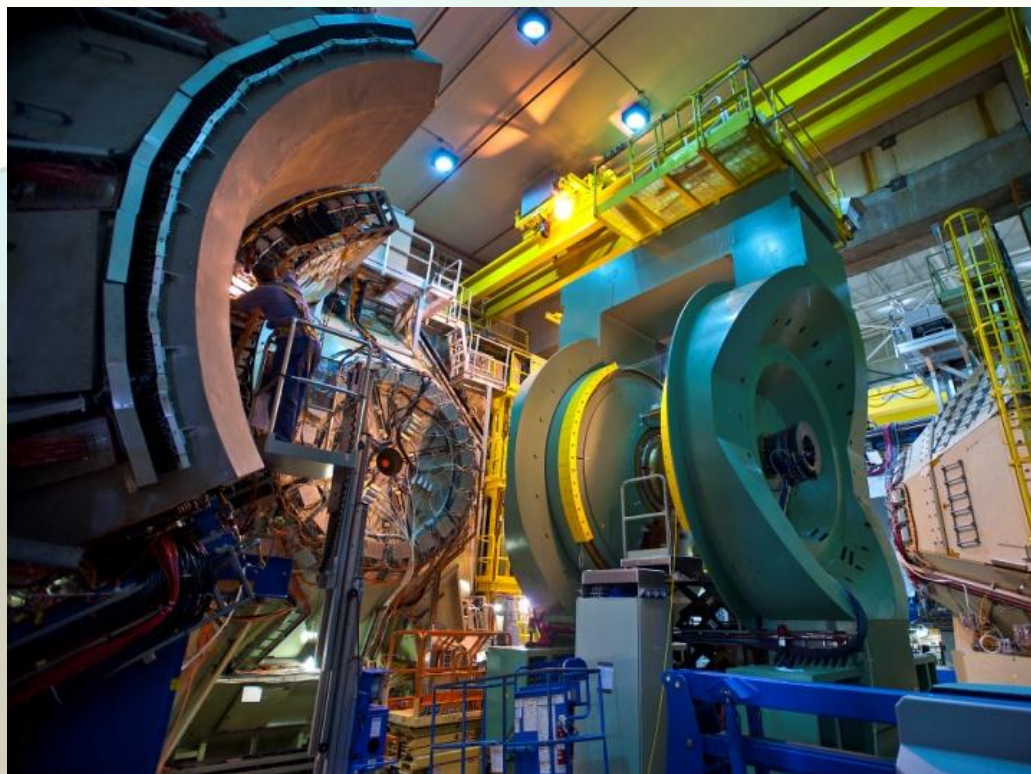


Эксперимент ФЕНИКС

В. Рябов (ЛРЯФ)



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
 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
 Chonbuk National University, Jeonju, South Korea
 Ewha Womans University, Seoul 120-750, South Korea
 Hanyang University, Seoul 133-792, South Korea
 KAERI, Cyclotron Application Laboratory, Seoul, 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
 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
 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
 Department of Physics, Lund University, Box 118, SE-221 00 Lund, Sweden



13 Countries; 71 Institutions



July 2012

Abilene Christian University, Abilene, TX 79699, U.S.
 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.
 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.

Сессия ОФЭВ

24/12/2012

Циклы работы

RHIC Run	Year	Species	Energy	Ldt
Run-1	2000	Au+Au	130 GeV	1 μb^{-1}
Run-2	2001-2	Au+Au	200 GeV	24 μb^{-1}
		Au+Au	19 GeV	
		p+p	200 GeV	150 nb ⁻¹
Run-3	2002/3	d+Au	200 GeV	2.74 nb ⁻¹
		p+p	200 GeV	0.35 nb ⁻¹
Run-4	2003/4	Au+Au	200 GeV	241 μb^{-1}
		Au+Au	62.4 GeV	9 μb^{-1}
Run-5	2005	Cu+Cu	200 GeV	3 nb ⁻¹
		Cu+Cu	62.4 GeV	0.19 nb ⁻¹
		Cu+Cu	22.4 GeV	2.7 μb^{-1}
Run-6	2006	p+p	200 GeV	10.7 pb ⁻¹
		p+p	62.4 GeV	100 nb ⁻¹
Run-7	2007	Au+Au	200 GeV	813 μb^{-1}
Run-8	2007/2008	d+Au	200 GeV	80 nb ⁻¹
		p+p	200 GeV	5.2 pb ⁻¹
		Au+Au	9.2 GeV	
Run-9	2009	p+p	200 GeV	16 pb ⁻¹
		p+p	500 GeV	14 pb ⁻¹
Run-10	2010	Au+Au	200 GeV	1.3 nb ⁻¹
		Au+Au	62.4 GeV	100 μb^{-1}
		Au+Au	39 GeV	40 μb^{-1}
		Au+Au	7.7 GeV	260 mb ⁻¹
Run-11	2011	p+p	500 GeV	27 pb ⁻¹
		Au+Au	200 GeV	915 μb^{-1}
		Au+Au	27 GeV	5.2 μb^{-1}
		Au+Au	19.6 GeV	13.7 M events
Run-12	2012	p+p	200 GeV	9.2 pb ⁻¹
		p+p	510 GeV	30 pb ⁻¹
		U+U	193 GeV	171 μb^{-1}
		Cu+Au	200 GeV	4.96 nb ⁻¹

❖ RHIC – исключительно гибкий и надежный ускоритель → обширная физическая программа экспериментов

❖ Около половины рабочего времени посвящено программе сканирования по энергиям взаимодействия и столкновению различных ядер

❖ Непрерывное повышение светимости пучков

❖ Двенадцать циклов работы:

- ✓ 10 энергий (\sqrt{s})
- ✓ 6 комбинаций ядер

Особенности 2012 г.

❖ Новая эра в области физики тяжелых ароматов:

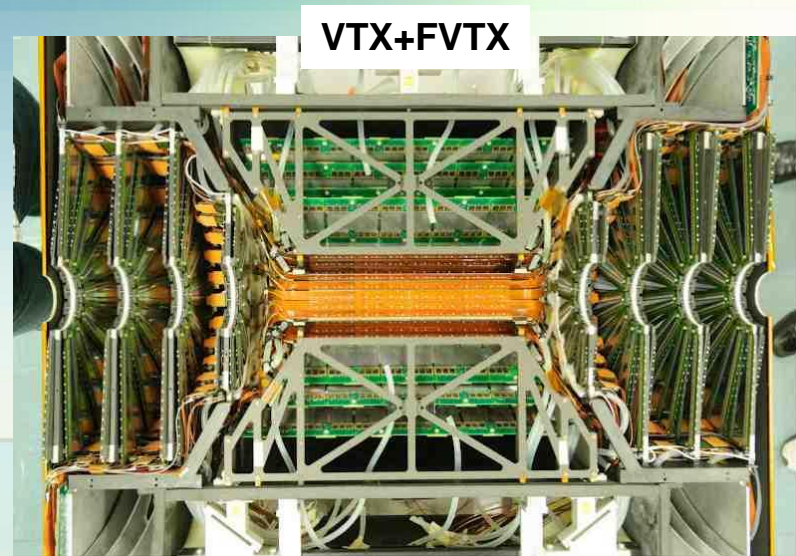
- ✓ VTX (2011)
- ✓ FVTX (2012)

❖ Закончено формирование новой триггерной системы в мюонном плече:

- ✓ RPC1, RPC3
- ✓ FEE в MuTr

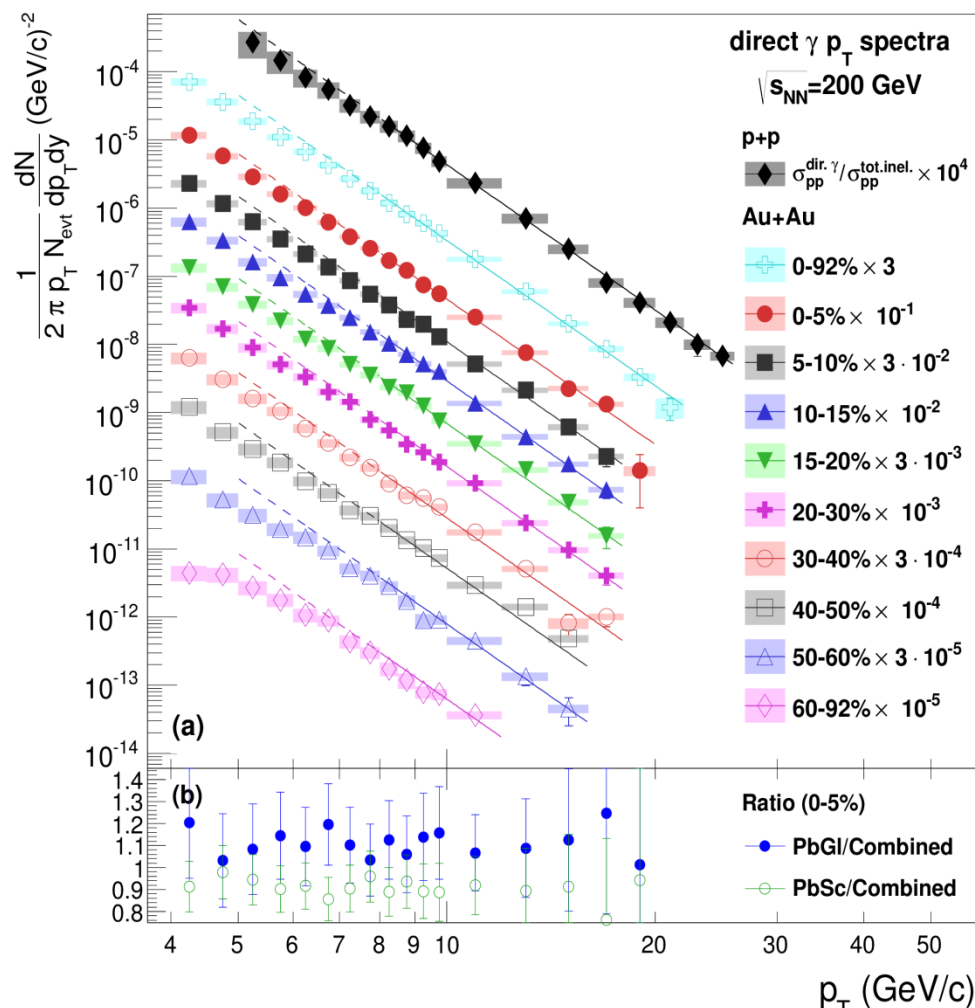
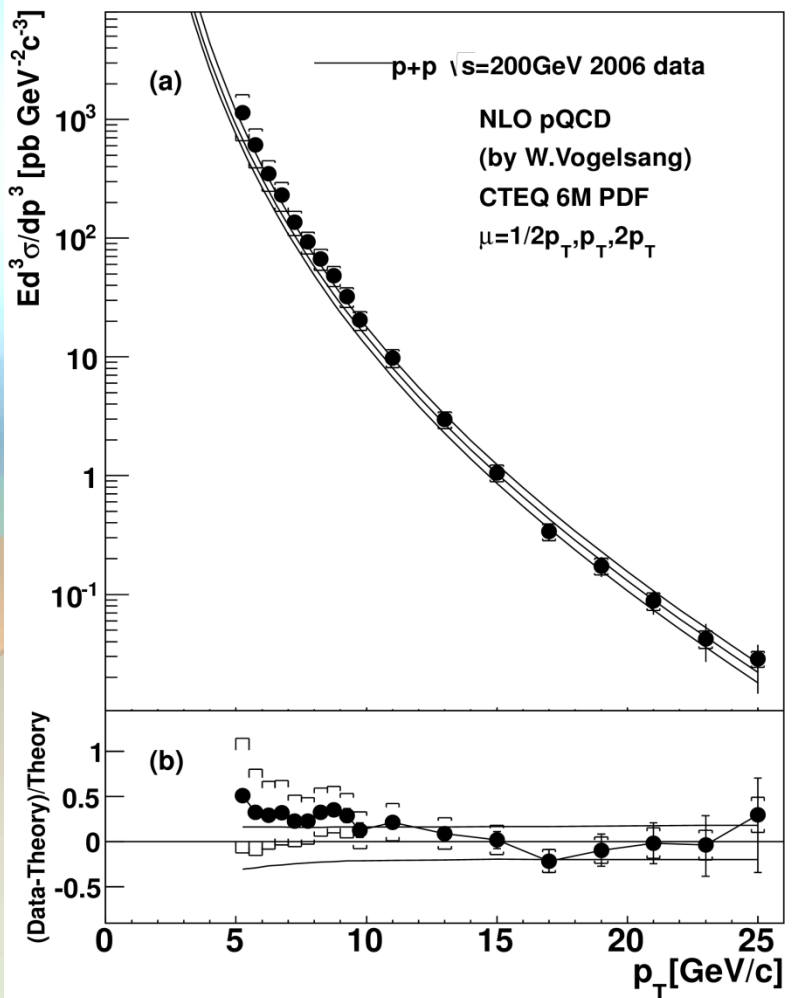
❖ Новый источник ионов EBIS
→ столкновение асимметричных ядер, большая светимость пучков:

