

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.193.01
(Д 002.110.02), СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.03.2024г. № 3

О присуждении Апфельбауму Евгению Михайловичу, гражданину Российской Федерации ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Законы подобия на основе идеальных линий и теплофизические свойства веществ на фазовой диаграмме жидкостей» по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника принята к защите 20.12.2023 г. (протокол заседания № 18/1) диссертационным советом 24.1.193.01 (Д 002.110.02), созданным на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук (125412, г. Москва, Ижорская ул., д. 13, стр. 2, (495) 485-8345, jiht.ru), утвержденного Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 86/нк от 26.01.2022г.

Соискатель Апфельбаум Евгений Михайлович 1975 года рождения, в 1998 году окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)». В 2001 году окончил очную аспирантуру Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Московский физико-технический институт (государственный университет)».

Диссертацию на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук на тему: «Численные модели широкодиапазонных

электронных коэффициентов переноса металлов в жидкой и газообразной фазах» по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника» защитил 25 февраля 2004 г. в диссертационном совете Д 002.110.02, созданном на базе Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Работает в должности старшего научного сотрудника лаборатории № 7.2. теплофизических и кинетических свойств веществ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Диссертация выполнена в лаборатории № 7.2. теплофизических и кинетических свойств веществ Федерального государственного бюджетного учреждения науки Объединенного института высоких температур Российской академии наук.

Официальные оппоненты:

- доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник сектора теоретической астрофизики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Физико-Технического института им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук Потехин Александр Юрьевич

- доктор физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории фазовых переходов в сильно коррелированных и неупорядоченных системах Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики высоких давлений им. Л.В. Верещагина Российской академии наук Фомин Юрий Дмитриевич

- доктор физико-математических наук, профессор кафедры общей физики и ядерного синтеза Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ» Елецкий Александр Валентинович
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр проблем

химической физики и медицинской химии Российской Академии Наук в своем положительном заключении, составленном членом - корреспондентом РАН, г.н.с., д.ф.-м.н. Минцевым В. Б. (утвержденном 20.02.2024 г. зам. директора д. х. н. Бадамшиной Э. Р.) указала, что научная значимость работы определяется в первую очередь исследованием в ней теплофизических свойств вещества в области малодоступной как для экспериментального, так и теоретического исследования современными методами, а также к созданию эффективных подходов для получения теплофизической информации о той части фазовой диаграммы, которая характерна для металлов в состоянии низкотемпературной плазмы, расширенных металлов и металлов в околоскритической и надкритической области параметров. Актуальными являются также разработка простых подходов, к которым относятся методы, построенные на законах подобия, а также приближенные методы расчёта для плазмы металлов в рамках химического подхода, который может обеспечивать достаточно надежные результаты для области разреженных состояний металлов.

Отмечается, что в работе предложен ряд новых законов подобия на основе существующих и новых идеальных линий для различных физических величин, в определении области применимости установленных законов подобия, разработке методов построения бинодалей жидкость-газ и построении модели расчёта теплофизических свойств металлов и полупроводников. Выше перечисленное позволило исследовать фазовые диаграммы с новыми идеальными линиями, построить кривые сосуществования для металлов, для которых они недоступны из эксперимента, получить параметры их критических точек, рассчитать термодинамические и переносные свойства ряда веществ в важнейшей области фазовой диаграммы и рассмотреть вопрос о применимости изучаемых законов подобия для многокомпонентных систем на примере низкотемпературной плазмы металлов.

Высоко оценена и теоретическая и практическая значимость работы. В частности, предложенные в работе законы подобия на основе идеальных линий имеют фундаментальное значение, так как дополняют наши знания о структуре фазовой диаграммы вещества. Построено общее уравнение для бинодали жидкость-газ и разработана методика определения параметров критических точек, что позволяет сравнительно просто применить это для тех веществ, где эксперимент, так сложные методы расчёта не позволяют этого сделать. Разработан программный код для вычисления теплофизических свойств низкотемпературной плазмы металлов. Получены данные о теплофизических свойствах низкотемпературной плазмы металлов, которые имеют широкую область применения в различных прикладных задачах, связанных с высокоэнергетическими процессами, включая задачи о взаимодействии мощных потоков частиц или излучения с веществом, построены соответствующие аналитические зависимости для применения полученных результатов в широкой области плотностей и температур.

