

# Отчет по педагогической практике

Соловьев М.Л., А19-111

# Педагогическая практика

```
graph TD; A[Педагогическая практика] --> B[Создание электронной версии материалов курса "Введение в астрофизику и космологию" (Лекции + семинары + список литературы)]; A --> C[Научное руководство и консультирование]; C --> D["Задача \"модель темного диска\" (Рахимова М.А.)"]; C --> E["Задача \"Влияние пространственного распределения скрытой массы на поток позитронов\" (Коршунова П.А.)"];
```

Создание электронной версии материалов курса  
“Введение в астрофизику и космологию”  
(Лекции + семинары + список литературы)

Научное руководство и консультирование

Задача  
“модель темного диска”  
(Рахимова М.А.)

Задача  
“Влияние пространственного распределения скрытой массы на поток позитронов”  
(Коршунова П.А.)

# Лекции

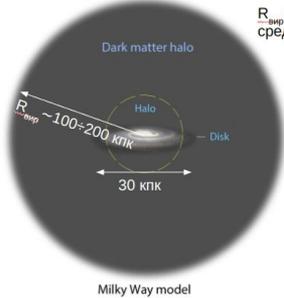
## Введение в астрофизику и космологию

Белоцкий К.М., Кириллов А.А.  
Кафедра 40 "Физика элементарных частиц"  
НИЯУ МИФИ

### Масштабы структуры Вселенной

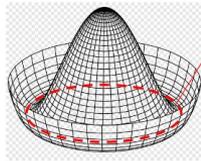
1 а.е.д. =  $5 \times 10^6$  пк. Расстояние до ближайшей звезды = 1,3 пк (4,2 св. г)

$\rho_{\text{ср}}$ : плотность в охватываемой области в 100 раз больше, чем средняя по Вселенной

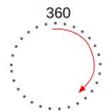


### Рождение аксионов во Вселенной

1)  $T \sim F_a \Rightarrow$  нарушение  $U_{\text{PQ}}(1) \Rightarrow$  скатывание поля с центрального максимума



Фазы равнозначны, в каждой точке пространства может быть своя



Фаза должна меняться в пространстве непрерывно. Сжимаем, в центре области угол оказывается не определен  $\Rightarrow$  топологический дефект - аксионная нить. Колебания нити  $\Rightarrow$  рождение аксионов

2)  $T \sim \Lambda_{\text{квд}} \Rightarrow$  наклон поля  $\Rightarrow$  колебания поля вокруг нулевого угла или рождение конденсата частиц - аксионов с нулевой энергией + образование доменных стенок с краями на нитях

Нити и стенки - проблема  $\Rightarrow$  полагаем, что нарушение  $U_{\text{PQ}}(1)$  происходит во время инфляции  $\Rightarrow$  плотность нитей и стенок  $\rightarrow 0 \Rightarrow$  рождение только за счет конденсата

$$\Omega_{a(\text{конд})} \sim 0,2 \left( \frac{F_a}{10^{12} \text{ ГэВ}} \right)^{\frac{7}{6}}$$

### Диаграмма Герцштрунга-Рассела

#### Эволюция Солнца

- Желтый карлик (главная последовательность, в центре горит водород)
- Красный гигант ( $\text{He}$ -ядро,  $\text{H}_2$  горит в слое)
- Горизонтальная ветвь ( $\text{He}$  горит в ядре)
- Асимптотическая ветвь (C-O ядро,  $\text{He}$  и  $\text{H}_2$  горят в слоях)
- Белый карлик

