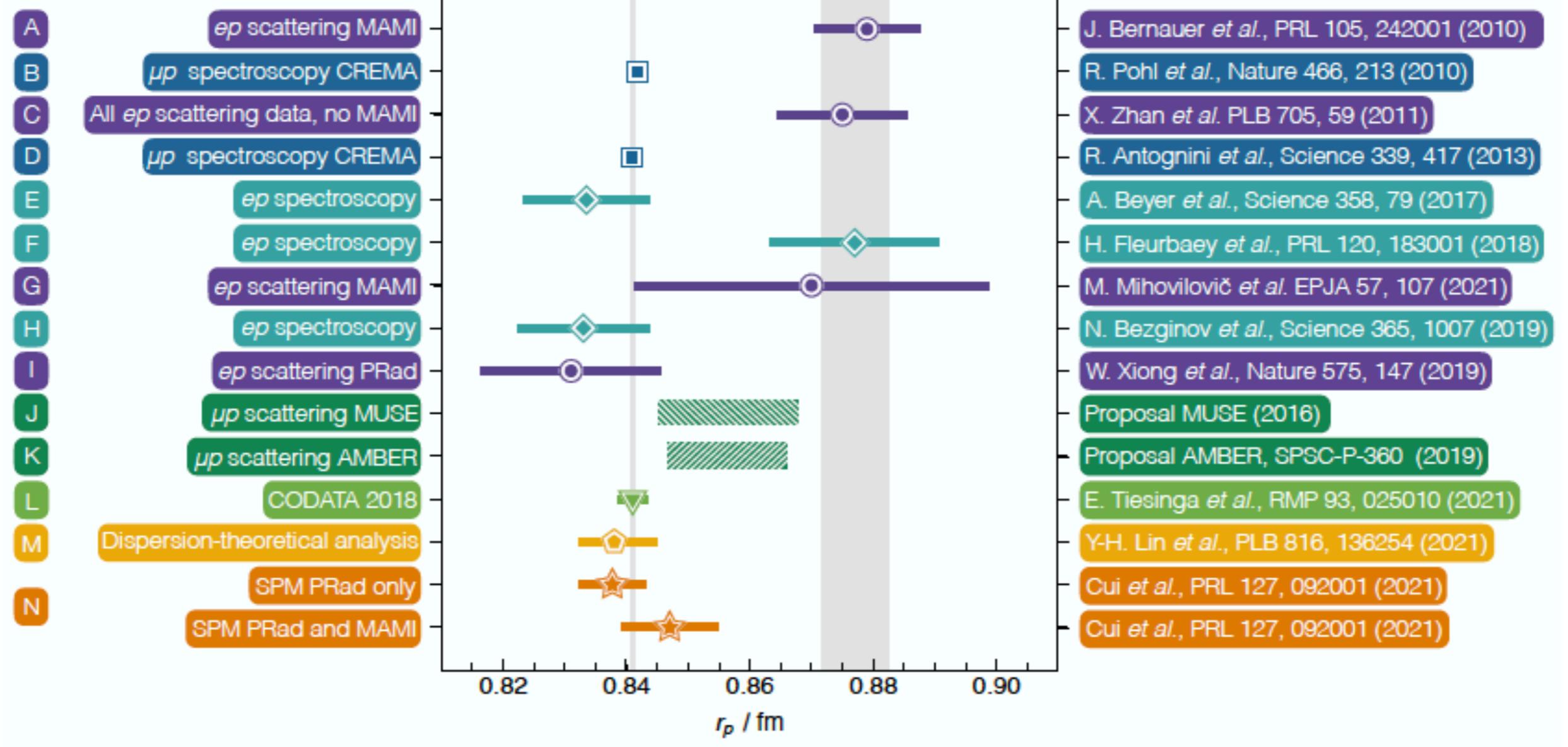




Прецизионное измерение зарядового радиуса протона в эксперименте
по упругому рассеянию электрона на протоне

Эксперимент ПРОТОН

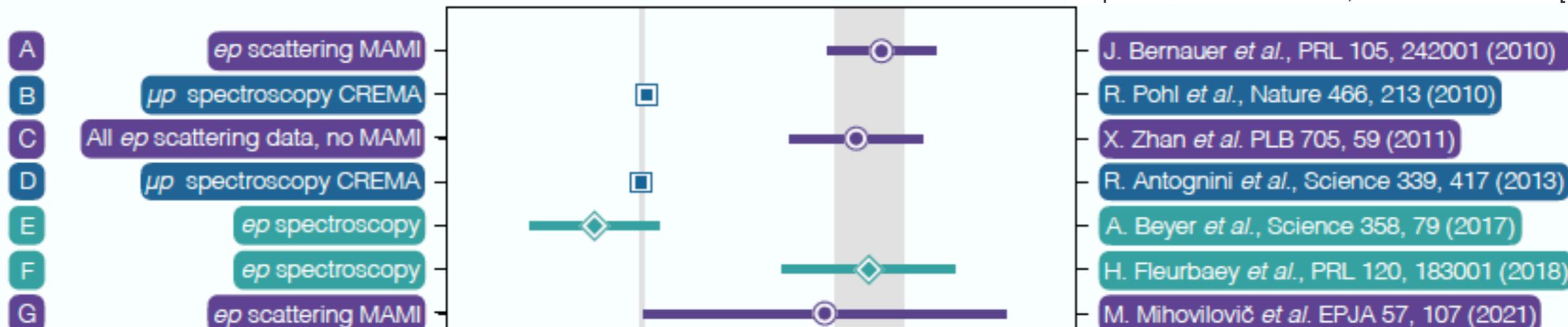
П. Кравченко





Текущая ситуация. Возможное объяснение

Hadron and light nucleus radii from electron scattering
Zhu-Fang Cui, et al.
Preprint no.NJU-INP 058/22, arXiv:220405418v2 [hep-ph]



- В квантовой электродинамике:

мюонный водород: дополнительные поправки

электронный водород: не учтенные вклады

моменты высокого порядка в электронном форм-факторе

не обнаружено

не обнаружено

не значительные

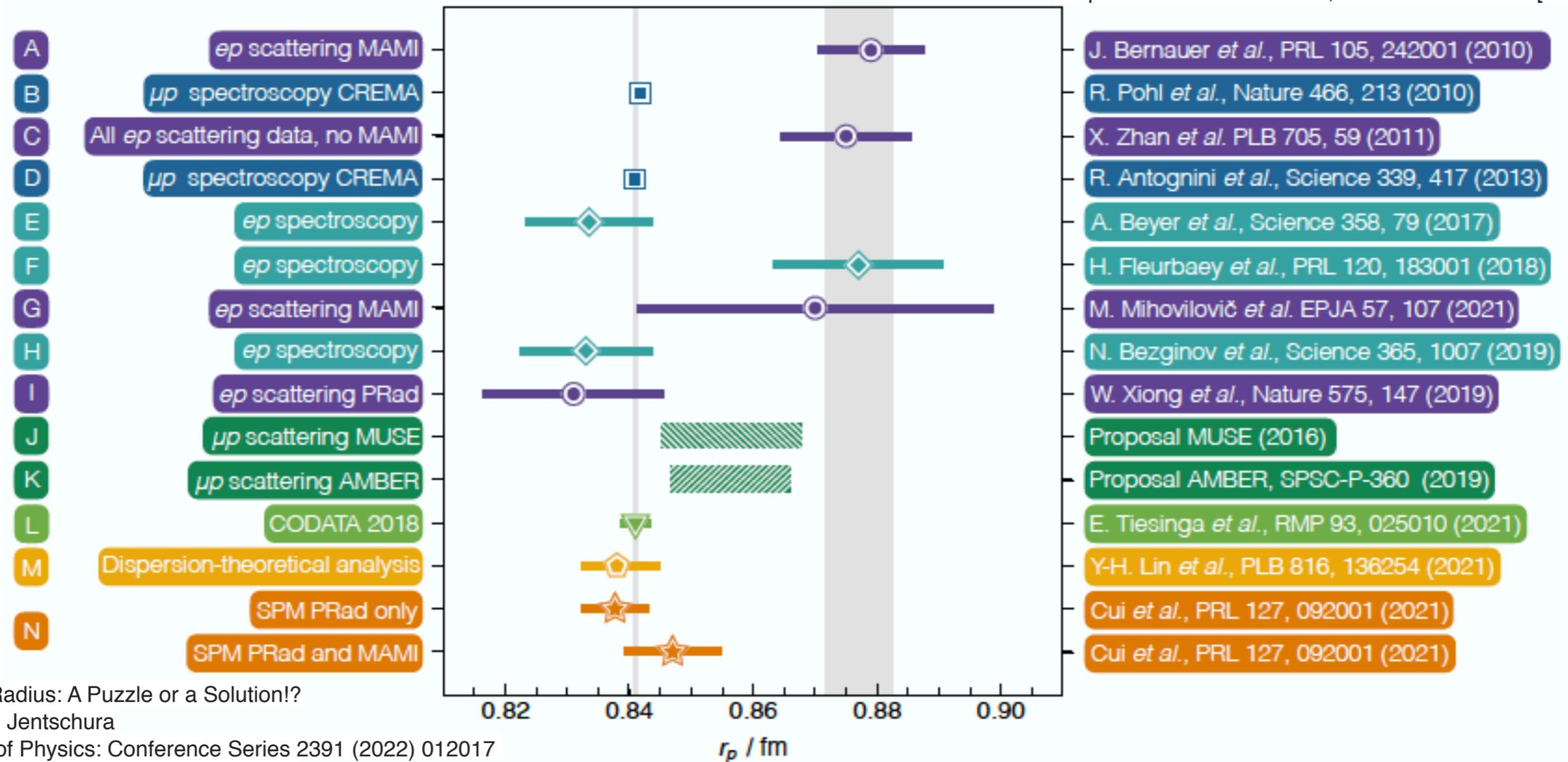
- Принцип лептонной универсальности? Одинаковость ер, μр-взаимодействия?

- Новая физика(силы) вне Стандартной модели?

пока не обнаружено

Текущая ситуация. Возможное решение

Hadron and light nucleus radii from electron scattering
 Zhu-Fang Cui, et al.
 Preprint no.NJU-INP 058/22, arXiv:220405418v2 [hep-ph]



Proton Radius: A Puzzle or a Solution!?

