

ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИНАМИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ СИЛЬНОТОЧНЫХ ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ В НЕОДНОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПЕРИОДИЧЕСКИХ СТРУКТУРАХ

С. Н. Сытова

Институт ядерных проблем Белгосуниверситета
sytova@inp.bsu.by



Моделирование

Modeling and Simulation – M&S

Model. A physical, mathematical, or otherwise logical representation of a system, entity, phenomenon, or process.

Modeling and Simulation. The development and use of live, virtual, and constructive models including simulators, stimulators, emulators, and prototypes to investigate, understand, or provide experiential stimulus to either (1) conceptual systems that do not exist or (2) real life systems which cannot accept experimentation or observation because of resource, range, security, or safety limitations.

Simulation. A method for implementing a model over time.

Verification. The process of determining that a model implementation accurately represents the developer's conceptual description and specifications.

Validation. The process of determining the degree to which a model is an accurate representation of the real-world from the perspective of the intended uses of the model.

Department of Defense, Instruction number 5000.61: “Modeling and Simulation (M&S) Verification, Validation, and Accreditation”, 1996, 15 p.



Моделирование

Modeling and Simulation – M&S

Steps in M&S*

1. Determine appropriate mathematical model
2. Classification of partial differential equation
3. Transformation of mathematical model
4. Select grid pattern
5. Formation of finite difference equations
6. Solution algorithm
7. Perform auxiliary calculations
8. Verification and Validation

**Mahaffy J. Verification and Validation of Codes and Results*

<http://www.personal.psu.edu/users/j/h/jhm/ME540/lectures/VandV/VandV.html>



Верификация и валидация

Verification and Validation – V&V

1. Boehm, B.W. 1981 Software Engineering Economics, Prentice-Hall
2. Blottner, F. G. "Accurate Navier-Stokes results for the hypersonic flow over a spherical nosetip", AIAA Journal of Spacecraft and Rockets, Vol. 27, No. 2 (1990), pp. 113-122.
3. AIAA, "AIAA Guide for the Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations," AIAA (American Institute of Aeronautics and Astronautics) Report G0771988, 1998.
4. Oberkampf, W. L. and Trucano, T. G., "Verification and validation in Computational Fluid Dynamics", Sandia National Laboratory Report SAND2002059, 2002. 122 p.
5. Roache, P.J., "Verification and Validation in Computational Science and Engineering," Hermosa Publishers, pp. 403-412, 1998.
6. Sargent R.G., "Verification and validation of simulation models", Proc. 2011 Winter Simulation Conf. (Proc. IEEE), pp.183-198, 2011.
7. Carson J.S., II, "Model verification and validation", Proc. 2002 Winter Simulation Conf., pp.52-58, 2002.
8. 1012-2016 - IEEE Standard for System, Software, and Hardware Verification and Validation (1998, 2004, 2012)
9. C.K. Birdsall, A.B Langdon. Plasma Physics via Computer Simulation. CRC Press, 2004



Верификация и валидация

Verification and Validation – V&V

Model. A representation of a physical system or process intended to enhance our ability to understand, predict, or control its behavior.

Modeling. The process of construction or modification of a model.

Simulation. The exercise or use of a model. (That is, a model is used in a simulation)

Verification. The process of determining that a model implementation accurately represents the developer's conceptual description of the model and the solution of the model.

Validation. The process of determining the degree to which a model is an accurate representation of the real world from the perspective of the intended uses of the model.

Uncertainty. A potential deficiency in any phase or activity of the modeling process that is due to lack of knowledge.

Error. A recognizable deficiency in any phase or activity of modeling that is not due to lack of knowledge.

Prediction. Use of a model to foretell the state of a physical system under conditions for which the model has not been validated.

