



В.Л. АКСЕНОВ

РЕАКТОР ТИК И ЕВРОПЕЙСКИЙ НЕЙТРОННЫЙ ЛАНДШАФТ

1. Экспертиза проектов
2. Физика конденсированного состояния
3. Ядерная физика
4. ТИК, ESS, что дальше?

50-я Зимняя Школа ТИЯФ по ФКС, 11-19 марта 2016

ЭКСПЕРТИЗА ПРОЕКТОВ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»

ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
Россия, 188300, Ленинградская обл. г. Гатчина, Орлова Роща



Реакторный комплекс ПИК (2014г.)



Экспериментальные станции на ведущих источниках нейтронов

	ПИК проект	ILL	FRM-II	HFIR	SNS	J-Park	ISIS
Дифракция	7	13	9	6	6	7	12
МУРН	6	5	6	2	2	1	4
Неупругое рассеяние	5	17+3	10	4	9	4	8
Рефлектометрия	4	3	2	-	2	2	5
Ядерная физика	9	7	4	-	1	3	-
Итого	32	45+3	31	12	20	17	29



NATIONAL RESEARCH CENTRE

«KURCHATOV INSTITUTE»



PETERSBURG NUCLEAR PHYSICS INSTITUTE
Russia, 188300, Leningrad District, Gatchina, Orlova Roscha

1st NSAC Meeting (10-11 March 2015) @ PNPI, Gatchina



**КОНДЕНСИРОВАННОЕ
СОСТОЯНИЕ ВЕЩЕСТВА**

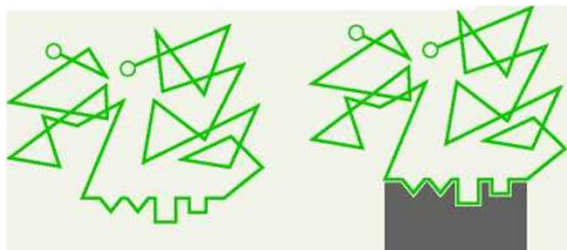


Breaking the protein rules

by Tanguy Chouard (editor for Nature in London) Nature (2011) V. 471 p.151

Классическая догма молекулярной биологии: функция белка напрямую определяется его уникальным образом упакованной пространственной структурой. Почему функционируют белки (или их фрагменты), которые находятся в «неупорядоченном» виде?

Замок и ключ



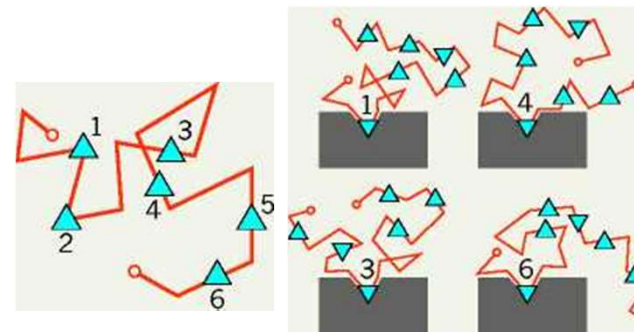
Согласно традиционным представлениям, белок немедленно после синтеза сворачивается в уникальную и стабильную конформацию, — «ключ» (слева). Его форма при этом идеально приспособлена для взаимодействия с субстратом или другим белком, — «замком» (справа).

Индуктивное сворачивание



Неструктурированная часть белкового регулятора активности генов CREB (слева) использует «замок», чтобы самой приобрести форму «ключа» (справа), вместо того, чтобы принимать эту форму самостоятельно и заранее.

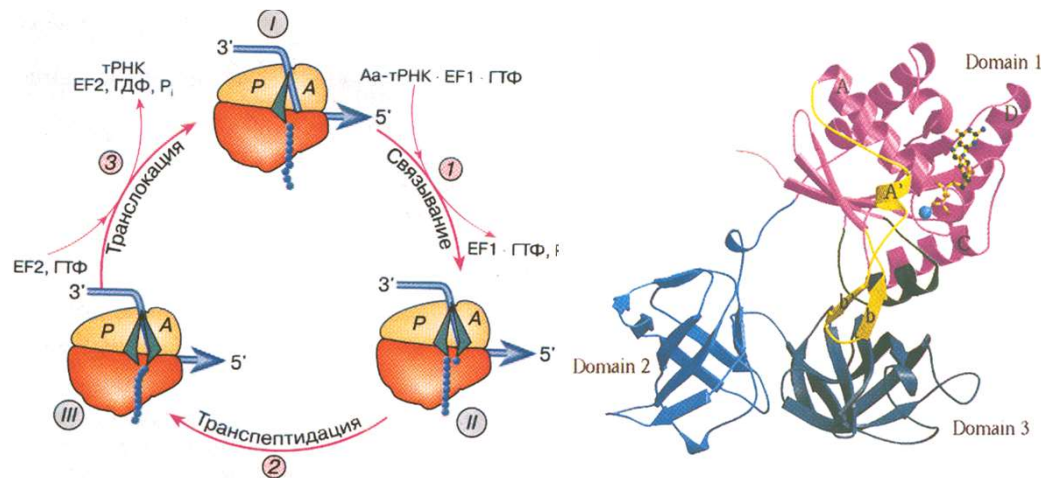
Переменная форма



Сигнальный белок Sic1 даже в связанном состоянии остается неструктурированным, а каждый из его фосфорилированных остатков (показаны цифрами) занимает единственный активный центр по очереди. Этот белок представляет собой смесь конформаций в состоянии динамического равновесия.

Рибосома: белок фактор элонгации трансляции eEF1A

Главная роль факторов элонгации: увеличение скорости элонгации на несколько порядков и способствование четкой фиксации комплексов



Элементарный элонгационный цикл рибосомы, в результате которого прочитывается один триплет (кодон) мРНК и добавляется одна аминокислота к растущему полипептиду

Структура фактора элонгации

Пример неструктурированного белка. В экспериментах по рассеянию нейтронов с использованием изотопного замещения и анализа поляризации установлено, что белок eEF1A не имеет фиксированной жесткой структуры в растворе, а его конформация более расширена и разупорядочена, чем у его прокариотических аналогов.

Предложено четвертое нативное состояние эукариотических факторов – состояние с высокой междоменной подвижностью

I.Serdyuk, V.Aksenov et al. J.Mol.Biol. 292 (1999) 633; T.Budkevich, I.Serdyuk, V.Aksenov et al. Biochemistry 41 (2002) 15342



Instrumentation base of RC PIK

- The investment project "Reconstruction of the laboratory facilities at the RC PIK" (NG + CNS + 12 instruments)
- the investment project "Construction of the instrumentation base of the RC PIK" (2 CNS + 20 Instruments)

Experimental stations for condensed matter (9+13=22)

- Diffractometers (4+3)
- Spectrometer of inelastic scattering (0+5)
- SANS (3+3)
- Reflectometers (2+2)

(1st project + 2nd project)



NATIONAL RESEARCH CENTRE

«KURCHATOV INSTITUTE»

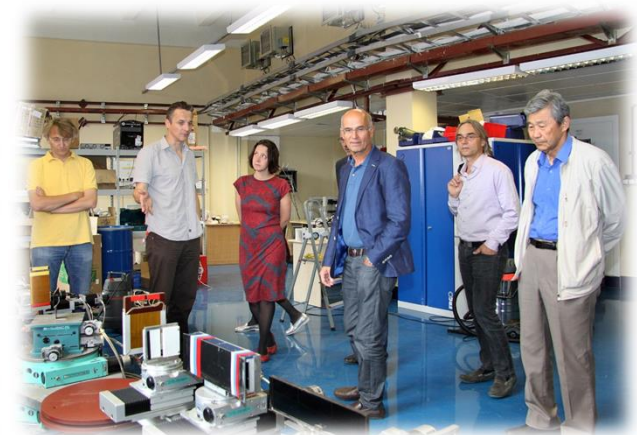
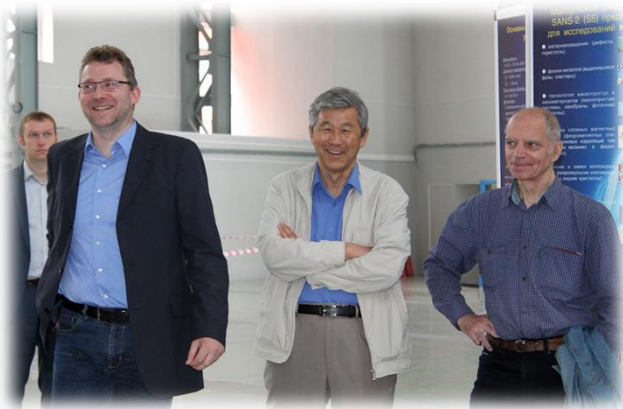


PETERSBURG NUCLEAR PHYSICS INSTITUTE
Russia, 188300, Leningrad District, Gatchina, Orlova Roscha

Diffraction SC

Inaugural Meeting - June 24, 2015, @ PNPI, Gatchina

Diffraction / June, 24 at PNPI Gatchina			
Name	Organization	Specialization	email
Alexander Kurbakov	PNPI NRC KI, Gatchina	Crystallography and neutron diffraction	kurbakov@pnpi.spb.ru
Anatoly Balagurov	JINR, Dubna	Crystallography and neutron diffraction	bala@nf.jinr.ru
Vyacheslav Em	NRC KI, Moscow	Crystallography and neutron diffraction	vtem9@mail.ru
Peter Staron	HZG, Berlin	Neutron Stress diffractometry	peter.staron@hzg.de
Werner Schweika	FZJ, Jülich	Polarized neutron diffraction	w.schweika@fz-juelich.de
Martin Meven	RWTH Aachen	Crystallography and neutron diffraction	martin.meven@frm2.tum.de
Arsene Goukassov	CEA-LLB, Saclay	head diffraction group at LLB, polarized neutron diffraction	arsen.goukassov@cea.fr





NATIONAL RESEARCH CENTRE

«KURCHATOV INSTITUTE»



PETERSBURG NUCLEAR PHYSICS INSTITUTE
Russia, 188300, Leningrad District, Gatchina, Orlova Roscha

Spectroscopy SC

Inaugural Meeting - June 17, 2015, @ PNPI, Gatchina

Spectroscopy / June, 17 at PNPI Gatchina			
Name	Organization	Specialization	email
Karin Schmalzl	FZJ, Jülich		k.schmalzl@fz-juelich.de ; schmalzl@ill.eu ; schmalzl@ill.fr
Evgeny Klementjev	NPI, Troitsk; Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad	Triple-axis spectroscopy	clement@inr.ru
Jörg Voigt	FZJ, Jülich	TOF neutron spectroscopy	j.voigt@fz-juelich.de
Pavel Alekseev	NRC KI, Moscow	Triple-axis spectroscopy	pavel_alekseev-r@mail.ru
Jiri Kulda	ILL, Grenoble	Triple-axis spectroscopy and polarized neutrons	kulda@ill.eu
Michael Monkenbusch	FZJ, Jülich	Neutron spin echo spectroscopy	m.monkenbusch@fz-juelich.de
Margarita Russina	HZB, Berlin	TOF neutron spectroscopy	margarita.russina@helmholtz-berlin.de
Victoria Garcia Sakai	ISIS, Didcot, Oxfordshire (also ILL SAC)	TOF neutron spectroscopy	victoria.garcia-sakai@stfc.ac.uk

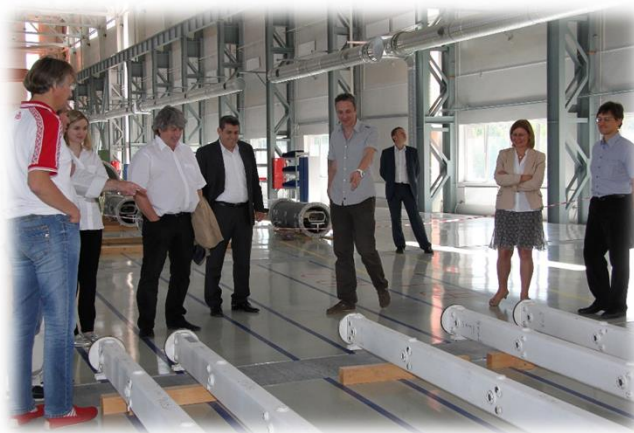




Large Scale Structures SC

Inaugural Meeting - June 29-30, 2015, @ PNPI, Gatchina

Large Scale Structures / June, 29-30 at PNPI Gatchina			
Name	Organization	Specialization	email
Alexander Ioffe	FZJ, Jülich	Instrument construction diffraction/reflectometry	a.ioffe@fz-juelich.de
Evgeny Moskvina	PNPI NRC KI, Gatchina		emoskvina@lns.pnpi.spb.ru
Mikhail Avdeev	JINR, Dubna		avd@nf.jinr.ru
Boris Toperverg	PNPI NRC KI, Gatchina		Boris.Toperverg@ruhr-uni-bochum.de
Ali Ezzeldin Metwalli	TUM, München		ezz.metwalli@ph.tum.de
Stefan Mattauch	FZJ, Jülich	Instrument construction diffraction/reflectometry	s.mattauch@fz-juelich.de
Dieter Lott	HZG, Geesthacht		Dieter.lott@hzg.de





