



МФТИ ЛФИ

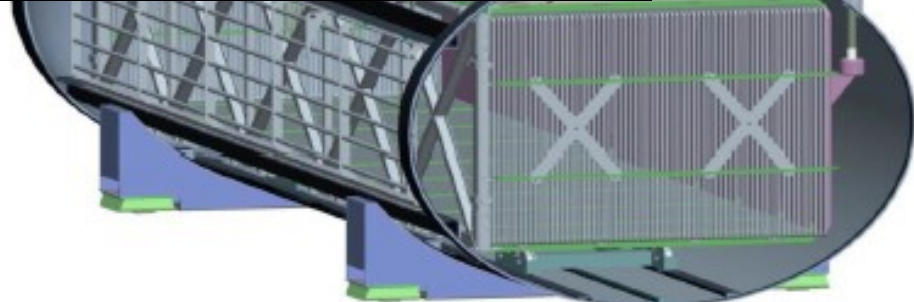
**КАФЕДРА ФИЗИКИ ВЫСОКИХ
ЭНЕРГИЙ**

**Базовый институт
НИЦ КИ ИФВЭ**

- 1. Задачи ФВЭ**
- 2. Институт физики высоких энергий**
- 3. Учеба и научная работа студентов**



Наша цель состоит в том, чтобы понять фундаментальную природу энергии, материи, пространства и времени. На основании этих знаний понять происхождение, эволюцию и участь Вселенной.



Предмет исследования обширен и мы должны использовать различные средства: ускорительные и неускорительные эксперименты, астрофизические наблюдения. Все они имеют важнейшее значение.

2012.7.4

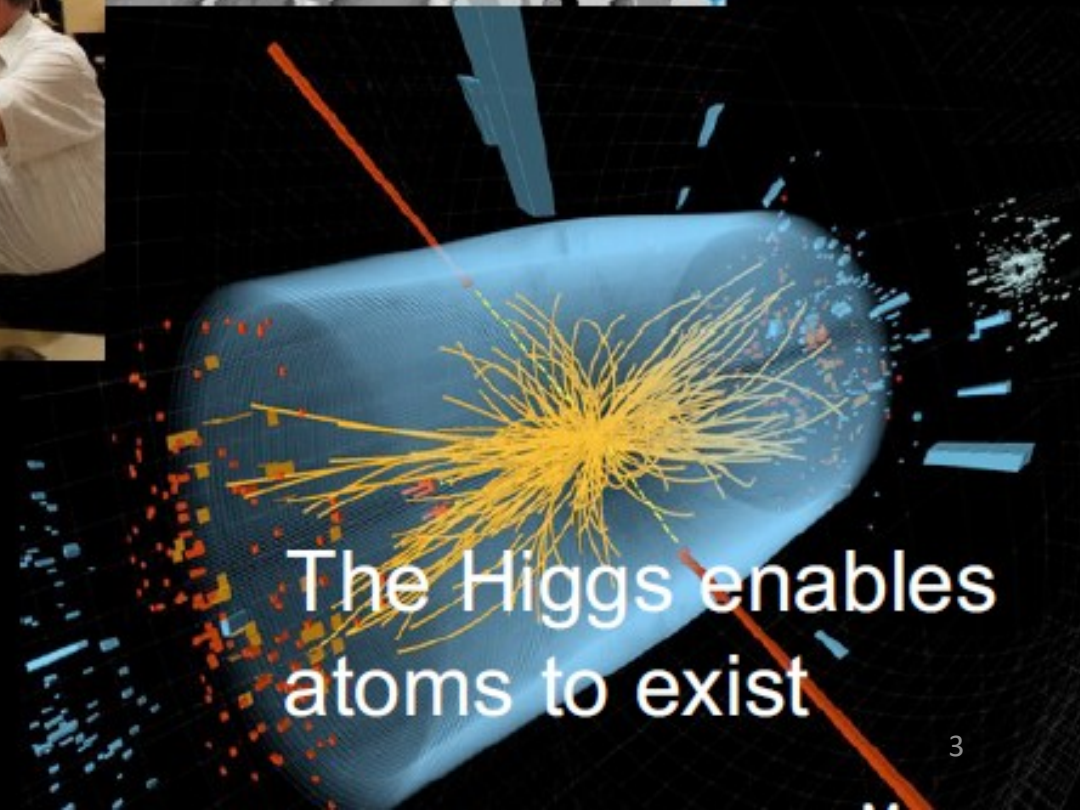
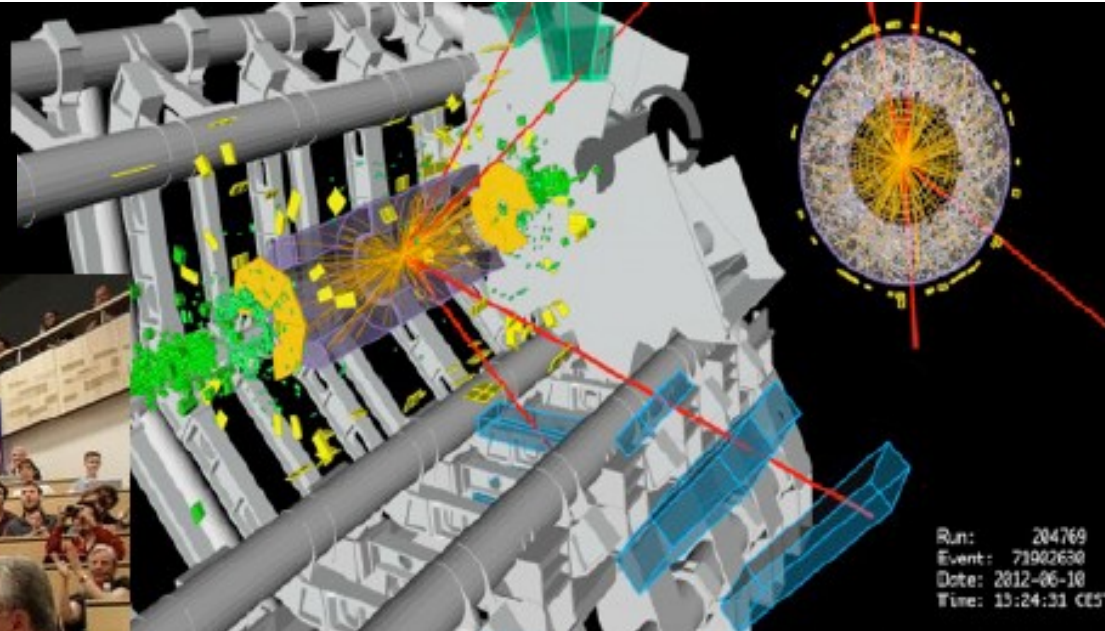
Открытие бозона Хиггса