Ulrich D. Jentschura

Journal of Physics: Conference Series 2391 (2022) 012017

doi:10.1088/1742-6596/2391/1/012017

“It is highly unlikely that muonic hydrogen theory, and Lamb shift theory, could provide explanations for the proton radius puzzle, since they are well under control. From the experimental side, the situation regarding the proton radius may be less clear than commonly thought. **Electron versus muon scattering experiments could shed light.**”

Измерения сечения рассеяния при условиях:

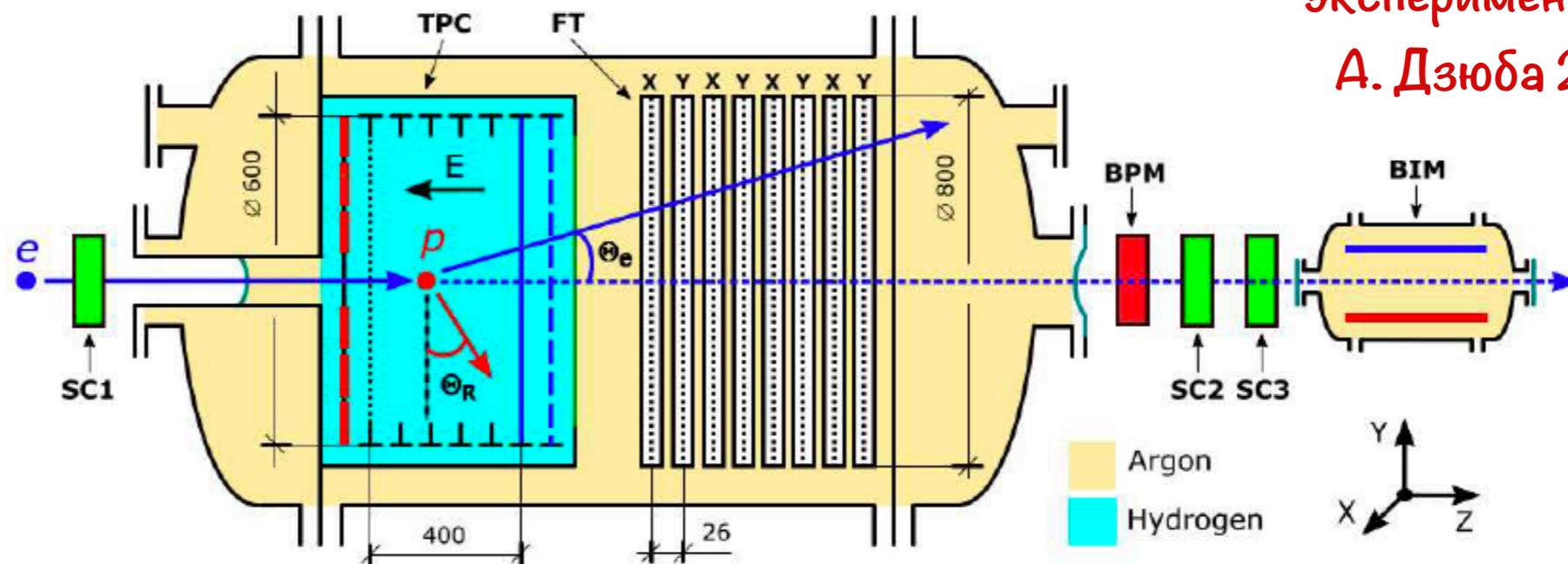
более высокий уровень точности и чистоты новых экспериментов

область более низких значений Q^2

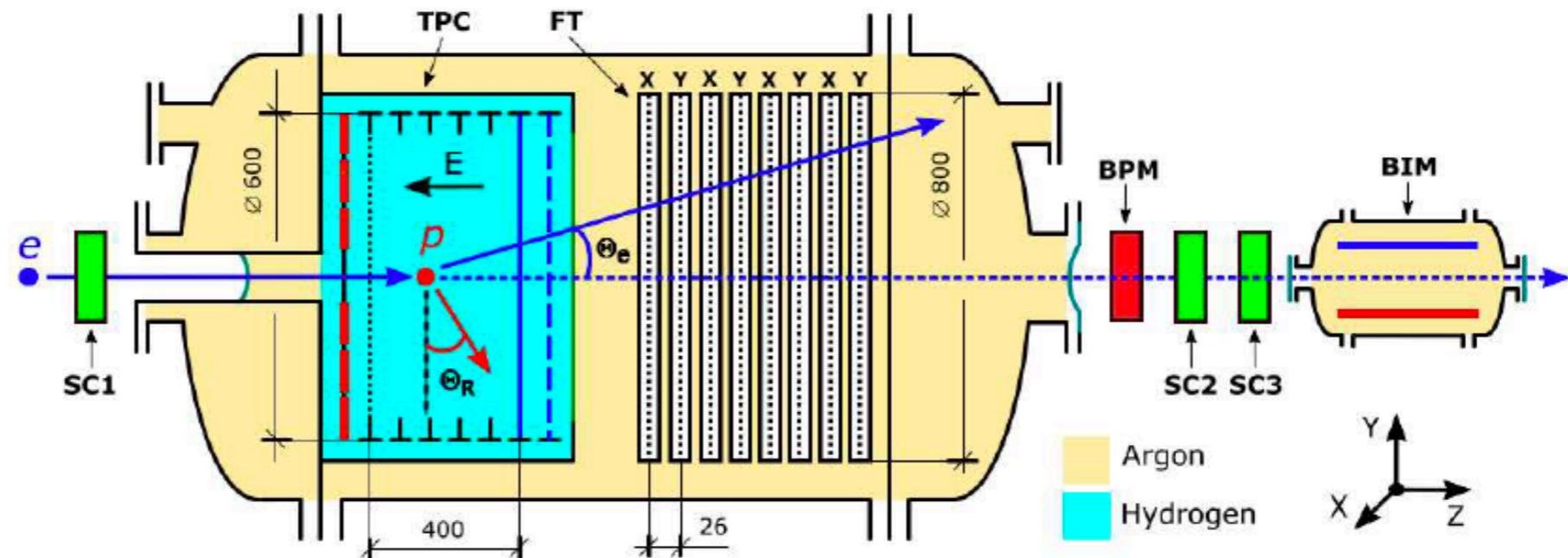
измерение абсолютного сечения в единых экспериментальных условиях

Прецизионные измерения сечения упругого ер- рассеяния с регистрацией протона отдачи в активной водородной мишени.

μр-рассеяние в эксперименте AMBER
А. Дзюба 27.12.23



Прецизионные измерения сечения упругого ер- рассеяния с регистрацией протона отдачи в активной водородной мишени.



Активная мишень:

водородная времяпроекционная камера высокого давления (20 бар)

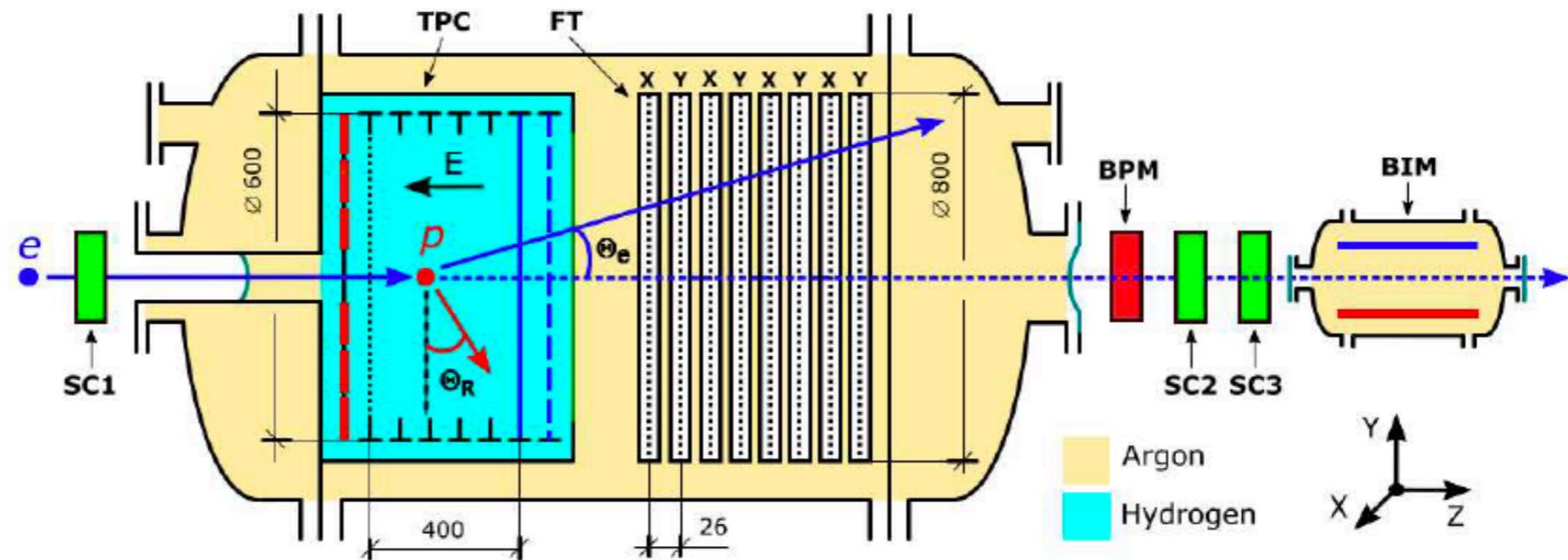
Главное преимущество:

независимое от энергии электрона определение величины квадрата переданного импульса ($0.001 - 0.04 \text{ ГэВ}^2$)

Измеряемые параметры:

энергия и угол вылета протона отдачи

Прецизионные измерения сечения упругого ер- рассеяния с регистрацией протона отдачи в активной водородной мишени.



Трековая система:

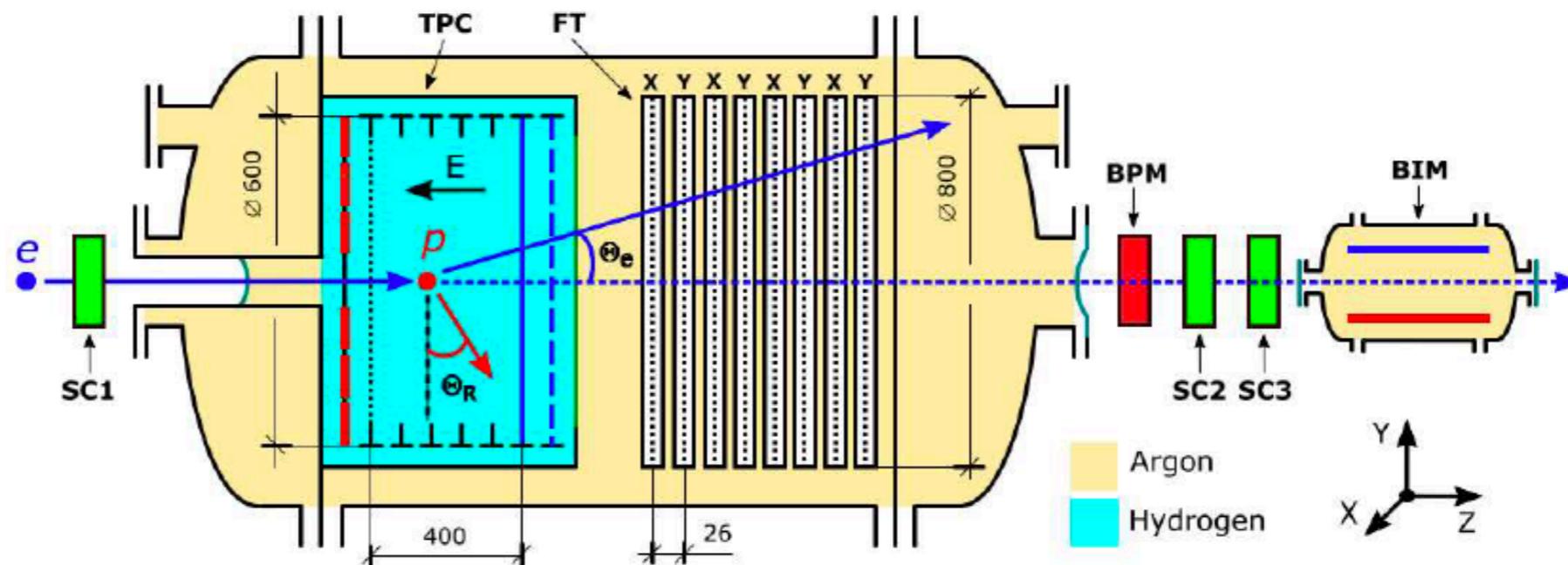
многопроводочные пропорциональные камеры с катодным съемом информации

