



РОСАТОМ



ВЗРЫВЫ, МОЩНЫЕ УДАРНЫЕ ВОЛНЫ И ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ВЕЩЕСТВА

LXXV



В. Фортов,

Р. Илькаев, Г. Рыкованов, В. Селемир, Б. Шарков

РАН - РОСАТОМ, Москва , 8 декабря 2020 г.

Boris Sharkov

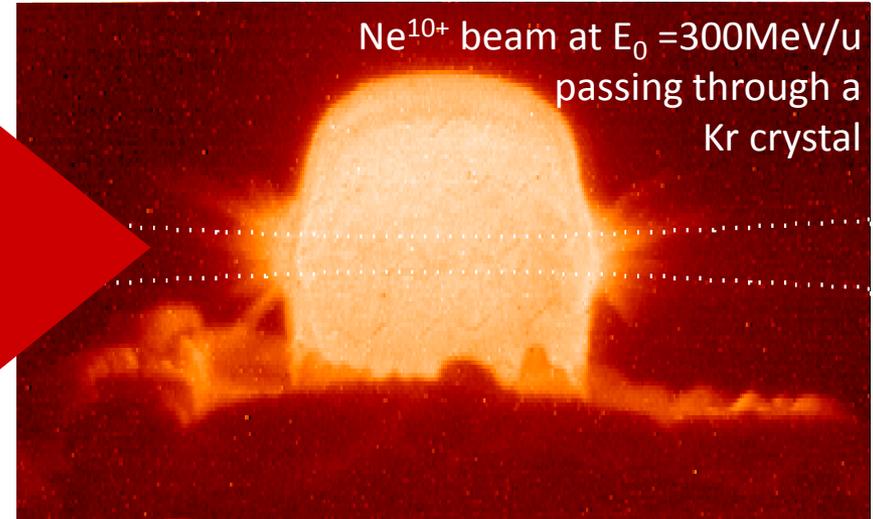
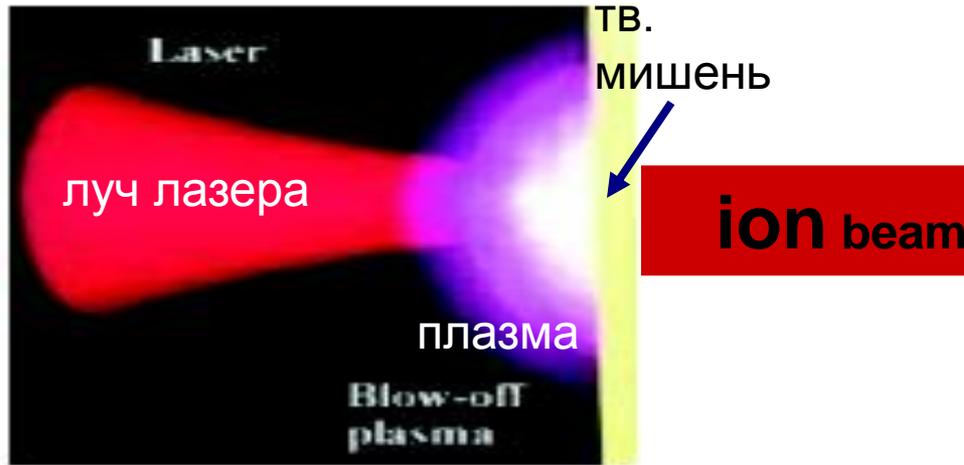
Vladimir Fortov

Russia in FAIR



Dieter Hoffmann

Интенсивные ионные пучки – инструмент для генерации и исследования экстремального состояния вещества в воспроизводимых экспериментальных условиях



Мощные лазеры

NIF, Omega, Gekko XII, LMG, Искра-5,6, X-FEL....

