

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Давлатджоновой Шукуфы Худжамбердиевны «Оптоакустическая спектроскопия сверхтекучего раствора ^3He - ^4He », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8-физика конденсированного состояния.

Диссертация Давлатджоновой Шукуфы Худжамбердиевны посвящена теоретическому исследованию генерации акустических волн первого и второго звуков в сверхтекучем растворе ^3He - ^4He посредством лазерного излучения. Следует отметить, что фотоакустические или оптоакустические методы исследования в физике имеют свои глубокие исторические корни, начало которых берется из открытия американским инженером Александром Беллом (1880) – явление генерации звука посредством светового потока, который спустя лишь несколько месяцев был подтвержден Тиндаллем и Рентгеном. Между тем, хотя элемент гелий обнаружили в 1868 году при изучении солнечного спектра, но свойство сверхтекучести экспериментально было открыто в 1938 году Петром Капицей, а теория этого явления принадлежит перу выдающегося физика - теоретика 20-го столетия, лауреату нобелевской премии Льву Ландау, которая несколько позже была обобщена и для раствора ^3He - ^4He его учениками. В 1972 году американские физики Дэвид Ли, Дуглас Ошеров и Роберт Ричардсон открыли сверхтекучесть раствора ^3He - ^4He при температурах ниже 0.0026К и давлении 34 атмосфер. К настоящему времени достаточно подробно, как теоретически, так и экспериментально исследован широкий набор физических свойств этой квантовой жидкости. Однако, не смотря на все эти достижения имеется достаточно много вопросов, которые остались до конца не исследованными, особенно вопросы, касающиеся сверхтекучего состояния гелия (He-II) и раствора ^3He - ^4He . Нам представляется, что основной причиной этого является весьма высокая чувствительность макроскопических и кинетических параметров этой системы к изменению температуры и концентрации, а также трудности выполнения прецизионных измерений акустических, теплофизических и релаксационных параметров в области сверхнизких температур. Следовательно, привлечение методов лазерной оптоакустической (ОА) спектроскопии является весьма многообещающим. К настоящему времени достаточно подробно исследованы особенности генерации ОА-волн первого и второго звуков в He-II по тепловому и стрикционному механизмам. Таким образом, для сверхтекучего раствора ^3He - ^4He в силу целого ряда обстоятельств до настоящего времени так и не создана теория генерации ОА-волн первого и второго звуков по тепловому механизму, хотя и является более эффективным по сравнению со стрикционным. На этом

фоне создание теории генерации ОА-сигналов первого и второго звуков в сверхтекучем двухкомпонентном растворе (^3He - ^4He) по тепловому механизму является достаточно **актуальной задачей**, решению которой и посвящена диссертационная работа Давлатджоновой Шукуфы Худжамбердиевны.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитированной литературы. Она изложена на 121 странице, включая 34 рисунка, 1 таблицу и 166 наименований использованной литературы.

Во введении обоснована актуальность выполняемой работы, сформулированы цель и задачи исследования, отмечена новизна выполненных исследований, сформулированы выносимые на защиту положения.

Первая глава является обзорной. В ней дан анализ опубликованных экспериментальных и теоретических результатов исследования по звуковым волнам первого и второго звуков в сверхтекучих жидкостях. Также приведены существующие результаты по оптоакустике, из чего следует, и постановка задачи теоретического исследования генерации ОА - импульсов в сверхтекучем растворе ^3He - ^4He импульсами прямоугольной, гауссовой и негауссовой форм лазерного луча и поиска закономерностей возбуждения ФА-сигнала сверхтекучим раствором ^3He - ^4He в буферный газ. Отмечена неполнота имеющихся экспериментальных и теоретических данных.

Во второй главе высказана плодотворная идея разработки теории лазерной генерации ОА-импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем растворе ^3He - ^4He по тепловому механизму различными видами импульса лазерного луча. Например, в первом разделе рассмотрены особенности генерации ОА- импульсов первого и второго звуков в сверхтекучем растворе ^3He - ^4He прямоугольным импульсом лазерного луча по тепловому механизму и получены необходимые выражения для акустических возмущений давления и температуры, а также выполнен численный расчет формы этих импульсов. Выявлено, что сформировавшиеся ОА-импульсы являются двухполюсными и по мере сужения импульса лазерного луча происходит постепенное уменьшение амплитуды ОА-импульсов и их смещение в область малых времен. А в следующих разделах показано, что при облучение этого квантового раствора гауссовыми импульсами в растворе генерируется спектр цилиндрических импульсов и эти волны состоят из медленных и быстрых составляющих, фазы которых не зависят от ширины лазерных лучей. Далее рассмотрен вопрос генерации оптоакустических волн первого и второго звуков в сверхтекучем растворе ^3He - ^4He с помощью негауссового импульса лазерного излучения по тепловому механизму. Здесь **важным новым результатом являются** выражения для ОА-импульсов первого и второго звуков в растворе ^3He - ^4He , возбуждаемых лазерными

импульсами прямоугольной, гауссовой и негауссовой форм, численные расчеты профилей ОА-импульсов для некоторых значений температур и концентраций.

