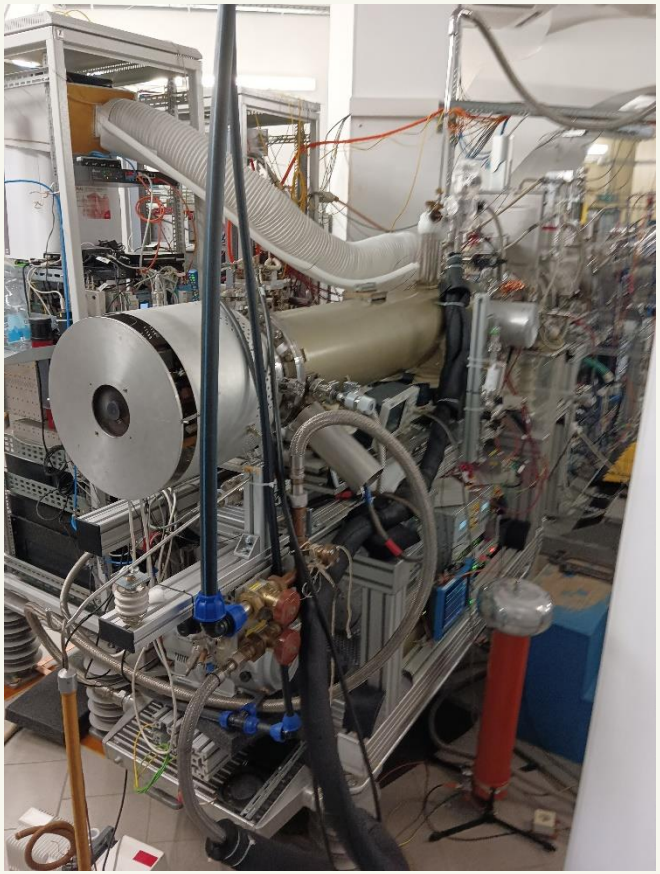
XVI Международный семинар по проблематике ускорителей заряженных частиц, посвященный памяти профессора В. П. Саранцева

СТАТУС ИОННОГО ИСТОЧНИКА «КРИОН6-Т» И РЕЗУЛЬТАТЫ УСКОРИТЕЛЬНОГО СЕАНСА 2025-2026 гг.