Теория : 1964

Проект: 1984

Сооружение : 1998

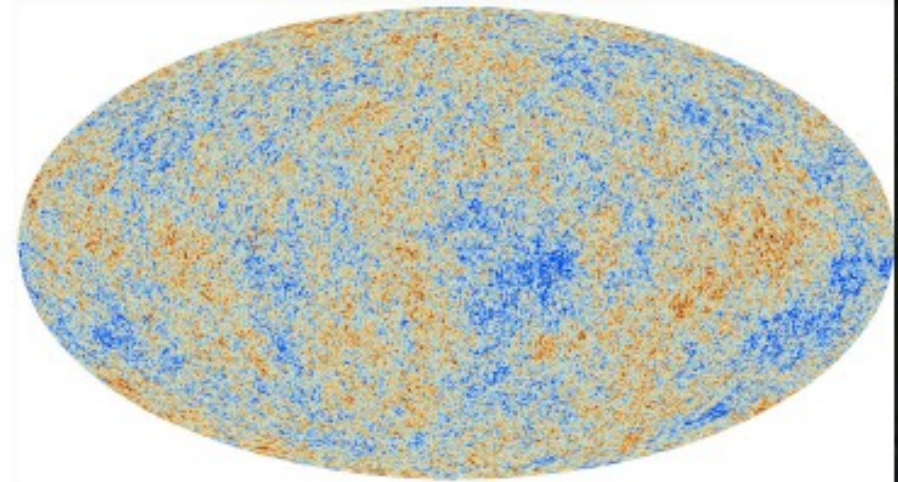
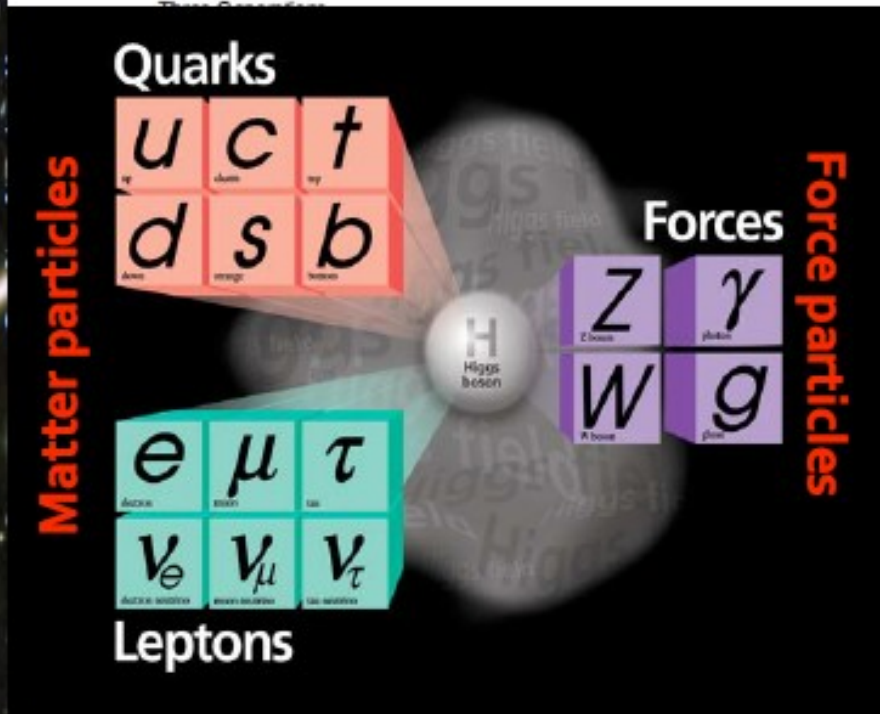


The Higgs enables
atoms to exist

Усилия по изучению фундаментальных взаимодействий принесли замечательные результаты

**СТАНДАРТНАЯ МОДЕЛЬ
ЧАСТИЦ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ**

**СТАНДАРТНАЯ
КОСМОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ**

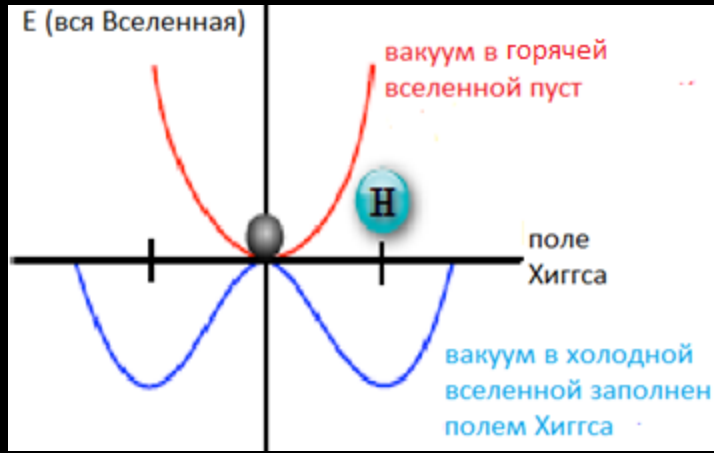


- Стандартная модель является мощным средством для расчета различных процессов с высокой точностью
- Вместе с тем, существует много вопросов, на которые СМ не дает ответа
- Похоже, это эффективная модель, за которой мы пока не видим исходной фундаментальной теории



