

ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу

Борисовой Екатерины Олеговны

«Изучение эффекта пропорциональной электролюминесценции в аргоне для
двухфазных детекторов темной материи»,

предоставленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики

Одной из наиболее интригующих проблем современной астрофизики и физики элементарных частиц является загадка тёмной материи. Для поиска гипотетических частиц темной материи, так называемых «вимпов» (от англ. WIMP, Weakly Interacting Massive Particle) широкое применение получили двухфазные криогенные детекторы на основе благородных газов. В таких детекторах сигнал первичной ионизации, вызванной рассеянием вимпов на ядрах детектирующей среды, регистрируется при помощи процесса электролюминесценции. Данная работа посвящена разработке прототипа двухфазных криогенных детекторов на основе аргона, а также изучению процесса электролюминесценции в аргоне при криогенных температурах, который до настоящей работы был изучен слабо.

Содержание и структура диссертации соответствуют заявленной специальности и цели исследования. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложения.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована цель и задачи исследования, а также описана структура диссертации.

В первой главе описаны принципы работы двухфазных детекторов темной материи. В частности, подробно рассмотрены механизмы электролюминесценции, как стандартный в вакуумном ультрафиолете (ВУФ), так и возможные источники электролюминесценции вне ВУФ.

В второй главе разработана модель электролюминесценции за счет тормозного излучения электронов на нейтральных атомах. В частности, для такого типа излучения получены спектры и значения абсолютного выхода в зависимости от электрического поля в электролюминесцентном зазоре.

В третьей главе изучается работа различных типов Si-ФЭУ при криогенных температурах с точки зрения скорости счета шумов, воспроизводимости характеристик и эффективности регистрации фотона. По результатам исследований выбран тип Si-ФЭУ, наиболее подходящий для работы в двухфазных криогенных детекторах.

В четвертой главе приведено описание двухфазного криогенного детектора, а так же изложены способы контроля уровня жидкости и концентрации примеси азота в детекторе, а так же описаны методы обработки сигналов.

Пятая глава посвящена измерению выходов электролюминесценции в аргоне двухфазном режиме. Результаты измерений сравниваются с теорией электролюминесценции за счет тормозного излучения. Показано, что для полей ниже порога электролюминесценции, теория хорошо описывает экспериментальные данные. Помимо выходов электролюминесценции за счет тормозного излучения электронов на атомах, получен выход стандартной электролюминесценции в ВУФ.

В **заключении** сформулированы основные результаты диссертационной работы.

Тема диссертации полностью соответствует ее содержанию. Содержание диссертации соответствует области исследования «1. Изучение физических явлений и процессов, которые могут быть использованы для создания принципиально новых приборов и методов экспериментальной физики» паспорта специальности ВАК России 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. Текст автореферата правильно отражает содержание диссертации и содержание публикаций по теме диссертации.

Представленные положения и выводы четко сформулированы и хорошо обоснованы в тексте диссертации. Полученные результаты хорошо известны специалистам, так как были представлены на многочисленных международных конференциях:

- 13th Vienna Conference on Instrumentation (VCI2013), Vienna, Austria, 2013
- Science of the future, Санкт-Петербург, Россия, 2014
- 5th Young Researcher Workshop, Фраскатти, Италия, 2016
- Instrumentation for Colliding Beam Physics (INSTR17) Conference, Новосибирск, Россия, 2017
- The 4th International Conference on Science, Application and Technology of Xenon Radiation Detector (XeSAT2018), Токио, Япония, 2018
- 15th Vienna Conference on Instrumentation (VCI2019), Vienna, Austria, 2019

По теме диссертации опубликовано 7 научных статей в изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК при Минобрнауки и приравненных к ним.

К результатам данной работы, обладающим научной новизной, можно отнести следующие:

- Обнаружение эффекта ухудшения производительности Si-ФЭУ при криогенных температурах, и объяснение данного эффекта увеличением гасящего сопротивления Si-ФЭУ при понижении температуры.
- Разработка двухфазного криогенного детектора с электролюминесцентным зазором – с одновременным считыванием электролюминесцентного зазора помостью двух типов фотодетекторов: ФЭУ и Si-ФЭУ.
- Измерение выходов электролюминесценции аргоне в двухфазном режиме в зависимости от электрического поля. Обнаружение электролюминесценции ниже порога возбуждения атомов аргона и

наличия компоненты электролюминесценции в видимой области (вне ВУФ).

Замечания по диссертационной работе

1. В разделе 1.3, главы 1 при описании электролюминесценции возникает некоторая путаница: не везде понятно из контекста, о каком типе сцинтилляций (пропорциональных или лавинных) идет речь. В частности, на странице 17 при противопоставлении процесса газового усиления (лавинных сцинтилляций), и электролюминесценции стоило указать, что речь идет о пропорциональной электролюминесценции.
2. В работе разработана модель описания электролюминесценции вне ВУФ в аргоне при помощи тормозного излучения электронов на нейтральных атомах. И дается утверждение, что такой тип электролюминесценции должен присутствовать во всех благородных газах. Возможно, стоило пойти немного дальше и вычислить выход электролюминесценции за счет тормозного излучения электронов на атомах в некоторых других благородных газах, в частности в ксеноне.
3. Кроме того, в работе имеются опечатки и стилистические неровности.

Например:

- на странице 14 предложение «Образовавшиеся экситоны безизлучательно девозбуждаются до низшего возбужденного состояния...» следовало бы переписать в виде «Образовавшиеся экситоны безызлучательно переходят в низшее возбужденное состояние...», не забыв при этом правильно написать слово «безызлучательно»;
- на рисунке 3.10 в подписи оси допущена опечатка в слове «импульса»;
- на странице 74 в качестве единиц измерения энергии фотонов приводится «КэВ» вместо правильного «кэВ».

Перечисленные замечания не снижают общей положительной оценки работы и квалификации ее автора. Диссертация Борисовой Екатерины Олеговны «Изучение эффекта пропорциональной электролюминесценции в аргоне для двухфазных детекторов темной материи», является законченной научно-квалификационной работой с большой экспериментальной составляющей. Содержание диссертации соответствует указанной специальности. Диссертационная работа полностью соответствует всем критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а также паспорту специальности 01.04.01 – приборы и методы экспериментальной физики. Автореферат диссертации в полной мере отражает ее содержание. Считаю, что Борисова Екатерина Олеговна заслуживает присуждения ей

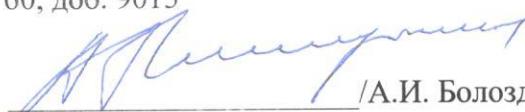
ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 — приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук по специальности 01.04.01 — приборы и методы экспериментальной физики, заведующий межкафедральной лаборатории экспериментальной ядерной физики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

115409, г. Москва, Каширское ш., 31,

AIBolozdynya@mephi.ru

+7 (495) 788 56 99, доб. 9015, +7 (499) 284 64 60, доб. 9015


/А.И. Болоздыня

Дата: 15.10.2019

Подпись Болоздыни Александра Ивановича заверяю:



Подпись удостоверяю
Заместитель начальника отдела
документационного обеспечения
НИЯУ МИФИ
А.А. Абатурова