Detectors & Monitors SC

Inaugural Meeting – 14-16 September, 2015 @PNPI, Gatchina

Detectors and Monitors / Date options: September, 14-16 at PNPI Gatchina			
Name	Organization	Specialization	email
Sergey Kulikov	JINR, Dubna		ksa@nf.jinr.ru
Sergey Kosjanenko	PNPI NRC KI, Gatchina		sergey.vosk@gmail.com
Dmitry Iljin	PNPI NRC KI, Gatchina		digatchi@list.ru
Günter Kemmerling	FZJ, Julich	scintillation detector	g.kemmerling@fz-juelich.de
Gregor Nowak	HZG, Geesthacht	gas detector	gregor.nowak@hzg.de
Irina Stefanescu	ESS, Lund	Detector Group, Br coated detectors	Irina.Stefanescu@esss.se
Richard Hall-Wilton	ESS, Lund	Detector Group Leader, gas detector, Br coated detectors	richard.hall-wilton@esss.se
Bruno Guerard	ILL, Grenoble	Head Neutron Detector Service, gas detector, Br coated detectors	guerard@ill.fr



Setups for condensed matter physics

Hall of experimental channels

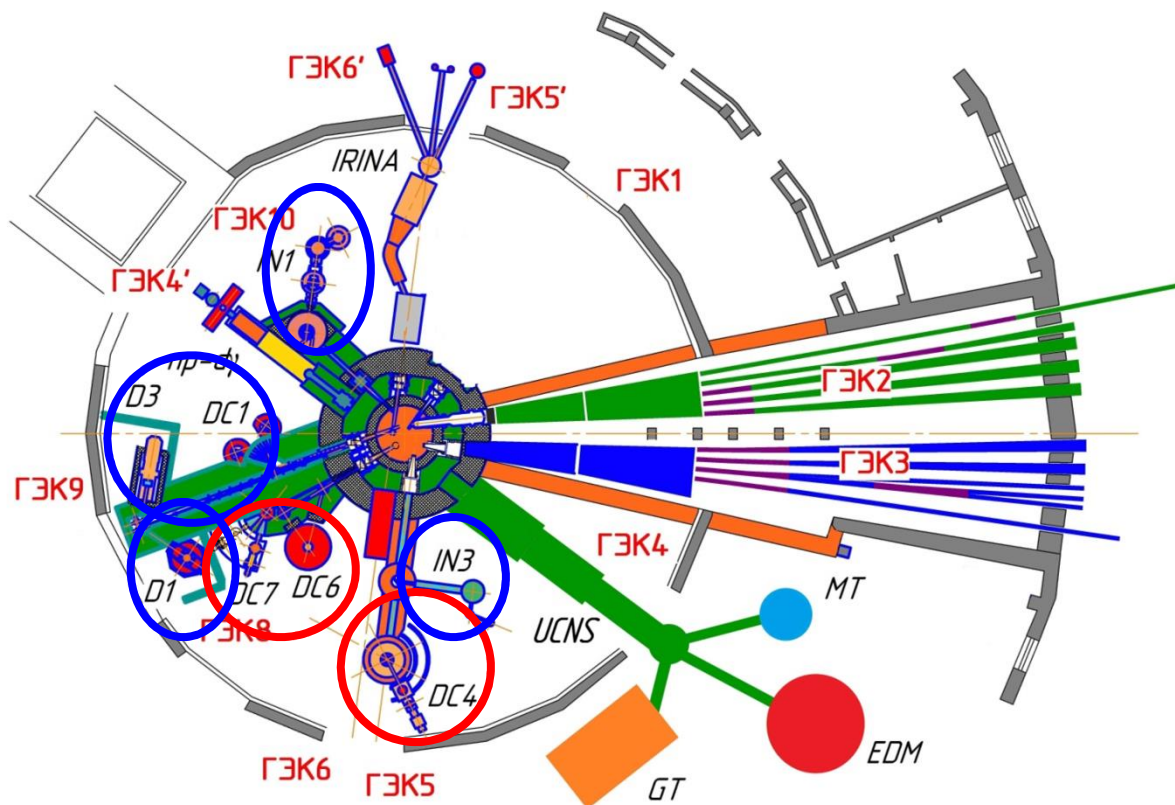
D1 - high resolution powder diffractometer of thermal neutrons

D3 - high flux diffractometer of thermal neutrons

DC1 - four circle diffractometer

IN1 - triple axis spectrometer of thermal neutrons

IN3 - triple axis spectrometer with full polarization analysis



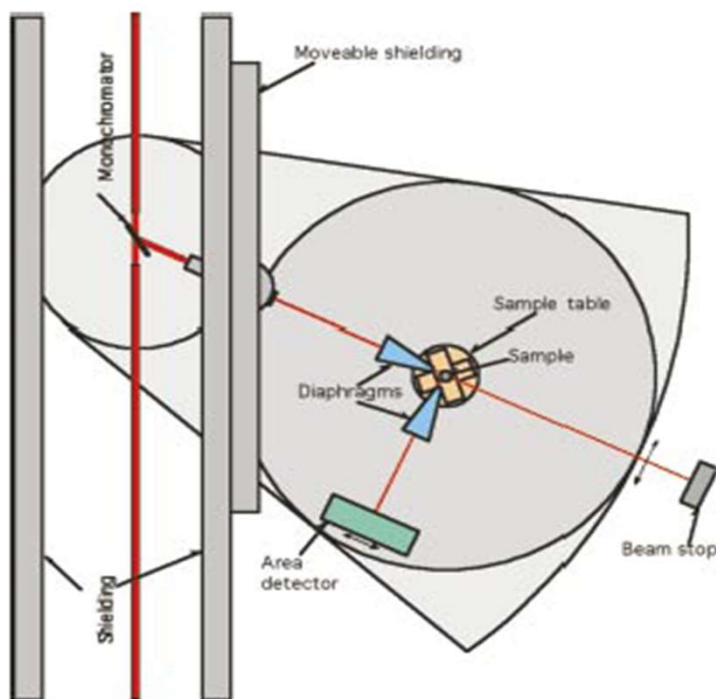
Neutron stations transferred to PNPI RNC KI from HZG (Geesthacht)

- **DC4** - polarized neutron diffractometer with a two-dimensional detector POLDI
- **DC6** - Texture diffractometer TEX
- **DC2** - Stress diffractometer ARES

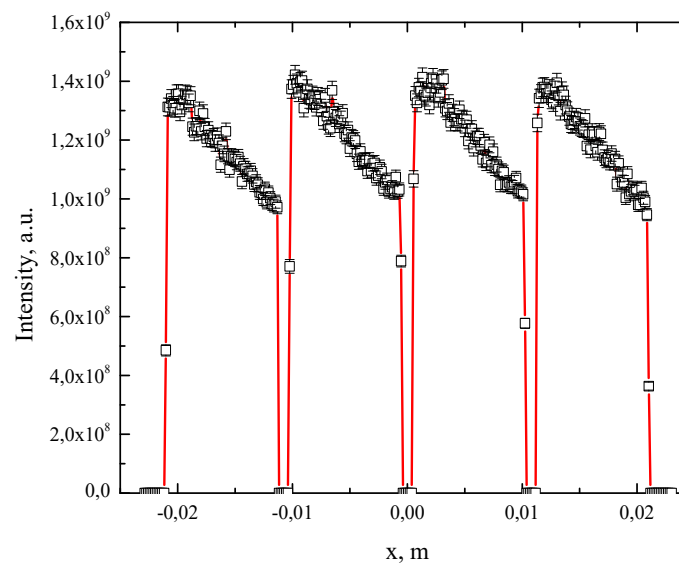


Тестовая сборка и численное моделирование дифрактометра ARES

Численное моделирование дифрактометров TEX и POLDI



Принципиальная схема установки ARES

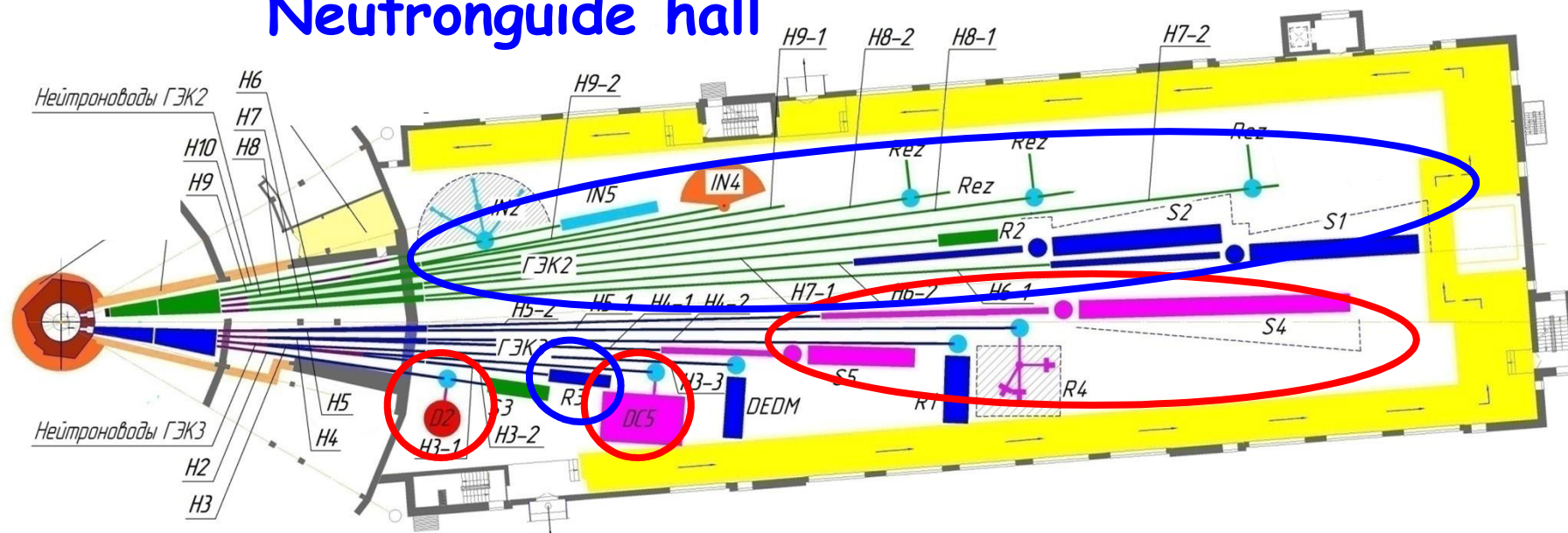


Горизонтальный профиль пучка на выходе из нейтроновода NL-3



Setups for condensed matter physics

Neutronguide hall



Neutron stations transferred from the WWR-M

D2 - powder diffractometer of cold neutrons

R1 - polarized neutron reflectometer with a vertical plane of reflection REVERANS

Neutron stations transferred to PNPI RNC KI from HZG Geesthacht

DC5 - perfect crystal diffractometer DCD

S-4 - small-angle scattering setup of polarized neutron SANS-2

S-5 - small-angle scattering setup of polarized neutrons SANS-3

R4 - polarized neutron reflectometer with polarization analysis NERO

IN2

- triple axis spectrometer of cold neutrons

IN4

- multifunctional Time-of-Flight (TOF) spectrometer

IN5

- Spin-Echo spectrometer

S1

- high resolution SANS diffractometer of polarized neutrons

S2

- SANS apparatus

S3

- Spin-Echo SANS (SE-SANS) facility

R2

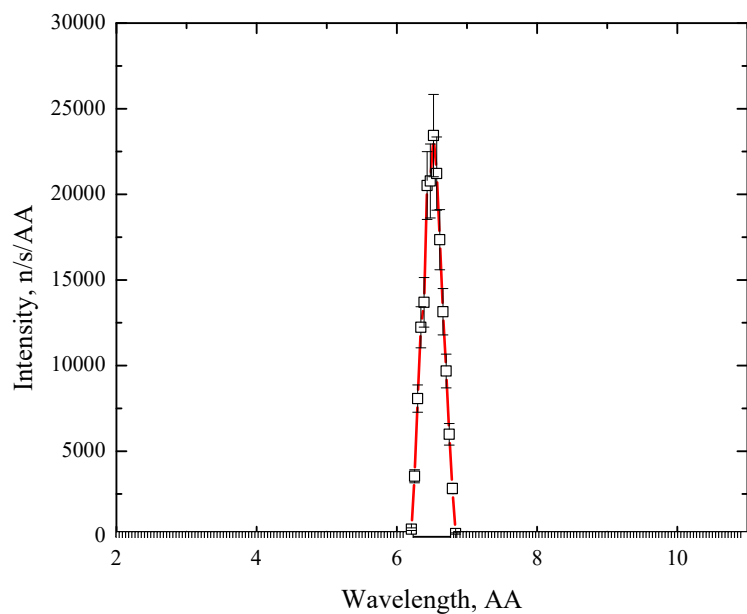
- reflectometer for neutron optics

R3

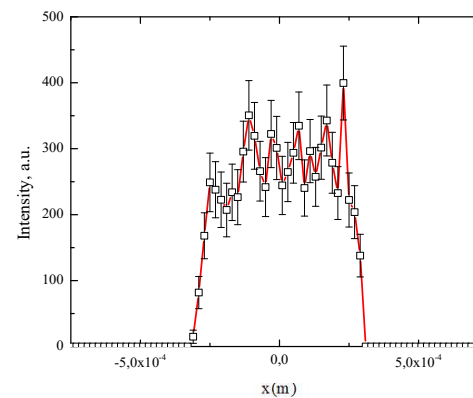
- reflectometer with 3D polarization analysis



