

ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертацию Попова Артема Романовича «Осцилляции нейтрино в астрофизических магнитных полях и средах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 – теоретическая физика.

Диссертация А.Р.Попова «Осцилляции нейтрино в астрофизических магнитных полях и средах» посвящена исследованию новых эффектов во флейворных, спиновых и спин-флейворных осцилляциях нейтрино. В диссертации изучен процесс осцилляций нейтрино в магнитном поле и веществе. Рассмотрены осцилляции дираковских и майорановских нейтрино в среде, характерной для взрывов сверхновых. В диссертации также изучены осцилляции нейтрино в межзвёздном магнитном поле. Рассмотрена декогеренция осцилляций нейтрино в магнитном поле за счёт расхождения волновых пакетов.

В диссертации представлены следующие новые научные результаты.

1. Предложен новый подход к описанию осцилляций нейтрино во внешнем магнитном поле, основанный на точных решениях уравнения Дирака. Для классификации решений был использован спиновый оператор, являющийся интегралом движения. Были вычислены вероятности осцилляций нейтрино, учитывающие переходы между всеми возможными состояниями. Показано, что вероятности осцилляций нейтрино в магнитном поле представляют собой комбинацию осцилляций на вакуумных и магнитных частотах.

2. Рассмотрены осцилляции майорановских нейтрино при взрывах сверхновых. Особое внимание при этом было уделено эффектам, нарушающим CP-симметрию. Показано, что при наличии ненулевых майорановских CP-нарушающих фаз могут возникать новые резонансы в осцилляциях нейтрино-антинейтрино, индуцированных взаимодействием магнитного момента нейтрино с магнитным полем. В частности, при определённых значениях майорановских фаз может возникнуть резонансное усиление переходов из электронных нейтрино в тау антинейтрино. Было показано, условия возникновения резонансного усиления могут быть реализованы при взрывах сверхновых на стадии нейтронизации. Показано, что при реализации резонансного усиления значительная часть электронных нейтрино может перейти в антинейтрино различных типов. Полученные соискателем результаты важны для анализа данных от будущих нейтринных экспериментов JUNO, Hyper-Kamiokande и DUNE, в частности для определения природы массы нейтрино, а также для изучения электромагнитных свойств нейтрино и нарушения CP-симметрии в лептонном секторе.

3. Рассмотрены осцилляции нейтрино в магнитном поле с

использованием формализма волновых пакетов. Рассмотрена кинематическая декогеренция осцилляций нейтрино в магнитном поле. Вычислены длины когерентности для осцилляций на вакуумных и магнитных частотах. Показано, что длины когерентности осцилляций на магнитных частотах пропорциональны кубу энергии нейтрино. Рассмотрены осцилляции нейтрино высоких энергий и нейтрино от сверхновых, распространяющихся в межзвёздном магнитном поле. Было обнаружено, что осцилляции нейтрино высоких энергий на магнитных частотах не затухают даже на космологических масштабах. Показано, что флейворный состав нейтрино высоких энергий может значительно модифицироваться за счёт взаимодействия с магнитным полем.

Материалы, на основании которых представлена диссертационная работа, были опубликованы в 9 статьях в журналах из списка Scopus и представлены на российских и международных конференциях (всего было сделано 15 докладов). При работе над диссертацией А.Р.Попов проявил самостоятельность и хорошую математическую подготовку. А.Р.Попов зарекомендовал себя как трудолюбивый и способный специалист.

Считаю, что диссертационная работа Попова Артема Романовича «Осцилляции нейтрино в астрофизических магнитных полях и средах» соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациям, а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.3 — теоретическая физика.

Доктор физико-математических
наук, профессор кафедры
теоретической физики физического
факультета МГУ имени
М.В.Ломоносова

А.И.Студеникин
«16» января 2024г.

Подпись А.И. Студеникина заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета
физического факультета МГУ
имени М.В.Ломоносова,

профессор

С.Ю. Стремоухов