Соискатель имеет 74 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 39 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 39 работ:

1. Apfelbaum E. M., Vorob'ev V. S., Martynov G. A. The unit compressibility factor and critical parameters of mercury // Chem. Phys. Lett. — 2005. — Vol. 413, no. 4–6. — P. 342–345.
2. Apfelbaum E., Vorob'ev V. S., Martynov G. Triangle of liquid- gas states // The Journal of Physical Chemistry B. —2006.—Т. 110, № 16.—С. 8474—8480.
3. Apfelbaum E., Vorob'ev V. Correspondence between the critical and the Zeno-line parameters for classical and quantum liquids // The Journal of Physical Chemistry B. —2009.—Т. 113, № 11.—С. 3521—3526.
4. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The confirmation of the critical point-Zeno-line similarity set from the numerical modeling data for different interatomic potentials // The Journal of chemical physics. —2009.—Т. 130, № 21.
5. Apfelbaum E., Vorob'ev V. Correspondence between thermodynamics of lattice

- models and real substances at the liquid- gas domain of the phase diagram // The Journal of Physical Chemistry B. —2010.—T. 114, № 30.—C. 9820—9826.
6. Apfelbaum E. Estimate of beryllium critical point on the basis of correspondence between the critical and the zeno-line parameters // The Journal of Physical Chemistry B. —2012.—T. 116, № 50.—C. 14660—14666.
7. Apfelbaum E., Vorob'ev V. Note: The universal relations for the critical point parameters // The Journal of Chemical Physics. —2013.—T. 139, № 4.
8. Apfelbaum E., Vorob'ev V. Regarding the Universality of Some Consequences of the van der Waals Equation in the Supercritical Domain // The Journal of Physical Chemistry B. —2013.—T. 117, № 25.—C. 7750—7755.
9. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The similarity law for the Joule–Thomson inversion line // The Journal of Physical Chemistry B. — 2014. — T. 118, № 42. —C. 12239—12242.
10. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The Similarity Relations Set on the Basis of Symmetrization of the Liquid–Vapor Phase Diagram // The Journal of Physical Chemistry B. —2015.—T. 119, № 26.—C. 8419—8424.
11. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The Wide-Range Method to Construct the Entire Coexistence Liquid–Gas Curve and to Determine the Critical Parameters of Metals // The Journal of Physical Chemistry B. — 2015. — T. 119, № 35. —C. 11825—11832.
12. Воробьев В. С., Апфельбакм Е. М. Обобщенные законы подобия на основе некоторых следствий уравнения Ван-дер-Ваальса // ТВТ. — 2016. — Т. 54, № 2. —С. 186—196.
13. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The Zeno line for Al, Cu, and U // The Journal of Physical Chemistry B. —2016.—T. 120, № 21.—C. 4828—4833.
14. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The application of the Zeno line similarities to alkaline earth metals // Journal of Molecular Liquids.—2017.—T. 235.—C. 149—154.
15. Apfelbaum E., Vorob'ev V. Similarity laws for the lines of ideal free energy and chemical potential in supercritical fluids // The Journal of Physical Chemistry

- B. —2017.—Т. 121, № 37.—С. 8802—8808.
16. Apfelbaum E. The Zeno line and binodal for Ga // *Journal of Molecular Liquids*.—2018.—Т. 263.—С. 237—242.
17. Apfelbaum E., Vorob'ev V. Systematization of the Critical Parameters of Substances due to Their Connection with Heat of Evaporation and Boyle Temperature // *International Journal of Thermophysics*. — 2020. — Т. 41. — С. 1—14.
18. Apfelbaum E., Vorob'ev V. The Line of the Unit Compressibility Factor (Zeno-Line) for Crystal States // *The Journal of Physical Chemistry B*. — 2020. — Т. 124, № 24.— С. 5021—5027.
19. Apfelbaum E. The ideal lines on the phase diagrams of liquids in 2D space // *Journal of Molecular Liquids*.—2021.—Т. 334.—С. 116088.
20. Апфельбаум Е. М., Воробьев В. С. Линии единичного фактора сжимаемости и идеальной энтальпии на фазовой диаграмме жидкостей // *Журнал Физической Химии*.— 2022.—Т. 96, № 7.—С. 959—966.
21. Apfelbaum E. The Line of Ideal Isothermal Compressibility // *The Journal of Physical Chemistry B*. —2022.—Т. 126, № 15.—С. 2912—2920.
22. Апфельбаум Е. М. Расчет бинодали висмута на основе законов подобия для линии единичного фактора сжимаемости // *ТВТ*. — 2022. — Т. 59, № 4. —С. 507—513.
23. Апфельбаум Е. М. Бинодаль серы и законы подобия для линии единичного фактора сжимаемости // *ТВТ*. — 2022. — Т. 60, № 4. —С. 629—623.
24. Apfelbaum E. Calculation of electronic transport coefficients of Ag and Au plasma // *Physical Review E*.—2011.—Т. 84, № 6.—С. 066403.
25. A wide-range model for simulation of pump-probe experiments with metals /M. E. Povarnitsyn, N. E. Andreev, E. M. Apfelbaum, T. E. Itina, K. V. Khishchenko, O. F. Kostenko, P. R. Levashov, M. E. Veysman // *Applied Surface Science*.— 2012.— Т. 258, № 23.—С. 9480—9483.
26. Apfelbaum E. The electron transport coefficients of boron and silicon plasma //

