



Портфель научных задач ЦКП «СКИФ»

Ян Зубавичус, проектный офис ЦКП «СКИФ»

yvz@catalysis.ru

СИНХРОТРОННЫЕ ЦЕНТРЫ В МИРЕ



Критерии источника 4-го поколения: малый эмиттанс $\ll 1$ нм·рад (дифракционный предел для кольцевого источника), высокая яркость, высокая степень пространственной когерентности синхротронного пучка

Примеры: MAX IV (Лунд, Швеция); Sirius (Кампинас, Бразилия)

СТАНЦИИ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ MAX IV (Швеция)

R3 3GeV, 528 m, 200 pm·rad

№	Beamline title	Energy range, keV	Techniques
1	NanoMax	5-30	STXM, CDI, Ptychography
2	DanMax	15-35	XRD, tomography
3	Balder	2.4-40	XAS/XES (FTIR, RAMAN)
4	ForMax	8-25	SAXS/WAXS (Wood)
5	CoSAXS	4-20	SAXS, XPCS
6	BioMAX	5-25	MX
7	MicroMAX	5-30	MX
8	Veritas	0.275-1	RIXS
9	Hippie	0.11-2	AP-XPS, AP-XAS
10	SoftiMAX	0.25-2.5	Microscopy, Ptychography, Holography

R1 1.5 GeV, 96 m, 6 nm·rad







№	Beamline title	Energy range, eV	Techniques
1	FlexPES	40-1500	XPS, XAS
2	Species	27-1500 (linear), 40-300 (circular)	NAP-XPS, RIXS
3	Bloch	10-1000	ARPES
4	MaxPEEM	30-1500	PEEM
5	FinEstBeAMS	4.3-1000	XPS, XAS, coincidence, luminescence

SPF

№	Beamline title	Energy range, keV	Techniques
1	FemtoMAX	1.8-20	Time-resolved scattering, SAXS, reflectivity + spectroscopy (100 fs-100ms)

СТАНЦИИ ПЕРВОЙ ОЧЕРЕДИ SIRIUS (Бразилия)

3GeV, 518 m, 250 pm-rad

№	Beamline title	Source	Energy range, keV	Techniques	Applications
1	Carnauba (Coherent X-ray NANoprobe BeAmline) 	Delta Undulator	2-14 keV	Coherent X-ray Diffraction Imaging; X-ray Ptychography; Diffraction and Element Contrast Scanning Tomography; X-ray Absorption, Emission, Scattering and Diffraction with nanofocus	Material Sciences (catalysts, magnetism, semiconductors); Nanotechnology (information, health); Environmental Sciences (geosciences, materials under extreme pressures, petrology); and Life Sciences (medical and biological applications)
2	EMA (Extreme condition x-ray Methods of Analysis) 	In vacuum undulator, 19 mm period	2.7-30 keV	XMCD, XRMS, hp-XRD and XAS, XES, XRS, IXS, CDI	Material science under extreme conditions: Pressures of up to 800 GPa Temperatures from 2 K to 8000 K; Static magnetic fields up to 11 T
3	Cateretê (Coherent And Time Resolved scattering) 		3-12 keV	CXDI, XPCS	Life sciences (biological and medical applications), structural biology (proteins, lipids, macromolecules) and the vast field of material sciences including nanotechnology (energy, food and health, photonics), polymer sciences, catalysis, rheology and environmental sciences (geosciences, oil prospecting, catalysis)
4	Ipê (Inelastic and Photo-Electron spectroscopy) 	Elliptical Polarizing Undulator 3,6 m undulator with 50 cm period	100-1400 eV	AP-XPS (20 mbar), RIXS	Solid-gas interfaces (Catalysts, sensors), liquid-gas (aerosols, environment) and liquid-solid (electrochemistry, corrosion) materials with strongly correlated electrons, catalysts, organic molecules and polymers
5	Imbuia (Infrared Micro and Nanospectroscopy Beamline) 	Edge radiation between two BM of 0.5 T	0.7-20 μ m	IR microscopy and tomography	In-situ growing of thin films (MBE and PLD) combined with probe microscopy (AFM and STM)
6	Manacá (MAcromolecular micro and NANOcrystallography) 		5-24 keV	MX	Structural biology