Проблемы СМ

Хиггс

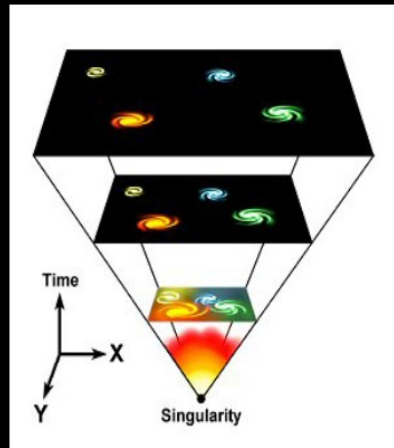


Темная материя

Материя неизвестной природы составляет 80% всей материи Вселенной



Темная энергия Что это?



Барионная асимметрия Вселенной

1,000,000,001

Материя

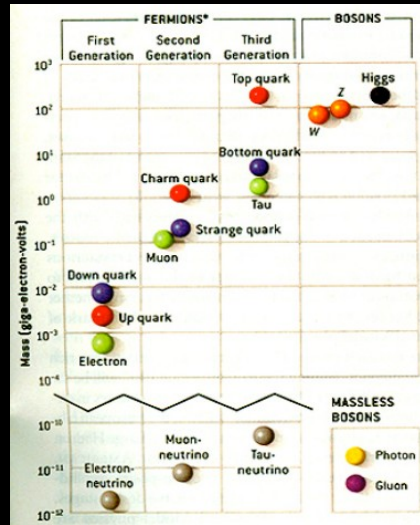
1,000,000,000

Антиматерия

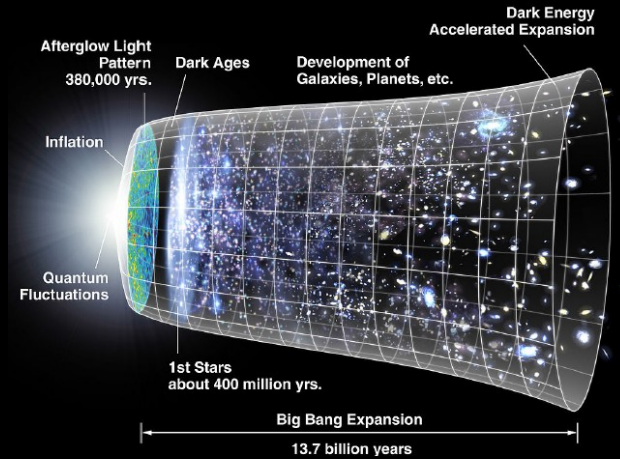
Проблемы СМ

Почему так много частиц

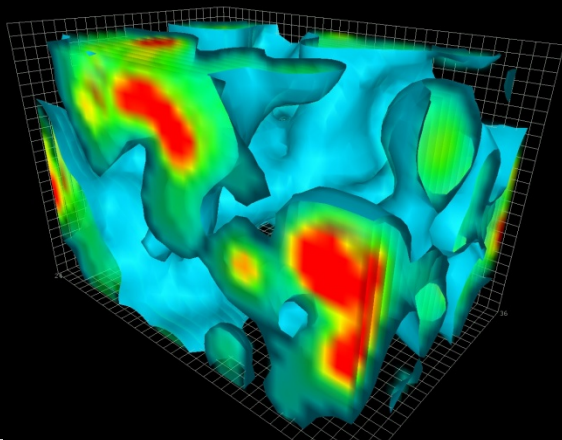
Спектр масс
Три поколения
Массы нейтрино



Что является причиной инфляции



Как устроен вакуум КХД



*Сегодня
развитие нашей физики
определяется экспериментом*



Важнейшие цели НИЦ КИ - ИФВЭ:

- **Фундаментальные исследования по физике высоких энергий, получение новых знаний о структуре материи и основополагающих законах природы.**
- **Сохранение и развитие научного потенциала и экспериментальной базы для исследований по физике частиц, ключевых технологий в области ускорителей и детекторов. Участие в решении фундаментальных и инновационных задач в интересах атомной отрасли.**
- **Воспитание новых поколений учёных и инженеров, всемерное содействие высокому уровню образования и профессиональной подготовки в России.**

Структура НИЦ КИ - ИФВЭ

Ускорительные
подразделения

350 человек

Научно-
исследователь-
ские
подразделения

350 человек

Инженерные
подразделения

350 человек

Вспомогательные
подразделения

300 человек



Отделение экспериментальной физики
Отдел теоретической физики
Отдел математики и вычислительной техники
Отдел электроники и автоматизации
Отдел пучков

