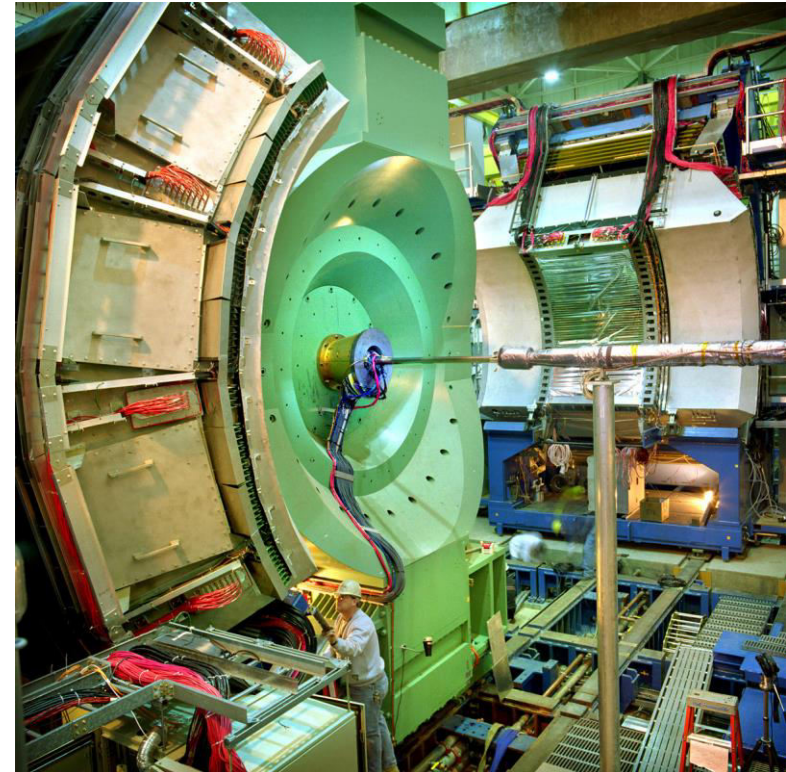
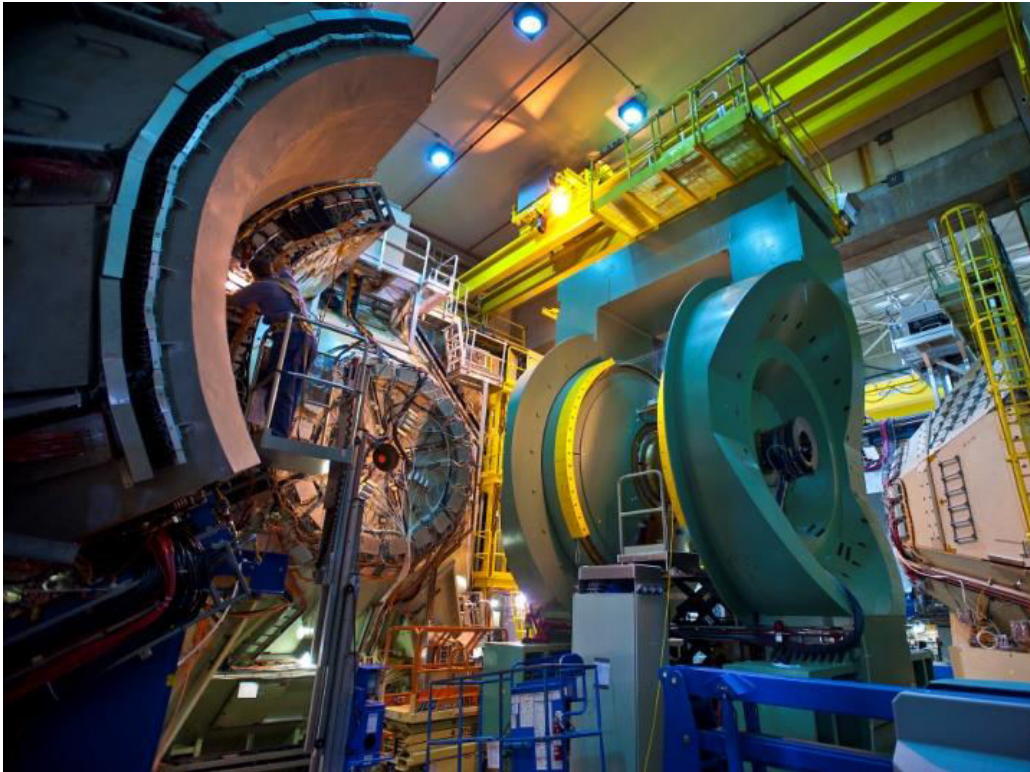
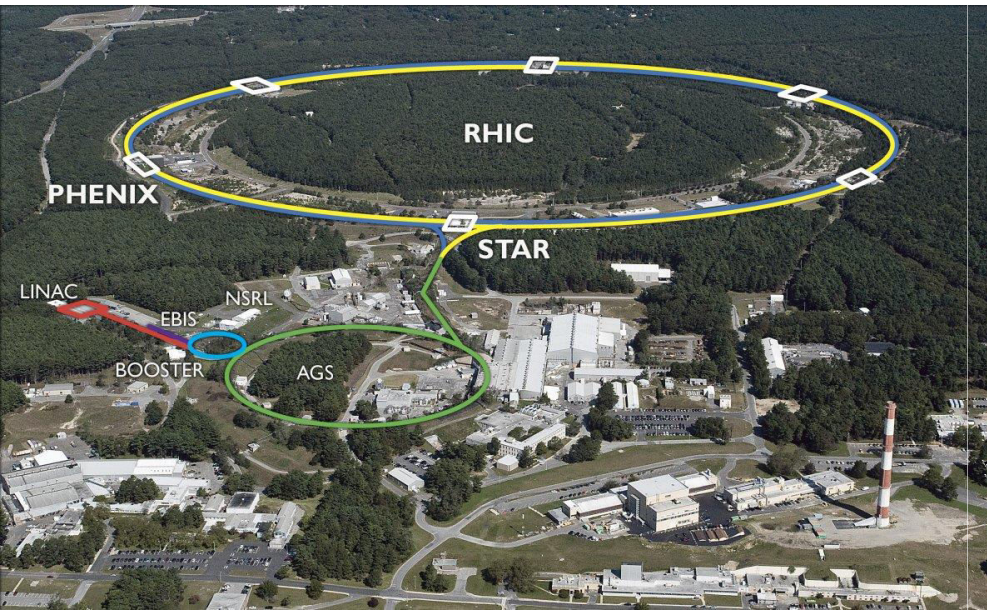


ПИЯФ в эксперименте ФЕНИКС: прошлое, настоящее и будущее

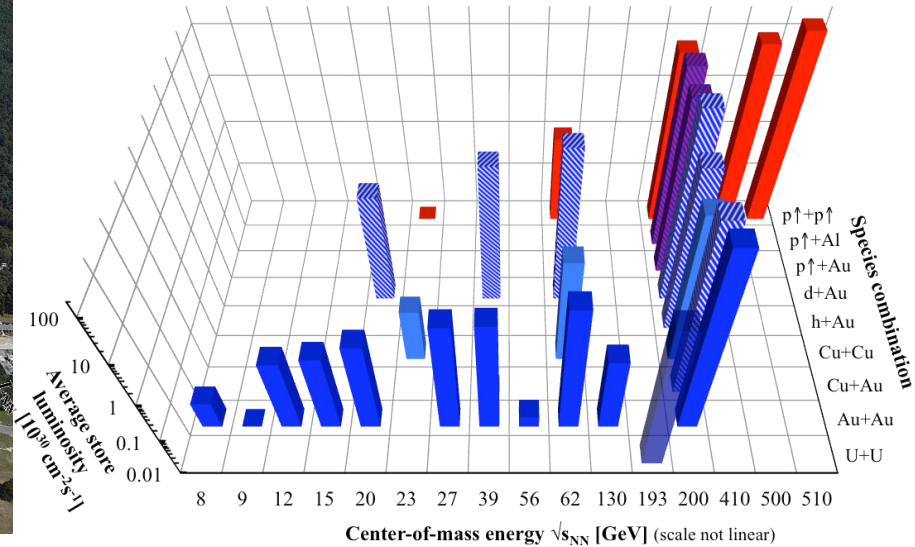
В. Рябов



Relativistic Heavy-Ion Collided (RHIC)



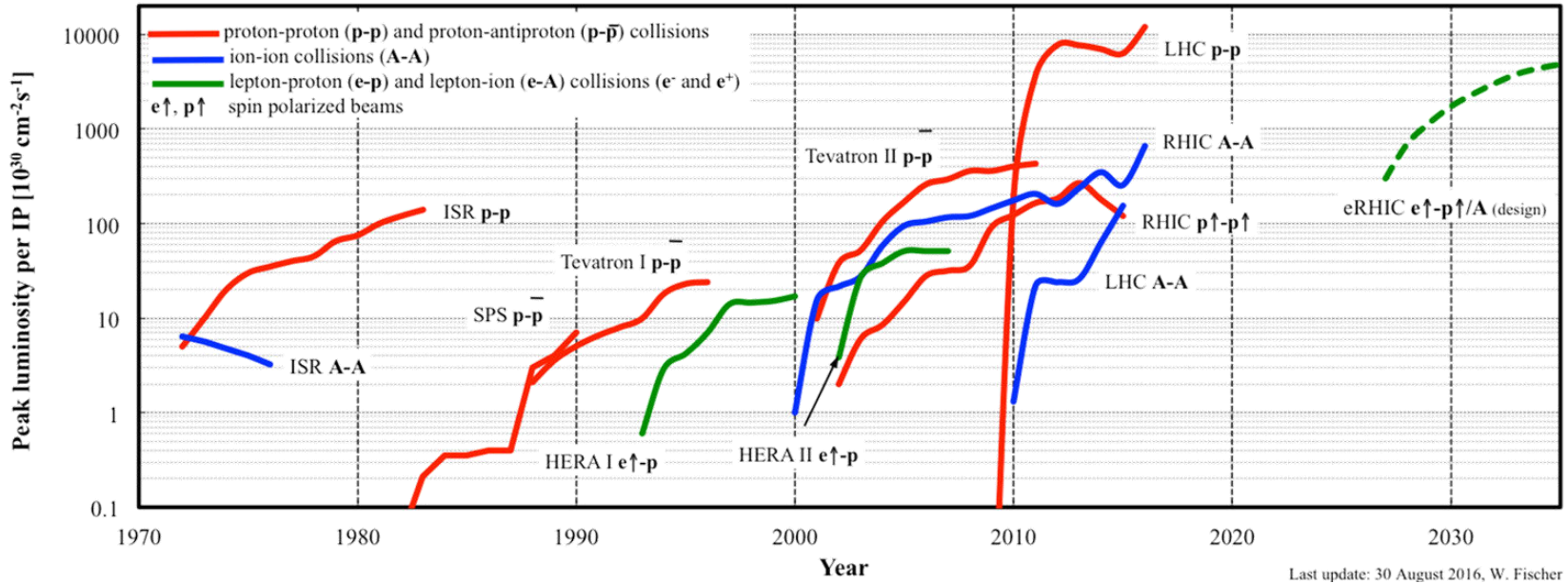
RHIC energies, species combinations and luminosities (Run-1 to 16)



- ❖ RHIC – исключительно гибкий и надежный ускоритель
- ❖ Обширная физическая программа:
 - ✓ p+p, p+A, A+A при максимальной энергии $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ (9 комбинаций)
 - ✓ программа сканирования по энергии взаимодействия (13 энергий)
 - ✓ единственный коллайдер пучков поляризованных протонов, P ~ 70%

Relativistic Heavy-Ion Collided (RHIC)

Luminosity evolution of hadron colliders

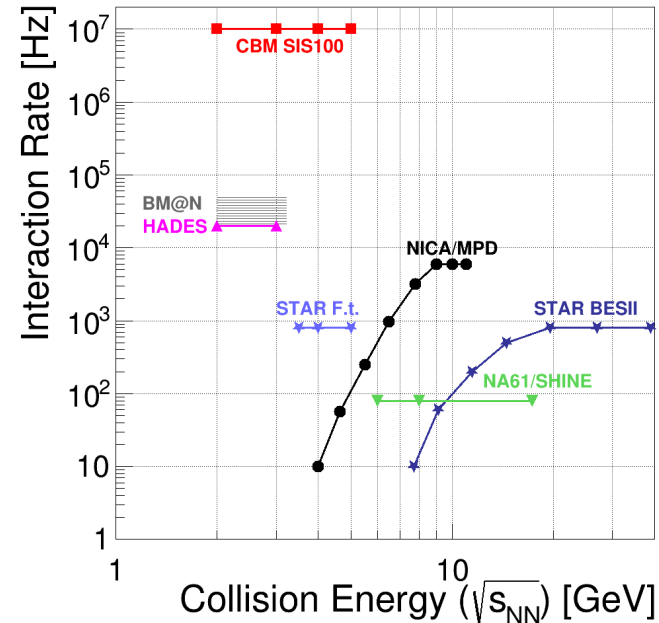


❖ Непрерывное увеличение светимости:

✓ p+p ~ $10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

✓ A+A ~ $10^{28} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

❖ Программа сканирования по энергиям имеет ограничения по накопленной светимости → необходимость в специализированных экспериментах (NICA, FAIR)



Universidade de São Paulo, Instituto de Física, Caixa Postal 66318, São Paulo CEP05315-970, Brazil
 China Institute of Atomic Energy (CIAE), Beijing, People's Republic of China
 Peking University, Beijing, People's Republic of China
 University of Zagreb, Faculty of Science, Horvatovac 102a, HR-10000 Zagreb, Croatia
 Charles University, Ovocnytrh 5, Praha 1, 116 36, Prague, Czech Republic
 Czech Technical University, Zikova 4, 166 36 Prague 6, Czech Republic
 Institute of Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Na Slovance 2,
 182 21 Prague 8, Czech Republic

Helsinki Institute of Physics and University of Jyväskylä, P.O.Box 35, FI-40014 Jyväskylä, Finland
 Dapnia, CEA Saclay, F-91191, Gif-sur-Yvette, France

