

УТВЕРЖДАЮ:

ректор федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения высшего образования
«Северо-Осетинский государственный университет
им. К.Л. Хетагурова»,

Д.э.н., доцент

А.У. Огоев



01 » апрель 2024 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Северо-Осетинский государственный
университет им. К.Л. Хетагурова»

на диссертационную работу Афашагова Анзора Артуровича на тему
«Термодинамические свойства плоской и искривленной границы раздела
конденсированных фаз в бинарных металлических системах»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного
состояния

Актуальность темы диссертации

Исследования по изучению поверхности и границ раздела
конденсированных фаз имеют большое значение для многих направлений
современной науки. Результаты таких исследований находят широкое
применение в материаловедении, нанотехнологиях, металлургии и других
областях техники и технологий. В последние годы особое внимание
уделяется изучению бинарных и многокомпонентных систем, которые
образованы путем диспергирования одной макроскопической фазы в
другую до нанометровых размеров. В этом случае имеется искривленная

граница между двумя фазами, которая меняет состояние самой поверхности и соприкасающихся фаз. Результаты исследований по изучению таких границ отвечают современным запросам нанотехнологий для создания новых материалов. При этом свойства таких материалов зависят от термодинамических характеристик границ раздела фаз, среди которых поверхностное и межфазное натяжение, состав объемных фаз и переходного слоя, межфазная энергия и т.п.

Изложенное выше показывает несомненную актуальность темы диссертационной работы Афашагова А.А., связанной с получением новых соотношений для зависимостей термодинамических свойств от основных параметров состояния системы и размерного фактора. При этом, диссертационная работа Афашагова А.А. выгодно отличается тем, что в ней сначала изучаются характеристики межфазного слоя между двумя конденсированными фазами сначала на плоской границе раздела, а затем они последовательно обобщаются с учетом размерных эффектов на искривленные границы раздела фаз. Такой метод позволяет выработать системный подход по изучению поверхностных свойств твердых тел и жидкостей, что имеет большое значение для многих физико-химических процессов.

Краткий анализ содержания диссертации

Представленная диссертационная работа состоит из введения, четырех глав с выводами, заключения, общих выводов, а также списка цитируемой литературы, включающего 120 наименований. Объем работы составляет 141 страницу, включая 27 рисунков и 21 таблицу.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, кратко описано современное состояние исследуемой области, сформулированы цели и задачи диссертации, перечислены полученные результаты, обоснована их новизна, теоретическая и практическая значимость, а также их достоверность. Во введении приведены положения, выносимые на

защиту.

В первой главе соискатель проводит обзор методов и результатов нахождения поверхностного и межфазного натяжения, а также ряда других характеристик плоских и искривленных поверхностей в бинарных и многокомпонентных системах. В обзорной главе делается вывод, что самыми значимыми являются термодинамические уравнения, описывающие зависимость межфазного натяжения от основных параметров состояния системы, полученные А.И. Русановым. Отмечается, что их использование на практике затруднительно из-за дифференциальной формы записи. Автор диссертационной работы также делает вывод об отсутствии обоснованных уравнений изотерм межфазного натяжения для многокомпонентных систем с искривленной границей раздела между конденсированными фазами. Кроме этого отмечается, что во многих работах, посвященных теоретическому рассмотрению размерных зависимостей составов фаз, недостаточно полно учитывается роль поверхности и границ раздела, а также влияние искривления на объемные характеристики фаз. Таким образом, Афашагов А.А. обосновывает необходимость и целесообразность применения комплексного подхода при последовательном изучении поверхностных и межфазных свойств сначала на плоской границе раздела конденсированных фаз, а затем для искривленных границ.

Вторая глава посвящена получению аналитического выражения для межфазного натяжения на плоской границе раздела двух конденсированных фаз для бинарных систем в интегральной форме с использованием разложения в ряд некоторых поверхностных и объемных характеристик по отношению к значениям активностей компонентов. Соискатель также получает выражения для расчета составов и термодинамических активностей компонентов для объемных фаз и межфазного слоя на всем концентрационном интервале. По найденным

соотношениям были проведены численные расчеты для систем In-Pb, In-Sn и In-Tl.