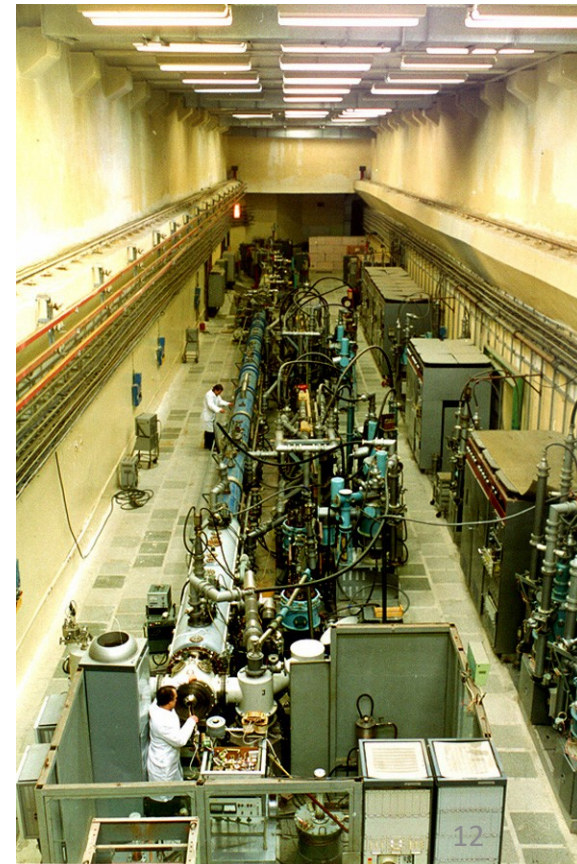
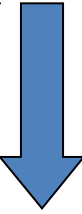
Крупнейший в России ускоритель *протонов* на энергию 70 ГэВ



Протонный
Синхротрон
У-70

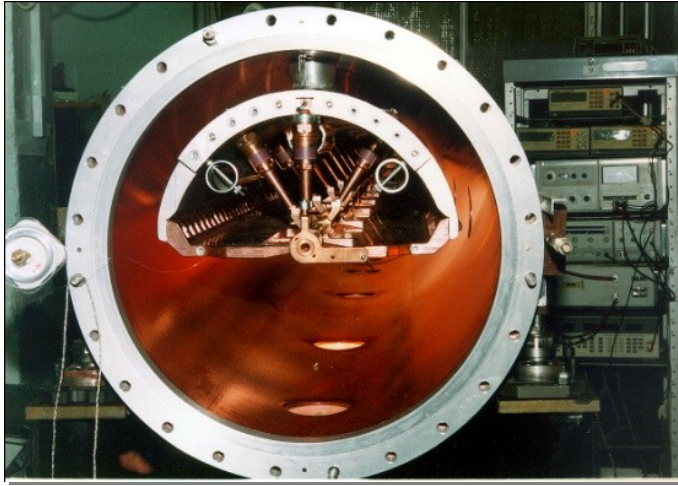


Линейный ускоритель
с ВЧК-фокусировкой
УРАЛ-30 – инжектор в
бустер



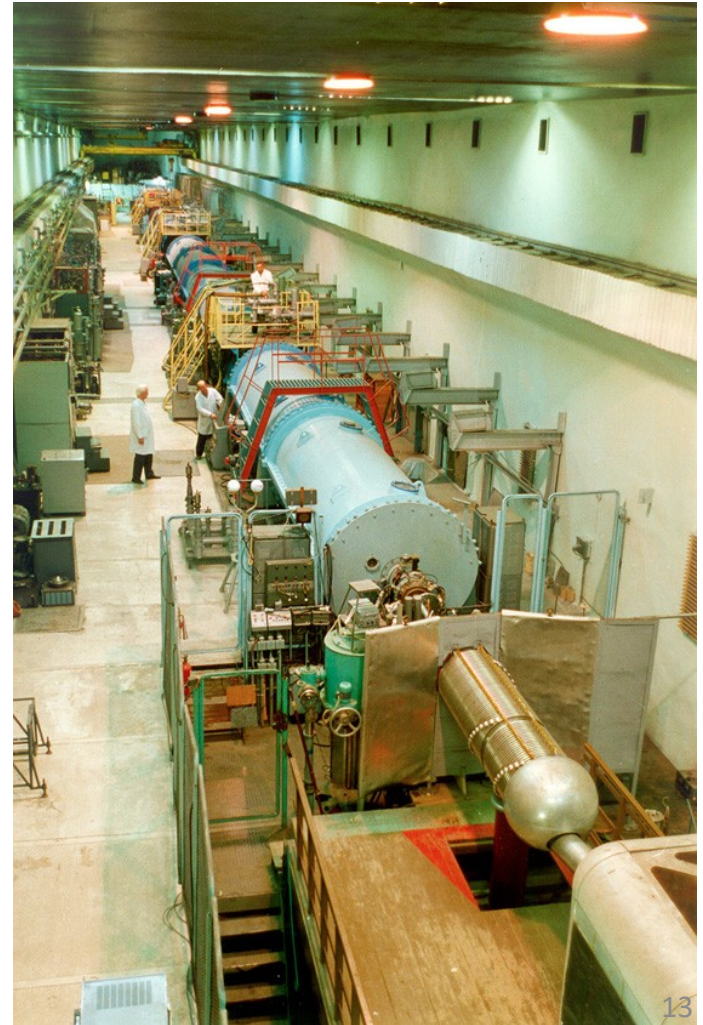
Быстроциклирующий
протонный синхротрон
на энергию 1,5 ГэВ
(бустер)