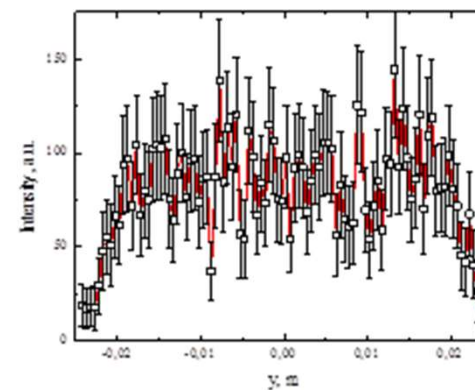
Численное моделирование SANS-2, SANS-3 и дифрактометра DCD



Спектр нейтронного пучка после прохождения селектора (SANS-3)



а)

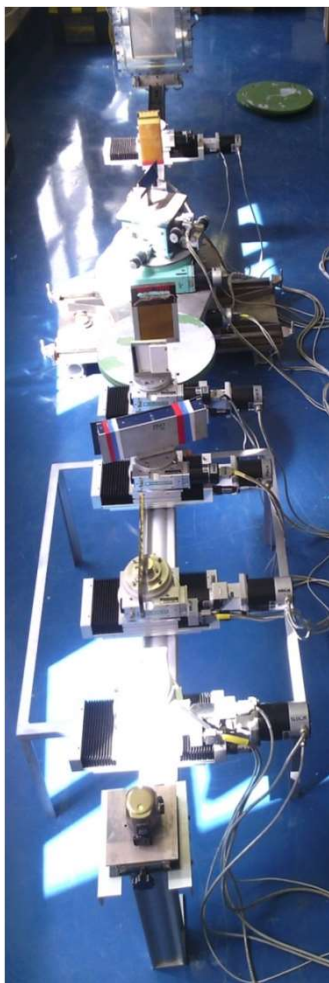


б)

Горизонтальный (а) и вертикальный (б) профили пучка на образце (SANS-3)



Контрольная сборка рефлектометра NERO и численное моделирование

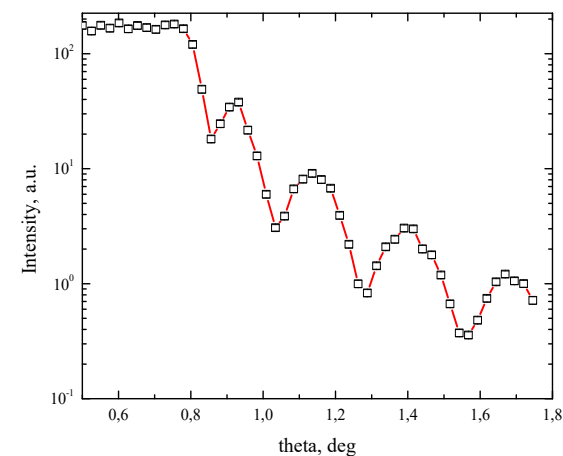


а)



б)

Установка NERO в сборе: а - общий вид всех основных узлов;
б- управляющий компьютер и стойка контроллеров с шаговыми двигателями



Кривая рефлексивности тестового образца

Instrument status and update plans

Instrument Status:

- First containers with instruments have been unpacked
- Inventory of instrument components
- Test of instrument components
- Reconstruction started



A. Schreyer



Проект строительства инструментов ГЦГ на реакторе ПИК - PIK-GGBase:

Субсидия МОН: 14.616.21.0004

Проект направлен на формирование российско-германской платформы нейтронных установок и выработки тематики совместных исследований на готовящемся к введению в эксплуатацию в Гатчине научно-исследовательском реакторном комплексе ПИК.



Период выполнения: 17.09.2014 г. - 31.12.2017 г.

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА

Нейтроны и новая физика

Ранняя Вселенная

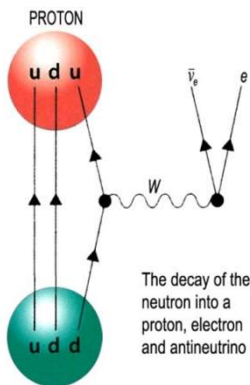
: τ_n

Барионная асимметрия

: ЭДМ

Левосторонняя симметрия

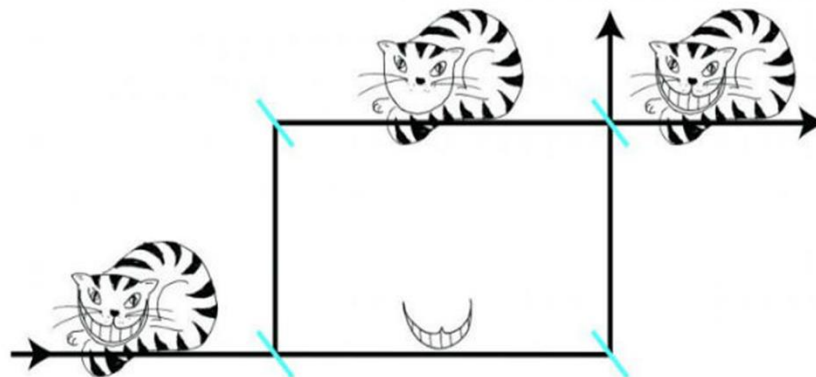
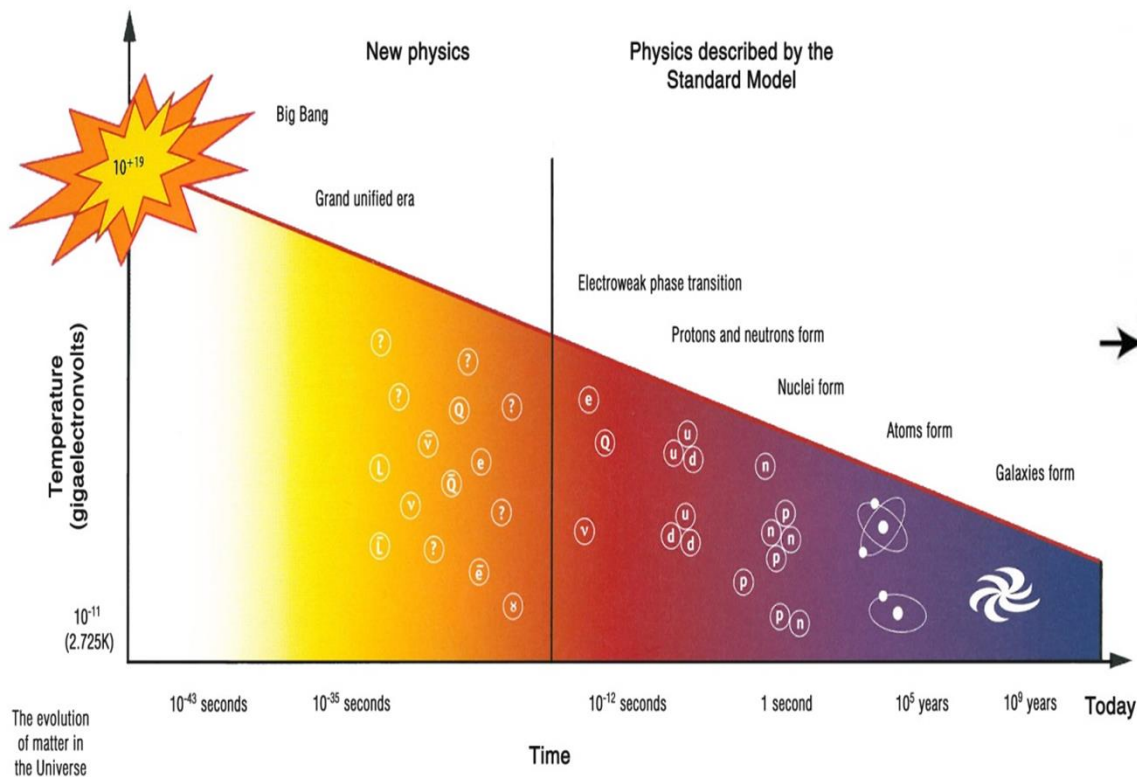
: (n, α)



Темная энергия
Темная материя

УХН гравитационный резонанс
спектроскопия

Нейтринная физика



УХН: Квантовая механика
(кот Шредингера и Чеширский кот)

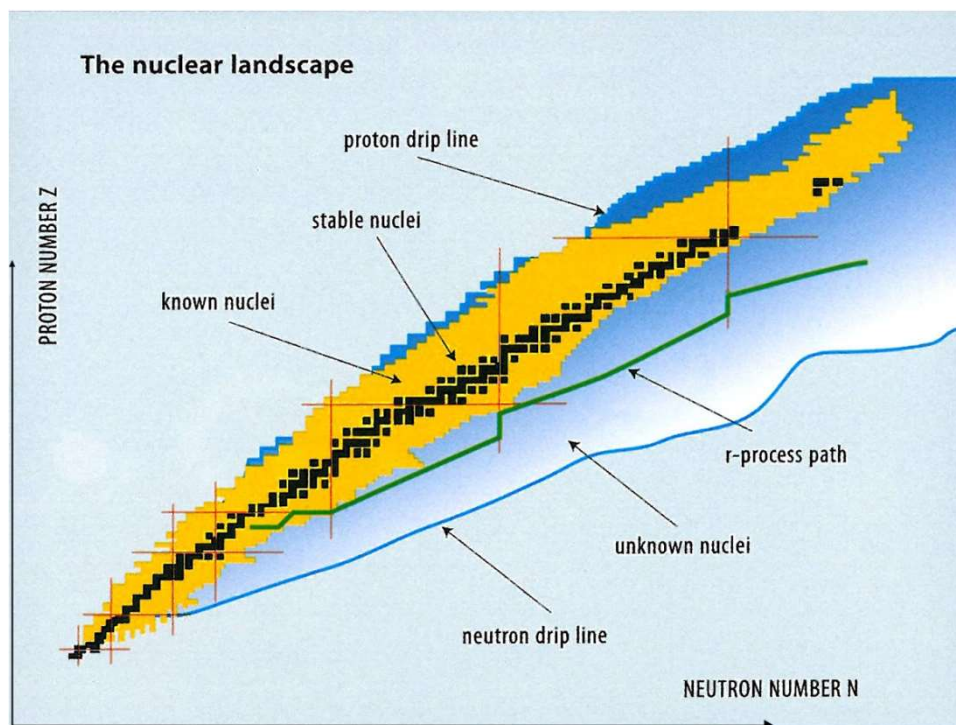
Физика ядра

Структура ядра(ядерные модели)

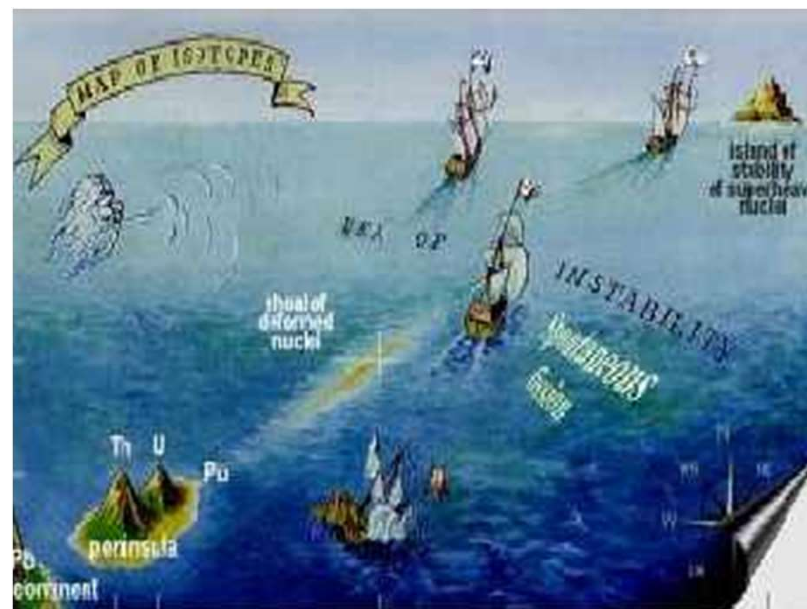
Физика деления ядра
Ядерные данные

Исследование экзотических (нейтронно-избыточных) ядер

Фазовый переход в ядре



Сверхтяжелые элементы
Гатчина - Дубна



Астрофизика
(откуда взялись
тяжелые элементы?)