поверхностное энерговыделение
малая частота
малый объем
большие градиенты T, Ne

короткие времена процессов

Пучки тяжелых ионов

SIS-18, TBH, SIS-100

объемное энерговыделение
частота повторения и $1 - 0.1$ Гц
большие объемы ($N \text{ mm}^3$)
однородные условия при высокой энтропии и большой плотности
воспроизводимость

$T > 1 - 10$ нс

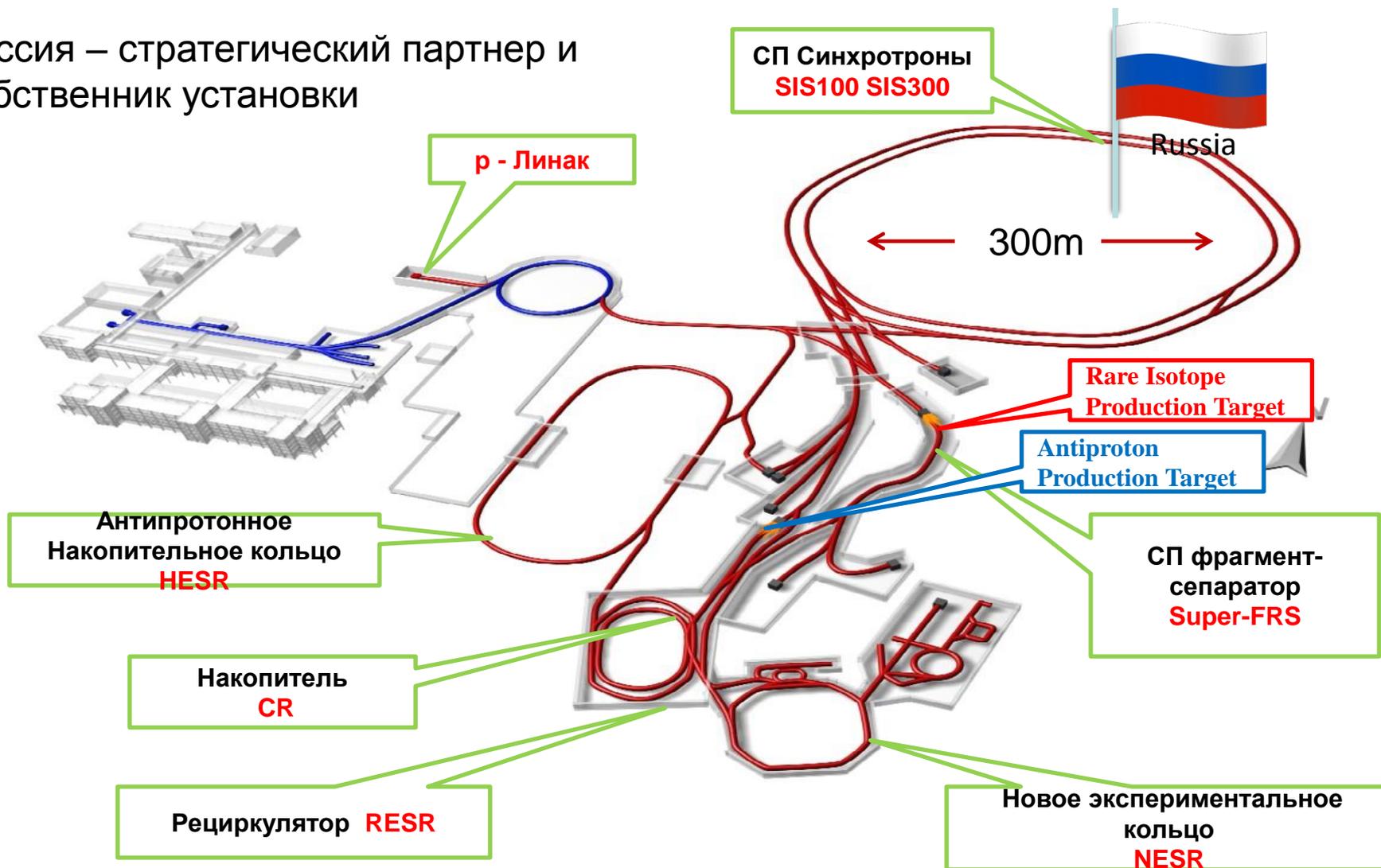
Состояние с высокой энтропией без ударного сжатия !