- ✓ Cu+Au, $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ
- ✓ U+U, $\sqrt{s_{NN}} = 193$ ГэВ



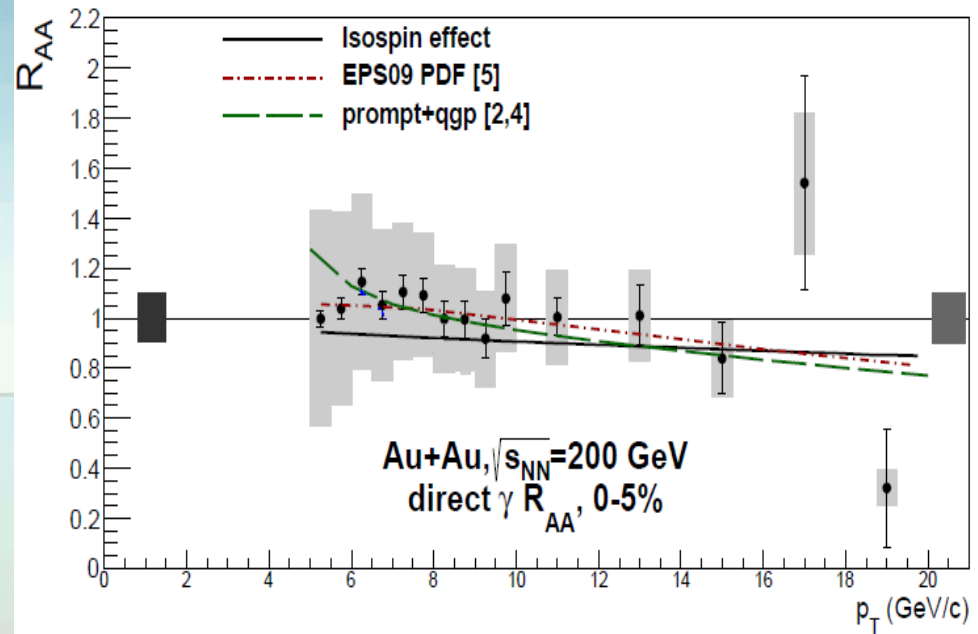
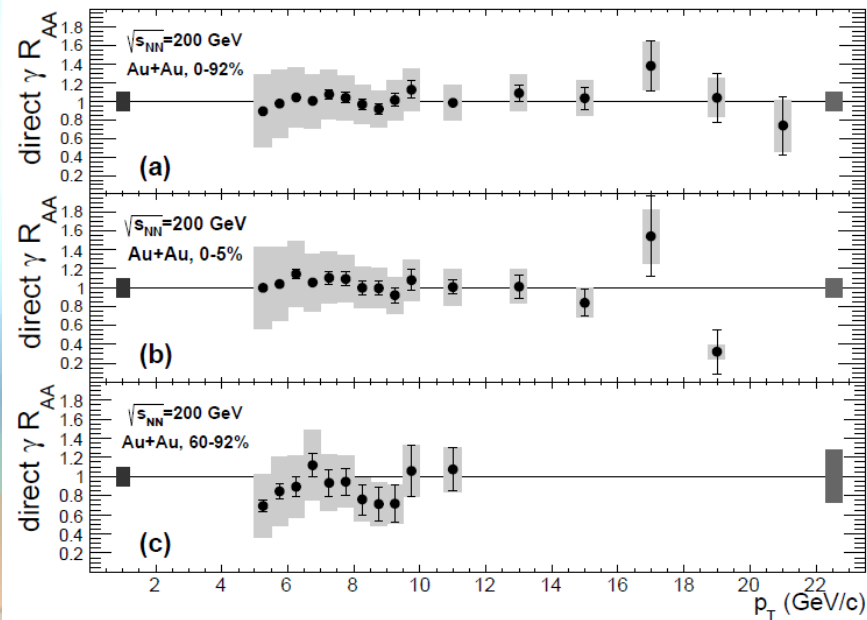
Прямые фотоны, Au+Au/p+p @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ, спектры

Phys. Rev. Lett. 109, 152302 (2012)



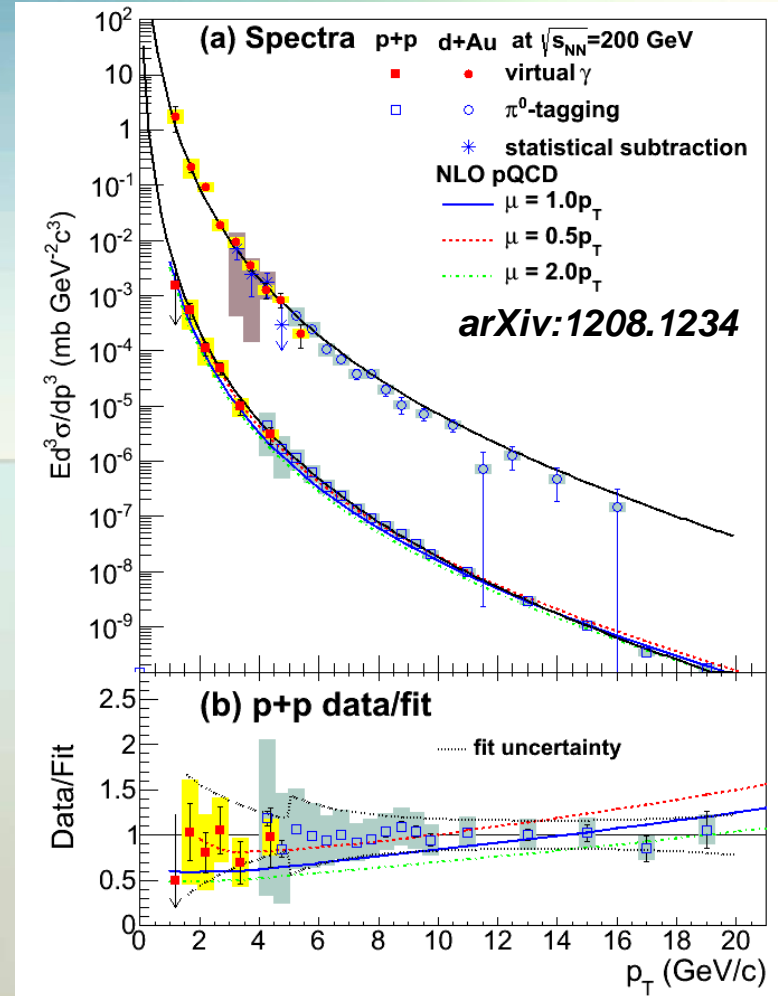
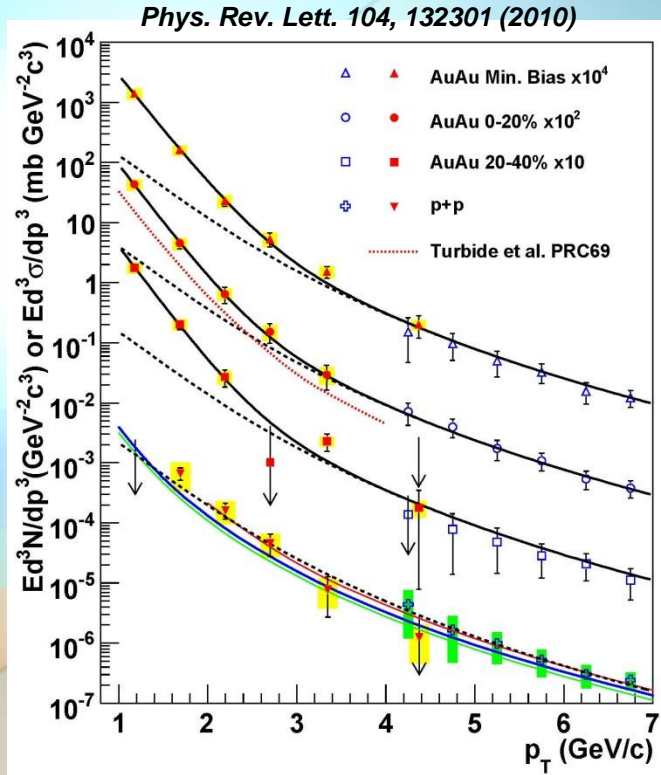
Прямые фотоны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ, R_{AA}

Phys. Rev. Lett. 109, 152302 (2012)



- ❖ R_{AA} согласуется с единицей до 20 ГэВ/с.
- ❖ R_{AA} не зависит от центральности столкновений.

