

покрытий, твёрдости и коррозионной стойкости хромовых покрытий, осаждённых в условиях полного самораспыления при давлении в камере 0,01 Па и ниже по сравнению с осаждением в атмосфере аргона.

Исследования выполнялись при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-08-00454.

МАТРИЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ТОКОВ ПЕРЕХОДА МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ТЕМНОГО ФОТОНА ЭЛЕКТРОНОМ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЯХ СПЕЦИАЛЬНОГО ВИДА

И.В. Ворончихин, А.Ю. Трифонов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: IVV1211@yandex.ru

При исследовании динамики удаленных галактик возникло противоречие между данными наблюдения и теоретическими предсказаниями. Решение данной проблемы возможно с помощью введения понятия скрытой массы, впоследствии названной темной материей. В настоящее время такой подход стал общепринятым [1,2].

По аналогии со стандартной моделью на основе спонтанного нарушения калибровочной симметрии $U(1)$ можно ввести векторную массивную частицу медиатор, которая отвечает за взаимодействие между видимым сектором и темной материей путем кинематического смешивания с электромагнитным фотоном [2,3]

В работе на основе обобщенного лагранжиана [1]:

$$L_{\psi,A} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi}\left\{\gamma_{\mu}(i\partial^{\mu} - eA^{\mu}) - M_{\psi}\right\} + \frac{1}{2}\bar{\chi}F_{\mu\nu}F'^{\mu\nu} - \frac{1}{4}F'_{\mu\nu}F'^{\mu\nu} + \frac{1}{2}\lambda_{M_A}^2 A'_{\mu}A'^{\mu} + \bar{\chi}\left\{\gamma_{\mu}(i\partial^{\mu} - g'A'^{\mu}) - M_{\chi}\right\}\chi,$$

были получены матричные элементы токов перехода для мощности излучения темного фотона электроном в форме функционала от классической траектории излучающего электрона с учетом квантовых поправок, связанных с отдачей излучаемого темного фотона и квантовым характером движения электрона. Результаты получены в электромагнитных полях общего вида, при условии, что их потенциалы гладкие функции вместе со всеми производными.

Волновая функция электрона была рассмотрена в квазиклассическом приближении методом комплексного ростка Маслова и удовлетворяет уравнению Дирака с точностью до $O(\hbar^{5/2})$, $\hbar \rightarrow 0$ [4].

Для полученных функционалов, решив вариационную задачу, можно найти траекторию частицы в электромагнитном поле, для которой мощность спонтанного излучения темного фотона максимальна.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Томской области в рамках научного проекта № 19-41-700004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S.N. Gninenko, Search for MeV dark photons in a light-shining-through-walls experiment at CERN — Phys. Rev. D 89, 075008 — Published 8 April 2014.
2. D. Banerjee et al. (The NA64 Collaboration), Search for vector mediator of dark matter production in invisible decay mode — Phys. Rev. D 97, 072002 — Published 4 April 2018.
3. Holdom B. Two $U(1)$'s and epsilon charge shifts //Phys. Lett., B. — 1986. — Т. 166. — №. 2. — С. 196198.

4. Bagrov V.V. Belov V.V. Trifonov A.Yu. Theory of spontaneous radiation by electrons in a trajectory coherent approximation // J.Phys A: Math. Gen. 1993.Vol 26, No 22. P. 6431-6449.

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ С ПОМОЩЬЮ КОЛЛИМАТОРА, ИЗГОТОВЛЕННОГО МЕТОДАМИ ТРЕХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ

А.А. Григорьева, А.А. Булавская, Ю.М. Черепенников

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: agrigorieva@tpu.ru

Лучевая терапия (ЛТ) с применением электронных пучков, используется для лечения опухолей, расположенных на поверхности кожи или вблизи нее [1]. Преимуществом применения электронной ЛТ является проникновение пучка электронов на заданное значение глубины в зависимости от энергии электронов. Данная особенность позволяет добиться равномерного распределения дозы в планируемом объеме облучения, при этом существенно снижая дозовую нагрузку на здоровые ткани и органы [1].

В ЛТ защита нормальных тканей от облучения и точность доставки дозы имеет важное значение [2], отсюда возникает необходимость формирования полей излучения сложной формы. На сегодняшний день при проведении сеансов ЛТ электронными пучками формирование поперечного профиля поля облучения ограничивается применением стандартного набора аппликаторов прямоугольной или цилиндрической формы, блоков из свинца, индивидуальных металлических коллиматоров [3]. Однако, использование данных способов для формирования поперечных профилей электронных пучков терапевтического назначения имеет ряд недостатков, которые снижают эффективность процедур электронной ЛТ.

Решением данной проблемы может стать изготовление индивидуальных коллимирующих устройств при помощи 3D-печати. Посредством применения технологий трехмерной печати возможно изготавливать персонализированные объекты для медицинских целей за короткий срок. Использование данного подхода повысит точность доставки дозы при проведении сеансов электронной ЛТ и, как следствие, увеличит эффективность лечения.

В рамках данного исследования были изготовлены два коллиматора индивидуальной конфигурации из металла и пластика для реального клинического случая. Металлический коллиматор был изготовлен при помощи стандартной технологии изготовления коллиматоров, а пластиковый – с использованием методов трехмерной печати. Для сравнения методов были получены поперечные профили электронных пучков терапевтического линейного ускорителя исследуемыми образцами.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 18-79-10052).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Garibaldi C. et al. Recent advances in radiation oncology // Ecancermedicalscience. – 2017. – Т. 11. – С. 785.
2. Khan F. M., Gibbons J. P. Khan's the physics of radiation therapy. – Lippincott Williams & Wilkins, 2014. – 572 с.
3. Wojcicka J. B. Technical Note: On Cerrobend shielding for MeV 18–22 electron beams // Medical Physics. – 2008. – Т. 35. – №.10 – С. 4625-9.