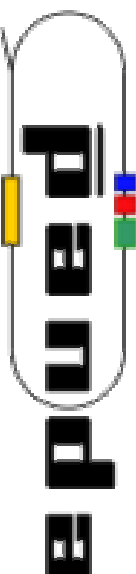


Эксперимент



Участники работы (ПИАФ):

С.Л. Белостоцкий

Д.О. Веретенников

В.В. Вихров

А.А. Жданов

П.В. Кравченко

А.Ю. Киселев

О.В. Миклухо

С.И. Манаенков

А.А. Изотов

Ю.Г. Нарышкин

Основные пункты физической программы

Спектроскопия чармония cc

рекордная точность при измерениях масс, ширины и каналов распада

Поиск экзотических состояний

Glueballs (gg)

Hybrids ($gq\bar{q}-bar$)

Изучение свойств адронов в ядерной материи

Открытый чарм

Структура нуклона

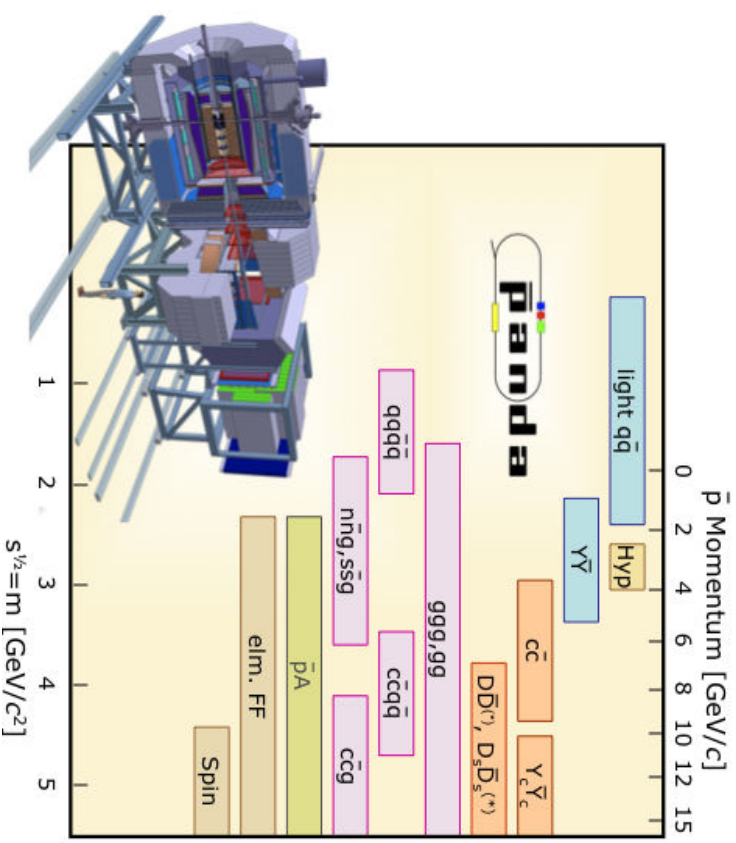
Proton time-like form factors

Исследование рождения и поляризации гиперонов а так же исследование корреляции поляризации гиперонов

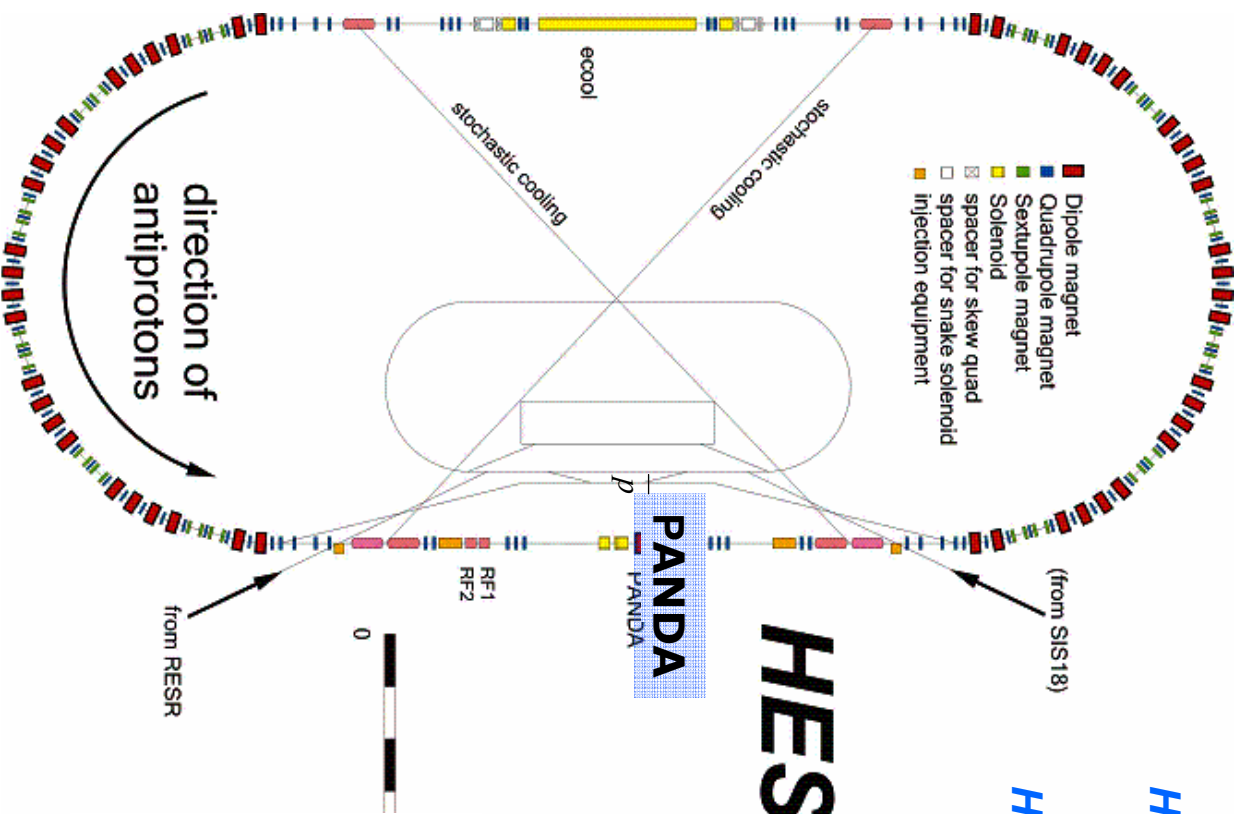
Гиперядра со странностью

Double Nucleuslike production via Ξ^- capture

...