Мягкие прямые фотоны, Au+Au/d+Au/p+p @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ



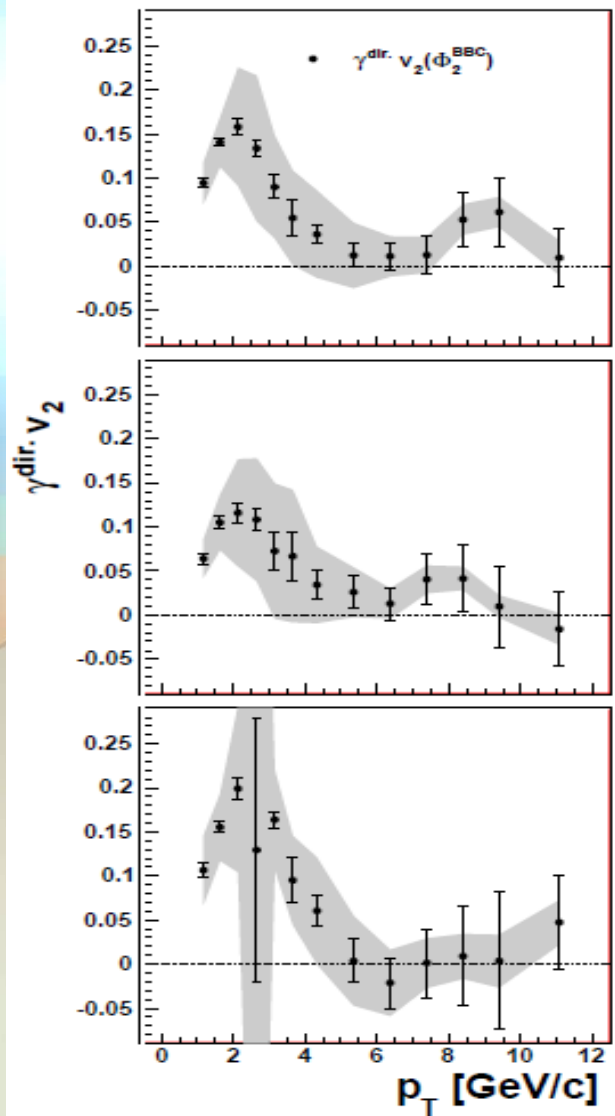
- ❖ Согласие с NLO pQCD в p+p
- ❖ В Au+Au наблюдается избыточный выход фотонов относительно $(p+p) \cdot N_{coll}$ при $p_T < 3$ ГэВ/с
→ тепловое излучение среды

$\langle T \rangle = 221 \pm 19$ (стат) ± 19 (сист) МэВ
 $T_{ini} = 300 - 600$ МэВ, $\tau_0 = 0.15 - 0.6$ фм/с

- ❖ Спектр рождения в d+Au согласуется с $(p+p) \cdot N_{coll}$ → отсутствует излучение среды

Прямые фотоны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ, v_2

Phys. Rev. Lett. 109, 122302 (2012)



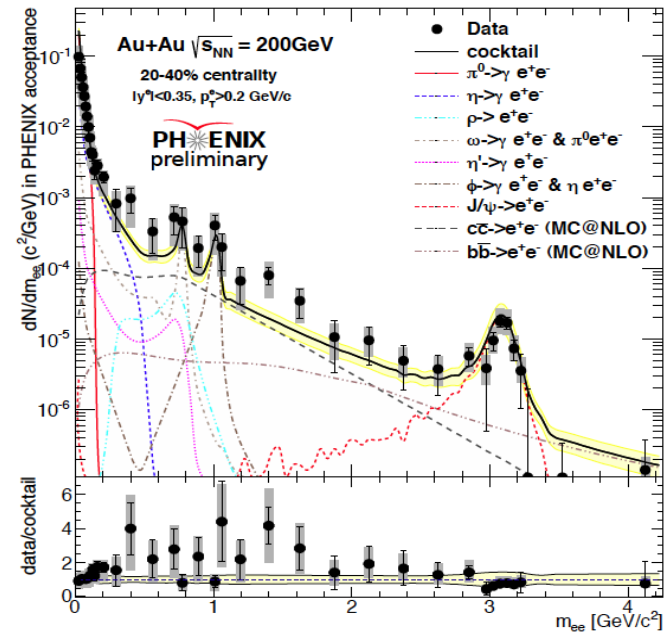
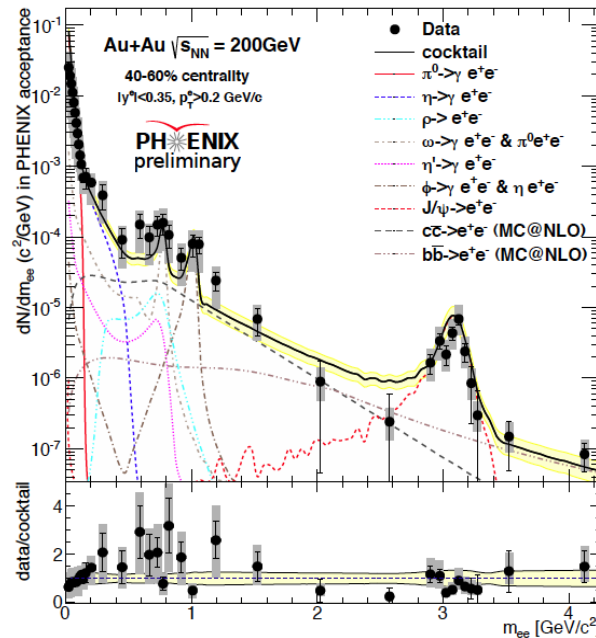
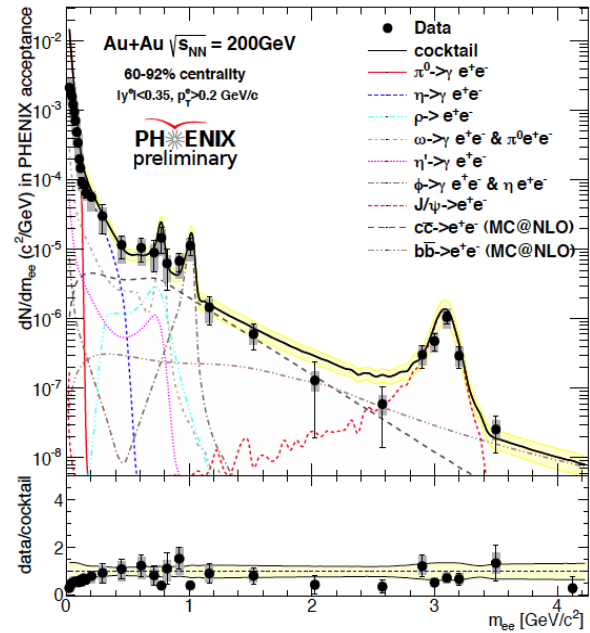
- ❖ Наблюдается большое значение v_2 в области $p_T < 4$ ГэВ/с, где выход фотонов обусловлен тепловым излучением
- ❖ В области больших p_T величина v_2 согласуется с нулем
- ❖ Большая величина v_2 в области $p_T < 4$ ГэВ/с предполагает позднее излучение фотонов. Выход мягких прямых фотонов предполагает раннее излучение
- ❖ Сложности с одновременным теоретическим описанием выхода и v_2 для мягких прямых фотонов.

