

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра ядерной физики

УДК 539.122.04; 537.87

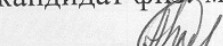
Левкович
Алеся Витальевна

**Моделирование процессов развития электромагнитного
ливня в ориентированных кристаллах для гамма-телескопов
на основе модифицированного GEANT4 с использованием
суперкомпьютера**

Дипломная работа

Научный руководитель:
доктор физ.-мат. наук,
профессор
Лобко А.С.

Рецензент:
кандидат физ.-мат. наук,
доцент
Макаренко В.В.

Допущена к защите
«15» сентября 2019г.
Зав. кафедрой ядерной физики
кандидат физ.-мат. наук, доцент,
 А.И.Тимошенко

МИНСК, 2019

Содержание

РЕФЕРАТ.....	3
РЭФЕРАТ	4
ABSTRACT.....	5
Введение	6
1 Когерентные эффекты взаимодействия пучков заряженных частиц с кристаллическими средами.....	8
1.1 Когерентные взаимодействия	9
1.1.1 Усредненный атомный потенциал	10
1.1.2 Плоскостное каналирование	13
1.1.3 Осевое каналирование	15
1.1.4 Однократное и многократное рассеяние	16
1.1.5 Деканалирование.....	17
1.1.6 Энергетические потери.....	19
1.2 Электромагнитное излучение ультрарелятивистских электронов и позитронов в кристаллах.....	20
1.2.1 Когерентное тормозное излучение	23
1.2.2 Излучение при каналировании	26
1.3 Квазиклассический подход Байера-Каткова	27
2 Прохождение частиц через вещество	29
2.1 Взаимодействие электронов и фотонов с веществом.....	29
2.1.1 Радиационная длина	29
2.1.2 Потери энергии на тормозное излучение электронами и позитронами.....	30
2.1.3 Критическая энергия	30
2.1.4 Тормозное излучение и рождение пар при очень высоких энергиях	31
2.2 Электромагнитные каскады	31
3 Программно-аппаратные средства и технология моделирования гамма-телескопа.....	33
3.1 Основные понятия моделирования с помощью Geant4	33
3.2 Программирование на суперкомпьютерах	36
3.2.1 Суперкомпьютер <i>Marconi</i>	37
3.3 Модификация пакета Geant4.....	38
4 Моделирование электромагнитных процессов в ориентированных кристаллах вольфрамата свинца.....	42
4.1 Результаты моделирования электромагнитных процессов с использованием модифицированного Geant4	42
4.2 Конструктивные особенности гамма-телескопа Ферми	44
4.2.1 Особенности конструкции трекера <i>Fermi LAT</i>	47
4.2.2 Калориметр.....	47
4.3 Моделирование гамма-телескопа, подобного телескопу <i>Fermi LAT</i>	49
4.3.1 Моделирование конструкции гамма-телескопа.....	49
4.3.2 Моделирование электромагнитных процессов в гамма-телескопе	50
Заключение	59
Список использованных источников	60

РЕФЕРАТ

Дипломная работа: 61 с., 21 рис., 1 табл., 36 ист.

**ОРИЕНТИРОВАННЫЕ КРИСТАЛЛЫ, GEANT4, КОГЕРЕНТНЫЕ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЛИВЕНЬ, ГАММА-
ТЕЛЕСКОП, МОДЕЛИРОВАНИЕ, СУПЕРКОМПЬЮТЕР.**

Объект исследования – когерентные эффекты взаимодействия пучков заряженных частиц с кристаллическими средами.

Предмет исследования – электромагнитные ливни в условиях сильного поля кристаллических осей и плоскостей.

Цель работы – установление особенностей развития электромагнитных процессов при прохождении ультрарелятивистских заряженных частиц через упорядоченную структуру.

Полученные результаты – проведена модификация сечений процессов образования электрон / позитронных пар и тормозного излучения в условиях параксиального движения частиц, выполнено моделирование профиля электромагнитного ливня в кристалле вольфрамата свинца с учетом проведенной модификации, подготовлен предварительный проект гамма-телескопа с учетом кристаллических эффектов в калориметре и трекаре.

Практическое применение – моделирование существующих и будущих экспериментов в физике высоких энергий с учетом кристаллических эффектов.

РЭФЕРАТ

Дыпломная работа. : 61 с., 21 мал., 1 табл., 36 спас.

АРЫЕНТАВАНЫЯ КРЫШТАЛІ, GEANT4, КАГЕРЭНТНЫЯ
УЗАЕМАДЗЕЯННЯ, ЭЛЕКТРАМАГНІТНЫ ЛІВЕНЬ, ГАМА-ТЭЛЕСКОП,
МАДЭЛЯВАННЕ, СУПЕРКАМП'ЮТАР.

Аб'ект даследавання - кагерэнтныя эфекты ўзаемадзеяння пучкоў зараджаных часціц з крышталічнымі асяроддзямі.

Прадмет даследавання - электрамагнітныя ліўні ва ўмовах моцнага поля крышталічных восяў і плоскасцей.

Мэта работы - усталяванне асаблівасцяў развіцця электрамагнітных працэсаў пры праходжанні ультрарэлятывісцкіх зараджаных часціц праз спарадкаваную структуру.

Атрыманыя вынікі - праведзена мадыфікацыя перасекаў працэсаў з'яўлення электрон / пазітронных пар і тармазнага выпраменьвання, выканана мадэляванне профілю электрамагнітнага ліўня ў крышталі вольфрамата свінцу з улікам праведзенай мадыфікацыі, падрыхтаваны папярэдні праект гама-тэлескопа з улікам крышталічных эфектаў у каларыметры і трэкеры.

Практычнае ўжыванне - мадэляванне існуючых і будучых эксперыментаў у фізіцы высокіх энергій з улікам крышталічных эфектаў.

Levkovich Alesia

Simulation of an electromagnetic shower development in oriented crystals for gamma-telescopes based on a modified GEANT4 using a supercomputer

ABSTRACT

Graduate work: 61 p., 21 fig., 1 tab., 36 ref.

ORIENTED CRYSTALS, GEANT4, COHERENT INTERACTIONS, ELECTROMAGNETIC SHOWER, GAMMA-TELESCOPE, SIMULATION, SUPERCOMPUTER.

Object of research – coherent effects of interaction of charged particle beams with crystalline media.

Subject of research – electromagnetic shower in a strong field of crystalline axes and planes.

The aim of the work is to establish the features of the development of electromagnetic processes during the passage of ultrarelativistic charged particles through an ordered structure.

The results – a modification of the cross-sections of pair production and bremsstrahlung processes was carried out, the electromagnetic shower profile in a lead tungstate crystal was simulated taking into account the modification of cross-sections, a preliminary draft of a gamma telescope was prepared taking into account crystal effects in the calorimeter and tracker.

Practical use – modeling for up-to-date and future experiments in high energy physics, taking into account crystal effects.