High Energy Storage Ring



HESR

PANDA

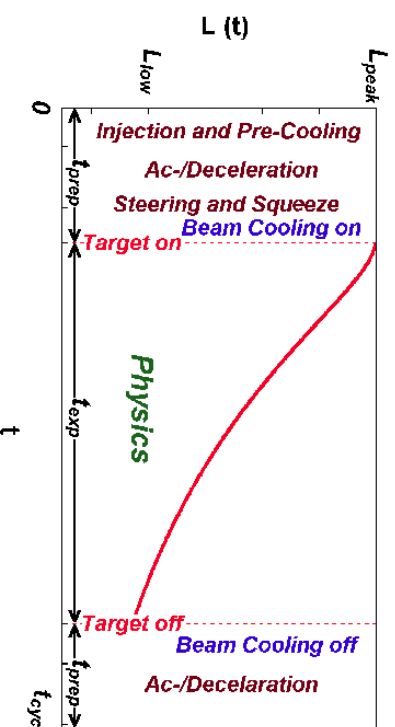
High luminosity mode:

$$L = 2 \times 10^{32} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}, \sigma_p/\sigma \leq 2 \cdot 10^{-5}$$

High resolution mode:

$$L = 2 \times 10^{31} \text{ [cm}^{-2}\text{s}^{-1}\text{]}, \sigma_p/\sigma \sim 10^{-4}$$

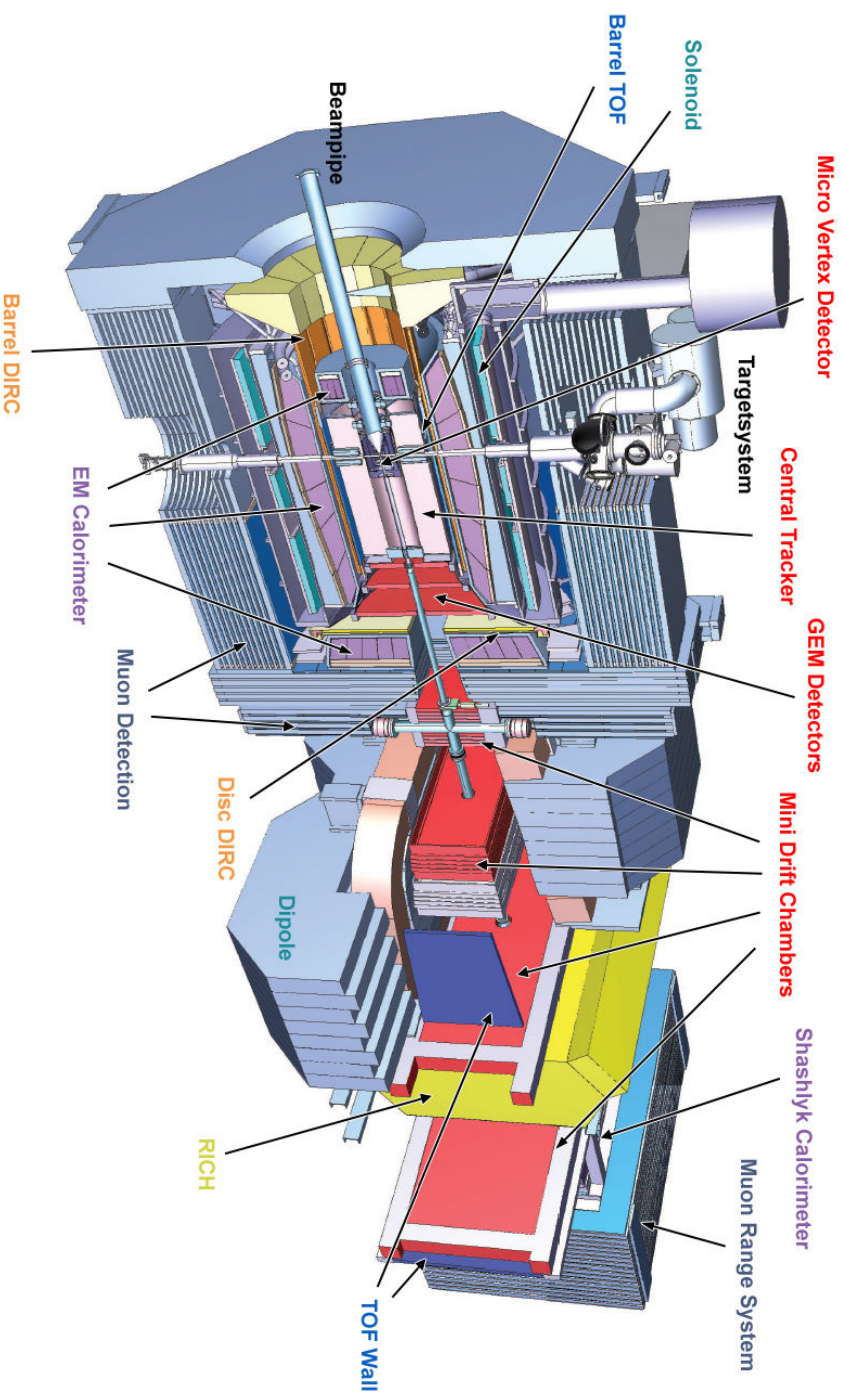
- Injection of p at 3.8 GeV/c
- Momentum range (1.5-14.5 GeV/c)
- beam intensity $2 \times 10^{7}/s$
- target thickness 10^{15} cm^{-2}



$$t_{\text{exp}} = 2 \text{ h}$$

$$t_{\text{prep}} = 5 \text{ min}$$

Детектор PANDA



- **центральный и передний спектрометр**
- **высокая скорость счета: 2×10^7 с⁻¹ без триггера**
- **импульсное разрешение ~1% и разрешение по времени пролета лучше 100 пс**
- **реконструкция вершин для D, K^0, Λ (35 микрон для D^\pm)**
- **регистрация $\gamma, e, \mu, \pi, K, p$**