Диэлектроны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ, континуум

60-92 %

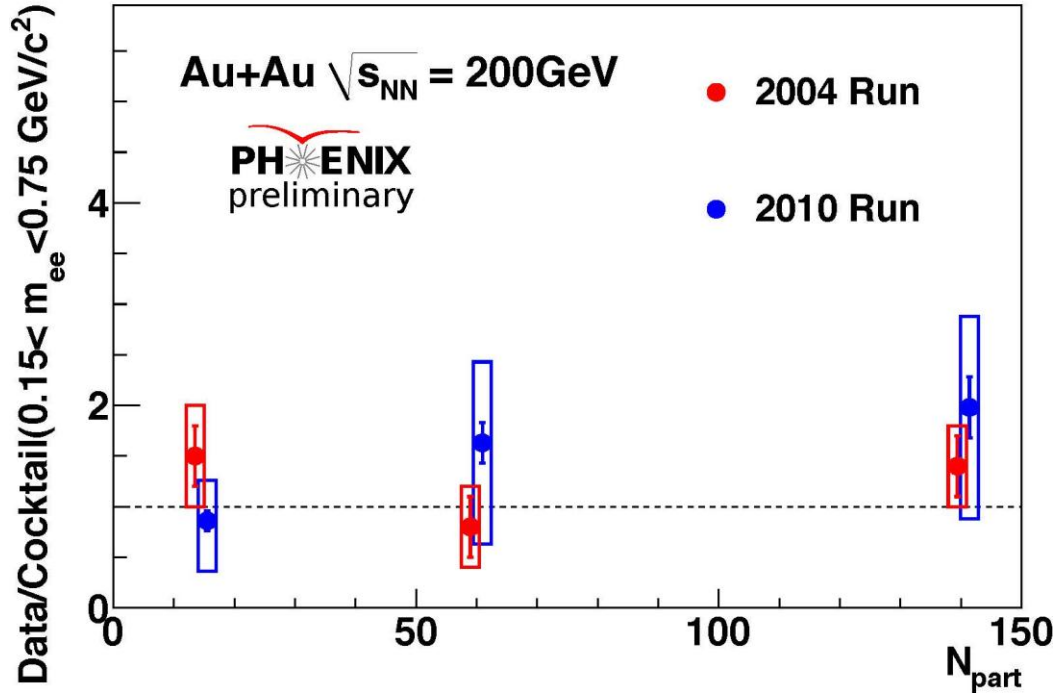
40-60 %

20-40 %



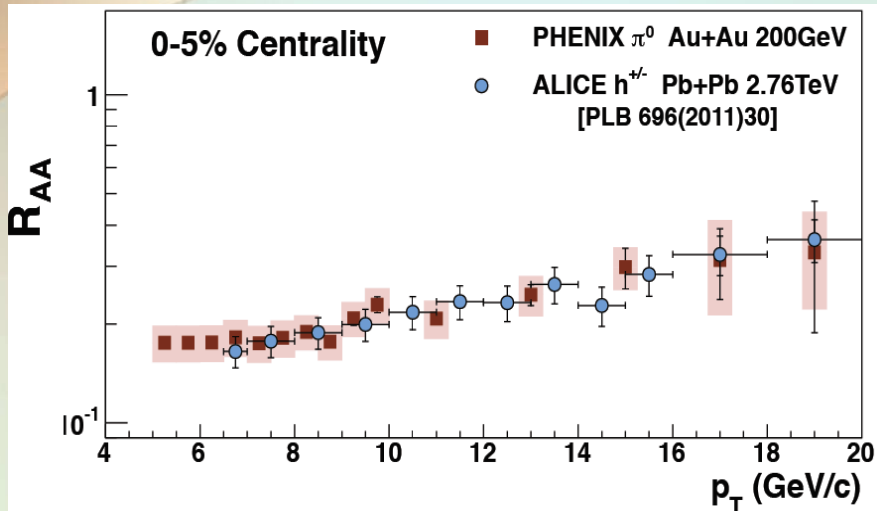
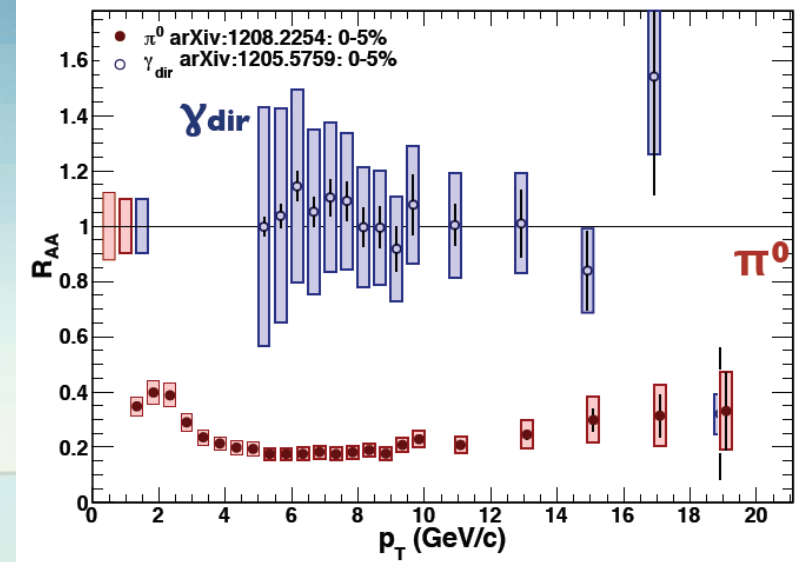
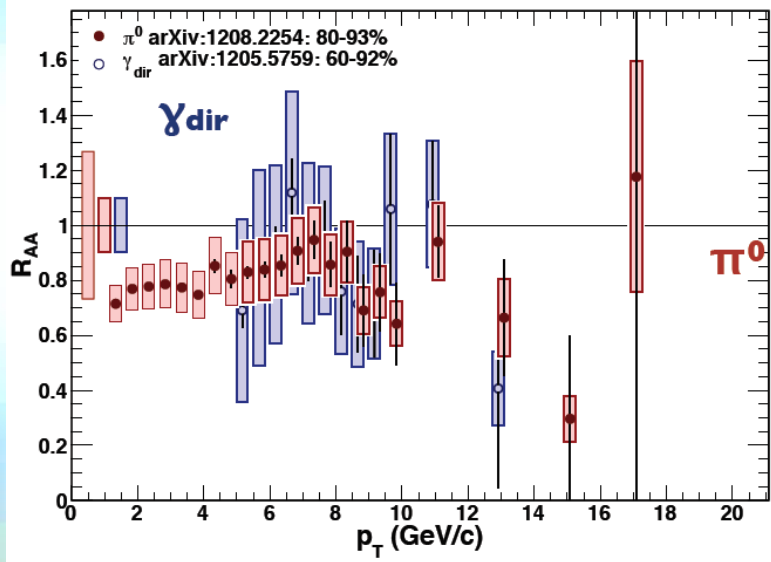
- ❖ Континуум измерен для различных классов событий по центральности
- ❖ Результаты, полученные для периферийных столкновений, согласуются с коктейлем
- ❖ В более центральных столкновениях наблюдается избыточный выход пар

Диэлектроны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ, континуум



- ❖ Результат хорошо согласуется с предыдущими измерениями, PRC 81, 034911 (2010)
- ❖ Достигнутая точность измерений не соответствует ожиданиям, анализ продолжается
- ❖ Наблюдаются признаки возрастания избыточного выхода пар в области малых масс с увеличением центральности столкновений
- ❖ Анализ для наиболее центральных столкновений 0-20% продолжается

Легкие адроны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200-2760$ ГэВ, R_{AA}

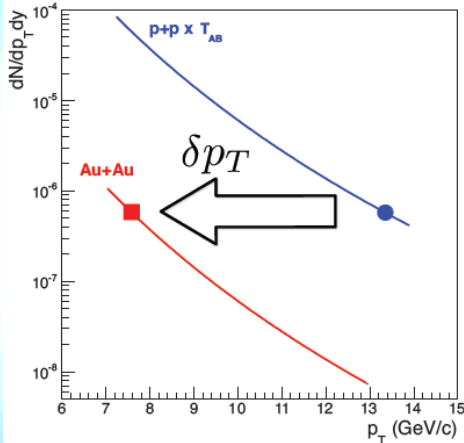


❖ Рождение легких адронов, в отличие от прямых фотонов, сильно подавлено в центральных столкновениях тяжелых ядер

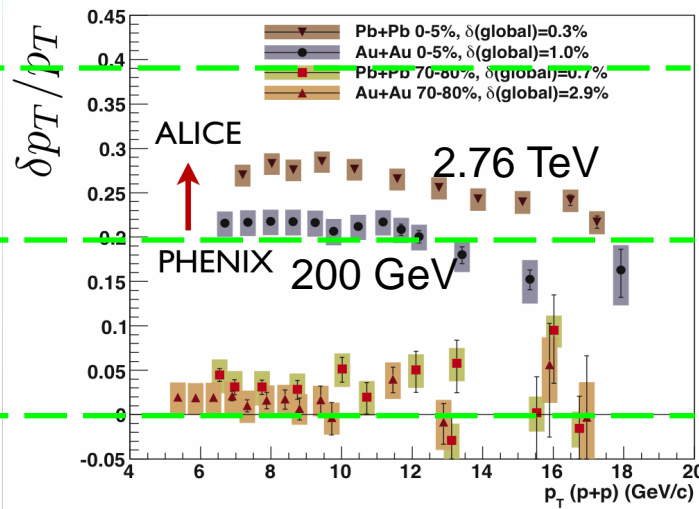
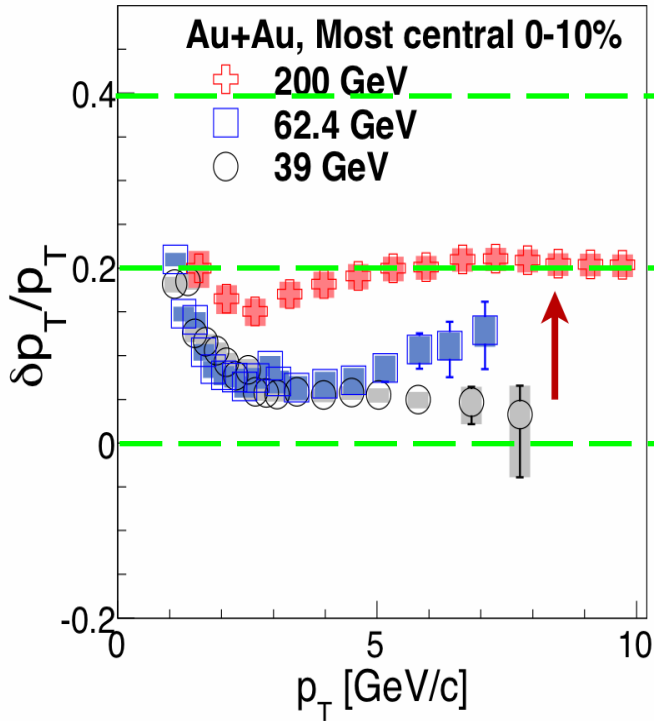
❖ Абсолютные величины R_{AA} на RHIC и LHC в области $p_T > 7$ ГэВ/с очень близки, но форма спектров рождения сильно различается

❖ Наклон $R_{AA}(p_T) 1.06^{+0.34}_{-0.29} \text{ с/ГэВ}$

Легкие адроны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 39\text{-}2760$ ГэВ, R_{AA}

