

Интерпретация поляриметрических наблюдений гиперболических комет

Д.В. Петров, Е.А. Жужулина, Н.Н. Киселев

Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, Крым, Россия

ВВЕДЕНИЕ

Гиперболические кометы Солнечной системы представляют собой кометы с параболическими и гиперболическими орбитами, то есть эксцентриситет их орбит больше или равен 1. Многие из данных комет могут происходить из облака Оорта или из межзвёздного пространства. На настоящий момент известно 468 гиперболических комет.

Одна из недавно открытых гиперболических комет, носящая название C/2013 X1 (PANSTARRS), была открыта 4 декабря 2013 г. на обсерватории Халеакала в Национальном парке Халеакала на Мауи, Гавайи, когда комета находилась на расстоянии 8.9 а.е. от Солнца. Эксцентриситет её орбиты равен 1.001026 ± 0.000002 . Были проведены поляриметрические наблюдения данной кометы в широкополосном фильтре R (6400/1580 Å) на 6-м Большом Азимутальном Телескопе Специальной Астрофизической Обсерватории (САО) и на 2.6-м телескопе Шайна Крымской Астрофизической обсерватории (КрАО).

ДАННЫЕ НАБЛЮДЕНИЙ

Данные поляриметрических наблюдений были сопоставлены с данными поляриметрии, взятыми из базы данных поляриметрических наблюдений комет, а также из работ (Ivanova et al. 2017, Zhuzhulina et al. 2022, Shubina et al. 2024).

Оказалось, что результаты поляриметрических наблюдений для кометы C/2013 X1 (PANSTARRS) хорошо согласуются с данными, полученными для других гиперболических комет в красной полосе пропускания. Ввиду этого для синтетической фазовой зависимости степени линейной поляризации гиперболических комет была проведена интерпретация данных с помощью компьютерного моделирования.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для интерпретации наблюдаемой зависимости линейной поляризации от фазового угла мы применили метод матриц формы, а в качестве модельных частиц были использованы сопряженные случайные гауссовские частицы. Примеры таких частиц приведены на рис.1. Рассматривалась смесь частиц трёх типов: аморфного углерода (показатель преломления $m = 1,993 + 0,259i$; Scott & Duley 1996), силикатов с высоким содержанием магния ($m = 1,674 + 0,002224i$; Li & Greenberg 1997) и лед. Эти значения показателей преломления широко используются для интерпретации кометных наблюдений (например, Halder & Ganesh 2021).