- Contributions to Plasma Physics. —2013.—Т. 53, № 4/5.—С. 317—325.
27. Apfelbaum E. The calculation of thermophysical properties of nickel plasma // Physics of Plasmas.— 2015.—Т. 22, № 9.
28. Apfelbaum E. The Thermophysical Properties of Iron Plasma // Contributions to Plasma Physics.— 2016.—Т. 56, № 3/4.—С. 176—186.
29. Apfelbaum E. The calculations of thermophysical properties of molybdenum plasma // Physics of Plasmas.—2017.—Т. 24, № 5.
30. Апфельбаум Е. М. Расчёт теплофизических свойств плазмы титана и цинка // ТВТ. —2017.—Т. 55, № 1.—С. 3—14.
31. Apfelbaum E. The pressure, internal energy, and conductivity of tantalum plasma // Contributions to Plasma Physics.—2017.—Т. 57, № 10.—С. 479— 485.
32. Апфельбаум Е. М. Отклонения от закона Видемана–Франца в частично ионизованной плазме металлов // ТВТ. —2018.—Т. 56, № 4.—С. 635—638.
33. Apfelbaum E. The calculations of thermophysical properties of low-temperature carbon plasma // Physics of Plasmas. —2018.—Т. 25, № 7.
34. Apfelbaum E. M. The thermophysical properties of low-temperature Pb plasma // Contributions to Plasma Physics. —2019.—Т. 59, № 4/5.—e201800148.
35. Apfelbaum E. M. The calculations of thermophysical properties of low-temperature gallium plasma // Physics of Plasmas. —2020.—Т. 27, № 4.
36. Apfelbaum E. M. Calculations of the thermophysical properties of low-temperature Pb plasma at low densities // Contributions to Plasma Physics. — 2021.—Т. 61, № 10.— e202100063.
37. Apfelbaum E. M. Расчет теплофизических свойств низкотемпературной плазмы висмута // Физика Плазмы.—2022.—Т. 48, №10.—С. 937—943.
38. Apfelbaum E. M. The calculations of thermophysical properties of low-temperature indium plasma // Physics of Plasmas. —2023.—Т. 30, № 4.
39. Апфельбаум Е. М. Линия единичного фактора сжимаемости в низкотемпературной плазме металлов // Физика Плазмы. — 2023. — Т. 48, № 8. — С. 789—796.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», (д.ф.-м.н., профессор Синкевич О. А.) – отзыв положительный, содержит 2 замечания

- В автореферате не упоминается связь представленных результатов с работами известного российского учёного Маслова В. П., хотя он занимался близкими вещами.

- Вопрос о связи формы потенциала взаимодействия с формой идеальных линий на мой взгляд требует более детального описания.

2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр «Институт общей физики им. А. М. Прохорова Российской академии наук» (д.ф.-м.н., г.н.с. Игнатов А. М.) – отзыв положительный, без замечаний.

3. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет)» (д.ф.-м.н., профессор Ткаченко С. И.) – отзыв положительный, содержит одно замечание:

- Мне кажется, было бы полезно указать при моделировании каких процессов или оценках каких параметров при обработке экспериментальных данных были использованы результаты, полученные в диссертации. Кроме того, было бы полезно узнать, насколько полученные результаты соответствуют требованиям по размещению их в базах данных теплофизических свойств веществ.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии

наук (ИТФ им. Д. Д. Ландау РАН). (чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., г.н.с. Иногамов Н. А.) - отзыв положительный, содержит 4 замечания:

- В перечне "научная новизна" пункт 2, хорошо бы объяснить, что означают слова "*Впервые на основе численного моделирования для 2х и 3х мерных систем*" про 2х и 3х мерные системы.

- В пункте 4 этого перечня нарушена грамматика "*Построена химическая модель расчёта термодинамических свойств и ионного состава в области низкотемпературной плазмы и полупроводников.*"

- Хорошо бы пояснить, что означают слова про геометрическое подобие. Это нормировка значений давления плотности и температуры на критические параметры? Да, далее разъяснено.