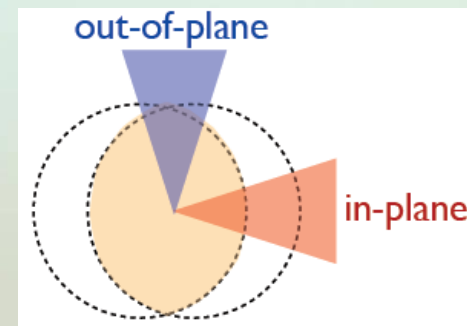
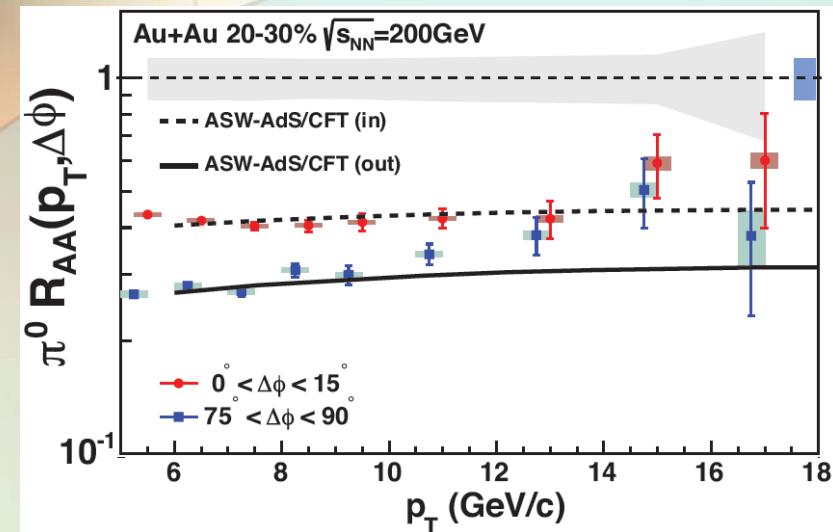
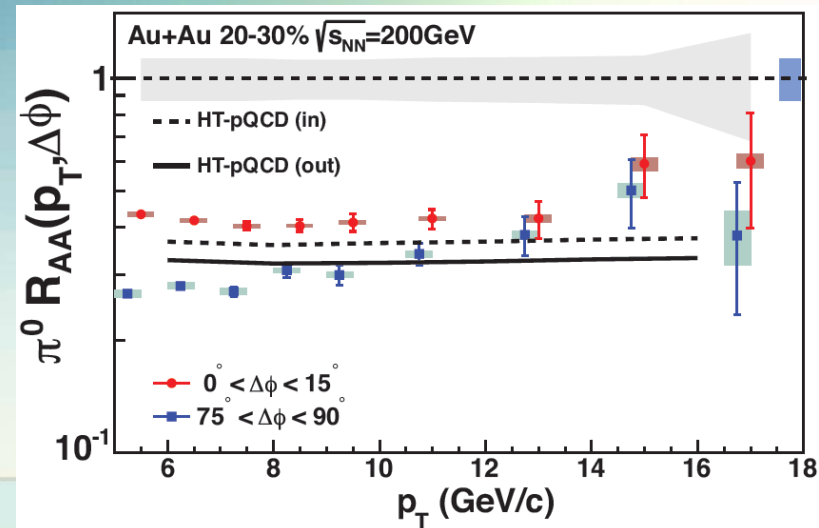
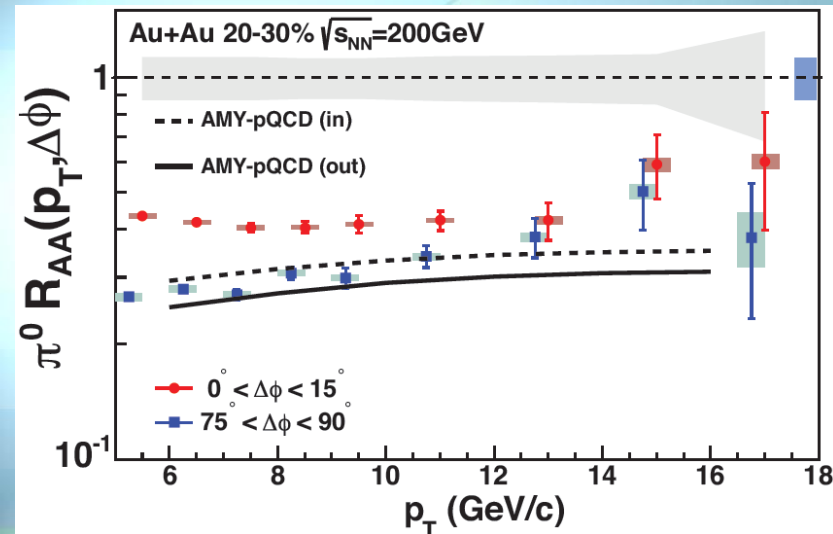


- ❖ Относительные энергетические потери ($\delta p_T/p_T$) могут быть оценены в рамках простой феноменологической модели “смещения спектров”
- ❖ Монотонное увеличение $\delta p_T/p_T$ с возрастанием энергии взаимодействия
- ❖ Изменение связано с изменением $R_{AA}(p_T)$ и формы спектров рождения



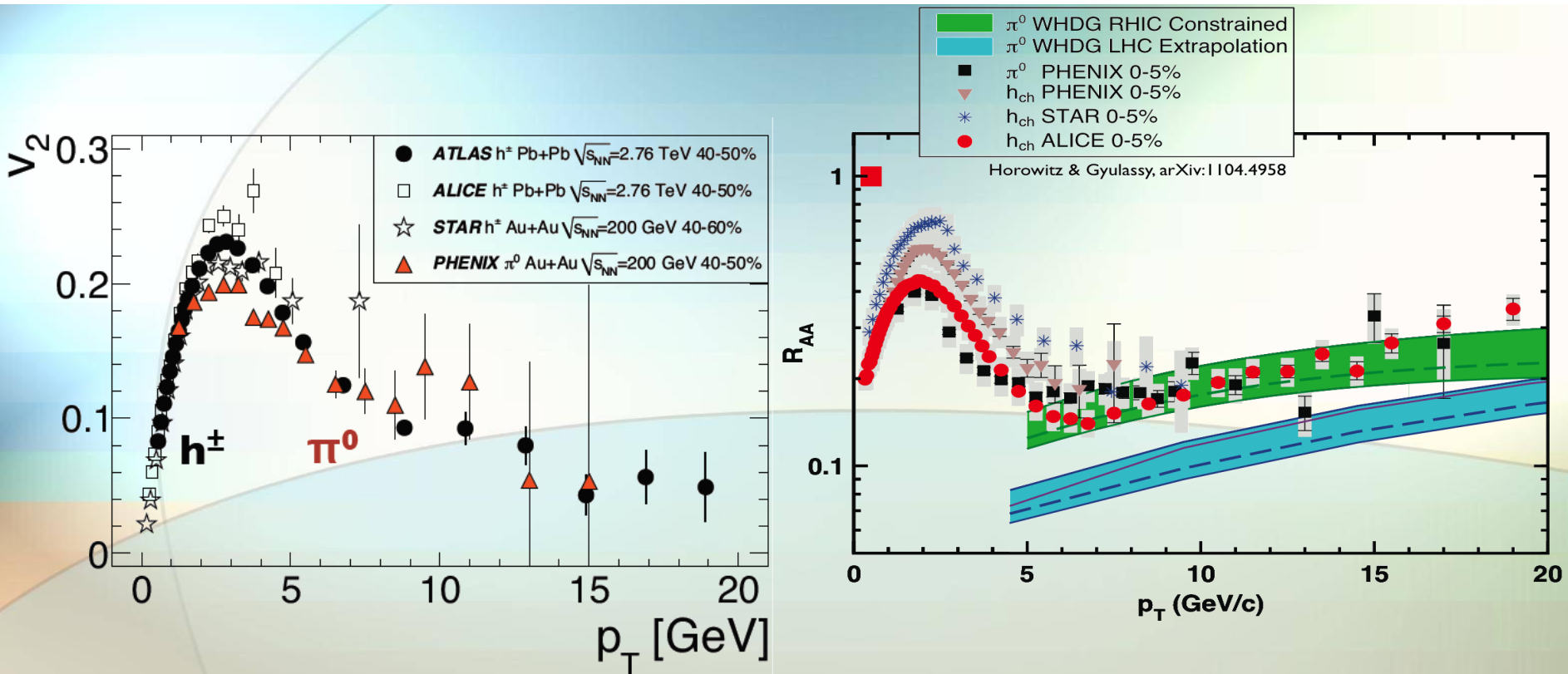
Phys. Rev. Lett. 109, 152301 (2012)

Легкие адроны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ, R_{AA}



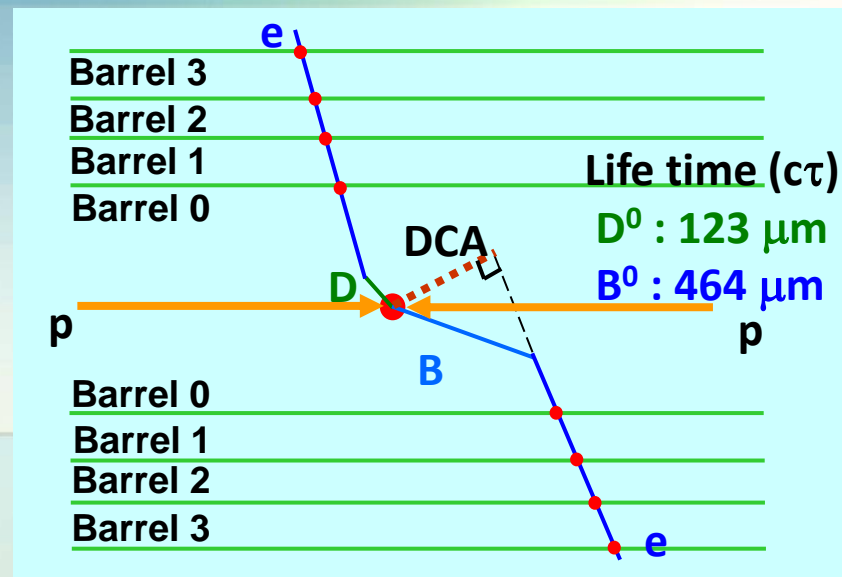
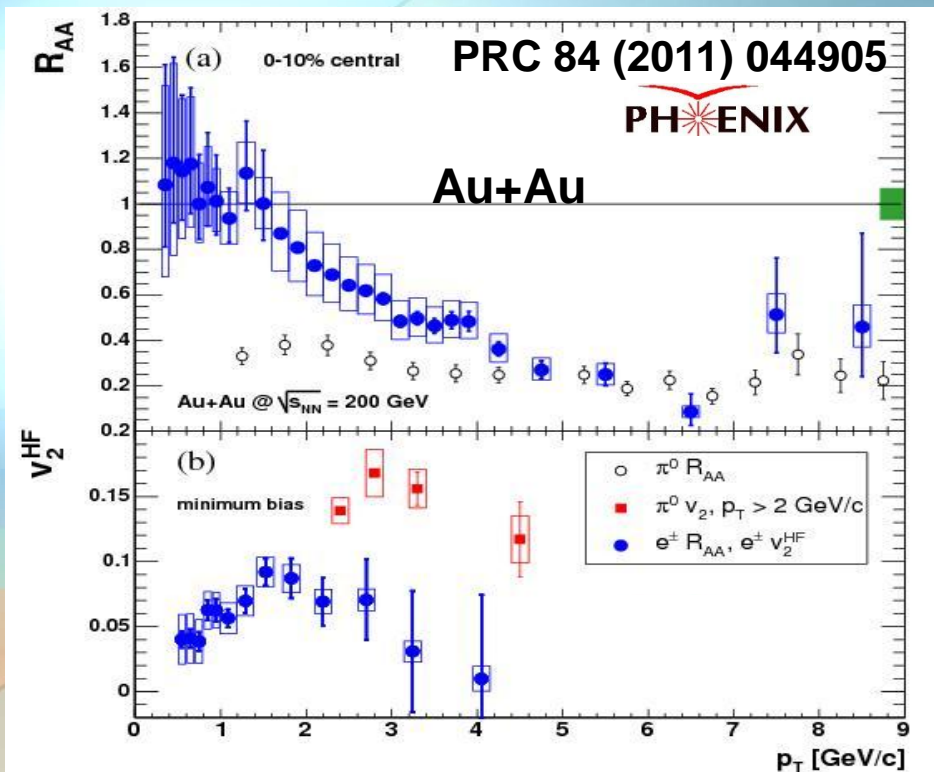
❖ Модели, основанные на pQCD имеют проблемы с описанием величины энергетических потерь от длины пробега партонов в среде.