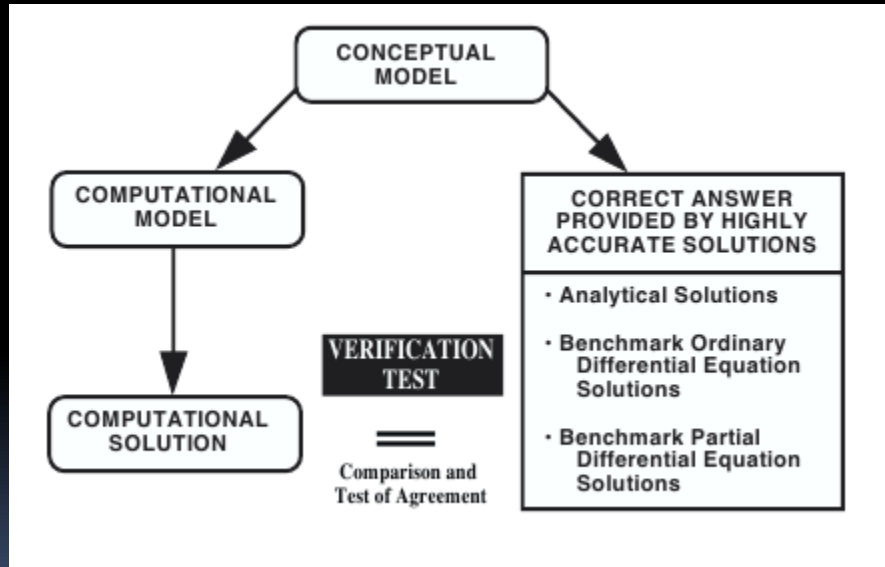
Calibration. The process of adjusting numerical or physical modeling parameters in the computational model for the purpose of improving agreement with experimental data.

AIAA. Guide for the Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations, American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-G-077-1998, Reston, VA, 1998.

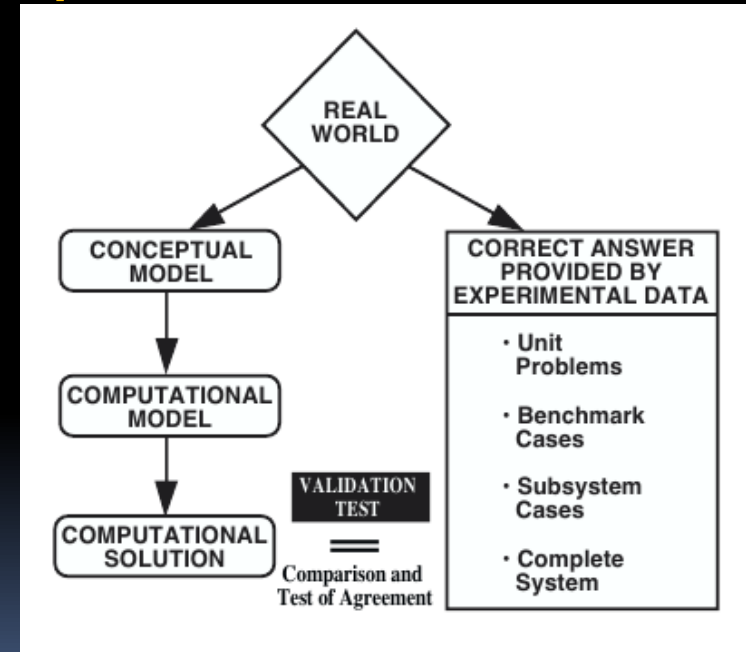
Верификация и валидация

Verification and Validation – V&V

Процесс верификации*



Процесс валидации*



**AIAA. Guide for the Verification and Validation of Computational Fluid Dynamics Simulations, American Institute of Aeronautics and Astronautics, AIAA-G-077-1998, Reston, VA, 1998.*



Верификация и валидация ПО

Software verification asks the question, "Are we building the product right?"; that is, does the software conform to its specification.

Software validation asks the question, "Are we building the right product?"; that is, is the software doing what the user really requires.

IEEE Std 610.12-1990 - IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology
ISO/IEC/IEEE 24765:2010(E), Systems and software engineering -- Vocabulary



Верификация и валидации

Verification and Validation – V&V

A simple framework for Verification and Validation*:

1. Test the model for face validity. For a given scenario, examine all the model's output measures of performance and ask "are they reasonable?".
2. Test the model over a range of input parameters.
3. Where applicable, compare model predictions to past performance of the actual system or to a baseline model representing an existing system. When designing a new system, compare implemented model behavior to assumptions and specifications.

**Carson J.S., II, "Model verification and validation", Proc. 2002 Winter Simulation Conf., pp.52-58, 2002.*



Верификация и валидация

Verification and Validation – V&V

2-9 ARE THE RESULTS CORRECT? TESTS

The simulator, in demonstrating correctness, has many of the problems of a theorist or experimenter. The latter two may be questioned, for example, on their approximations and on their instruments. The simulator uses an unpublished program, with a restricted set of physics (e.g. forced to be in one dimension, or to be electrostatic or lacking collisions, radiation, etc.), with carefully chosen initial conditions and a limited amount of output. How can he tell himself and the world that his work is to be believed?

