

# Космологические и астрофизические тесты фундаментальной физики

Ю. В. Штанов

*Институт теоретической физики  
им. Н. Н. Боголюбова НАН Украины*



- ИТФ: **9** участников

Физика частиц и астрофизика, темная материя, многомерная теория и темная энергия, квантовая космология

- Одесский университет: **5** участников

Многомерная теория, динамика неоднородной Вселенной

- Днепропетровский университет: **6** участников

Заряженные черные дыры, сферические оболочки, точные решения ОТО

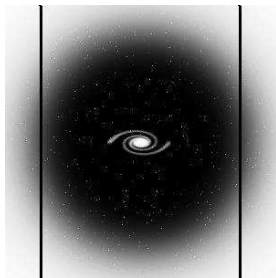
- Харьковский университет: **1** участник

Физические эффекты в окрестности (квази)черных дыр

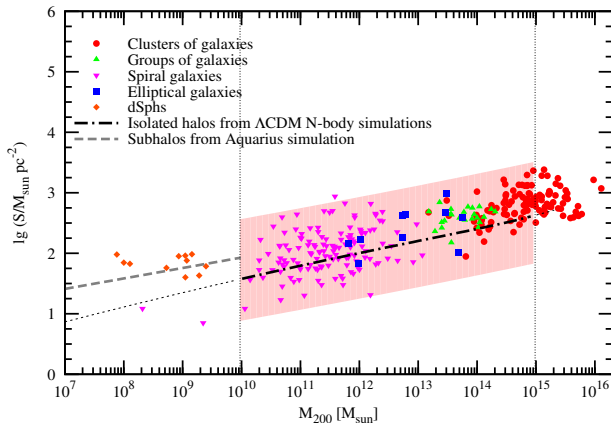
Всего: **21** участник

# Поверхностная плотность гало темной материи

монотонно возрастает с массой гало, в полном соответствии с предсказаниями



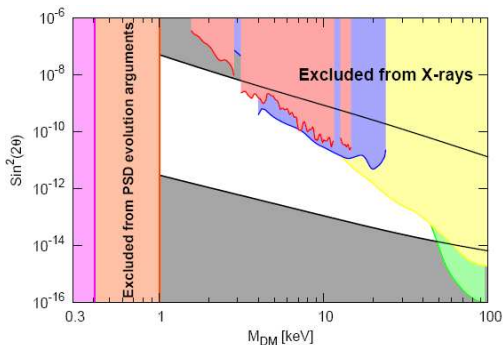
$$\mathcal{S}_{\text{DM}} = \frac{M_{\text{cyl}}(\Omega)}{\pi r_*^2}$$



**A. Boyarsky, O. Ruchayskiy, D. Iakubovskyi, A. V. Macciò, D. Malyshev,**  
*New evidence for dark matter, arXiv:0911.1774*

# Параметры частиц темной материи в $\nu$ MSM

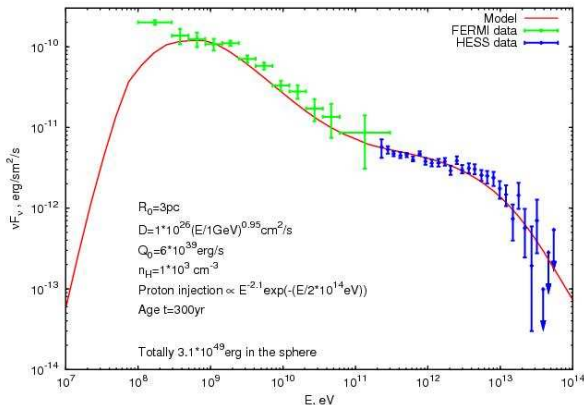
Вследствие **необнаружения** линии распада ТМ в кэВ диапазоне и **доминирования** ТМ в динамике сферических карликовых галактик параметры частиц темной материи в минимальном расширении Стандартной модели физики частиц с тремя стерильными нейтрино (модели  $\nu$ MSM) **ограничены со всех сторон и могут быть полностью исследованы** инструментами следующего поколения



- **A. Boyarsky, O. Ruchayskiy, D. Iakubovskiy, *JCAP* **03**, 005 (2009)**
- **A. Boyarsky, O. Ruchayskiy, D. Iakubovskiy, M. G. Walker, S. Riemer-Sorensen, S. H. Hansen, *MNRAS* **407**, 1188 (2010)**