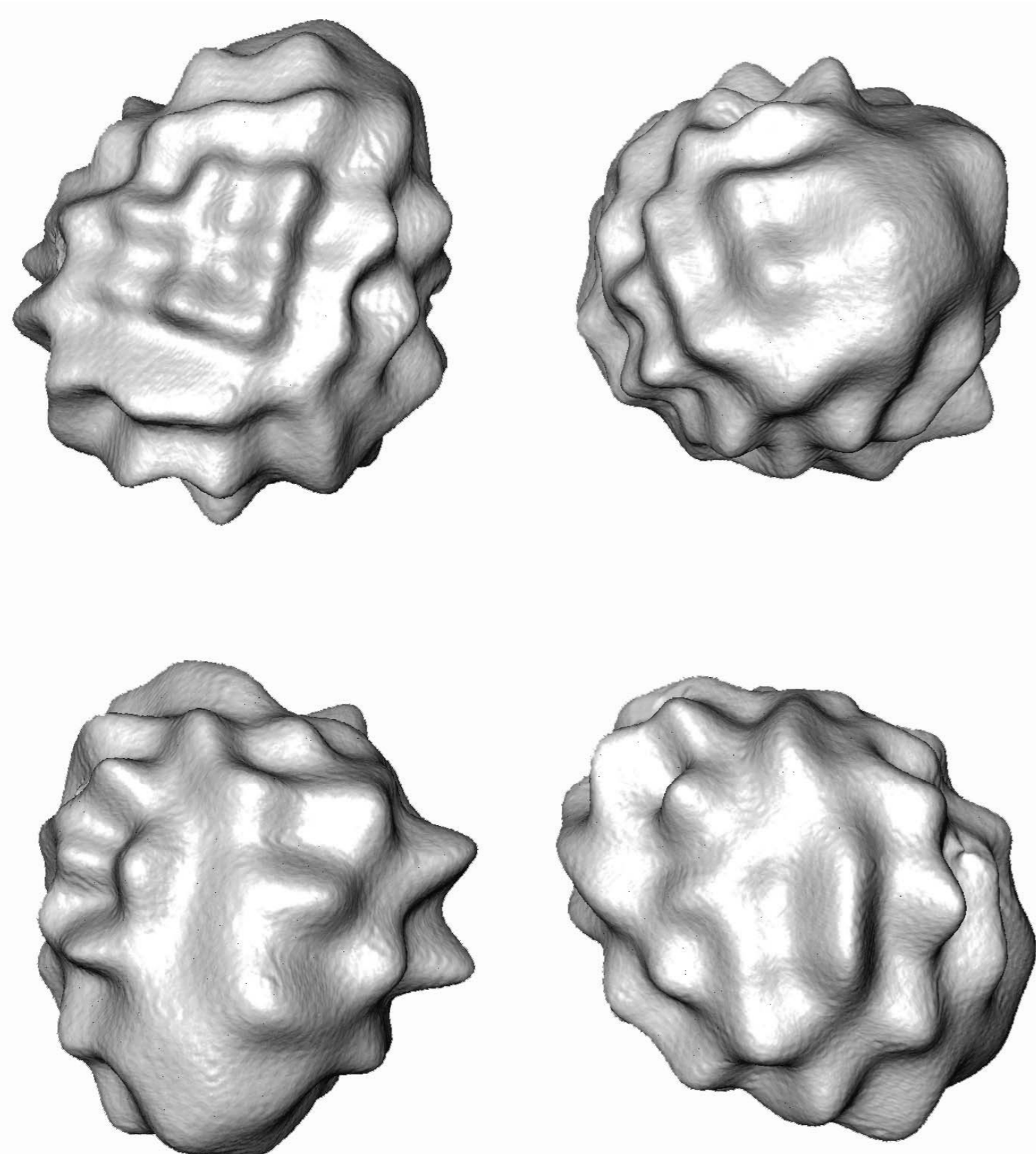


Рисунок 1. Примеры сопряжённых случайных гауссовских частиц.

Размеры частиц принимались от 0,49 мкм (углерод), 0,83 мкм (силикаты), 0,39 мкм (лед) до 3 мкм. Усреднение частиц по ориентациям и размерам проводилось по степенному закону с показателем степени $n = 3$ для всех типов частиц. На рис.2 показана фазовая зависимость степени линейной поляризации кометы в фильтре C/2013 X1 (синие точки), других гиперболических комет (крестики) и результаты компьютерного моделирования (сплошная линия).

Моделирование показало, что пылевая кома должна состоять на 74 процента из аморфного углерода, на 25 процентов из богатых магнием силикатов и на 1 процент из водяного льда, чтобы воспроизвести наблюдаемые значения линейной поляризации. Эти результаты хорошо согласуются с данными Woodward et al. (2021) получены на основе анализа ИК-спектральных