Прогресс дѣтєктора

Диполь и солєноид: ТДР принят

Мишень: ТДР принят

EMC: ТДР принят

MVD: ТДР принят

STT: ТДР планируется весна 2012

MUON: ТДР планируется весна 2012

FTOF: ТДР планируется в конце 2012

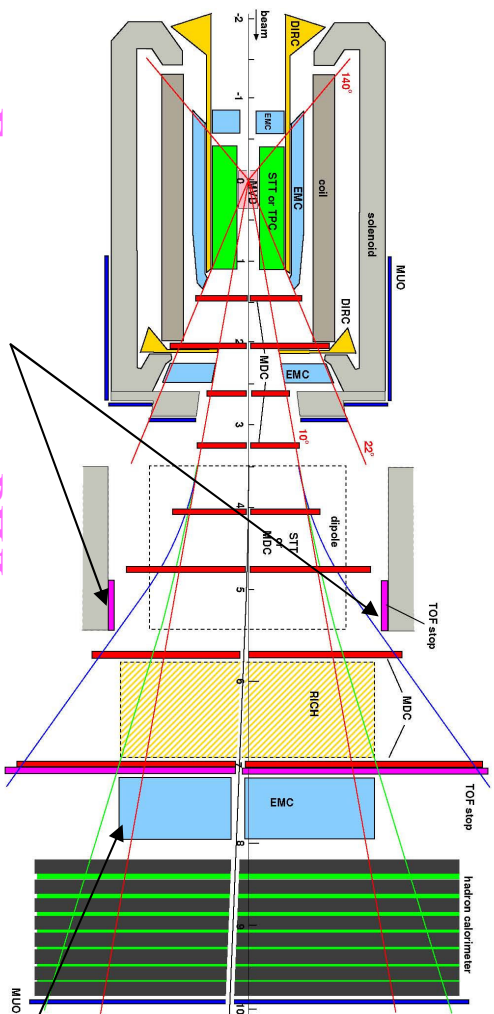
GEM: ТДР планируется в конце 2012

LUMI: ТДР планируется в конце 2012

DIRC: ТДР планируется после 2012

DAQ: ТДР планируется в 2014

Детектор PANDA



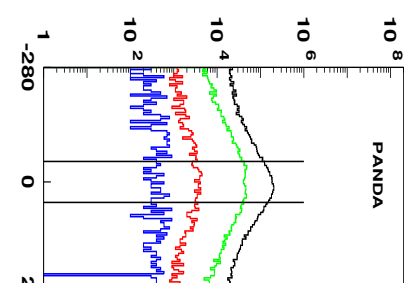
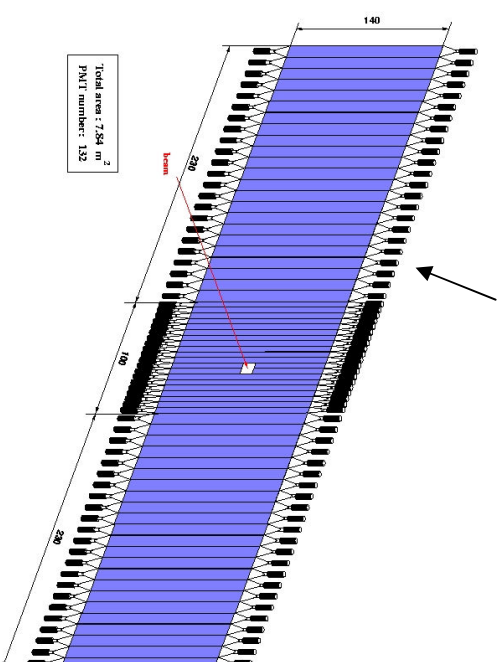
Боковые стенки ВПД

- передняя стенка
140x5x1.5 см³, 20 пластин,
140x10x1.5 см³, 46 пластин
 - боковые стенки, внутри дипольного магнита
100x10x1.5 см³, 14 пластин в каждой стенке
- изготовлены из пластикового сцинтиллятора
BC408.
- Требуемое временное разрешение ВПД
не хуже 100 пс

ФЭУ R4998 (для 5 ст пластин) (SiPM ?)
ФЭУ R2083 (для 10 ст пластин) (SiPM ?)
(SiPM для боковых стенок ВПД.
European grant FP7)

Угловой аксептанс
переднего спектрометра:
± 5° по вертикали
± 10° по горизонтали

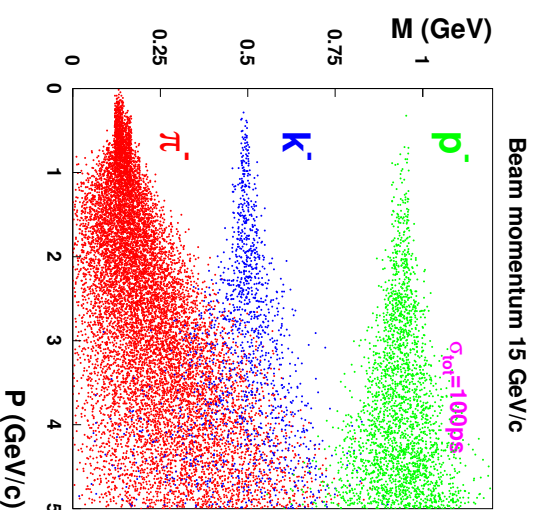
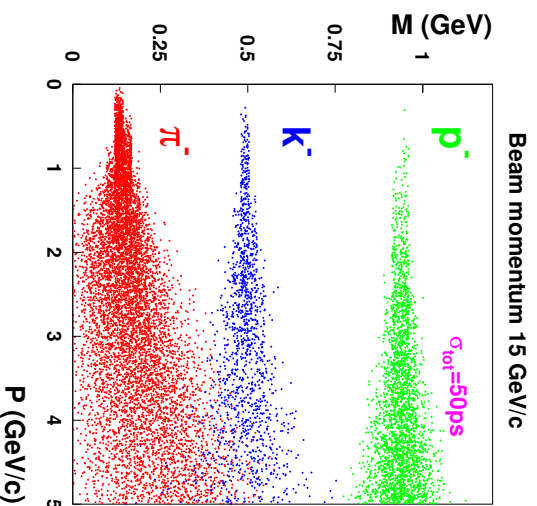
Передняя стенка ВПД



Number of generated
Events 25000

black — all events
red — contribution
from tubes
blue — contribution
from tubes
e+e-
green — $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$

Идентификация адронов в переднем Спектрометре с помощью ВПД

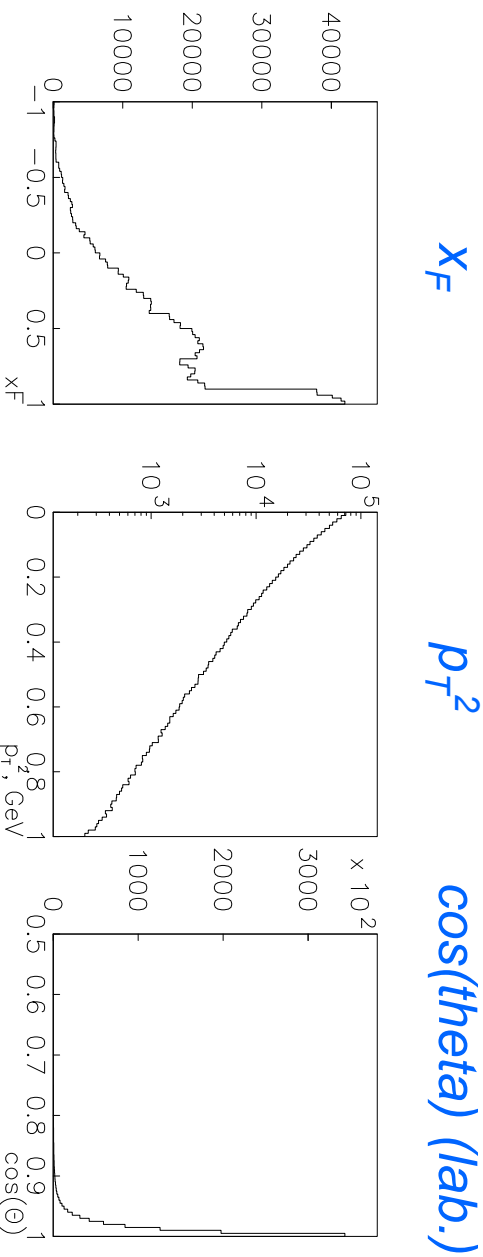


- Эффективное разделение пионов и каонов возможно до импульса частиц 3 Гэв/с, а разделение каонов и протонов до импульса 4 Гэв/с
- Совместное использование барельного "ВТОГ" времяпролетного детектора и переднего ТОГ детектора позволит улучшить эффективность идентификации частиц
- RICH (HERMES) хорошо идентифицирует пионы выше 1.5 Гэв/с, каоны выше 2 Гэв/с и протоны выше 4 Гэв/с, совместное использование ТОГ/RICH позволит идентифицировать адроны в широком диапазоне импульсов
- Если RICH идентифицирует адроны то можно определить t_0 без стартового счетчика
- Использование стартового счетчика было бы лучшим решением (в варианте SiPM)

Первые результаты математического моделирования
 для реакции $\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}X$ ($\bar{p}p \rightarrow \Sigma X$, $pp \rightarrow \Lambda_c X \dots$)
 с использованием RANDDROOT

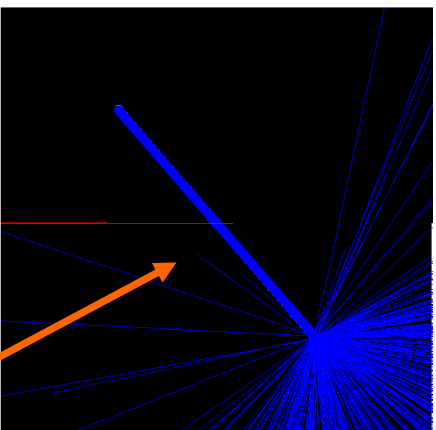
Параметризация для генератора событий Nucl.Phys.B150:119,1979
 $p=3.6 \text{ GeV}/c$.