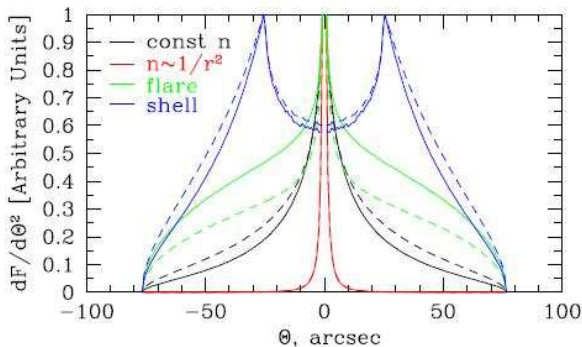
# Излучение Галактического Центра

По данным спутника *Fermi* получен спектр Галактического Центра в диапазоне **100 МэВ – 300 ГэВ** и разработана модель диффузии космических лучей, позволяющая его объяснить



M. Chernyakova,  
**D. Malyshev**,  
F. A. Aharonian,  
R. M. Crocker, D. I. Jones,  
*ApJ* **726**, 60 (2011)

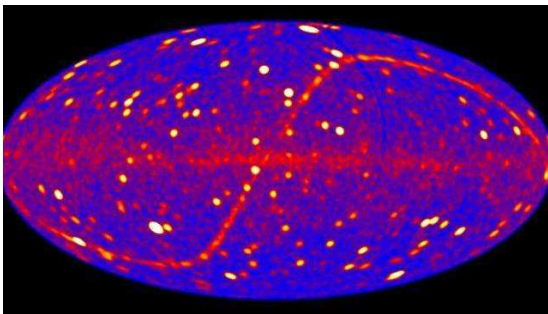
# Излучение Галактического Центра



Модель предполагает диффузную морфологию источника, что можно проверить при помощи современных радио и будущих черенковских телескопов.

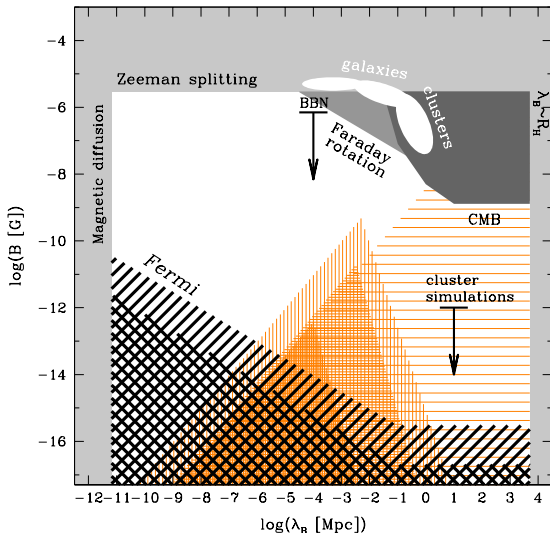
# Карта переменности неба в рентгене

По данным *Fermi*-LAT построена карта переменности неба в гамма-диапазоне ( $> 300$  МэВ) и обнаружено несколько новых переменных гамма-источников в галактической плоскости, которые теперь наблюдаются при помощи рентгеновского телескопа XMM-Newton. Получены признаки переменности особого класса звезд – молодых пульсаров.



A. Neronov, D. Malyshev,  
M. Chernyakova, A. Lutovinov,  
*Astronomy & Astrophysics* **543**,  
L9 (2012)

# Межгалактическое магнитное поле



Nerovon & Vovk, 2010

Происхождение магнитного поля:

- Инфляция
- Разогрев
- Фазовые переходы
- Лептогенезис



# Магнитное поле в открытой Вселенной

C. G. Tsagas, A. Kandus, J. D. Barrow, K. E. Kunze, K. Yamamoto (2005–2012)

$$\mathcal{B}''_{(n)} + (n^2 + 2\kappa) \mathcal{B}_{(n)} = 0, \quad \mathcal{B} = a^2 B, \quad \kappa = -1$$

“Supercurvature modes”  $n^2 < 2$ :

$$\mathcal{B}_{(n)} = C_1 e^{\eta \sqrt{2-n^2}} + C_2 e^{-\eta \sqrt{2-n^2}}$$

Однако это **не приводит** к усилению поля, поскольку  $\Delta\eta \lesssim 1$

Ошибка на  $\gtrsim 50$  порядков величины !

Оценка остаточного магнитного поля:  $B \lesssim 10^{-59}$  Гс

**Yu. Shtanov**, V. Sahni, arXiv:1211.2168, направлено в JCAP

# Космологические возмущения в мире на бране

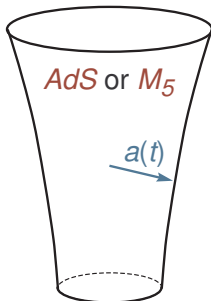
A. Viznyuk, Yu. Shtanov, *UPJ* (2012), в печати