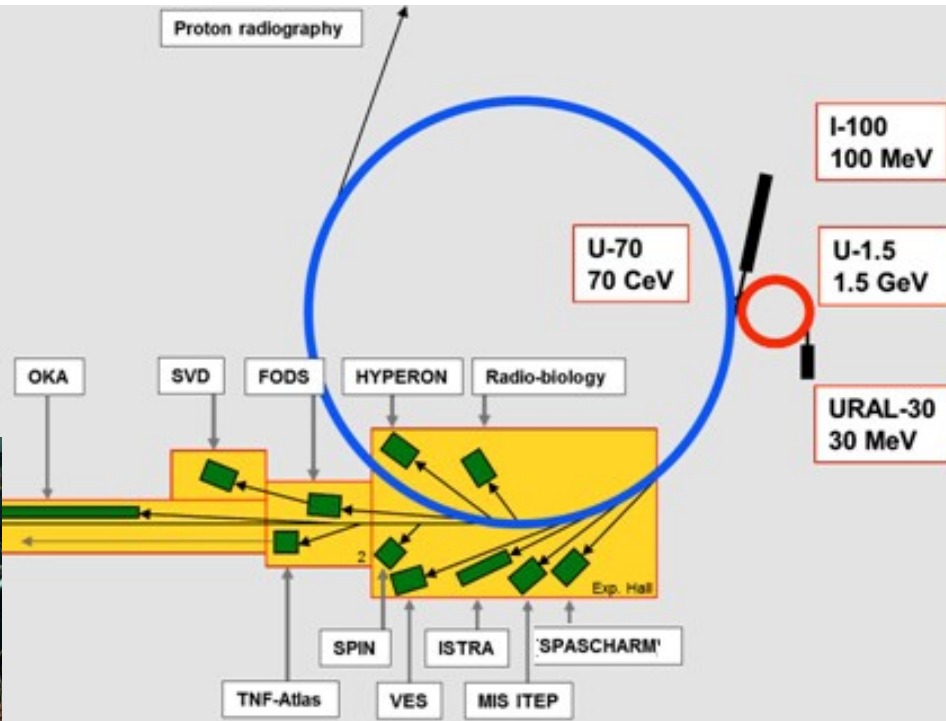
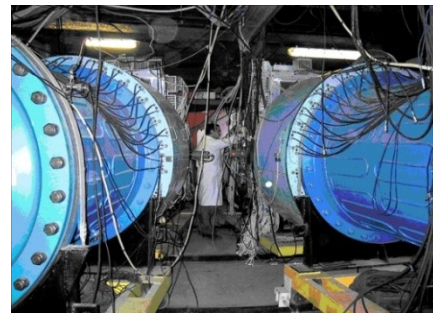
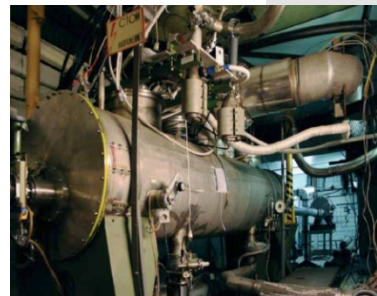
Линейный ускоритель И-100 на энергию 100 МэВ («классическая» структура) – инжектор в У-70 в 1967-1978 г.г.

- 1967 г. – И.М.Капчинский и В.А.Тепляков предложили высокочастотную фокусировку пучка (ВЧК) – крупнейшее открытие в ускорительной технике последних десятилетий.
- 1977 г. – ввод созданного в ИФВЭ первого в мире линейного ускорителя с ВЧК-фокусировкой на энергию 30 МэВ (УРАЛ-30)
- В настоящее время работы по перспективным ВЧК ускорителям ведутся в десятках лабораторий мира



Layout of accelerators and research facilities

$E=70 \text{ GeV}$, (50 GeV)
 $I=1.7 \cdot 10^{13} \text{ ppp}$ ($1.0 \cdot 10^{13} \text{ ppp}$)
 Beams : π^{+-} , K^{+-} , p , \bar{p} , e^{+-} , ^{12}C



- Fast extraction
- Slow extraction
- Extraction by crystals
- Internal targets

Research directions:

- hadron spectroscopy
- rare kaon decays
- spin asymmetries
- baryon matter
- nuclear physics
-
- proton radiography
- radiobiology
- radiation hardness
- beam optics with crystals
- R&D on detectors
-

Развитие комплекса

- Модернизация отдельных систем У-70 и бустера
- Модернизация установок
- Использование комплекса У-70 и сооружений УНК для задач протонной радиографии и нейтронных исследований
- Использование пучков легких ионов для радиобиологии и радиационной терапии

Новые направления

- Ускорители для медицины
- Источники синхротронного излучения

Установка ОКА

Установка для исследования распадов заряженных каонов – ОКА (ИФВЭ - ИЯИ РАН - ОИЯИ).

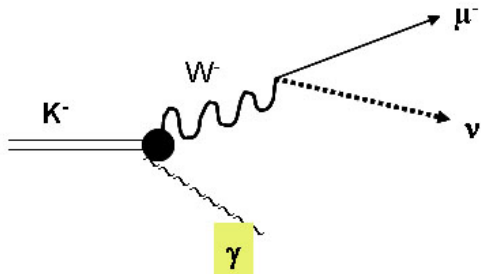
Канал частиц, формирующий пучок К-мезонов с 25-кратным обогащением.

На рекордной статистике открыт редкий процесс структурного излучения фотонов *в распаде* $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu \gamma$, что важно для измерения констант слабого взаимодействия.

С рекордной точностью измерены параметры распада $K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu$

Получены ограничения на параметры гипотетического тяжелого нейтрино в распаде $K^+ \rightarrow \mu^+ \nu_H$

.....



Установка ОКА для исследования редких распадов К-мезонов. Общая длина установки 200 м