Генерированные распределения
 для анти-лямбда гиперонов

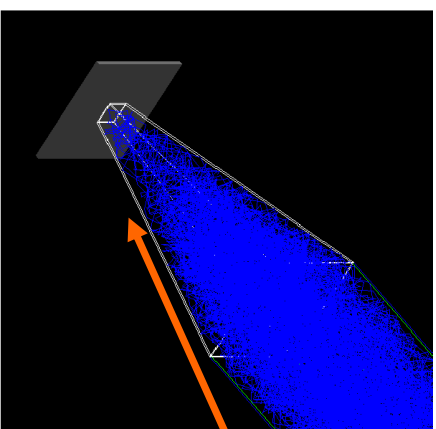


N сгенерированных Анти-Лямбда гиперонов	75607
N анти-протонное и пионное распада анти-Лямбда гиперонов зарегистрированных ФТОФ	16400
N анти-протонное и пионное от распада анти-Лямбда гиперонов зарегистрированных ФТОФ	256

Монте-Карло моделирование с использованием GEANT4 для оптимизации размеров пластиковых сцинтилляторов



**25x25x1400 мм ВС408 пластиковый
сцинтиллятор использовался для
моделирования, с одной стороны
размещен детектор фотонов
размером 25x25 мм, другая сторона
без детектора**



**Конический световод
использовался для
моделирования
с детектором фотонов
меньшего размера 5x5 мм**

**Моделирование проводилось
для пучка электронов с
энергией 5 Гэв
проходящем через центр
пластикового сцинтиллятора**

Расстояние от детектора	50 мм	700 мм	1350 мм
Число фотонов	4015	3311	1537

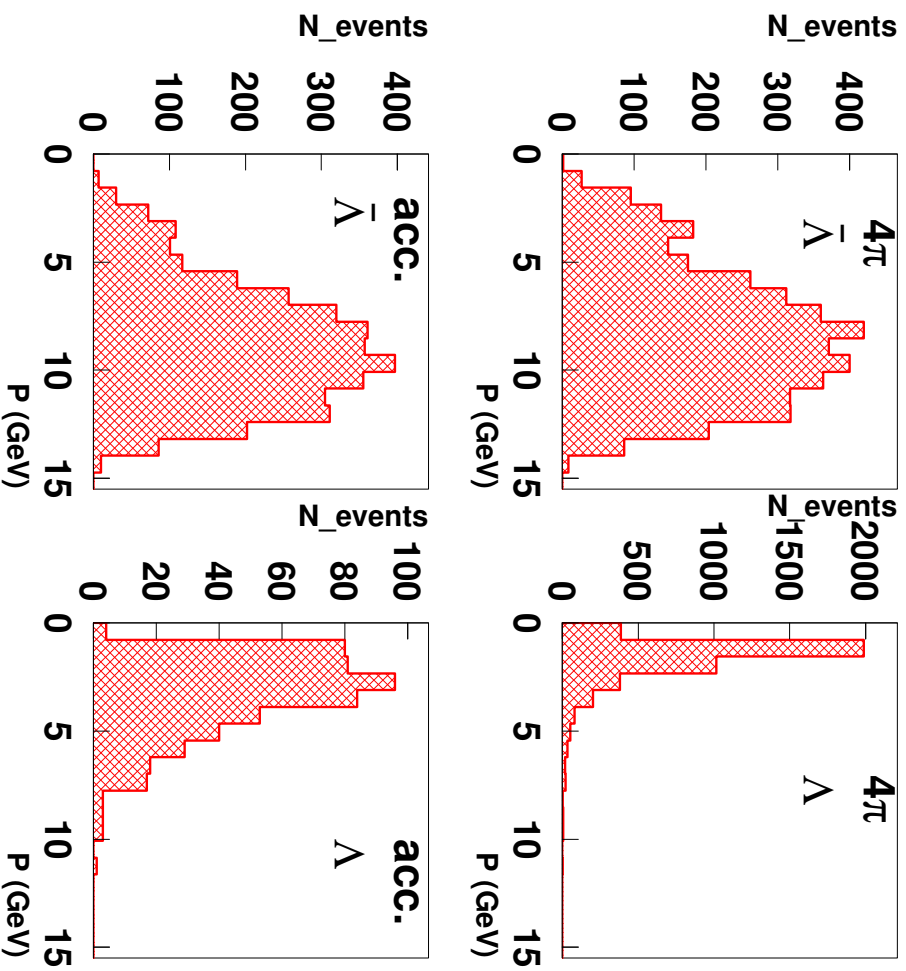
Защита ТДР в конце 2012 года.

- Продолжение работы по моделированию процессов распространения и поглощения света в материале сцинтиллятора и световодов с целью оптимизации их размеров и формы.
- Исследования временного разрешения, эффективности, выбор оптимальных размеров пластики и пр. на местных пучках в ПИЯФ, Юлхе (DESY ?)
- Выбор фотомножителей: SiPM или обычные ФЭУ
- Разработка предложения по использованию стартового счетчика
- Продолжение работы по математическому моделированию способности ВПД (совместно с RICH и другими детекторами) обеспечить надежную идентификацию адронов (пионов, каонов, протонов, анти-протонов) в широком интервале импульсов, моделирование различных физических каналов с использованием RANDALroot framework в том числе и с учетом физического фона