Евгений Е. Донец / JINR ESIS group
edonets@jinr.ru

Лаборатория физики высоких энергий
им. Векслера&Балдина
ОИЯИ, Дубна

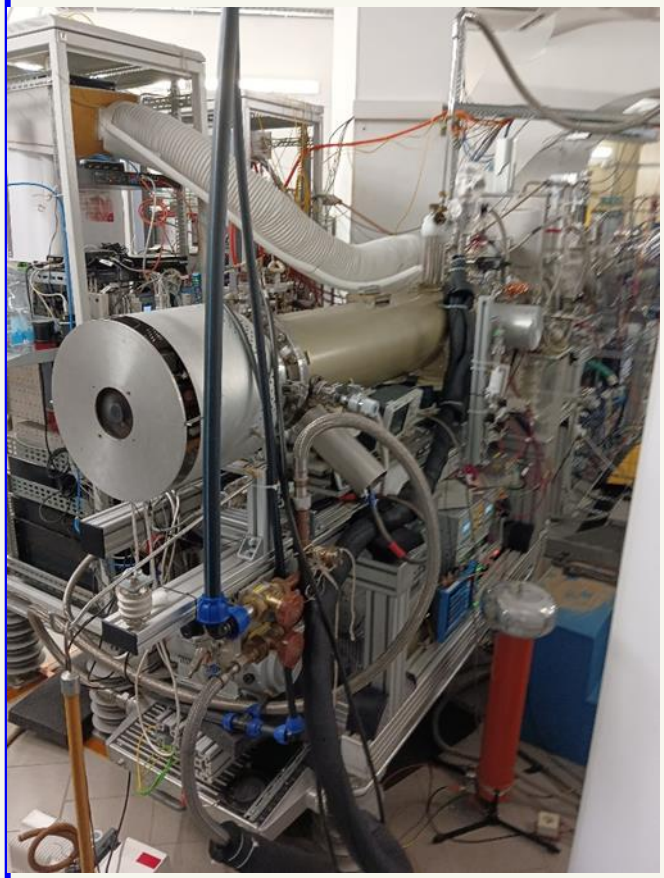
14 сентября 2026

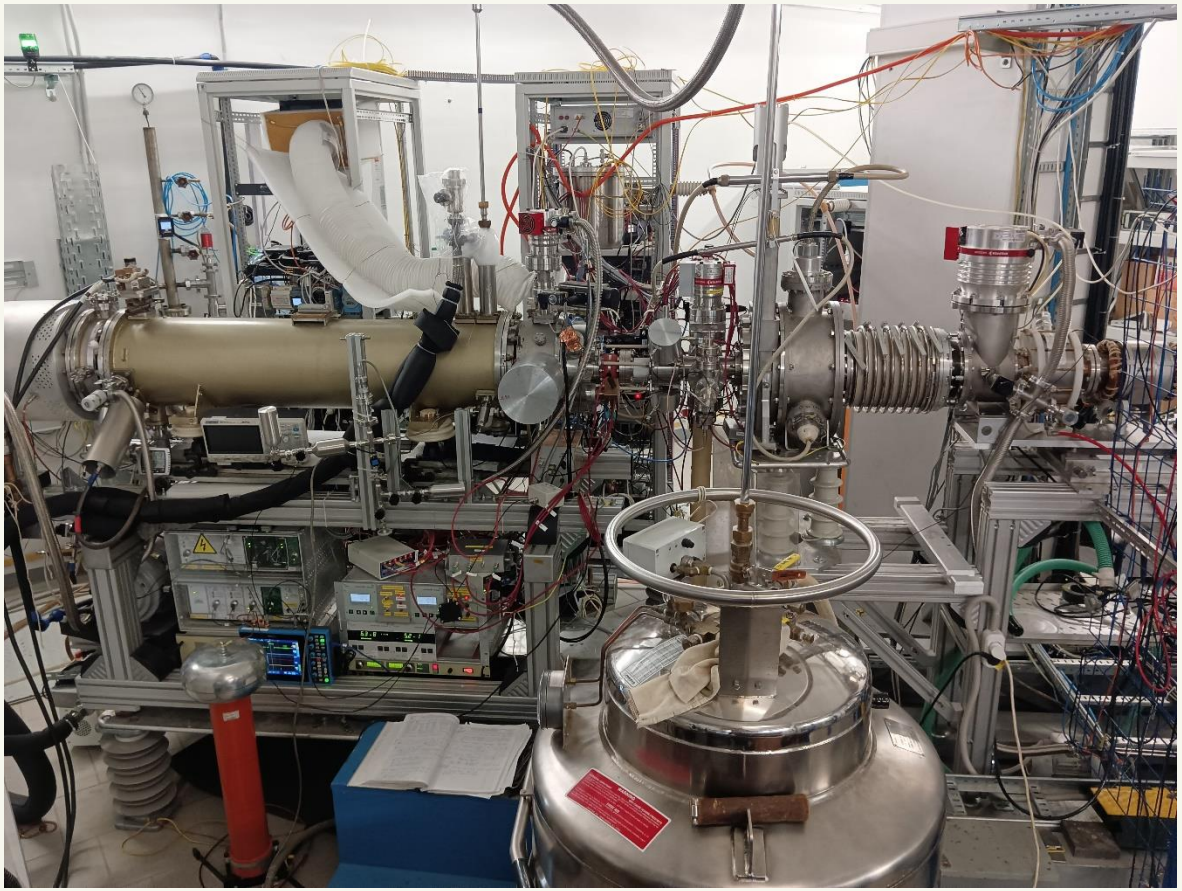


Krion-6T on a HV
(up to 100 KV) platform



RFQ —> HILac (LINAC) 3.5 MeV/u.
HILac: $Z/A \geq 1/6 \rightarrow {}^{209}Bi^{35+}$ min. ch. st.





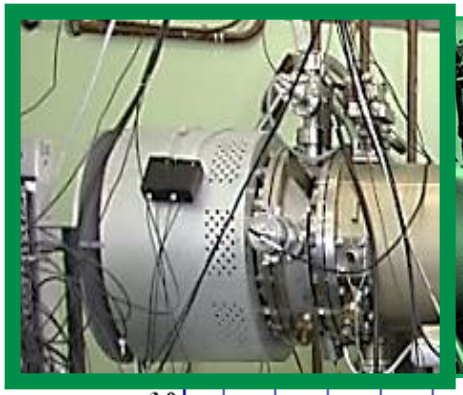
KRION-6T ESIS on a HV platform of NICA injector.

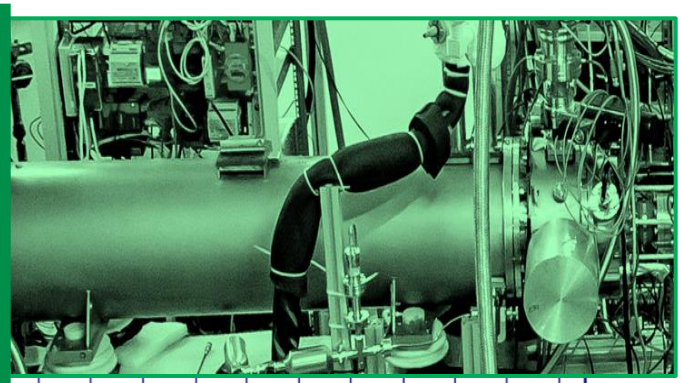
EBIS/ESIS — pulse mode of operation; (ion beam injection to synchrotrons)

_Cryomagnetic system: Liquid He cryostat 20 l capacity;
SC solenoid (laboratory-made) L=120 cm;
Obtained B_max= 5.4 Tesla, Operational B= 5.0 Tesla (I=95 A);
Ion trap length = 80 ÷ 100 cm: 23 tubes of 3 mm diameter;
T_ion_trap_tubes≈5÷8 K; P_ion_trap~ 10^-12 mbar:
Electron energy E_e= 3÷10 KeV, **Typical cathode emission current 5-10 mA!**

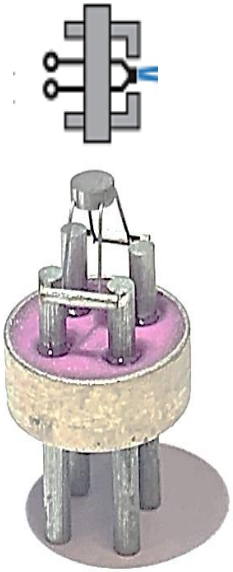
Electron beam ion source in electron reflex mode of operation

A'la Pierce type electron gun
In 1/20 B_max.

