

УТВЕРЖДАЮ:

профессор по НИР ФГБОУ ВО
«Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»
профессор  С.Ю. Хаширова
«сентября» 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет
им. Х.М. Бербекова»

Диссертационная работа Кузамишева Алима Гисаевича «Размерные зависимости теплофизических свойств однокомпонентных металлических наночастиц» выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

В период подготовки диссертации Кузамишев А.Г. проходил обучение в аспирантуре в ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» по специальности 03.06.01 – Физика и астрономия. В настоящее время работает в должности ведущего инженера лаборатории «Физика поверхности им. профессора Шебзухова А.А.» центра водородных технологий КБГУ.

В 2019 г. Кузамишев А.Г. с отличием окончил магистратуру Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова по направлению подготовки 11.04.04 – Электроника и наноэлектроника с присуждением квалификации «Магистр».

В 2024 г. Кузамишев А.Г. году окончил аспирантуру Кабардино-Балкарского государственного университета им. Х.М. Бербекова по

специальности 03.06.01 – Физика и астрономия с присуждением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь». Справка № 0450 о сдаче кандидатских экзаменов выдана 23 июня 2025 г. федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова».

Научный руководитель – Шебзухова Мадина Азметовна, доктор физико-математических наук, работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова» в должности заведующего кафедрой физики наносистем.

По итогам обсуждения диссертационной работы принято следующее заключение:

Диссертационная работа Кузамишев А.Г. посвящена изучению размерных зависимостей теплофизических свойств (поверхностного натяжения, температуры плавления и тройной точки, энтропии и теплоты плавления, а также коэффициента теплового расширения) металлических наночастиц в однокомпонентных системах на границах жидкость-пар и твердое тело-жидкость.

В ходе выполнения работы были решены следующие задачи:

1. С помощью термодинамического метода разделяющих поверхностей было получено новое уравнение для размерной зависимости поверхностного натяжения наночастицы на границе с макроскопической фазой в изобарических условиях.
2. Получены новые выражения для зависимости температуры плавления и тройной точки однокомпонентных металлических наночастиц сферической формы на границе с жидкой макроскопической фазой с использованием аппарата термодинамики дисперсных систем.
3. На основе теории фазового равновесия в дисперсных системах были получены выражения для нахождения энтропии и теплоты плавления, а

также коэффициента теплового расширения монометаллических наночастиц.

4. С использованием полученных новых выражений были выполнены численные расчеты, а также их сравнение с экспериментом размерных зависимостей поверхностного натяжения, температуры, теплоты и энтропии плавления, коэффициента теплового расширения для однокомпонентных металлических наночастиц.

Личное участие автора в получении научных результатов

Основная цель и задачи диссертации были сформулированы научным руководителем, доктором физ.-мат. наук Шебзуховой М.А. Соискатель принимал личное участие в получении, обсуждении, а также интерпретации научных результатов совместно с коллективом соавторов. Численные расчеты по полученным новым соотношениям были проведены и подготовлены к публикациям лично соискателем.

Степень достоверности результатов диссертационной работы обеспечивается следующими выводами:

1. Новые уравнения для размерных зависимостей теплофизических свойств однокомпонентных дисперсных частиц удовлетворяют основным положениям термодинамики дисперсных систем, развитой академиком А.И. Русановым.

2. В ходе проведенного исследования были получены соотношения для нахождения размерных зависимостей поверхностного натяжения $\sigma(r)$ и температуры плавления $T_m(r)$ монодисперсных частиц, находящихся в жидкой макроскопической фазе, из которых, как частные случаи получаются известные уравнения: для зависимости $\sigma(r)$ – формулы Толмена и Русанова, а для $T_m(r)$ – известное уравнение Гиббса-Томсона.

3. Результаты выполненных расчетов размерных зависимостей теплофизических характеристик монометаллических наночастиц сферической формы (включая поверхностное натяжение, температуру, энтальпию и теплоту плавления, а также коэффициент объемного

расширения) продемонстрировали высокую степень корреляции полученных результатов с экспериментальными и теоретическими данными, представленными в научной литературе как в качественном, так и в количественном отношении.

Научная новизна работы

В ходе выполнения работы получены следующие результаты, обладающие признаками научной новизны:

1. Впервые получено уравнение зависимости поверхностного натяжения монодисперсной частицы от радиуса кривизны поверхности разрыва, находящейся в макроскопической дисперсионной фазе, из которого следует два основных типа данной зависимости (монотонная и немонотонная с максимумом).

2. Найдены новые выражения для размерных зависимостей температуры плавления и температуры тройной точки дисперсных частиц сферической формы в однокомпонентной системе твердая наночастица–жидкий расплав–насыщенный пар

3. Получены новые соотношения для размерных зависимостей калорических величин (энтропии и теплоты плавления), а также коэффициента термического расширения монодисперсных наночастиц сферической формы, находящихся в макроскопической фазе в изобарических условиях.

