

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЯДЕРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
«МИФИ»

**VI МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ЛАЗЕРНЫЕ, ПЛАЗМЕННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ -
ЛАПЛАЗ-2020»**

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

Часть 1

Москва

УДК: 001.89 [621.373.8+533.9+539.1+530.1+620.3+519.7](06)

ББК 72+22.383

М 43

VI Международная конференция «Лазерные, плазменные исследования и технологии - ЛаПлаз-2020» Сборник научных трудов. Ч.1. М.: НИЯУ МИФИ, 2020. – 463 с.

Сборник научных трудов содержит тезисы докладов, включенных в программу VI Международной конференции «Лазерные, плазменные исследования и технологии – ЛаПлаз-2020», которая прошла с 11 февраля по 14 февраля 2020 года в НИЯУ МИФИ. Организатором конференции выступает Институт лазерных и плазменных технологий НИЯУ МИФИ.

Тематика конференции охватывает широкий круг вопросов: лазерная физика и лазерные технологии; физика плазмы и плазменные технологии; сверхсильные лазерные поля; управляемый термоядерный синтез; современные проблемы теоретической физики; прикладная математика и математическое моделирование; современные проблемы физики твердого тела, функциональных материалов и наносистем; ускорители заряженных частиц и радиационные технологии; современные проблемы квантовой метрологии, физика высокой плотности и энергии, электрофизическое и ядерное приборостроение.

Тезисы получены до 30 января 2020 года.

Материалы издаются в авторской редакции.

Ответственный редактор – Крупышева П.О.

ISBN 978-5-7262-2655-2

©Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», 2020

Программный комитет конференции

- Гаранин Сергей Григорьевич – академик РАН, директор Института лазерно-физических исследований РФЯЦ-ВНИИЭФ -- председатель Программного комитета
- Кузнецов Андрей Петрович – д.ф.-м.н., директор Института ЛаПлаз НИЯУ МИФИ – заместитель председателя Программного комитета
- Батани Дино Димитри – Университет Бордо, Франция
- Бармаков Юрий Николаевич – д.т.н., первый заместитель научного руководителя ФГУП ВНИИА им. Н.Л. Духова, и.о. директора Института физико-технических интеллектуальных систем НИЯУ МИФИ
- Гарнов Сергей Владимирович – член-корр. РАН, директор Института общей физики им. А. М. Прохорова РАН, научный руководитель Института ЛаПлаз НИЯУ МИФИ
- Губин Сергей Александрович – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Химическая физика» НИЯУ МИФИ
- Евтихий Николай Николаевич – заместитель генерального директора ООО «НТО «ИРЭ-ПОЛЮС», заведующий кафедрой «Лазерная физика» НИЯУ МИФИ
- Илькаев Радий Иванович – академик РАН, почетный научный руководитель РФЯЦ-ВНИИЭФ
- Колачевский Николай Николаевич – член-корр. РАН, директор Физического института им. П.Н. Лебедева РАН, заведующий кафедрой «Физико-технические проблемы метрологии»
- Кудряшов Николай Алексеевич – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Прикладная математика» НИЯУ МИФИ
- Курнаев Валерий Александрович – д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой «Физика плазмы» НИЯУ МИФИ

- Менушенков Алексей Павлович – д.ф.-м.н., профессор, и. о. заведующего кафедрой «Физика твердого тела и наносистем» НИЯУ МИФИ
- Попруженко Сергей Васильевич – д.ф.-м.н., профессор, НИЯУ МИФИ
- Пуранс Юрис – д.ф.-м.н, профессор, член Латвийской Академии Наук, Университет Латвии
- Смирнов Валентин Пантелеймонович – академик РАН, АО «Наука и инновации» ГК Росатом
- Сон Эдуард Евгеньевич – академик РАН, руководитель НИЦ-4 Объединенного института высоких температур РАН
- Фертман Александр Давидович – к.ф.-м.н, директор по науке Кластера ядерных технологий Фонда «Сколково»
- Черковец Владимир Евгеньевич – д.ф.-м.н., профессор, научный руководитель АО ГНЦ «ТРИНИТИ»

Организационный комитет конференции

- Кузнецов А.П. – директор Института ЛаПлаз, НИЯУ МИФИ, председатель Организационного комитета
- Генисаретская С.В. – заместитель директора Института ЛаПлаз, НИЯУ МИФИ, заместитель председателя Организационного комитета
- Борисюк П.В. – доцент отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ, член Организационного комитета
- Гаспарян Ю.М. — доцент отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета
- Городничев Е.Е. – профессор отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета
- Губский К.Л. – доцент отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета

- Гусарова М.А. – доцент отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета
- Казиева Т.В. – старший преподаватель отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета
- Кузнецов А.В. – доцент отделения лазерных и плазменных технологий офиса образовательных программ НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета
- Маклашова И.В. — старший преподаватель кафедры «Химическая физика» НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета
- Масленников С.П. – профессор кафедры «Прикладная ядерная физика» НИЯУ МИФИ, член Организационного комитета

Адрес в Интернет: <http://conf.laplas.mephi.ru/>

Содержание:

Секция СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И КВАНТОВОЙ МЕТРОЛОГИИ	29
А.Я. ДЗЮБЛИК, Б.Е. ГРИНЮК РОЛЬ ЭЛЕКТРОННОГО ЭКРАНИРОВАНИЯ В НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЯДЕРНЫХ РЕАКЦИЯХ	30
Е.В. ТКАЛЯ ВНУТРЕННЯЯ ЭЛЕКТРОННАЯ КОНВЕРСИЯ ИЗОМЕРА ^{229}Mn В РИДБЕРГОВСКОМ ИОНЕ Tn^{3+} И АНИОНЕ Tn^-	32
П.В. БОРИСЮК, О.С. ВАСИЛЬЕВ, С.П. ДЕРЕВЯШКИН, Н.Н. КОЛАЧЕВСКИЙ, Ю.Ю. ЛЕБЕДИНСКИЙ, С.С. ПОТЕШИН, А.А. СЫСОЕВ, Е.В. ТКАЛЯ, Д.О. ТРЕГУБОВ, К.Ю. ХАБАРОВА, В.П. ЯКОВЛЕВ ИОНЫ ТОРИЯ В ЛИНЕЙНОЙ КВАДРУПОЛЬНОЙ ЛОВУШКЕ	34
Е.Ф. СТЕЛЬМАШЕНКО, О.А. КЛЕЗОВИЧ, В.Н. БАРЫШЕВ, В.А. ТИЩЕНКО, И.Ю. БЛИНОВ, В.Г.ПАЛЬЧИКОВ, В.Д. ОВСЯННИКОВ ИЗМЕРЕНИЯ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СВЧ ПОЛЯ В ШИРОКОМ ДИАПАЗОНЕ С ПОМОЩЬЮ РИДБЕРГОВСКИХ АТОМОВ	36
Д.И. ПРОВОРЧЕНКО, Д.А.МИШИН, Е.С.ФЕДОРОВА, Д.О.ТРЕГУБОВ, А.А.ГОЛОВИЗИН, В.Н.СОРОКИН, К.Ю.ХАБАРОВА, Н.Н.КОЛАЧЕВСКИЙ ИССЛЕДОВАНИЕ ШТАРКОВСКОГО СДВИГА ЧАСТОТЫ ЧАСОВОГО ПЕРЕХОДА В АТОМАХ ТУЛИЯ В ОПТИЧЕСКОЙ РЕШЕТКЕ НА ДЛИНЕ ВОЛНЫ 1064 НМ	38
М.И. ВАСЬКОВСКАЯ, Е.А. ЦЫГАНКОВ, Д.С. ЧУЧЕЛОВ, С.А. ЗИБРОВ, В.В. ВАСИЛЬЕВ, В.Л. ВЕЛИЧАНСКИЙ ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ БУФЕРНЫХ ГАЗОВ НА СВЕТОВОЙ СДВИГ В АТОМНЫХ ЯЧЕЙКАХ ДЛЯ КПН-СТАНДАРТА ЧАСТОТЫ	40
Д.С. ЧУЧЕЛОВ, М.И. ВАСЬКОВСКАЯ, С.А. ЗИБРОВ, В.В. ВАСИЛЬЕВ, В.Л. ВЕЛИЧАНСКИЙ М.Ю. БАСАЛАЕВ, В.И. ЮДИН, А.В. ТАЙЧЕНАЧЕВ. ДИНАМИЧЕСКАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ РЕЗОНАНСА КОГРЕНТНОГО ПЛЕНЕНИЯ НАСЕЛЕННОСТЕЙ В	