Laboratoire Leprince-Ringuet, Ecole Polytechnique, CNRS-IN2P3, Route de Saclay,
 F-91128, Palaiseau, France

Laboratoire de Physique Corpusculaire (LPC), Université Blaise Pascal, CNRS-IN2P3,
 Clermont-Fd, 63177 Aubiere Cedex, France

IPN-Orsay, Université Paris Sud, CNRS-IN2P3, BP1, F-91406, Orsay, France

Debrecen University, H-4010 Debrecen, Egyetem tér 1, Hungary

ELTE, Eötvös Loránd University, H - 1117 Budapest, Pázmány P. s. 1/A, Hungary

KFKI Research Institute for Particle and Nuclear Physics of the Hungarian Academy of Sciences
 (MTA KFKI RMKI), H-1525 Budapest 114, POBox 49, Budapest, Hungary

Department of Physics, Banaras Hindu University, Varanasi 221005, India

Bhabha Atomic Research Centre, Bombay 400 085, India

Weizmann Institute, Rehovot 76100, Israel

Center for Nuclear Study, Graduate School of Science, University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo,
 Tokyo 113-0033, Japan

Hiroshima University, Kagamiyama, Higashi-Hiroshima 739-8526, Japan

*Advanced Science Research Center, Japan Atomic Energy Agency, 2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura,
 Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195, Japan*

KEK, High Energy Accelerator Research Organization, Tsukuba, Ibaraki 305-0801, Japan

Kyoto University, Kyoto 606-8502, Japan

Nagasaki Institute of Applied Science, Nagasaki-shi, Nagasaki 851-0193, Japan

RIKEN, The Institute of Physical and Chemical Research, Wako, Saitama 351-0198, Japan

Physics Department, Rikkyo University, 3-34-1 Nishi-Ikebukuro, Toshima, Tokyo 171-8501, Japan

Department of Physics, Tokyo Institute of Technology, Oh-okayama, Meguro, Tokyo 152-8551, Japan

Institute of Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

**IHEP Protvino, State Research Center of Russian Federation, Institute for High Energy Physics,
 Protvino, 142281, Russia**

**INR_RAS, Institute for Nuclear Research of the Russian Academy of Sciences, prospekt 60-letiya Oktyabrya 7a,
 Moscow 117312, Russia**

Joint Institute for Nuclear Research, 141980 Dubna, Moscow Region, Russia

National Research Nuclear University, MEPhI, Moscow Engineering Physics Institute, Moscow, 115409, Russia

Russian Research Center "Kurchatov Institute", Moscow, Russia

PNPI, Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Leningrad region, 188300, Russia

Saint Petersburg State Polytechnic University, St. Petersburg, Russia

**Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Lomonosov Moscow State University, Vorob'evy Gory,
 Moscow 119992, Russia**

Chonbuk National University, Jeonju, South Korea

Ewha Womans University, Seoul 120-750, South Korea

Hanyang University, Seoul 133-792, South Korea

Korea University, Seoul, 136-701, South Korea

Accelerator and Medical Instrumentation Engineering Lab, SungKyunKwan University,

53 Myeongnyun-dong, 3-ga, Jongno-gu, Seoul, South Korea

Myongji University, Yongin, Kyonggido 449-728, Korea

Department of Physocs and Astronomy, Seoul National University, Seoul, South Korea

Yonsei University, IPAP, Seoul 120-749, South Korea



14 countries, 75 institutions, Jan 2015

Abilene Christian University, Abilene, TX 79699, U.S.
 Department of Physics, Augustana College, Sioux Falls, SD 57197
 Baruch College, CUNY, New York City, NY 10010-5518, U.S.
 Collider-Accelerator Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973-5000, U.S.
 Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973-5000, U.S.
 University of California - Riverside, Riverside, CA 92521, U.S.
 University of Colorado, Boulder, CO 80309, U.S.
 Columbia University, New York, NY 10027 and Nevis Laboratories, Irvington, NY 10533, U.S.
 Florida Institute of Technology, Melbourne, FL 32901, U.S.
 Florida State University, Tallahassee, FL 32306, U.S.
 Georgia State University, Atlanta, GA 30303, U.S.
 University of Illinois at Urbana-Champaign, Urbana, IL 61801, U.S.
 Iowa State University, Ames, IA 50011, U.S.
 Lawrence Livermore National Laboratory, Livermore, CA 94550, U.S.
 Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, U.S.
 University of Maryland, College Park, MD 20742, U.S.
 Department of Physics, University of Massachusetts, Amherst, MA 01003-9337, U.S.
 Department of Physics, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1040
 Morgan State University, Baltimore, MD 21251, U.S.
 Muhlenberg College, Allentown, PA 18104-5586, U.S.
 University of New Mexico, Albuquerque, NM 87131, U.S.
 New Mexico State University, Las Cruces, NM 88003, U.S.
 Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge, TN 37831, U.S.
 Department of Physics and Astronomy, Ohio University, Athens, OH 45701, U.S.
 RIKEN BNL Research Center, Brookhaven National Laboratory, Upton, NY 11973-5000, U.S.
 Chemistry Department, Stony Brook University, SUNY, Stony Brook, NY 11794-3400, U.S.
 Department of Physics and Astronomy, Stony Brook University, SUNY, Stony Brook, NY 11794, U.S.
 University of Tennessee, Knoxville, TN 37996, U.S.
 Vanderbilt University, Nashville, TN 37235, U.S.
 Department of Physics and Astronomy, Howard University, 2355 6th St. NW, Washington, DC 20059, U.S.

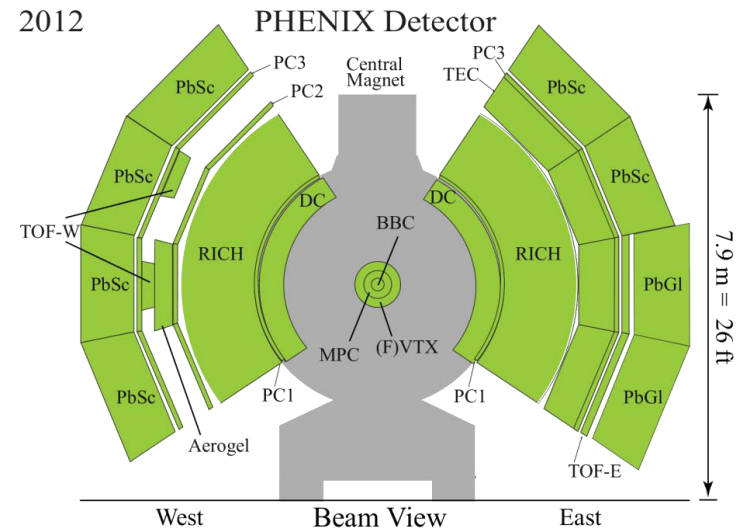
PHENIX setup

❖ Центральные спектрометры:

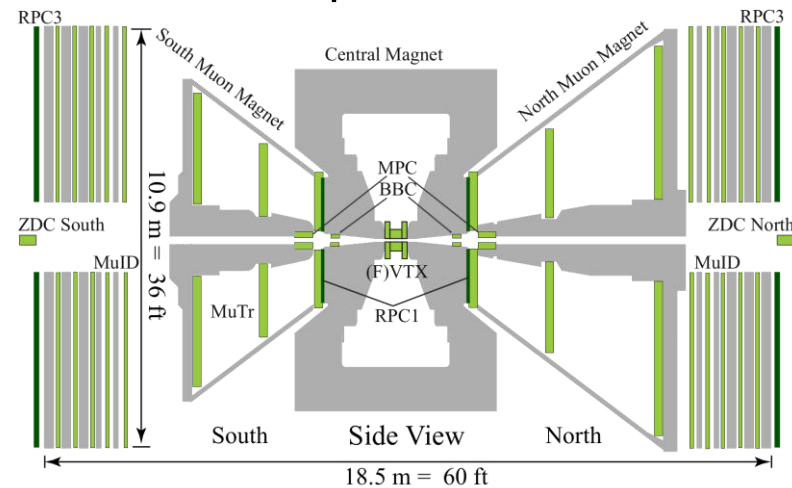
- ✓ центральный магнит (Ижорский завод)
- ✓ дрейфовые камеры (ПИЯФ, Гатчина)
- ✓ падовые камеры (PC1, PC2, PC3)
- ✓ черенковский детектор (RICH)
- ✓ электромагнитный калориметр (PbSc – ИТЭФ, PbG1 - КИ)
- ✓ TRD
- ✓ TOF
- ✓ AGEL (ОИЯФ, Дубна)
- ✓ VTX/FVTX

❖ Мюонные спектрометры:

- ✓ MuTr
- ✓ MuID
- ✓ MPC

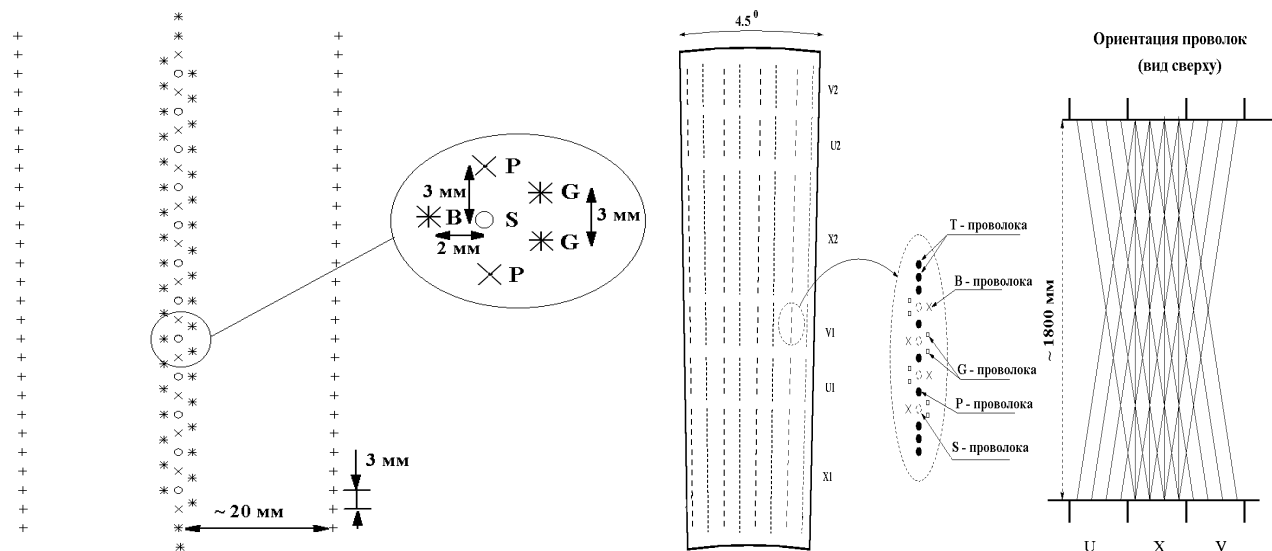
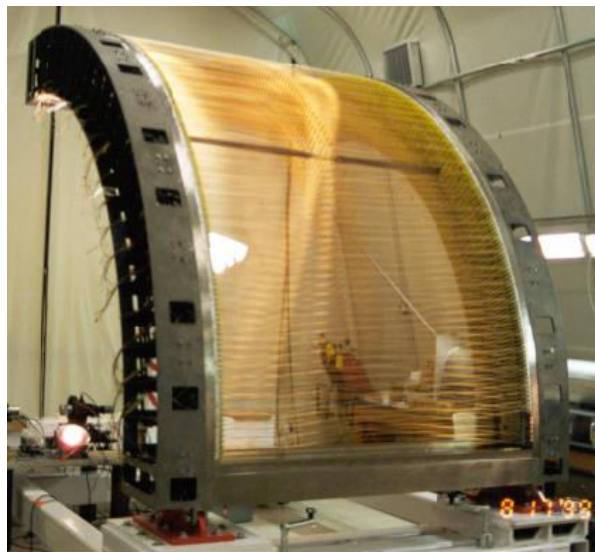


