

В. Д. Громов. Цикл статей по исследованию механизма и моделированию излучения космической пыли в спектральных диапазонах от инфракрасного до микроволнового

D. Paradis<sup>1,2</sup>, C. Meny<sup>1,2</sup>, A. Noriega-Crespo<sup>3,6</sup>, R. Paladini<sup>3</sup>, J.-P. Bernard<sup>1,2</sup>, C. Bot<sup>4</sup>, L. Cambresy<sup>4</sup>, K. Demyk<sup>1,2</sup>, V. Gromov<sup>5</sup>, A. Rivera-Ingraham<sup>1,2</sup>, and M. Veneziani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de Toulouse, UPS-OMP, IRAP, Toulouse, France

<sup>2</sup> CNRS, IRAP, Toulouse, France

<sup>3</sup> Infrared Processing Analysis Center, California Institute of Technology, USA

<sup>4</sup> Observatoire astronomique de Strasbourg, Université de Strasbourg, CNRS, Strasbourg, France

<sup>5</sup> Space Research Institute, RAS, Moscow, Russia

<sup>6</sup> Space Telescope Science Institute, Baltimore, USA

**Modeling and predicting the shape of the far-infrared to submillimeter emission in ultra-compact III regions and cold clumps**

Astronomy & Astrophysics, 572, A37 (2014).

K. Demyk<sup>1</sup>, C. Meny<sup>1</sup>, X.-H. Lu<sup>1</sup>, G. Papatheodorou<sup>2,3</sup>, M. Toplis<sup>1</sup>, H. Leroux<sup>4</sup>, C. Depecker<sup>4</sup>, J.-B. Brubach<sup>5</sup>, P. Roy<sup>5</sup>, C. Nayral<sup>6</sup>, F. Delpech<sup>6</sup>, D. Paradis<sup>1</sup>, and V. Gromov<sup>7</sup>

<sup>1</sup> IRAP, Université de Toulouse, CNRS, UPS ; Toulouse, France

<sup>2</sup> Institute of chemical Engineering and High Temperature Chemical Processes, FORTH, Patras, Greece

<sup>3</sup> Department of Chemical Engineering, University of Patras, Patras, Greece

<sup>4</sup> UMET, UMR 8207, Université Lille 1, CNRS, France

<sup>5</sup> Ligne AILES - Synchrotron SOLEIL, L'Orme des Merisiers, Gif-sur-Yvette, France

<sup>6</sup> Université de Toulouse, INSA, CNRS, LPCNO, Toulouse, France

<sup>7</sup> Space Research Institute, RAS, Moscow, Russia

**Low temperature MIR to submillimeter mass absorption coefficient of interstellar dust analogues I: Mg-rich glassy silicates.**

Astronomy & Astrophysics, 600, A123 (2017). April issue. Published online: 12 April 2017.

### Аннотация

Общая формулировка научной проблемы и ее актуальность

Исследование механизмов и количественных характеристик излучения космической пыли необходимо для решения таких проблем, как изучение формирования твердого вещества планетных систем из тяжелых элементов (тяжелее гелия), выброшенных сверхновыми, или оценка эффективности пыли по переработке энергии излучения звезд в ИК-излучение, которое является преобладающим в потоке энергии множества галактик. Нельзя переоценить и роль микроволнового теплового излучения пыли, которое создает доминирующий фон переднего плана для космологического реликтового фона, излучение которого не так давно позволило создать современную теорию образования Вселенной, и сейчас продолжается для понимания все более ранних ее стадий.

Для иллюстрации актуальности этих проблем можно упомянуть эксперимент Planck, один из ключевых проектов ESA. Из примерно 150 работ по результатам эксперимента, подписанных "Planck Collaboration" (почти 200 авторов), около 60 статей рассматривают излучение пыли, а более 20 специально посвящены этому вопросу. При этом в интерпретации данных по пыли остается существенная неоднозначность, в связи с чем падает и точность интерпретации всех других данных.

Конкретная решаемая в работе задача и ее значение

Задачей цикла работ является построение математической модели, которая позволяет, по излучению пыли в дальнем и среднем инфракрасном диапазоне, получить данные о ее физических характеристиках: массе, температуре, составе и структуре пылинок. В исходной для этого цикла работе (C. Meny, V. Gromov, et al. 2007, A&A, 468, 171) коллеги из Тулузы дали экспериментальные предпосылки такой модели, и я разработал ее теоретические основы.

Одновременно с инфракрасным, модель описывает микроволновое излучение пыли, которое важно для интерпретации данных по анизотропии и поляризации реликтового фона Вселенной. Что касается структуры пыли, то она важна для процессов коагуляции пылинок в тела планетных систем, а также для понимания процессов образования органических веществ на поверхности пылинок.

#### Используемый подход, его и оригинальность

Новизна подхода - в учете физических явлений, проявляющихся именно на частотах упомянутого электромагнитного диапазона. Это двух-уровневые туннельные состояния (TLS), "мягкие" моды колебаний, бозонный пик (BP).

Существующая модель, в описании которой лидирует В. Draine (США) и участвуют многие другие, использует лабораторные спектры веществ, химический состав которых аналогичен космической пыли, и методы электромагнитных расчетов (теория Ми и т.п.) для учета формы пылинок и их распределение по размерам. Их подход зарекомендовал себя ближнем и среднем ИК-диапазоне, а для дальнего ИК не достаточен и довольно громоздок. При этом он не принимает в учет упомянутые явления, создающие существенное дополнительное поглощение. В обычных лабораторных образцах они проявляются слабо (в стеклах) или отсутствуют (в кристаллах).

В связи с тем наш подход использует специальный синтез образцов для спектроскопии, у которых не только хим. состав, но и структура аналогична космической пыли.

#### Полученные результаты и их значимость

В результате предложенных на конкурс (с учетом и более ранних) работ цикла показана существенная роль эффектов TLS и BP в Д-ИК спектрах космической пыли, разработаны методы учета этих эффектов при анализе экспериментальных данных. Естественно, по экспериментальной части всю работу и расходы взяли на себя французские коллеги. Наша роль - разработка моделей и вторичный анализ экспериментальных данных.

В силу новизны для большинства астрономов, эти методы пока не являются общепризнанными. Для большего обоснования и подробного описания модели, готовятся статьи в продолжение этого цикла работ.

Тем не менее, однозначным результатом является необходимость увеличения почти на порядок оценок коэффициента поглощения пыли в Д-ИК. В этом диапазоне Галактика прозрачна и измерения распределения Д-ИК излучения по всему небу (COBE, Planck) дают, в том числе, общее количество пыли в Галактике, которое, в связи с полученными результатами, пересматривается.