Установка ВЕС

Адронная спектроскопия

Гибридные состояния

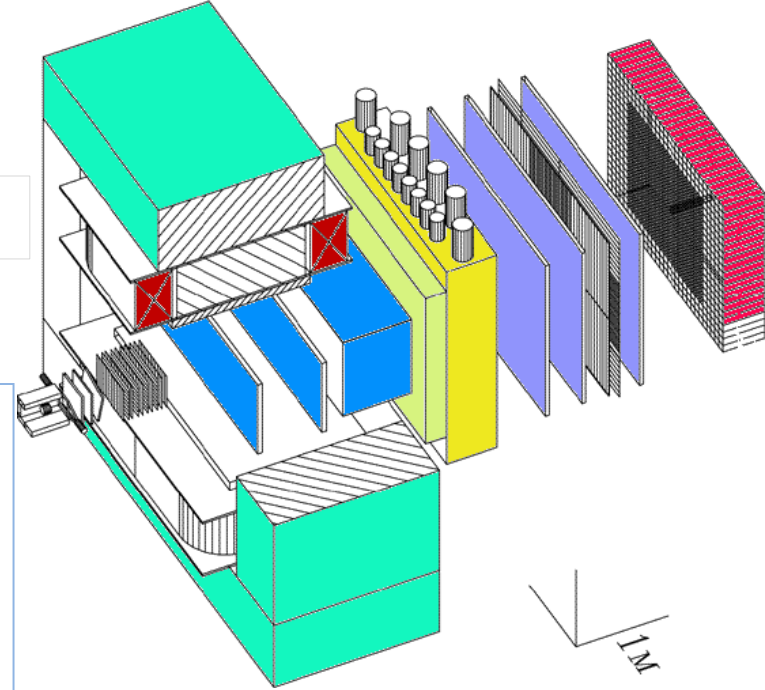
На установке Вершинный спектрометр (ВЕС) обнаружено состояние с массой 1,7 ГэВ с экзотическими квантовыми числами, запрещенными для системы кварк-антикварк.

Состояние носит признаки гибридного мезона.

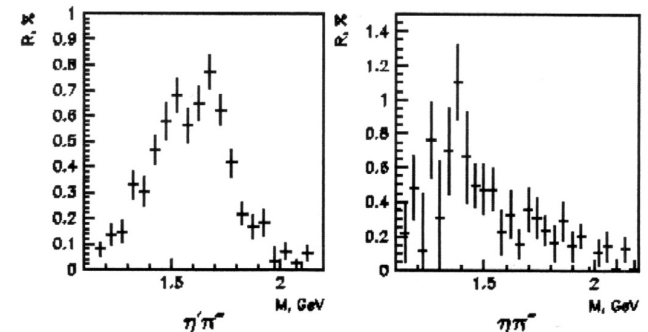
Обнаружен ряд новых резонансов, распадов и явлений.

Пример:

- большое нарушение изотопической инвариантности в распаде $f_1 \rightarrow 3\pi$;

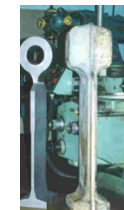
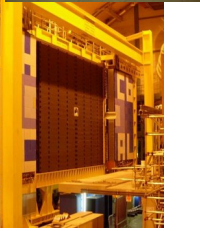
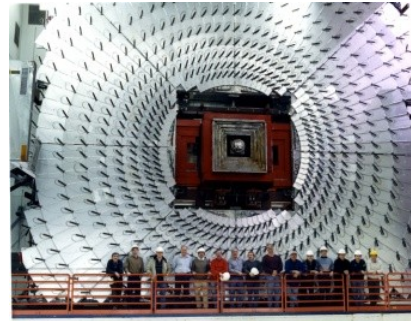
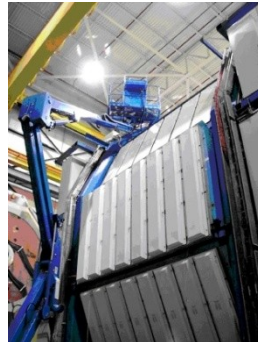


Широкоапертурный магнитный спектрометр для изучения эксклюзивных реакций



International collaborations

- USA
 - BNL PHENIX, STAR
- EUROPE
 - FAIR PANDA
- CERN
 - LHC machine
 - ATLAS
 - CMS
 - LHCb
 - ALICE
 - COMPASS
 - NA 62
 - NA 64
- JAPAN
 - BELLE II



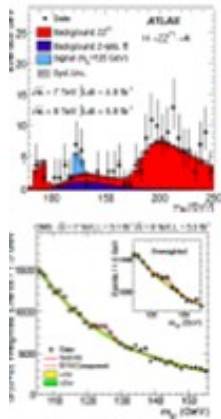
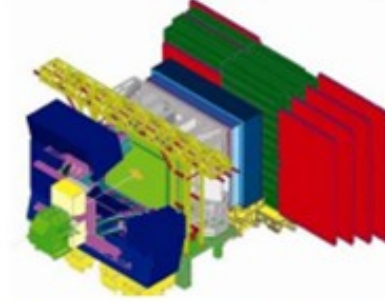
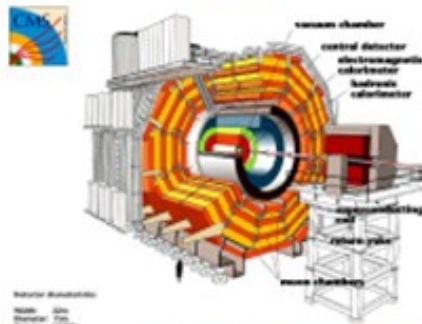
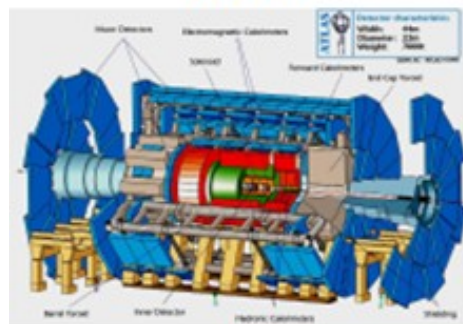
УЧАСТИЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАХ НА БОЛЬШОМ АДРОННОМ КОЛЛАЙДЕРЕ

