

*Задачи к экзамену по курсу кафедры физики частиц и космологии
“Обработка данных астрофизических экспериментов” для аспирантов
физического факультета МГУ, весна 2016.*

1. *На каких l сидит Стивен Хокинг?*

На карте Planck над экватором можно разглядеть инициалы “SH”. Преобразуйте карту в спектральное представление, обрежьте разложение на некотором L_{max} и снова превратите в карту. При каких L_{max} инициалы остаются различимыми?

2. * *Искусственный интеллект в поисках подписи Стивена Хокинга*

Известно, что на карте Planck видны инициалы “SH”. Цель задачи в том, чтобы установить насколько часто подобные подписи появляются на картах реликтового излучения в результате случайных флуктуаций. Для этого, в первую очередь, необходимо научиться объективно определять есть или нет на карте такая надпись. Это предлагается сделать силами искусственного интеллекта.

- Подготовка тренировочного набора. Сгенерируем 1000 случайных карт реликтового излучения. Будем считать, что на них надписи SH, как правило, нет и назовем их фоновыми картами. Сгенерируем другие 1000 карт и после впишем на них буквы SH таким алгоритмом, чтобы они походили на наблюдаемую карту Planck. Для упрощения, сначала предлагается писать SH в том же месте и того же размера. Эти карты назовем сигнальными картами.
- * Поиск чувствительных наблюдаемых величин. Путем анализа гармонических и других свойств карт, требуется выделить количественные характеристики, предположительно чувствительные к наличию надписи. Распределение по этим параметрам должно различаться для фоновых и сигнальных карт.
- Выбрать любой из методов машинного обучения (Boosted decision tree, нейронные сети типа MLP, др.) и натренировать на сигнальных и фоновых картах. Далее, проанализировать этим методом большое количество случайных карт и вычислить долю случаев, в которых достоверность распознавания SH выше, чем в карте Planck.

3. *Возможно ли $n_s = 1$?*

Пусть $n_s = 1$ и тензорных мод нет. Используя MCMC-цепочки, доступные для Planck (файл COM_CosmoParams_fullGrid_R2.00.tar.gz) определите лучшую модель и ограничения на остальные космологические параметры с учетом данного условия. Насколько хорошо указанная лучшая модель воспроизводит данные Planck?

4. *Аномалия при $l = 20 - 40$*

Planck наблюдает пониженные (по сравнению с моделью) значения мультиполей при $l = 20 - 30$ (arXiv:1303.5075, 1507.02704). Ввести величину, которая могла бы количественно характеризовать указанное отличие. С какой вероятностью можно получить наблюдаемое значение данной величины как следствие случайных флуктуаций (cosmic variance).

5. Построение *ILC*-карты

Используя линейную комбинацию карт Planck на различных частотах, построить карту, влияние на которую фоновых излучений максимально исключено.

6. Построение карты по *time-ordered data*

Пикселизовать откалиброванные данные WMAP, упорядоченные по времени для одной из спектральных полос. Сравнить с официальным результатом.

7. *Fermi Bubbles*

Провести анализ наблюдаемых фотонов Fermi LAT методом анализа спектральных компонент (arXiv:1202.1034). Установить наличие или отсутствие крупномасштабных структур при высоких энергиях, называемых пузырями Fermi (D. Malyshev, материалы трудов Кварки'2012, доступны по требованию).

8. Спектр космических лучей по вторичным гамма-квантам

- Построить спектр лимба Земли. Построить спектр окрестностей Солнца.
- Восстановить спектр космических лучей в соответствующем интервале энергий.
- Построить спектр излучения области радиусом 20 градусов вокруг Солнца, исключаяющей само Солнце. В предположении, что данное излучение произведено обратным Комптон-эффектом, оценить независимо спектр протонов и лептонов в окрестности Солнца (arXiv:1104.2093).
- Провести поиск спектральной особенности в форме линии около 130 ГэВ в данных от лимба Земли.

9. Интерактивная карта *Fermi LAT*

- Построить карту неба по данным Fermi LAT в нескольких энергетических диапазонах (выше 100 МэВ, выше 1 ГэВ и выше 10 ГэВ). Для построения использовать одну из современных схем пикселизации.
- Написать приложение на JavaScript, работающее в рамках веб-страницы со следующими функциональными возможностями:
 - отображение имен ближайших источников из каталога 2FGL при наведении мыши на участок карты
 - отображение увеличенного участка карты при наведении мыши

10. Анализ ансамбля блазаров

- Рассмотреть совокупность ярких внегалактических источников из каталога 2FGL. Построить суммарный спектр и аппроксимировать его форму одной из типовых аналитических формул (степенной закон, степенной закон с высокоэнергетическим экспоненциальным подавлением и т.д.).
- Исследовать зависимость спектра от красного смещения выбранных источников (рассмотреть полосы $z_i < z < z_{i+1}$). До каких z возможно исследование с достаточной статистикой? (arXiv:1211.1671)

- Провести поиск линии на 130 ГэВ в результирующем спектре.

11. *Предельная энергия гамма-пульсаций*

Рассмотреть 4 наиболее ярких пульсара из каталога 3FGL (сортировать по убыванию интегрального потока от 1 до 100 ГэВ). До каких энергий возможно обнаружить пульсирующее излучение по данным Fermi LAT для каждого из пульсаров? Для пульсара Краба сравнить с результатом MAGIC (arXiv:1202.3008).