В этой же главе в рамках модели регулярных растворов получено уравнение для зависимости поверхностного натяжения бинарных растворов без учета зависимости параметров межчастичных взаимодействий в явном виде и предложена методика определения состава и межфазного натяжения на границе двух несмешивающихся жидких растворов. По полученным соотношениям и с использованием предложенной методики также были проведены расчеты для бинарных металлических систем Ag-Pb и Al-In.

Третья глава посвящена изучению фазовых равновесий в бинарных системах с искривленными границами раздела. Соискатель в рамках термодинамики поверхностных и межфазных явлений получил новое уравнение изотермы межфазного натяжения наночастиц в матрице для бинарных систем с искривленными границами. С использованием данного соотношения были проведены численные расчеты значений концентрации межфазного слоя и межфазного натяжения нанопреципитатов сферической формы, находящихся в матрице, в зависимости от их размера в системах Fe-Cr, Cr-Ti и Zr-Nb.

Четвертая глава посвящена термодинамической теории построения диаграмм состояния бинарных систем, где получены основные соотношения для составов объемных фаз в бинарных системах с искривленными границами раздела при разных температурах, позволяющие построить диаграммы состояний металлических систем для макроскопического случая и с учетом размерных эффектов. В рамках предложенной методики были построены фазовые диаграммы состояния для системы с неограниченной растворимостью Al-In и системы эвтектического типа Ag-Vi. С помощью полученных соотношений для составов были рассчитаны кривые растворимости молибдена и рутения в

твердом состоянии с учетом наноразмерных эффектов в бинарной системе Mo-Ru.

В заключении диссертационной работы приводятся **основные результаты и выводы.**

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна результатов диссертационной работы заключается в том, что в ней получены новые уравнения и соотношения для расчета термодинамических свойств на плоской и искривленной границе конденсированных фаз для бинарных систем, среди которых:

- уравнение межфазного натяжения на границе двух бинарных конденсированных фаз в изотермических условиях в двух вариантах (точное и приближенное);
- выражения, позволяющие находить термодинамические активности компонентов в контактирующих фазах и межфазном слое в концентрационном интервале от 0 до 100 ат. %;
- уравнения для размерных зависимостей составов контактирующих фаз и межфазного слоя на границе дисперсионная частица – дисперсионная среда.

Также автором диссертационной работы по полученным соотношениям были проведены численные расчеты важнейших термодинамических свойств плоских и искривленных границ раздела конденсированных фаз, а именно: поверхностного и межфазного натяжения, составов и термодинамических активностей в объемных фазах и межфазном слое для бинарных металлических систем In-Pb, In-Sn, In-Tl, Al-In, Fe-Cr, Cr-Ti, Zr-Nb и Mo-Ru, которые находят широкое применение в материаловедении, нанотехнологиях, ядерной энергетике.

Теоретическая и практическая значимость работы

Новые аналитические соотношения, полученные в диссертационной работе Афашагова А.А. для нахождения термодинамических свойств

плоской и искривленной границы раздела конденсированных фаз (поверхностного и межфазного натяжения, составов и термодинамических активностей в объемных фазах и межфазном слое), а также результаты численных расчетов этих важнейших характеристик для ряда бинарных металлических систем могут быть практически использованы для решения многих перспективных задач в области нанотехнологий, катализа, коллоидной химии, электрохимии дисперсных систем. Значительный интерес к исследованиям, связанных с нахождением размерной зависимости поверхностного натяжения для бинарных металлических систем, проявляют специалисты в области материаловедения для создания новых материалов с заранее заданными эксплуатационными свойствами. Полученные в работе выражения для составов контактирующих фаз можно использовать для построения макроскопических и размернозависимых фазовых диаграмм состояния двойных металлических систем.