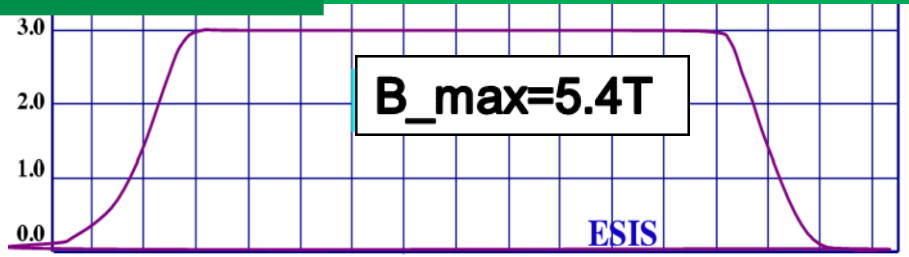


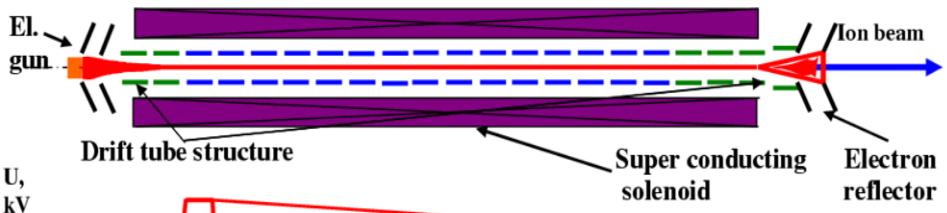


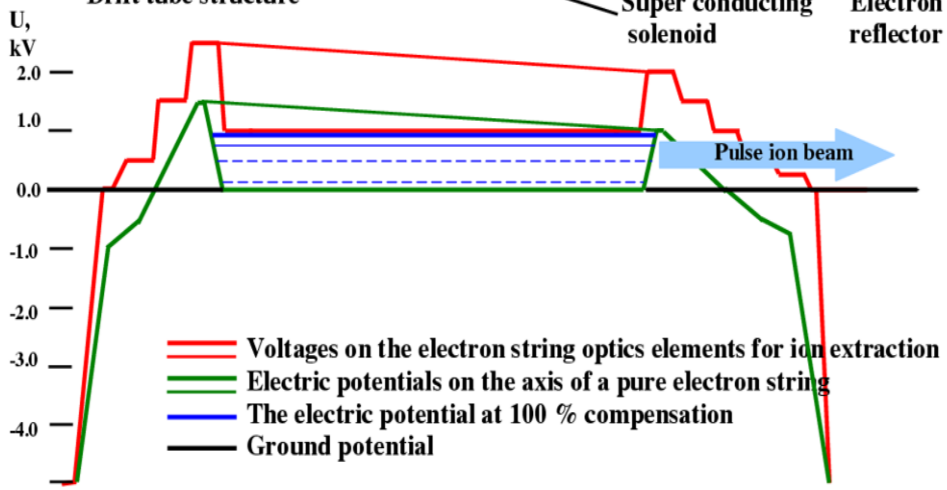
Electron reflector in ~1/18 B_max; Orifice in reflector for ions extraction