Красные гигантские звезды
(s-процесс)

Сверхновые звезды (r-процесс)

ILL GRID (Gamma-Ray Induced Doppler Effect) : Sm-152

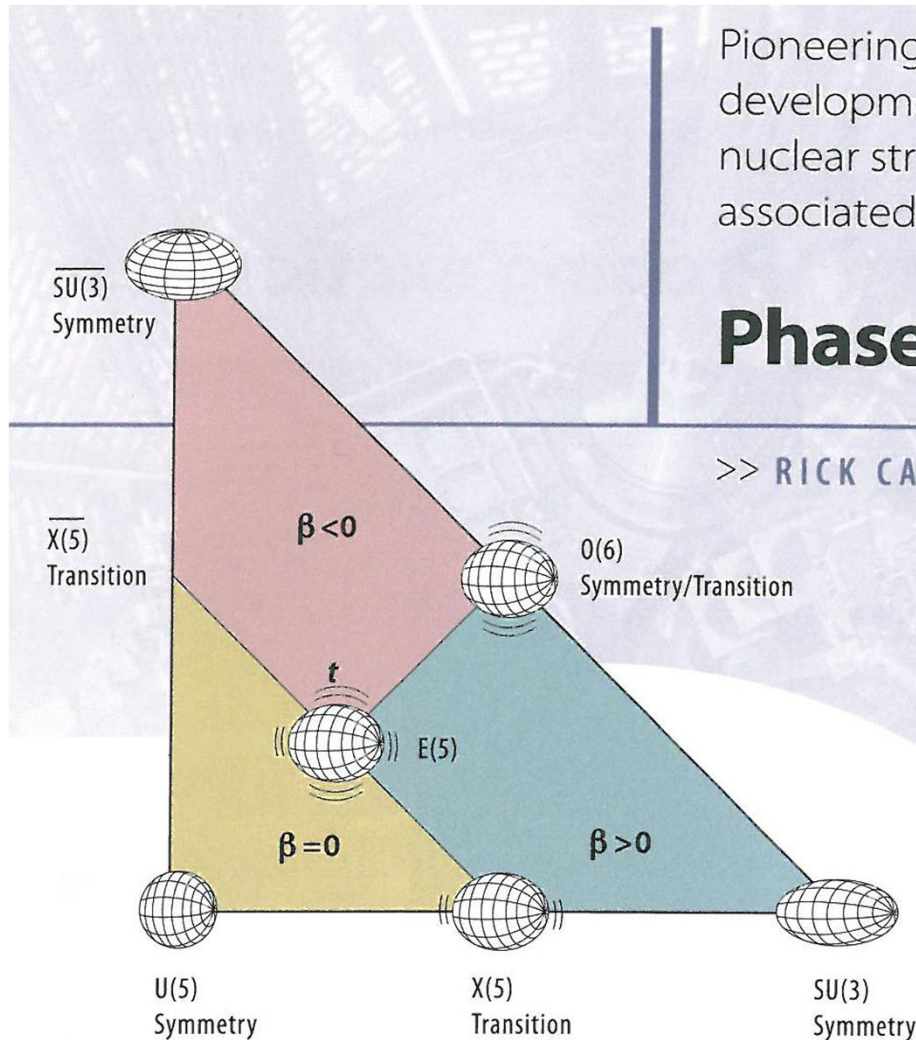
Pioneering work at the ILL has led to the development of new ideas for describing nuclear structure, in particular phase transitions associated with shape changes

Phase transitions in nuclei

>> RICK CASTEN and VICTOR ZAMFIR

Phase transition on the number of nuclear constituents

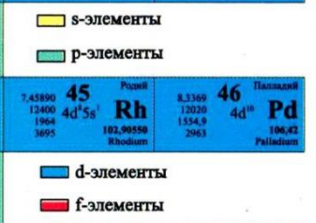
Symmetry Landau theory



The equilibrium phase diagram for nuclei. Nuclear models typically span the triangle using two variables which are analogous to pressure and temperature in Landau theory

Периодическая таблица элементов Д.И. Менделеева

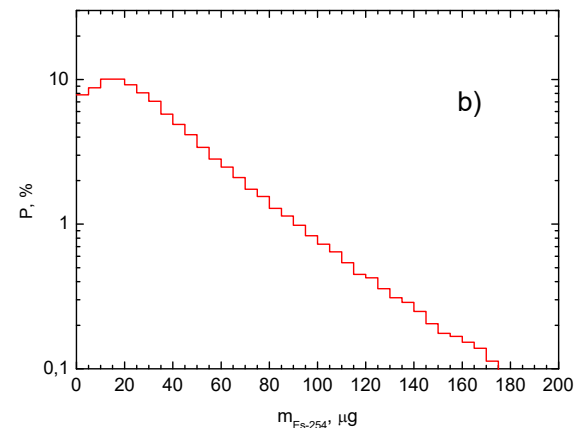
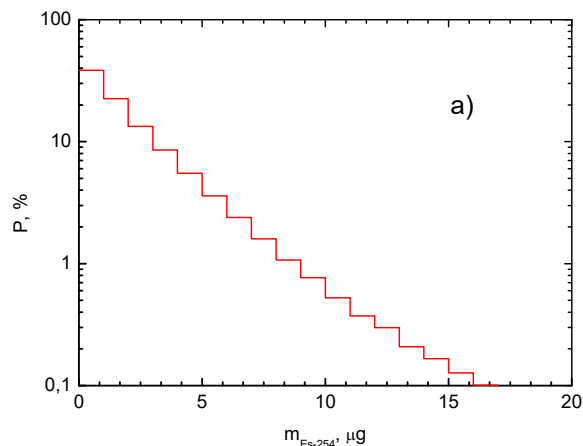
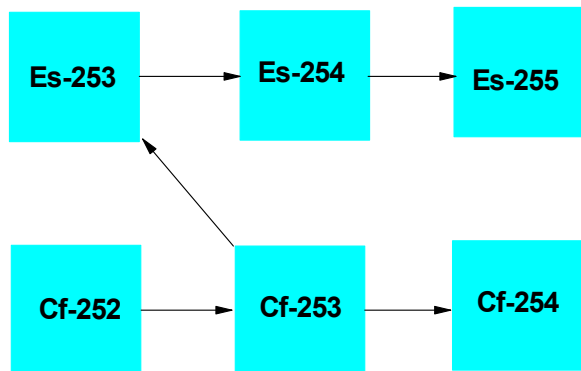
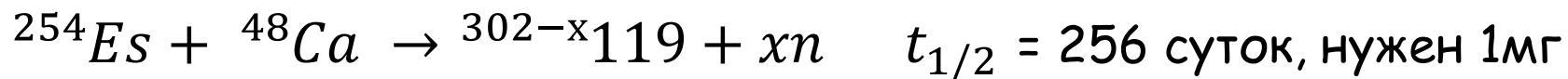
период	ряд	группы элементов																		
		I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII				
		a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б	a	б			
1	I	Водород H 1 1,00794 Hydrogen														Гелий He 2 4,0026 Helium				
2	II	Литий Li 3 6,941 Lithium		Бериллий Be 4 9,012182 Beryllium		Бор B 5 10,811 Boron		Углерод C 6 12,011 Carbon		Азот N 7 14,00644 Nitrogen		Кислород O 8 15,9994 Oxygen		Фтор F 9 18,9984032 Fluorine		Неон Ne 10 20,1797 Neon				
3	III	Натрий Na 11 22,989768 Sodium		Магний Mg 12 24,3050 Magnesium		Алюминий Al 13 26,981539 Aluminum		Кремний Si 14 28,0855 Silicon		Фосфор P 15 30,973762 Phosphorus		Сера S 16 32,066 Sulfur		Хлор Cl 17 35,453 Chlorine		Аргон Ar 18 39,948 Argon				
4	IV	Калий K 19 39,0983 Potassium		Кальций Ca 20 40,078 Calcium		Скандий Sc 21 44,955918 Scandium		Титан Ti 22 47,88 Titanium		Ванадий V 23 50,9415 Vanadium		Хром Cr 24 51,9961 Chromium		Марганец Mn 25 54,93805 Manganese		Железо Fe 26 55,847 Iron		Кобальт Co 27 58,9332 Cobalt		Никель Ni 28 58,6934 Nickel
	V	Медь Cu 29 63,546 Copper		Цинк Zn 30 65,39 Zinc		Галлий Ga 31 69,723 Gallium		Германий Ge 32 72,61 Germanium		Мышьяк As 33 74,92159 Arsenic		Селен Se 34 78,96 Selenium		Бром Br 35 79,904 Bromine		Криpton Kr 36 83,80 Krypton				
5	VI	Рубидий Rb 37 85,4678 Rubidium		Стронций Sr 38 87,62 Strontium		Иттрий Y 39 88,90585 Yttrium		Цирконий Zr 40 91,224 Zirconium		Нобий Nb 41 92,90638 Niobium		Молибден Mo 42 95,94 Molybdenum		Технеций Tc 43 98 Technetium		Рутений Ru 44 101,07 Ruthenium		Родий Rh 45 102,9055 Rhodium		Палладий Pd 46 106,42 Palladium
	VII	Серебро Ag 47 107,8682 Silver		Кадмий Cd 48 112,411 Cadmium		Индий In 49 114,818 Indium		Олово Sn 50 118,710 Tin		Сурьма Sb 51 121,757 Antimony		Теллур Te 52 127,60 Tellurium		Иод I 53 126,90447 Iodine		Ксенон Xe 54 131,29 Xenon				
6	VIII	Цезий Cs 55 132,90543 Cesium		Барий Ba 56 137,327 Barium		Лантаноиды La 57 138,9055 Lanthanum		Гафний Hf 72 178,49 Hafnium		Тантал Ta 73 180,9479 Tantalum		Вольфрам W 74 183,84 Tungsten		Рений Re 75 186,207 Rhenium		Осний Os 76 190,23 Osmium		Иридий Ir 77 192,22 Iridium		Платина Pt 78 195,08 Platinum
	IX	Золото Au 79 196,96654 Gold		Ртуть Hg 80 200,59 Mercury		Таллий Tl 81 204,3833 Thallium		Свинец Pb 82 207,2 Lead		Висмут Bi 83 208,98037 Bismuth		Полоний Po 84 [209] Polonium		Астат At 85 [210] Astatine		Радон Rn 86 [222] Radon				
7	X	Франций Fr 87 [223] Francium		Радий Ra 88 [226] Radium		Актиний Ac 89 [227] Actinium		Резерфордий Rf 104 [261] Rutherfordium		Дубний Db 105 [262] Dubnium		Сибургий Sg 106 [266] Seaborgium		Борий Bh 107 [267] Bohrium		Хасий Hs 108 [269] Hassium		Мейтнерий Mt 109 [278] Meitnerium		110
	XI	111	112	(113)	114	(115)	116	(117)	(118)											



Лантаноиды Lanthanides															
Церий 58 Ce 4f ¹ 5d ¹ 140,115 Cerium	Прометий 59 Pr 4f ³ 140,90765 Promethium	Неодим 60 Nd 4f ⁴ 144,24 Neodymium	Прометий 61 Pm 4f ⁵ [145] Promethium	Самарий 62 Sm 4f ⁶ 150,36 Samarium	Европий 63 Eu 4f ⁷ 151,965 Europium	Гадолиний 64 Gd 4f ⁷ 5d ¹ 157,25 Gadolinium	Тербий 65 Tb 4f ⁹ 158,92534 Terbium	Диспрозий 66 Dy 4f ¹⁰ 162,50 Dysprosium	Гольмий 67 Ho 4f ¹¹ 164,93032 Holmium	Эрбий 68 Er 4f ¹² 167,26 Erbium	Тулий 69 Tm 4f ¹³ 168,93421 Thulium	Иттербий 70 Yb 4f ¹⁴ 173,04 Ytterbium	Лютеций 71 Lu 4f ¹⁴ 5d ¹ 174,967 Lutetium		
Актиноиды Actinides															
Торий 90 Th 7s ² 6d ² 232,0381 Thorium	Протактиний 91 Pa 5f ² 6d ¹ 231,03688 Protactinium	Уран 92 U 5f ³ 6d ¹ 238,02891 Uranium	Нептуний 93 Np 5f ⁴ 6d ¹ 237,04817 Neptunium	Плутоний 94 Pu 5f ⁶ 244,06422 Plutonium	Америций 95 Am 5f ⁷ 243,06136 Americium	Кюрий 96 Cm 5f ⁷ 6d ¹ 247,07724 Curium	Берклий 97 Bk 5f ⁹ 247,07724 Berkelium	Калифорний 98 Cf 5f ¹⁰ 251,10888 Californium	Эйнштейний 99 Es 5f ¹¹ 252,08322 Einsteinium	Фермий 100 Fm 5f ¹² 257,10528 Fermium	Менделевий 101 Md 5f ¹³ 258,10382 Mendelevium	Нобелий 102 No 5f ¹⁴ 259,10158 Nobelium	Лоуренсий 103 Lr 5f ¹⁴ 6d ¹ 260,10536 Lawrencium		

Пересмотрена в начале 2000 г. (Лаборатория ядерных реакций им. Г.Н.Флерова ОИЯИ). Приведенные данные приняты IUPAC (Handbook of Chemistry and Physics, Ed. D.R.Lide, 74th edition, 1993-1994, CRC Press, and Eur.Phys.J. C 3, 1-794 (1998), Springer-Verlag 1998). Названия элементов 104-109 приняты IUPAC в августе 1997 г. Атомные массы искусственных радиоактивных элементов приведены в скобках для самого долгоживущего изотопа. Названия открытых в последние годы элементов 110,111,112, 114 и 116 до настоящего времени не приняты.