Легкие адроны, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200\text{-}2760$ ГэВ, R_{AA} & v_2



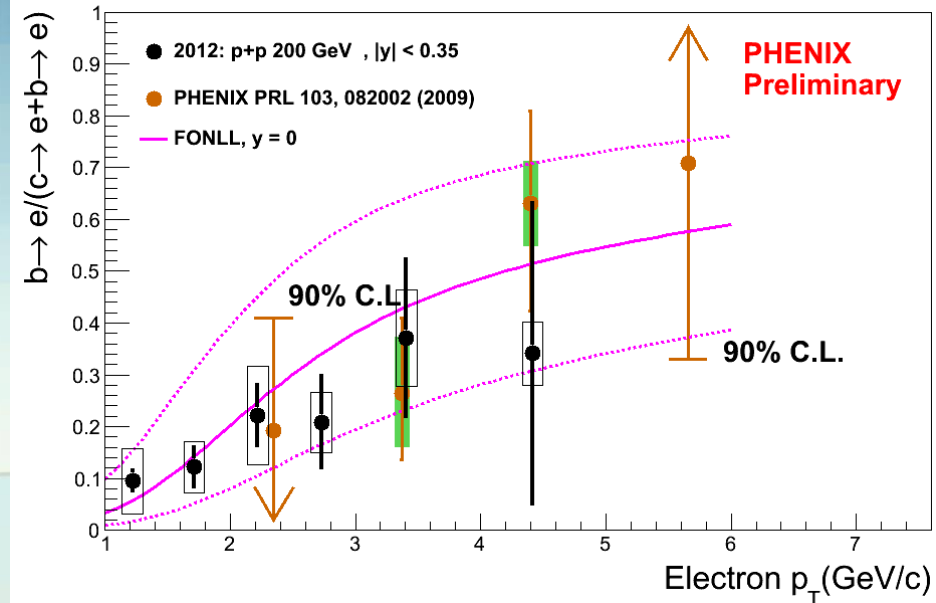
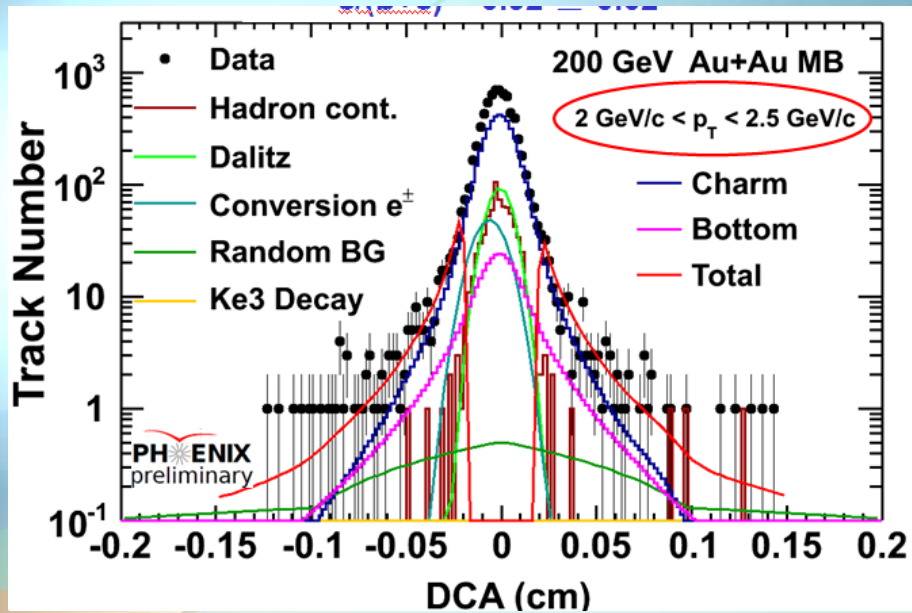
- ❖ При $p_T > 5$ ГэВ/с величины $v_2(p_T)$ (как и $R_{AA}(p_T)$) на RHIC и LHC близки
 - ❖ Если расчеты энергетических потерь подстраивать под данные RHIC и экстраполировать для случая LHC, то результаты расчета будут переоценивать степень подавления в данных
- энергетические потери не являются простой функцией плотности цветовых зарядов при фиксированном значении константы связи

e_{HF} первые результаты с VTX, Au+Au @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ



- ❖ Исчерпывающее теоретическое описание зависимости R_{AA} и v_2 для электронов от распада тяжелых адронов, содержащих c и b кварки, отсутствует
- ❖ Для более глубокого понимания ситуации необходимо разделить вклады в суммарный спектр электронов от c и b адронов
- ❖ Это может быть достигнуто при использовании VTX, измеряющего DCA для треков заряженных частиц

e_{HF} , первые результаты с VTX, p+p @ $\sqrt{s_{NN}} = 200$ ГэВ



- ❖ Распределение DCA для электронов измеряется с помощью VTX
- ❖ Относительные вклады от c и b определяются из аппроксимации измеренного распределения DCA вкладами от различных источников
- ❖ Вклады в DCA от различных источников оцениваются с использованием Pythia, свернутой с откликом экспериментальной установки, включая разрешение по DCA
- ❖ Первое прямое измерение выхода электронов от c и b адронов по отдельности
- ❖ Результаты согласуются с предыдущими экспериментальными оценками, полученными из измерения e - h корреляций, а также с FONLL расчетом

Участие ПИЯФ - I

- ❖ Сопровождение, плановый ремонт и экспертное сопровождение ДК.
- ❖ Участие в наборе данных ~ 14 смен по 8 дней.
- ❖ Отбор данных высокого качества, определение характеристик детекторных подсистем, настройка параметров Монте-Карло.
- ❖ Физический анализ экспериментальных данных:
 - ✓ диэлектроны ($\phi(\omega) \rightarrow e\bar{e}$, континуум)
 - ✓ легкие адроны ($\pi^0(\eta) \rightarrow \gamma\gamma$, $\phi \rightarrow KK$, $\omega(\eta) \rightarrow \pi^0\pi^+\pi^-$, $\omega \rightarrow \pi^0\gamma$, $\eta' \rightarrow \eta\pi^+\pi^-$, $K_s \rightarrow \pi^0\pi^0 \dots$)
- Состав участников:
 - ✓ В. Баублис, к.ф.-м.н., снс
 - ✓ Е. Взнуздаев, вед. инженер
 - ✓ Д. Иванищев, к.ф.-м.н.мнс
 - ✓ Б. Комков, снс
 - ✓ Д. Котов, к.ф.-м.н., мнс
 - ✓ В. Рябов, д.ф.-м.н., внс
 - ✓ Ю. Рябов, к.ф.-м.н., снс
 - ✓ В. Самсонов, д.ф.-м.н., зав. лабораторией
 - ✓ А. Ханзадеев, д.ф.-м.н., внс

Конференции

- 1) HSQCD-2012, Гатчина
- 2) Nucleus-2012, Воронеж
- 3) Международная сессия-конференция Секции ядерной физики Отделения физических наук РАН "Физика фундаментальных взаимодействий"

Основные публикации

- 1) By PHENIX collaboration, "Measurement of Direct Photons in Au+Au Collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 200$ GeV". Phys. Rev. Lett. 109, 152302 (2012);
- 2) By PHENIX collaboration, "Evolution of π^0 suppression in Au+Au collisions from $\sqrt{s_{NN}} = 39$ to 200 GeV". Phys. Rev. Lett. 109, 152301 (2012);
- 3) By PHENIX collaboration, "Observation of direct-photon collective flow in Au+Au collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV". Phys. Rev. Lett. 109, 122302 (2012);
- 4) By PHENIX collaboration, "Nuclear-Modification Factor for Open-Heavy-Flavor Production at Forward Rapidity in Cu+Cu Collisions at $\sqrt{s_{NN}}=200$ GeV". Phys. Rev. C 86, 024909 (2012);
- 5) By PHENIX collaboration, "Ground and excited charmonium state production in p+p collisions at $\sqrt{s}=200$ GeV". Phys. Rev. D 85, 092004 (2012);