Back up slides

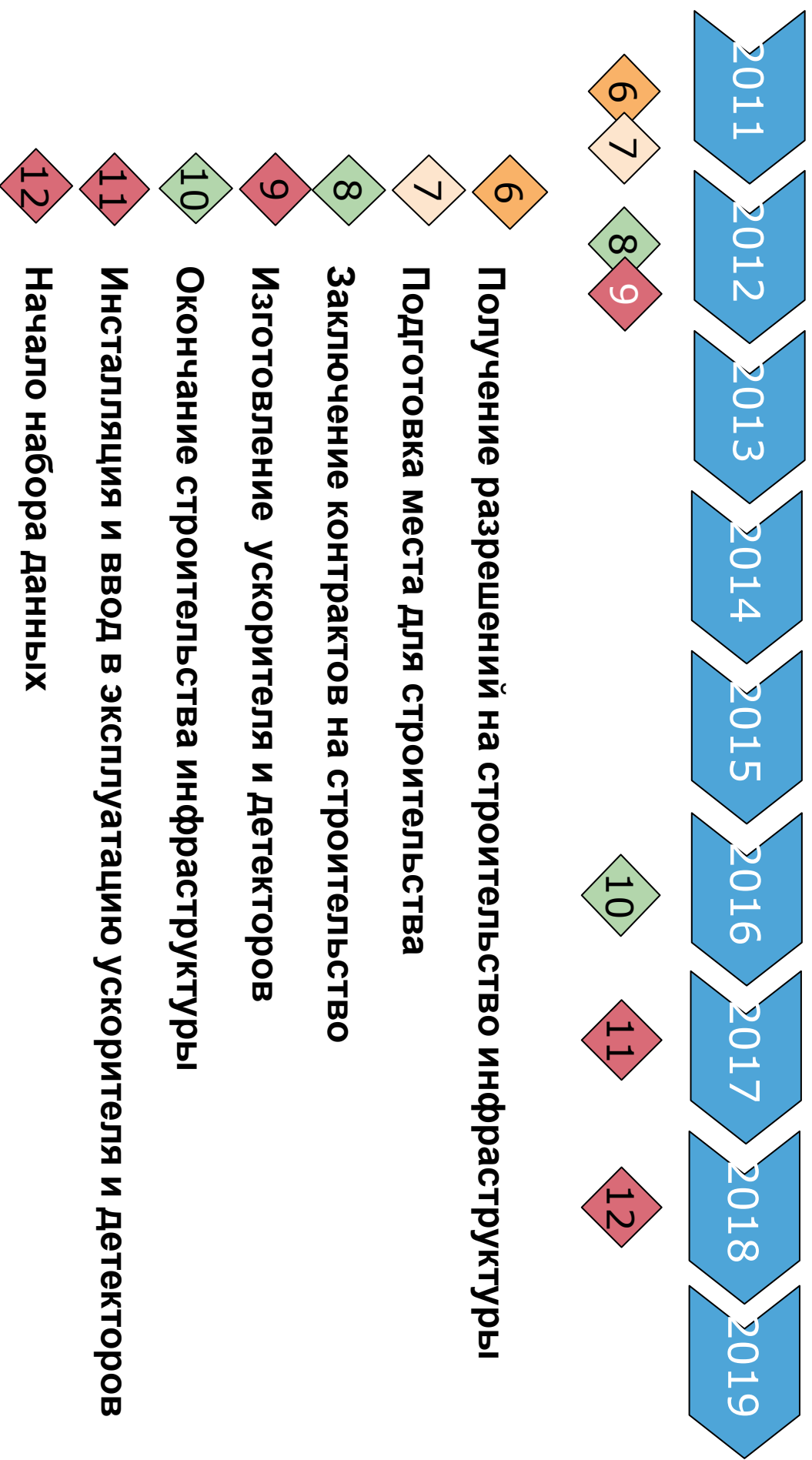
PANDA detector

Simulation with DPM generator:



	Λ -bar	Λ
4π	4187	4185
FS	3285	512

Timelines



Основные пункты физической программы

Charmonium ($c\bar{c}$ -bar) Spectroscopy

Unprecedented precise measurements of masses, widths and BR

$$\bar{p}p \rightarrow f_2(2000 - 2500) \rightarrow \phi\phi$$

Exotic states

Glueballs (gg)

Hybrids ($gq\bar{q}$ -bar)

$$\bar{p}p \rightarrow [\bar{\eta}_{c0,1,2}, \bar{h}_{c0,1,2}, \chi_{c1}] \eta \rightarrow DD^* \eta$$

Study of Hadrons in Nuclear Matter

Open Charm

Nucleon Structure

Proton time-like form factors

$$\bar{p}p \rightarrow e^+ e^-$$

Hyperon production and polarization and polarization correlation

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{\Lambda}\Lambda, \bar{p}p \rightarrow \bar{\Xi}\Xi$$

Nuclear Physics: Strangeness Sector

Double Hypernuclei production via Ξ^- capture

$$\bar{p}p \rightarrow \bar{\Xi}^+ \Xi^-$$

...

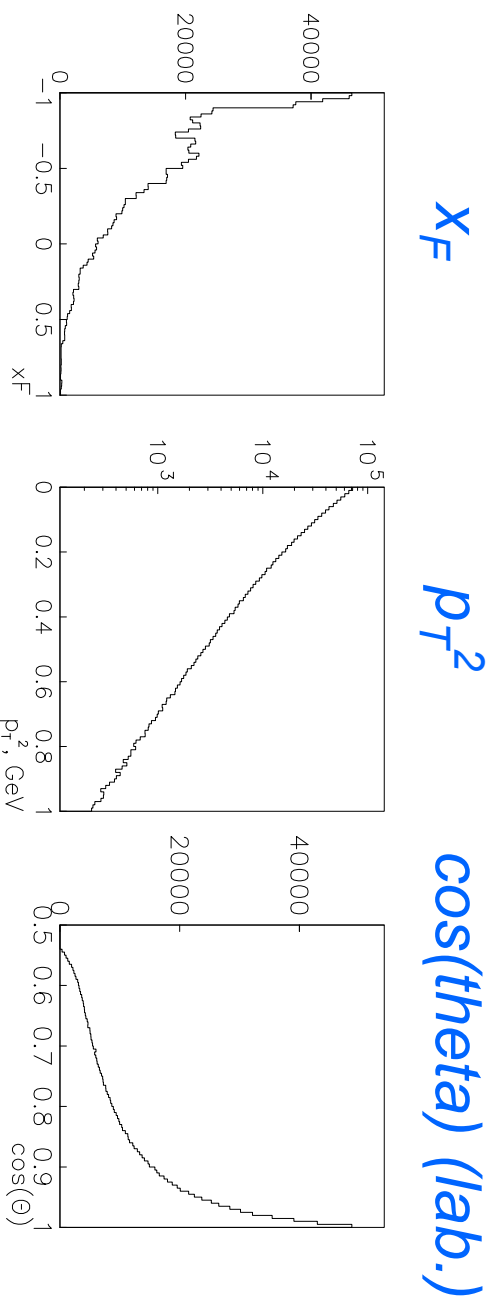
*First simulation with benchmark channel in PANDAroot
 $\bar{p}p \rightarrow \Lambda X$ with the solenoid and dipole fields and FTOF
 geometry*

The event generator parameterization is taken from the paper:

INCLUSIVE PRODUCTION OF $K_0(S)$, LAMBDA AND anti-LAMBDA IN anti-p p

ANNIHILATIONS AT 3.6-GeV/c. Published in Nucl.Phys.B150:119,1979.

Initial (generated) distributions for Lambda:



Statistics of generated and accepted particles

N Lambda hyperons generated	172952
N protons from Λ -decay "accepted" by FTOF	5331
N pions from Λ -decay "accepted" by FTOF	2
N protons + pions from Λ -decay "accepted" by FTOF	5
N pions + protons from Λ -decay "accepted" by FTOF	16

2.6.1.1 Open Charm Spectroscopy

The B -Factory experiments have discovered several resonances in the D ($c\bar{d}$, $c\bar{u}$ and c.c.) and D_s ($c\bar{s}$ and c.c.) sector where two are extremely narrow, ($D_{sJ}^*(2317)$ [95] and $D_{sJ}(2458)$ [96, 97, 98]). The measurements have triggered intense discussions since they appear at unexpected locations giving rise to speculations about their nature. The large mass shift (compared to theoretical predictions [99]) is discussed in terms of chiral aspects in heavy-light systems [100, 101]. The models would have strong implications on any system with a single light quark. It is important to verify this finding and to settle this question albeit that there is some evidence for the scalar D state [102, 103]. Threshold pair production can be employed for precision measurements of the mass and the width of narrow excited D and D_s states.