Главное преимущество:

восстановление трека рассеянного электрона с высокой точностью

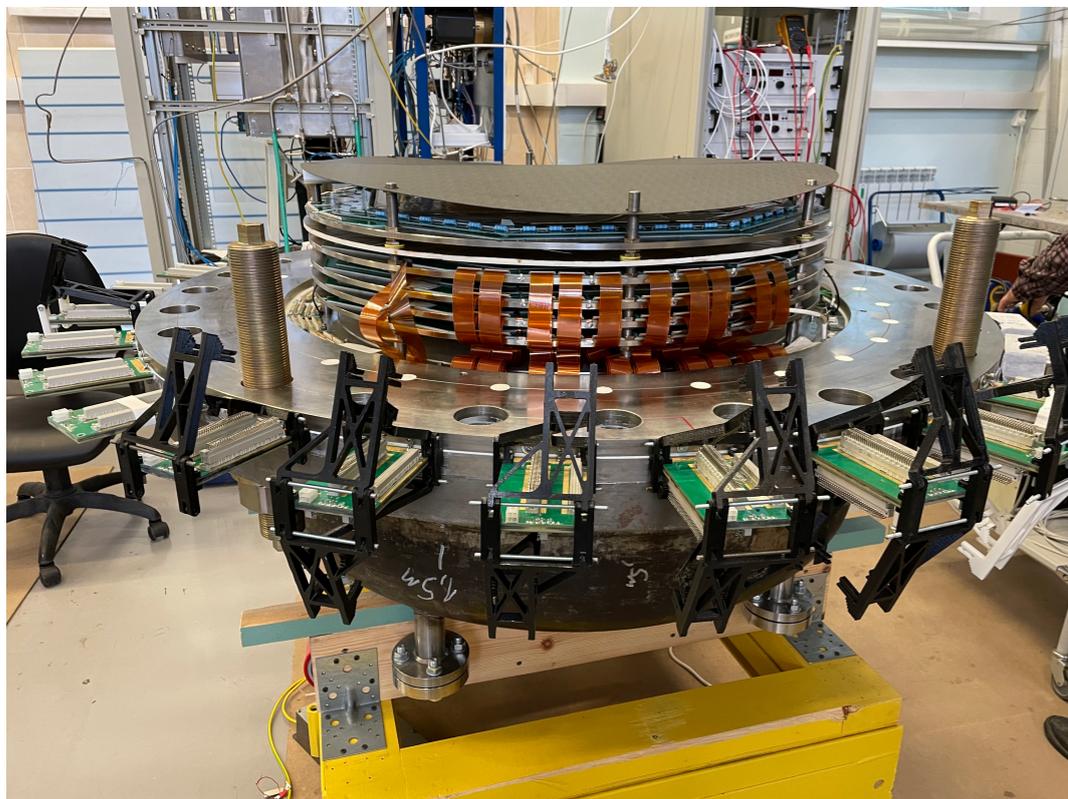
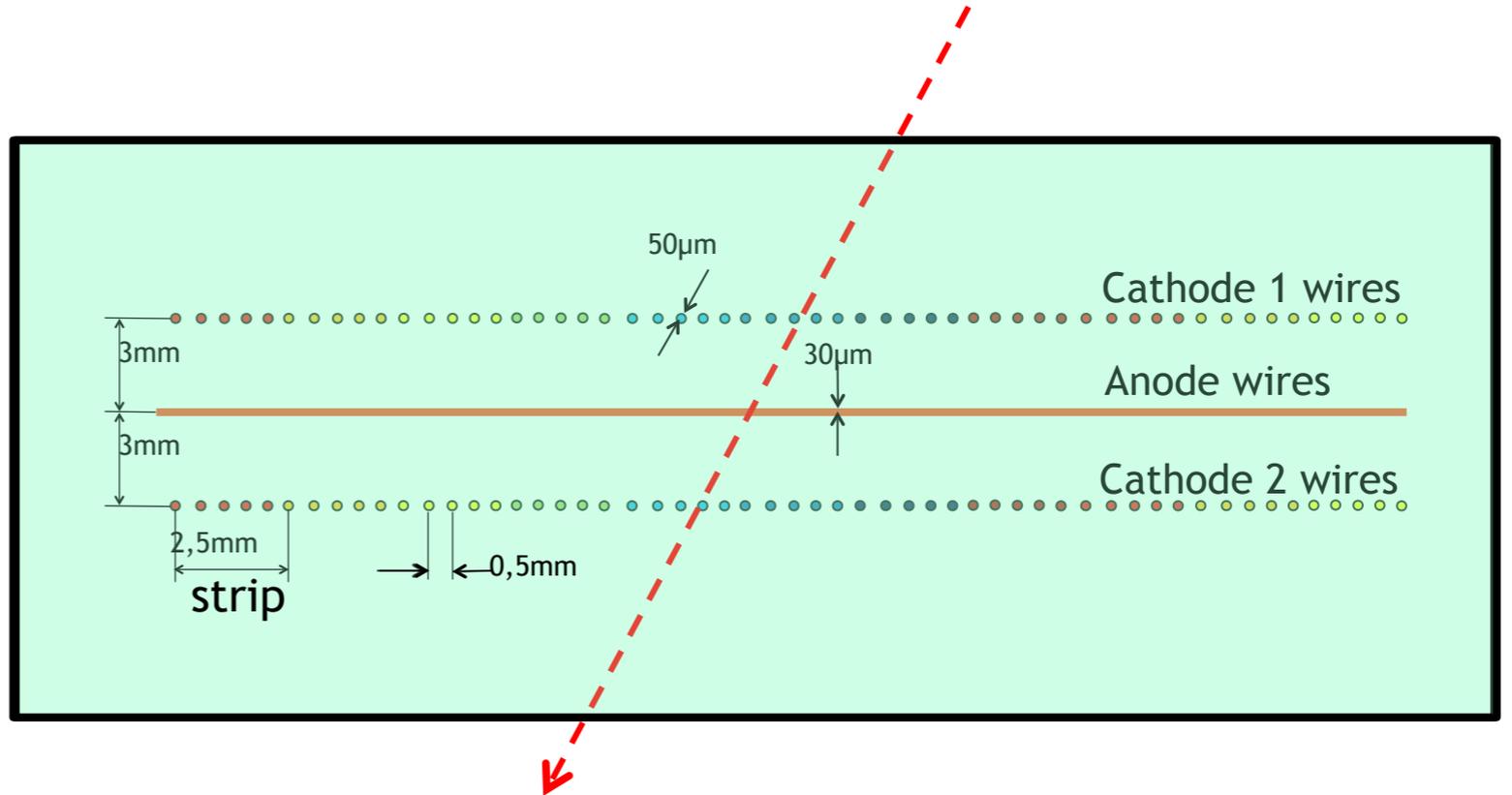
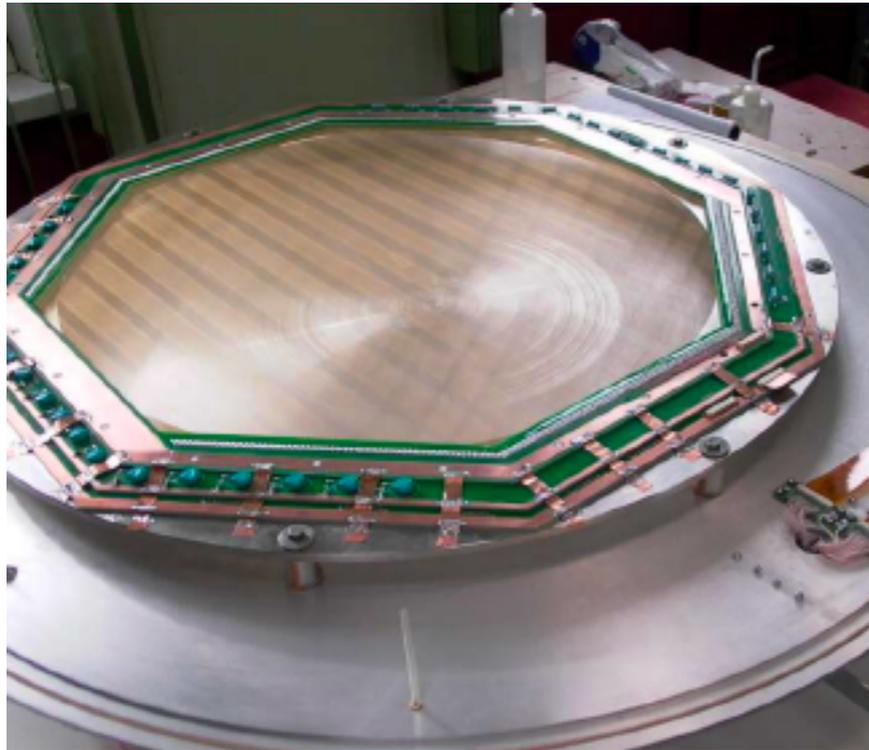
Измеряемые параметры: угол рассеянного электрона

Прецизионные измерения сечения упругого ер- рассеяния с регистрацией протона отдачи в активной водородной мишени.