Оценка возможности наработки изотопа ^{254}Es на реакторе ПИК



Вероятность наработки различных масс изотопа ^{254}Es для мишени a) в ЦЭК; b) в активной зоне.

Мишень ^{252}Cf , 100мг

ЦЭК : $\Phi_n = 8.6 \times 10^5 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$, $\Phi^{\text{th}} = 5 \times 10^5 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

АЗ : $\Phi_n = 3 \times 10^5 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$ $\Phi^{\text{th}} = 2 \times 10^5 \text{ н} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$

Сечения реакций с ошибкой 60%, ^{253}Es (n, f) данных нет

Onegin M.S. "Investigation of the possibilities of heavy actinide isotopes production in high-flux reactor PIK". Report on Super Heavy Elements Symposium. Texas, USA, 2015.



Road map of instrumentation program

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
PROJECT						
Development of the project	█	█				
State expertise			█			
Neutron sources						
Replacement of some reactor channels, CNS (HEC-3) with neutronguides			█	█	█	
CNS at HEC-2 and UCNS, neutronguides; commissioning CNS & UCNS				█	█	█
Experimental stations						
Nuclear physics & elementary particle physics, 1st phase (3 instruments)			█	█	█	
Nuclear physics & elementary particle physics, 2nd phase (7 instruments)					█	█
Condensed-matter physics, 1st phase (9 instruments)			█	█	█	
Condensed-matter physics, 2nd phase (13 instruments)				█	█	█
Sample environment						
Laboratories & Sample environment				█	█	█



Fundamental Physics SC

Inaugural Meeting – 23-24 September, 2015 @Gatchina, PNPI

Fundamental Physics / Date option: September, 28-29 (not confirmed) at PNPI, Gatchina			
Name	Organization	Specialization	email
Valery Nesvizhevsky	ILL, Grenoble		nesvizhevsky@ill.eu
Vladimir Voronin	PNPI NRC KI, Gatchina		vv@pnpi.spb.ru
Walter Furman	JINR, Dubna		furman@dubna.ru ; furman@nf.jinr.ru
Egor Lychagin	JINR, Dubna		lychag@nf.jinr.ru
Hartmut Abele	TU Wien, Head Group Neutron- and Quantum physics	Neutron- and Quantum physics	hartmut.abele@tuwien.ac.at
Stefan Baessler	UVA University of Virginia / Oak Ridge	physics with cold neutrons at SNS Oak Ridge	sfb5d@Virginia.EDU
Oliver Zimmer	ILL, Grenoble		zimmer@ill.fr
Michael Jentschel	ILL, Grenoble		jentsch@ill.fr





Neutron Optics and Moderators SC

Meeting July 6-7, 2015 @Lund, ESS

Name	Organization	Specialization
F. Mezei	ESS, Lund	Neutron optics and CNS
A. Bulkin	PNPI NRC KI, Gatchina	Neutron optics
V. Mityukhlyayev	PNPI NRC KI, Gatchina	CNS and UCNS
S. Kulikov	JINR, Dubna	CNS
A. Muzychka		
Represent by	JINR, Dubna	UCNS
V. Nesvizhevsky		
P. Link	TUM, Munchen	Neutron optics
U. Rücker	FZJ, Julich	Neutron optics
Kim Lefmann	ESS, Lund	Neutron optics
K. Batkov	ESS, Lund	CNS
T. Grosz	BNC, Budapest	CNS





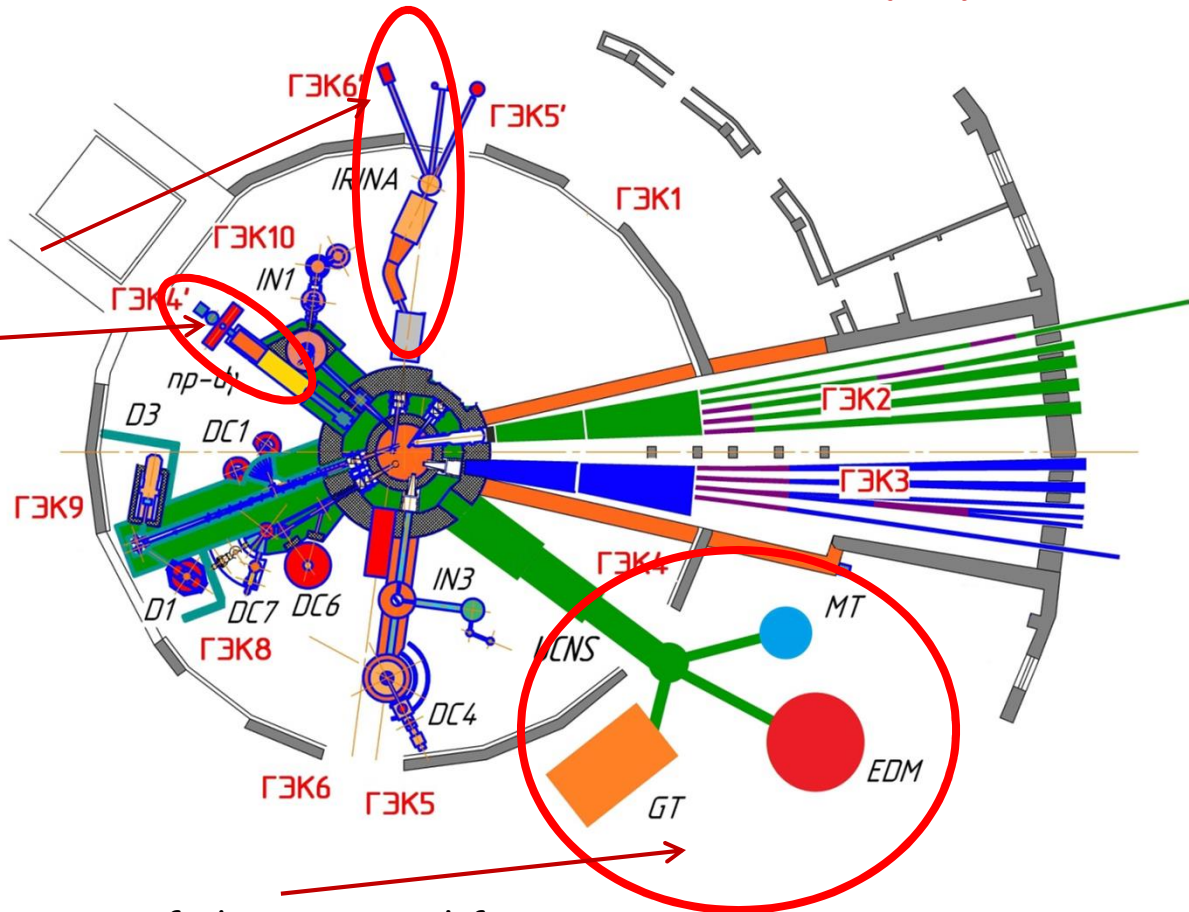
Hall of Horizontal Channels (6)

2nd phase

IRINA - Mass separator laser-nuclear complex

Neutron decay - Polarized cold neutron beam facility

n4 - Setup «Neutrino» (located in the under-reactor space)



1st phase

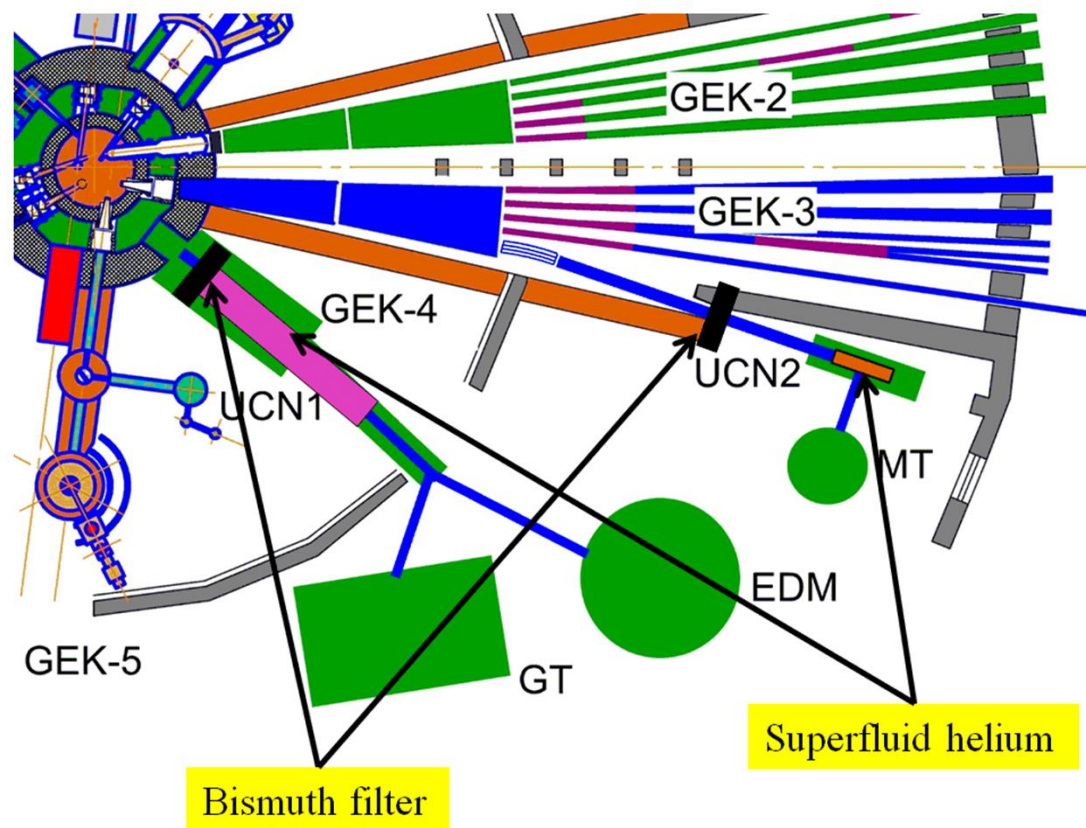
- **MT** - Installation for measurement of the neutron lifetime using a magnetic storage of ultracold neutrons
- **GT** - Large gravitational trap for measuring the neutron lifetime
- **EDM** - magnetic resonance spectrometer to measure the EDM using UCN

UCN beam positions at PIK reactor

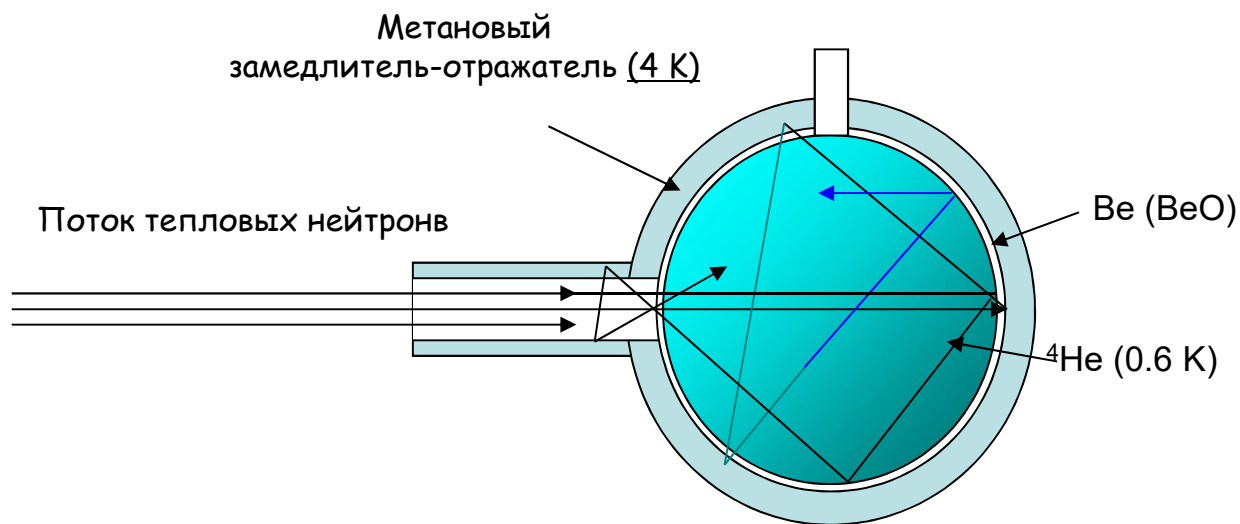
Ultracold neutron source with superfluid 4He converter.