Степень надежности и достоверности полученных результатов

- Достоверность полученных результатов, обоснованность положений, выносимых на защиту и сформулированных выводов работы, обеспечены:
- использованием в качестве входных данных фундаментальных положений термодинамики поверхностных и межфазных явлений в гетерогенных системах;
 - анализом всех полученных в работе соотношений по нахождению термодинамических свойств плоской и искривленной границы раздела конденсированных фаз на предельные случаи, который показал их совпадение с известными формулами и уравнениями классической термодинамики поверхности;
 - совпадением построенных фазовых диаграмм состояния в макроскопическом случае и результатов по расчету нанодиаграмм с имеющимися в литературе теоретическими и экспериментальными данными.

Вопросы и замечания по диссертации

При изучении диссертационной работы возникают следующие вопросы и замечания, приведенные ниже:

1. В работе получены соотношения для нахождения термодинамических свойств плоских и искривленных границ раздела фаз, среди которых уравнения для поверхностного и межфазного натяжения, выражения для составов фаз и термодинамических активностей компонентов. Однако при их получении автор не учитывает ориентационной зависимости поверхностных характеристик на плоской и искривленной границах раздела конденсированных фаз. С чем это связано?

2. При получении уравнения для межфазного натяжения наночастицы в матрице в бинарной системе с учетом размерного фактора используется модель регулярных растворов. Почему отдается предпочтение этой модели? Есть ли какие-либо принципиальные трудности для использования других моделей?

3. В работе рассчитаны кривые растворимости молибдена и рутения в твердом состоянии с учетом наноразмерных эффектов в бинарной системе Mo-Ru. При построении этих кривых в работе используются случаи диспергирования одной твердой фазы внутри другой фазы макроскопического размера и наоборот. Почему возникает такая необходимость?

В работе также имеются замечания редакционного характера:

1. В диссертации встречаются повторы расшифровок некоторых величин, например на стр. 24 поясняется, что g – молярный термодинамический потенциал Гиббса, а затем снова на стр.91. Это же относится к концентрациям и активностям i -го компонента в соответствующих фазах.

2. Автор вводит ряд сокращений, которые поясняются вначале диссертации, например: МН – межфазное натяжение. Однако не желательно использовать такие сокращения в названиях подразделов

параграфов диссертационной работы.

Заключение

Диссертационная работа «Термодинамические свойства плоской и искривленной границы раздела конденсированных фаз в бинарных металлических системах» является законченной научно-квалификационной работой, посвященной актуальной теме, обладает научной новизной, теоретической и практической ценностью. Она выполнена на достаточно высоком научном уровне и вносит существенный вклад в дальнейшие развития исследований, связанных с изучением теплофизических свойств границ раздела конденсированных фаз в двухкомпонентных системах. Работа Афашагова А.А. создает надежную базу для решения многих актуальных задач фундаментального и прикладного характера в различных отраслях, в том числе в области материаловедения, разработки нанотехнологий, ядерной энергетики и некоторых других перспективных направлениях развития техники и технологии.

Указанные выше недостатки и замечания не снижают общего положительного впечатления от диссертационной работы.

Содержание диссертации полностью отражено в опубликованных научных работах, а автореферат соответствует содержанию диссертационной работы и дает достаточно полное представление о полученных результатах.

Диссертационная работа А.А. Афашагова отвечает требованиям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 (в актуальной редакции), соответствует паспорту специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния по физико-математическим наукам (пункты 1, 2), а ее автор, Афашагов Анзор Артурович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 1.3.8 – Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Афашагова А.А. «Термодинамические свойства плоской и искривленной границы раздела конденсированных фаз в бинарных металлических системах» и отзыв на нее рассмотрены и утверждены на заседании кафедры физики и астрономии физико-технического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова» (протокол № 8 от «29» 03, 2024 года). Присутствовало: 11 человек. Результаты голосования: За – единогласно.

Заведующий кафедрой физики и астрономии физико-технического факультета Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова», кандидат технических наук, доцент



Иван Вадимович Силаев

Адрес: 362025, г. Владикавказ, ул. Ватутина 44-46

Тел.: +7-918-822-70-38

E-mail: bigjonick@yandex.ru

Подпись И.В. Силаева заверяю,

Ученый секретарь Ученого Совета ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова»



к.п.н., доцент Ф.А. Кокаева