- Возмущения **материи**:  $\Delta \equiv \frac{\delta\rho + 3H\nu}{\rho}$
- Возмущения “**темного излучения**” или “**вейлевского флюида**”:  $\delta\rho_c$

$$\ddot{\Delta} + 2H\dot{\Delta} = \frac{4\pi G}{3} \left[ \left(1 + \frac{6\gamma}{\beta}\right) \rho\Delta + \frac{2(1 + 3\gamma)}{\beta} \delta\rho_c \right]$$

$$\beta(t) \equiv \pm 2\sqrt{1 + \ell^2 \left( \frac{\rho + \sigma}{3m^2} - \frac{\Lambda_5}{6} \right)}, \quad \gamma(t) \equiv \frac{1}{3} \left( 1 + \frac{\dot{\beta}}{H\beta} \right)$$

$\gamma(t)$  эволюционирует от  $-1/6$  до  $1/3$



# Обобщенное уравнение “космической энергии”

**Yu. Shtanov**, V. Sahni, Phys. Rev. D **82**, 101503(R) (2010)

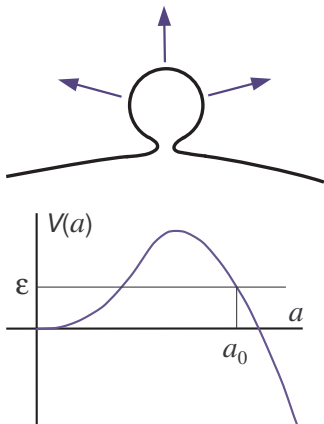
$$\langle \dot{\mathcal{E}} \rangle = -2H\langle \mathcal{K} \rangle + 2\pi H \varrho \int \xi(r) \left[ \frac{\partial \phi(r, a)}{\partial \ln r} + \frac{\partial \phi(r, a)}{\partial \ln a} \right] r^2 dr$$

Обобщенное уравнение космической энергии можно использовать для тестирования модифицированной гравитации

# Вакуум с учетом гравитации и квантовое рождение квазизамкнутого мира

П. И. Фомин, А. П. Фомина (2011)

П. И. Фомин, Ю. Ш., О. В. Барабаш (2009), Ю. Ш. (2012)



- Микромир является частью материнской вселенной и движется в ее **пространстве-времени**
- Это решает проблему **эволюции** и **нормировки** волновой функции
- Время туннелирования:

$$t_0 \sim t_P e^{3\pi/\ell_P^2 \Lambda}$$

# Некоторые результаты иногородних групп

- Показано, что ряд популярных многомерных моделей по типу Калуцы–Клейна не проходит классические гравитационные тесты и, таким образом, противоречит данным наблюдений (Жук, Эйнгорн)
- Показано, что ускорение частиц черными дырами до произвольно больших энергий есть универсальное свойство вращающихся черных дыр и также характерно для невращающихся *заряженных* черных дыр (Заславский)
- Построен спектр энергий квантовых состояний нейтральных скалярных частиц на фоне открытой сингулярности Рейсснера–Нордстрёма и найдены условия образования связанных метастабильных и стабильных состояний (Гладуш, Петрусенко)

- **41** публикация в реферируемых журналах и **4** направленных в печать, **1** докторская и **3** кандидатских диссертации
- Монографии, учебники, методические пособия:
  - ① М.П. Коркина, Е.М. Коптева, *Метод массовой функции в космологии и теории гравитации* (методическое пособие) – Днепропетровск, Изд-во ДНУ, 2012. – 36 с.
  - ② М.П. Коркина, С.Б. Григорьев, *Теория гравитации* (учебник) – Днепропетровск, изд-во РИО ДНУ, 2012. – 152 с.
  - ③ В.Д. Гладуш, Д.О. Куліков, *Елементи векторного аналізу та теорії поля* (посібник) – Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2010. – 96 с.
  - ④ В. Novosyadlyj, V. Pelykh, Yu. Shtanov, A. Zhuk, *Dark Energy: Observational Evidence and Theoretical Models*, Київ, Академперіодика, монографія за проектом “Українська наукова книга іноземною мовою”, 438 с.

# Направления дальнейших исследований

- 1 Скейлинговое соотношение между массой и поверхностной плотностью гало темной материи, учет эффектов теплой темной материи
- 2 Построение полной карты темной материи и определение оптимального размера поля зрения для поиска сигнала от линии распада
- 3 Эффекты новой физики (лептонной асимметрии) в ранней Вселенной на основе теории первичного нуклеосинтеза и наблюдений космической обсерватории Planck
- 4 Поиск и моделирование источников рентгеновского и гамма-излучения по данным спутников Fermi, XMM-Newton, INTEGRAL
- 5 Генерация и эволюция магнитного поля в ранней Вселенной с учетом возможных эффектов квантовой аномалии
- 6 Эффекты пост-инфляционного разогрева Вселенной с учетом параметрического резонанса и взаимодействий
- 7 Влияние киральной асимметрии релятивистской материи в сильном магнитном поле на наблюдаемые свойства нейтронных звезд