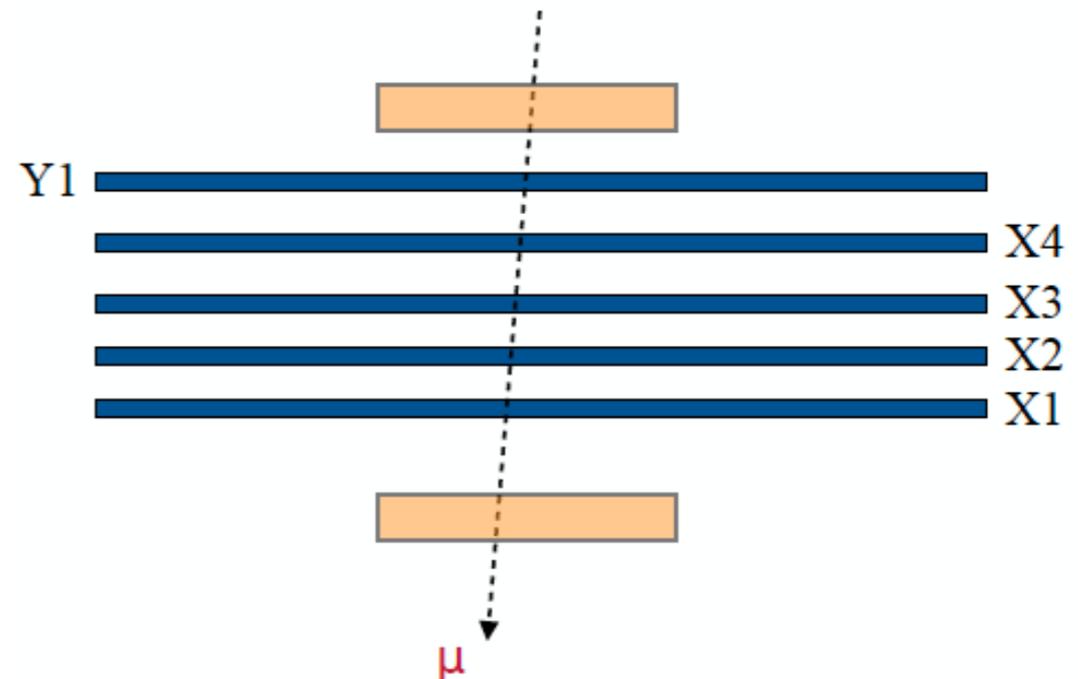


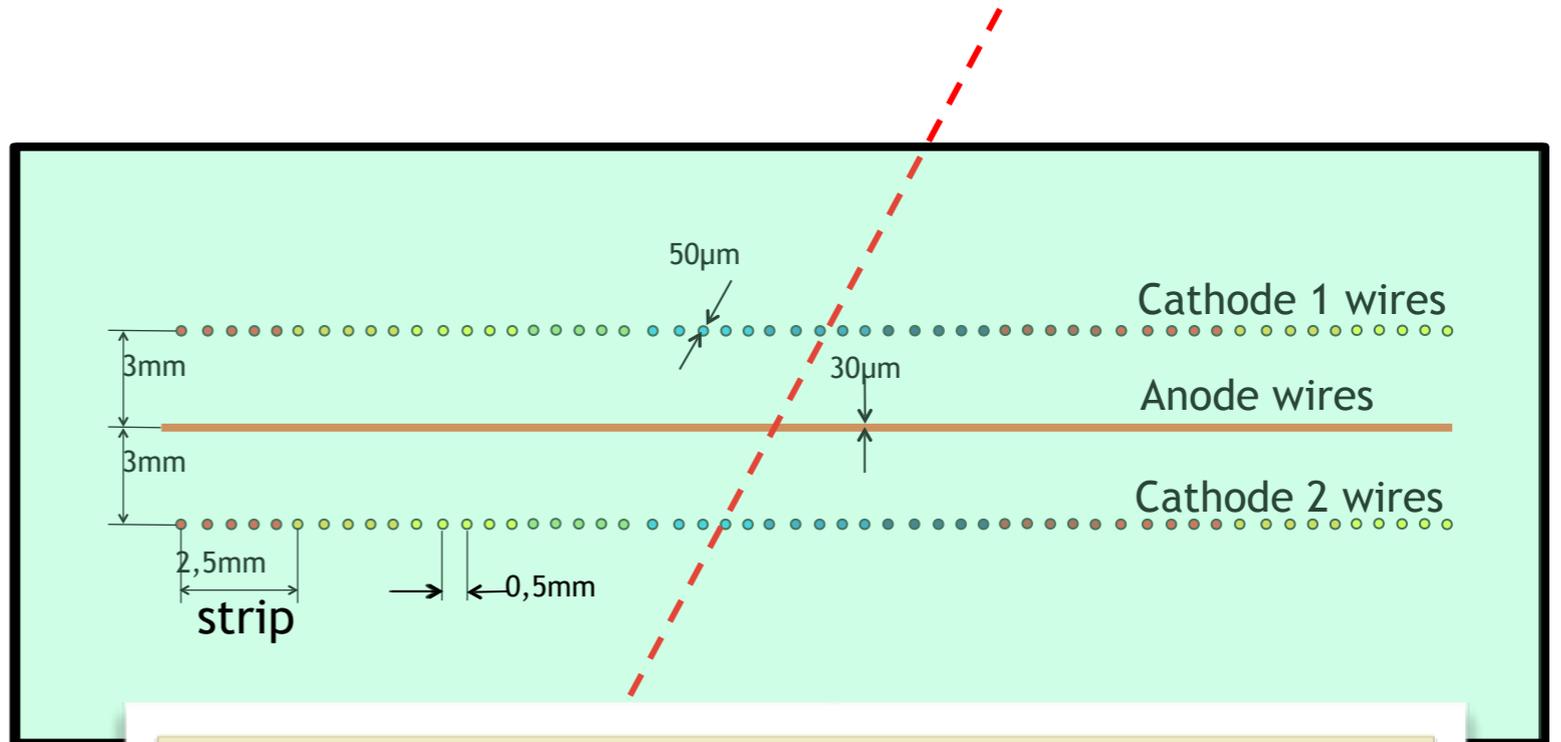
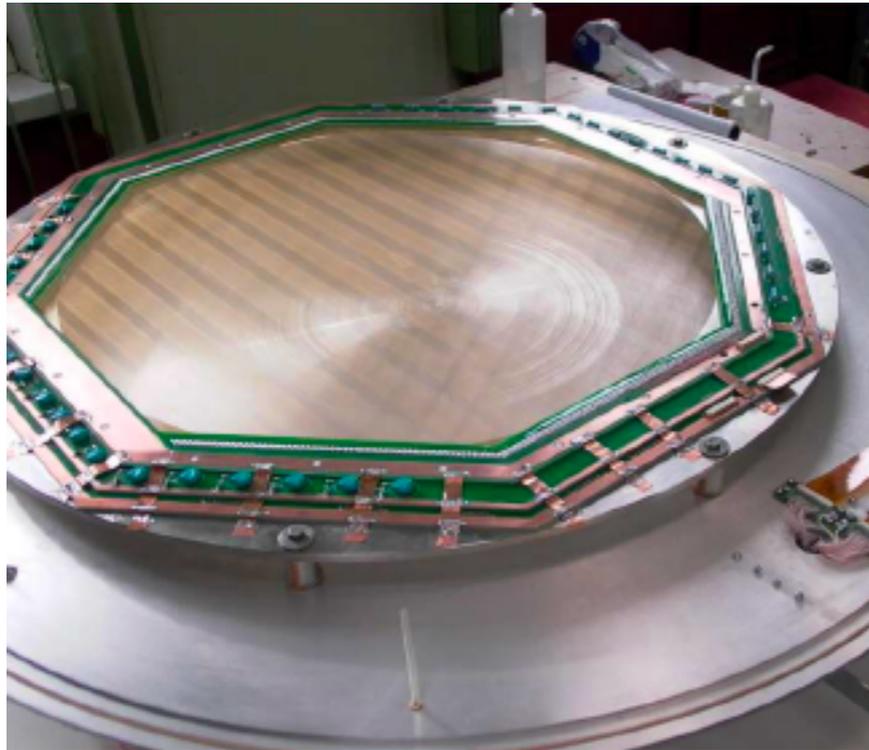
ТРЕБОВАНИЯ:

- стабилизация всех экспериментальных условий:
давление, температура, примеси газов;
однородность и стабильность электрического поля;
стабильность цепи формирования и усиления сигналов;
- быстрый съем сигнала для триггерной системы;
- разброс коэффициента усиления электроники не более 1%;
- прецизионное расположение анодных и катодных проволок:
абсолютная линейная шкала с точностью 0.02%



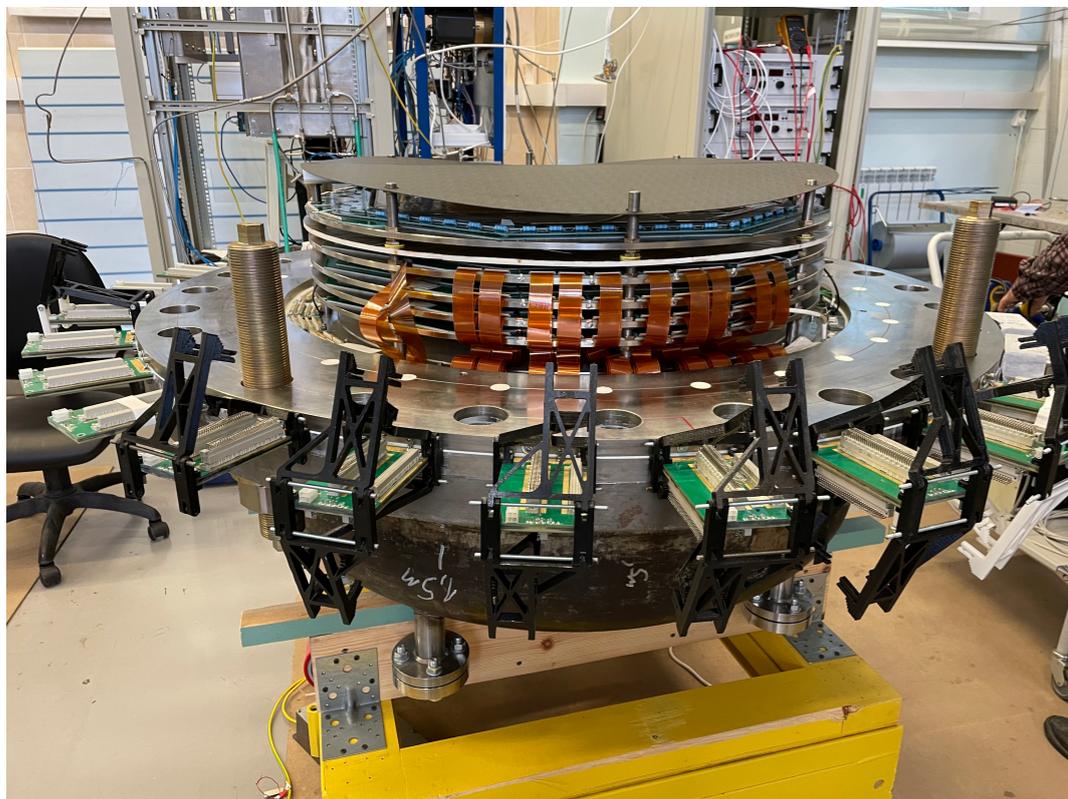
40%Ar+50%CO₂+10%CF₄ P=1bar
Cosmic trigger