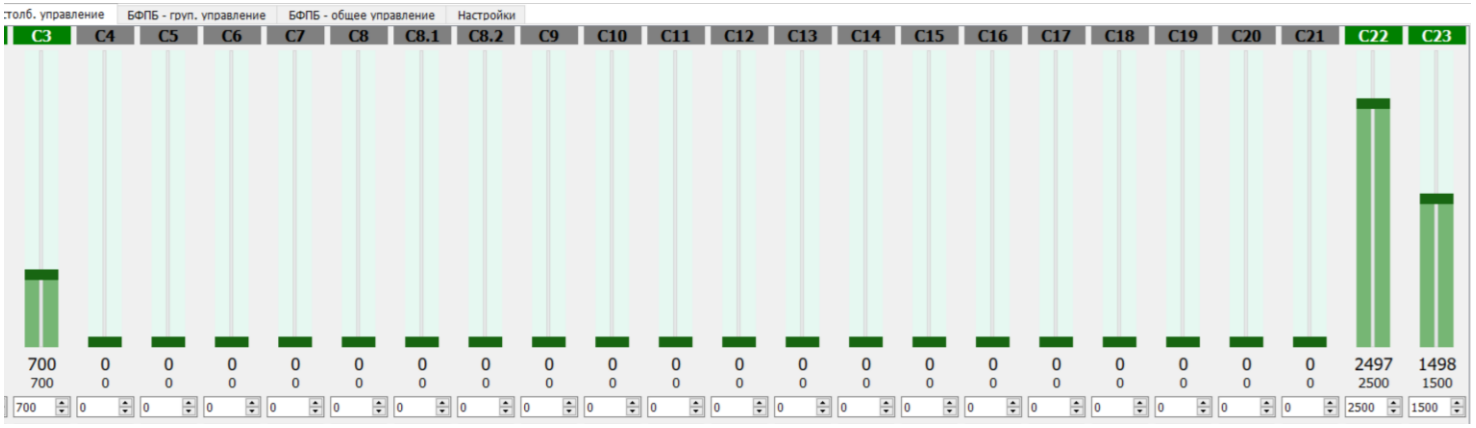
IrCe Cathode ~1 mm diameter



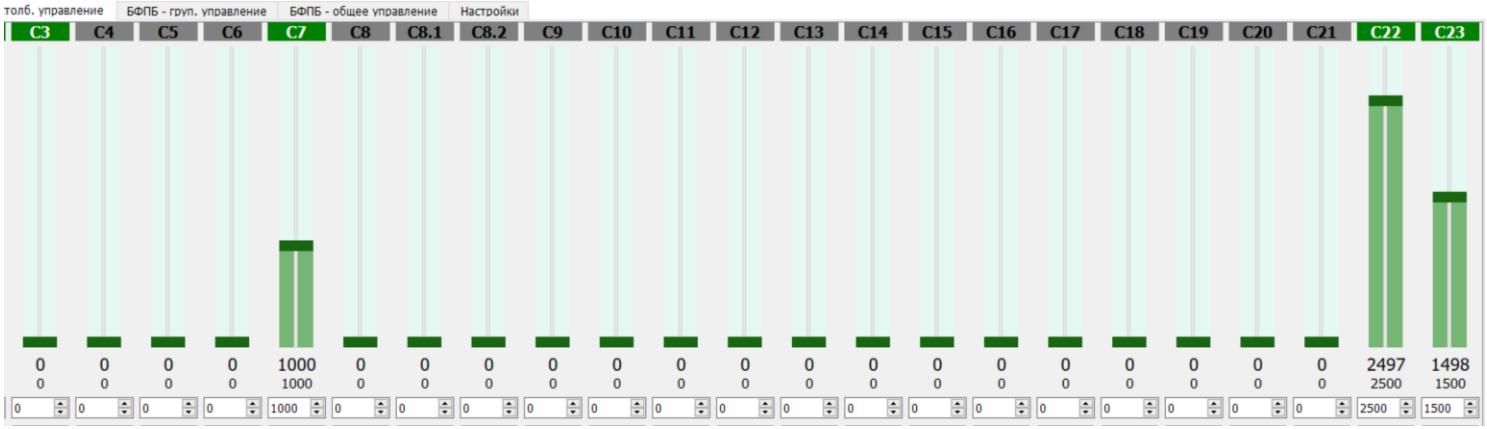




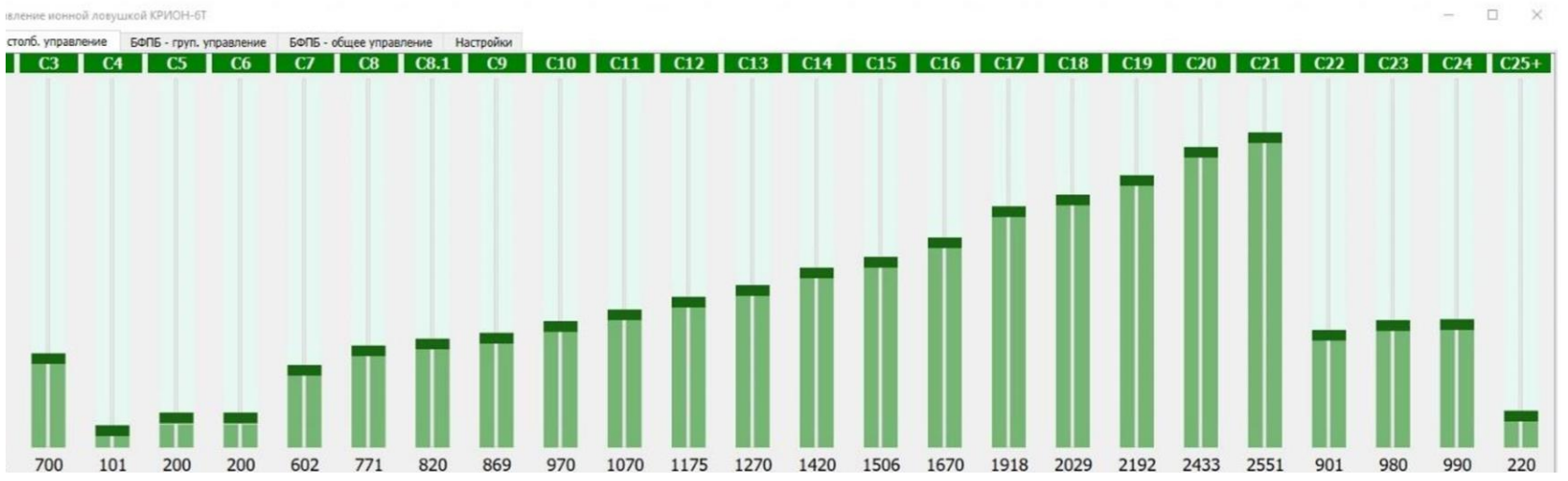
Direct e-beam
d ~ 1mm / 20^{1/2}=
=0.2 mm.
Drift tubes d=3 mm



Injection



Ionization



Extrcation

1. Электронная струна может возникнуть в отражательном режиме работы EBIS как переход к спокойному состоянию при превышении некоторого порогового тока эмиссии. В этом состоянии скачкообразно возрастает число накопленных электронов/ионов, возрастает плотность электронов.

2. Возникает и поддерживается разброс энергий накопленных электронов.

3. Важно небольшое отклонение от точной соосности (азимутальной симметрии).

Точная симметрия -> тенденция к переходу в «сжатое состояние» с накоплением очень медленных электронов.

4. Переход в состояние электронной струны – процесс самоорганизации в горячей замагниченной плазме.

(E.D.D. et al., 2010 JINST 5CO9001).

Charge state spectrum of ^{124}Xe, measured with use of bending magnet

Krion-6T main parameters:

Ue = 5,1 кВ

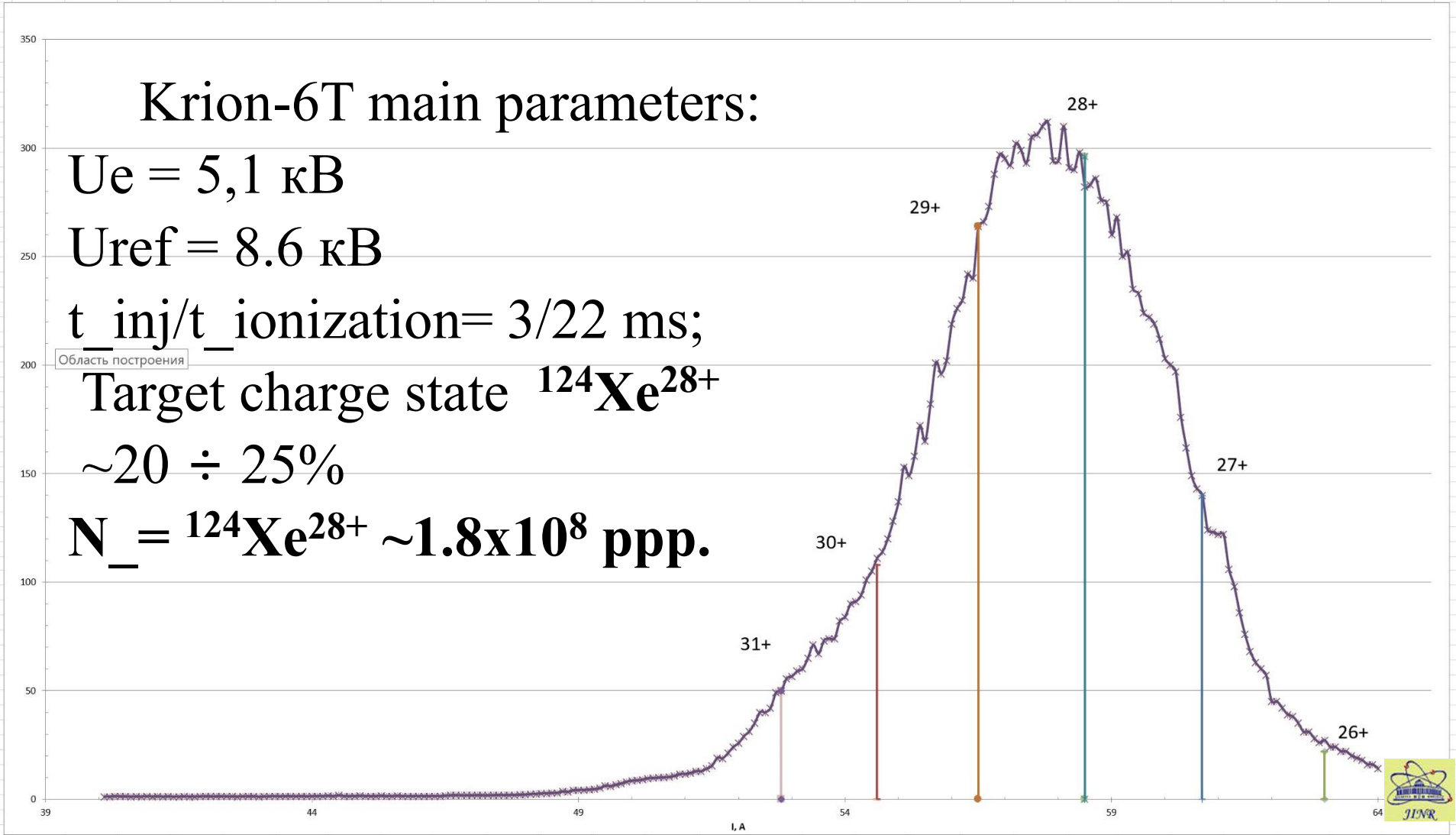
Uref = 8.6 кВ

t_inj/t_ionization= 3/22 ms;

Target charge state **$^{124}Xe^{28+}$**

~20 ÷ 25%

N_= $^{124}Xe^{28+}$ ~1.8x10^{8} ppp.



Типичные условия во время сеанса 2025 ÷ 2026 г.

1. Время инжекции нейтралов 124 Xe + ионизации до $^{124}Xe^{26+ \div 28+}$ ~ 4 + 22 ms.

2. Время экстракции ионов из ловушки ~ 4 мкс (на полувысоте).

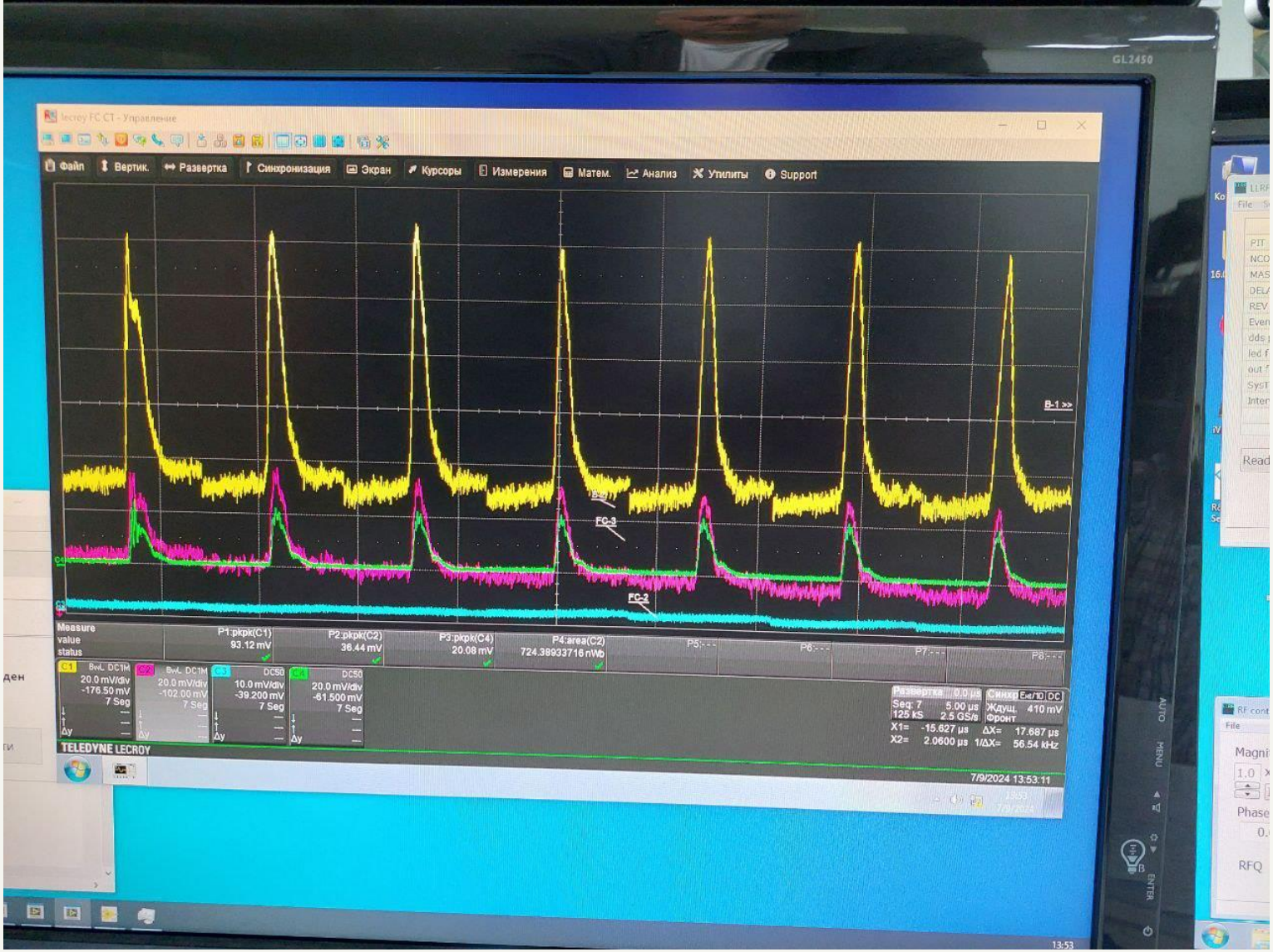
В принципе можно выводить ионы каждые ~ 50 ms... (max 20 Гц)

Оптимум для электронного охлаждения в Бустере ~ 250 ÷ 300 ms.