ФАИР (FAIR) – новый, крупнейший в мире, строящийся, международный исследовательский центр

в г. Дармштадт, Германия



Россия – стратегический партнер и
собственник установки



FAIR откроет новые перспективы для исследования теплофизики экстремальных состояний вещества

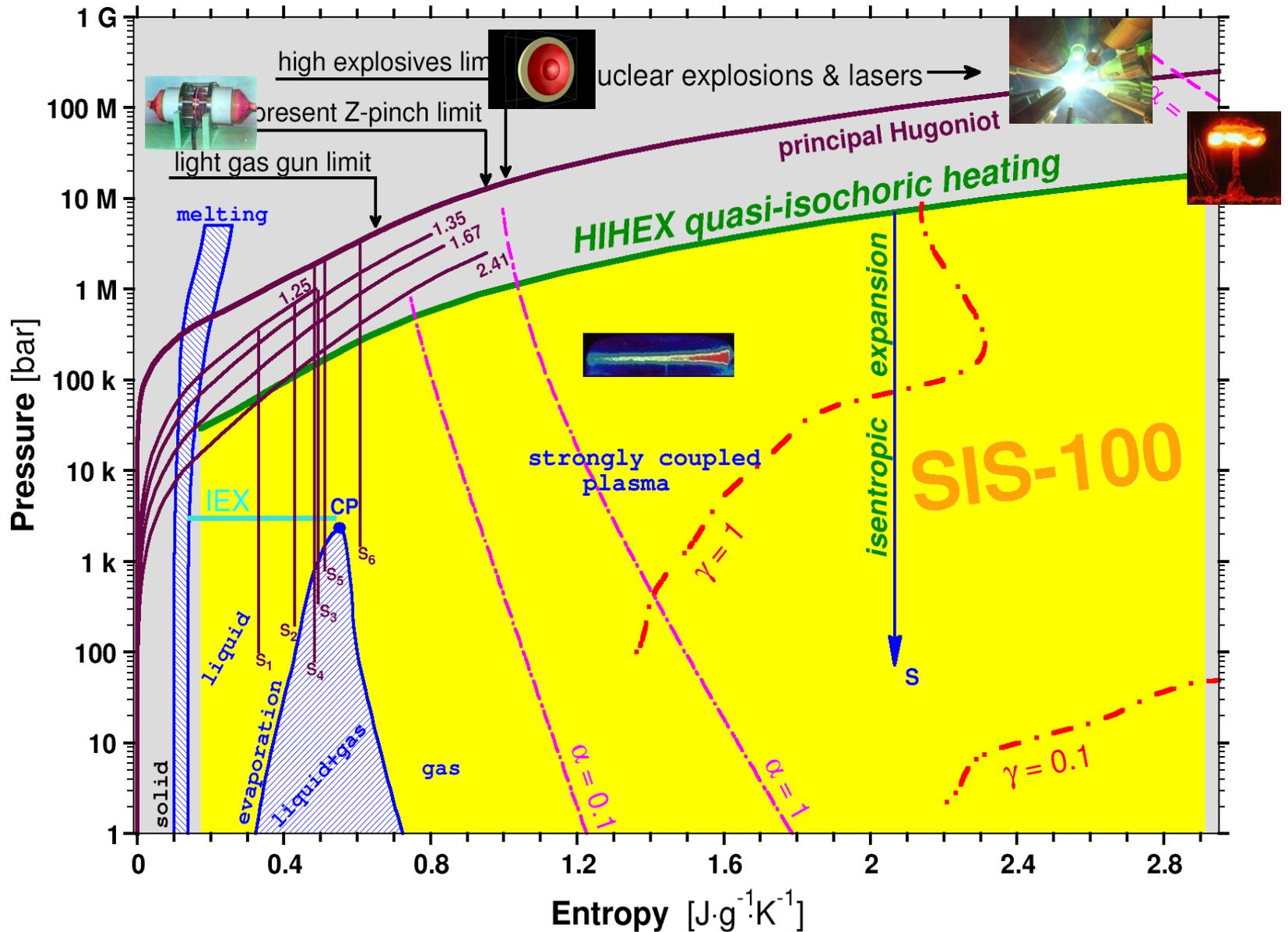
Ускорители FAIR предоставят уникальные возможности для генерации и диагностики вещества с высокой плотностью энергии

- мощный урановый пучок с SIS-100 способен нагревать плотные образцы большого объема (мм^3) однородно
- удельный энерговклад до 0.6 МДж/г и мощность энерговклада до 12 ТВт/г при высоких плотностях
- уникальные средства для диагностики: протонный/ионный пучок с SIS-18 и высокоэнергетичный петаваттный лазер (протонная, ионная и рентгеновская радиография, томсоновское рассеяние, и др.)
- высокая частота повторения, любое вещество

