

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Макарова Александра Николаевича «Измерение спектра эпитепловых нейтронов ускорительного источника времяпролетным методом», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

АКТУАЛЬНОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Диссертационная работа Макарова А.Н. посвящена разработке нового метода и техники эксперимента для измерений спектра эпитепловых нейтронов, который генерируется ускорительным источником с использованием ядерных реакций в литиевой мишени. Характеристики нейтронного спектра изучаются на основе времяпролетного метода. Интенсивность и характеристики спектра исследованного нейтронного источника соответствуют требованиям, предъявляемым к устройствам, реализующим подходы бор-нейтронозахватной терапии (БНЗТ) к лечению злокачественных опухолей. Плотность потока нейтронов источника составляет до $10^9 \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}$, а оптимальный энергетический интервал для нейтронного спектра находится в диапазоне от 1 кэВ до 30 кэВ. Отклонения от указанных значений приводят к нежелательным эффектам генерации нелокализованной дозы облучения тканей пациента. Поэтому описанные в диссертационной работе исследования представляют несомненный интерес для активного физического обоснования и широкого практического внедрения нейтронных методов в терапии человека. Предложенные автором новые подходы к созданию первичных нейтронов и аппаратуры для измерений нейтронных спектров представляются весьма актуальными и способными ускорить процессы контроля характеристик нейтронного генератора БНЗТ на основе оригинальных экспериментальных методик измерений и глубокого понимания физических процессов, определяющих характеристики нейтронных потоков.

СТЕПЕНЬ ОБОСНОВАННОСТИ НАУЧНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ, ВЫВОДОВ И РЕКОМЕНДАЦИЙ ДИССЕРТАЦИИ

Научные положения, выводы и рекомендации в диссертации обоснованы глубоким теоретическим анализом процессов в объектах исследования, оригинальными экспериментами с новой инженерно-физической аппаратурой, детальным анализом погрешностей измерений и воздействием на измерения внешних факторов. Они сформулированы достаточно лаконично и не вызывают сомнений в их обоснованности.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА И ДОСТОВЕРНОСТЬ

В диссертации получены следующие новые результаты:

1. Предложен новый подход к исследованию спектра стационарного источника нейтронов БНЗТ с использованием импульсно-периодического режима его работы вблизи порога реакции с выходом нейтронов, что позволило применить хорошо развитый в нейтронных исследованиях времяпролетный метод характеристики спектра нейтронов.
2. Разработанная методика измерений и оригинальная аппаратура позволили впервые провести измерения спектра нейтронов в ускорителе-тандеме для БНЗТ. Было экспериментально показано, что характеристики спектра соответствуют требованиям БНЗТ, и их контроль можно проводить за технически и физически приемлемое время около суток.

3. Для новой технической системы, созданной для определения нейтронного спектра, предложен и реализован способ оценки в реальном времени уровня отношения сигнал/шум. Экспериментально проверенные технологии измерений открывают возможности для коррекции положения и энергии протонного пучка на нейтроногенерирующей мишени.

НАУЧНАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ

Научная ценность работы определяется разработкой новых методов нейтронно-физических исследования и получением оригинальной информации о спектрах нейтронов, формируемых в стационарных источниках нейтронов на основе ускорителей протонов и ядерных реакций в облучаемых мишенях.

Практическая ценность работы обусловлена продемонстрированной возможностью использования времяпролетного метода измерения спектра нейтронов с минимальной модификацией конструкции протонного ускорителя и выбора импульсного режима измерений спектра с использованием дополнительной мишени с приложенными импульсами напряжения длительностью около 300 нс.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. На стр. 22 говорится о распаде нуклидов за 24 и 44 секунды. По-видимому, автор имеет в виду «время полураспада»?
2. На стр. 25 (Рис.7) столкновение нейтрона с генерацией γ -кванта отмечено как упругое столкновение. По-видимому, имеется ввиду неупругое рассеяние.
3. На стр. 59 ссылка на работу [66] должна быть [67].
4. На стр. 62 термин «колба» вызывает удивление, поскольку на рисунке виден объект, скорее напоминающий «пробирку».
5. На стр. 87 упоминается термин «ноу-хау», который не очень хорошо согласуется с принятым представлением об открытой информации. Без изменения смысла и ценности результата термин легко мог бы быть заменен на нейтральное «описание методики измерений».

Указанные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации. Выполнив большой объем исследований, Макаров А.Н. показал себя квалифицированным специалистом, одинаково хорошо владеющим экспериментальным и теоретическим методами.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО ДИССЕРТАЦИИ МАКАРОВА А.Н.

Диссертационная работа Макарова А.Н. является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне, представляющей как научный, так и практический интерес. В работе содержится решение важной научной задачи, имеющей значение для доработки современных теоретических моделей, описывающих эксперименты по нейтронной физике и реализации приложений нейтронных технологий, прежде всего медицинских, для которых наиболее важны спектральные характеристики нейтронных потоков. Автор продемонстрировал хорошее владение теоретическими и экспериментальными методами ядерной физики, а также техникой сложного нейтронно-физического эксперимента. Материал диссертации изложен достаточно ясно и лаконично, проиллюстрирован многочисленными рисунками. Основные результаты работы опубликованы в научных изданиях, включая 4 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации, а сама диссертация соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.01 – Приборы и методы экспериментальной физики.

Официальный оппонент

Доктор физ.-мат наук, профессор
Заместитель руководителя
Отделения токамаков
Курчатовского ядерно-технологического
комплекса (ОТ КЯТК),
почтовый адрес: 123182 Россия, Москва,
пл. Академика Курчатова, д. 1.
Телефон служебный +7 499 1967001,
мобильный +7 916 5530566,
электронная почта: Kuteev_BV@nrcki.ru

Кутеев Б.В.

Подпись д.ф.-м.н., профессора Б.В. Кутеева заверяю,
Заместитель директора по научной работе -
Главный ученый секретарь
ФГБУ НИЦ «Курчатowski институт»
Доктор физ.-мат наук, профессор



Ильгин В.И.