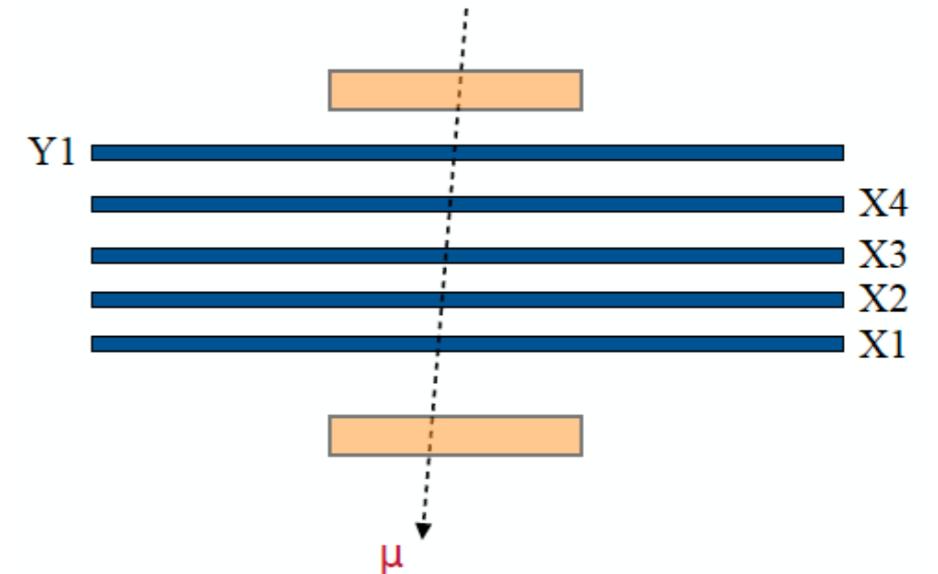
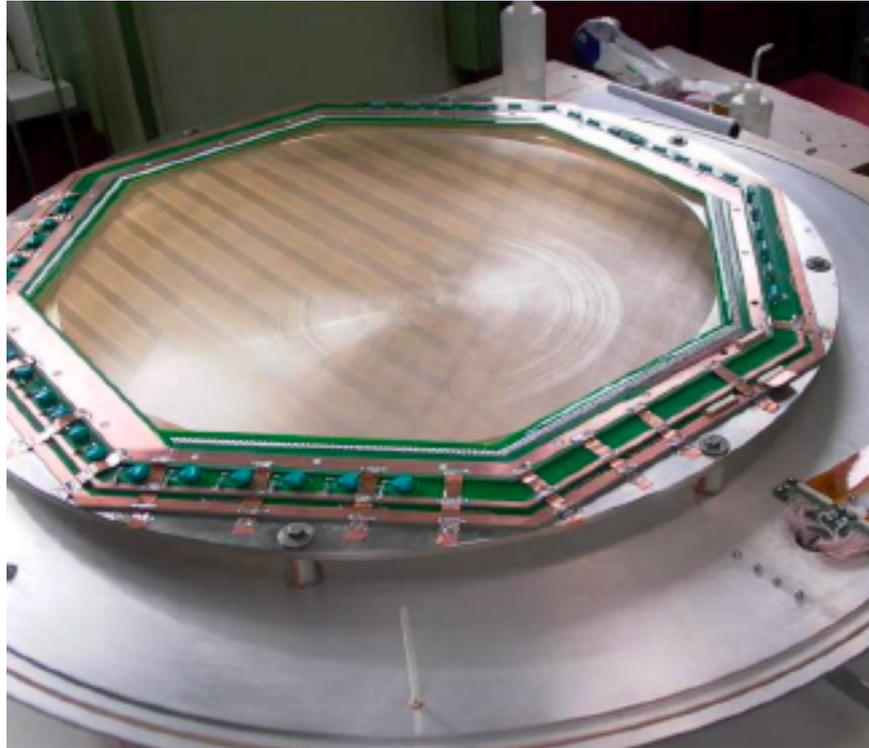




Основные задачи:

1. тестовые измерения на надежной, хорошо изученной газовой смеси.
2. проверка источников высокого напряжения
3. разработка и тестирование программ управления и анализа
4. проверка работоспособности электроники

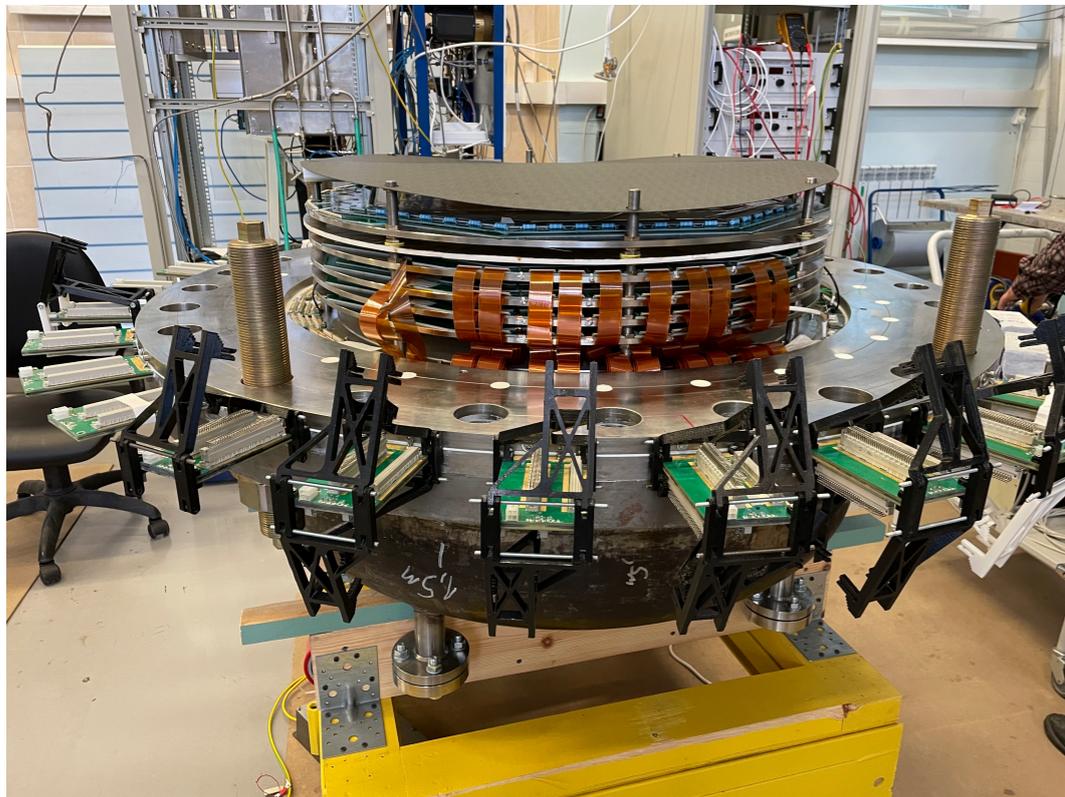


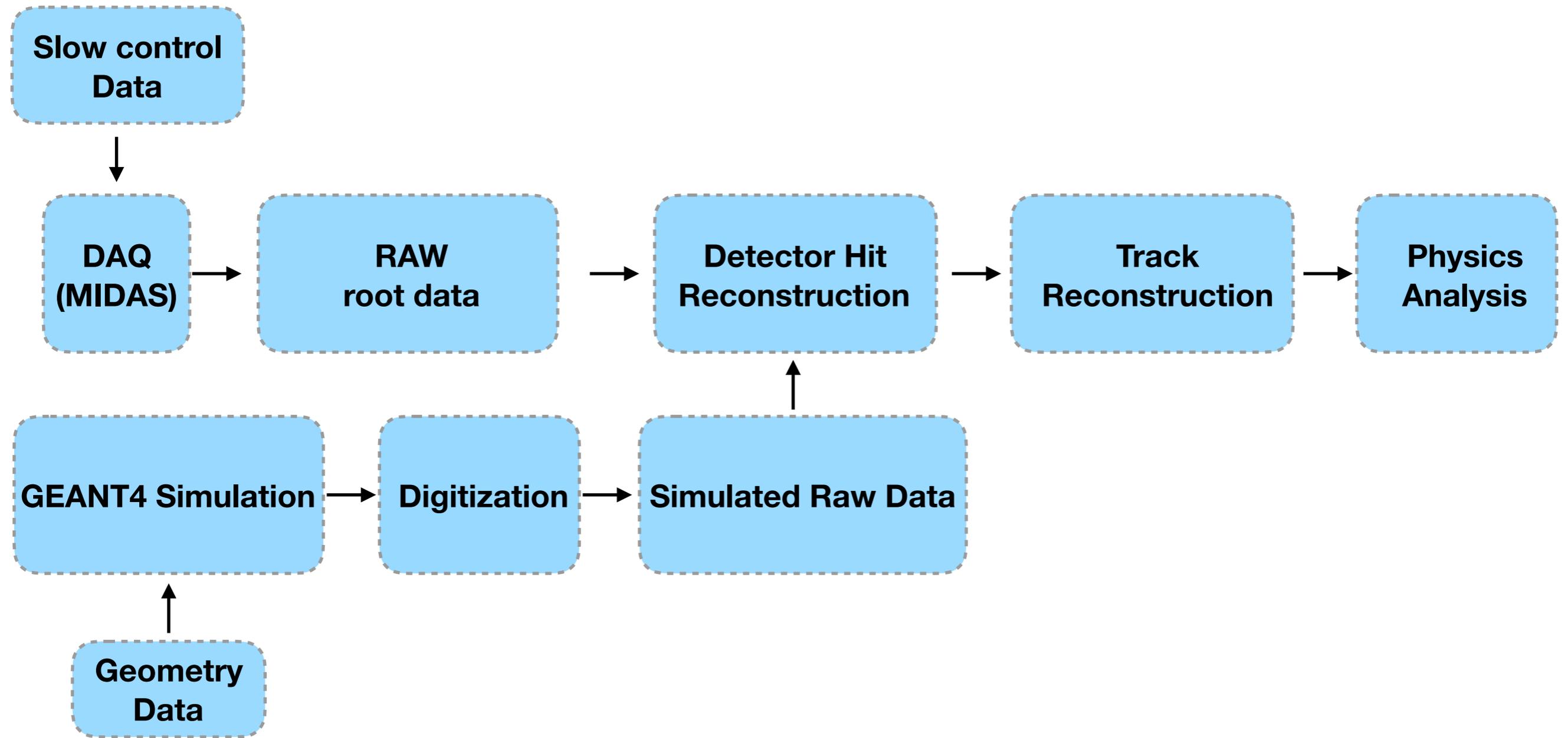


96%Ar+4%CH₄ P=20bar
Cosmic trigger

Основные задачи:

- 1. стабильность циркуляционной системы и системы очистки**
- 2. стабильность работы электроники и источников в рабочей точке 5.45 kV**
- 3. измерения газового усиления в рабочей точке**
- 4. получение камерного разрешения**