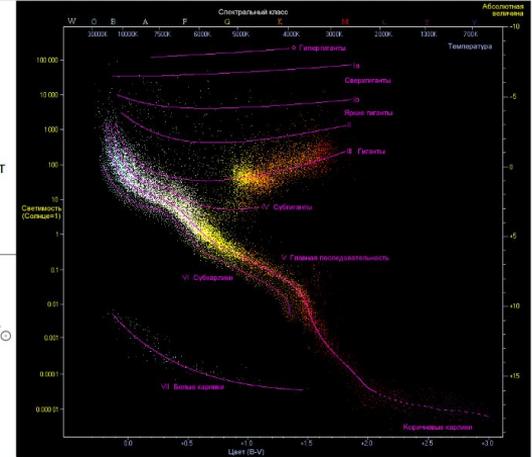
$$M \in 0,1 - 100 M_{\odot}$$

$$\mathcal{L} \sim \sigma T^4 R^2$$

$$t_{\text{ж}} \sim 10^{10} \text{ лет} \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right)^3 \text{ для } M \sim 1 - 10 M_{\odot}$$

Звездный ветер - часть массы "выдувается" с поверхности. Для Солнца

$$\dot{M} \sim 10^{-13} M_{\odot}$$



# Семинары

## Семинар

$d^2s = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu$  квадрат интервала. Греческие индексы - 0...3, латинские - 1...3

$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}R = 8\pi G T_{\mu\nu} - g_{\mu\nu}\Lambda$  Уравнения Эйнштейна (в общем случае 16 нелинейных дифф. уравнений)

В однородном изотропном пространстве

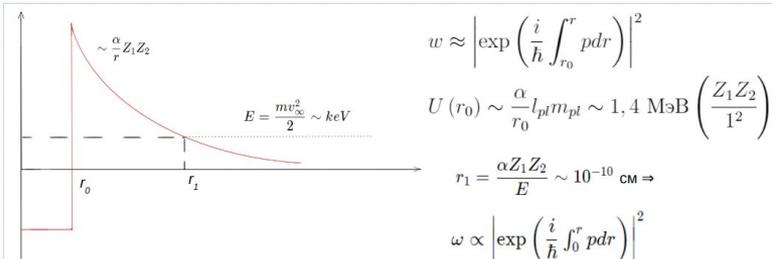
$$d^2s = g_{\mu\nu} dx^\mu dx^\nu = dt^2 - \frac{dx^2 + dy^2 + dz^2}{\left(1 + k \frac{x^2 + y^2 + z^2}{4a^2}\right)^2} \ominus$$

↑  
выбор  $g_{ij}$

$k = \pm 1, 0$ ;  
 $k = 0$  → обыкновенное пр-во Минковского  
 $k = +1$  → закрытая Вселенная  
 $k = -1$  → Открытая Вселенная

$\ominus$  [Переход в безразмерные Лагранжесвы координаты  $\tilde{x} = \frac{x}{a}$ ] =  $dt^2 - a^2 \frac{\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2 + \tilde{z}^2}{[1 + k(\tilde{x}^2 + \tilde{y}^2 + \tilde{z}^2)]^2} \ominus$

Далее работаем в Лагранжевых координатах, опуская  $\sim$ .



$$E = U + \frac{p^2}{2\mu} \Rightarrow p = i\sqrt{2\mu(U - E)} \Rightarrow$$

# Введение в астрофизику и космологию

Белоцкий К.М., Кириллов А.А.  
 Кафедра 40 "Физика элементарных частиц"  
 НИЯУ МИФИ

## Семинар 3

Теория Джинса

$$\begin{cases} \frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div}(\rho \vec{u}) = 0 \\ \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \nabla \vec{u} + \frac{1}{\rho} \nabla p + \nabla \varphi = 0 \\ \Delta \varphi = 4\pi G \rho \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \rho &= \rho_0 \left(1 + \delta(t) e^{i\vec{k} \cdot \vec{x}}\right) \\ \vec{u} &= \vec{0} + \vec{u}(t) e^{i\vec{k} \cdot \vec{x}} \\ \varphi &= \varphi_0 + f(t) e^{i\vec{k} \cdot \vec{x}} \\ p &= p_0 + \frac{\partial p}{\partial \rho} (\rho - \rho_0) = p_0 + v_s^2 \rho_0 \delta(t) e^{i\vec{k} \cdot \vec{x}} \end{aligned}$$

ищем решение в таком виде. Считаем, что для невозмущенного случая все выполняется

# Задача “модель темного диска”

Студент: Рахимова М.А.