Программа физических исследований - фундаментальные свойства вещества в экстремальных состояниях:

- **Урс вещества при высоких плотностях энергии**
фундаментальные термодинамические свойства вещества в неисследованных областях фазовой диаграммы (двухфазные области, критические точки, неидеальная плазма)
- **Фазовые переходы и экзотические состояния**
переход метал-диэлектрик, плазменные фаз. переходы, металлизация водорода, и т.д.
- **Транспортные и оптические свойства**
электро- и термопроводность, прозрачность, излучательная способность,...
- **Тормозная способность неидеальной плазмы**
аномальная зависимость тормозной способности и сечений перезарядки тяжелых ионов от температуры и плотности в плазме

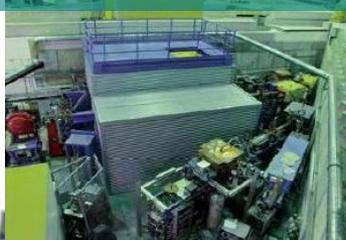
“Terra Incognita” фазовой диаграммы в экспериментах с мощными пучками тяжелых ионов в ИТЭФ и на FAIR



Present Plasma Physics experimental areas at GSI- Darmstadt, Germany

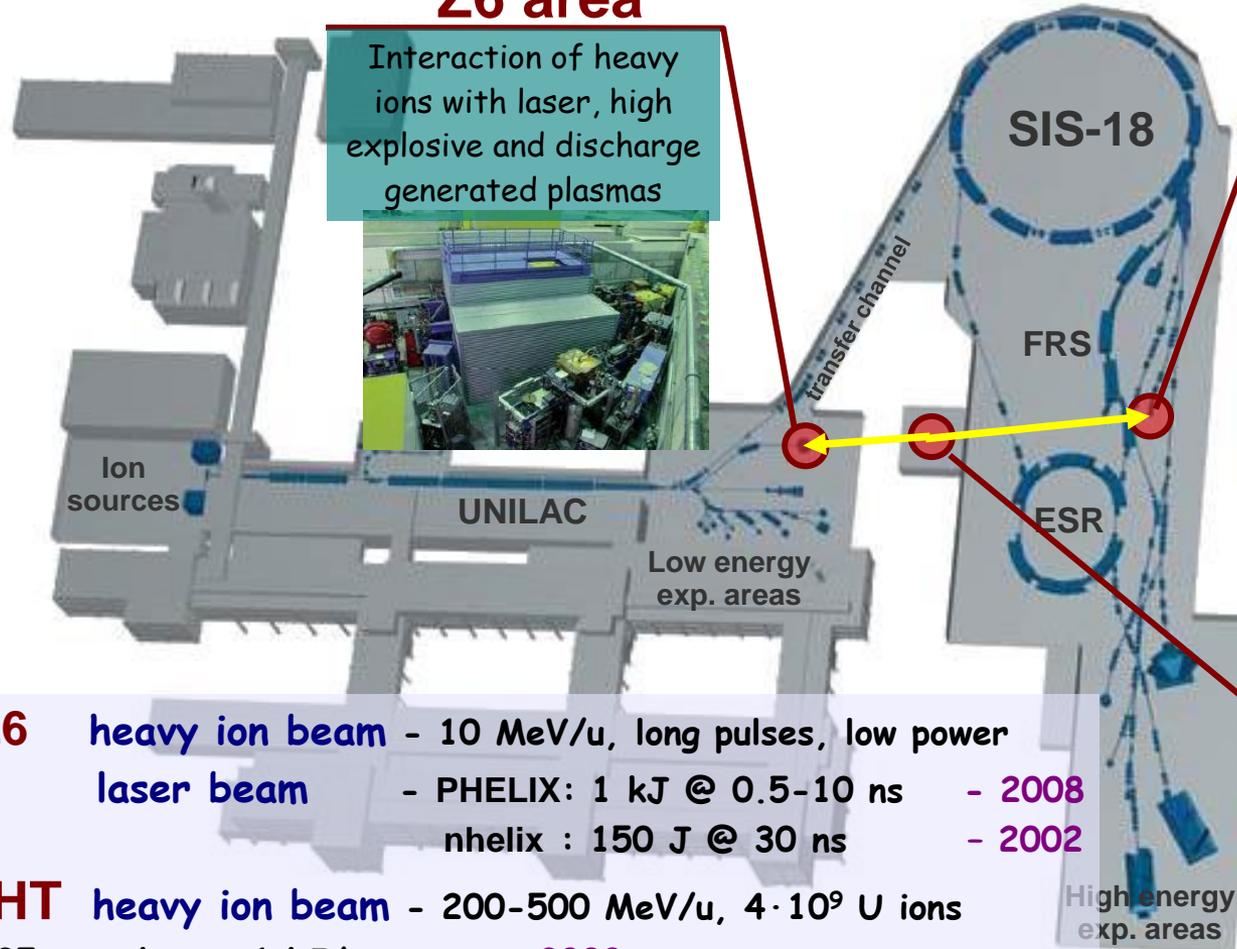
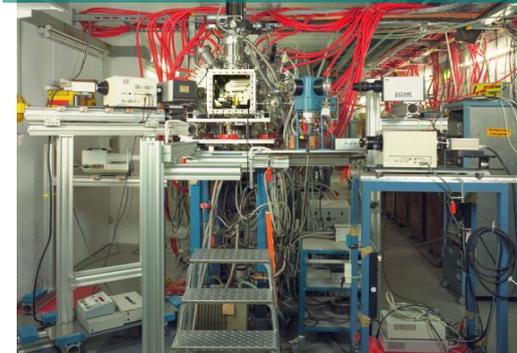
Z6 area