Сбор и анализ данных. Общая структура. Online

Slow control
Data



DAQ
(MIDAS)

RAW



Detector Hit



Track



Physics

GEANT4 Simu



Geometr
Data

status x ELOG - (Screensl Online s asf48et ELOG eP Inbox (1 + - □ x

← → ↻ 🏠 🌐 epdaq/?cmd=custom&page=Status ☆ 📄 📄 📄

status Online monitor DAQ instructions ELOG eP

ep Alarms: None 7 Dec 2023, 14:09:26 UTC+3

Status
Transition
ODB
Messages
Chat
Elog
Alarms
Programs
Buffers
History
OldHistory
MSCB
Sequencer
Config
Help
Event Dump
Monitor
Runlog
MonitorSignals
MonitorCharge
Documentation
Status

Run Status

Run 7133	Start: Thu Dec 7 13:18:19 2023	Running time: 0h51m08s
Running	Alarms: On	Restart: On
Stop	Data dir: /home/ep/online/data/	

1701944299 13:18:19.750 2023/12/07 [Logger,INFO] Run #7133 started

Equipment

Equipment +	Status	Events	Events[/s]	Data[MB/s]
ASF48et	ASF Socket Frontend@localhost	12015	1.3	0.003
Gas Frontend	Gas Frontend@localhost	102	0.0	0.000

Logging Channels

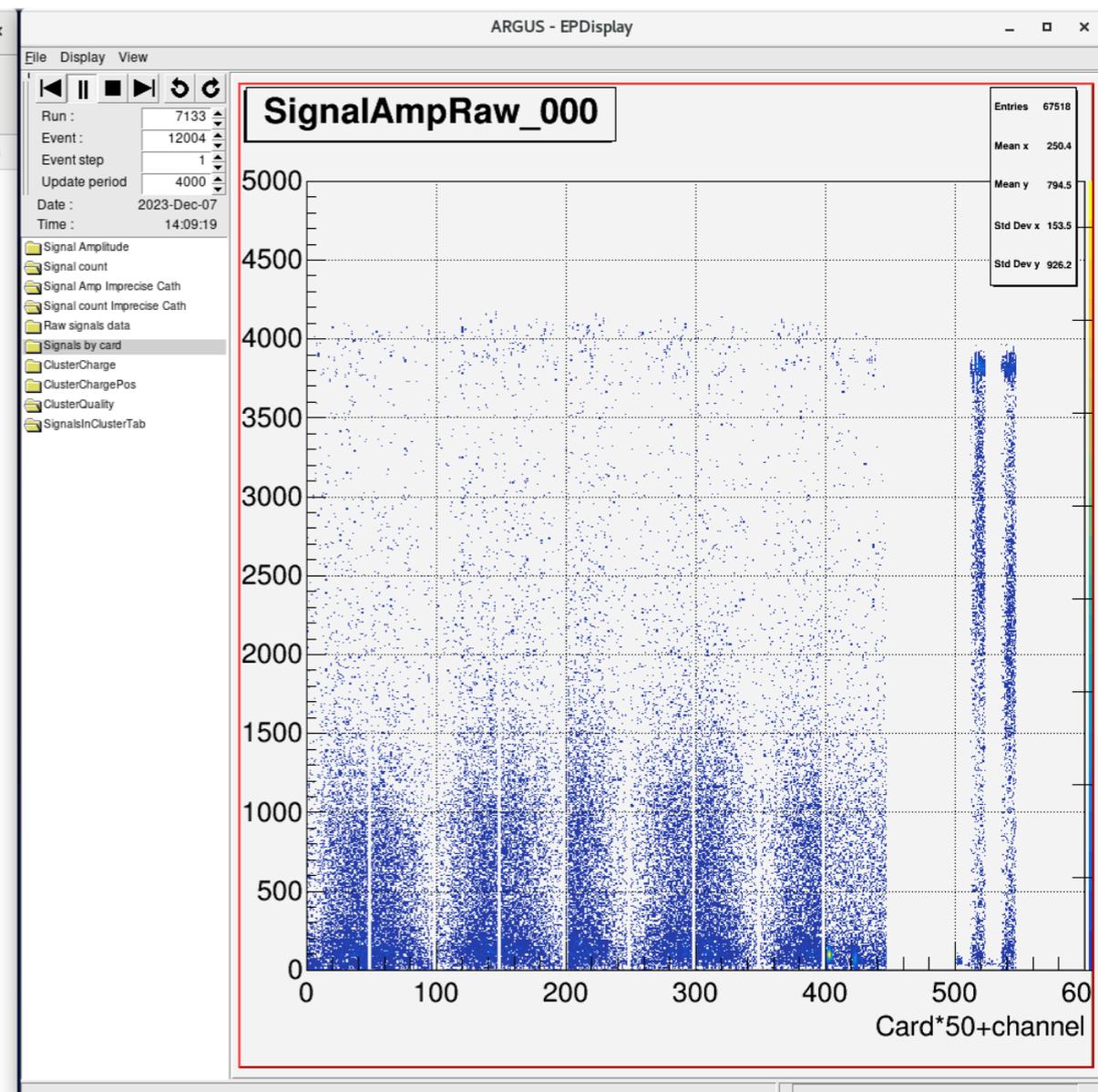
Channel	Events	MB written	Compr.	Disk Level
#0: run07133.mid.lz4	12119	25.842	83.6%	47.4%

Lazy Label	Progress	File Name	# Files	Total

Clients

mhttpd [localhost]	Gas Frontend [localhost]	Logger [localhost]
ASF Socket Frontend [localhost]	analyzer_monitor [localhost]	RomeAnalyzer [localhost]

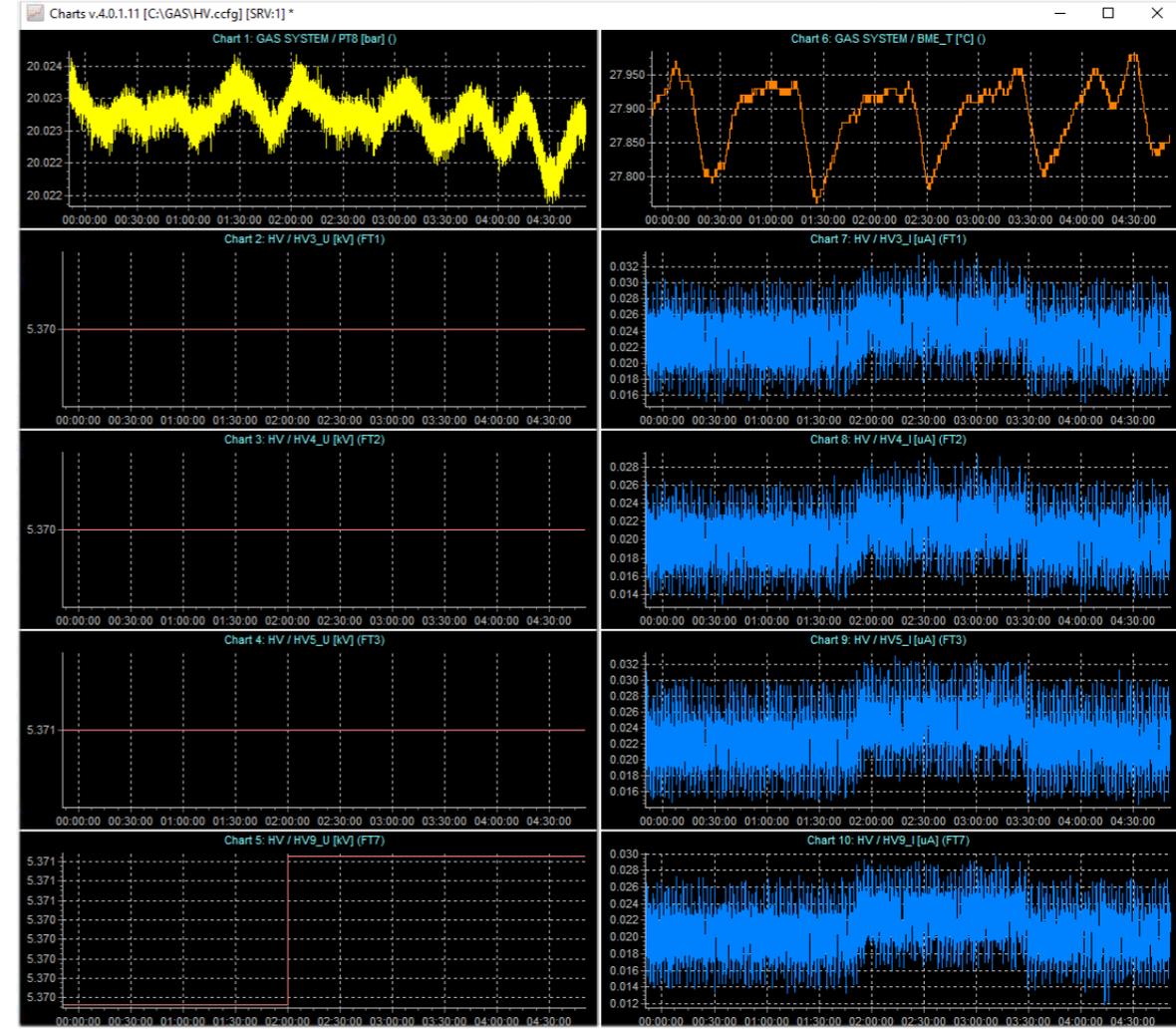
Chamber	x1x2	x3x4	x5x6	x7x8	x9x10	Σp	x11	Σimp	U	I
Chamber6			et10[8]			2.0		0.0	5.35 kV	18.2 nA
Chamber5			et9[7]	et6[6]		4.4	et2[11]	0.0	5.35 kV	20.1 nA
Chamber4			et5[5]	et8[4]		4.5	et1[10]	1.1	5.35 kV	20.1 nA
Chamber2			et4[3]	et7[2]		4.4	et2[11]	0.0	5.35 kV	16.6 nA
Chamber1			et12[1]	et11[0]		4.5	et1[10]	1.1	5.35 kV	19.1 nA
Trigger	2.26 Hz									





Сбор и анализ данных. Общая структура

Slow control Data



PRES CONTROL [C:\DATA\23-12-06_12-56-22.mdb]

Gas system | Oxygen | High Voltage | System parameters | Alarms | Database | DAQ32 | About

Filling | Circulation | Evacuation | Stop | Circulation Ar | Options | Enable Alarms