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ЦКП «СКИФ»

30 исследовательских станций, **14** из которых будут использовать излучение вставных устройств - ондуляторов, вигглеров, шифтеров (размещаемых в прямолинейных участках длиной 4-6 м), а **16** будут размещаться на пучках из поворотных магнитов (магнитное поле 0.5 и 1.8 Тл)

Критерии отбора станций 1-й очереди

- Высокая актуальность научной программы
- Амбициозность и реализуемость проекта
- Наличие сильных научных школ и потенциальных групп пользователей
- Наличие активной группы из молодых специалистов, готовых взяться за техническую реализацию проекта
- Раскрытие потенциала нового источника (сверхмалый эмиттанс/сверхвысокая яркость, высокая степень когерентности и пр.)

ЦКП «СКИФ» : 3 ГэВ, 476 м, 60-90 пм·рад

Формирование портфеля научных задач ЦКП «СКИФ»


Цикл открытых совещаний и семинаров (сентябрь 2017-февраль 2018): ИЯФ СО РАН, ИГМ СО РАН, ИГил СО РАН, ИК СО РАН, ИХТТМ СО РАН, ИНХ СО РАН, ИХБФМ СО РАН


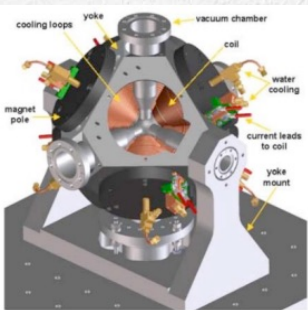
Заседания Объединенных ученых советов СО РАН по наукам о земле; физическим наукам; энергетике, машиностроению, механике и процессам управления; нанотехнологиям и информационным технологиям (20.12.2017)

Заседания научно-координационного совета ЦКП «СКИФ»

Состав станций 1-й очереди (6 станций, каждая из которых включает 3-4 независимых секций) утвержден на заседании Научно-координационного совета ЦКП «СКИФ» (Протокол №1 от 11.05.2018)

Все станции 1-й очереди используют вставные устройства

Шифр станции	Излучатель	Диапазон энергий, кэВ	Особенности	Методики
1-1 «Микрофокус»  	Сверхпроводящий ондулятор	17-47	<ul style="list-style-type: none"> • 4 секции, способные работать параллельно (центральная - Элементное картографирование, боковые - Белковая кристаллография, Гамма-резонанс, Экстремальные условия) • Боковые секции используют фиксированную энергию (гармоники ондулятора), пучки разводятся алмазными однокристалльными монохроматорами-сплитерами • Оптические элементы сохраняют когерентные свойства пучка <ul style="list-style-type: none"> • Оптимизированная нанофокусировка • Окружения образца: прессы, алмазные наковальни (3+ млн. атм.), лазерные системы нагрева (6000 К), магнитное поле и др. 	<ul style="list-style-type: none"> • Рентгенофлуоресцентное 2D и 3D-картографирование с нанопучком <ul style="list-style-type: none"> • Белковая кристаллография с функцией in-line микроскопии, режим серийной кристаллографии • Мессбаэровская спектроскопия на ядрах ^{57}Fe <ul style="list-style-type: none"> • Рентгеновская микроскопия, микродифракция, микроспектроскопия, томография с разными механизмами формирования контраста
1-2 «Структурная диагностика» 	Сверхпроводящий ондулятор	5-35	<ul style="list-style-type: none"> • 4 секции, способные работать параллельно (центральная – Дифрактометрия высокого разрешения, боковые – Монокристалльная дифракция, Исследования in situ, Малоугловое рассеяние) • Боковые каналы используют фиксированную энергию (гармоники ондулятора), пучки разводятся алмазными однокристалльными монохроматорами-сплитерами • Оптические элементы сохраняют когерентные свойства пучка 	<ul style="list-style-type: none"> • Порошковая дифрактометрия, в том числе высокого углового разрешения (с кристаллом-анализатором) и в режиме in situ • PCA монокристаллов с функцией in-line микроскопии, режимы серийной кристаллографии, фотокристаллографии, pump-probe • Малоугловое рассеяние, в том числе в режиме фотон-корреляционной спектроскопии