Interaction of heavy ions with laser, high explosive and discharge generated plasmas



HHT area

HED matter generated by intense heavy-ion beams



Z6 heavy ion beam - 10 MeV/u, long pulses, low power
 laser beam - PHELIX: 1 kJ @ 0.5-10 ns - 2008
 nhelix : 150 J @ 30 ns - 2002

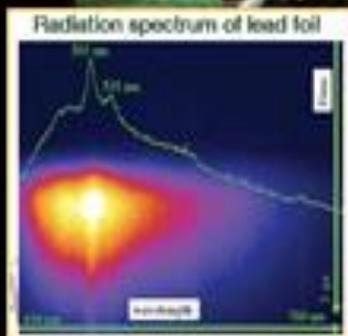
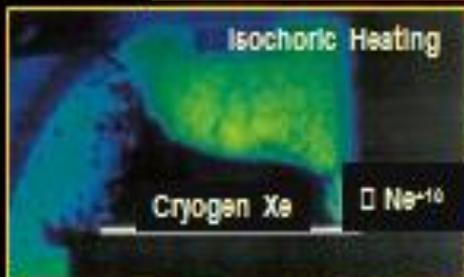
HHT heavy ion beam - 200-500 MeV/u, $4 \cdot 10^9$ U ions
 in 125 ns pulse, ~ 1 kJ/g - 2008
 laser beam - PHELIX: 0.5 kJ @ 0.5 ps (PW)
 1-5 kJ @ 10 ns



