

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО АТОМНО-ЭМИССИОННОГО СПЕКТРОМЕТРА ПРИ ЭЛЕМЕНТНОМ АНАЛИЗЕ

Студентка гр. 1, 4 курс, Иванова П. А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Ермалицкая К. Ф.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь

Спектроскопия лазерного пробоя (LIBS) является одним из наиболее распространенных методов малоразрушающего элементного анализа. Метод получил известность благодаря ряду преимуществ: малое количество вещества, необходимое для анализа; отсутствие предварительной химической и механической подготовки поверхности; низкое разрушение образца (диаметр кратера 100 мкм, толщина слоя 3–5 мкм); одновременное определение концентрации всех элементов, трудно обнаруживаемых другими методами [1, 2].

Эксперимент проводился с помощью лазерного атомно-эмиссионного многоканального спектрометра (ЛАЭМС) (рис. 1), разработанного и изготовленного в Белорусском государственном университете на кафедре лазерной физики и спектроскопии физического факультета и в лаборатории спектроскопии Института прикладных физических проблем им. А. Н. Севченко. В качестве источника возбуждения используется твердотельный лазер с полупроводниковой накачкой. Использование полупроводниковой накачки вместо импульсной ламповой накачки позволяет значительно увеличить ресурс системы и стабильность выходных характеристик.

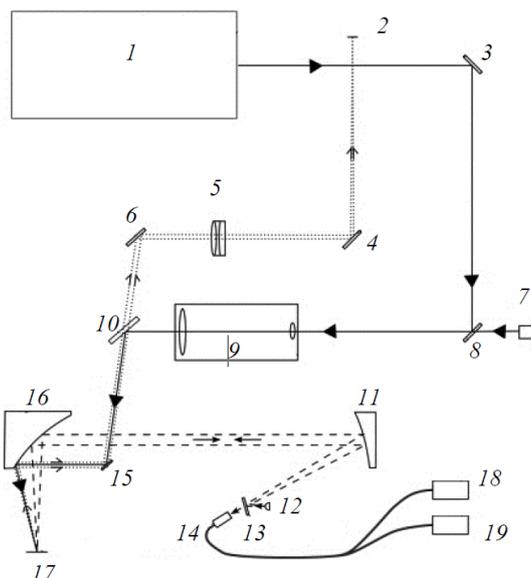


Рис. 1. Оптическая схема ЛАЭМС: 1 – двухимпульсный лазер; 2 – видеокамера; 3, 4, 6, 15 – неселективные плоские зеркала; 5 – изображающий объектив (наблюдательный канал); 7 – прицельный лазер; 8 – селективное плоское зеркало; 9 – телескоп; 10 – полупрозрачное плоское зеркало; 11 – параболическое зеркало (внеосевой угол 30°); 12 – светодиод подсветки; 13 – плоское зеркало (нормально убрано, ставится при необходимости подсветки объекта); 14 – вход оптоволокна (к спектрометру); 16 – параболическое зеркало (внеосевой угол 90°); 17 – объект; 18, 19 – полихроматоры-спектрометры

Общий принцип получения спектров с использованием лазерной атомно-эмиссионной спектроскопии — регистрация с помощью полихроматорного спектрометра свечения плазмы, которая образуется при взаимодействии лазерного импульса с поверхностью образца. В двухимпульсной ЛАЭМС каждый импульс из пары сдвоенных лазерных импульсов имеет свое назначение. Первый импульс взаимодействует с поверхностью мишени; в результате образуется плазма, содержащая не только возбужденные атомы и ионы, но и частицы исследуемого вещества в жидкой и твердой фазах. Второй лазерный импульс взаимодействует с плазмой, дополнительно возбуждая ее и испаряя жидкие капли и твердые частицы [2].

## Литература

1. Musazzi, S. Laser-induced breakdown spectroscopy / S. Musazzi, U. Perini. – Berlin: Springer; 2014. – 565 p.
2. Laser atomic emission spectrometer with achromatic optical system / E. S. Voropay [et al.] // Journal of Applied Spectroscopy, 2021. – Vol. 88(3). – P. 603–609.

УДК 535.317

## ГРАВИТАЦИОННАЯ ЛИНЗА

Студенты гр. 11311120 Кирикович В. А., Лебедева О. В.

Д-р техн. наук, профессор Артюхина Н. К.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Обыкновенная линза преломляет свет по закону Снеллиуса, который описывает преломление света на границе двух прозрачных сред. Закон Снеллиуса хорошо определен для случая «геометрической оптики», то есть, когда длина волны достаточно мала по сравнению с размерами преломляющей поверхности.

Однако стекло не единственный материал способный изменять ход лучей, преломляющими свойствами обладают и другие оптические среды, например, воздух, жидкости. Так же на ход лучей оказывает влияние гравитация, незаметная в быту, но не в астрономии, получившая название «гравитационное линзирование». Суть явления заключается в том, что, когда наблюдатель смотрит на дальний источник света в космосе через другой космический объект любых размеров, форма дальнего источника света искажается [1]. Искажать свет могут не только звезды и галактики, но и малые астрономические тела, например, планеты. Однако в данном случае искажение будет настолько незначительным, что зафиксировать его можно будет только при помощи сверхмощных оптических приборов [1, 2].

Эффект гравитационного линзирования был обнаружен относительно не так давно.

В качестве примера можно рассмотреть свет, исходящий от дальнего квазара (одного из наиболее ярких объектов во Вселенной) или галактики в направлении Земли, падающий на Землю под прямым углом. Однако, на пути распространения этого света может встретиться другая галактика или сверхмассивная звезда, представляющая собой гравитационную линзу, гравитационное поле, которой притягивает к себе электромагнитное излучение, направленное отдаленным объектом [1].

В настоящее время данное явление исследуется с помощью космического телескопа «Джеймс Уэбб», представляющего собой орбитальную инфракрасную обсерваторию, запущенную 25 декабря 2021 года. С помощью данного телескопа и гравитационного линзирования были обнаружены новые галактики, планеты, звезды, а также получена фотография, содержащая сразу три изображения одной галактики с яркой сверхновой в разные моменты времени [2, 3].

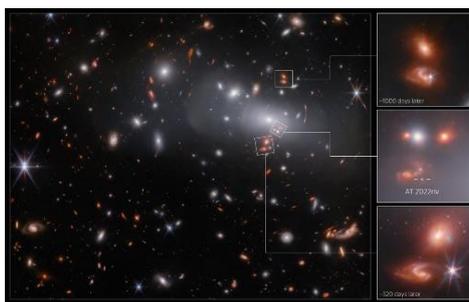


Рис. 1. Изображение с космического телескопа «Джеймс Уэбб»

## Литература

1. Гравитационное линзирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spacegid.com/gravitatsionnoe-linzirovanie.html>. – Дата доступа: 27.02.2023.
2. Что такое гравитационная линза и чем она отличается от оптической. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/a/XJTbqhEFeACyIGKQ>. – Дата доступа: 27.02.2023.
3. «Уэбб» изучил далекую сверхновую через гравитационную линзу [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hightech.fm/2023/02/28/webb-lensing-la>. – Дата доступа: 27.02.2023.