$$-0.35 < \eta < 0.35$$
$$\Delta\phi - 2 \times 90^\circ$$



$$1.2 < \eta < 2.4$$
$$\Delta\phi - 2 \times 360^\circ$$

Вклад ПИЯФ, оборудование



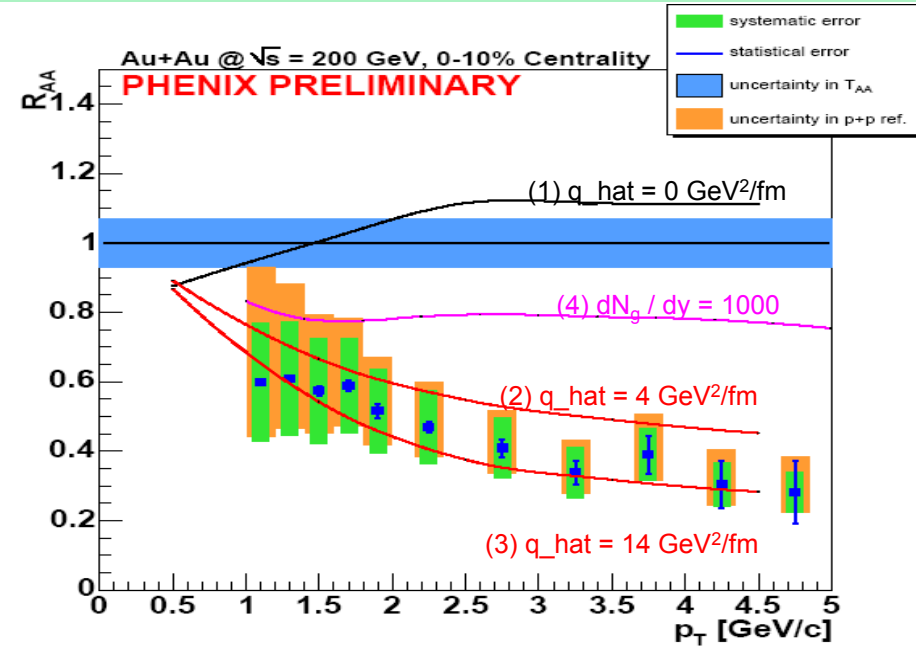
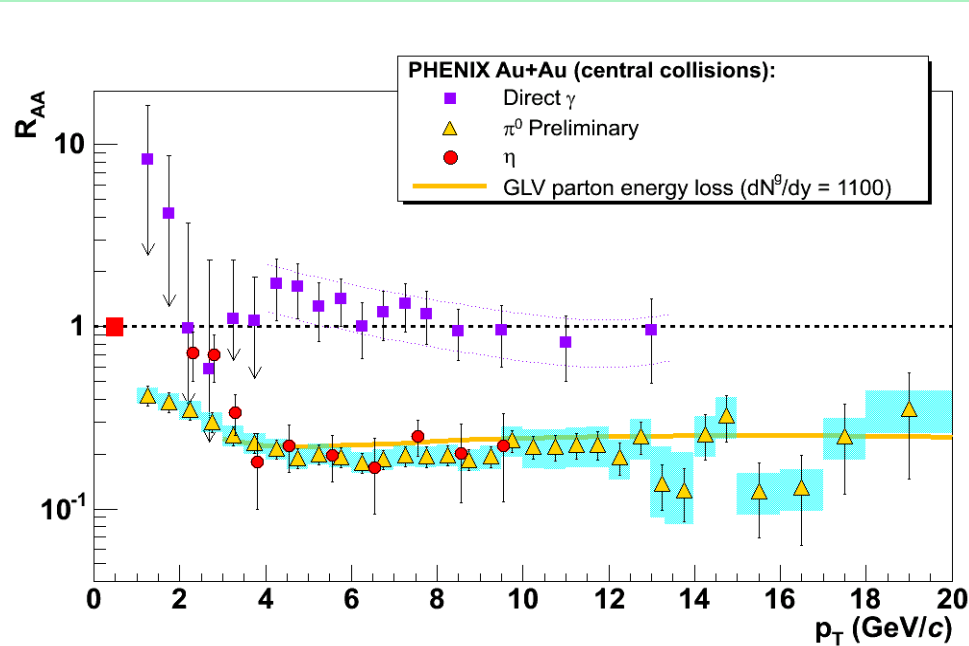
- ❖ 2 камеры: активная площадь - 2 м x 7.5 м; активный объем - 1.5 м³
- ❖ модульная конструкция детектора:
единая титановая ферма, 6x20 однотипных модулей, 2-а майларовых окон
- ❖ оригинальная проволочная структура струйного типа (~ 20,000 проволок) :
 $\sigma \sim 120 \text{ мкм}, \sigma_{\parallel} \sim 1.5\text{-}2 \text{ мм}, \sigma_z \sim 1.5 \text{ мм} \rightarrow$

$$\frac{\delta p}{p} = 0.7\% \oplus 0.9\% \cdot p [\text{ГэВ/с}]$$
- ❖ газовая смесь:
Ar + C₂H₆ в равной концентрации + 1.6 % паров изопропилового спирта
- ❖ ДК полностью удовлетворяют предъявляемым требованиям, проработали 16 лет
- ❖ Более **80%** всех физических результатов ФЕНИКС получены с использованием ДК

Discovery of sQGP

- ❖ В 2005 году (QM-2005) все коллаборации на RHIC сделали заявление об открытии нового состояния – сильновзаимодействующей КГП
- ❖ Заявление ФЕНИКС обусловлено обнаружением и измерением:
 - ✓ эффекта гашения струй
 - ✓ эллиптического потока, его n_q - масштабирования
 - ✓ выхода мягких прямых фотонов
 - ✓ подавление кваркония

Jet quenching

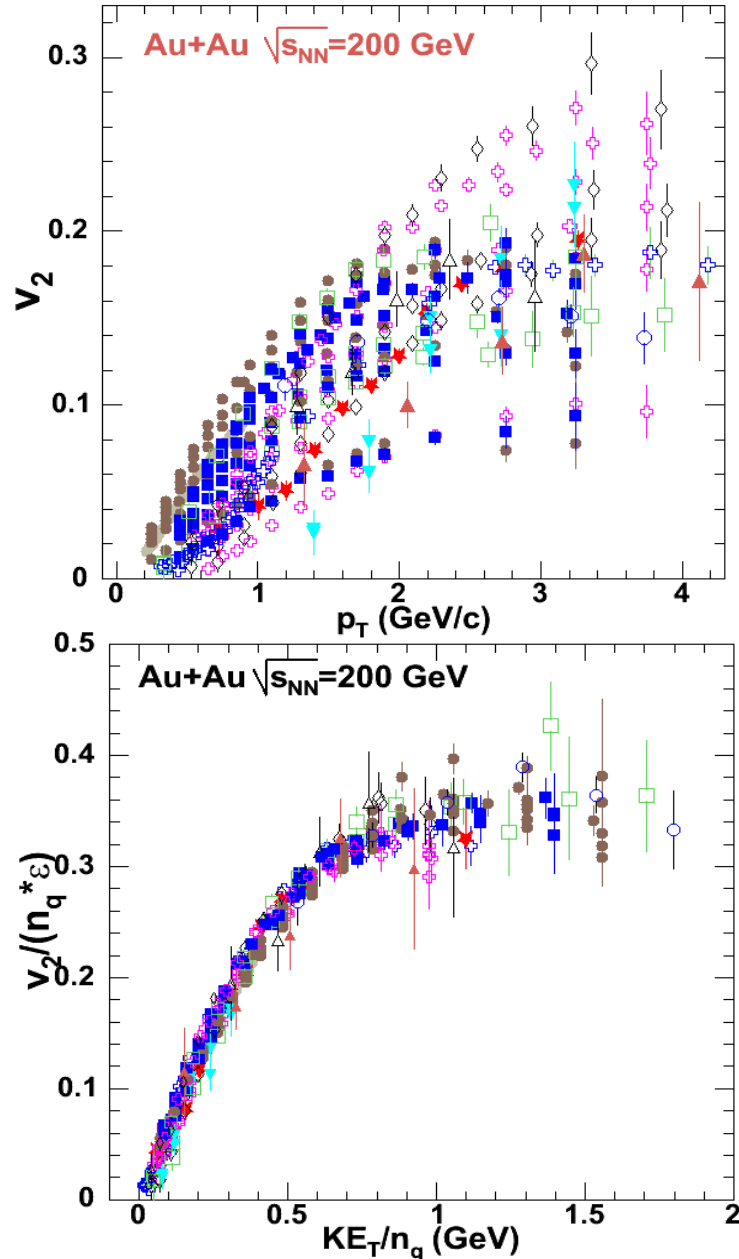


- ❖ Выход адронов сильно подавлен ($R_{AA}=0.2!$) до 20 ГэВ/с в центральных А+А
- ❖ Отсутствие подавления для γ_{direct} и адронов в р+А → эффект конечного состояния
- ❖ Одинаковое подавление для легких адронов → партонный уровень
- ❖ Тяжелые с-кварки испытывают существенные энергетические потери
- ❖ Модельное описание: $\varepsilon > 15$ ГэВ/фм³; $dN_g/dy > 1100$

→ Образующаяся среда обладает высокой глюонной плотностью

→ Начальная плотность энергии \gg необходимой для фазового перехода

Elliptic flow (v_2)



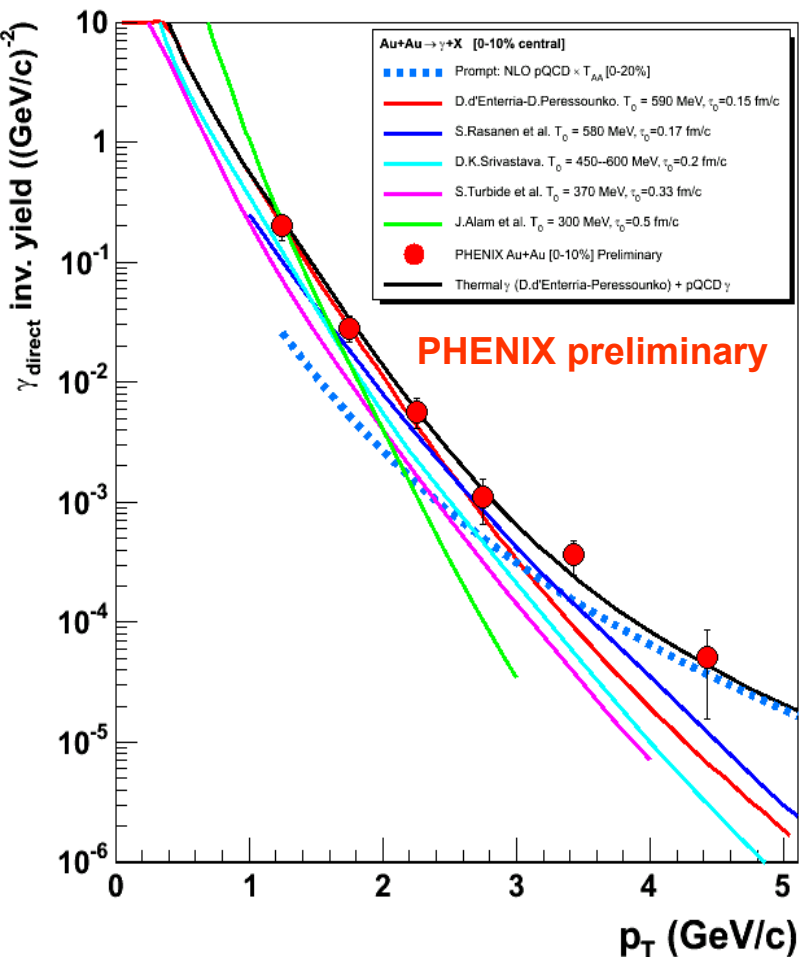
- ❖ $v_2(p_T, m)$ описывается гидродинамическими моделями, предполагающими образование **среды со свойствами идеальной жидкости** с очень малой вязкостью ($\eta/s \sim 1/4\pi$)
- ❖ Ранняя термализация ($\tau < 1$ фм/с) и высокая начальная плотность энергии ($\epsilon > 15$ ГэВ/фм³).
- ❖ Универсальность n_q - масштабирования для легких адронов
- ❖ Тяжелые кварки также участвуют в коллективном потоке, но слабее легких

→ *Равновесная среда*

→ *Идеальная жидкость, не газ*

→ *Поток развивается на партонном уровне, партонные степени свободы*

Soft direct photons

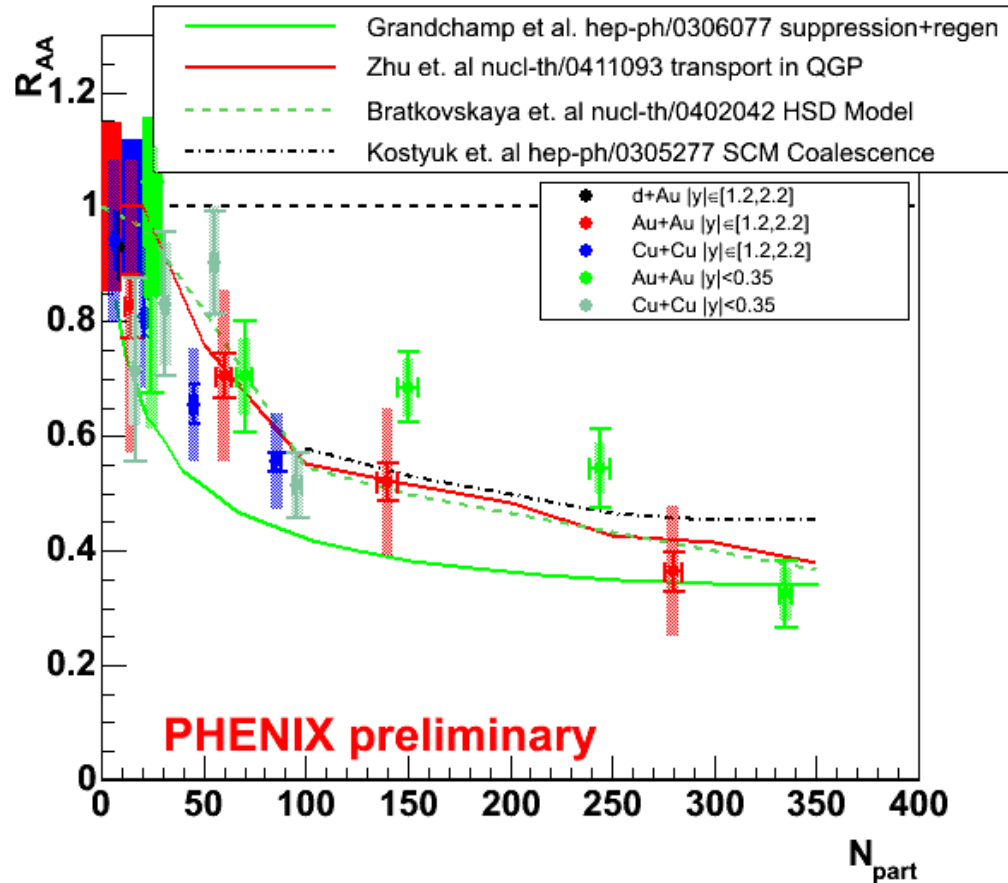


- ❖ Первое измерение выхода мягких прямых фотонов в А+А взаимодействиях
- ❖ Выход фотонов превышает $N_{\text{coll}} \cdot \text{pQCD}$
- ❖ Модели: $T_0 \sim 300\text{-}400 \text{ MeV}$

→ Начальная температура $T_0 \gg T_c$
 → Быстрая термализация ($\tau_0 \ll 1 \text{ фм/с}$)

Quarkonia

J/ψ nuclear modification factor R_{AA}



- ❖ Выход J/ψ подавлен
- ❖ Подавление не описывается CNM эффектами
- ❖ Результаты согласуются с модельными расчетами, предполагающими подавление J/ψ в плазме и их регенерацию

→ *Расплавление чармония (Дебаевская экранировка в плазме)*

Discovery of sQGP

❖ В центральных А+А взаимодействиях при энергиях RHIC образуется среда, обладающая следующими свойствами:

- ✓ быстрая термализация ($\tau_0 \ll 1$ фм/с)
- ✓ идеальная жидкость ($\eta/s \sim 1/4\pi$); сильно-связанная, не газ
- ✓ $\varepsilon > 15$ ГэВ/фм³, $T_0 \sim 300$ - 400 MeV - превышены условия для фазового перехода
- ✓ $dN_g/dy > 1100$, высокая глюонная плотность, среда не прозрачная

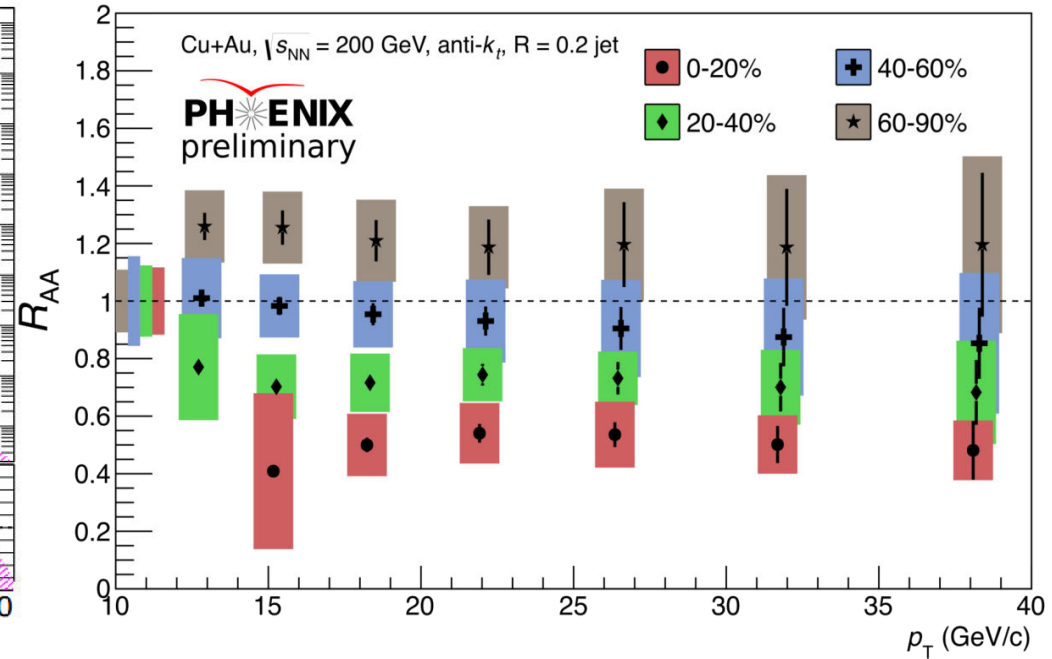
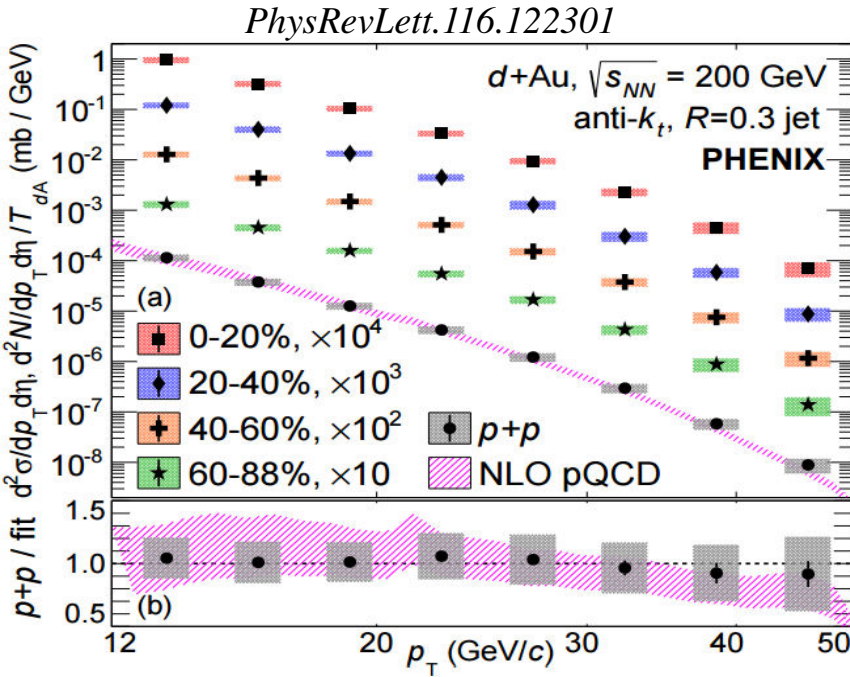
❖ Ни одно из сделанных заключений не было опровергнуто за 10+ лет, в том числе и с запуском LHC

❖ Вся дальнейшая деятельность ФЕНИКС была связана с более детальным изучением свойств образующегося состояния материи в тесном сотрудничестве с сообществом теоретиков для более полной интерпретации получаемых результатов

Достижения ПИЯФ

- ❖ Экспериментальное изучение свойств легких адронов (π , K , η , η' , ρ , ϕ , ω и т.д.)
- ❖ Новые результаты, публикации, выступления на конференциях
- ❖ Кузница кадров:
 - ✓ 4 кандидатских диссертации + 1 планируется
 - ✓ 1 докторская диссертация
 - ✓ ALICE, CBM ...
- ❖ PWG-LF, PSB (PHENIX Speaker Bureau)
- ❖ Анализ данных продолжается ...

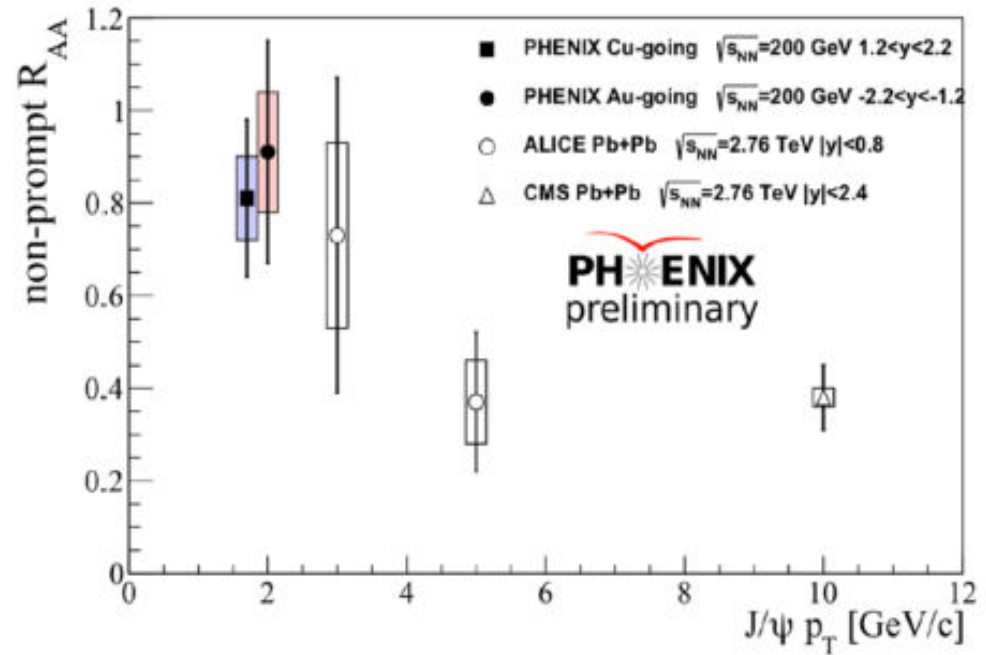
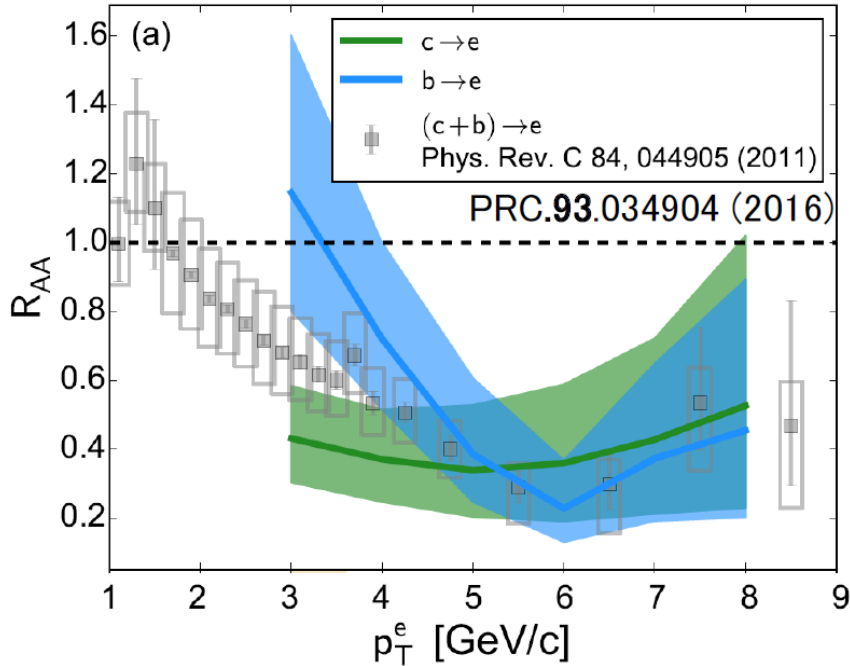
Jet production: p+p and Cu+Au @ 200 GeV



- ❖ Первые результаты по выходу струй в p+p и Cu+Au при $\sqrt{s_{NN}} = 200 \text{ ГэВ}$
- ❖ Не требуют знания функций фрагментации
- ❖ Измерения в p+p хорошо воспроизводятся NLO pQCD (NLOJET++ with NNPDF2.3)
- ❖ Рождение струй подавлено в два раза в центральных Cu+Au столкновениях; небольшой избыточный выход в периферийных взаимодействиях
- ❖ Слабая p_T зависимость для R_{AA} в области измерений (ala Pb-Pb @ 2.76 TeV, Phys.Lett. B746 (2015) 1-14)

Heavy flavor: Cu+Au, Au+Au @ 200 GeV

electrons @ mid-rapidity



- ❖ Au+Au: подавление для “b-кварков” слабее, чем “с-кварков” в области промежуточных поперечных импульсов
- ❖ Cu+Au: выход J/Ψ от распада В-мезонов подавлен слабее инклюзивных J/Ψ

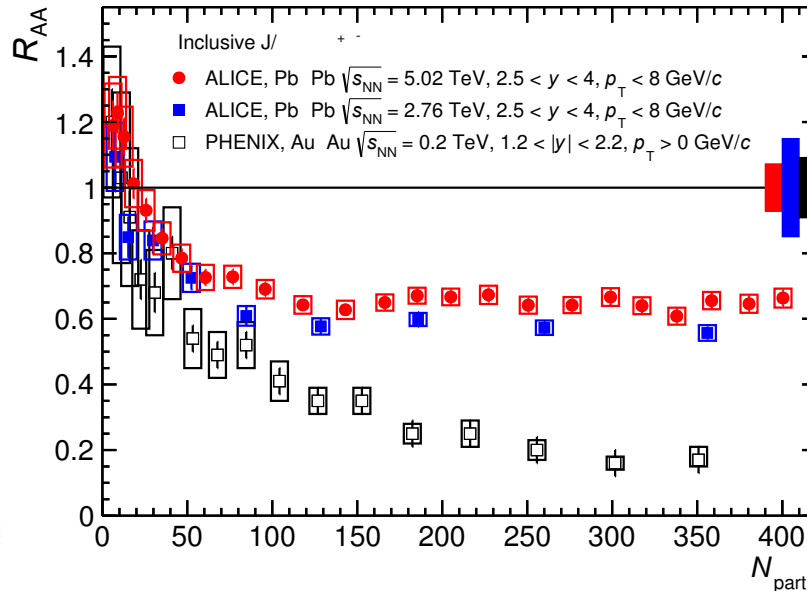
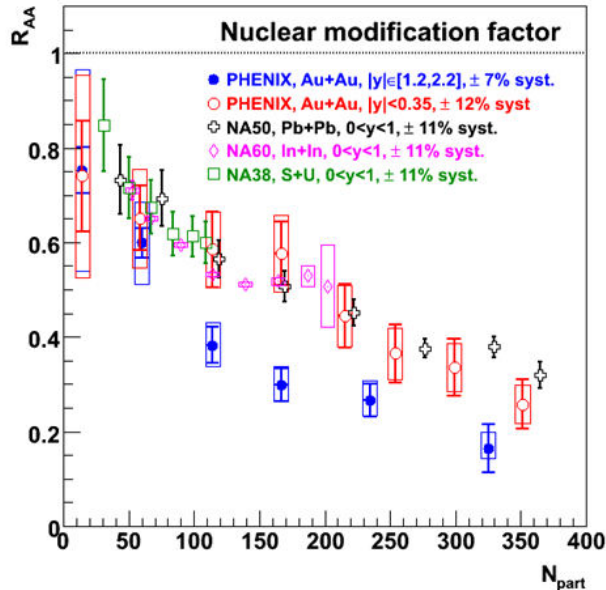
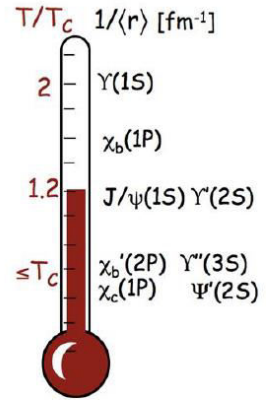
Jets: perspectives

- ❖ Принципиальные улучшения не возможны при имеющемся железе и накопленной статистике
- ❖ Что требуют теоретики:
 - ✓ измерить выход струй в $p+p$, $p+Au$, $Au+Au$
 - ✓ расширить диапазон измерений по p_T
 - ✓ уменьшить неопределенности измерений (стат. & сист.)
 - ✓ измерить $\gamma_{\text{direct}} - \text{jet}$ корреляции
 - ✓ измерить выход b-tagged струй
- ❖ Что для этого необходимо экспериментаторам:
 - ✓ Увеличение светимости пучков и скорости сбора данных (DAQ)
 - ✓ Адронный и электромагнитный калориметры, $\sim 4\pi$ аксептанс
 - ✓ Достаточный вершинный трекер (VTX)