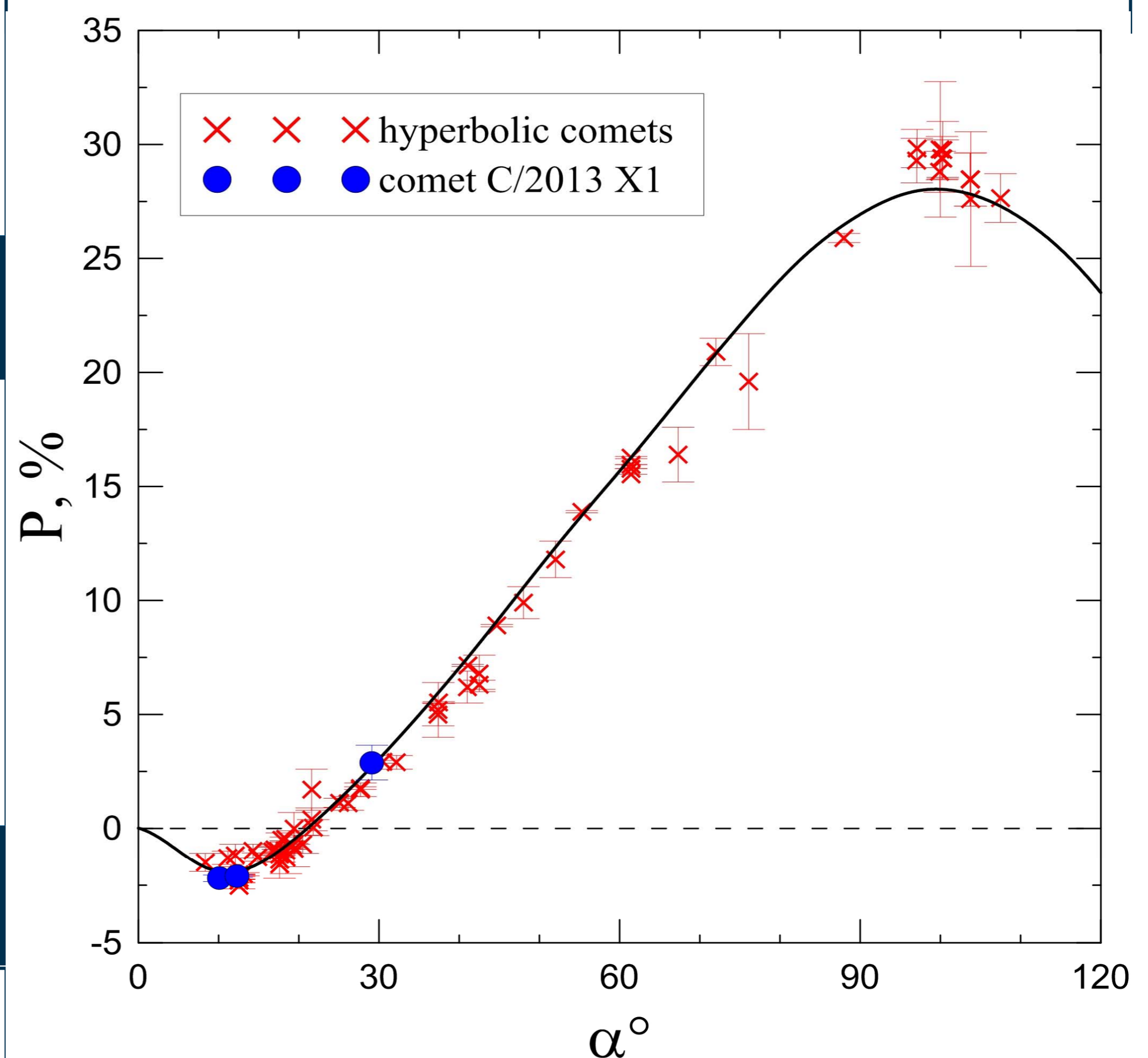


Рисунок 2. Степень линейной поляризации кометы в фильтре C/2013 X1 (синие точки), других гиперболических комет (крестики) и результаты компьютерного моделирования (сплошная линия).

ВЫВОДЫ

Woodward и др. (2021) определили, что в составе пыли кометы C/2013 X1 преобладают частицы темной пыли (смоделированные как аморфный углерод) с атомным соотношением углерода к кремнию (C/Si) $7,781 \pm 6,091$, что намного выше, чем это в углистых хондритах. Таким образом, согласно смоделированным нами результатам поляриметрии и данным Woodward et al. (2021) и Wooden et al. (2021), можно заключить, что твердотельный материал, из которого состоят пылевые частицы кометы C/2013 X1, богат углеродом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ivanova O., Rosenbush V., Afanasiev V., et al. 2017, Icarus, v. 284, pp.167-182.
Zhuzhulina E., Petrov D., Kiselev N., et al. 2022, Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, v. 290.
Shubina O., Ivanova O., Petrov D., et al. 2024, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, v. 528, Issue 4, pp.7027-7036.
Scott A., Duley W.W., 1996, The Astrophysical Journal Supplement Series, v. 105, pp.401.
Li A., Greenberg J.M., 1997, Astronomy and Astrophysics, v. 323, pp.566-584.
Halder P., Ganesh S., 2021, Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, v. 501, Issue 2, pp.1766-1781.
Woodward C.E., Wooden D.H., Harker D.E., et al. 2021, The Planetary Science Journal, v. 2, Issue 1.
Wooden D.H., Woodward C.E., Harker D.E., et al. 2021, 52nd Lunar and Planetary Science Conference, LPI Contribution No. 2548, id.2694