Рабочий апробированный вариант: **10 выведенных ионных импульсов в «пачке» (серии)**
- с интервалом 300 ms между импульсами в «пачке»;
- период 1 «пачка каждые 6 секунд»
(3 секунды инжекция 10 импульсов и 3 секунды перерыв).

Стабилизация выходных импульсов





A series of seven ion pulses **Xe** after acceleration in RFQ (yellow) and in HILac (red); target charge state $^{124}\mathbf{Xe}^{26+}$ (green).

Each pulse duration is about 4μs. Repetition rate in serie 5 Hz (200 ms between pulses).

Количество ионов

1. Сейчас (с момента установки Крион-6Т на лути в 2023) на выходе Крион-6Т выводится ~ 2÷3 нК ионов из ионной ловушки.

   Это соответствует ~ **9x10^7 ÷ 2x10^8** ионов целевой зарядности (Xe26+) импульсе.

   (На стенде перед переездом на ЛУТИ 4÷ 7 нК).

2. На выходе ЛУТИ типичные значения 2 ÷ 2.5 10^7 ионов целевой зарядности Xe26+ в импульсе.

   Коэффициент трансмиссии через RFQ- ЛУТИ ниже ожидаемого.
   Причины?

   Ближайшая цель — накопить в Бустере около 2x10^8 ионов Xe26+ за 10 импульсов в «пачке».

Надежность системы/ технологические улучшения.

1. Крион-6Т проработал практически «нон-стоп» с Августа 2025 до Июня 2026.
   Дистанционное он-лайн управление основных систем в рабочем режиме.

   - 1) вынужденная остановка на 5 суток в Ноябре 2025;
     отепление до азотных температур для испарения
     с участков с температурой 5К буферного газа (пришел из ускорителей?)...

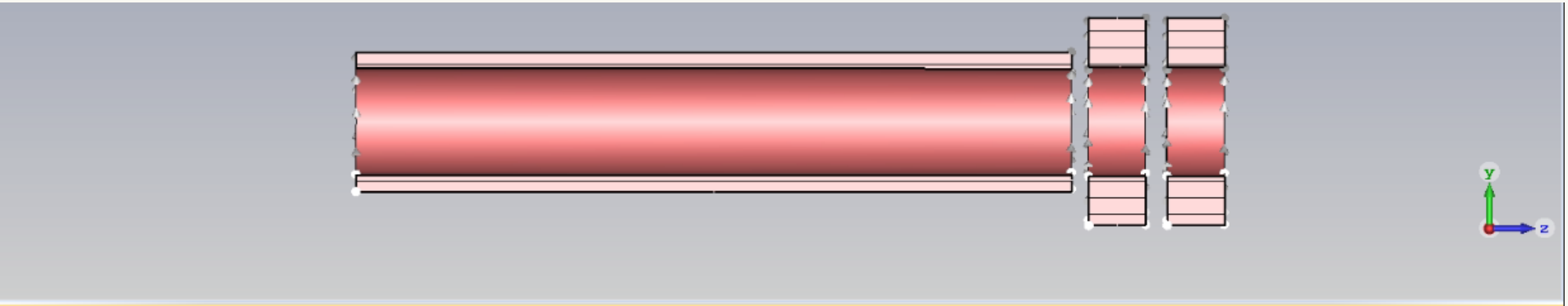
   - 2) каждые сутки вынужденная остановка на 45 мин для подливка гелия и азота.
     Новый источник Крион-NICA с криоконденсором.

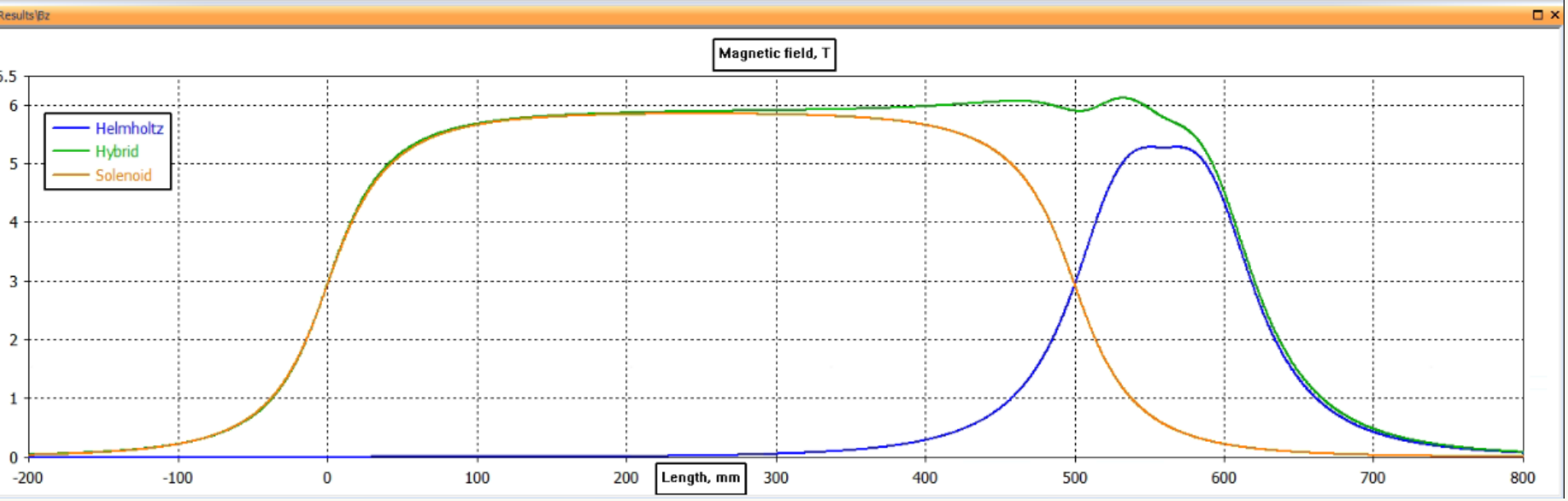
   -3) Смена катода электронной пушки требует полного отепления источника
   и занимает около 7-10 суток.
   В НОВОМ Крион-NICA — пушечный узел проектируется автономным (отсечен шибером).