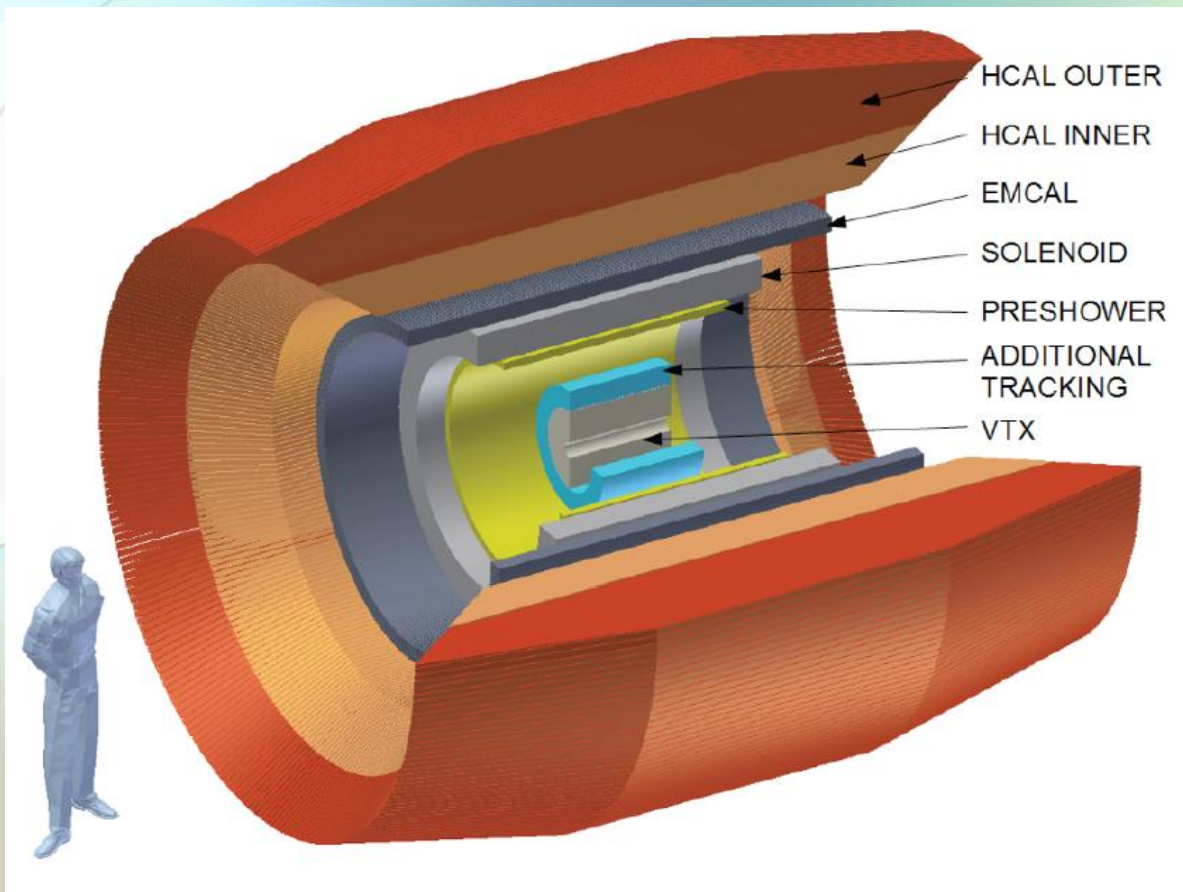
+ несколько статей по результатам выступлений на конференциях в 2010-2011

+ 4 в сборниках

Заключение

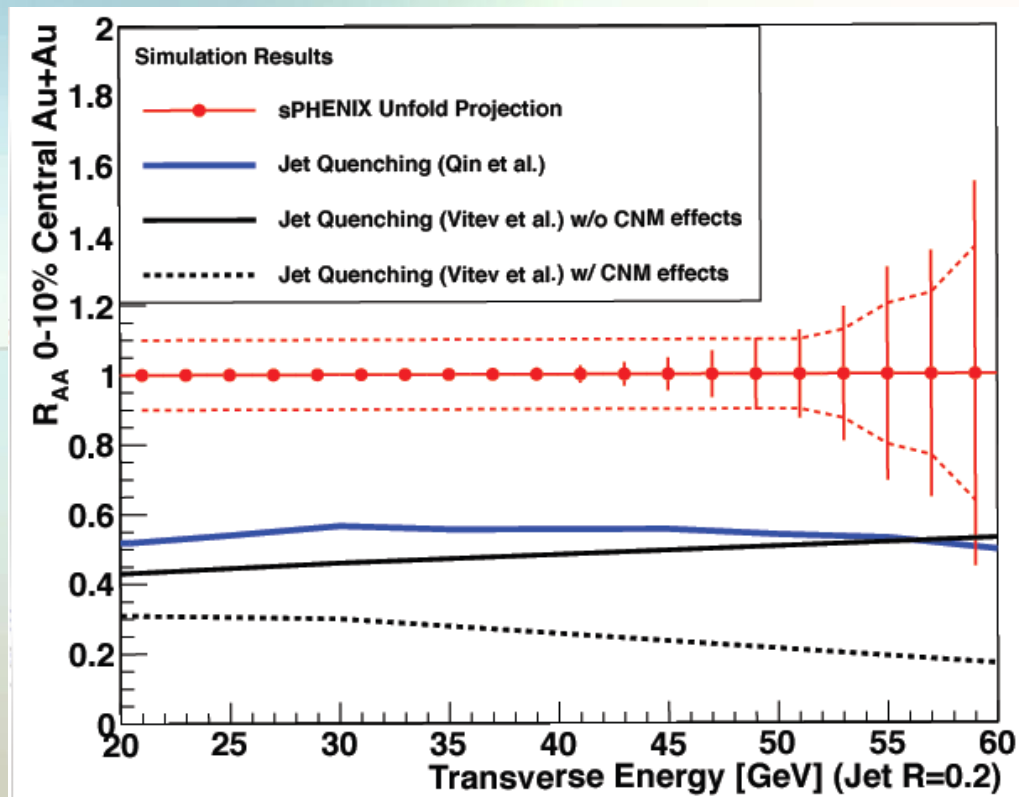
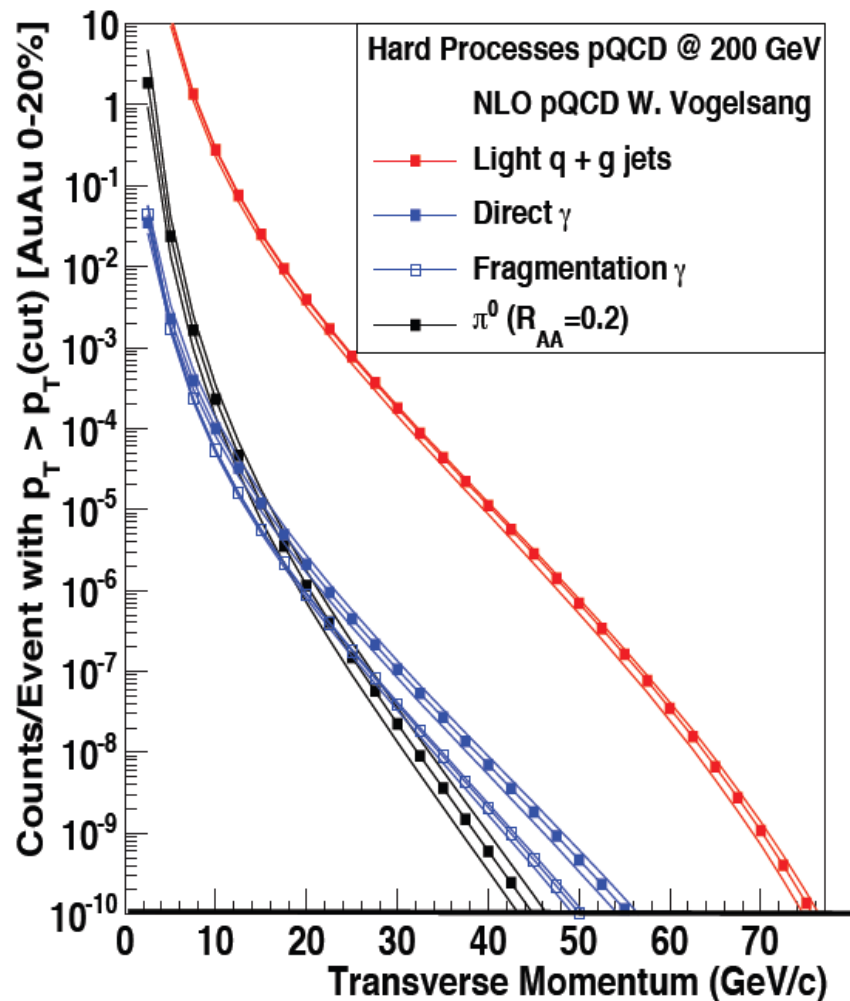
- ❖ Исследования на коллайдере RHIC успешно продолжаются
- ❖ ПИЯФ вносит свой вклад в обслуживание детектора и получение новых физических результатов.
- ❖ Физическая программа до 2015 г. сфокусирована на изучении:
 - ✓ ЛВМ и континуума в диэлектронном канале
 - ✓ сектора тяжелых ароматов (c,b)
 - ✓ струй и угловых корреляции: h-h, γ -h, (c,b)-h
 - ✓ спиновой структура протона (W)
- ❖ Началось активное обсуждение будущего ФЕНИКС после 2015 года.

Будущее ФЕНИКС



❖ sPHENIX Proposal: [arXiv:1207.6378](https://arxiv.org/abs/1207.6378)