The production rate of UCNs expected about $100 \text{ cm}^{-3} \cdot \text{s}^{-1}$.

The expected UCN density $>10^3 \text{ cm}^{-3}$, that exceeds the available and planned density of the world UCN sources at one order of value.



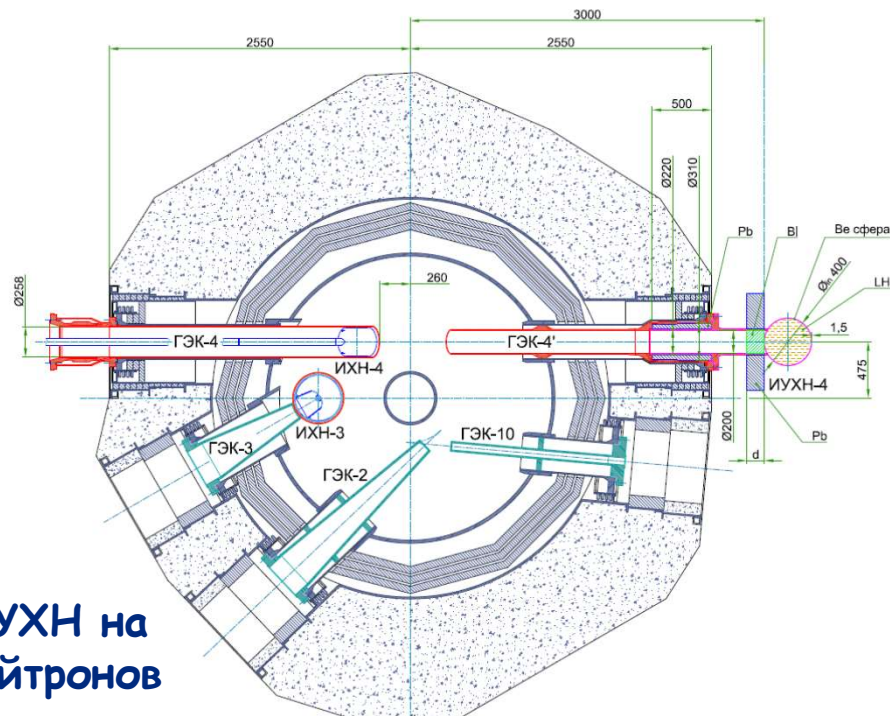
Источник УХН на пучке тепловых нейтронов



Схематичное изображение идеи гелиевого источника УХН на канале тепловых нейтронов

E.V. Lychagin, A.Yu. Muzychka,
G.V. Nekhaev, E.I. Sharapov,
A.V. Strelkov (JINR, Dubna),
V.V. Nesvizhevsky (ILL, Grenoble)

Вариант размещения источника УХН на выведенном канале тепловых нейтронов реактора ПИК

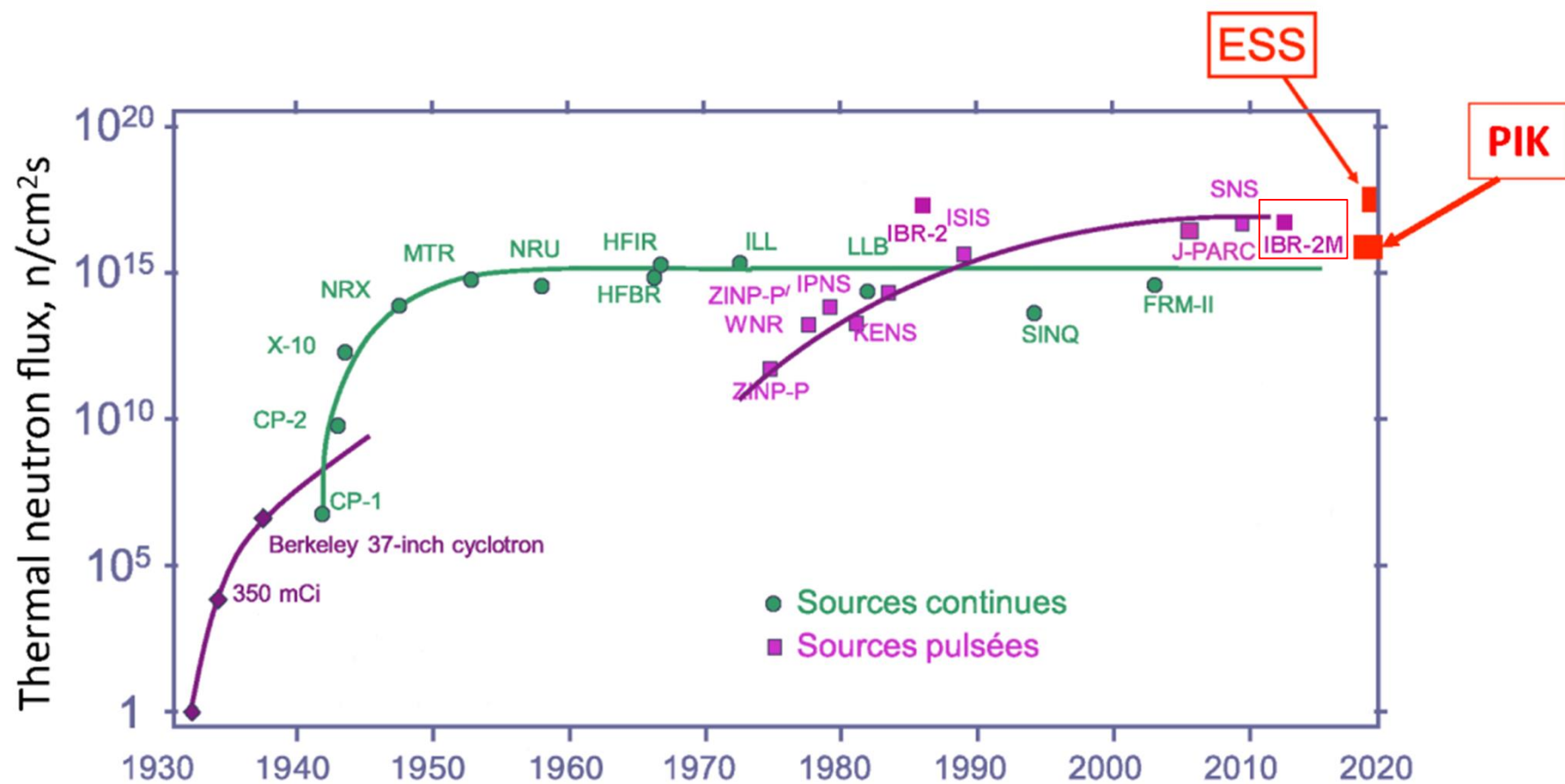


ИСТОЧНИКИ НЕЙТРОНОВ

ТРИК, ESS, что дальше?

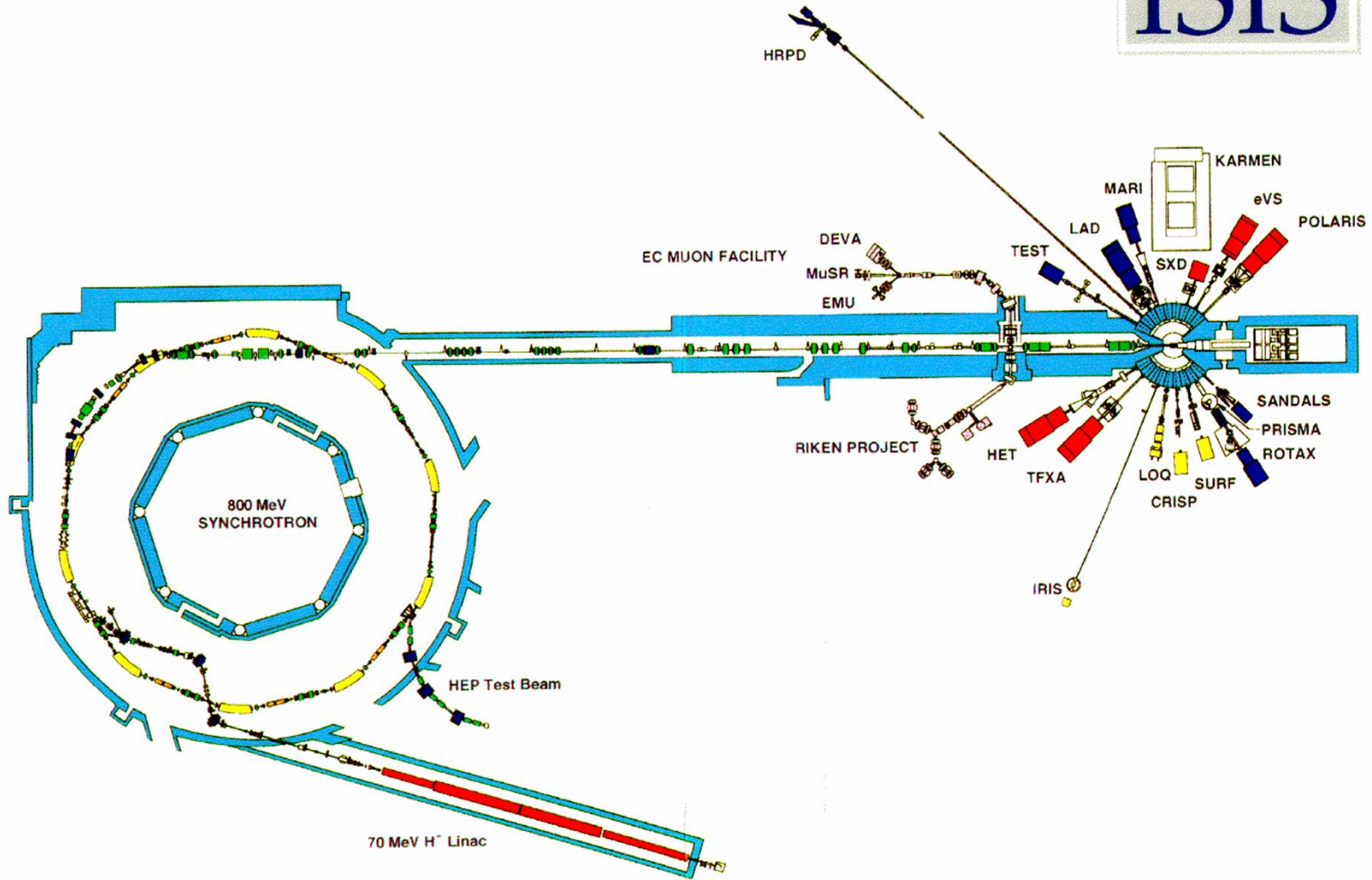


ИСТОЧНИКИ НЕЙТРОНОВ

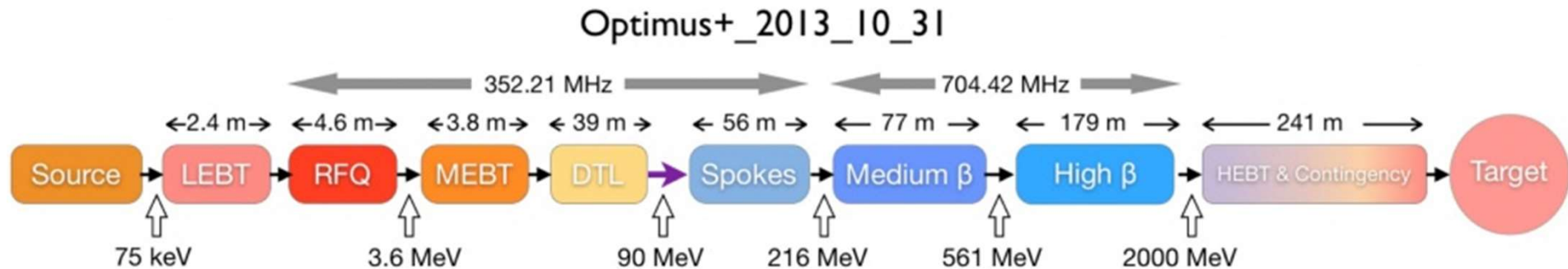


(Updated from Neutron Scattering, K. Skold and D. L. Price, eds., Academic Press, 1986)