ATLAS

CMS

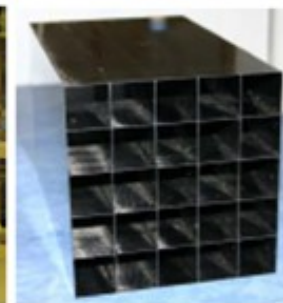
ALICE

LHCb

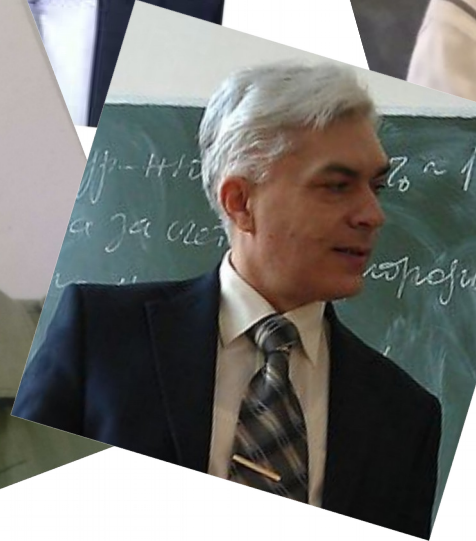
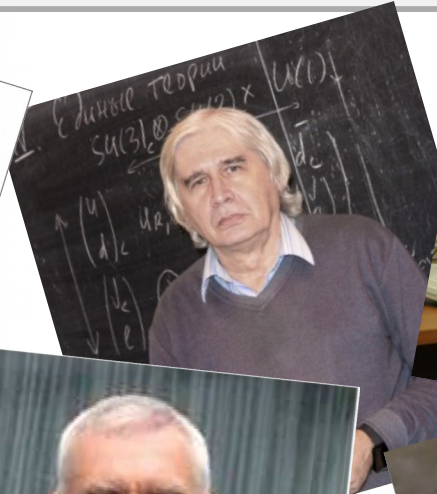
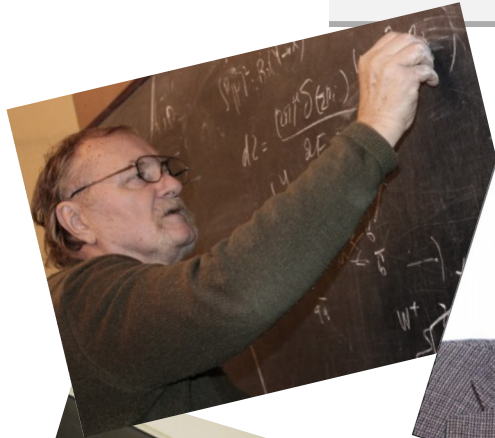


Созданные в ИФВЭ детекторы электромагнитного излучения и мюонов сыграли важную роль в открытии бозона Хиггса в экспериментах ATLAS и CMS (2012)

Трековые детекторы



Авторы и преподаватели курсов Кафедры ФВЭ



Программа обучения

- Четыре цикла:
 - Экспериментальные методы
 - Феноменология
 - Теория
 - НИР

1 – 3 семестр

А.Борисов. Подготовительный курс «Горизонты физики»

Второй курс, 4 семестр		
Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
В.И. Николаенко Программные средства физики высоких энергий		В.Шмидт. Нерелятивистская механика частиц и полей: векторный анализ и симметрии

3 курс, 5 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
М.Н.Уханов/А.Мальцев. Приборы и методика эксперимента в ФВЭ: лабораторный практикум	Ю.А.Хохлов. Основы экспериментальных методов физики высоких энергий.	В.Шмидт Группа Пуанкаре и релятивистские поля

3 курс, 6 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
М.Н.Уханов/А.Мальцев Приборы и методика эксперимента в ФВЭ: лабораторный практикум	А.А.Шумаков. Введение в физику высоких энергий	

4 курс, 7 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
А.Г. Мягков. Статистические методы обработки данных	А.М. Зайцев. Феноменология в ФВЭ	А.К. Лиходед. Электрослабые взаимодействия
	С.Р. Слабоспицкий Сильные взаимодействия	В.В.Кабаченко. Группы Ли
	Факультативно. Литературный семинар	

4 курс, 8 семестр

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
В.Калинин. Физика пучков заряженных частиц	А.М. Зайцев. Феноменология в ФВЭ	А.К. Лиходед. Электрослабые взаимодействия
	С.Р.Слабоспицкий Сильные взаимодействия	В.В.Кабаченко. Группы Ли
	Факультативно. Литературный семинар	

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
	Литературный семинар (А.М.Зайцев/С.А.Садовский)	А.К. Лиходед. Стандартная модель
		В.В. Кабаченко. Теория представлений
		Ю.М. Зиновьев. Физика за пределами СМ
		В.О.Соловьев. Введение в космологию, гравитацию и астрофизику

Экспериментальные методы	Феноменология	Теория
О.В.Соловьянов. Системы сбора данных	Литературный семинар (А.М.Зайцев/С.А.Садовский)	А.К. Лиходед. Квантовая хромодинамика
		В.Е.Рочев. Непертурбативные проблемы физики частиц
		В.О.Соловьев. Введение в космологию...

Темы недавних дипломных работ выпускников КФВЭ

- Измерение эффективности мечения $B_s/\text{anti-}B_s$ мезонов в момент рождения с помощью быстрых заряженных каонов в эксперименте ATLAS.
- Измерение характеристик резонансов в системе $\rho^+\rho^-\rho^0$
- Аномальные взаимодействия топ кварков за счет операторов высших размерностей.
- Калибровочно инвариантное описание массивных полей с высшими спинами.
- Слабые распады дважды тяжёлых барионов со спином $1/2$.
- Мечение b -кварка либо b -антикварка в B_s -мезоне с помощью электронов от распада второго b -адрона в событии по данным ATLAS.
- Применение конвейерных АЦП в эксперименте BES.
- Исследование примаковского процесса $\rho^-\text{Pb} \rightarrow \rho^+\rho^-\rho^-\text{Pb}$ при массе $M(3\rho^+) < 0.72$ ГэВ в эксперименте BES
- Поиск далекодействующих радиально-несимметричных корреляций между струями и заряженными частицами.
- Парциально - волновой анализ системы $\rho^-\rho^0$ в области масс < 1.2 ГэВ

Testimony before the Congressional Joint Committee on Atomic Energy April 16, 1969

Senator Pastore: "Is there anything connected with the hopes of this accelerator that in any way involves the security of the country?"