He can compare his results with those obtained in theory and or in experiment, obtain the desired results for problems with known answers, show invariance of his results as the nonphysical computer parameters (Δt , Δx , NP, NG, etc.) are changed, and so on. Even so, he may leave some doubters. Problems that are fundamental may be checked by simulators at different computer centers, using separate programs; an example of such a problem is plasma diffusion across a magnetic field.

The simulator himself must have confidence in his program and know the bounds within which it should work. The confidence must be real. First, all component parts of the program (particle mover, field solver, etc.) must be tested separately to produce predictable results.

** C.K. Birdsall,
A.B Langdon.
Plasma Physics
via Computer
Simulation. CRC
Press, 2004*



Объемные лазеры на свободных электронах (ОЛСЭ)

Новая закономерность* для инкремента G излучательной неустойчивости пучка релятивистских частиц, пролетающего через пространственно-периодическую мишень в условиях дифракции Брэгга вблизи области пересечения корней дисперсионного уравнения, **приводит к радикальному изменению пороговых условий генерации** (s — число дополнительных волн, возникающих в системе благодаря дифракции) :

$$j_{start} \sim \frac{1}{\kappa L} \lambda^{3+2s}$$

*V.G.Baryshevsky, I.D.Feranchuk, *Phys.Lett.* 102A (1984) 141,

В.Г.Барышевский, ДАН СССР, 299(1988), 1363

Основные принципы работы ОЛСЭ

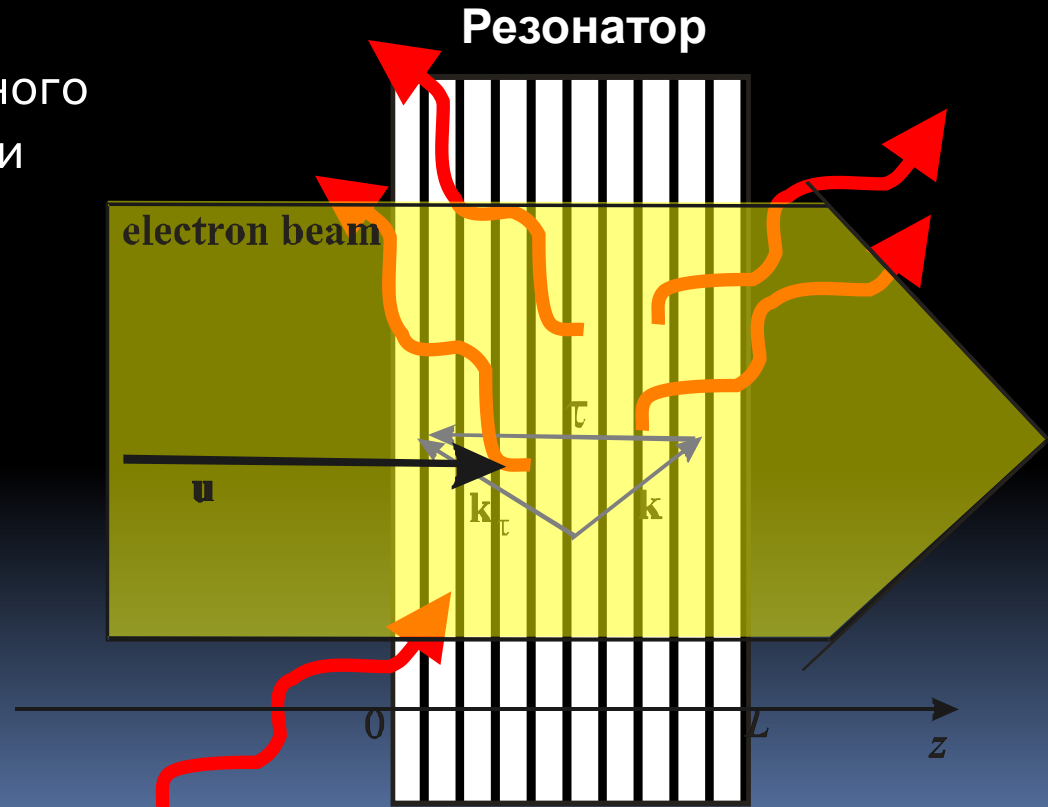
ОЛСЭ может использовать различные механизмы спонтанного излучения – дифракционное или черенковское, Смит-Парселл, ондуляторное, излучение в лазерной волне и т.д.