4. С использованием новых соотношений, полученных в работе, впервые проведен полный комплекс численных расчетов размерных зависимостей теплофизических свойств наночастиц в однокомпонентных системах – поверхностного натяжения, температуры, теплоты и энтропии плавления, а также изобарного коэффициента термического расширения металлических наночастиц сферической формы, которые продемонстрировали хорошее согласие с экспериментальными и теоретическими данными, имеющимися в литературе.

Научная и практическая значимость работы

В ходе проведения диссертационного исследования были получены новые уравнения для нахождения зависимостей ряда теплофизических свойств от размера наночастиц, которые могут быть рекомендованы для решения прикладных и практических задач в области нанотехнологий, например для использования их в роли нанокатализаторов, элементов электронной техники, а также структурных единиц новых композиционных материалов.

Выявленные особенности поведения поверхностного натяжения и температуры плавления с изменением размерного фактора могут существенно дополнить понимание закономерностей и механизмов фазовых переходов в однокомпонентных наночастицах.

Выполненные в диссертации численные расчеты размерных зависимостей теплофизических свойств металлических дисперсных частиц в однокомпонентных системах, таких как поверхностное натяжение, температура, энтропия и теплота плавления, а также коэффициент термического расширения, могут быть полезны при разработке новых технологий получения наночастиц и наноструктурированных материалов.

Полнота изложения материалов диссертации

Представленные в диссертационной работе научные результаты опубликованы в 7-ми научных работах. Из них 5 работ опубликованы в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

1. **А.Г. Кузамишев, М.А. Шебзухова, К.Ч. Бжихатлов, А.А. Шебзухов** Размерная зависимость поверхностного натяжения наночастиц // Известия КБГУ. – 2019. – Т.IX. – №4. – С.50-56.
2. **А.Г. Кузамишев, М.А. Шебзухова, А.А. Шебзухов** Влияние размера на термическое расширение наночастиц // Известия КБГУ. – 2019. – Т.IX. – №4. – С.57-62.
3. **А.Г. Кузамишев, М.А. Шебзухова, А.А. Шебзухов** Влияние размера на

температуру плавления наночастиц // Известия РАН. Серия физическая. – 2021. – Т.85. – №9. – С.1263-1266.

4. **А.Г. Кузамишев,** М.А. Шебзухова, К.Ч. Бжихатлов Размерная зависимость энтропии плавления наночастиц сферической формы // Микро- и нанотехнологии в электронике. Материалы XII Международной научно-технической конференции. – 2021. – С.42-46.

5. **А.Г. Кузамишев,** М.А. Шебзухова, К.Ч. Бжихатлов Размерная зависимость теплоты плавления наночастиц сферической формы на границе твердое-жидкость // Современные методы исследования и диагностики поверхности. Материалы Международной научно-практической конференции. – 2021. – С.116-119.

6. **А.Г. Кузамишев,** М.А. Шебзухова, К.Ч. Бжихатлов, А.А. Шебзухов Размерные зависимости теплофизических свойств наночастиц. Поверхностное натяжение // Теплофизика высоких температур. – 2022. – Т.60. – №3. – С.343-349.

7. **А.Г. Кузамишев,** М.А. Шебзухова, К.Ч. Бжихатлов Размерные зависимости теплофизических свойств наночастиц. Энтропия и теплота плавления // Теплофизика высоких температур. – 2023. – Т.61. – №5. – С.700-705.

Основные результаты, полученные в работе, докладывались и обсуждались на следующих конференциях и симпозиумах: International interdisciplinary symposium «Physics of surface phenomena, interphase boundaries and phase transitions», РФ, пос. Эльбрус, 2019 г; Национальная научно-практическая конференция «Восемьдесят пять лет Кабардино-Балкарскому государственному университету», г. Нальчик, 2019 г; International scientific and practical conference «Modern methods of surface research and diagnostics», г. Грозный, 2021 г; XII and XIV International scientific and technical conference «Micro- and nanotechnologies in electronics», г. Нальчик, 2021 г, 2024 г.

В диссертационной работе не содержатся заимствованные материалы, представленные без ссылки на авторов и источники публикаций.

Диссертация прошла проверку по программе «Антиплагиат». Уникальность составила 79,07 %.

Диссертационная работа «Размерные зависимости теплофизических свойств однокомпонентных металлических наночастиц» представляет собой научно-квалификационную работу и соответствует требованиям, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук (ч. II «Положения о присуждении ученых степеней» утв. Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, ред. от 01.10.2018). Тема и содержание диссертации соответствуют паспорту специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника (пп.1 и 2).

Диссертация Кузамишева Алима Гисаевича «Размерные зависимости теплофизических свойств однокомпонентных металлических наночастиц» рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Заключение принято на совместном заседании кафедры физики наносистем и кафедры теоретической и экспериментальной физики.

Присутствовало на заседании всего – 15 человек, в том числе:

д.ф.-м.н. – 9 человек; к.ф.-м.н. – 6 человек.

Результаты голосования:

«за» - 15 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Протокол № 1 от «05» сентября 2025 г.

Председатель заседания

и.о. зав. кафедрой теоретической и экспериментальной физики,

д.ф.-м.н., профессор


А.П. Савинцев
05.09.25
Зав. кафедрой
Кузамишев А.Г.