→ *Нужна новая экспериментальная установка*

Quarkonia

- Original idea of color screening by Matsui and Satz, 1986:
 - ✓ sequential melting of quarkonium states
 - ✓ relative yield measurements can be used as QGP thermometer
- Real life turned out to be more complicated:
 - ✓ J/Ψ suppression does not increase with collision energy SPS \rightarrow RHIC \rightarrow LHC

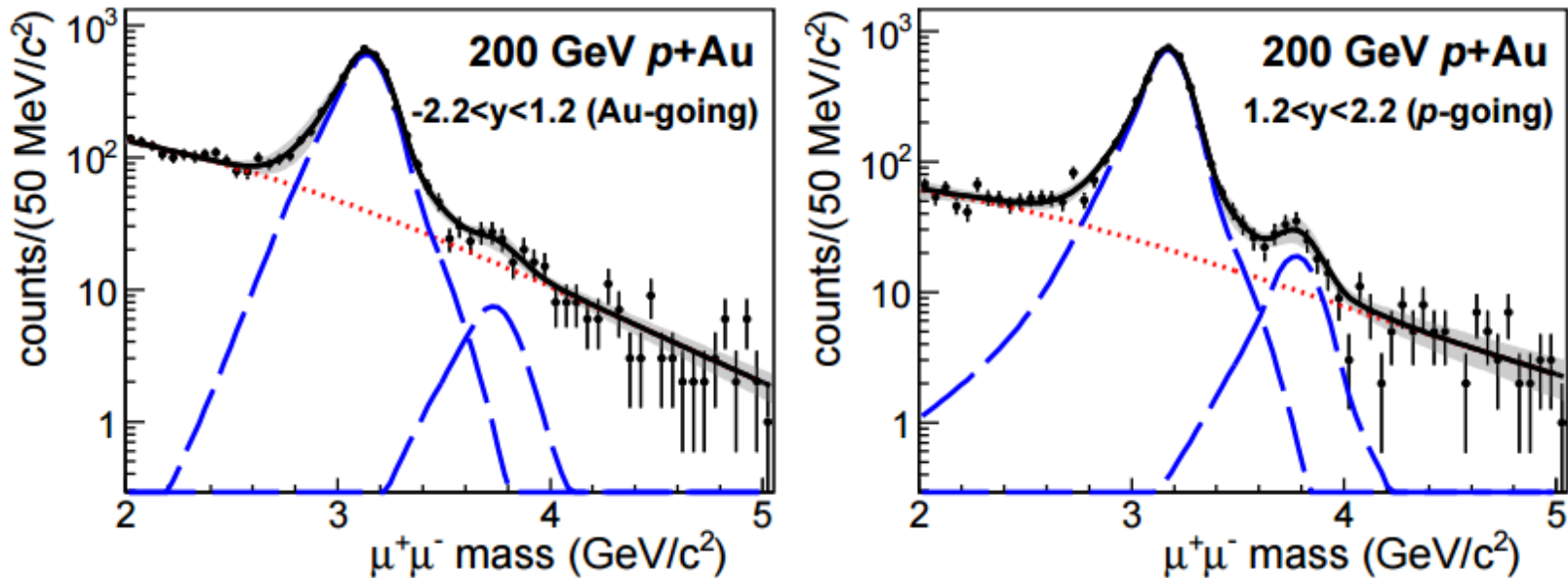


- Need to account for many effects:
 - ✓ recombination of open charm; the higher the energy the larger the contribution
 - ✓ nPDF, nuclear absorption and co-mover dissociation
- So far no agreed interpretation of results

Charmonium $p+Au$ at $\sqrt{s} = 200$ GeV

- Measurements at forward rapidity in $\mu^+\mu^-$: $1.2 < |y| < 2.2$
- J/Ψ yields are consistent between forward and backward rapidity
- Ψ' yield is suppressed at backward (Au-going) rapidity
- Similar situation in $p+Al$ and ${}^3\text{He}+Au$ collisions

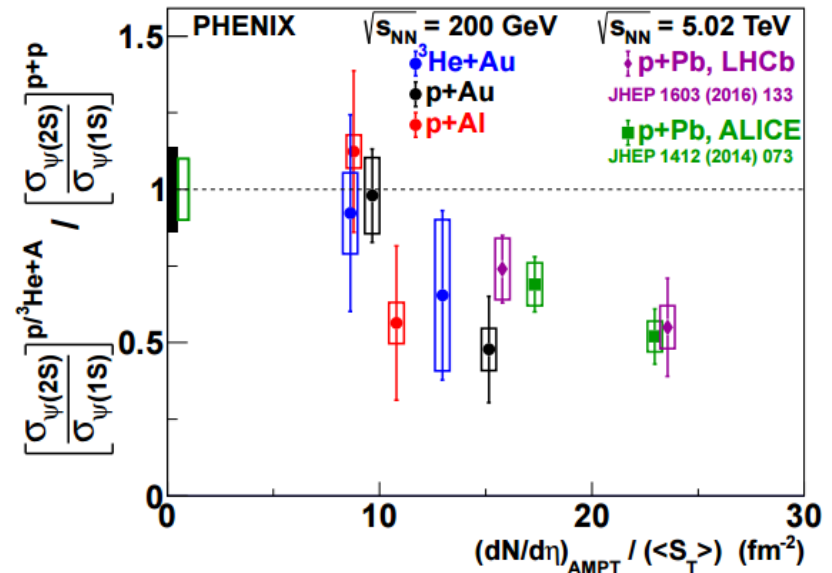
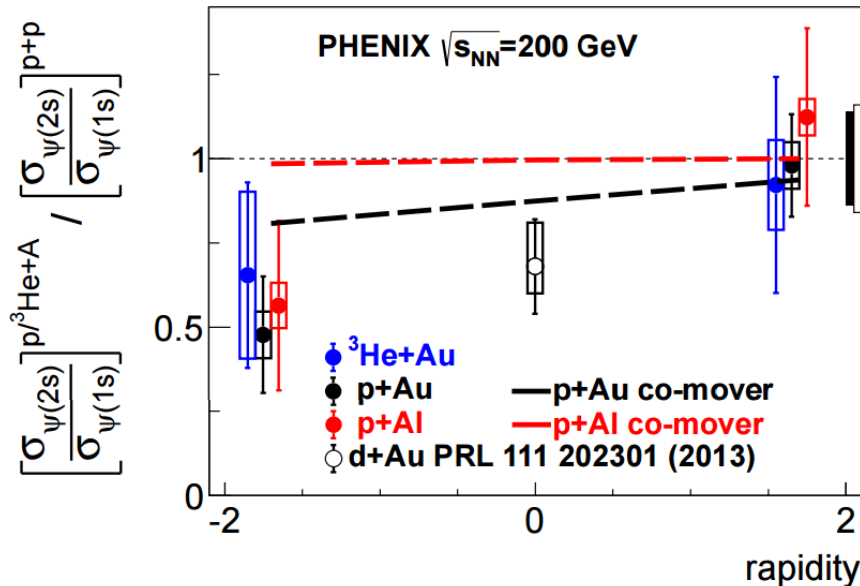
arxiv:1609.06550



J/Ψ to Ψ' ratio in small systems at $\sqrt{s} = 200$ GeV

- Double ratio, $[\Psi' / J/\Psi]_{p+A}$ to $[\Psi' / J/\Psi]_{p+p}$ cancels out systematic uncertainties
- $\Psi' / J/\Psi$ ratio is unchanged in $p(^3\text{He})$ -going direction
- $\Psi' / J/\Psi$ ratio is suppressed by a factor of ~ 2 in Au-going direction
- $\Psi' / J/\Psi$ and are $c\bar{c}$ pairs with different binding energies of ~ 640 and ~ 50 MeV
- Plotted vs. co-moving particle density shows common behavior at RHIC and the LHC
- Note suppression in p-going direction in p+Pb
- Understanding suppression due to co-movers could play a critical role in interpreting quarkonia data from A+A collisions.

arxiv:1609.06550



Quarkonia: perspectives

- ❖ Интерпретация результатов для чармония проблематична из-за большого числа эффектов, существенно влияющих на выход частиц
- ❖ Что требуют теоретики:
 - ✓ Измерить выходы $\Upsilon(1S, 2S, 3S)$ как менее подверженные различным эффектам
 - ✓ Измерить выход B -мезонов
- ❖ Что для этого необходимо экспериментаторам:
 - ✓ Увеличение светимости пучков и скорости сбора данных (DAQ)
 - ✓ Трековую систему, электромагнитный калориметр, PID, $\sim 4\pi$ аксептанс
 - ✓ Достаточный вершинный трекер (VTX)

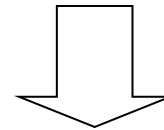
→ *Нужна новая экспериментальная установка*

Новые физические задачи

- ❖ Исследование микроскопической структуры КГП
- ❖ Изучение струй:
 - ✓ подавление струй и лидирующих адронов
 - ✓ HF-tagged струи
 - ✓ измерение выхода γ_{direct} и $\gamma_{\text{direct-jet}}$ корреляций
 - ✓ функции фрагментации при $z_T \sim 1$
- ❖ Тяжелые ароматы:
 - ✓ выход c и b при $p_T \gg 1$
 - ✓ Подавления боттомония
- ❖ Измерения необходимы в $p+p$, $p+\text{Au}$ и $\text{Au}+\text{Au}$ столкновениях @ 200 ГэВ



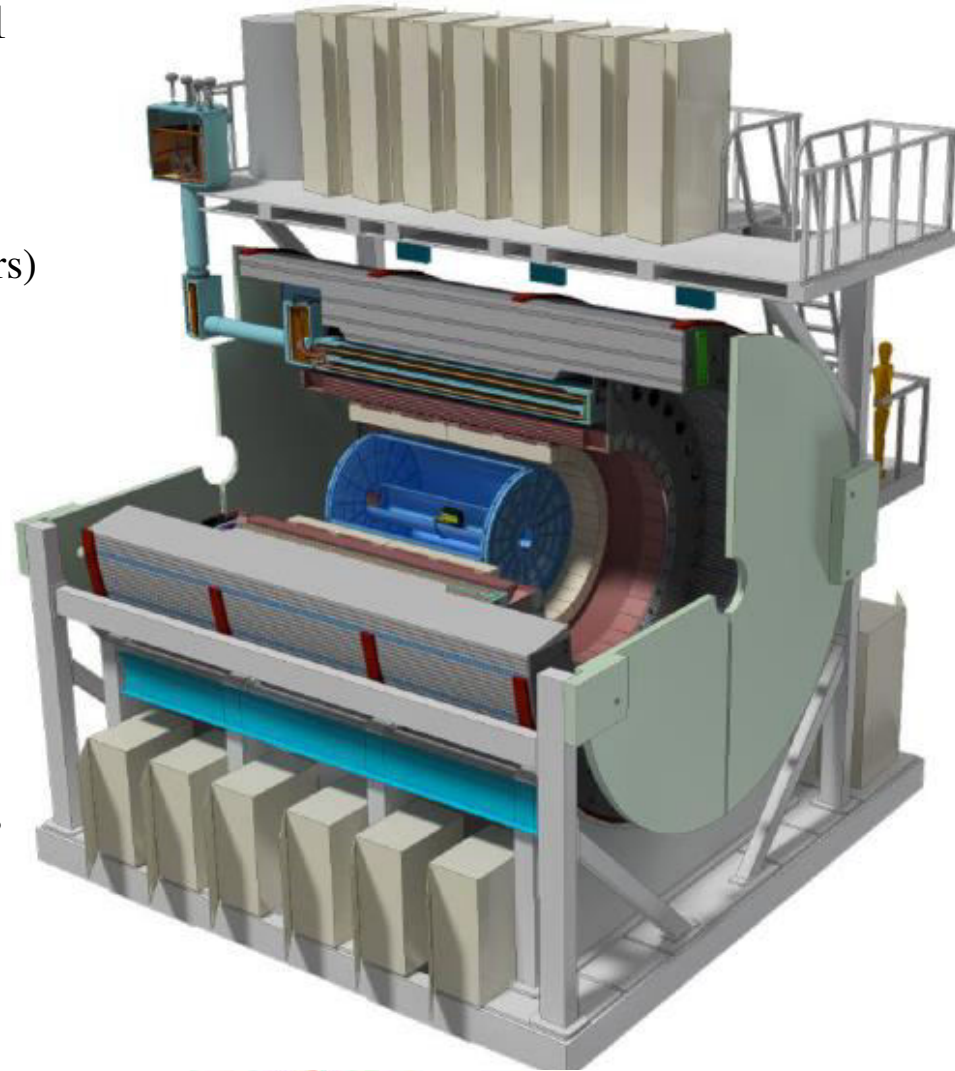
The 2015
LONG RANGE PLAN
for NUCLEAR SCIENCE



There are two central goals of measurements planned at RHIC, as it completes its scientific mission, and at the LHC: **(1) Probe the inner workings of QGP by resolving its properties at shorter and shorter length scales. The complementarity of the two facilities is essential to this goal, as is a state-of-the-art jet detector at RHIC, called sPHENIX. (2) Map the phase diagram of QCD with experiments planned at RHIC.**

