Слайд 1. Тема курсовой

Тема моей курсовой работы: изучение световыхода сигнала вторичной сцинтилляции в аргоне в зависимости от электрического поля.

Слайд 2. Введение (постановка проблемы, темная материя)

Один из актуальных вопросов космологии на сегодняшний день – вопрос поиска темной материи, которая составляет порядка четверти от массы-энергии нашей Вселенной. В настоящий момент неизвестны её состав и природа, но наиболее подходящие кандидаты на роль частиц тёмной материи – так называемые вимпы. Вимп – это слабовзаимодействующие массивные частицы. Вимпы не участвуют в электромагнитных взаимодействиях, а лишь в гравитационном, поэтому зарегистрировать их не так уж и просто.

Предполагается, что вимпы упруго рассеиваются на ядрах атомов барионной материи, в результате чего образуются ядра отдачи, являющиеся источниками сцинтилляционных и ионизационных сигналов. Зарегистрировать эти сигналы помогают ... детекторы.

Слайд 3. Введение (двухфазный криогенный детектор)

Для прямого поиска частиц темной материи используют двухфазные криогенные детекторы на основе благородных газов. На фото представлен один из прототипов такого детектора на основе аргона, используемый в нашем эксперименте.

Слайд 4. Введение (механизм сцинтилляции, S1, S2)

В зависимости от частицы, прилетевшей в детектор, в результате её взаимодействия с атомами аргона в нашей случае, образуются либо ядра, либо электроны отдачи. В случае вимпов, как уже было сказано, образуются ядра, в случае частиц, имеющих заряд, образуются электроны отдачи. В результате энергия, выделившаяся на ядрах, расходуется на 3 канала: возбуждение, ионизацию и выделение тепла. В результате возбуждения атомов выделяются электроны, которые рекомбинируют, в результате чего мы видим сцинтилляционный сигнал, сигнал S1.

Электроны, образовавшиеся в результате возбуждения и ионизации вытягиваются из дрейфовой зоны под действием электрического поля. Газовом зазоре высокоэнергетичные электроны возбуждают атомы газа. Мы знаем, что атомы аргона при возбуждении излучают фотоны в области вакуумного ультрафиолета, длиною 128 нм. Регистрируемый при этом сигнал называется сигналом вторичной сцинтилляции и обозначается S2.

Амплитуда сигнала S2 гораздо больше S1, поэтому и представляет наибольший для рассмотрения интерес.

Эффективность регистрации сигнала S2 для данного вида установок напрямую зависит от величины электрического поля в жидкости и газе. Соответственно, изучая зависимость световыхода сигнала вторичной сцинтилляции от величины электрического поля, мы можем определить наиболее оптимальный диапазон напряжений. При снижении поля будут уменьшаться эмиссия электронов в газовую среду и газовое усиление. Напротив, при увеличении поля будет возрастать газовое усиление и вероятность пробоев, лавинного усиления.

Слайд 5. (Цели и задачи)

Цель данной работы – изучить зависимость световыхода сигнала вторичной сцинтилляции в газовой среде от электрического поля.

Для её достижения были поставлены следующие задачи:

1. Ознакомиться с устройством двухфазного криогенного детектора и методом измерения сцинтилляционного выхода в его газовой среде.

2. Считать сигналы с кремниевых фотоумножителей для различных значений электрического поля для дальнейшего оффлайн анализа.

3. Написать код для обработки полученных данных.

4. Построить зависимость световыхода сигнала S2 от электрического поля.

Слайд 6. (Описание экспериментальной установки)

Установка представляет собой криостат и криогенную камеру, объёмом 9 л, содержащую 2,5 л жидкого аргона. Криогенная камера охлаждается жидким азотом с помощью двух теплообменных трубок, одна из которых располагается в верхней части камеры, а вторая - по её боковой поверхности.