Dr. Wilson: "No sir; I do not believe so."

Senator Pastore: "Nothing at all?"

Dr. Wilson: "Nothing at all."

Senator Pastore: "It has no value in that respect?"

Dr. Wilson: "It only has to do with the respect with which we regard one another, the dignity of men, our love of culture. It has to do with those things. It has to do with, are we good painters, good sculptors, great poets? I mean all the things that we really venerate and honor in our country and are patriotic about. It has nothing to do directly with defending our country except to help make it worth defending."

Сенатор.

Есть ли надежда, что этот ускоритель способствует обороноспособности нашей страны?

Роберт Вильсон, директор ФНАЛ.

Нет, сэр. Я так не думаю.

Сенатор.

Совсем нет?

Вильсон.

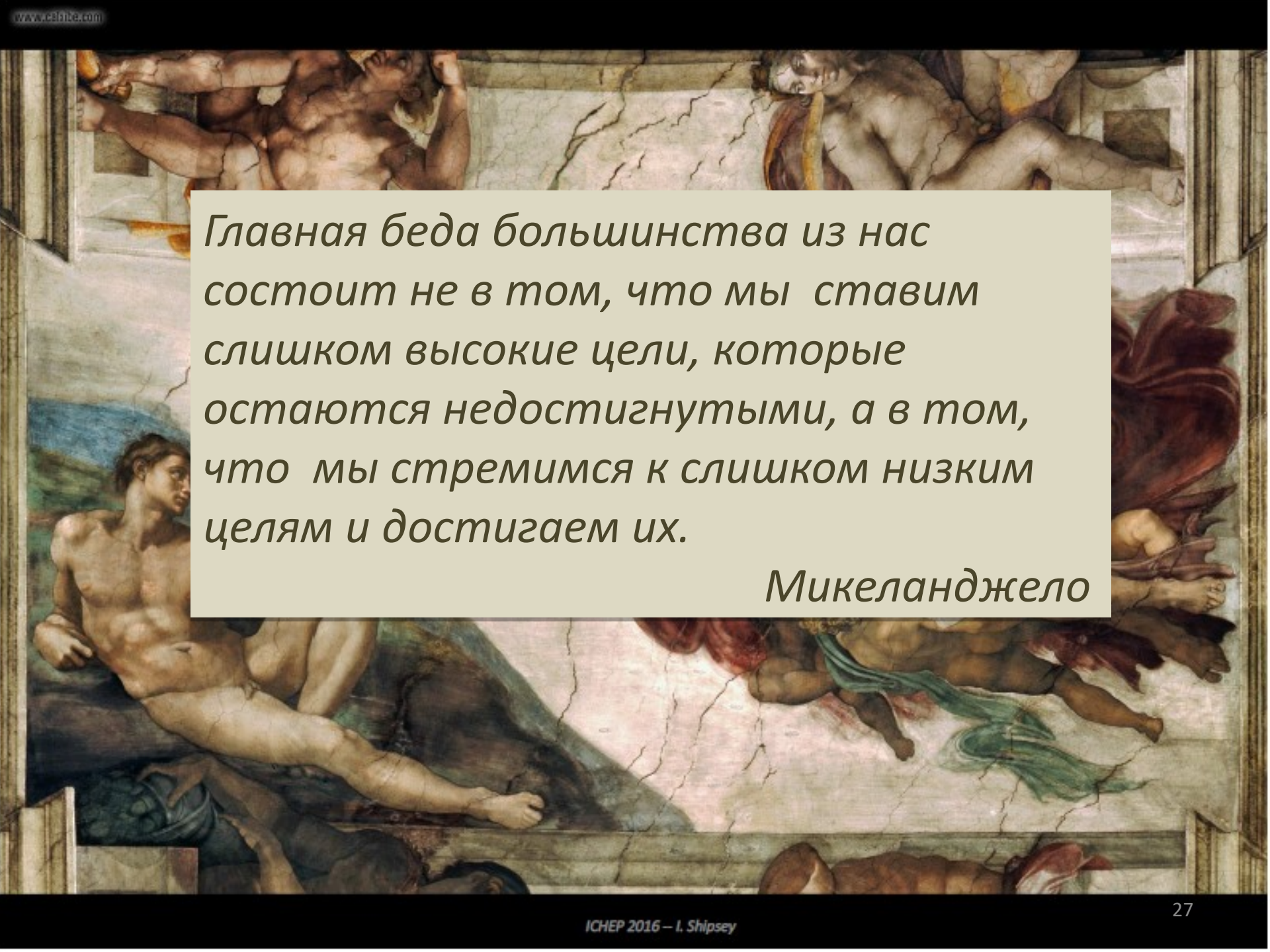
Совсем нет.

Сенатор.

Но, тогда он не имеет значимости?

Вильсон.

Он имеет отношение к нашему взаимному уважению, к человеческому достоинству, к нашей любви к культуре. Он говорит о том, насколько мы хороши как художники, скульпторы, поэты. Это ценности, которыми мы гордимся и чтим в нашей стране, которые делают нас патриотами. Ускоритель не имеет прямого отношения к обороне нашей страны за исключением того, что он помогает осознать, что эту страну стоит оборонять.



Главная беда большинства из нас состоит не в том, что мы ставим слишком высокие цели, которые остаются недостижимыми, а в том, что мы стремимся к слишком низким целям и достигаем их.

Микеланджело

КОНТАКТЫ

Юрий Анатольевич Хохлов

Yury.Khokhlov@ihep.ru

Александр Михайлович Зайцев

Alexandre.Zaitsev@ihep.ru

http://www.ihep.ru/pages/main/information/mipt_chair/index.shtml