Наша физическая программа

✓ изучение инклюзивных реакций:



полуинклюзивных реакций:



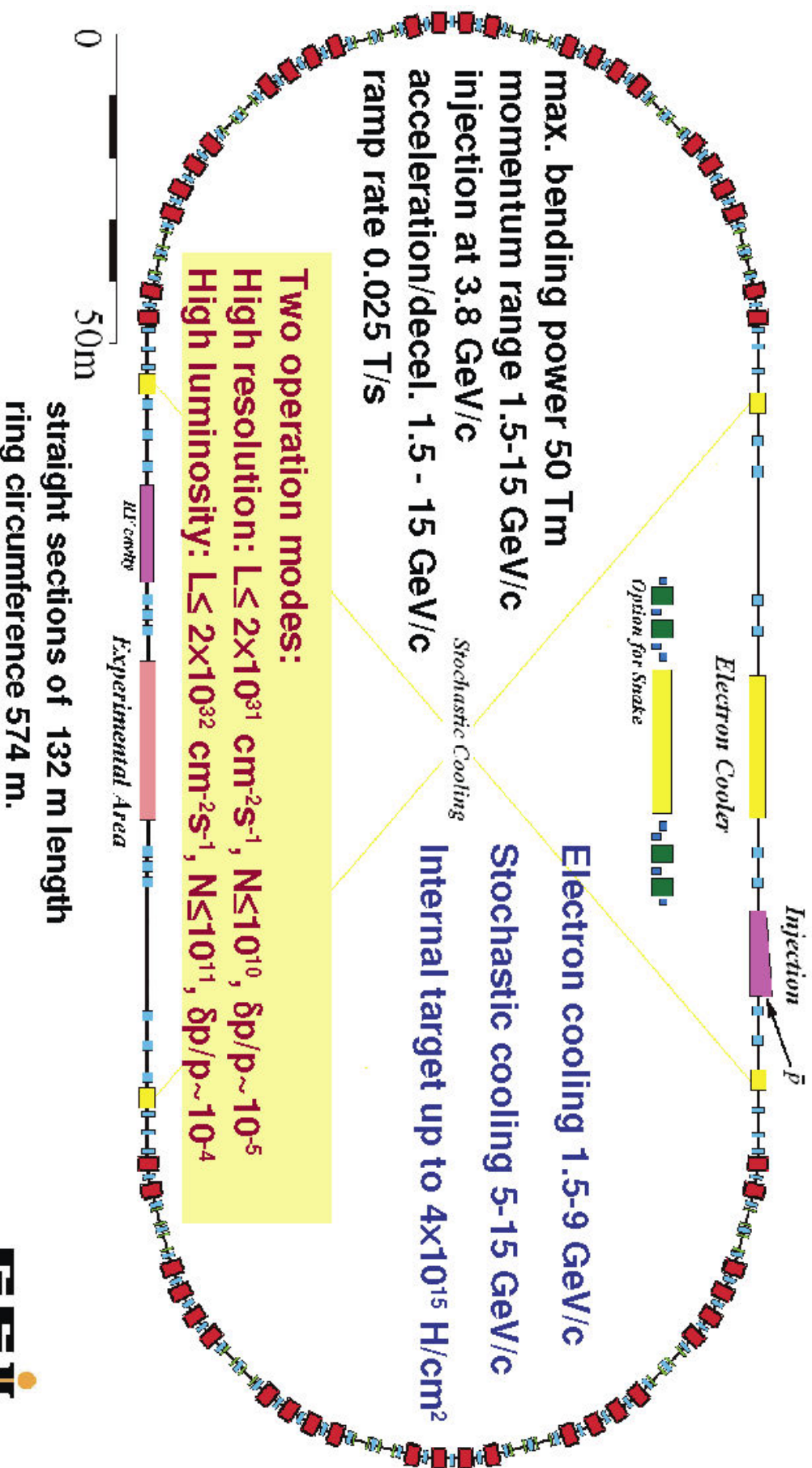
эксклюзивных реакций:



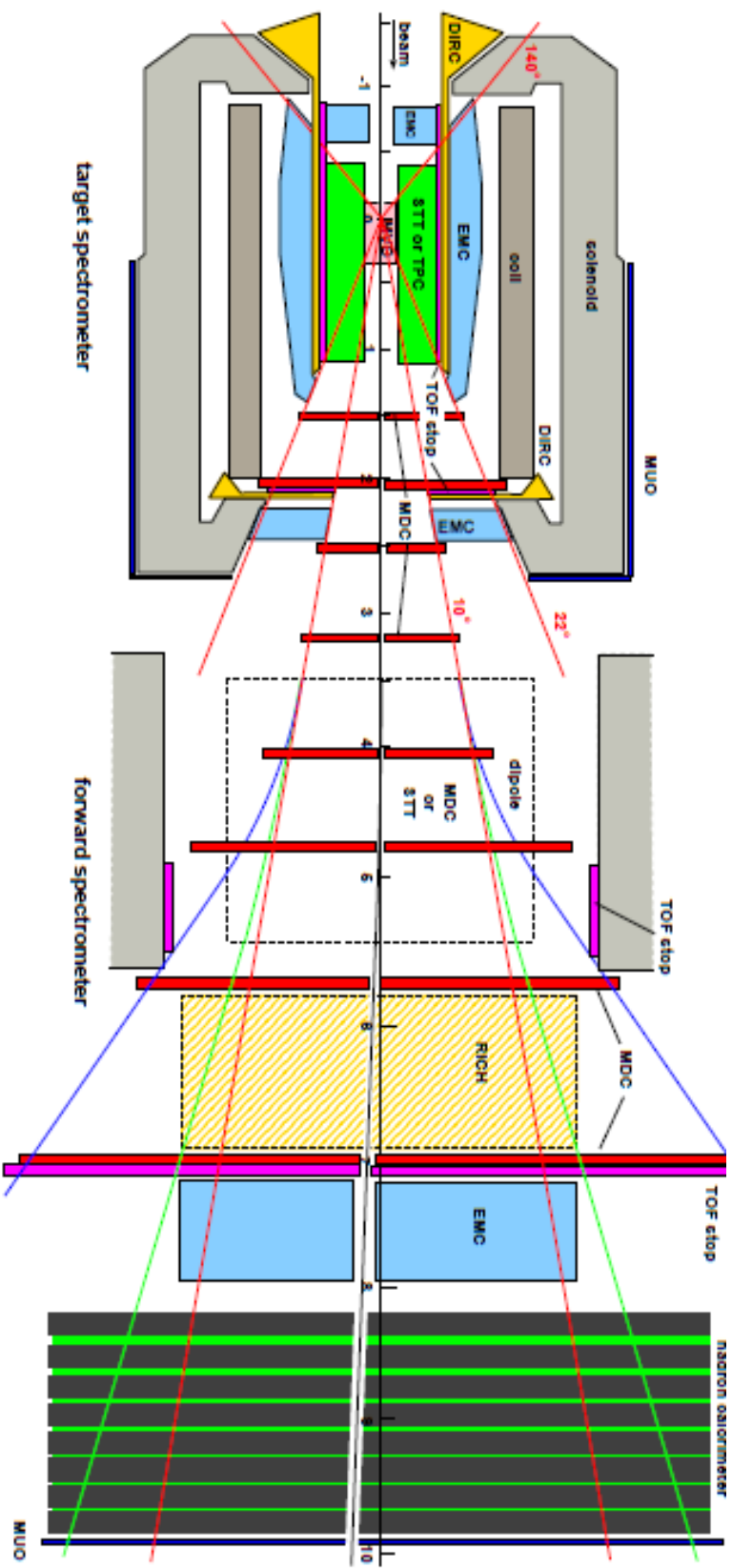
✓ Изучение спонтанной поляризации гиперонов