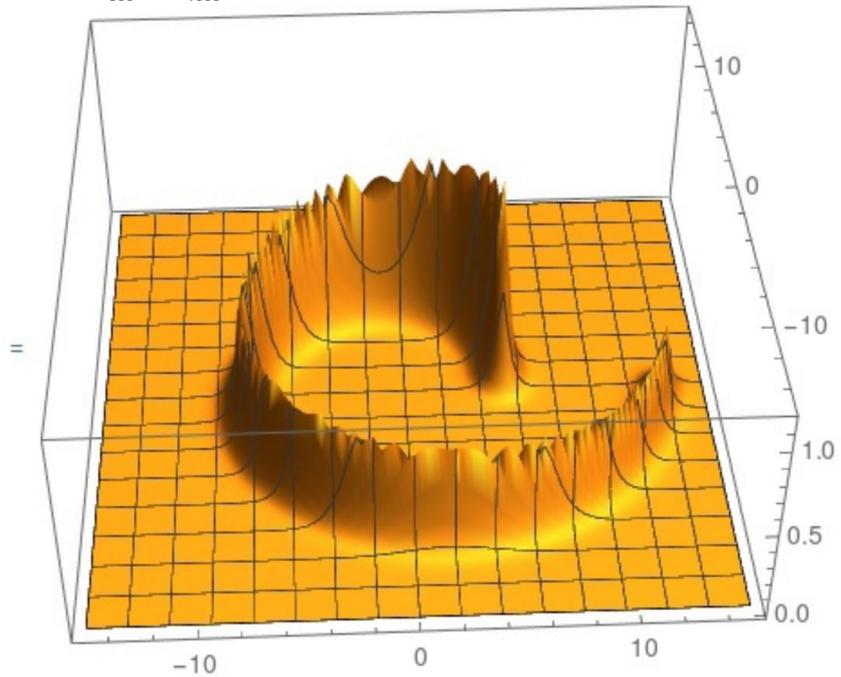
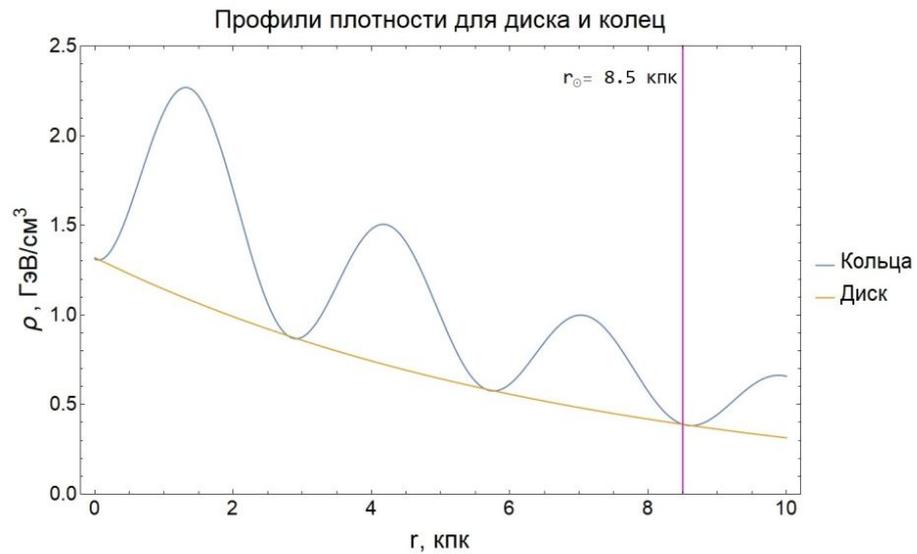
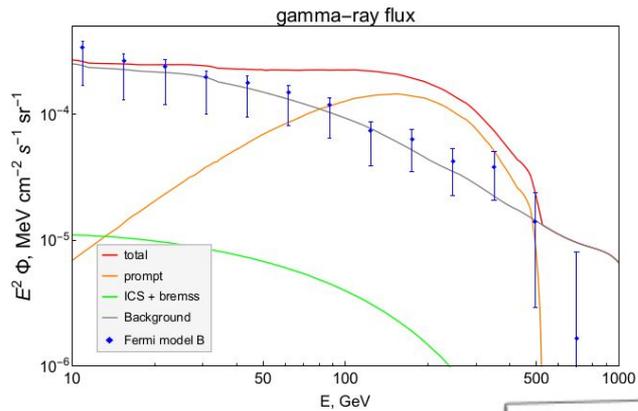
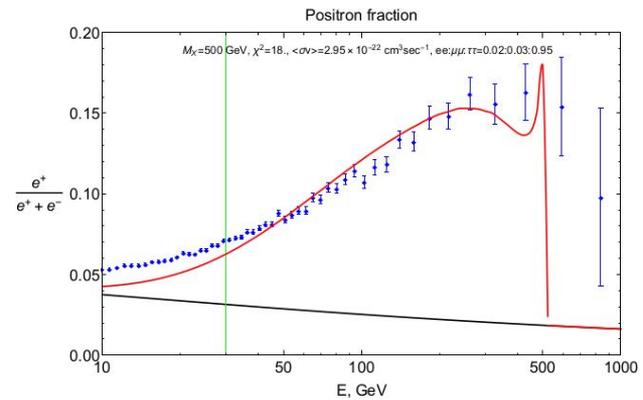
Продолжительность: 7 семестров