Idle

Name	Value
GAS SYSTEM	
PT1	0.974
PT2	0.978
PT3	31.454
PT4	12.765
PT5	1.003
PT6	20.060
PT7	20.007
PT9	0.261
PT10	-1.097
PT11	18.318
PT12	-0.012
PT13	-0.077
PT14	18.072
PT15	17.747
PT16	-0.055
PT17	-0.500
PT18	1.269
PT20	6.468
MFC1	0.000
MFC2	0.000
MFC3	16.152
MFC4	15.030
H2O_H2	-15.569
H2O_AR	-62.380
O2_H2	-0.710
O2_AR	1122.7
LEVEL	-0.025
H2_rack	-0.025
H2_house	-0.025
H2_1	-0.025
T_dryer	19.409 °C
Luminosity	0.000 V
PT8	20.030 bar
Mode	512
Interlock	0
SecCntr	0
MFC1-2cntr	0
MFC3-4cntr	0
Valves1	3150092
Valves2	5130
Valves3	77.709 ppm
H2O_AR	0.384 ppm
BME_P	1018.0 mbar
BME_T	27.940 °C
BME_H	12.897 %RH
HV	
HV1_U	0.000 kV
HV1_I	0.000 uA

Regulation parameters:

- Mode: 0
- PT7 SP: 20.00
- PT9 SP: 5.00
- PT9max: 15.00
- Fill Max Flow: 15.00
- Normal Flow: 12.00
- dP Cycle: 1.00
- PT Evac: 1.00
- PT56 SP: 21.00
- PT20 (Air): 3.00

Log:

Date	Time	Message
29.11.2023	06:26:45	DAQ Thread started
02.12.2023	02:26:35	Database is too large. Creating new database: C:\DATA\23-12-02_02-26-35.mdb
02.12.2023	02:26:35	Creating database: C:\DATA\23-12-02_02-26-35.mdb
02.12.2023	02:26:36	Database created: C:\DATA\23-12-02_02-26-35.mdb
06.12.2023	12:56:22	Database is too large. Creating new database: C:\DATA\23-12-06_12-56-22.mdb
06.12.2023	12:56:22	Creating database: C:\DATA\23-12-06_12-56-22.mdb
06.12.2023	12:56:22	Database created: C:\DATA\23-12-06_12-56-22.mdb

PRES CONTROL [C:\DATA\23-12-06_12-56-22.mdb]

Gas system | Oxygen | High Voltage | System parameters | Alarms | Database | DAQ32 | About

BPM [12]

Device	Value	Units
GAS SYSTEM		
PT1	0.976	bara
PT2	0.980	bara
PT3	31.406	bara
PT4	12.680	bara
PT5	1.003	bara
PT6	20.060	bara
PT7	20.007	bara
PT9	0.138	mbar
PT10	-1.152	mbar
PT11	18.318	mbar
PT12	-0.015	bar
PT13	-0.080	bar
PT14	18.065	bar
PT15	17.749	bar
PT16	-0.056	bar
PT17	-0.500	bar
PT18	1.269	bar
PT20	6.475	bar
MFC1	0.000	slpm
MFC2	0.000	slpm
MFC3	16.056	slpm
MFC4	15.030	slpm
H2O_H2	-15.569	°C DP
H2O_AR	-62.380	°C DP
O2_H2	3.821	ppm
O2_AR	1122.7	ppm
LEVEL	-0.025	
H2_rack	-0.025	
H2_house	-0.025	
H2_1	-0.025	
T_dryer	19.378	°C
Luminosity	0.000	V
PT8	20.030	bar
Mode	512	
Interlock	0	
SecCntr	0	
MFC1-2cntr	0	
MFC3-4cntr	0	
Valves1	3150092	
Valves2	5130	
Valves3	77.709	ppm
H2O_AR	0.384	ppm
BME_P	1018.0	mbar
BME_T	27.940	°C
BME_H	12.886	%RH
HV		
HV1_U	0.000	kV
HV1_I	0.000	uA

FT1 [3]: HV: 5.351 kV, I: 0.020 uA, Mode: Watching [RE], ERR: []

FT2 [4]: HV: 5.351 kV, I: 0.018 uA, Mode: Watching [RE], ERR: []

FT3 [5]: HV: 5.350 kV, I: 0.021 uA, Mode: Watching [RE], ERR: []

FT4 [6]: HV: 1.707 kV, I: 1.394 uA, Mode: Stop [RE], ERR: []

FT5 [7]: HV: 1.236 kV, I: 1.065 uA, Mode: Stop [RE], ERR: []

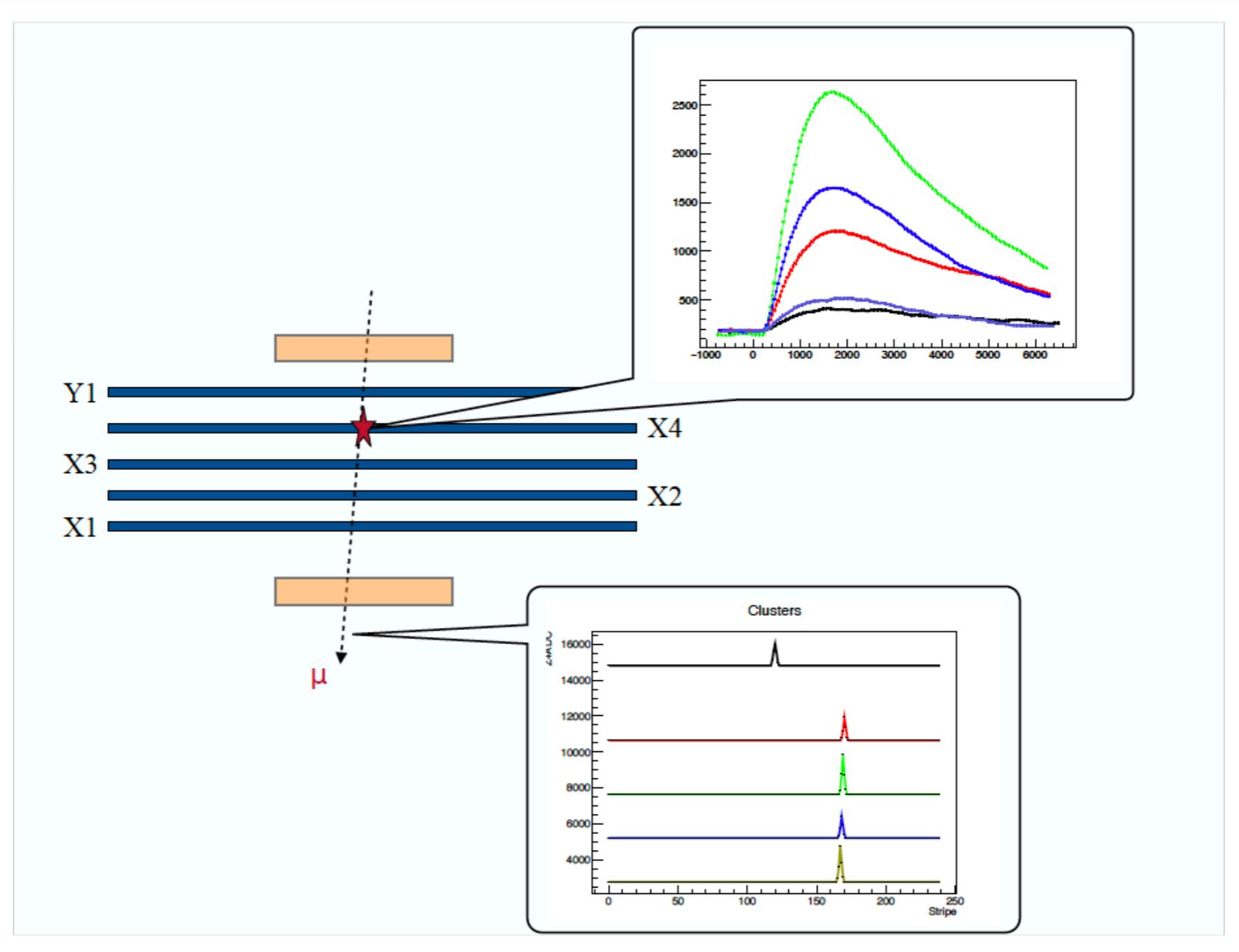
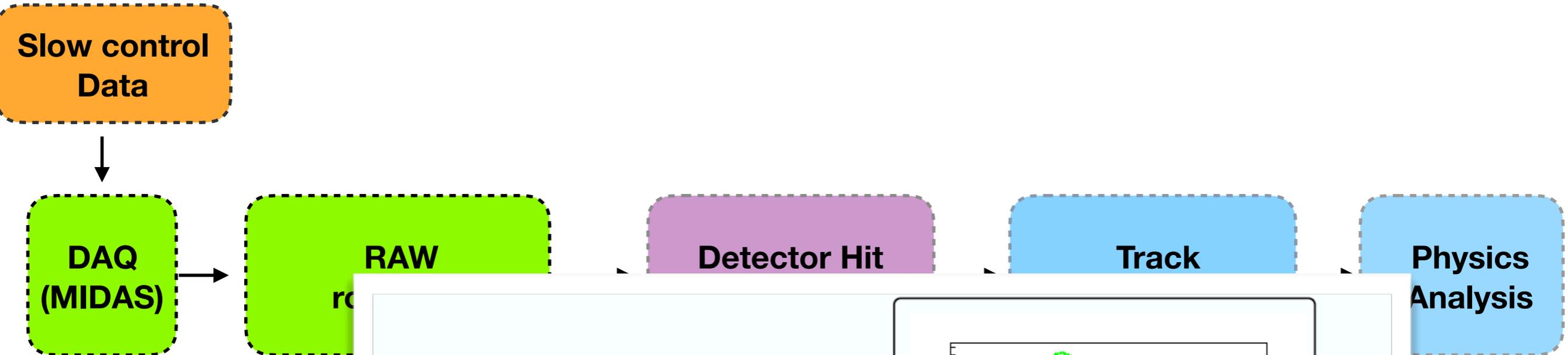
FT6 [8]: HV: 0.825 kV, I: 0.456 uA, Mode: Stop [RE], ERR: []

FT7 [9]: HV: 5.351 kV, I: 0.018 uA, Mode: Watching [RE], ERR: []

FT8 [10]: HV: 1.206 kV, I: 198.581 uA, Mode: Stop [RE], ERR: []



Сбор и анализ данных. Общая структура. Offline





Сбор и анализ данных. Общая структура. Offline

Slow control
Data



DAQ
(MIDAS)