The High Energy Storage Ring HESR

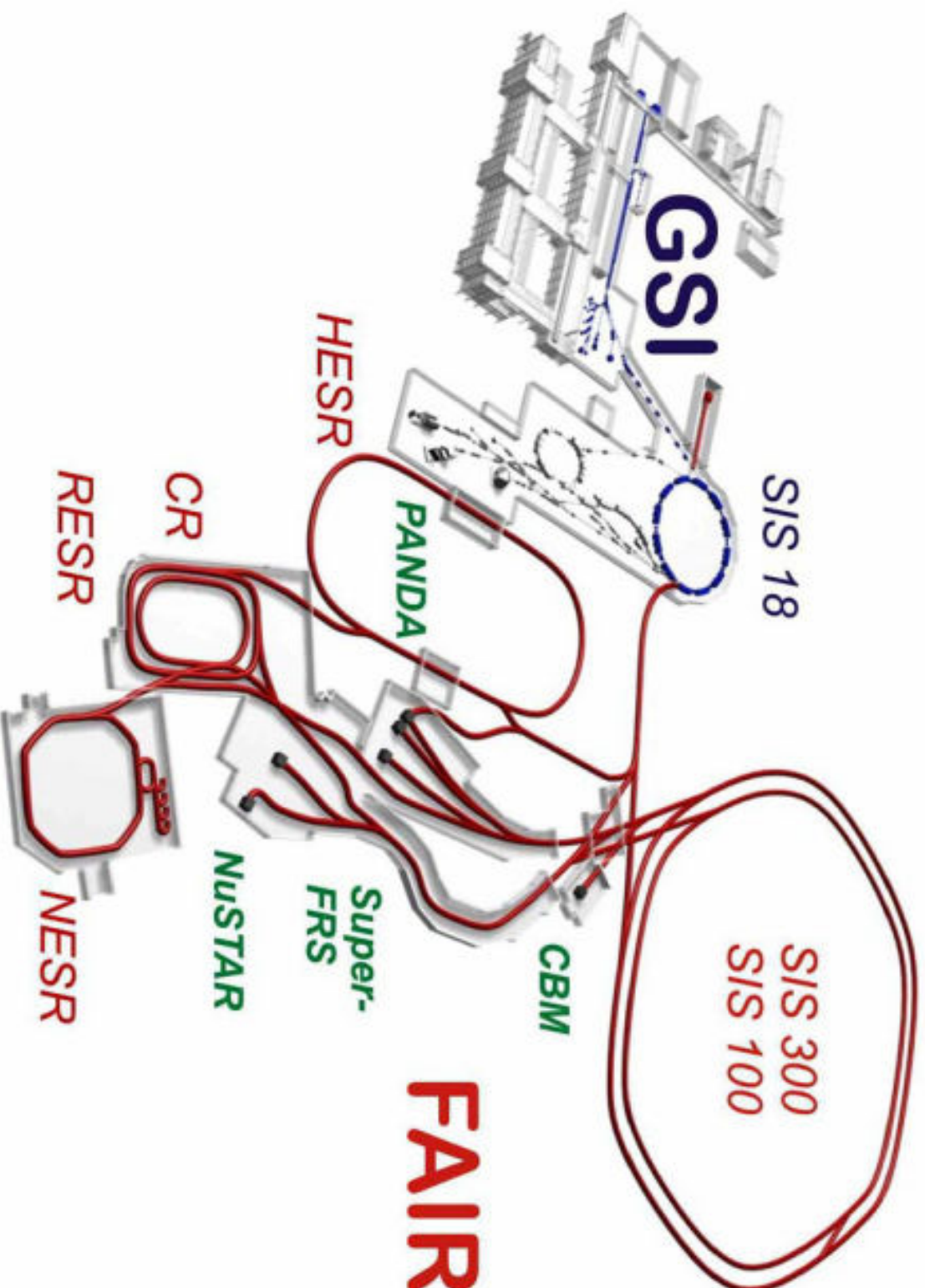
designed by a consortium between FZ Jülich, TSL Uppsala, GSI



PANDA detector



HESR Accelerator and PANDA detector



Selection Rates



Extreme rates

- The misconception: “*all is done in online reconstruction*”
 - Selection has to take place in real-time
 - Computing power for selection has to be manageable
- Estimate of selection rates and computing power
 - Simplified picture processing core as smallest computing unit
 - Assume 1 s per event for a full reco and selection analysis
 - Peak rate of 50 MHz leads to 50 M cores!
 - Realistic: 50 k cores -> need 1000x reduction fast
 - estimate of time: 1ms => 50 k cores as well, better 100 μ s
- First selection has to be very fast: *software trigger*

Conclusions



- PANDA has no *hardware trigger* to start detector readout
- PANDA will have *software triggers* to do fast selection
- Software triggers rely on simple signature which allow large rejection factors
- Fast selection and event association require precise timing which must be easily available (no complicated reconstruction)
- The design of software triggers is in a virgin state
- Time based simulations are an essential tool
- Physics signatures have to be defined with fast selection in mind