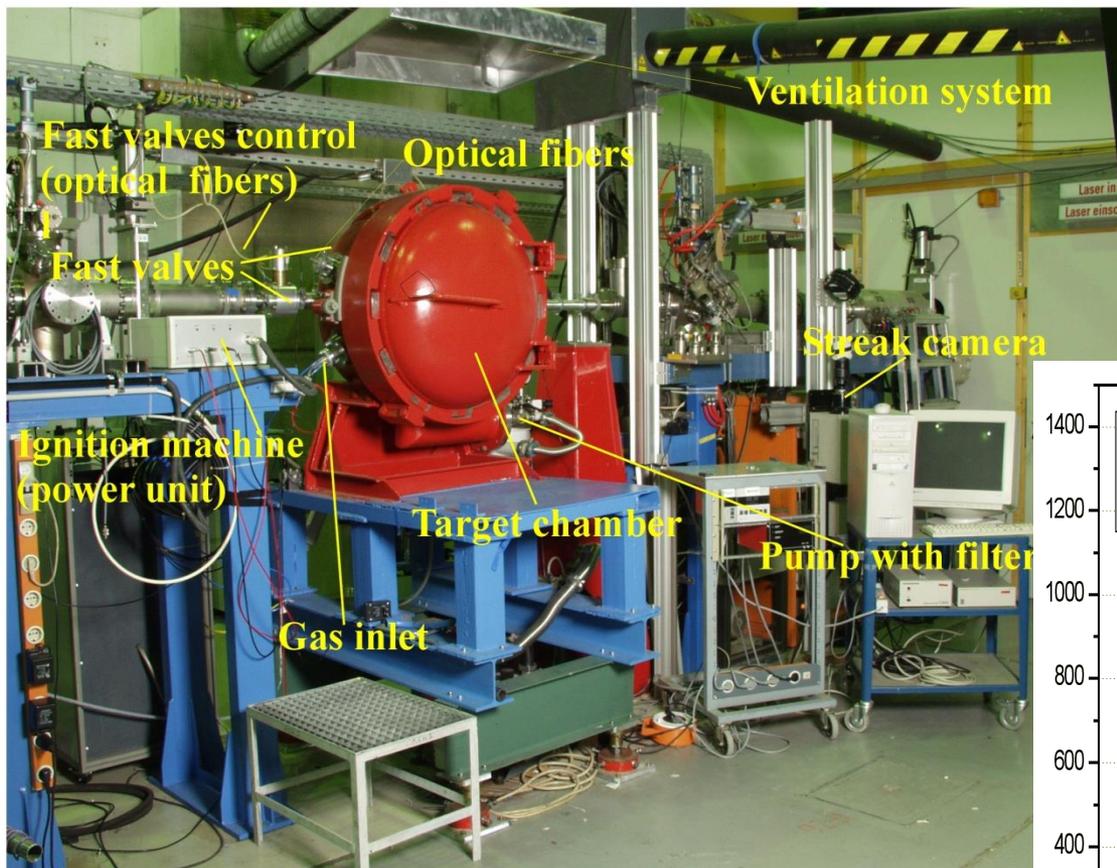
Petawatt High-Energy
 Laser for Ion-Beam
 Experiments