Шифр станции	Излучатель	Диапазон энергий, кэВ	Особенности	Методики
<p>1-3 «Быстропротекающие процессы»</p> 	<p>Сверхпроводящий вигглер</p>	<p>15-100</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 секции, 2 из которых способны работать параллельно (на оси пучка – Динамические процессы и Плазма; боковая – Экстремально высокие температуры) • Специальные «малобанчевые» режимы работы накопительного кольца • Уникальные детекторы со сверхвысокой скоростью счета (ИЯФ СО РАН) • Специализированные взрывные камеры, газовые пушки и системы неравновесного нагрева (лазер, электронная пушка и пр.) 	<p>Рентгенография, порошковая дифракция и малоугловое рассеяние со сверхвысоким временным разрешением (до 1 пс)</p>
<p>1-4 «Рентгеноабсорбционная спектроскопия и магнитный дихроизм»</p> 	<p>Сверхпроводящий ондулятор с модифицирующими катушками</p>	<p>2.5-35</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 3 секции, работающие попеременно (XAS, XES, XMCD) • Очень высокая плотность пучка на образце – низкие пределы обнаружения следовых элементов • Различные каталитические in situ и operando ячейки, ГХ-МС контроль газовой атмосферы • Вспомогательное оборудование: ИК/УФ/КР-спектрометры <ul style="list-style-type: none"> • Спектрометры вторичного излучения (von Hamos +Johann) • Алмазная четверть-волновая пластина) для генерации излучения с круговой поляризацией • Криомагнитная система образца 	<ul style="list-style-type: none"> • EXAFS и Quick-EXAFS (100 Гц), в том числе в режиме in situ • EXAFS высокого энергетического разрешения (HERFD-XAFS) <ul style="list-style-type: none"> • Рентгеновский магнитный круговой и линейный дихроизм (XMCD/XMLD) • Рентгенофлуоресцентный анализ <ul style="list-style-type: none"> • Рентгеноэмиссионная спектроскопия • Резонансное неупругое рассеяние • Рентгеновское рамановское рассеяние

Шифр станции	Излучатель	Диапазон энергий, кэВ	Особенности	Методики
<p>1-5 «Диагностика в высокоэнергетическом диапазоне»</p> 	Сверхпроводящий вигглер	10-200	<ul style="list-style-type: none"> • 3 секции, работающие попеременно (Рентгеновская микроскопия и томография, Исследования материалов при высоких давлениях и температуре, Фазово-контрастная радиография) <ul style="list-style-type: none"> • Оптические элементы, работающие в условиях высокой термической и радиационной нагрузки • Двухкристальный Лауэ-монокроматор • Пресс большого объема с системой нагрева • Инфраструктура для содержания и обследования лабораторных животных 	<ul style="list-style-type: none"> • Рентгеновская микроскопия, радиография, томография с различными механизмами формирования контраста • Птихография • Флуоресцентный анализ • Энерго-дисперсионная дифракция • Рентгеновское рассеяние (РРА)
<p>1-6 «Электронная структура»</p> 	Сверхпроводящий шифтер 0.1-0.5 Тл	0.01-1.9	<ul style="list-style-type: none"> • 3 секции, работающие попеременно (РФЭС высокого давления, ФЭС с угловым разрешением, Рефлектометрия и метрология мягкого диапазона) • Общая безоконная вакуумная система с накопителем • Система оптических элементов (зеркал и дифракционных решеток) для мягкого рентгеновского диапазона 	<ul style="list-style-type: none"> • XPS и NAP-XPS • ARPES, в том числе со спиновой поляризацией • NEXAFS и NAP-NEXAFS • определение оптических констант (коэффициентов поглощения, отражения) в мягком рентгеновском диапазоне)

ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»

Оборона и национальная безопасность



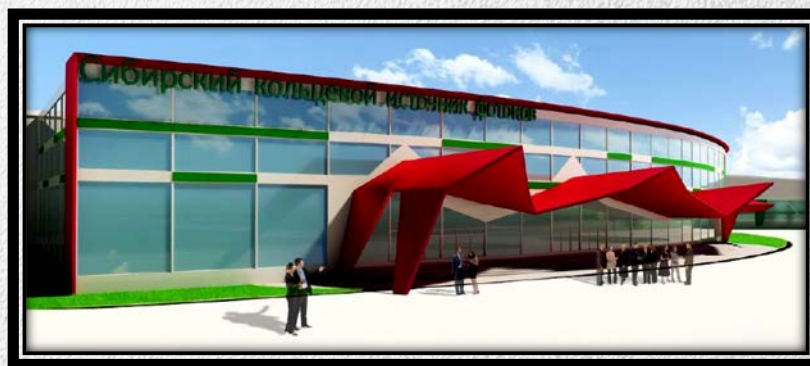
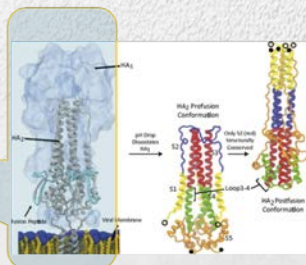
Биомедицина и фармацевтика



Вирусология,
эпидемиология,
биологическая
защита



80-120 нм



Материалы для новой
энергетики, катализ,
экология

- Каталитическое восстановление оксидов азота (DeNO_x)
- Полное окисление метана (Газ. двигатели)

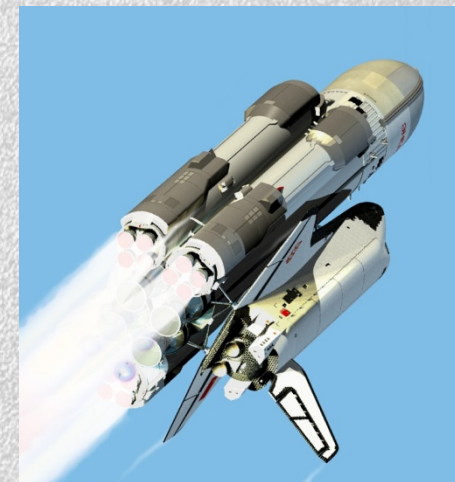
Функциональные и композитные материалы

Сульфидные катализаторы гидроочистки нефтяных фракций

Нанoeлектроника и спинтроника: исследования зонного спектра и спиновой поляризации твердых тел

ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»: оборона и национальная безопасность