ISIS



Accelerator

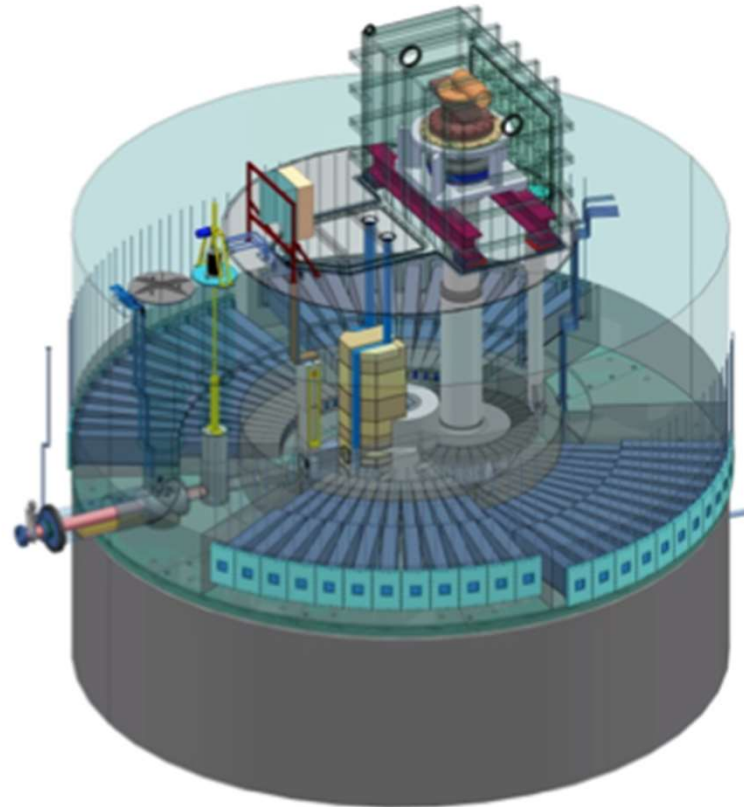


The ESS accelerator high level requirements are to provide a 2.86 ms long proton pulse at 2 GeV at repetition rate of 14 Hz. This represents 5 MW of average beam power with a 4% duty cycle on target.

The ion source produces a proton beam that is transported through a Low Energy Beam Transport (LEBT) section to the Radio Frequency Quadrupole (RFQ) where it is bunched and accelerated up to 3.6 MeV. In the Medium Energy Beam Transport (MEBT) section the transverse and longitudinal beam characteristics are diagnosed and optimized for further acceleration in the Drift Tube Linac (DTL). The first superconducting section consists of 26 double-spoke cavities (SPK) with a geometric beta value of 0.50. The spoke-cavities are followed by 36 Medium Beta Linac (MBL) cavities with $\beta = 0.67$ and 84 High Beta Linac (HBL) elliptical cavities, with $\beta = 0.86$. After acceleration the beam is transported to the target through the High Energy Beam Transport (HEBT) section.

Target

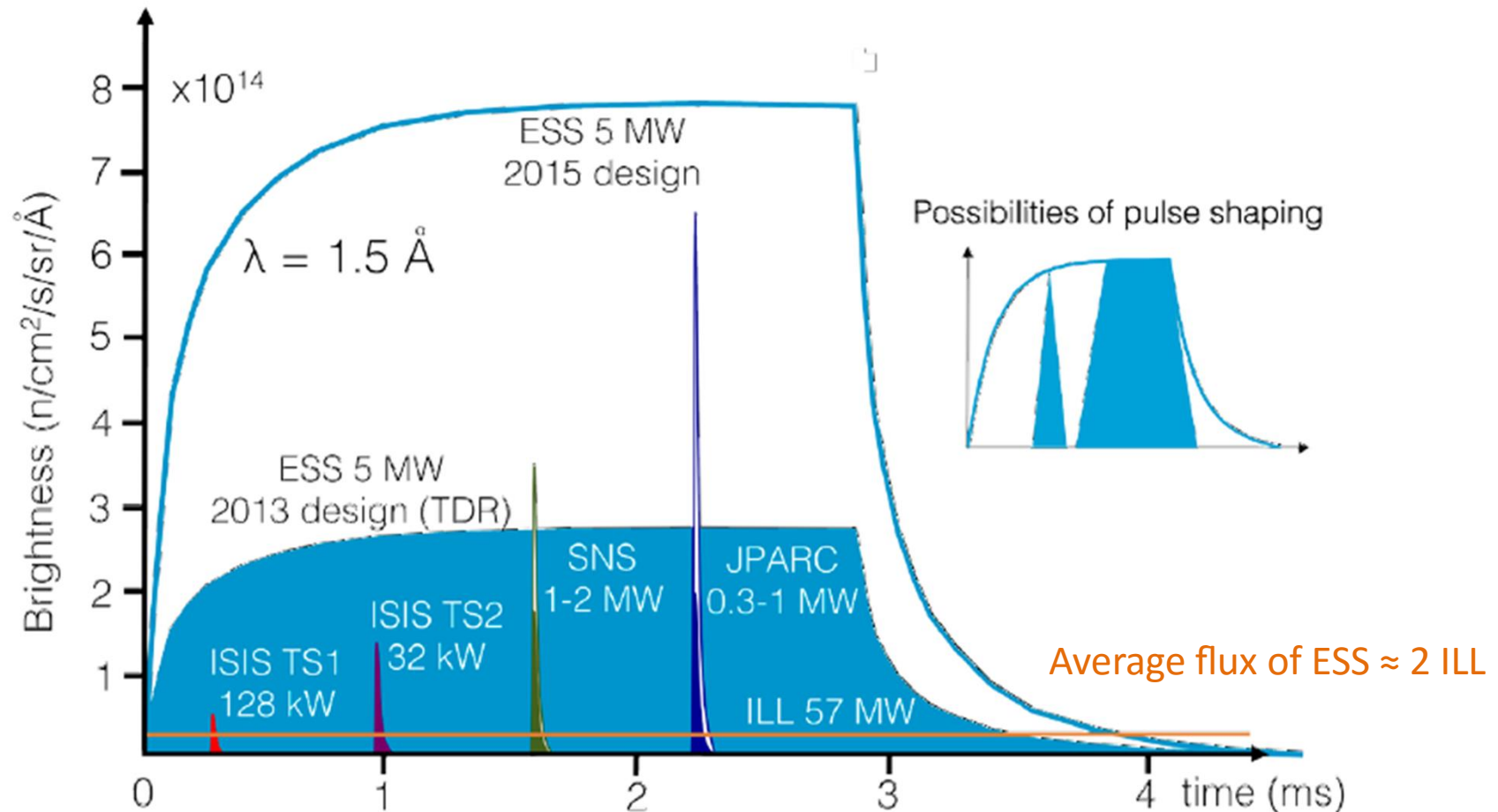
The neutrons that scientists need to study materials and molecules are produced in the target station. It is here that the spallation process takes place when protons from the accelerator hit the target, [a 4-tonne helium-cooled tungsten wheel](#). The design of the target has a direct impact on the number of neutrons that can be generated, and is therefore of utmost importance for the future scientific capabilities of the ESS facility.



February 2016

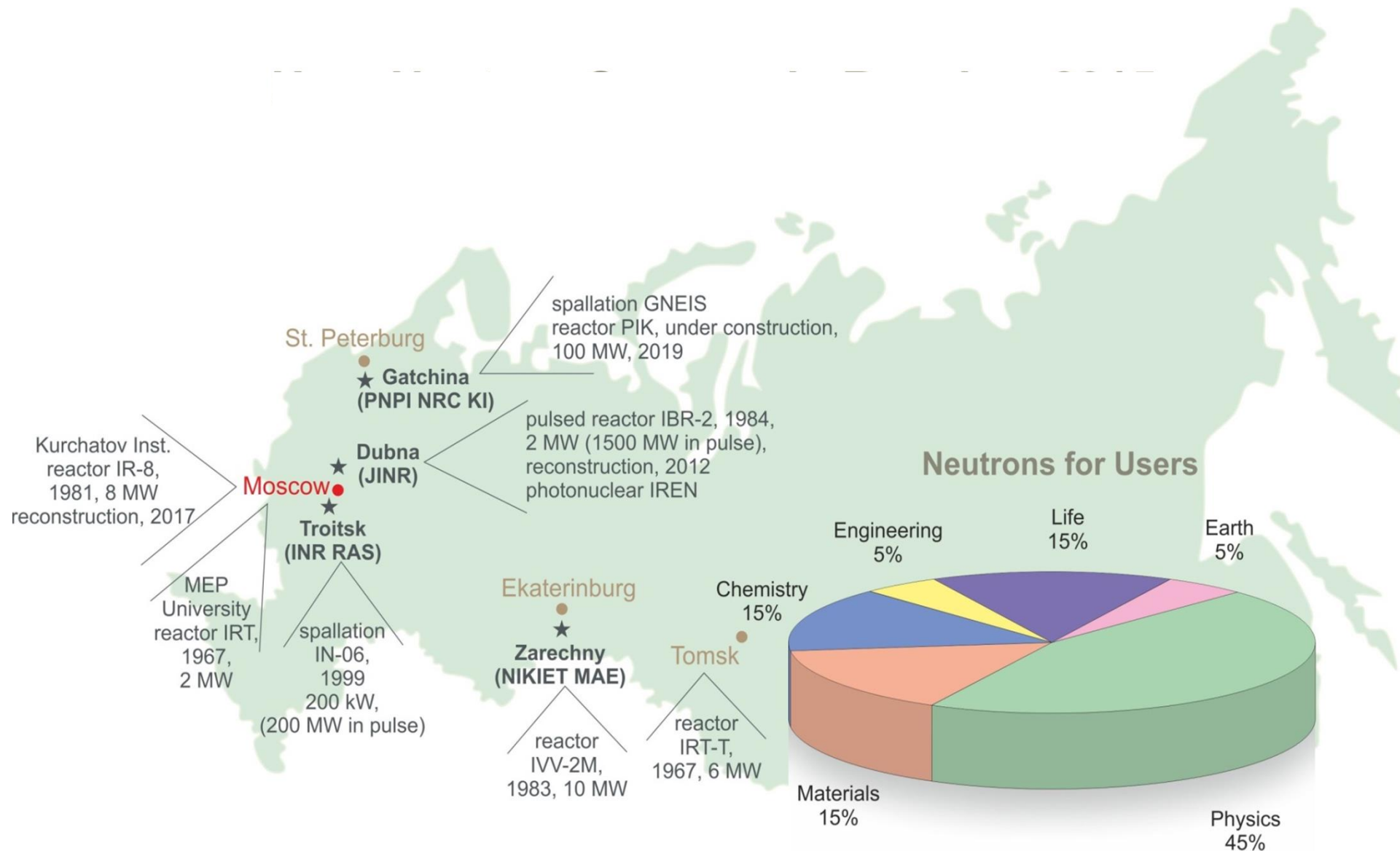


ESS vs. other spallation sources



Single-pulse source brightness as a function of time at a wavelength of 1.5 Å at ESS, ILL, SNS, J-PARC and ISIS Target Stations 1 and 2. In each case, the thermal moderator with the highest peak brightness is shown.

ИСТОЧНИКИ НЕЙТРОНОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ВЫВЕДЕННЫХ ТУЧКАХ В РОССИИ (2016 Г.)