Концепция sRHENIX

- ❖ Однородный акseptанс: $0 < \phi < 2\pi$; $|\eta| < 1.1$
- ❖ 1.5 Т сверхпроводящий соленоид (BaBar)
- ❖ Трекинг (0.2 - 40 ГэВ/с):
 - ✓ VTX: MAPS (Monolithic Active Pixel Sensors)
 - ✓ Промежуточный трекер: silicon strips
 - ✓ Внешний трекер: TPC
- ❖ Калориметрия:
 - ✓ EMCal: tungsten-scintillating fiber (W/ScFi)
 - ✓ Внутренний адронный калориметр
 - ✓ Внешний адронный калориметр; также используется как возвратное ярмо
- ❖ Возможность добавления мюонного плеча, fsRHENIX
- ❖ Коллаборация sRHENIX создана на основе коллаборации RHENIX, большой опыт и поддержка
- ❖ Первые данные ожидаются в 2022 году



sPHENIX Calendar – Many Reviews

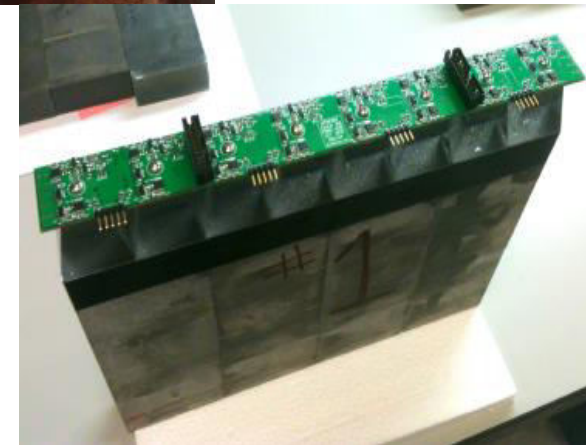
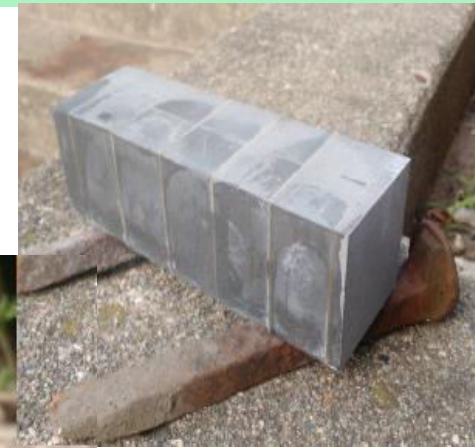
- sPHENIX Proposal submitted to DOE Fall 2012
- **DOE Science Review 1** July 2014
- Revised Proposal Nov 2014
- **Internal Rev of SC-magnet** Dec 2014
- **Internal Rev of Decommissioning and Installation** Jan 2015
- **Internal Rev of HCal** Feb 2015
- BaBar magnet arrives at BNL Feb 2015
- **Internal Rev of Calorimeter Electronics** Mar 2015
- **DOE Science Review 2** April 2015
- Org Meeting to form new sPHENIX collaboration Jun 2015
- **Internal Rev of EMCal** Aug 2015
- **BNL-charged Cost and Schedule Review** Nov 2015
- Formation of new collaboration Dec 2015
- Election of Spokespersons/Executive Council Jan-Apr 2016
- **Internal Rev of TPC/Tracker** Jun 2016
- **Internal Review of MAPs-vertex/Tracker** Jul 2016
- **BNL-Charged Tracker review** Sept 2016

Projected Future sPHENIX Schedule

CD-0	Fall 2016
Director's Cost and Schedule Review	Nov-Dec 2016
Test Beam at FNAL(2nd round prototyping)	Jan 2017
OPA-CD-1/CD-3a Review	May-Jun 2017
CD-1/CD-3a authorization	Nov-Dec 2017
All Preproduction R&D and Design complete	May-Jun 2018
OPA- CD-2/CD-3b review	May-Jun 2018
CD-2/CD-3b authorization	Jul-Aug 2018
sPHENIX Installed, cabled, ready to commission	Apr 2021
First RHIC beam for sPHENIX	Jan 2022

EMCal для sPHEENIX

- ❖ Расположение: $R = 90\text{-}116$ см; $\Delta\phi < 2\pi$, $|\eta| < 1.1$
- ❖ Разрешение: $15\% / \sqrt{E}$
- ❖ Конструкция:
 - ✓ 0.47 мм Sc волокна
 - ✓ 1 мм расстояние между волокнами
 - ✓ Эпоксидная смола, наполненная W пудрой
 - ✓ Плотность ~ 10 г/см³
 - ✓ $X_0 \sim 7$ мм $\rightarrow 18 X_0$
- ❖ Чтение: световоды и SiPM
- ❖ Сегментация: $\Delta\eta \times \Delta\phi \sim 0.025 \times 0.025$



HCAL для sPHEENIX

❖ Наклонные плоскости:

- ✓ Стальной поглотитель
- ✓ Sc плиты с WLS фиберами

❖ Разрешение: $100\% / \sqrt{E}$

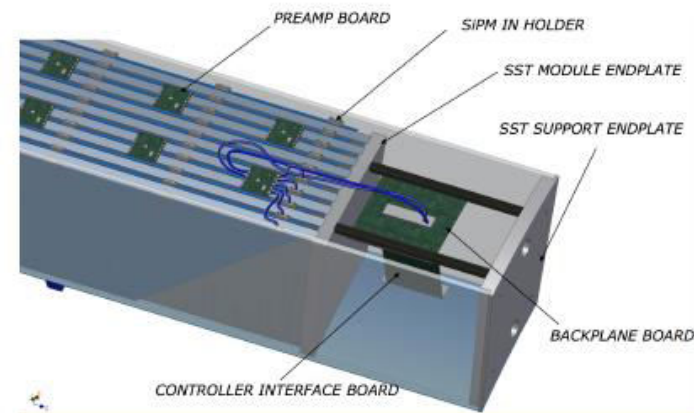
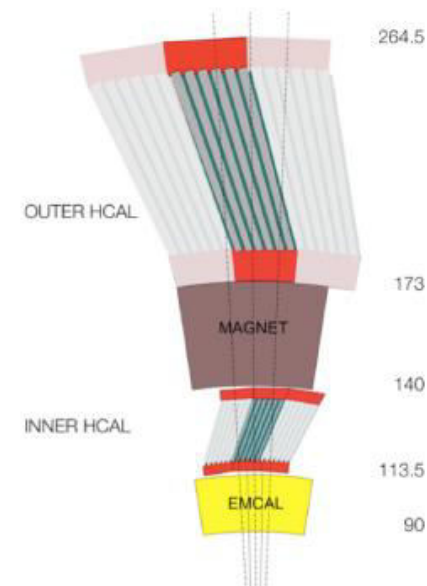
❖ Внутренний HCAL:

- ✓ Внутри соленооида
- ✓ Толщина ~ 1 длины взаимодействия

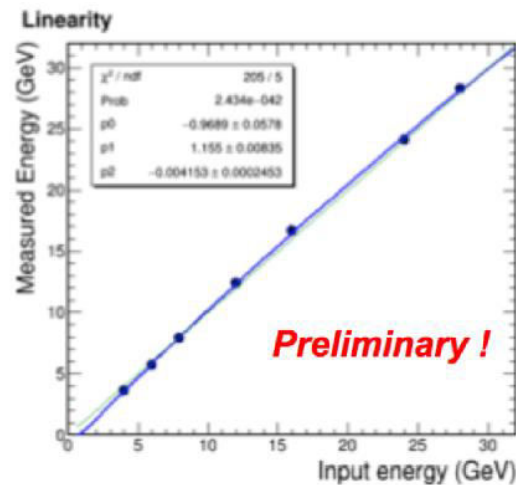
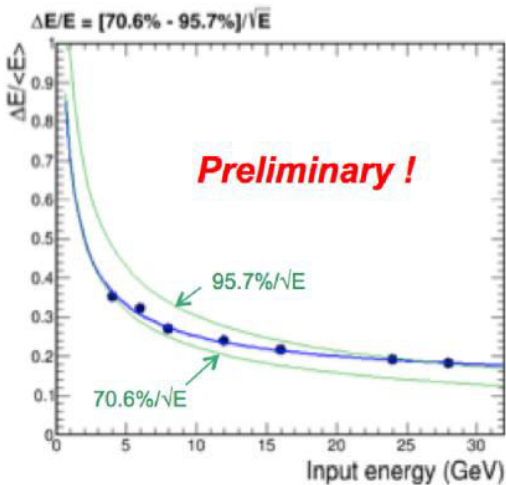
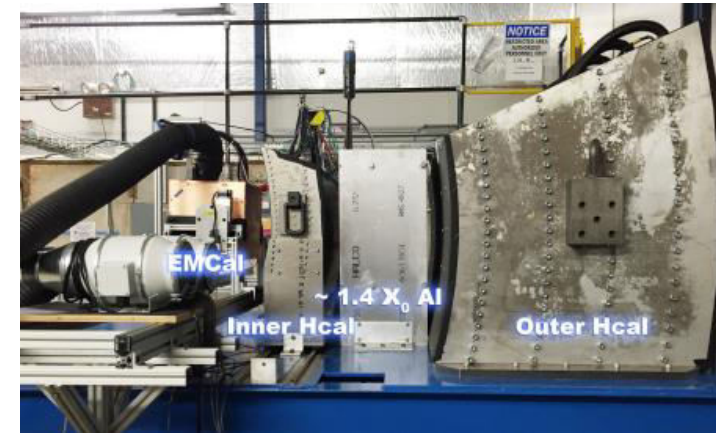
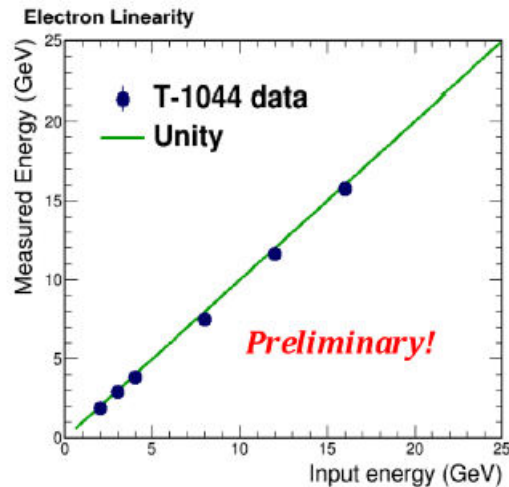
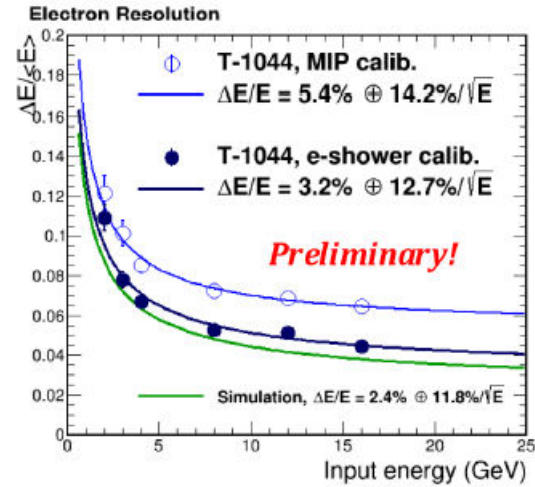
❖ Внешний HCAL:

- ✓ Используется как ярмо
- ✓ Толщина ~ 4 длины взаимодействия

❖ Чтение: SiPM



Тестирование EMCal и HCal пучках

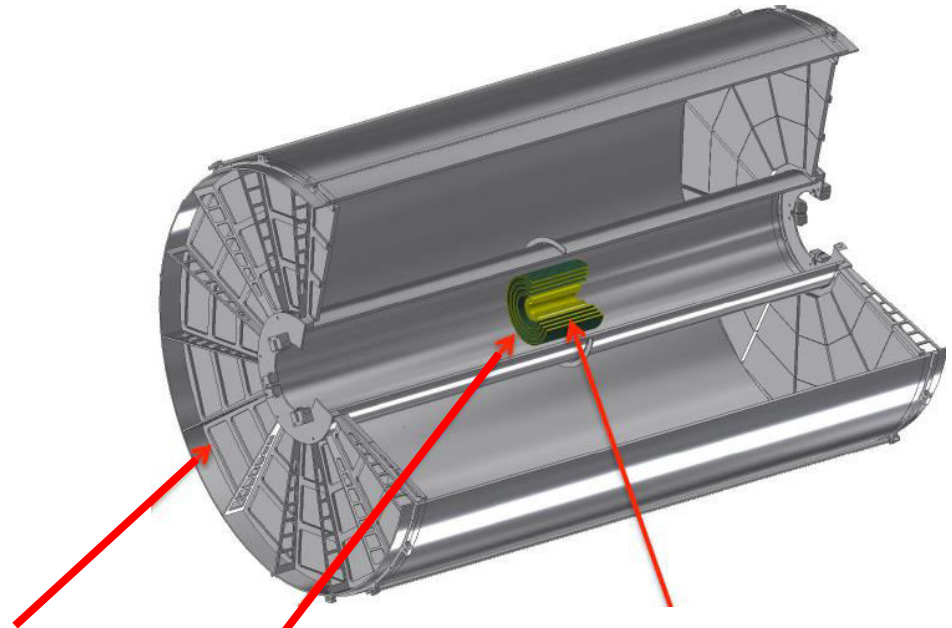


- ❖ 8x8 башни EMCa
- ❖ 4x4 башни HCal
- ❖ 4 недели пучкового времени, FNAL Test Beam Facility

- ❖ Достигнуты и превышены проектные значения по разрешению и линейности
- ❖ Измерения в основном подтвердили результаты Монте-Карло моделирования

Центральный трекер

- ❖ Восстановление треков: $\Delta\phi < 2\pi$, $|\eta| < 1.1$, $0.2 < p_T$ (ГэВ/c) < 40
- ❖ DAQ ~15 кГц
- ❖ Y разрешение по массе ~ 1%
- ❖ Прозрачность
- ❖ $DCA_{xy} < 70$ мкм



TPC:

- непрерывное считывание
- $R = 20-78$ см
- BNL & SUNY funding for development

Промежуточный трекер:

- silicon strips: FPHX Chip
(108 identical ladders each 2×24 cm²,)
- 4 слоя: 6, 8, 10, 12 см
- In kind contribution from RIKEN

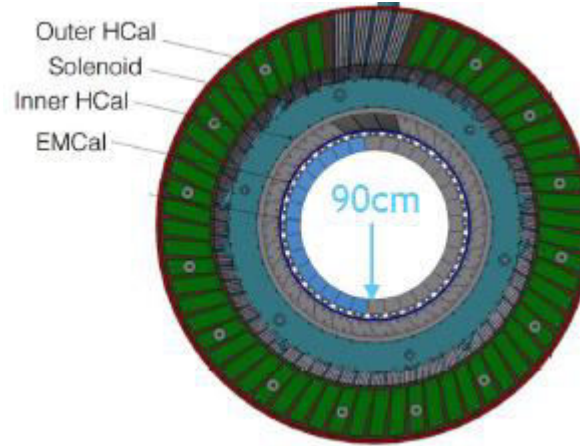
VTX:

- MAPS (ALICE ITS IB: ALPIDE sensors, 28×28 um pitch, 99.9% efficiency, 2-4 usec integration time)
- 3 слоя: 2.3, 3.1, 3.9 см
- LANL funding for development
- funded by consortium

Концепция ТРС

❖ Механические требования:

- ✓ EMCal, $R_{\min} = 90$ см
- ✓ $|\eta| < 1.1$;
- ✓ Length ~ Diameter

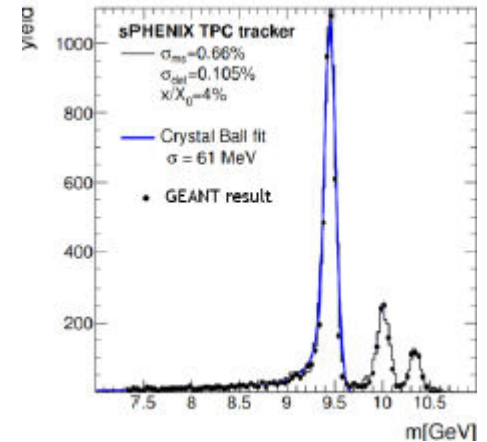


❖ Физические требования:

- ✓ 1% разрешение по массе $\rightarrow \sigma_{r\phi} < 250$ мкм

❖ Набор данных:

- ✓ максимальные светимости RHIC-II
- ✓ 50-100 кГц, 15 кГц при $|z_{\text{vtx}}| < 10$ см



→ *Gateless TPC*

→ *Координатные детекторы с минимальным IBF (MPGD), быстрые смеси (Ne, He)*

→ *Непрерывное считывание (границы событий определяются офлайн)*

Коллаборация ТРС

Collaborating Institutions and Technical Experience

Stony Brook University

Faculty

Postdocs

Grad Students

Electrical Engineer (retired)

AGS experiments Tracking, PHENIX Tracking, PHENIX HBD, ILC TPC, generic TPC R&D

A steady stream of undergrads

Brookhaven National Laboratory

AGS Tracking, PHENIX Tracking, LEGS TPC, generic TPC R&D

T2K Gas

Small TPC w/ Chevrons

TPC hit pixels ~ track

Cherenkov hit pads

PNPI

PHENIX Tracking, ALICE muons, CMS, CBM, ...

Vanderbilt University

Faculty

Postdoc

Grad Students

AGS experiments Tracking, PHENIX Tracking

PHENIX-MRPC: Detail

Weizmann Institute of Science

Faculty

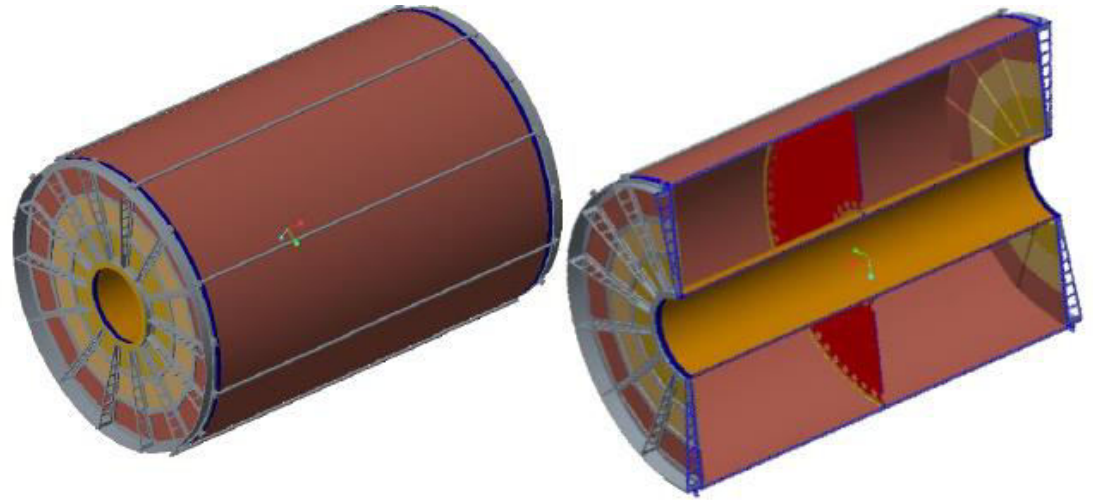
PHENIX Tracking, PHENIX HBD, generic TPC R&D



Вклад ПИЯФ

❖ Трековые станции разбиты на три сектора по радиусу и 12 секторов по азимутальному углу

❖ Коллаборация sPHENIX предложила ПИЯФ принять участие в разработке и создании трековых станций одного из типов (по радиусу)



❖ Учитывая опыт и отношения, сложившиеся в коллаборации, представляется целесообразным участие ПИЯФ в создании ТРС.

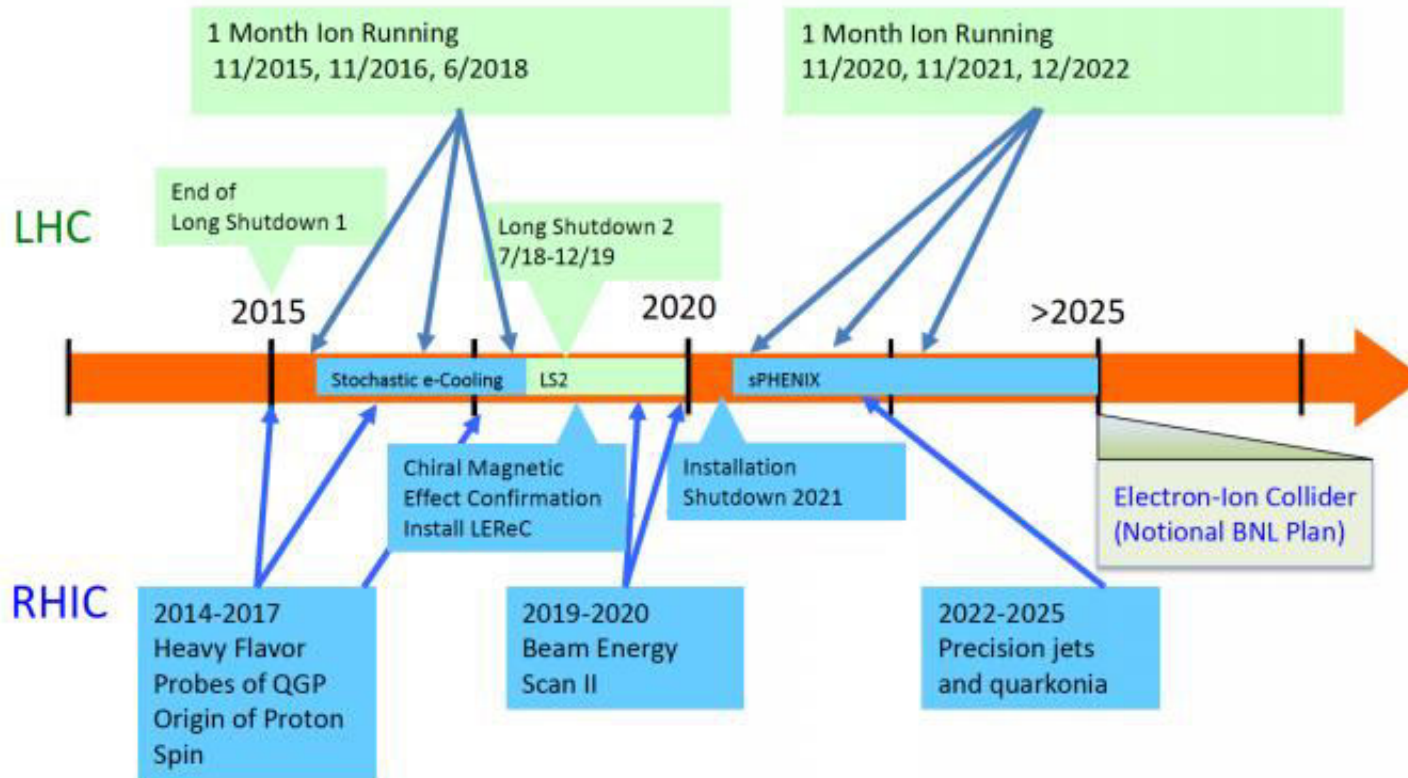
❖ Такое участие требует проведения в ПИЯФ в течение 3-х лет следующих работ:

- ✓ расчеты с целью оптимизации технологии детекторов и выбора рабочей газовой смеси;
- ✓ подготовить сборочный участок с условиями повышенной чистоты;
- ✓ оснастить участок оборудованием и материалами, необходимыми для создания и тестирования прототипов;
- ✓ создать стенд для проведения тестовых испытаний прототипов, обладающий набором радиоактивных источников ионизирующих излучений, системой приготовления различных газовых смесей, системой подачи высокого напряжения, системой точных механических перемещений для проведения калибровочных измерений, необходимой электроникой считывания и отображения информации.

“...we anticipate that the features and experience gained with this device might provide the basis for a “day-1” detector at a future EIC, independent of where the new facility will be sited. It is envisioned that this new collaboration will consider the possible evolution toward such a detector as part of its mission.”

--Berndt Mueller

RHIC / LHC Timeline

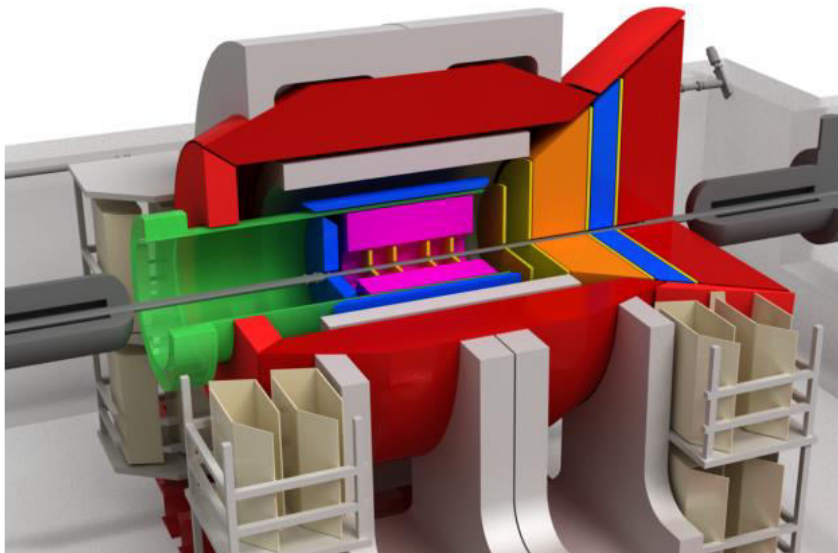


Фундаментальные задачи eIC

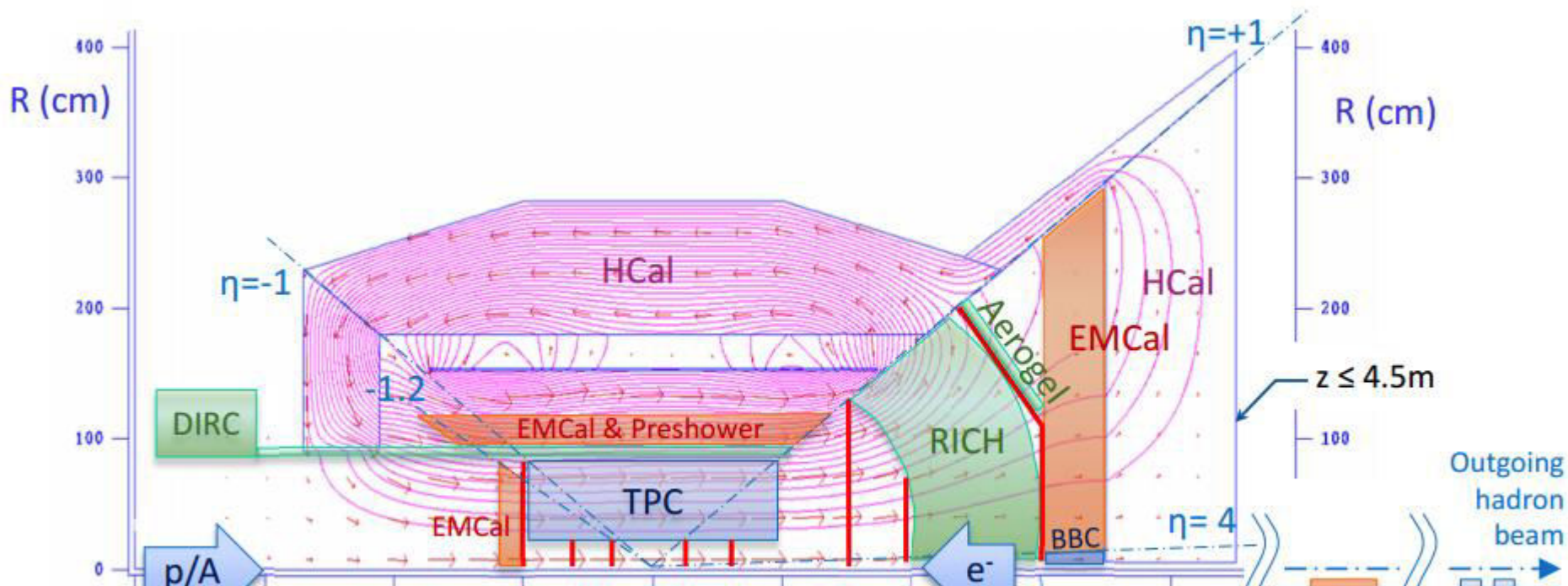
The EIC is designed to address several important question that are described in detail in the recent EIC White Paper [3]. Quoting from the White Paper, these questions are reproduced here:

- **How are the sea quarks and gluons, and their spins, distributed in space and momentum inside the nucleon?** How are these quark and gluon distributions correlated with overall nucleon properties, such as spin direction? What is the role of the orbital motion of sea quarks and gluons in building the nucleon spin?
- **Where does the saturation of gluon densities set in?** Is there a simple boundary that separates this region from that of more dilute quark-gluon matter? If so, how do the distributions of quarks and gluons change as one crosses the boundary? Does this saturation produce matter of universal properties in the nucleon and all nuclei viewed at nearly the speed of light?
- **How does the nuclear environment affect the distribution of quarks and gluons and their interactions in nuclei?** How does the transverse spatial distribution of gluons compare to that in the nucleon? How does nuclear matter respond to a fast moving color charge passing through it? What drives the time scale for color neutralization and eventual hadronization?