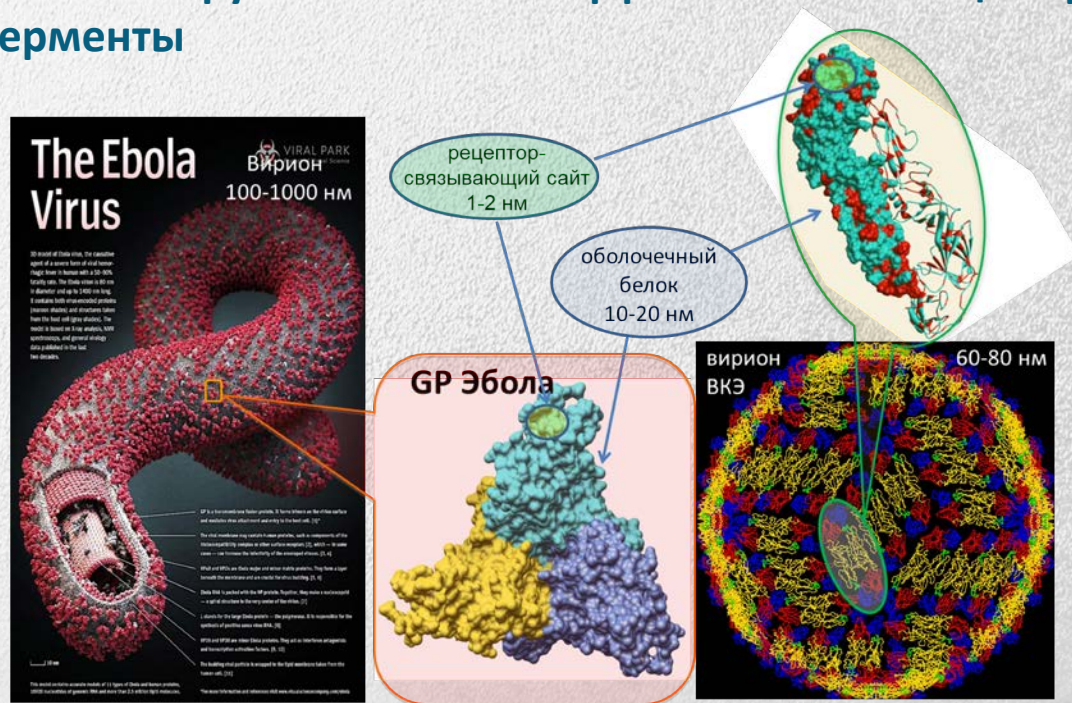
- Кинетические параметры и химические механизмы быстропротекающих процессов (взрыв, фронт горения, ударная волна)
- Структурная диагностика конструкционных материалов, предназначенных для работы в экстремальных условиях (авиастроение, космос, материалы для атомной и термоядерной энергетики): развитие напряжений и возникновение трещин, усталостное разрушение, деформация, трение
- Развитие аддитивных технологий
- Новые сверхпрочные композитные материалы
- Защитные покрытия
- Радиационно-стойкая микроэлектроника
- Композиты на основе высокоэнергетических материалов



ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»: вирусология, эпидемиология, биологическая защита (совместно с ФБУН ГНЦ ВБ «Вектор» Роспотребнадзора)

Поиск новых высокоэффективных противовирусных препаратов на основе знаний о структурно-функциональной связи конформационных изменений вирусной частицы на различных этапах жизненного цикла вируса

- Рецепторное связывание и оболочечные белки вирусов
- рН-зависимый конформационный переход оболочечных вирусных белков
- Гликозилирование вирусных белков и эффективность вакцин гриппа
- Вирусные ферменты



ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»: биомедицина и фармацевтика

- Поиск новых фармацевтических препаратов белковой природы
- Исследование молекулярных механизмов действия фармацевтических препаратов
- Системы целевой доставки лекарственных препаратов
- Поиск новых препаратов и лекарственных форм на основе полиморфных модификаций и смешанных кристаллов низкомолекулярных соединений
- Управление степенью кристаллического порядка препаратов для повышения биодоступности
- Физиологический отклик на терапевтическое вмешательство для лабораторных животных
- Нейрофизиология и когнитивные процессы
- Биосовместимые материалы для протезирования



ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»: материалы для новой энергетики, катализ, экология

- Определение структуры активных центров новых катализаторов промышленно-значимых процессов, исследование атомарных механизмов каталитического действия, активации и дезактивации в режимах *in situ* и *operando*
- Микропористые материалы для хранения водорода (углеродные наноструктуры, МОК и пр.)
- Сверхпроводимость
- Диагностика электрохимических устройств (суперконденсаторов, аккумуляторов, топливных элементов) в условиях эксплуатации
- Новые типы молекулярных устройств хранения информации (мемристоры, спинтроника и пр.)
- Экологический контроль антропоморфных загрязнений