Освоенное ПО:

- Pythia 6
- GALPROP + модификации
- Wolfram Mathematica
- Shell-скрипты

Основные задачи:

1. Применение модели “темного диска” и ее модификаций к данным эксперимента DAMPE
2. Повторный анализ модели для данных AMS-02 с добавлением учета вклада неразрешенных источников в гамма-фон
3. Модификация исходного кода GALPROP для возможности рассмотрения новых моделей
4. Разработка модели скрытой массы с пространственным распределением в виде спиральных рукавов



Представление результатов на конференциях:

- 23rd Workshop on What Comes Beyond the Standard Models?; 4-12 July 2020.
- Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов-2021»; 12-23 апреля 2021
- 6th International Conference on Particle Physics and Astrophysics; 29.11-2.12 2022

Статьи в реферируемых научных журналах:

- The “Dark disk” model in the light of DAMPE experiment// Bled Workshops in Physics. — 2020. —Vol. 21, no. 2. — P. 156–161. — arXiv: 2011.04425 [astro-ph.HE]. (Scopus)
- Mechanisms of Cosmic Ray Generation // Phys. At. Nucl. — 2022. — Vol. 85, no. 1 (Scopus, Q4)
- Modified Dark Matter Spatial Distribution as Solution to Positron Anomaly Gamma-Ray Problem// в печати, Phys. At. Nucl. — 2023 — Vol. 86, no. 4 (Scopus, Q4)

# Задача “Влияние пространственного распределения скрытой массы на поток позитронов”

Студент: Коршунова П.А.

