

# НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА ИЗЛУЧЕНИЯ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

Введение



Светлана Сытова  
Институт ядерных проблем  
Белгосуниверситета  
[sytova@inp.bsu.by](mailto:sytova@inp.bsu.by)

## Цель курса

**Данный курс находится на стыке наук – ядерной физики, прикладной математики и информационных технологий.**

**Начиная с середины XX века и до сегодняшних дней наблюдается бурное развитие исследований в области нелинейных процессов излучения заряженных частиц в различных типах электронных вакуумных приборов (усилителей и генераторов).**

**В курсе будет дано краткое описание некоторых физических явлений и приборов, основанных на этих явлениях и функционирующих в диапазонах спектра от микроволнового до рентгеновского.**

**Цель такого описания – демонстрация многообразия таких приборов при их очевидной общности в используемых физических принципах, а также сложной нелинейной динамики их функционирования. Теоретические и экспериментальные исследования каждого нового типа таких приборов имеют огромное значение для науки и практики.**

**Весь процесс математического моделирования продемонстрирован на примере моделирования объемных лазеров на свободных электронах.**

# Содержание курса

## I. История исследований

**Цель – сделать обзор истории исследования процессов излучения пучков заряженных частиц при прохождении пространственно-периодических структур в рамках различных вакуумных электронных приборах, а также основных принципов их функционирования.**

**Рассмотрены история создания и принципы функционирования лампы бегущей волны (ЛОВ), лампы обратной волны (ЛБВ), лазеров на свободных электронах (ЛСЭ), черенковских генераторов и многоволновых черенковских генераторов (МВЧГ), мазеров на свободных электронах (МСЭ), фотонных ЛСЭ, многоволновых и многопучковых ЛСЭ, объемных лазеров на свободных электронах (ОЛСЭ).**

**Дано понятие «динамическая дифракция».**

**Также дан обзор теории динамических систем и динамического хаоса, развивающегося в данных устройствах.**

## II. Методы математического моделирования и комплексы программ

**Цель – дать слушателям обзорное представление о такой инструментари в арсенале исследователя, как математическое моделирование.**

**Рассмотрены кратко методы математического моделирования, применяемые для моделирования вакуумных электронных приборов, и дать обзор комплексов программ для их моделирования.**

**Даны понятия «моделирование», «валидация» и «верификация» комплексов программ.**

**Рассмотрены основные уравнения для математического моделирования вакуумных электронных приборов, основные методы математического моделирования.**

**Приведен список и основные характеристики наиболее известных комплексов программ.**

# Содержание курса

## III. Математические модели ОЛСЭ и результаты численного моделирования

Цель – рассмотреть кратко математические модели различных типов ОЛСЭ, дать обзор комплекса программ для их моделирования и полученные результаты моделирования, включая проверку выполнения численными методами всех основных физических законов функционирования ОЛСЭ, а также исследовать численными методами ОЛСЭ как хаотическую динамическую систему. Также рассмотрены некоторые численные методы моделирования ОЛСЭ.

То есть на примере моделирования ОЛСЭ будет пройдена вся цепочка исследований данного физического устройства методами математического моделирования.

# Содержание курса

## **IV. Информационные технологии для сохранения и распространения полученных научных знаний**

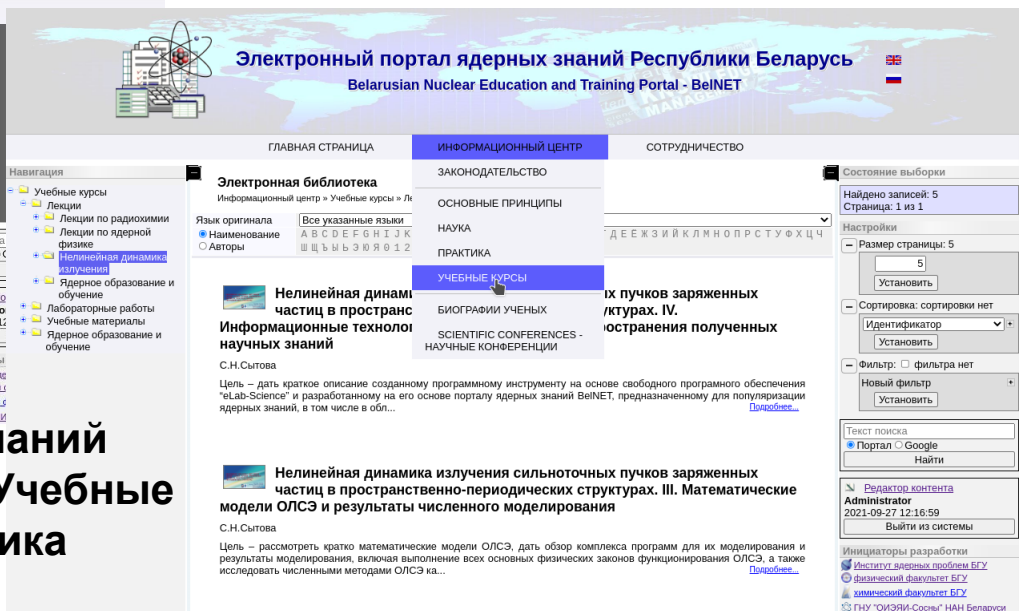
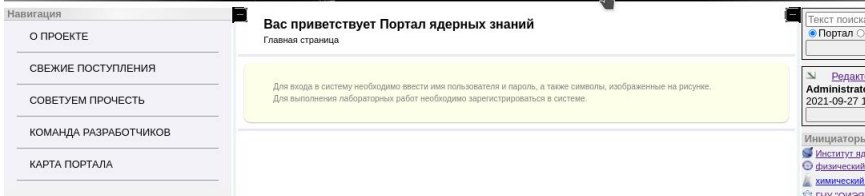
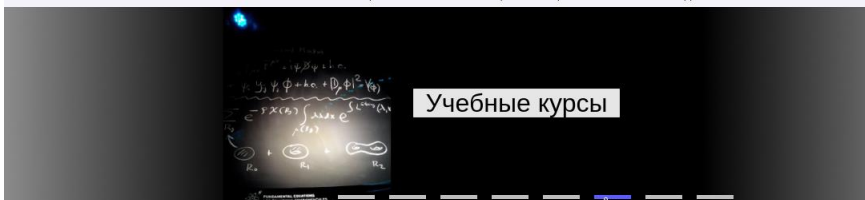
**Цель – дать краткое описание созданному программному инструменту на основе свободного программного обеспечения “eLab-Science” и разработанному на его основе порталу ядерных знаний BeINET, предназначенному для популяризации ядерных знаний, в том числе в области ускорительной техники и лазеров на свободных электронах.**