А.М.ГРУДИНИНА, ИССЛЕДОВАНИЕ АНИЗОТРОПНОГО МАГНИТОЭКСИТОНА	Н.С.ВОРОНОВА, ОСНОВНОГО СОСТОЯНИЯ	Ю.Е.ЛОЗОВИК, СОСТОЯНИЯ	340
К.С. КРЫЛОВ, В.Д. МУР ДРОБНОЕ КВАНТОВАНИЕ ОРБИТАЛЬНОГО МОМЕНТА В ЗАДАЧАХ КЛАССИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ			342
П.Д. ЛУКЪЯНОВ, Д.Н. ВОСКРЕСЕНСКИЙ, Е.Э КОЛОМЕЙЦЕВ САМОСОГЛАСОВАННЫЕ ПРИБЛИЖЕНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ АДРОННОГО ГАЗА МАЛОЙ ПЛОТНОСТИ			344
Е.А. ЦЫГАНКОВ, Д.С. ЧУЧЕЛОВ, С.А. ЗИБРОВ, М.И. ВАСЬКОВСКАЯ, В.Л. ВЕЛИЧАНСКИЙ, С.В. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ, В.П. ЯКОВЛЕВ ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА СВЕТОВОЙ СДВИГ В УСЛОВИЯХ КПП РЕЗОНАНСА			346
Т.В. ЛИСЕЙКИНА, С.В. ПОПРУЖЕНКО НЕИЗЛУЧАЮЩИЕ НЕСТАЦИОНАРНЫЕ СОСТОЯНИЯ ЛАЗЕРНОЙ ПЛАЗМЫ			348
М.А. РАКИТИНА, С.И. ГЛАЗЫРИН, А.В. БРАНТОВ, В.Ю. БЫЧЕНКОВ ПОРОГ ИОННО-ЗВУКОВОЙ НЕУСТОЙЧИВОСТИ И АНОМАЛЬНОЕ ПОГЛОЩЕНИЕ			350
Е.С. СОЗИНОВ, А.М. ФЕДОТОВ ФОРМАЛИЗМ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ПО МИРОВЫМ ЛИНИЯМ В СКАЛЯРНОЙ КВАНТОВОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ			352
Д. БЛЭКМЭН, Р. НЮТЕР, Ф. КОРНЕЕВ, В. ТИХОНЧУК ПЛАЗМЕННЫЕ ВОЛНЫ С УГЛОВЫМ ОРБИТАЛЬНЫМ МОМЕНТОМ			355
С.А. СУББОТИН, Н.С. ВОРОНОВА, И.Л. КУРБАКОВ, Ю.Е. ЛОЗОВИК СТАТИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ УРАВНЕНИЙ ГИДРОДИНАМИКИ ДЛЯ ЭКСИТОНОВОГО БОЗЕ-ГАЗА С УТЕЧКОЙ			357
Б.А. ТУЛУПОВ, М.Л. ГОРЕЛИК, Ш. ШЛОМО, М.Г. УРИН СВОЙСТВА ИЗОСКАЛЯРНЫХ ГИГАНТСКИХ МУЛЬТИПОЛЬНЫХ РЕЗОНАНСОВ В СРЕДНЕ-ТЯЖЕЛЫХ МАГИЧЕСКИХ ЯДРАХ: ПОЛУМИКРОСКОПИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ			359
С.С. САУТБЕКОВ, М.И. ПШИКОВ, А.Г. АСЫЛБЕКОВА ИЗЛУЧЕНИЕ РАВНОУСКОРЕННО ДВИЖУЩЕЙСЯ ЧАСТИЦЫ			361

ИЗЛУЧЕНИЕ РАВНОУСКОРЕННО ДВИЖУЩЕЙСЯ ЧАСТИЦЫ

В данной работе приводится новый релятивистский векторный потенциал магнитного диполя. В качестве примера рассчитано угловое распределение мощности излучения прямолинейно и равноускорено движущейся частицы с постоянным магнитным моментом.

S.S. SAUTBEKOV, M.I. PSHIKOV, A.G. ASSYLBEKOVA

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

RADIATION FROM A UNIFORMLY ACCELERATED PARTICLE

This paper describes a novel relativistic vector potential of the magnetic dipole. As an example, calculation of the angular distribution of radiation power is shown for a rectilinearly moving and uniformly accelerated particle with constant magnetic moment.

Исходим из выражения для векторного потенциала движущейся со скоростью \mathbf{v} частицы с постоянным магнитным моментом $\mathbf{M}[1]$:

$$\mathbf{A}(\mathbf{r}, t) = -\frac{\mu}{4\pi} \left(\frac{\mathbf{M}}{R^2(1-n\beta)^2} \times \left(\beta - \mathbf{n} \frac{1-\beta^2}{1-n\beta} \right) + \frac{\mathbf{n}}{cR(1-n\beta)^2} \times \left(\dot{\mathbf{M}} + \mathbf{M} \frac{n\dot{\beta}}{1-n\beta} \right) \right)_{\tau},$$