- стр. 23. Написано "Кроме того металл не может быть представлен как однокомпонентная система во всём необходимом диапазоне плотностей, как это можно сделать для обычных газов и жидкостей". Надо бы пояснить почему. Из-за ионизации при повышенных температурах?

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается:

- д.ф.-м.н., г.н.м. Потехин Александр Юрьевич является ведущим ученым в области физики плазмы, статистической физики и астрофизики, а также переносных и термодинамических свойств веществ. Результаты его исследований использовались в данной диссертации при построении химической модели. Основные публикации Потехина А. Ю.:

1. Kozhberov A. A., Potekhin A. Y. Electrostatic energy of Coulomb crystals with polarized electron background //Physical Review E. – 2021. – V. 103. – №. 4. – 043205.;

2. Mazevet S. Licari, A., Chabrier, G., &Potekhin, A. Y. Ab initio based equation of state of dense water for planetary and exoplanetary modeling //Astronomy & Astrophysics. – 2019. – V. 621. – A128.;

3. Mushtukov, A. A., Markozov, I. D., Suleimanov, V. F., Nagirner, D. I., Kaminker, A. D., Potekhin, A. Y., Zwart, S. P.. Statistical features of multiple Compton scattering in a strong magnetic field //Physical Review D. – 2022. – V. 105. – №. 10. – 103027.

- д.ф.-м.н., в.н.с. Фомин Юрий Дмитриевич является признанным специалистом в области статистической физики, физики жидкостей, физики конденсированного вещества, физики плавления и расчётов фазовых диаграмм, включая и системы разной размерности. Последний пункт особенно коррелирует с результатами, представленными в диссертации. Основные публикации Фомина Ю. Д.:

1. Fomin Y. D. Boiling line and near-critical maxima of propane-nitrogen mixtures //Physical Review E. – 2022. – V. 106. – №. 6. – 064102.;
2. Tsiok E. N. Fomin, Y. D., Gaiduk, E. A. et al. The role of attraction in the phase diagrams and melting scenarios of generalized 2D Lennard-Jones systems //The Journal of Chemical Physics. – 2022. – V. 156. – №. 11. – 114703;
3. Рыжов, В. Н., Тареева, Е. Е., Фомин, Ю. Д., Циок, Е. Н. Сложные фазовые диаграммы систем с изотропными потенциалами: результаты компьютерного моделирования //Успехи физических наук. – 2020. – Т. 190. – №. 5. – С. 449-473.

- д.ф.-м.н., профессор Елецкий Александр Валентинович является ведущим учёным в области атомной и молекулярной физики, термодинамики и переносных свойств, а также в физике наноструктур. Его исследования в области электропроводности различных структур соответствуют вопросам, рассматриваемым в диссертации. Основные публикации Елецкого В. А.:

1. Bocharov G. S., Eletsii A. V. Percolation conduction of carbon nanocomposites //International Journal of Molecular Sciences. – 2020. – V. 21. – №. 20. – P. 7634;
2. Eletsii A. V. Phase change materials with enhanced thermal conductivity and

heat propagation in them //Physchem. – 2022. – V. 2. – №. 1. – P. 18-42.;

3. Bocharov G. S., Eletsii A. V. Percolation phenomena in nanocarbon composites //Fullerenes, Nanotubes and Carbon Nanostructures. – 2020. – V. 28. – №. 2. – P. 104-111.

- Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр химической физики и медицинской химии Российской Академии Наук является профильной организацией, специализирующейся на проведении исследований в области термодинамики, строения вещества и структуры твёрдых тел, включая построение уравнений состояния и фазовых диаграмм. Кроме этого в тематику этой организации входит и физики плазмы, включая физику низкотемпературной плазмы. При этом особое внимание уделяется изучению экстремальных состояний вещества в процессе ударно-волнового сжатия. Все эти направления полностью соответствуют и тематике диссертации. Основные публикации:

1. Жерноклетов М. В. и др. Ударно-волновое сжатие азотного флюида в диапазоне давлений 140–250 ГПа. // ЖЭТФ – 2023. – Т. 163. – №. 2. – С. 274;
2. Zaporozhets Y. V. et al. The investigation of the optics of shock - compressed strongly correlated plasma //Contributions to Plasma Physics. – 2021. – V. 61. – №. 10. – e202100110.;
3. Николаев Д. Н., Ломоносов И. В. Уравнение состояния оксида железа при давлении ≤ 1 ТПа // Теплофизика высоких температур. – 2023. – Т. 61. – №. 2. – С. 318-320.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

– Были найдены новые идеальные линии и новые соотношения подобия, на основе анализа обширного массива экспериментальных данных, которые

могут быть использованы и уже использовались соискателем для построения фазовых диаграмм широкого круга реальных веществ.