**Даны понятия «менеджмент знаний», «система управления ядерными знаниями», «свободное программное обеспечение».**

**Рассмотрены примеры порталов в области ядерных знаний.**

**Дан обзор системы управления контентом учебно-научного портала eLab-Science и учебно-научного портала ядерных знаний BeINET, на котором размещен данный курс.**

# Расположение курса



Курс расположен на портале ядерных знаний BeNET <https://belnet.bsu.by/> в разделе «Учебные курсы» - «Лекции» - «Нелинейная динамика излучения». Состоит из 5 презентаций в формате pdf, 140 слайдов.

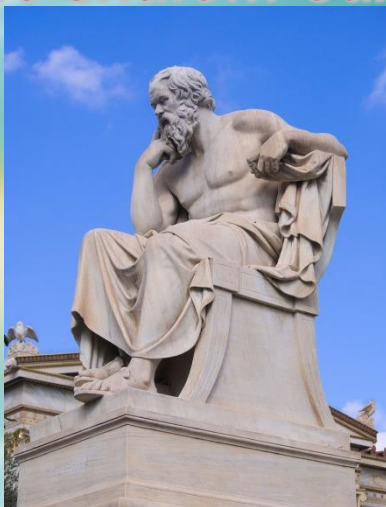
# Основные публикации

1. J. Benford, J.A.Swegle, E. Schamiloglu. High Power Microwave. 2016. 446 p.
2. Т. Маршалл. Лазеры на свободных электронах. 1987. 240 с.
3. Н. Р. Freund, Т. М. Antonsen, Jr. Principles of Free Electron Lasers. 2018. 716 p.
4. Л.А. Вайнштейн, В.А. Солнцев. Лекции по сверхвысокочастотной электронике СВЧ. 1973. 399 с.
5. А.Ф.Александров, М.В. Кузелев. Физика электронных пучков и основы высокочастотной электроники. 2007. 300 с.
6. V.G. Baryshevsky. High-energy nuclear optics of polarized particles. 2012. 640 p.
7. V.G. Baryshevsky, I.D.Feranchuk, A.P. Ulyanenko. Parametric X-ray Radiation in Crystals. Theory, Experiments and Applications. 2003. 179 p.
8. B. Steinar, B. The physics of HPM sources. Preprint Norwegian Defence Research Establishment (FFI); FFI-rapport 2008/00014, 2008-01-04.. 64 p.
9. Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков: в 2 т. 2003. Т.1. 496 с.
10. Д.И. Трубецков, А.Е. Храмов. Лекции по сверхвысокочастотной электронике для физиков: в 2 т. 2004. Т.2. 648 с.
11. Г. Шустер. Детерминированный хаос: Введение. 1988. 240 с.
12. С. П. Кузнецов. Динамический хаос. 2001. 296 с.
13. З. Г. Пинскер. Рентгеновская кристаллооптика. 1982. 391 с.
14. Ш. Чжан. Многоволновая дифракция рентгеновских лучей в кристаллах. 1987. 336 с.
15. Р. Джеймс. Оптические принципы дифракции рентгеновских лучей. 1950. 572 с.
16. Ч. Бэдсел, А. Лэнгдон. Физика плазмы и численное моделирование. 1989. 452 с.
17. Р. Хокни, Дж. Иствуд. Численное моделирование методом частиц. 1987. 640 с.
18. A. Tiwana. Knowledge Management Toolkit. 1999. 640 p.
19. Comparative Analysis of Methods and Tools for Nuclear Knowledge Preservation. Nuclear Energy Series No.NG-T-6.7 STI/PUB/1494. IAEA, 2011. 115 p.
20. Knowledge Management for Nuclear Research and Development Organizations. IAEA-TECDOC-1675. 2011. 74 p.



<https://belnet.bsu.by/article/1467>

***Я знаю только то, что я ничего не знаю,  
но многие не знают даже этого!***



***Сократ***