.

до Крион-N (5-6T) +
3D смещения пушки

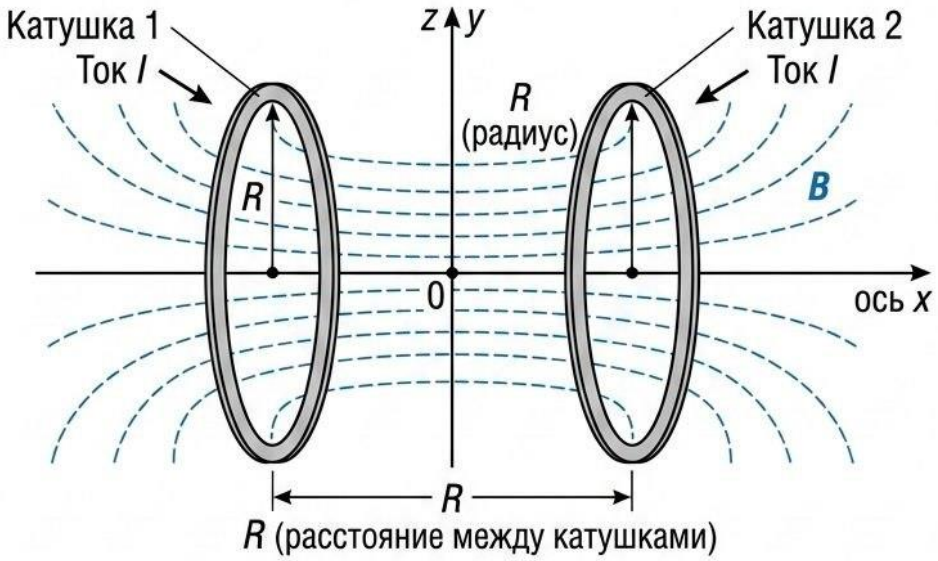
EBIT из ВТСП ленты
Bmax=10T
(Отдельно с
однопролетным пучком
E_e≤40 KeV.





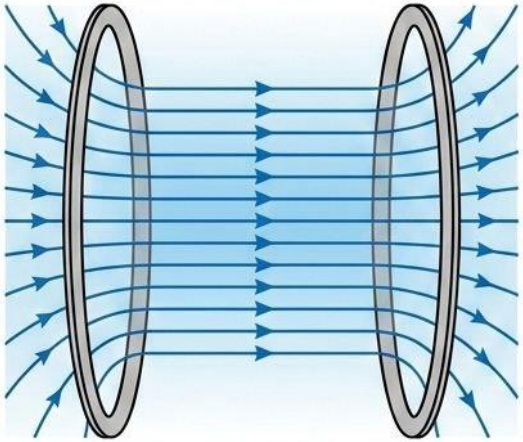
КАТУШКИ ГЕЛЬМГОЛЬЦА И ИХ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ

СХЕМАТИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ



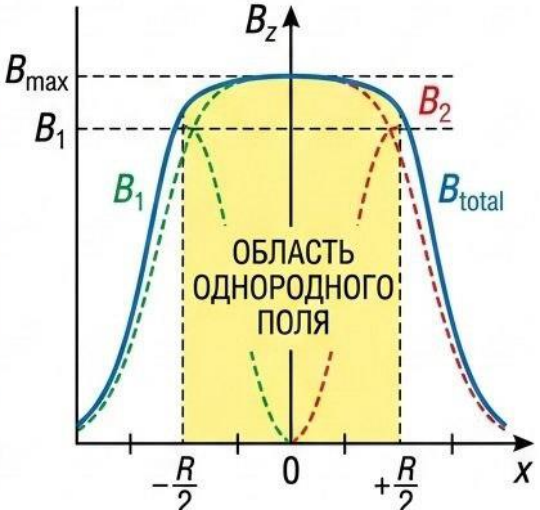
РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ (B)

B (однородное поле)