В дне камеры располагаются два алюминиевых окна, предназначенных для пропускания излучения от различных источников. В нашем эксперименте в качестве источника излучения фотонов выступала рентгеновская трубка с энергией излучения до 40 кэВ.

Внутри криогенной камеры расположены полеформирующие электроды, представляющие из себя толстые газовые электронные умножители (ТГЭУ). В дрейфовой зоне за формирование поля отвечают катод, два полеформирующих электрода и электрод ТГЭУ0, в газовой фазе - ТГЭУ1. Напряжения на эти элементы подавались через высоковольтный делитель.

Электролюминесцентный зазор просматривается четырьмя криогенными фотоэлектронными умножителями (ФЭУ), расположенными по периметру зазора и отделенными от высоковольтной области коробом из акрила. Чтобы преобразовывать испускаемый аргоном вакуумный ультрафиолет в видимый свет, на короб были нанесены плёнки сместителя спектра на основе тетрафенил бутадиена (ТРВ).

В верхней части детектора расположены кремниевые фотоумножители (К-ФЭУ), представляющие собой матрицу 11х11 элементов с активной областью 5х5. Перед К-ФЭУ-матрицей была установлена акриловая пластинка и экранирующая сетка.

Сигнал с ФЭУ не использовался в данной работе.

Были получены данные с К-ФЭУ для различных значений напряжений, подаваемых на ТГЭУ0. Для получения зависимости световыхода сигнала вторичной сцинтилляции от электрического поля было проведено 6 циклов измерений с шагом в 2 кВ, то есть напряжение на источнике менялось от 10 до 20 кВ.

Зная значения сопротивлений и толщину зазоров, была определена величина поля в электролюминесцентном зазоре. В нашем эксперименте оно менялось от 3.6 − 7.3 кВ.

Слайд 7. (Полученные результаты)

Считав данные с К-ФЭУ, мы написали программу для их обработки. Не будем углубляться в подробности написания кода, а лишь расскажу общий алгоритм. Сначала данные были переведены из двоичного кода. Для каждого значения поля было записано по 12-14 событий. В каждом событии по 10000 точек с временным промежутком 16 мкс. Сначала для каждого события мы нашли и вычли базовые линии, чтобы при его интегрировании, мы смогли лучше выделить пики. Получили осциллограммы, представленные на слайде для минимального и максимального поля. Видно, что с повышением поля увеличился и световыход в газе.

Следующим шагом мы нашли и проинтегрировали площади пиков, нашли среднее значение световыхода для каждого значения подаваемого напряжения.

Слайд 8. (Полученные данные)

В результате получили зависимость, представленную на графике. Видно, что характер зависимости световыхода вторичной сцинтилляции, на графике он представлен в фотоэлектронах, от поля линейный, что согласуется с данными, полученными в ходе других экспериментов.

На погрешность измерений повлияли в основном систематические ошибки, в частности, ошибки в калибровке. За счет этого фактора погрешность измерений составила 30 %.

Слайд 9. (Выводы)

* В результате было изучено устройство двухфазных криогенных детекторов, используемых для прямого поиска тёмной материи, а также метод измерения сцинтилляционного выхода в их газовой среде
* Получены и обработаны сигналы с кремниевых фотоумножителей для различных значений электрического поля в газовой среде двухфазных детекторов
* Изучена зависимость световыхода вторичной сцинтилляции от величины поля в электролюминесцентном зазоре
* Полученный характер зависимости хорошо согласуется с результата и ранее проведённых экспериментов.

Мы смогли повысить напряжение на источнике до 20 кВ. При этом характер зависимости оставался линейным, следовательно, лавинного усиления не было достигнуто, а значит мы смогли повысить поле в диапазоне пропорциональной электролюминесценции. Это помогло увеличить световыход, а значит получить больше информации о форме сигнала вторичной сцинтилляции в двухфазном криогенном детекторе.

Слайд 10 (Спасибо за внимание)