Будущее ФЕНИКС



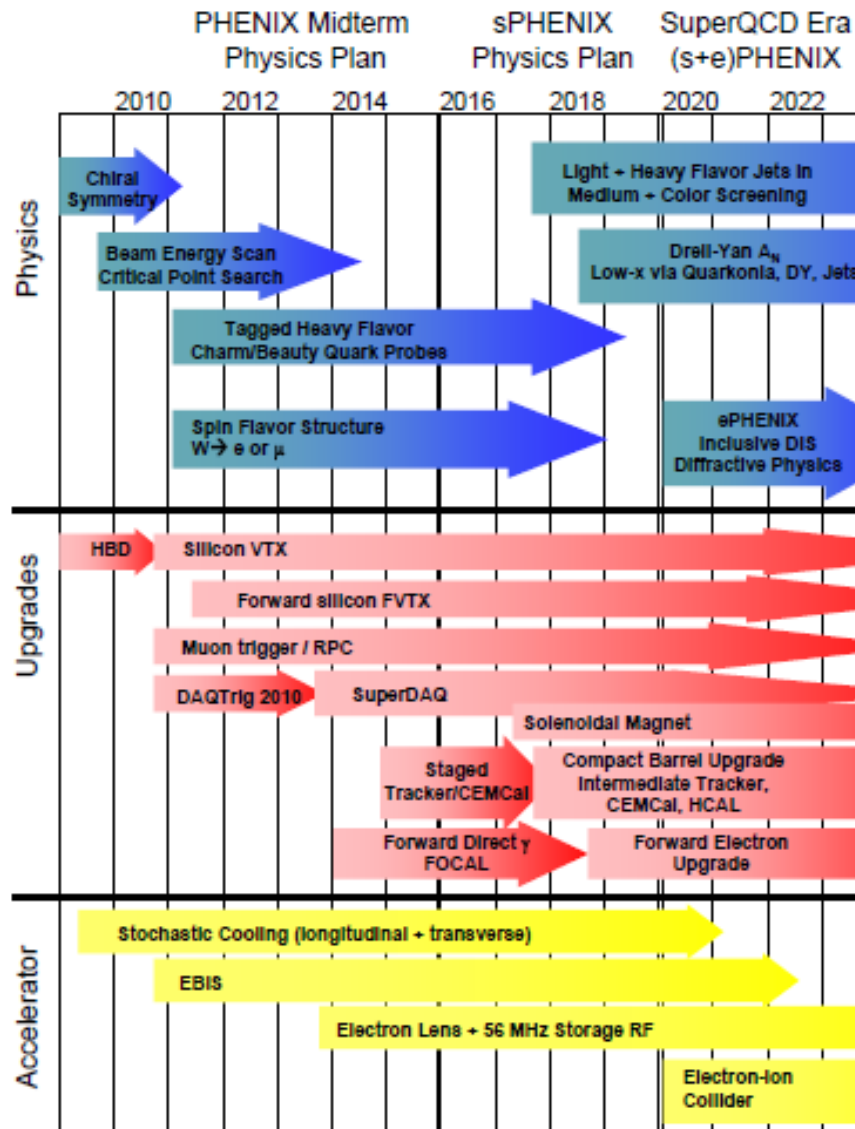
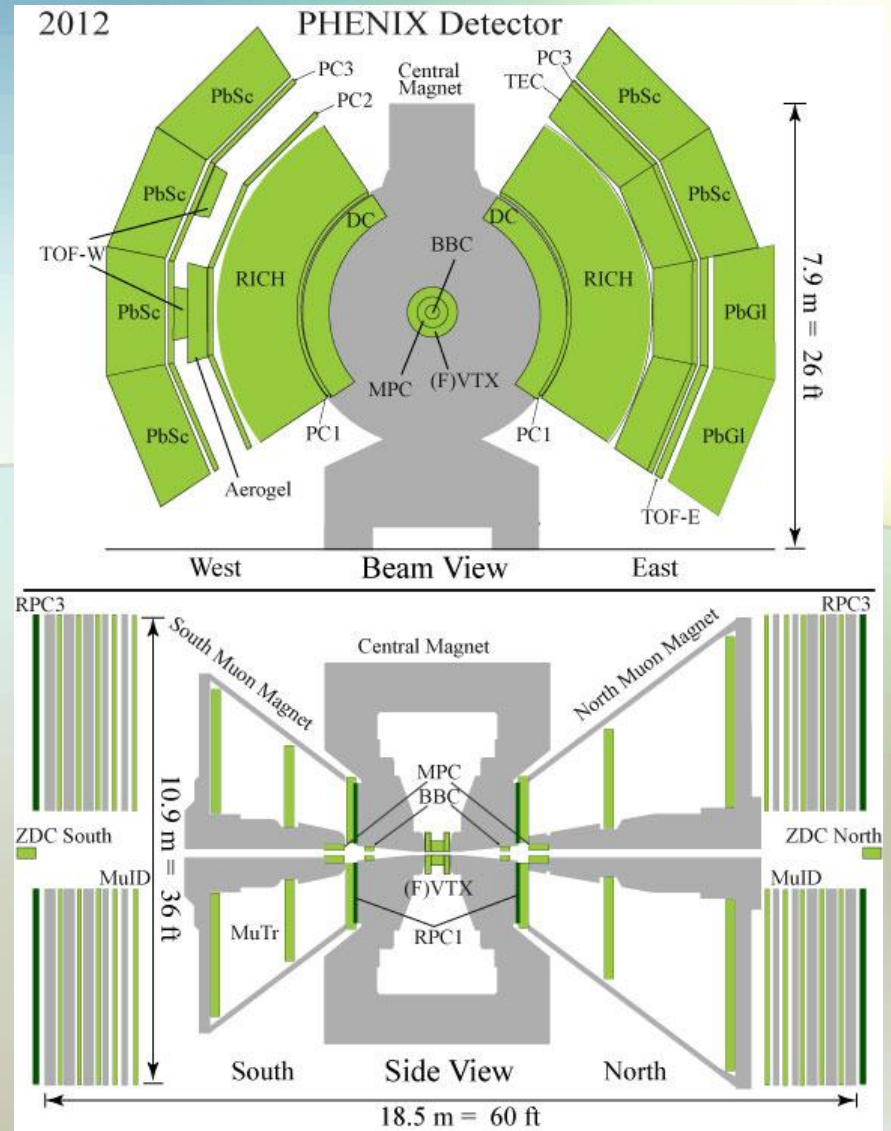
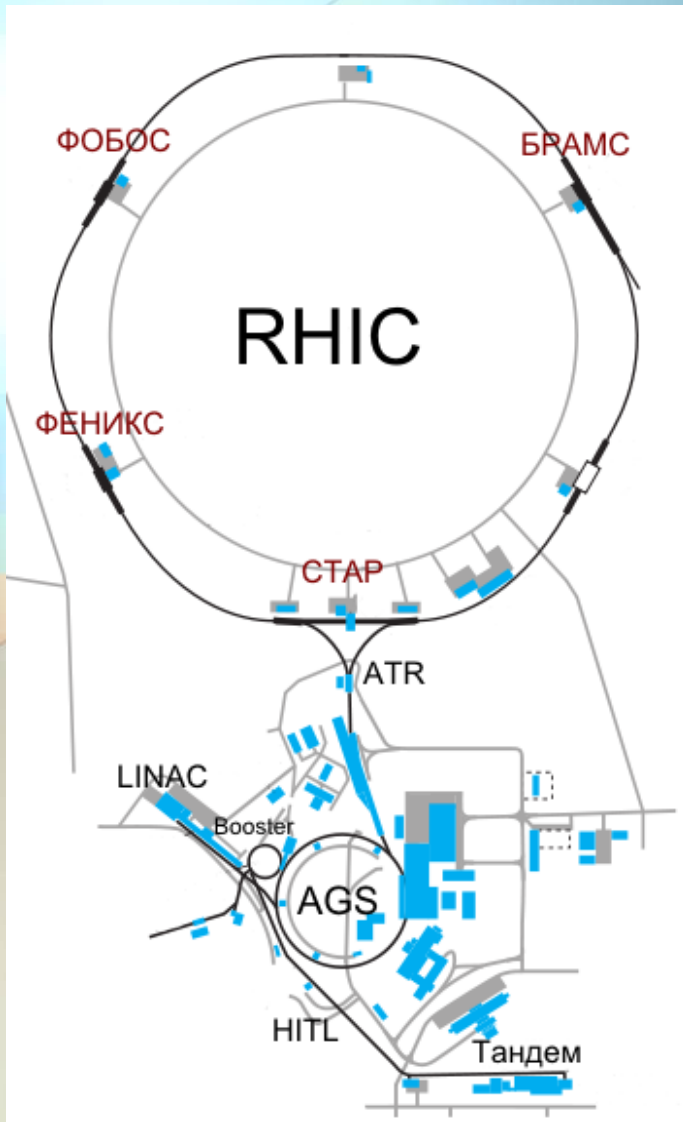
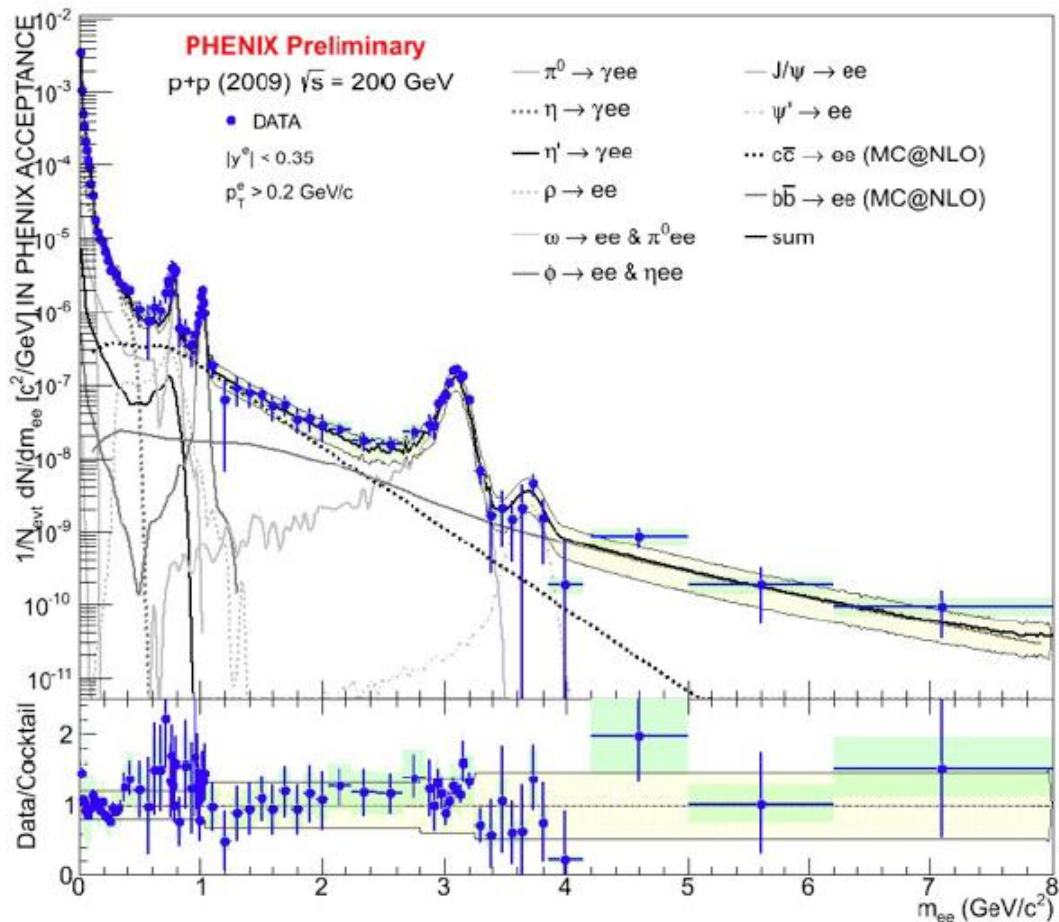


Figure 1: Timeline indicating the physics topics, detector upgrades, and accelerator upgrades over the next decade.

PHENIX @ RHIC



Диэлектроны, $p+p$ @ $\sqrt{s}_{NN} = 200$ ГэВ, континуум



- ❖ Континуум получен с использованием HBD детектора
→ позволил улучшить S/B на порядок
- ❖ Результат хорошо согласуется с предыдущим измерением, PRC 81, 034911 (2010)
→ Подтверждает хорошее понимание принципов работы HBD