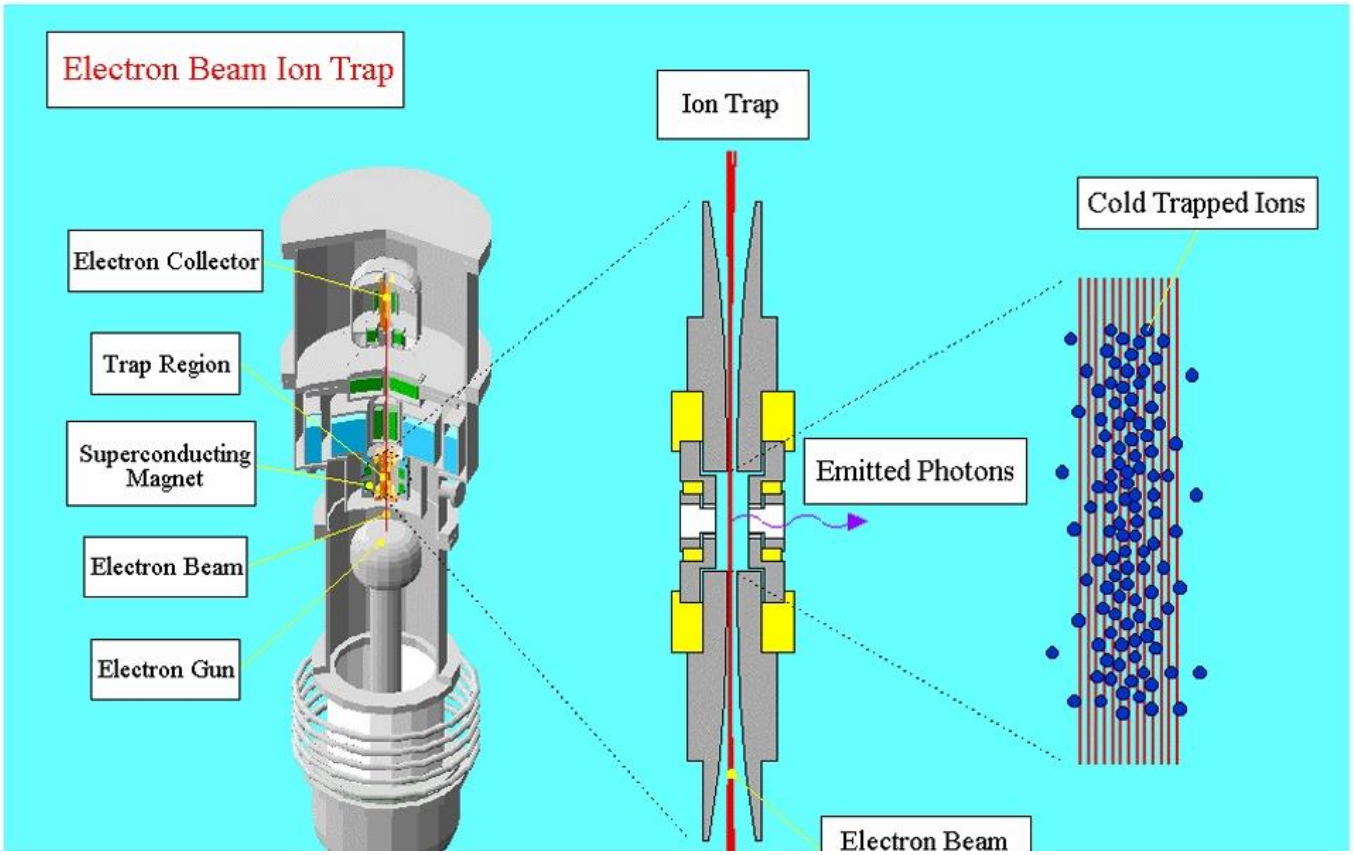
B (однородное поле)

График B_x по оси x



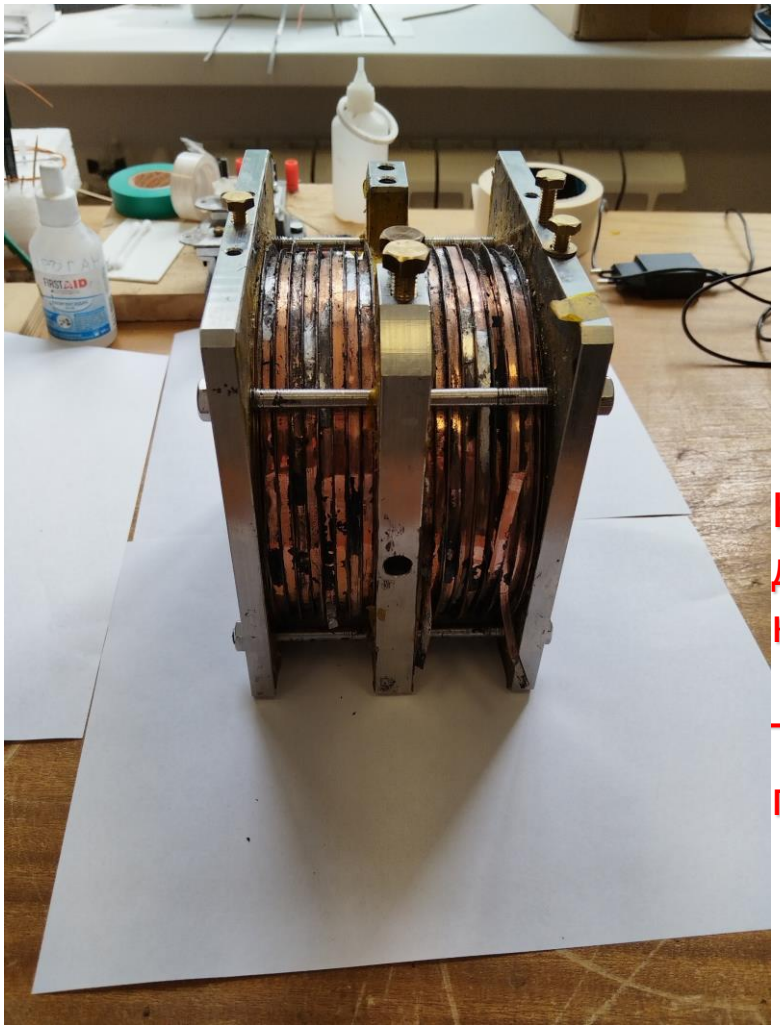
Electron Beam Ion Trap (EBIT)

Нарисовать | 13 из 125 | Изменить с помощью Acrobat



Валерий М. Дробин. Геннадий Л. Дорофеев
(доклад в пятницу 18 сентября)

8 блинчиков из ВТСП ленты 2 поколения.
Магнитное поле до 10Т



Параметры в жидком N_2

Неднородность 0,3% в диаметре 20мм по оси катушки

Параметры в жидком гелии: ток 200А поле 9.4Т

Спасибо
за
внимание!