где $\mathbf{n} = \frac{\mathbf{R}}{R}$, \mathbf{R} – радиус вектор движущейся частицы, $\beta = \frac{v}{c}$. Тогда электромагнитное поле движущейся частицы выражается формулами:

$$\mathbf{E}^{Rad}(\mathbf{r}, t) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 R c^2 (1-n\beta)^3} \times \left(\dot{\mathbf{M}} + (\beta\dot{\mathbf{n}}) \frac{\mathbf{M}}{1-n\beta} + \frac{\mathfrak{g}(\beta\mathbf{n})}{1-n\beta} \left(\dot{\mathbf{M}} + (\beta\dot{\mathbf{n}}) \frac{\mathbf{M}}{1-n\beta} \right) \right)_{\tau}$$

$$\mathbf{H}^{Rad}(\mathbf{r}, t) = (\mu_0/\epsilon_0)^{-\frac{1}{2}} \mathbf{n} \times \mathbf{E}^{Rad}(\mathbf{r}, t).$$

Несложно получить для углового распределения излучения частицы:

$$\frac{dP}{d\Omega} = \frac{(1-n\beta)}{\mu_0 c} (R \mathbf{E}^{Rad})^2$$

или

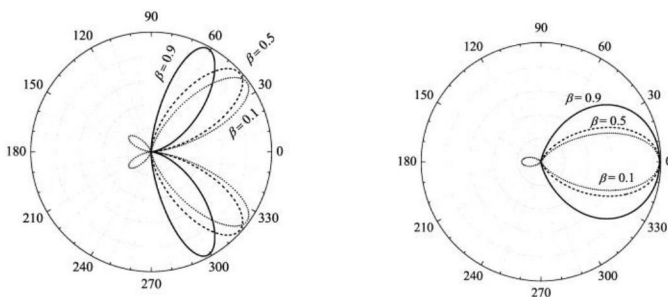
$$\frac{dP}{d\Omega} = \frac{\mu_0}{(4\pi)^2 c^3} \frac{1}{(1-n\beta)^5} \left(\mathbf{n} \times \dot{\mathbf{M}} + (\beta \dot{\mathbf{n}}) \frac{\mathbf{n} \times \mathbf{M}}{1-n\beta} + \frac{3(\beta \dot{\mathbf{n}})}{1-n\beta} \left(\mathbf{n} \times \dot{\mathbf{M}} + (\beta \dot{\mathbf{n}}) \frac{\mathbf{n} \times \mathbf{M}}{1-n\beta} \right) \right)^2$$

Полагая $\dot{\mathbf{M}} = 0, \dot{\mathbf{M}} = 0, \dot{\beta} = 0$, получаем формулу излучения равномерно ускоренной частицы:

$$\frac{dP}{d\Omega} = \frac{9\mu_0}{(4\pi)^2 c^3} \left(\frac{\mathbf{n} \times \mathbf{M}^2 (\beta \dot{\mathbf{n}})^4}{(1-n\beta)^9} \right)$$

Если $\mathbf{v} \parallel \mathbf{M}$, Тогда для угла наблюдения $\alpha = \theta - \arcsin(\beta \sin \theta)$, получим $\frac{dP}{d\Omega} = \frac{9\mu_0 \beta^4 M^2}{(4\pi)^2 c^3} F(\theta, \beta)$,

где $F(\theta, \beta) = \frac{\sin^2 \alpha \cos^4 \alpha}{(1-\beta \cos \alpha)^9}$, если $\mathbf{v} \parallel \mathbf{M}$ или $F(\theta, \beta) = \frac{\cos^6 \alpha}{(1-\beta \cos \alpha)^9}$, если $\mathbf{v} \perp \mathbf{M}$. На рис.1 приведены нормированные диаграммы углового распределения мощности излучения частицы с магнитным моментом \mathbf{M} , движущейся прямолинейно с постоянным ускорением.



а) б)

Рис.1. Угловое распределение $\frac{F(\theta, \beta)}{K(\beta)}$ мощности излучения частицы с магнитным моментом \mathbf{M} , движущейся прямолинейно с постоянным ускорением: а) $\mathbf{v} \parallel \mathbf{M}$, $K(0,1) = 0,3, K(0,5) = 28,2, K(0,9) = 0,9 \cdot 10^7$; б) $\mathbf{v} \perp \mathbf{M}$, $K(0,1) = 2,6, K(0,5) = 512, K(0,9) = 10^9$

Поскольку спиновое излучение проявляется при высоких энергиях электронов и фактически может быть измерено в современных электронных ускорителях, предложенная методика может быть использована для расчета мощности излучения релятивистских электронов и резонансных циклотронных

частот. Учет переходного и тормозного излучений от быстрых нейтронов имеет также теоретическую значимость и в физике плазмы.

Список литературы

1. S.S Sautbekov // Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 484(2019), 403-407.