RAW
root data



Detector Hit
Reconstruction



Track
Reconstruction



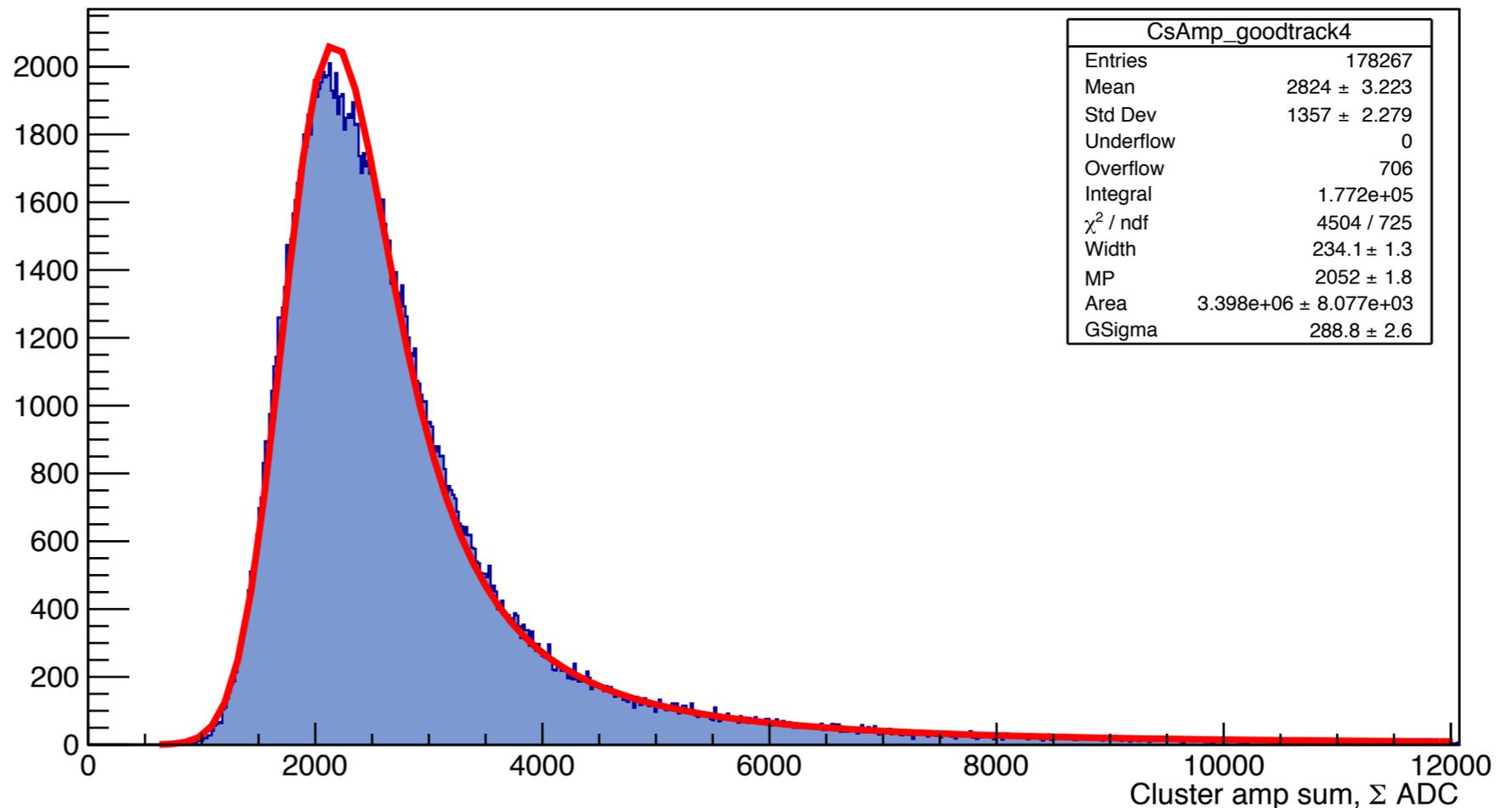
Physics
Analysis

GEANT4 Simulation



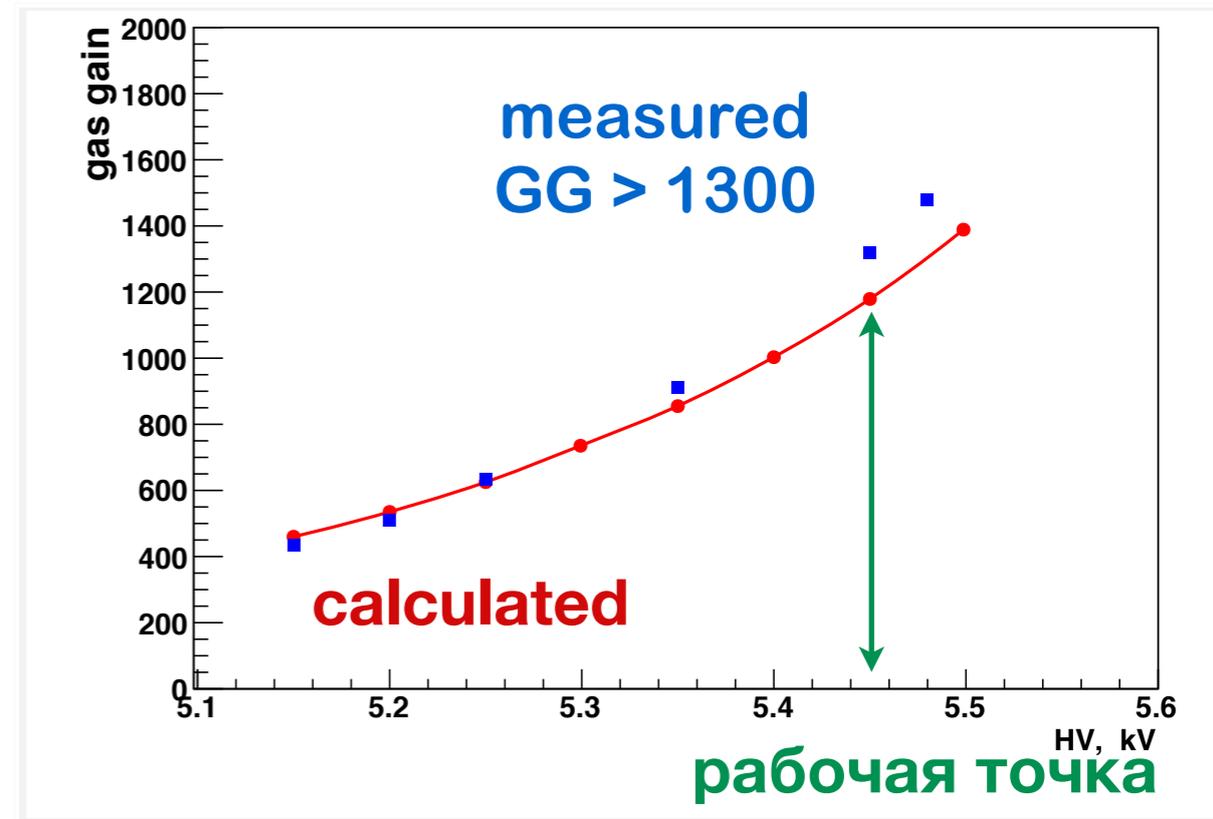
Geometry
Data

Cosmics spectrum



РЕЗУЛЬТАТЫ

- По космическим данным зависимость газового усиления от величины высокого напряжения
- Координатное разрешение камер в зависимости от величины высокого напряжения
70-150 мкм



РЕЗУЛЬТАТЫ

- По космическим данным зависимость газового усиления от величины высокого напряжения
- Координатное разрешение камер в зависимости от величины высокого напряжения **70-150 мкм**

Циркуляционная газовая система

- Стабилизация давления при на уровне **1 mbar** (стабилизация по температуре **запланировано**)
- Контроль примесей **O₂ < 10 ppm**

Электроника

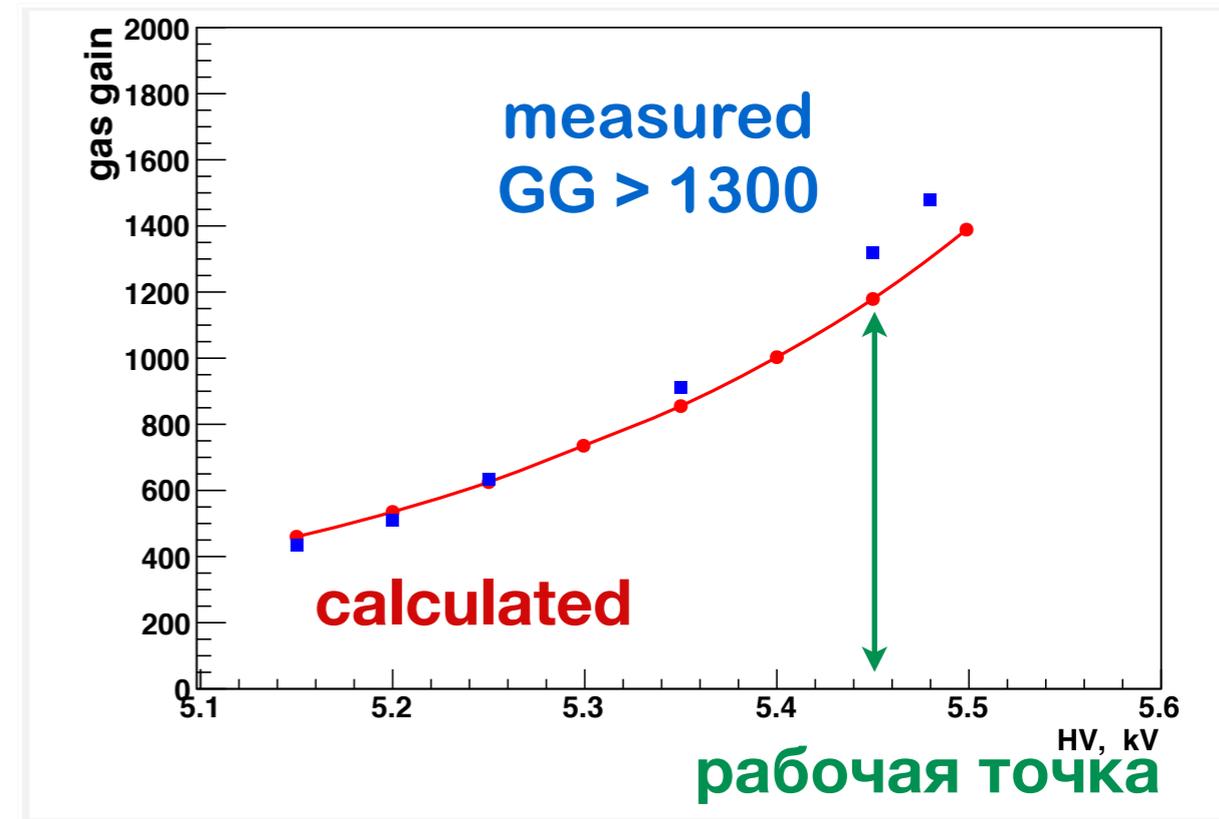
- Стабильная работа электроники: отношение сигнал/шум **~100**

Камеры

Три месяца непрерывной работы

Смены

3 месяца круглосуточный дистанционный контроль



- Космические измерения на давлении 4 бар
- Прецизионные измерения положения катодных проволок
- Monte-Carlo, GEANT4 simulation

- Полный комплект камер и электроники
при наличии ресурсов !!!
- * Сбор времяпроекционной камеры (близнец ТРС в AMBER)

The race to the proton radius solution





Спасибо за внимание!!



Back up

Иллюстрация эффекта «дырявой крыши»