Условие дифракции:

$$2\mathbf{k}\boldsymbol{\tau} + \boldsymbol{\tau}^2 \approx 0$$

Условие синхронизма:

$$|\omega - \mathbf{k}\mathbf{u}| = \delta\omega \approx 0$$





Система для двухволнового ОЛСЭ*

$$\frac{\partial E}{\partial t} + \gamma_0 c \frac{\partial E}{\partial z} + 0.5i \frac{\mathbf{k}^2 c^2 - \omega^2 \varepsilon_0}{\omega} E - 0.5i \omega \chi_\tau E_\tau = 2\pi j \Phi \int_0^{2\pi} \frac{2\pi - p}{8\pi^2} e^{-i\theta(t,z,p)} + e^{-i\theta(t,z,-)} dp,$$
$$\frac{\partial E_\tau}{\partial t} + \gamma_1 c \frac{\partial E_\tau}{\partial z} - 0.5i \omega \chi_{-\tau} E + 0.5i \frac{\mathbf{k}_\tau^2 c^2 - \omega^2 \varepsilon_0}{\omega} E_\tau = 0,$$

$$E(t, 0) = E_0, \quad E_\tau(t, L) = E_{\tau 0}, \quad E(0, z) = 0, \quad E_\tau(0, z) = 0$$

$\gamma_{0,1}$ – направляющие косинусы,

$\varepsilon_0 = 1 + \chi_0$, χ_0 , $\chi_{\pm\tau}$ – Фурье-компоненты диэлектрической проницаемости среды

*Батраков К.Г., Сытова С.Н. ЖВМ и МФ 45: 4 (2005) 690-700

Уравнения для электронного пучка*

$$\frac{\partial^2 \theta(t, z, p)}{\partial z^2} = \frac{e\Phi}{m\gamma^3 \omega^2} \left(k - \frac{\partial \theta(t, z, p)}{\partial z} \right)^3 \operatorname{Re} E(t - z/u, z) e^{i\theta(t, z, p)},$$

$$\frac{\partial \theta(t, 0, p)}{\partial z} = k - \omega / u, \quad \theta(t, 0, p) = p,$$

$$t > 0, \quad z \in [0, L], \quad p \in [-2\pi, 2\pi]$$

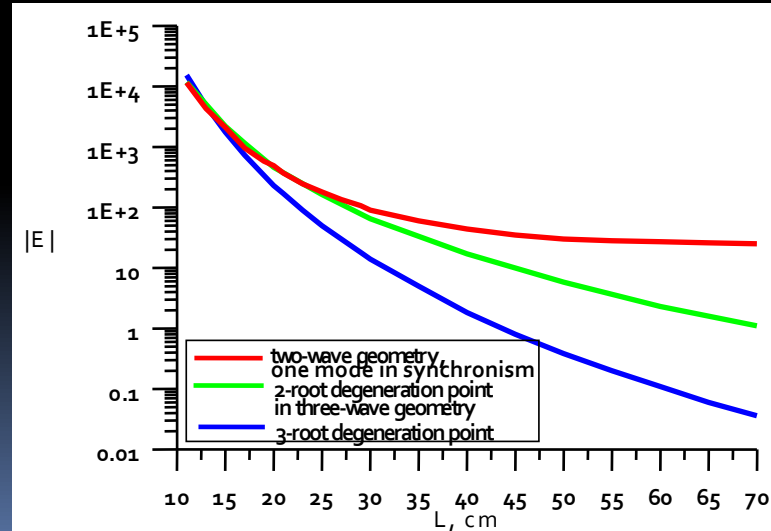
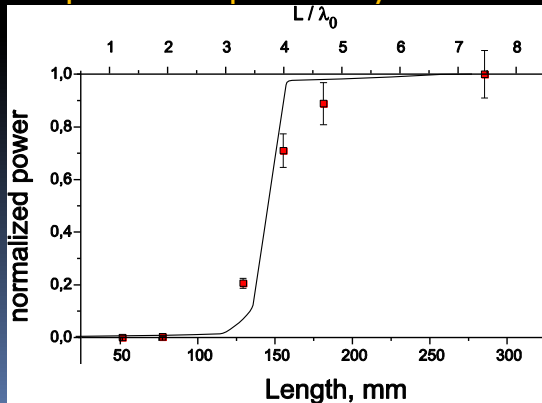
$\theta(t, z, p)$ – фаза электронов пучка по отношению к электромагнитной волне