– Путём исследования численными методами модельных систем в 2х и 3х мерных пространствах найденные соотношения подобия были проверены и установлена область их применимости, а также фундаментальная связь с параметрами потенциала взаимодействия.

– На основе теории критических явления и соотношений подобия, связанных с идеальными линиями, включая и найденные в диссертации, построено общее аналитическое интерполяционное уравнение для бинодали жидкость-газ и метод оценки положения критической точки, которое было применено для металлов, для которых эти величины не могут быть получены из эксперимента или более точных методов расчёта.

– Построена модель расчёта термодинамических и переносных свойств низкотемпературной плазмы металлов и впервые проведён соответствующий расчёт для ряда металлов, в том числе галлий, висмут и индий.

– С помощью разработанной модели теплофизических свойств для низкотемпературной плазмы металлов найдены законы подобия для идеальных линий многокомпонентных систем.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

– Получены общие закономерности, в виде соотношений подобия для идеальных линий и их параметров, которые могут служить и уже служат критериями корректности произвольного метода, используемого при построении фазовой диаграммы широкого круга веществ.

– Установлена связь найденных соотношений подобия с параметрами потенциала межчастичного взаимодействия, что позволило найти область их корректного применения на микроскопическом уровне.

– Построено общее интерполяционное уравнение для бинодали жидкость-газ, применимое для широкого круга веществ.

– Впервые рассмотрен вопрос о применения законов подобия, связанных с идеальными линиями для многокомпонентных систем, и найдены соответствующие соотношения подобия, отличные от случая однокомпонентных веществ.

– Впервые рассчитаны теплофизические свойства низкотемпературной плазма ряда металлов, для которых до сих пор не было ни измерений, ни расчётов других исследователей.

Значение полученных соискателем результатов **исследования для практики подтверждается** тем, что:

– Выведенное в работе уравнение и методика расчёта бинодали может сравнительно просто применяться и уже применялось для определения положения этой линии и оценки координат критических точек для тех веществ, где как эксперимент, так и более сложные и строгие методы расчёта не позволяют этого сделать, таким как металлы и полупроводники.

– Полученные в работе соотношения подобия могут использоваться как критерий при практическом отборе уравнений состояния для прикладных задач.

– Результаты расчёта теплофизических свойств низкотемпературной плазмы металлов уже применяются в различных макроскопических задачах, связанных с гидро- и газодинамикой, и, в частности, с взаимодействием потоков частиц или излучения с веществом. Для удобства практического применения данные расчётов, полученные в диссертации, для ряда металлов были дополнительно аппроксимированы аналитическими зависимостями в широкой области плотностей и температур.

Оценка достоверности результатов строилась на сравнении данных, полученных соискателем, с результатами измерений и расчётов других авторов. Было показано, что результаты расчётов по методам, представленным в диссертации, находятся в хорошем согласии с наиболее точными экспериментальными данными и результатами компьютерного

моделирования других авторов в рамках других методов.

Личный вклад соискателя является определяющим и состоит в постановке задач, разработки новых теоретических и численных методов исследования фазовых диаграмм и построении новых моделей расчёта теплофизических свойств вещества. Значительная часть этой работы была проделана соискателем самостоятельно, что подтверждается многочисленными публикациями и докладами на конференциях, в которых соискатель является единственным автором.

Апробация результатов исследования проводилась на 93х российских и международных конференциях и симпозиумах. Основные публикации по выполненной работе также подготовлены при определяющем участии автора. В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Соискатель Апфельбаум Евгений Михайлович ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы, согласился с замечаниями и привел собственную аргументацию.

На заседании от 27.03.2024 г. диссертационный совет принял решение за разработку теоретических положений, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение, присудить Апфельбауму Евгению Михайловичу ученую степень доктора физико-математических наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

При проведении тайного голосования Диссертационный совет 24.1.193.01 (Д 002.110.02) в количестве 26 человек, из них очно: 11 докторов наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 5 докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, дистанционно: 1 доктор наук по специальности 1.3.9 – физика плазмы и 6

докторов наук по специальности 1.3.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 26, против 0 , недействительных бюллетеней - 0.

Председатель диссертационного совета 24.1.193.01 (Д 002.110.02)

д.ф.-м.н., профессор, академик РАН

Петров О. Ф.

Ученый секретарь диссертационного совета 24.1.193.01(Д 002.110.02)

к.ф.-м.н.

Тимофеев А.В.

27.03.2024г.