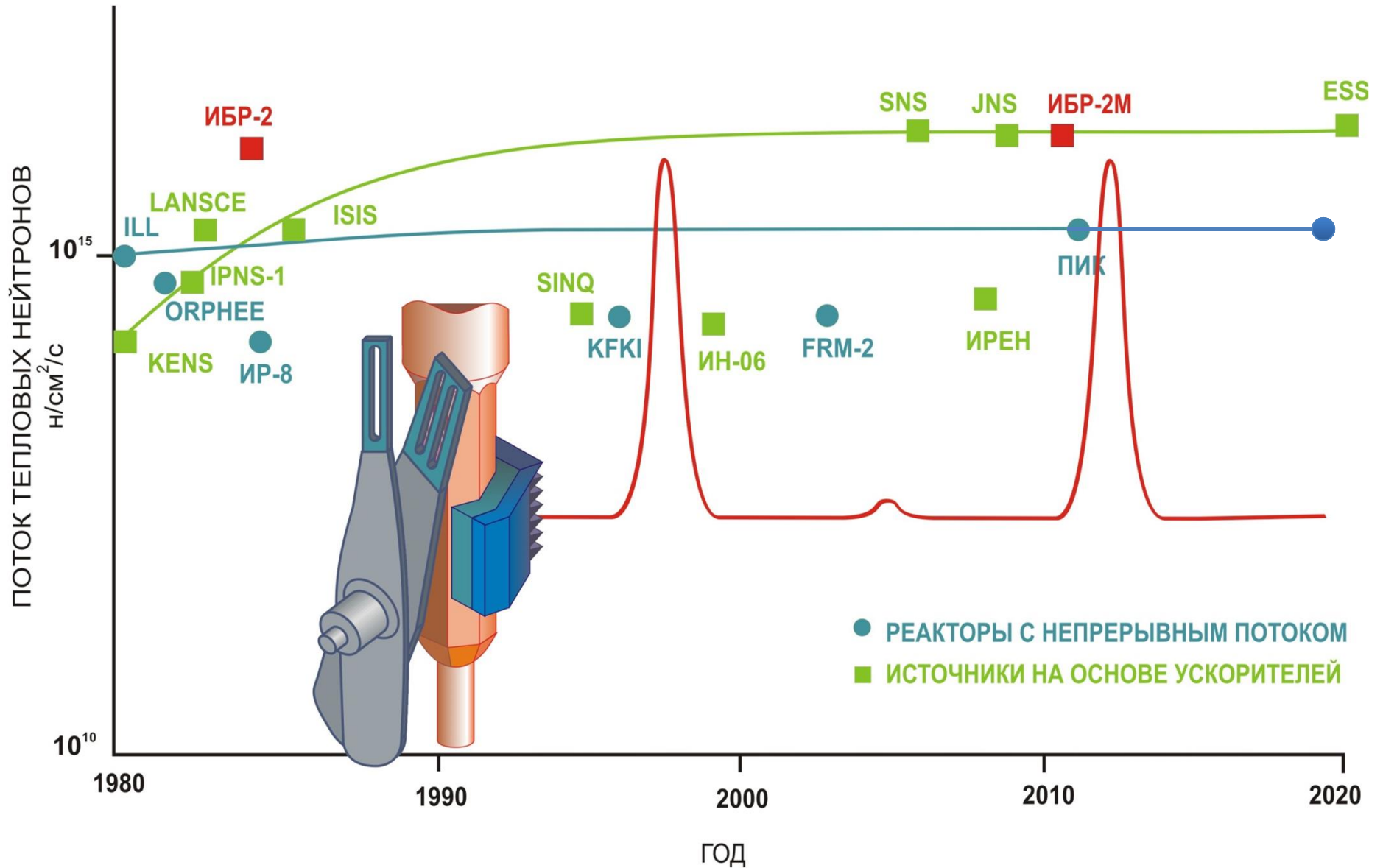


Пульсирующий реактор ИБР-2, ОИЯИ, Дубна

Начало эксплуатации: 1984 г.
Модернизация: 2007 г. – 2011 г.
Эксплуатация ИБР-2М: 2012 г. – 2032 г.



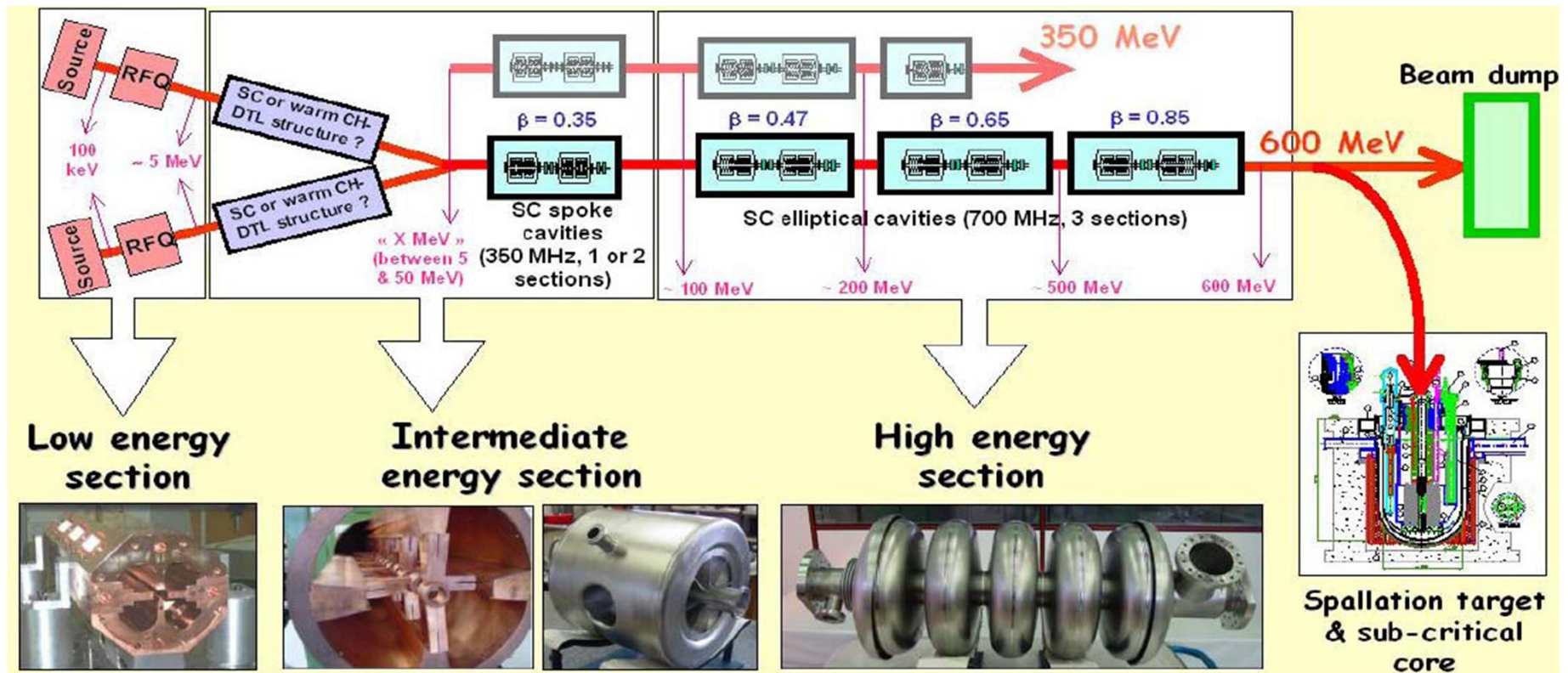
Пульсирующий реактор ИБР-2



Accelerator - Driven Subcritical Reactor (ADSR)

D. Clery: *Science*, 327 (2010),
J.Adam, W.Furman et al: *JINR Communication E1-2010-61*
JINR (Dubna) ADSR, IBR30 + LEA40 (1964 - 2000)

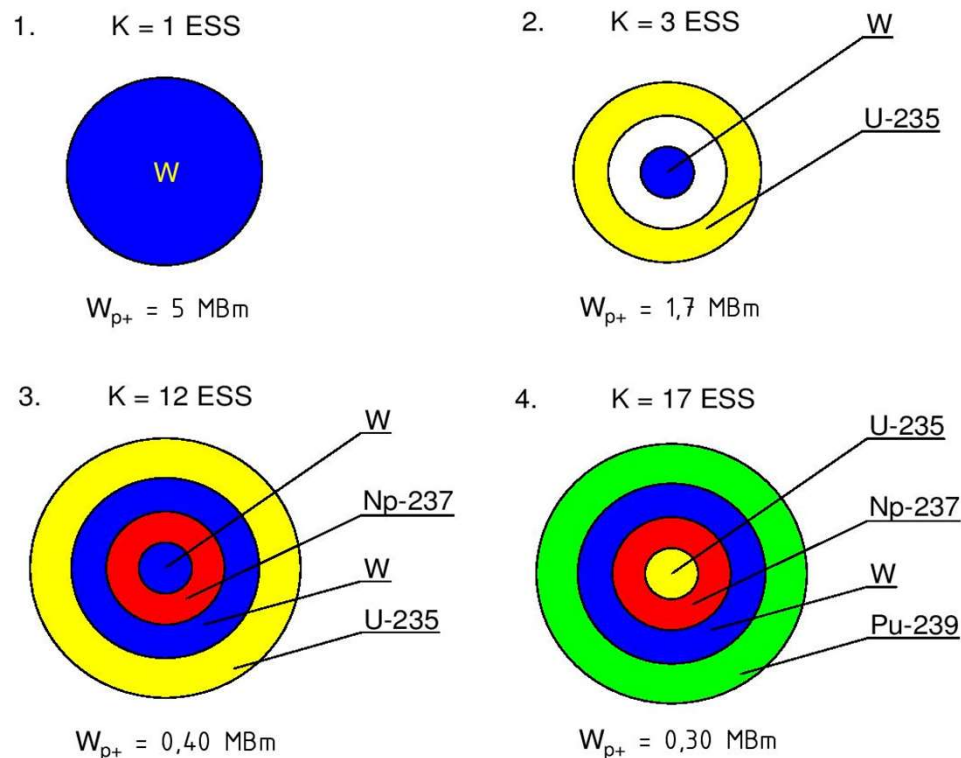
MYRRHA: Multi-purpose hYbrid Research Reactor for High-tech Applications (SEN, Belgium)



Каскадный бустер-размножитель («КОБРА»)

ADCSR (Accelerator Driven Cascade Subcritical Reactor)

- ВНИИЭФ (г. Саров), ВНИИТФ (г. Снежинск) (1957 - н.в.)
- ОИЯИ - ВНИИЭФ, МНТЦ-132 (2003): обоснование безопасности реактора ИБР-2



1 - ESS
2- односекционный бустер,
3- двухкаскадный бустер с
внешней урановой зоной и
вольфрамовой мишенью,
4- двухкаскадный бустер с
внешней плутониевой
зоной и урановой мишенью

Схематическое представление возможности усиления мощности бустера в сравнении с неразмножающей вольфрамовой мишенью ESS, (В. Аксенов, А. Балагуров, Ю.Пепельшев)

Каскадный бустер-размножитель («КОБРА»)

Некоторые характеристики каскадного бустера в сравнении с параметрами ESS

№	Название параметра	КБР	ESS
1	Средний ток ускорителя на мишени I , мА	1	2
2	Энергия протонов E_{p^+} , ГэВ	0.60	2.5
3	Мощность ускорителя $W_{\text{уск}}$, МВт	0.60	5.0
4	Мишень	уран	вольфрам
5	Выход нейтронов из мишени на один протон, n/p^+	16.0 (10,3)	51,0
6	Полный выход нейтронов из установки на один протон, $n/(p^+ \cdot 4\pi)$	1499	51,0
7	Плотность потока быстрых нейтронов на один протон ϕ , $n/(p^+ \cdot \text{см}^2)$	0,289	0,16
8	Полный выход нейтронов, $n/(c \cdot 4\pi)$	$9,37 \cdot 10^{18}$	$6.39 \cdot 10^{17}$
9	Плотность потока быстрых нейтронов, $n/(c \cdot \text{см}^2)$	$1.80 \cdot 10^{15}$	$2.0 \cdot 10^{15}$
10	Плотность потока тепловых нейтронов, $n/(c \cdot \text{см}^2)$	$4.5 \cdot 10^{14}$	$5.0 \cdot 10^{14}$ ($1.60 \cdot 10^{15}$)
11	Мощность установки, МВт		5.0
12	Время спада нейтронной цепочки $\tau/\Delta K$, с	$1,27 \cdot 10^{-6}$	
13	Эффективный коэффициент размножения, $K_{\text{эф}}$	0.98	

Жирным в данных ESS приведены результаты расчета ОИЯИ
 Примечание: 1 мА = $6.25 \cdot 10^{15}$ протонов/с

В.Л. Аксенов, А.М. Балагуров, Ю.Н. Пепелышев (2016)



РЕЗЮМЕ

I. Технически возможен энергопуск в 2018г.

II. Общие проблемы

- 1. Доступ к реактору должен быть закрыт в конце 2017г.**
- 2. Источники холодных и горячих нейтронов**
- 3. Инжиниринговый центр**
- 4. Коллаборации и пользователи**

III. Проблемы фундаментальной/ ядерной физики

- 1. Источник УХН для 1-ой фазы (МТ, GT, EDM)**
- 2. Научное и техническое обоснование 2-й фазы**
- 3. Подготовка к пуску реактора ПИК**
- 4. Подготовка кадров: 51-я Зимняя школа ПИЯФ?**



Добро пожаловать в Гатчину!