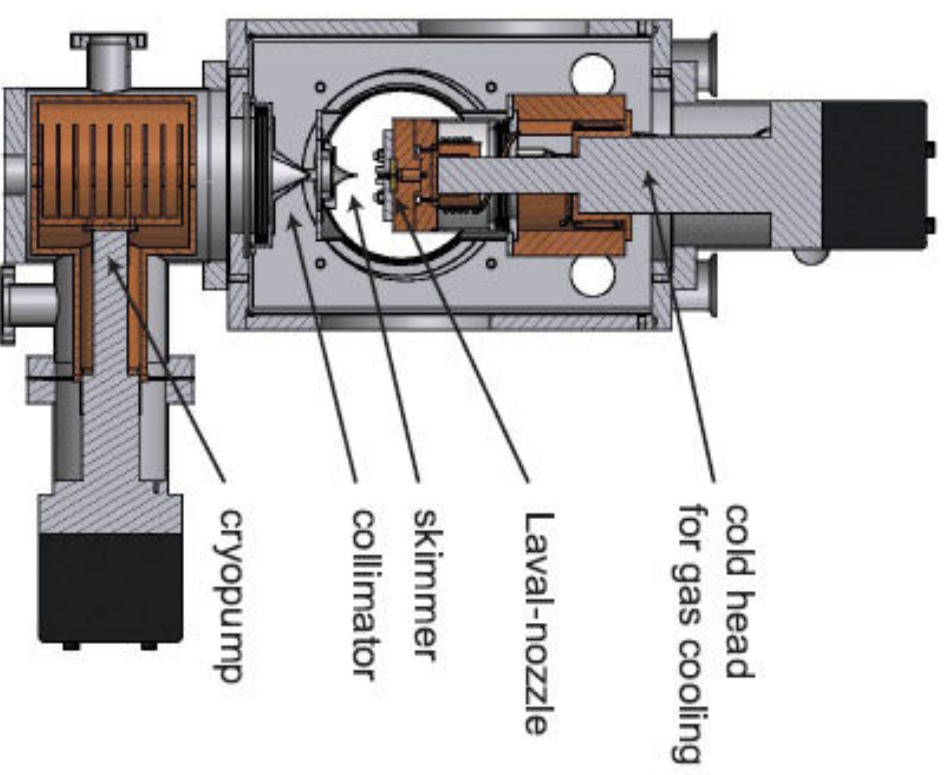
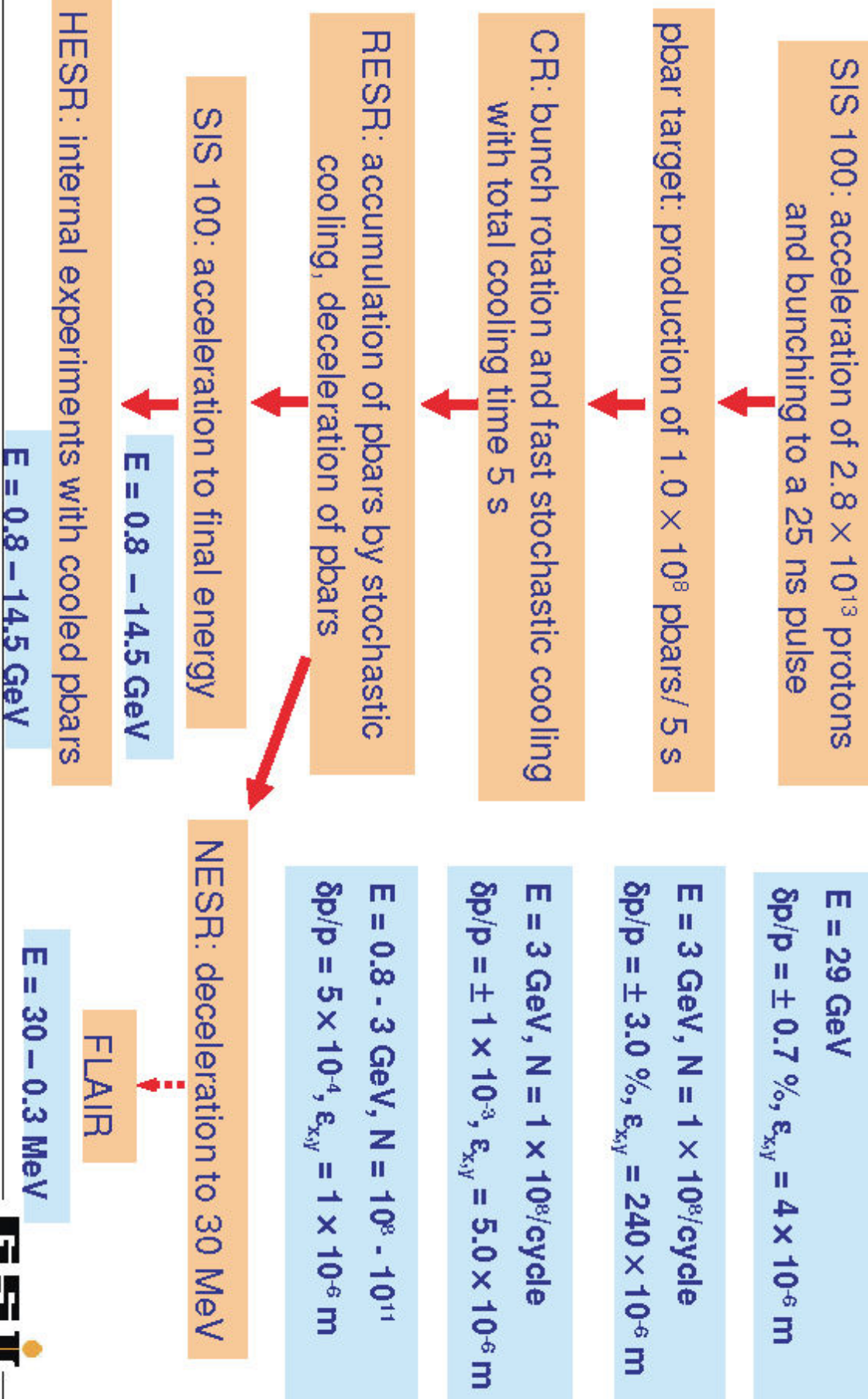


Figure 4.23: A cross section drawing of the cluster-jet source currently in operation at the University of Münster. The cluster-jet beam, produced in the Laval-nozzle (center of the figure), travels through two conical apertures for shape and size preparation and passes a specifically designed cryopump. The external vacuum pumps are not shown.

Storage Rings – Antiproton Operation (Concept of 2003)



Injection Parameters	
Transverse emittance	0.25 mm · mrad (normalized, rms) for $3.5 \cdot 10^{10}$ particles, scaling with number of accumulated particles: $\epsilon_{\perp} \sim N^{4/5}$
Relative momentum spread	$3.3 \cdot 10^{-4}$ (normalized, rms) for $3.5 \cdot 10^{10}$ particles, scaling with number of accumulated particles: $\sigma_p/p \sim N^{2/5}$
Bunch length	150 m
Injection Momentum	3.8 GeV/c
Injection	Kicker injection using multi-harmonic RF cavities

Experimental Requirements

Ion species	Antiprotons
p production rate	$2 \cdot 10^7$ /s ($1.2 \cdot 10^{10}$ per 10 min)
Momentum / Kinetic energy range	1.5 to 15 GeV/c / 0.83 to 14.1 GeV
Number of particles	10^{10} to 10^{11}
Target thickness	$4 \cdot 10^{15}$ atoms/cm ² (H ₂ pellets)
Transverse emittance	< 1 mm · mrad
Betatron amplitude E-Cooler	25–200 m
Betatron amplitude at IP	1–15 m

Operation Modes

High resolution (HR)	Luminosity of $2 \cdot 10^{31}$ cm ⁻² s ⁻¹ for 10^{10} p rms momentum spread $\sigma_p/p \leq 2 \cdot 10^{-5}$, 1.5 to 9 GeV/c, electron cooling up to 9 GeV/c
High luminosity (HL)	Luminosity of $2 \cdot 10^{32}$ cm ⁻² s ⁻¹ for 10^{11} p rms momentum spread $\sigma_p/p \sim 10^{-4}$, 1.5 to 15 GeV/c, stochastic cooling above 3.8 GeV/c

Table 2.1: Injection parameters, experimental requirements and operation modes.

Physics@PANDA

Benchmark Channels

Charmonium Spectroscopy

[\$p\text{-bar } p \rightarrow J/\psi \pi^0 \pi^0\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow J/\psi \pi^+ \pi^-\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow J/\psi \eta\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow X_{c1} \gamma\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow J/\psi \gamma\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \eta_{c1} \gamma\$](#)

Charmonium Above Threshold

[\$p\text{-bar } p \rightarrow DD\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow D^* D^*\$](#)

Charmed Strange Meson

[\$p\text{-bar } p \rightarrow D_s D^* s_0\(2317\)\$](#)

Exotics

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \psi \eta\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow Y\(3940\) \rightarrow J/\psi \omega\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow Y\(4320\)\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \psi\(2S\) \pi^+ \pi^-\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \phi \phi\$](#)

Hyperon Production

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \Lambda \Lambda\text{-bar}\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \Xi \Xi\text{-bar}\$](#)

Baryon Spectroscopy

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \Xi \Xi^*\$](#)

Formfactors

[\$p\text{-bar } p \rightarrow e^+ e^-\$](#)

[\$p\text{-bar } p \rightarrow \gamma \gamma\$](#)

J/ψ In Nuclear Matter

[\$p\text{-bar } A \rightarrow J/\psi X\$](#)

Drell Yan Process

[\$p\text{-bar } p \rightarrow l^+ l^- X\$](#)