В третьей главе выполнено теоретическое исследование частотного и временного поведения передаточных функций ОА-сигналов первого и второго звуков в двухкомпонентном квантовом растворе ^3He - ^4He . В первом разделе приведена математическая модель задачи и в последующих разделах приведено получение явного вида частотной и временной зависимости всех элементов матрицы ПФ, когда система контактирует с твердым телом, т.е. имеет жесткую границу. На основе численных расчетов установлено, что спектры всех элементов ПФ, генерируемых ОА-импульсами, являются двухконтурными и параметры характеризующих их состояния являются достаточно чувствительными к термодинамическому состоянию среды и временное поведение всех этих функций имеет гауссову форму, интенсивность которых, уменьшается с ростом ширины импульса лазерного луча, а положение максимумов всех возбуждаемых импульсов соответствует $t_{max} \approx z/u_1$ и $t_{max} \approx z/u_2$. Далее, аналогичные вопросы рассматриваются для случая мягкой границы, где выявлено, что частотная зависимость спектра всех элементов матрицы ПФ является также двухконтурной. Установлено, что временное распределение ПФ состоит из двух экспоненциальных кривых и переходной области для коротких импульсов луча, а для длинных гладкие кривые с пологими минимумом и максимумом. Полученные выражения являются новыми и пригодными для выполнения численных расчетов. Отсюда, **основным результатом третьей главы** являются выражения, описывающие особенности частотной и временной зависимости ПФ ОА сигналов первого и второго звуков в растворе ^3He - ^4He для случаев, когда система имеет твердую или мягкую границу, включая результаты численного расчета этих функций.

Четвертая глава посвящена построению теории генерации ФА-сигнала сверхтекучего раствора ^3He - ^4He в буферный газ. Получено необходимое выражение для поля температуры в ФА-камере для произвольного значения теплопроводности подложки. Получено аналитическое выражение для акустического возмущения давления в газовой среде, посредством которого детектируется ФА-сигнал. Выполнен анализ частотной зависимости параметров этого сигнала для двух случаев, имеющих место в эксперименте. Путем численного расчета зависимости амплитуды и фазы этого сигнала установлено, что частотное распределение этих параметров описывается набором импульсов или гармоник, появление которых обусловлено наличием слабозатухающего второго звука в сверхтекучем растворе ^3He - ^4He . Таким образом, важным результатом являются выражения для характеристик ФА-сигналов,

генерируемых сверхтекучим раствором ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$ в буферном газе, а также результаты численных расчетов частотных зависимостей амплитуды и фазы сигналов для простых случаев. **Все числовые расчеты и их анализ являются новыми.**

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертации обеспечивается корректностью исходной двухскоростной системы уравнений гидродинамики и теплопроводности для сверхтекучего раствора, набором начальных и граничных условий к ним и корректностью методов их решений. Это позволило автору предложить теорию генерации оптоакустических импульсов второго и первого звуков в сверхтекучем растворе ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$ по тепловому механизму импульсами прямоугольной, гауссовой и негауссовой форм лазерного излучения, где получены общие выражения для элементов матрицы передаточных функций ОА-волн обоих звуков в сверхтекучем растворе ${}^3\text{He}$ - ${}^4\text{He}$, как для случая жесткой, так и мягкой границ.

Диссертация написана достаточно хорошо и имеющиеся небольшие технические ошибки и стилистические погрешности не искажают смысл излагаемого материала.

В качестве замечаний можно отметить следующее:

1. В выражениях (2.1.6) и (2.1.7), которые приведены в качестве обозначения коэффициентов корнями биквадратного или дисперсионного уравнений, никак не соответствует известным решениям этого уравнения, но если при решении использован другой специфический метод, то это необходимо указать.

2. На странице 63 при численных расчетах используется значение концентрации 0,2 и не приведена единица, но если концентрации характеризуется с долей, то не сказано доля какого вещества, то есть отношение ${}^3\text{He}$ к ${}^4\text{He}$ или отношении их возбужденного состояния к невозбужденным или что-то другое.

3. В тексте встречаются некоторые технические ошибки, такие как нехватка какой-то буквы в слове или отсутствие пробелов между словами и параметрами или имеется разное обозначение одной величины, т.е. в одном месте большой буквой, а в другом месте маленькой.

Выше сделанные замечания не затрагивают основные результаты и выводы работы, положения, выносимые на защиту, и не снижают общую положительную ее оценку. Содержание диссертации в достаточно полной мере отражено в 12 работах, опубликованных в рецензируемых научных журналах, и 10 статей в материалах международных конференций. Автореферат оформлен в соответствии с предъявляемыми требованиями и в полной мере отражает содержание диссертации.

Таким образом, по новизне, научной ценности, объему полученных результатов, их достоверности и обоснованности, диссертация Давлатджоновой Шукуфы

Худжамбердиевны полностью удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Давлатджонова Шукуфа Худжамбердиевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8.- физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент: к.ф.-м.н., декан
естественнонаучного факультета Российско-
Таджикского (Славянского) университета



Махмадбегов Р.С.

Махмадбегов Рашидджон Саидвалибегович
Российско-Таджикский (Славянский) университет,
ул. М. Турсунзоде 30, 734025, Душанбе, Таджикистан
Тел: +992 880885544,
E-mail: Mah86Rashid@mail.ru

Подпись Махмадбегова Р.С. удостоверяю
Начальник отдела кадров Российско-Таджикского
(Славянского) университета



Давлатов Х.Х.