Использован метод усреднения по фазам влета релятивистских электронов в область взаимодействия (по моменту и по поперечной координате влета электронов в область взаимодействия)

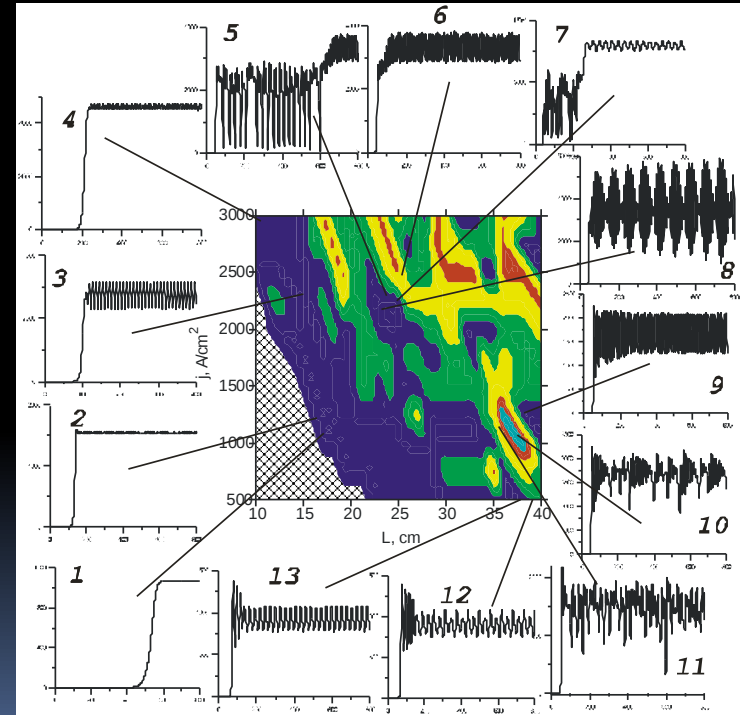
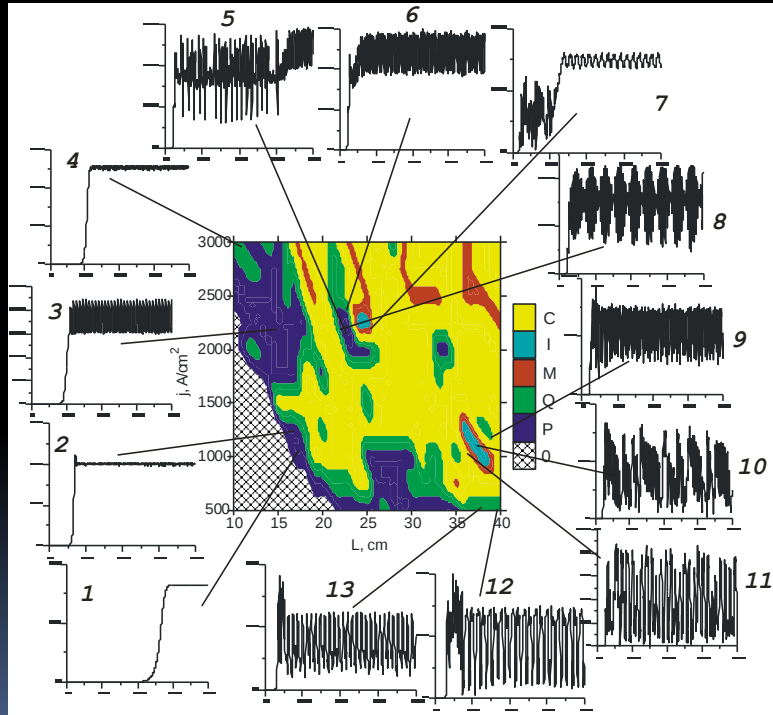
*Батраков К.Г., Сытова С.Н. ЖВМ и МФ 45: 4 (2005) 690-700

