



# МЕЖЗВЁЗДНАЯ ПЫЛЬ

Авторы: Н. В. Воцинников

МЕЖЗВЁЗДНАЯ ПЫЛЬ, твёрдые частицы характерного размера от ок. 0,001 мкм до ок. 1 мкм, находящиеся в [межзвёздной среде](#); наиболее изученный компонент [космической пыли](#). М. п. играет заметную роль в разл. физич. процессах, взаимодействуя с межзвёздным газом, электромагнитным излучением, космич. лучами и магнитными полями. В Галактике пространственные распределения М. п. и межзвёздного газа коррелируют, а соотношение М. п. и газа по массе в ср. составляет 0,7, изменяясь от  $\approx 0,4$  до  $\approx 1$ . Наблюдательные проявления М. п. – [межзвёздное поглощение света](#) (межзвёздная экстинкция), межзвёздная поляризация излучения, рассеянное излучение, ИК-излучение в непрерывном спектре и ИК-полосах.

Явление межзвёздной поляризации излучения связано с линейным дихроизмом (линейная поляризация) и линейным двулучепреломлением (круговая поляризация) излучения в межзвёздной среде. Причина обоих эффектов – неодинаковое ослабление излучения с разной поляризацией ориентированными несферич. пылинками. Степень линейной поляризации достигает максимума, как правило, в видимой части спектра и уменьшается на больших и меньших длинах волн. Макс. степень линейной поляризации  $P_{\text{макс}}$  обычно не превосходит 10% и коррелирует с межзвёздной экстинкцией: в среднем  $P_{\text{макс}} \approx 3A_V$ , где  $A_V$  – экстинкция в полосе  $V$ , выраженная в звёздных величинах. Наблюдается корреляция направлений поляризации на галактич. масштабах: они выстроены достаточно однородно в тех направлениях, где луч зрения пересекает спиральный рукав, и имеют хаотич. распределение там, где луч зрения идёт вдоль спирального рукава. Это объясняется ориентацией несферич. пылинок галактич. магнитными полями, направленными в ср. вдоль спиральных рукавов. Несферич. пылинки вращаются вокруг осей, относительно которых их момент инерции максимален, и их оси близки к направлению силовых линий магнитного поля. Такая ориентация частиц возникает в случае механизма

парамагнитной релаксации, когда в диэлектрич. частицы вкраплены атомы металлов, придающие пылинкам парамагнитные свойства. Степень круговой межзвёздной поляризации обычно не превосходит 0,02–0,03%.

Излучение, рассеянное М. п., проявляется в виде свечения разл. туманностей (диффузных, отражательных, биполярных, кометарных) или увеличенного свечения фона неба в области галактич. экватора (диффузный галактич. свет). В первом случае пылинки рассеивают излучение звёзд, расположенных поблизости, а во втором – всех звёзд Галактики. Характерная особенность рассеянного излучения – его поляризация. В некоторых случаях степень линейной поляризации может достигать 50–80%, круговой – 15–20%. Степень поляризации, а также поверхностная яркость туманностей и диффузного галактич. света сильно зависят от взаимного расположения пылевого облака, освещающего источника и наблюдателя. М. п., расположенная вблизи луча зрения в направлении удалённых рентгеновских источников, рассеивает часть излучения в направлении наблюдателя, что ведёт к появлению диффузного гало вокруг точечных источников. Яркость рентгеновских гало больше для источников, расположенных ближе к плоскости Галактики, что отражает галактич. распределение пылевых облаков.

ИК-излучение практически всех космич. объектов представляет собой излучение нагретой пыли. Пылинки поглощают УФ- и видимое излучение звёзд и переизлучают его как чёрное тело на длинах волн  $\lambda \geq 1$  мкм. Эти два процесса определяют равновесную темп-ру пылинок  $T_d$ , составляющую 10–30 К в межзвёздных облаках, 50–200 К в областях HII и 100–1000 К в околзвёздных оболочках, причём темп-ра уменьшается при переходе от мелких пылинок к более крупным и от силикатных – к углеродным. В очень горячем газе, образовавшемся после вспышек сверхновых звёзд, нагрев пылинок определяется столкновительными процессами, а не радиационными. При этом  $T_d$  в осн. зависит от концентрации газа. Стационарная модель определения темп-ры не подходит для очень мелких (радиусом  $\leq 0,01$  мкм) и холодных ( $T_d \leq 20$  К) пылинок. Из-за малой теплоёмкости таких частиц их темп-ра возрастает мгновенно при поглощении одного фотона, а затем спадает за время около нескольких секунд. Величина флуктуаций  $T_d$  может составлять 5–50 К.

Непосредственно судить о химич. составе М. п. можно изучая ИК-полосы М. п. в спектрах звёзд и межзвёздных облаков. Полосы поглощения наблюдаются в спектрах протозвёздных объектов, расположенных в молекулярных облаках, полосы излучения – в спектрах разл. звёзд и туманностей. К нач. 21 в. обнаружено более 100 полос в диапазоне длин волн от  $\geq 1$  мкм до  $\approx 90$  мкм. Наиболее известна силикатная полоса с центром ок.  $\approx 10$  мкм, наблюдавшаяся в спектрах практически всех объектов – от комет до галактик. Она появляется в результате растяжения связи Si–O в аморфных оливинах или пироксенах. Многочисл. эмиссионные полосы кристаллич. оливинов и пироксенов отождествлены в спектрах звёзд с пылевыми оболочками. В спектрах молекулярных облаков видны абсорбционные полосы льдов, из которых наиболее заметна полоса льда из H<sub>2</sub>O с центром ок. 3,1 мкм. На длинах волн  $\lambda = 3–12$  мкм в спектрах мн. объектов наблюдались узкие эмиссионные пики, связанные с растяжениями и изгибами связей C–C и C–H в очень мелких пылинках, состоящих из полициклических ароматич. углеводородов.

Наблюдения межзвёздных УФ-линий поглощения разл. атомов и ионов показывают, что содержание мн. химич. элементов в межзвёздном газе меньше их ср. содержания в космич. объектах. Обычно предполагается, что отсутствующие в газовой фазе элементы были израсходованы в процессе образования и роста пылевых частиц. Таким образом, данные о содержании разл. элементов позволяют судить о химич. составе М. п. Пылинки в осн. состоят из C, O, Mg, Si и Fe, причём последние три элемента в межзвёздной среде почти полностью находятся в твёрдой фазе. Тем не менее, массы пылевого межзвёздного вещества не хватает для объяснения наблюдаемой межзвёздной экстинкции. Поэтому часто используют модели пылинок в виде пористых агрегатов, в которых объёмная доля вакуума составляет до 50% и более.

## Литература

Лит.: Гринберг М. Межзвездная пыль. М., 1970; Krügel E. The physics of interstellar dust. Bristol, 2003; Whittet D. C. B. Dust in the galactic environments. Bristol, 2003; Astromineralogy / Ed. Th. Henning. B.; N. Y., 2003; Cosmic dust: near and far / Ed. Th. Henning a. o. S. F., 2009.

Processing math: 100%