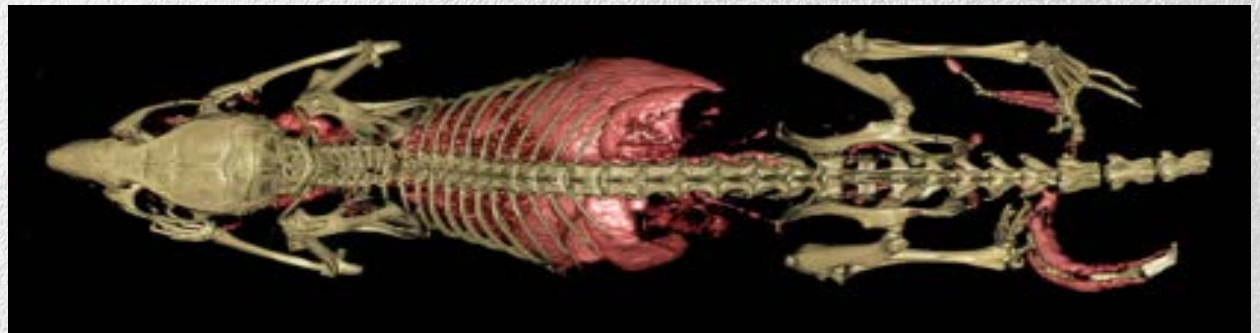
ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»: геология, геофизика, науки о Земле и планетах

- Трудноизвлекаемые формы полезных ископаемых
- Минералы-маркеры полезных ископаемых
- Моделирование мантийных процессов
- Палеоклиматология
- Метеоритное вещество



ПОРТФЕЛЬ НАУЧНЫХ ЗАДАЧ ЦКП «СКИФ»: палеонтология, археология, культурология

- Исследование уникальных объектов, артефактов, музейных экспонатов



Участники работ и заинтересованные:



В.И. Бухтияров,
Я.В. Зубавичус,
Б.А. Захаров,
Рэн Ил Квон,
А.Н. Шмаков,
А.В. Бухтияров,
А.А. Сараев ...



Институт ядерной физики
имени Г. И. Будкера СО РАН

П.В. Логачев,
Г.Н. Кулипанов,
Я.В. Ракшун,
И.Н. Чуркин,
Е.Б. Левичев,
А.Н. Журавлев,
Б.Г. Гольденберг,
В.А. Шкаруба,
К.В. Золотарев,
К.Э. Купер,
А.С. Аракчеев ...



Б.П. Толочко,
А.И. Анчаров,
М.Р. Шарифутдинов,
А.П. Чернышов



Э.Р. Прууэл,
К.А. Тэн,
И.А. Рубцов



Институт геологии
и минералогии им.
В.С. Соболева

С.В. Раценко,
А.В. Дарьин,
Ф.А. Дарьин



ВЕКТОР

А.Б. Рыжиков

Н* Новосибирский
государственный
университет
*НАСТОЯЩАЯ НАУКА

Е.В. Болдырева,
С.В. Цыбуля



А.А. Батаев,
И.А. Батаев,
В.Г. Буров,
В.В. Янпольский,
А.А. Руктуев



ТОМСКИЙ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

И.В. Ивонин,
А.Н. Пестряков,
А.В. Тяжев

А.С. Гоголев



С.А. Громилов,
Т.И. Асанова,
И.П. Асанов



В.В. Коваль,
Д.О. Жарков,
О.И. Лаврик



С.Г. Овчинников,
В.Н. Заблуда



Институт автоматизации и
электрометрии СО РАН

Ю.Н. Золотухин,
А.В. Карьянов,
О.И. Потатуркин



П.С. Завьялов,
Ю.В. Чугуй



С.Н. Кульков



БФУ им. Канта
А.А. Снигирев



Н.И. Чхало



Д.Н. Кузьмин,
А.В. Веретенников



В.В. Денисов,
Н.Н. Коваль

и другие ...