Продолжительность: 3 семестров

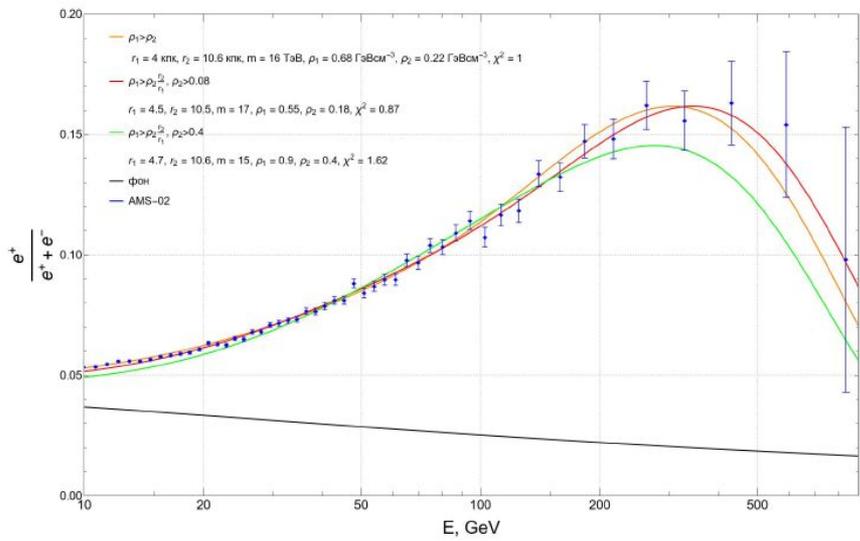
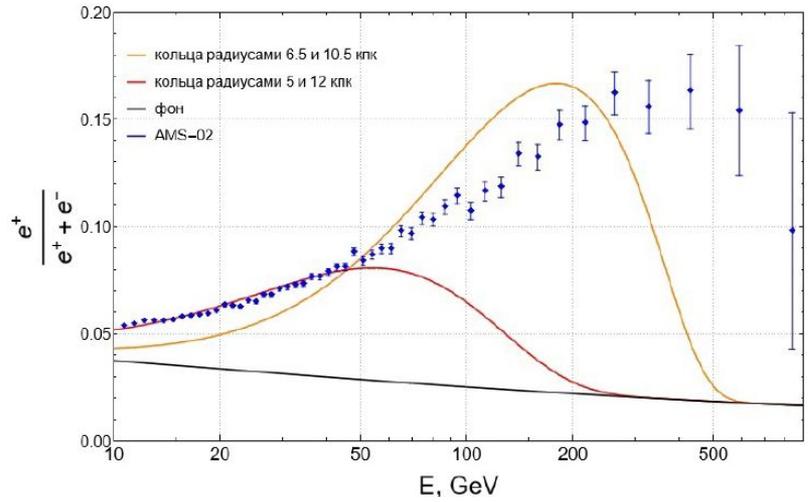
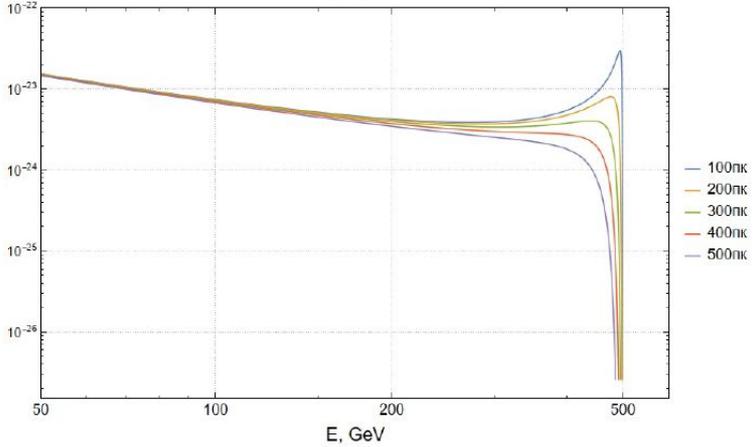
Освоенное ПО:

- Wolfram Mathematica

Основные задачи:

1. Разработка методологии оценки влияния пространственного нестационарного распределения скрытой массы на сигнал в доле позитронов в рамках простейшего приближения
2. Исследование возможности описания позитронной аномалии AMS-02 в рамках модели скрытой массы с распределением в виде концентрических колец

$e^+$  flux



# Заключение

- Создан электронный вариант курса “Введение в астрофизику и космологию” в виде презентации на 180 слайдов
- Проведено научное руководство и консультирование студентов в рамках двух научных задач, результатом которого стало написание 3 статей, 2 бакалаврских и 1 магистерской дипломной работ