Этапы валидации и верификации

- Проверка законов сохранения энергии
- Сравнение аналитических решений системы в случае стационарных и некоторых периодических режимов работы ОЛСЭ с результатами численного моделирования
- Проверка основных законов функционирования ОЛСЭ, в том числе порогов генерации и подавления паразитных мод при прохождении пучка электронов через резонатор
- Исследование пространственно-временной и фазовой динамики ОЛСЭ, в том числе чувствительность к изменению начальных условий и ляпуновских экспонент
- Параметрические карты перехода к хаосу при изменении различных параметров
- Моделирование работы установки ОЛСЭ (250 кэВ)



Параметрические карты перехода к хаосу при изменении длины резонатора L и плотности тока j



Основные результаты моделирования

- Численно получены все основные физические законы функционирования ОЛСЭ, включая пороговые условия генерации
- Показано, что для эффективной генерации существует оптимальный набор параметров ОЛСЭ
- Получены пороги генерации для экспериментальных установок ОЛСЭ
- Показана необходимость учета дисперсии электромагнитных волн на нитях резонатора в системе
- Показано, что ОЛСЭ является хаотической динамической системой. Получены примеры сложной трансформации динамических режимов с наличием областей периодичности, квазипериодичности и хаоса.

ВОПРОСЫ ПОПУЛЯРИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

Система управления контентом учебно-научного портала **eLab-Science**

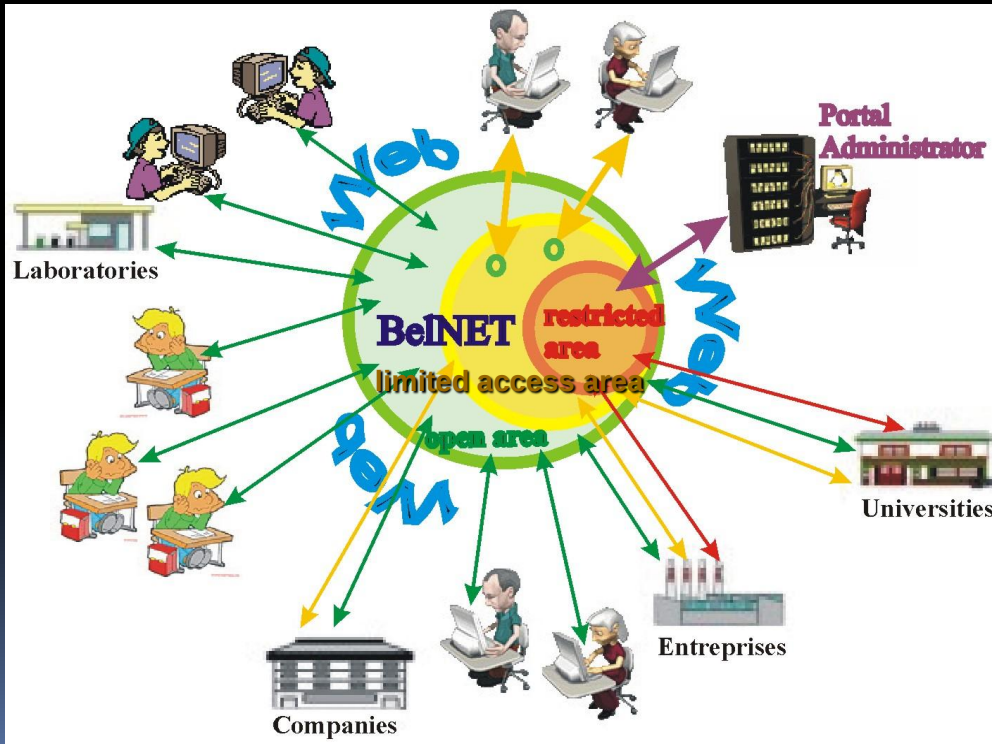


Созданная оригинальная белорусская система управления контентом **eLab-Science** на основе свободного программного обеспечения **реализует все необходимые функции портала**, включая возможность удаленной правки структуры портала и занесения документов, разнообразной сортировки и фильтрации, а также несколько уровней доступа к документам в зависимости от прав пользователей, оригинальный механизм тестирования при выполнении лабораторных работ. Наряду с общепризнанными системами Moodle и MediaWiki **предоставляет возможность разработки сложных научных текстов.**



В настоящий момент
контент портала
содержит свыше **700**
оригинальных
материалов

