of ancestors of elementary particles of the order of magnitude of the Avogadro number is represented.

Ключевые слова: модель расширяющейся Вселенной, реликтовое излучение, планковские величины, закон Стефана – Больцмана, эпоха Планка, фотоны, барионы, число Авогадро, первичный ядерный взрыв.

Keywords: model of the expanding Universe, relic radiation, Planck quantities, Stefan – Boltzmann law, Planck epoch, photons, baryons, Avogadro number, primary nuclear explosion.

*«На наш взгляд, планковский уровень сегодня следует рассматривать в качестве предела физического бытия, за которым либо нет ничего физического, либо начинается радикально другая физика»
В.Д. Эрекаев*

В силу законов общей теории относительности из однородных и изотропных моделей А.А. Фридмана (1922 г.) следует сингулярность. Сингулярность – это модельная космологическая ситуация, когда при времени t , устремленному к нулю, объём V мира устремляется к абстрактной математической точке, а плотность ρ материи и её температура T - к бесконечности. В современной космологии выделяется первоначальная т. н. планковская эпоха развития нашей Вселенной. Длительность данной эпохи отсчитывается от $t = 0$ до $t = t_{PL} = 10^{-43}$ с. Планковское время t_{PL} определяется через скорости света в вакууме c , гравитационную постоянную

G и постоянную Планка h (она обычно записывается с чертой) как $t_{PL} = \left(\frac{Gh}{c^5}\right)^{1/2}$. Заметим, что при выходе на планковскую температуру $T_{PL} = 10^{32}$ Кв (отличие от иных планковских величин) учитывается и постоянная Больцмана k .

При теоретической реконструкции эволюции Вселенной, во введении к работе [1] отмечается: «Исследование космологической сингулярности имеет принципиальное значение. Это состояние удалено от нас по времени более чем на 10 миллиардов лет. Однако нельзя забывать, что каждая частица (или ее предки) вышла из горнила сингулярности». Тем самым, с одной стороны, как бы подчеркивается особая значимость космологических моделей наследственного типа, а с другой, как бы предлагается наделить эпоху Планка, скажем так, микроструктурной динамикой. Ниже предпримем попытку взглянуть на события в ранней Вселенной с той позиции, что эпоха Планка представляет собой космологическое явление «сотворения» мира,

VOL 1, No 51 (2020)

Sciences of Europe
(Praha, Czech Republic)

ISSN 3162-2364

The journal is registered and published in Czech Republic.
Articles in all spheres of sciences are published in the journal.

Journal is published in Czech, English, Polish, Russian, Chinese, German and French.

Articles are accepted each month.

Frequency: 12 issues per year.

Format - A4

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

All manuscripts are peer reviewed by experts in the respective field. Authors of the manuscripts bear responsibility for their content, credibility and reliability.

Editorial board doesn't expect the manuscripts' authors to always agree with its opinion.

Chief editor: Petr Bohacek

Managing editor: Michal Hudecek

- Jiří Pospíšil (Organic and Medicinal Chemistry) Zentiva
- Jaroslav Fährnich (Organic Chemistry) Institute of Organic Chemistry and Biochemistry Academy of Sciences of the Czech Republic
- Smirnova Oksana K., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of History (Moscow, Russia);
- Rasa Boháček – Ph.D. člen Česká zemědělská univerzita v Praze
- Naumov Jaroslav S., MD, Ph.D., assistant professor of history of medicine and the social sciences and humanities. (Kiev, Ukraine)
- Viktor Pour – Ph.D. člen Univerzita Pardubice
- Petrenko Svyatoslav, PhD in geography, lecturer in social and economic geography. (Kharkov, Ukraine)
- Karel Schwaninger – Ph.D. člen Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
- Kozachenko Artem Leonidovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Department of History (Moscow, Russia);
- Václav Pittner -Ph.D. člen Technická univerzita v Liberci
- Dudnik Oleg Arturovich, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Department of Physical and Mathematical management methods. (Chernivtsi, Ukraine)
- Konovalov Artem Nikolaevich, Doctor of Psychology, Professor, Chair of General Psychology and Pedagogy. (Minsk, Belarus)

«Sciences of Europe» -

Editorial office: Křižíkova 384/101 Karlín, 186 00 Praha

E-mail: info@european-science.org

Web: www.european-science.org