Концепция eRHENIX

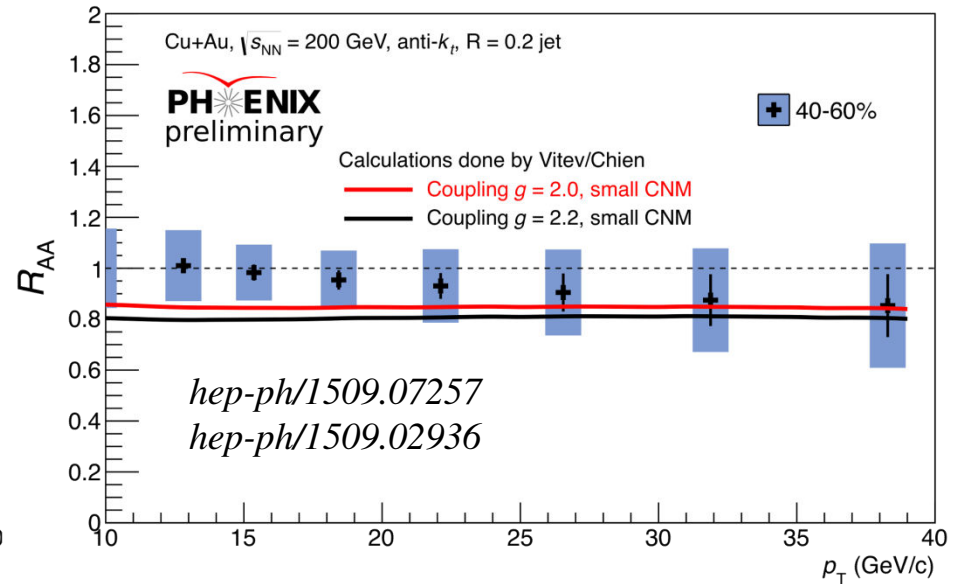
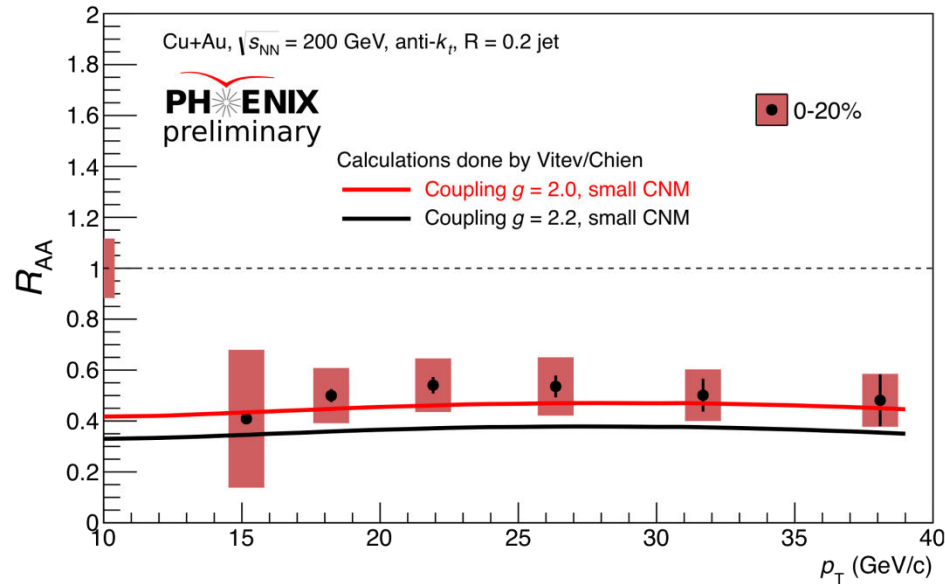


- ❖ eRHENIX детектор построен на основе sRHENIX с добавлением форвардного плеча
- ❖ Участие в sRHENIX может стать мостом к участию в дальнейших обновлениях ускорителя и экспериментальной базы



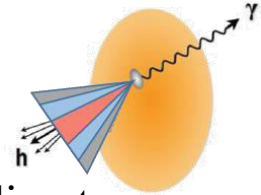
BACKUP

Jet production in Cu+Au: model comparison



- ❖ Измерения для струй согласуются с измерениями для лидирующих адронов
- ❖ Подтверждают предположение об энергетических потерях жестко-рассеянных партонов
- ❖ Позволяют более точно определять свойства образующейся среды

γ_{direct} -h correlations: pp, d+Au, Au+Au @ 200 GeV



❖ γ_{direct} -h correlations:

- ✓ no surface bias
- ✓ trigger γ_{direct} is the most direct measure of the initial parton energy

$$z_T = \frac{P_T^h}{P_T^\gamma}$$

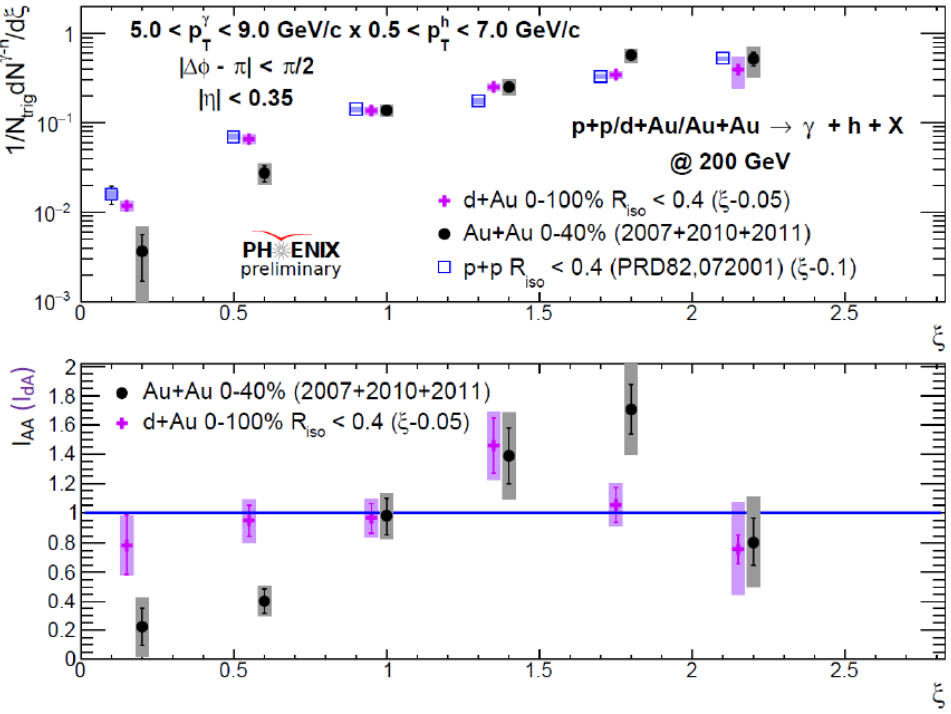
$$\xi = \ln\left(\frac{1}{z_T}\right)$$

$$D_q(z_T) = \frac{1}{N_{\text{evt}}} \frac{dN(z_T)}{dz_T}$$

❖ Experimentally measure:

$$Y_{AA}(\Delta\varphi) = \frac{1}{N_{\text{trig}}^\gamma} \frac{dN^{\gamma-h}}{d\Delta\varphi}$$

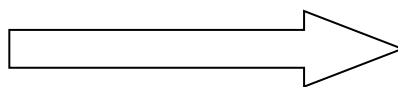
$$I_{AA} = \frac{Y_{AA}}{Y_{pp}} \sim \frac{D_{AA}(z_T)}{D_{pp}(z_T)}$$



- ❖ In d+Au no modification is observed within uncertainties
- ❖ In Au+Au observe suppression at low- ξ and enhancement at high- ξ
- ❖ Transition from suppression to enhancement occurs at $\xi \sim 1.2$

Новая экспериментальная установка → sPHEIX

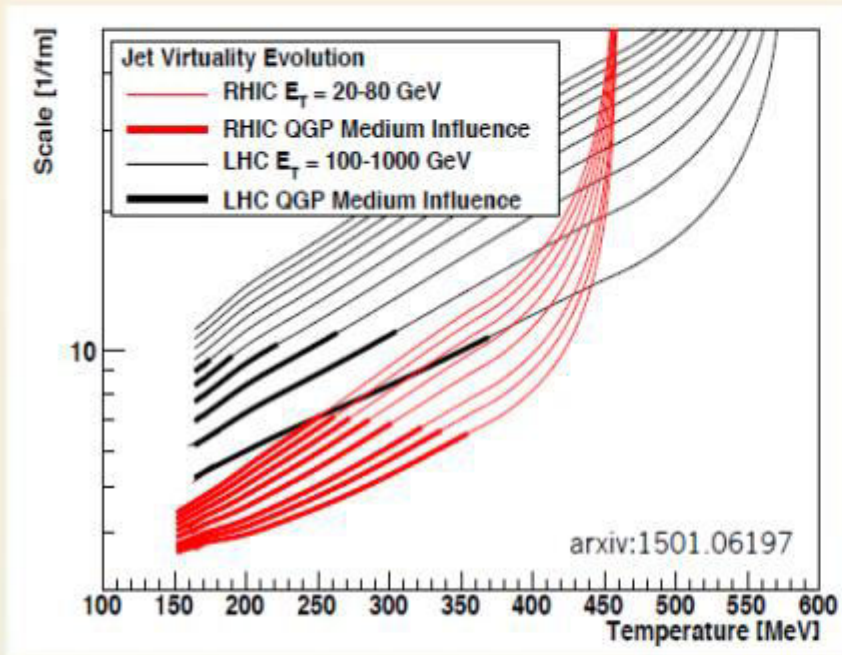
 PHEIX



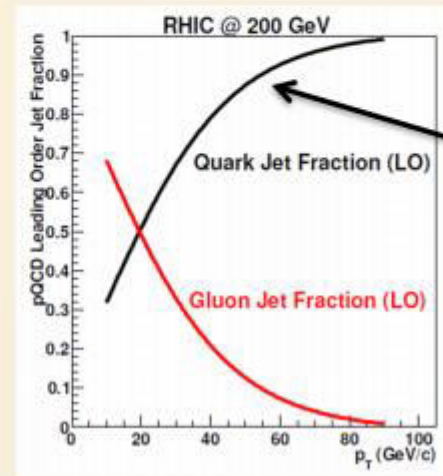
 sPHEIX

Цель	Требование к детектору
Редкие сигналы	- 4π акцептанс - высокоскоростной DAQ (15 кГц)
Спектроскопия боттомония	- высокоэффективный трекер, $0.2 < p_T \text{ (ГэВ/с)} < 40$ - высокая эффективность идентификации электронов - подавление адронов $> 99\%$ - разрешение по массе $> 1\%$
Струи	адронный и электромагнитный калориметры, трекер
Tagging	Точное определение первичных и вторичных вершин, $DCA_{xy} < 70 \text{ мкм}$
Прямые фотоны	Измерение фотонов и электронов с высоким разрешением

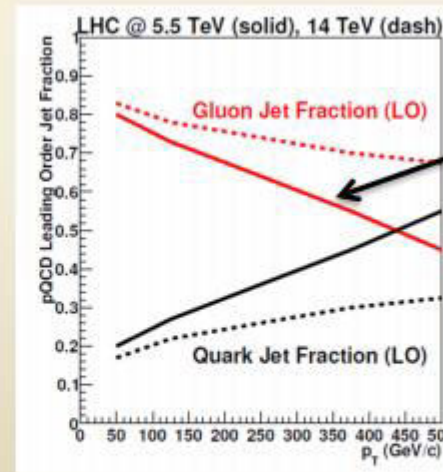
Using Jets to Probe the QGP



Lower energy jets at RHIC have increased sensitivity to QGP interactions



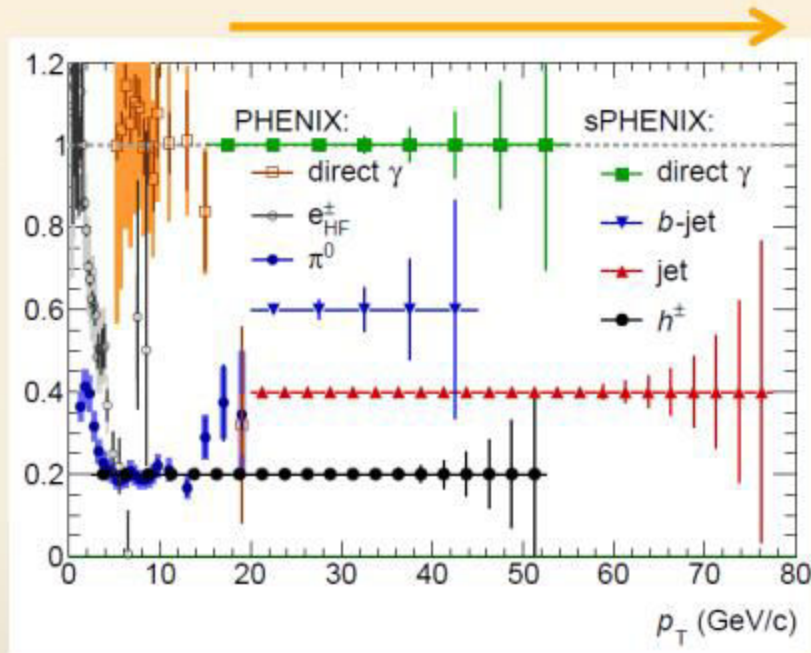
Higher quark-jet fraction at RHIC



Gluon-jets dominate at LHC

Kinematic Reach

Extends range at RHIC



Overlaps with LHC