Учебно-научный портал ядерных знаний BeINET



Принципы
организации

<https://belnet.bsu.by>



Редактор
содержимого
ресурсов в
eLab-Science с
функцией
предпросмотра



Учебно-научный портал CoExAN

Navigation

- CoExAN
- News
- Publications
- Meetings
- Information for use
- Links
- Dissemination
- Awards

Electronic library

CoExAN - News

Source language: All of these languages

Title

Authors

2018-04-18

Visit of Prof. M.Portnoi from University of Exeter (UK) to INP BSU (Belarus)

Visit of Prof. M.Portnoi from University of Exeter (UK) to INP BSU (Belarus) is occurred in April, 2018. Some photos can be seen in attachments. [Read more...](#)

2018-04-17

Visit of Prof. Yuri Svirko (UEF) to INP BSU

Visit of Prof. Yuri Svirko (UEF) to INP BSU was occurred in March, 2018. [Read more...](#)

2018-02-13

Dr. Polina Kuzhir (INP BSU)

Status of selection

Records Found: 39

Page: 1 from 8

Settings

Page size: 5

Sorting: Sorting off

Identifier

Filter: Filter off

New filter

Text to search

Portal Google

Find

Sign In

Initiators of BelNET development

Research Institute for Nuclear Problems of Belarusian State University

*Collective Excitations in
Advanced Nanostructures*

Project ID 644076

Call H2020-MSCA-RISE-
2014 Programme H2020

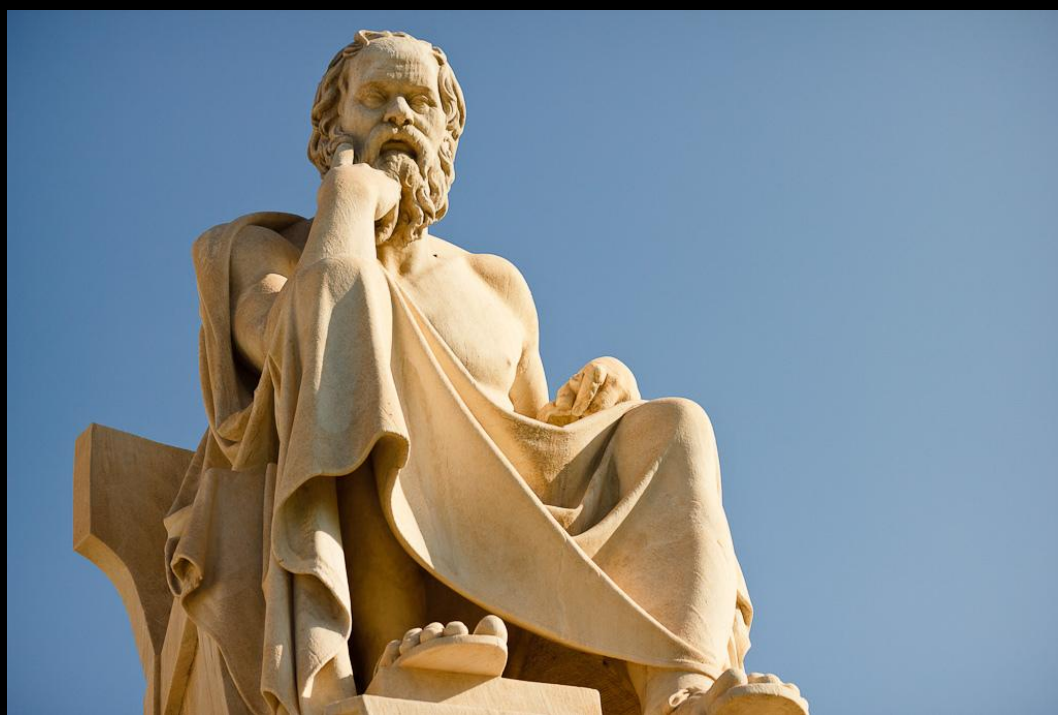
<https://coexan.bsu.by/>

Порталы на основе eLab-Science

способствуют :

- распространению научных знаний;
- вовлечению белорусских ученых в общемировое единое информационное пространство в области ядерных и физических знаний;
- дальнейшему развитию информационного общества Республики Беларусь через популяризацию полученных научных результатов с использованием интернет-технологий.

*Знание –
главная
добродетель.
Сократ*



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

sytova@inp.bsu.by