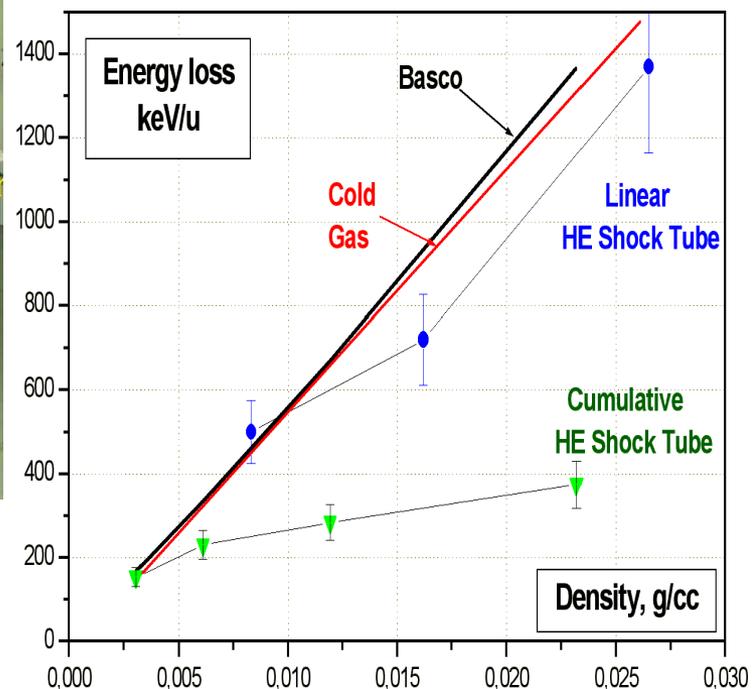
МОЩНЫЕ РЕЛЯТИВИСТИЧЕСКИЕ ИОННЫЕ ПУЧКИ



Experimental Set-up with the Explosive Target at Z6



Энергетические
потери ионов
 C^{+2}
 $E=5.88$ МэВ/н

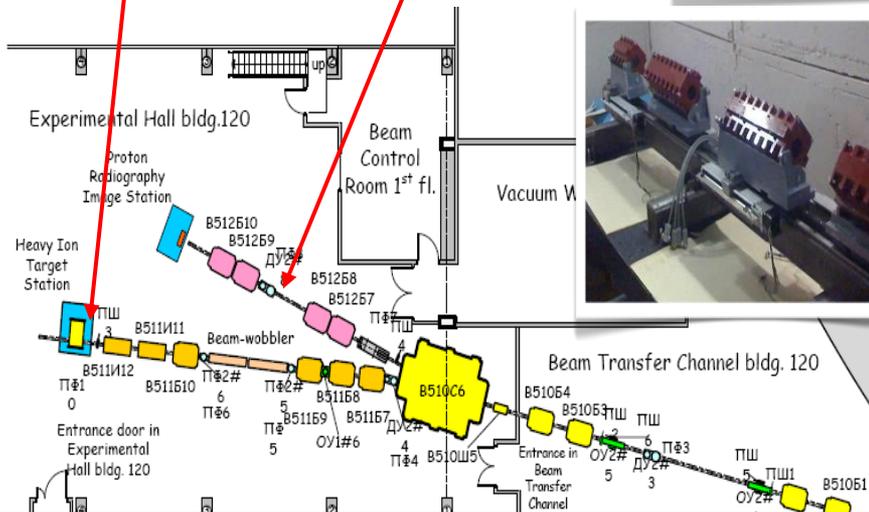
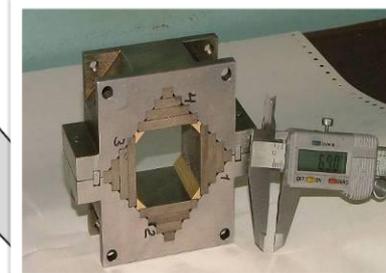


Протонная Радиография

Экспериментальная установка «ПРИМА» по ФВПЭВ

Нагрев ионным пучком

Протонная радиография



Энергия протонного пучка - 800 МэВ

Измерение плотности мишени ~ до 60 г/см²

Пространственное разрешение:

X1: 270 мкм @ 40 мм

X4: 60 мкм @ 22 мм

X8: 50 мкм @ 10 мм

Система регистрации 4 кадра

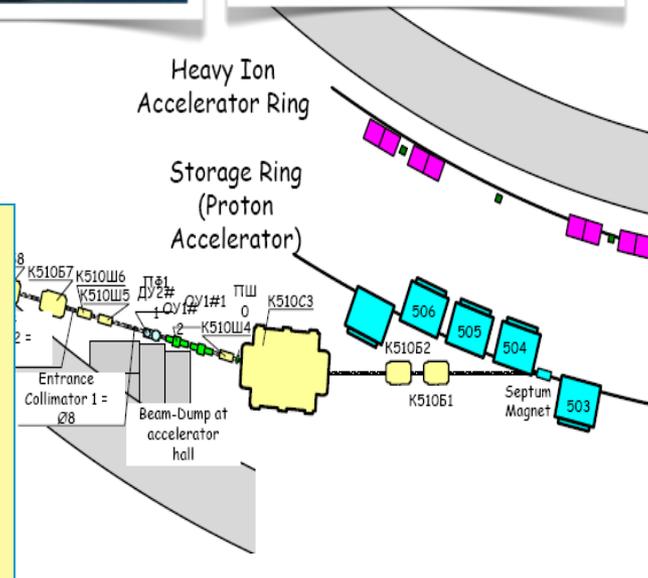
(интенсивность - 10¹⁰ – 10¹¹ в 1мс)

9ГэВ

300 г/см²

10 мкм @ 60 мм

8 кадров





Структура заявки головных институтов России на участие в ФАИР

<u>Институт</u>	Стоимость в М€ (в ценах 2005)		
	эксперименты	ускорители	Сумма
ИЯФ СО РАН	2,9	34,5	37,4
ИФВЭ	17,34		17,34
ОИЯИ	13,32	27,1	40,42
ИТЭФ	5,8	0,27	6,07
НИИЭФА		17,8	17,8
ПИЯФ	9,29		9,29
ФТИ РАН		0,83	0,83
ИПХФ РАН	1,77		1,77
ИЯИ РАН	0,78		0,78
НИЦ КИ	0,48		0,48
МЭИ	0,35		0,35
ФИ РАН	0,35		0,35
ИТОГО	52,38	80,5	132,88

75% вклада РФ должно возвратиться в виде контрактов в российские институты

Hirschegg, Ifen 2007





2003





Владимир Евгеньевич Фортов

1946 - 2020